

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 80 (1962)
Heft: 21

Artikel: L'aménagement hydro-électrique de la Gougra: le barrage de Moiry
Autor: Stucky, J.-P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-66160>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

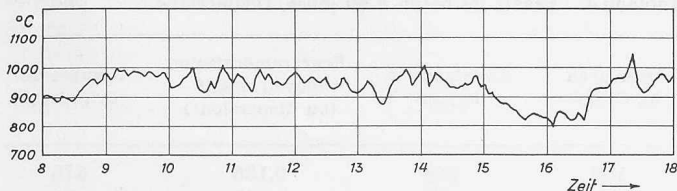


Bild 7. Rauchgastemperaturen in der Verbrennungskammer während des Ueberlastversuches vom 24. Jan. 1962

Die auf diese Weise vom Laboratorium von Roll gefundenen Werte finden sich in Tabelle 2.

Betreffend *Regulierbereich* war garantiert, dass sich die Anlage durch den Heizer leicht im Bereich von 70 bis 130 % der Normallast regulieren lasse. Der vorausgegangene Betrieb hat das eindeutig bewiesen; die während den Versuchen aufgenommenen Streifen der Verbrennungstemperaturen zeigen, dass diese ohne weiteres beherrschbar sind (Bild 7).

Der *Zustand der Rauchgase* wurde als frei von unverbrannten Anteilen und als «staubfrei» im Rahmen der Staubabscheidercharakteristik garantiert. Die Rauchgasanalysen, welche parallel durch von Roll, Ekono und Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich (EMPA) durchgeführt wurden, ergaben vollständige Verbrennung, d. h. Fehlen von CO, C_nH_m, H₂ und CH₄. Die Staubmessung erfolgte durch die Firma Suomen Puhallintehdas O. Y. Sie erstreckte sich auf die Bestimmung des Staubgehaltes der Rauchgase vor und nach dem Zyklon bezüglich Menge und Korngrößenverteilung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 summarisch aufgeführt und in Bild 8 mit der Garantiekurve verglichen.

Tabelle 2. Unverbranntes u und Verwesliches v in Prozenten der trockenen Schlacke

Versuch	u	v
1	6,11	0,16
2	4,235	0,164
3	4,805	0,138

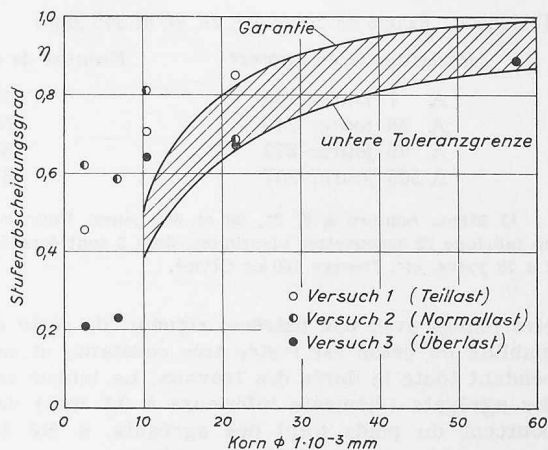


Bild 8. Gemessene Stufenabscheidungsgrade des Staubabscheider-Zyklons

Im Hinblick auf die Garantien kann festgestellt werden, dass diese überall erfüllt, ja zum Teil erheblich bessere Zahlen erreicht wurden.

Zum Schluss sei auf das gute Einvernehmen und die einwandfreie Zusammenarbeit zwischen Stadt und Lieferfirma hingewiesen, die wesentlich zum Gelingen dieses Werkes beigetragen haben.

Tabelle 3. Gemessener Entstaubungsgrad

Versuch	S ₁	S ₂	W
1	3,60	0,98	72,8
2	2,54	0,51	79,9
3	3,12	0,85	72,8

S₁ Rohgasstaubgehalt vor Zyklon g/Nm³
 S₂ Reingasstaubgehalt nach Zyklon g/Nm³
 W Gesamtentstaubungsgrad des Zyklons (S₁ - S₂)/S₁ in %

Adresse des Verfassers: R. Tanner, dipl. Ing., L. von Roll AG, Uraniastr. 31, Zürich 1.

L'aménagement hydro-électrique de la Gougtra

Les barrages de Moiry et de Tourtemagne — A. Le barrage de Moiry

par J.-P. Stucky, Ingénieur-Conseil, collaborateur au Bureau d'Ingénieurs A. Stucky, Lausanne

V. Problèmes d'exécution

Extraction et préparation des agrégats. Fabrication du béton. Les matériaux utilisés pour le béton ont été extraits de la moraine de Moiry, à 2350 m d'altitude, et transportés tels quels jusqu'au chantier, par une route de 4 km. Ils ont été concassés, lavés et triés dans une installation classique à laveuses rotatives, tamis vibrants, et à séparation hydraulique des sables. La tour à béton était équipée de 4 bétonnières à axe oblique, de 3 m³ chacune, et comprenait 9 balances au total, soit respectivement une pour le ciment, l'eau et l'entraîneur d'air et six pour les agrégats suivants:

0,1 à 1 mm	(préparation par voie hydraulique)
1 à 3,5 mm	(préparation par voie hydraulique)
3,5 à 10 mm	(tamis vibrants et jets d'eau)
10 à 30 mm	(tamis vibrants et jets d'eau)
30 à 70 mm	(tamis rotatifs et jets d'eau)
70 à 150 mm	(tamis rotatifs et jets d'eau)

Pour l'égouttage des sables, on a utilisé trois silos par calibre (0,1 à 1 mm, et 1 à 3,5 mm): un silo se remplissait de sable mouillé, le second, plein, était à l'égouttage, tandis qu'on vidait le troisième dont le sable avait été égoutté. On a ainsi pu abaisser l'humidité à 7,5 % pour le sable de 0,1 à 1 mm, et à 5 % pour celui de 1 à 3,5 mm. Il en est résulté

que la quantité d'eau contenue dans l'ensemble des agrégats ne dépassait pas les 60 % (± 10 %) de l'eau totale de gâchage nécessaire; cette circonstance assurait une régularité remarquable de la consistance du béton.

Granulométrie. Les courbes granulométriques effectives du béton devaient se situer, au besoin par modification des pesées, selon le tableau 2.

Grâce à la séparation des agrégats en 6 catégories, et par un jeu de concasseurs secondaires, ces limites ont pu

Tableau 2. Limites du fuseau granulométrique

Diamètre d des grains (mm)	Pourcentage des grains de diamètre inférieur à d	
	Limite inférieure	Limite supérieure
0,1	0	2
0,3	3	6
1	9	13
3	17	23
8	27	34
30	49	59
60	70	81
120	94	100
150	100	100

Tableau 3. Essais de béton à 7, 28, 90 et 365 jours

Résistances, en kg/cm ²	Nombre de cylindres ¹⁾
A 7 jours: 156	57
A 28 jours: 240	57
A 90 jours: 272	57
A 365 jours: 307	57

¹⁾ Même nombre à 7, 28, 90 et 365 jours. Pour chaque essai, on fabrique 12 éprouvettes identiques, dont 3 sont écrasées à 7 jours, 3 à 28 jours, etc. Dosage 160 kg CP/m³.

être tenues avec une extrême rigueur, de sorte que la maniabilité du béton est restée très constante et satisfaisante pendant toute la durée des travaux. La teneur en poussière des agrégats (éléments inférieurs à 0,1 mm) exprimée en pourcent du poids total des agrégats, a été très faible: moyenne bimensuelle, 1 % au maximum.

Mise en place et vibration du béton. Le chantier était équipé de deux blondins (tour fixe sur la rive droite et chemin de roulement sur la rive gauche), et d'une grue à tour. La benne de 6 m³ (3 m³ pour la grue) ayant été vidée en tas, un bulldozer étalait le béton en couches horizontales de 50 cm d'épaisseur. La surface ainsi mise à disposition était propre et nette; elle permettait la vibration mécanisée: trois vibrateurs montés sur bulldozer, aiguille de 125 mm de diamètre extérieur, de 1 m de longueur, à mouvement hypocyloïdal, surmontée d'un moteur électrique de 7,5 CV; la fréquence des vibrations est un multiple du nombre de tours, environ 9000 vibrations par minute; le bulldozer travaille en reculant, en espaçant les plongées de 30 à 40 cm. Le travail systématique, par bandes parallèles, garantit la vibration sans défauts de toute la masse du béton, ainsi que l'ont montré de nombreux forages verticaux de 30 cm de diamètre, exécutés dans le béton durci.

Contrôle de la fabrication du béton. Dès le début des travaux, un laboratoire de chantier, bien équipé, a permis de contrôler chaque jour:

la granulométrie des agrégats;

la teneur en eau et la consistance des bétons;

la résistance du béton à la compression, sur cylindres moulés de 30 cm de diamètre et de 45 cm de hauteur, à raison de deux prélèvements de 6 cylindres par jour (dans la règle, 6 de jour et 6 de nuit). Le béton, prélevé directement à la tour à béton, est mis en moule dans les locaux du laboratoire. Le contrôle normal consiste à écraser la moitié des cylindres à 7 jours et l'autre moitié à 90 jours. Le contrôle se fait sur du béton complet, à l'anneau de 120 mm; seuls les éléments qui dépassent cette dimension sont éliminés. Les cylindres sont conservés en chambre tiède (18 à 20 ° C) et humide (90 %).

En outre, le laboratoire a contrôlé une fois par semaine: la résistance à la compression à 7, 28, 90 et 365 jours de 3 cylindres moulés dont le béton est prélevé en une seule fois à la tour à béton (4 x 3 = 12 cylindres);

la résistance à la flexion à 90 jours de 3 prismes de béton tamisé à l'anneau de 55 mm (prismes de 20 x 20 x 60 cm);

la résistance à la compression sur cubes de 30 x 30 x 30 cm.

Enfin, d'autres essais, moins fréquents, ont été réalisés, tels que:

prélèvement de carottes de 30 cm de diamètre, par forages verticaux dans le béton durci du barrage, en vue d'essais de compression;

prélèvement de blocs de béton dans le barrage, en vue d'essais de perméabilité et de gélimité.

Contrôle du ciment. Les ciments utilisés ont été contrôlés périodiquement par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux de Zurich, dans le cadre d'une convention qui groupe un certain nombre de sociétés construisant des barrages. Sur l'ensemble des prélèvements effectués, au départ des trains, dans les fabriques livrant du ciment aux Forces Motrices de la Gouggra (quelle que soit leur destination) 388 échantillons ont satisfait aux normes suisses, et 4 seulement n'y ont pas satisfait en ce qui concerne un point particulier (1 Le Châtelier, et 3 teneurs en SO₃). Parallèlement, des échantillons ont été prélevés à la tour à béton une à deux

Tableau 4. Essais de béton à 90 jours. Dispersions

Dosage en kg CP/m ³	Résistance en kg/cm ²	Ecart quadratique moyen relatif (ou dispersion ¹⁾	Nombre de cylindres
160	259	0,136	375
180	284	0,127	156
200	325	0,087	36
250	337	0,128	261

¹⁾ Calculé sur la résistance moyenne de 3 cylindres à la fois.

fois par semaine. Ils ont fait l'objet d'essais normaux, à Zurich également. Les 79 prélèvements ont satisfait aux normes suisses.

Résistances à la compression sur cylindres moulés, à 7, 28, 90 et 365 jours. Les dosages utilisés varient entre 160 et 260 kg CP/m³; le dosage moyen du barrage est de 215 kg CP/m³. L'accroissement des résistances jusqu'à un an est donné dans le tableau 3 pour le dosage de 160 kg CP/m³.

Résistances à la compression à 90 jours sur cylindres moulés. Dispersions. Le contrôle journalier des résistances à 90 jours a été réalisé sur environ 1400 cylindres moulés de 30 cm de diamètre et 45 cm de hauteur. Le tableau 4 résume les résultats obtenus en 1957 (Campagne de 536 000 m³).

Résistance du béton sur échantillons prélevés dans la masse. Dix forages verticaux de 30 cm de diamètre et d'une longueur totale de 80 m ont été exécutés dans différentes parties du barrage. Quelques résultats se trouvent dans le tableau 5.

Contrôle de la résistance du béton au gel. La résistance au gel a été contrôlée par prélèvement, dans le barrage lui-même, (béton des parements), de blocs de 1 m³ environ. Chaque bloc est scié en 8 prismes de 15 x 15 x 60 cm. 4 prismes sont soumis alternativement au gel (— 15 ° C à l'air) et au dégel (+ 10 ° C dans l'eau), à la fréquence de 3 cycles en 2 jours; au début de l'essai, le béton est âgé de 3 à 5 mois. Pendant le même temps, les 4 autres prismes sont conservés dans l'eau à + 10 ° C, comme témoins. Le béton est réputé non gélif si, après 200 cycles de gel et dégel:

le rapport du module d'élasticité dynamique des prismes gelés à celui des témoins est supérieur à 0,75;

le rapport de la résistance à la flexion des prismes gelés à celle des prismes-témoins est supérieur à 0,75;

le rapport de la résistance à la compression des prismes gelés à celle des prismes-témoins est supérieur à 0,90.

Sur six prélèvements effectués en 1956 et 1957, cinq ont atteint ou dépassé les normes prescrites.

Contrôle de l'étanchéité du béton. 4 cubes de 30 x 30 x 30 cm, extraits par sciage du barrage lui-même (béton des parements), sont soumis dans une cuve métallique à une pression d'eau croissant régulièrement pendant 10 jours, de zéro à 30 kg/cm². Les parois latérales sont rendues étanches et l'on mesure la quantité totale d'eau qui passe à travers l'épaisseur de béton de 30 cm. Le béton est réputé étanche si la moyenne des infiltrations à travers les 4 cubes est inférieure à 500 cm³. Les six prélèvements effectués en 1956 et 1957 ont donné des résultats très inférieurs à cette limite (dans quatre cas, le béton est resté absolument sec). La mise en eau du barrage a d'ailleurs montré que le béton du parement amont (250 kg CP/m³, avec entraîneur d'air) était parfaitement étanche, même sous la charge maximale de 148 m.

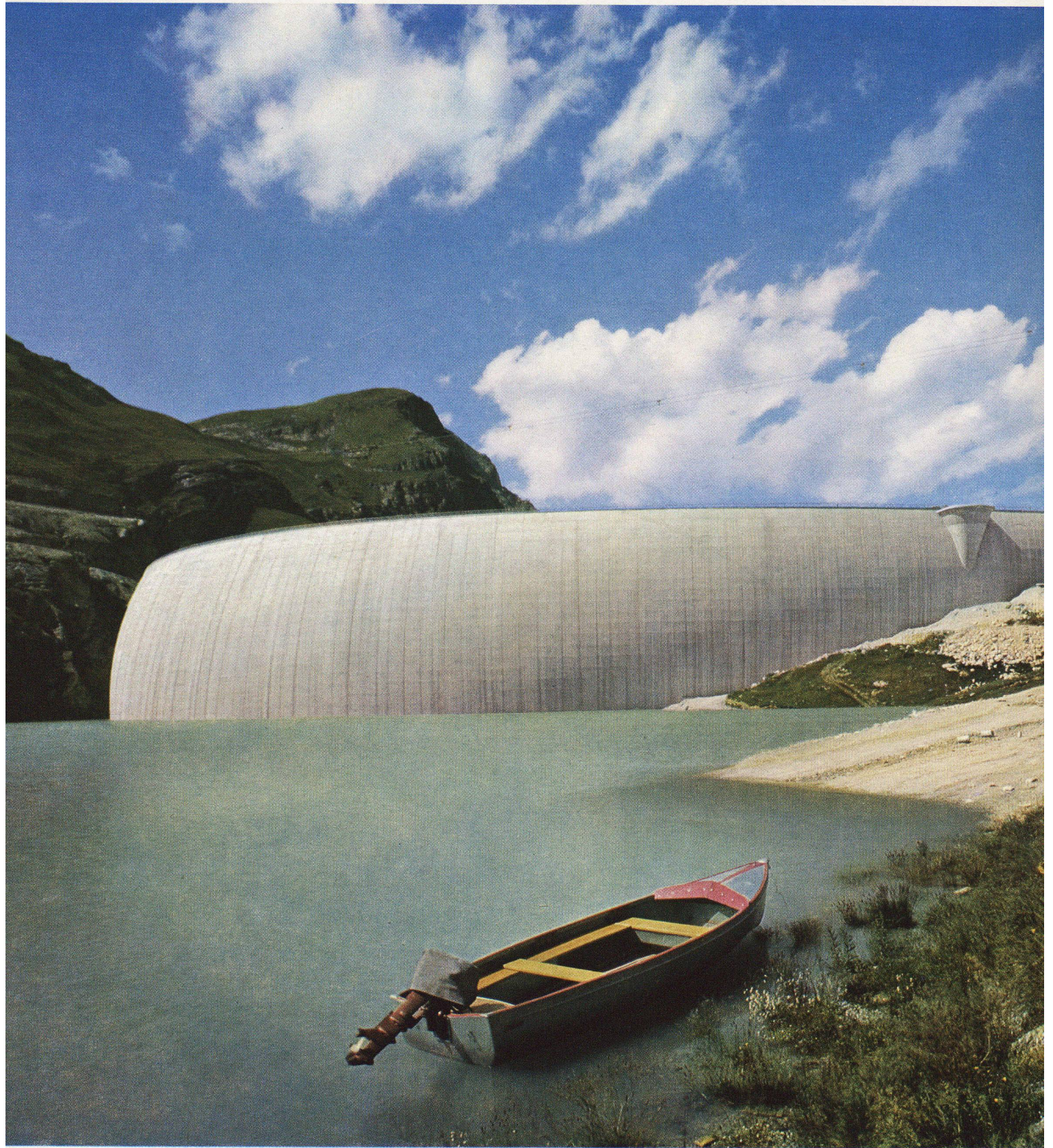
Injection des joints du barrage. Les joints ont été injectés de ciment au printemps qui a suivi leur bétonnage, puis réinjectés un an après. Les températures du béton prescrites pour pouvoir injecter étaient:

Entre les niveaux 2102 et 2140: 2,5 ° C.

Entre les niveaux 2140 et 2220: température croissant de 2,5 à 10 ° C.

Au-dessus du niveau 2220: 10 ° C.

Les injections ont été exécutées par panneaux successifs d'une même altitude, de bas en haut, et du centre vers les



Bj. 13. Barrage de Moiry

Seite / page

354 - 03

leer / vide /
blank

Tableau 5. Essais sur échantillons prélevés dans la masse du béton

Dosage en kg CP/m ³	Age moyen en jours	Nombre de cylindres par catégorie	Résistance moyenne à la compression, en kg/cm ²	
			Cylindres forés	Cylindres moulés
180	120	9	264	301
180	190	12	365	343
200	190	10	356	374
220	190	5	327	366

rives. La pression maximum d'injection admise au haut des panneaux (à l'évent) était 8 kg/cm², celle à l'entrée des tubes à manchettes 12 kg/cm². Pour les réinjections, un an plus tard, on a admis une pression de 15 kg/cm² à l'entrée des tubes. Le tableau 6 résume les résultats essentiels.

Injection du rocher. Voile principale. Le voile principal s'étend jusqu'à 90 m au-dessous du pied du barrage, à l'aplomb de la galerie de pied. Les forages ont été exécutés par phases successives: espacement initial de 12 m, puis de 6 m; dans une troisième phase, on a exécuté des forages obliques recoupant les premiers. L'injection de ciment, additionné de 1 % de bentonite, a été effectuée selon le procédé des passes remontantes. La pression d'injection, croissant avec la profondeur du trou (10 kg/cm² de 5 à 10 m, 15 kg/cm² de 10 à 15 m) a toutefois été limitée à 50 kg/cm² au delà de 50 m, quelle que soit l'altitude du tronçon injecté. Voici les résultats essentiels: longueur totale des forages (rotatifs, avec rinçage à l'eau) 11 150 m; absorption moyenne de ciment 268 kg/ml.

Appréciation de l'étanchéité du rocher. Par l'exécution du voile principal, on a cherché à diminuer la perméabilité naturelle du rocher, immédiatement sous les fondations du barrage, en abaissant si possible son coefficient de perméabilité jusqu'au voisinage de 1 litre par minute et par mètre de forage, valeur généralement admise pour un rocher étanche. Le coefficient de perméabilité est la perte d'eau, mesurée pendant 10 minutes par tronçons de 5 mètres, sous une pression de 10 ou 15 kg/cm² à l'entrée du forage, exprimée en litres par minute et par mètre de forage (unité «Lugeon»). Cette règle a dicté le programme des travaux, en divisant les fondations en deux zones, soit:

Zone de traitement principale, injectée en deux phases successives dans la partie supérieure des fondations. Les forages ont été prolongés aussi longtemps que le coefficient de perméabilité initial de la roche était supérieur à 1 l/m ×

Tableau 6. Injection des joints du barrage

Surface totale injectée	45 000 m ²
Absorption moyenne de ciment de l'injection primaire (pression max. 12 kg/cm ²)	15,5 kg/m ²
Absorption moyenne de ciment de l'injection secondaire (réinjection, pression max. 15 kg/cm ²)	2,1 kg/m ²
Absorption moyenne totale des joints	17,6 kg/m ²

min. Cette zone a une profondeur moyenne de 50 m sur les rives et de 70 m en thalweg. Avant traitement, le coefficient de perméabilité moyen y était de 3,12 à 4,42 l/m × min et après traitement, de 0,4 à 1,28 l/m × min.

Zones explorées, situées sous la précédente, où l'on a trouvé un coefficient de perméabilité moyen de 0,15 à 1,33 l/m × min jusqu'à 60 ou 70 mètres de profondeur et de 1,64 à 2,90 au delà (Fig. 2).

Injections de liaison et de consolidation. On distingue deux types de forages: ceux qui ont été forés avant, mais injectés après le bétonnage du barrage (à 10 kg/cm²); ceux qui ont été forés et injectés après le bétonnage (à 15 kg/cm²). Voici les résultats essentiels: forages de 5, 10 et 15 m de longueur (dans le rocher), répartis sur toute la fondation (les courts au centre); longueur totale des forages 6760 m; pression maximum d'injection 15 kg/cm²; absorption moyenne de ciment 276 kg/ml.

VI. Observations faites sur le barrage de 1957 à 1961

A partir de 1957 ont eu lieu plusieurs mises en eau partielles, au fur et à mesure de l'achèvement des adductions. Le lac a été rempli pour la première fois en 1960.

Mesures de contrôle. Les mesures des pendules et du clinomètre permettent de déterminer les déplacements relatifs des différentes stations d'observation par rapport à la base de l'ouvrage; rapides et simples (les mesures de pendules surtout), elles peuvent être confiées au personnel de surveillance du barrage et répétées à intervalles relativement courts, par exemple une fois par jour si la mise en eau est rapide, une fois par semaine plus tard et une ou deux fois par mois quand l'ouvrage a pris son assise. Leur interprétation ne demande pas de longs calculs et les résultats peuvent être mis au net presque immédiatement. Ces mesures ne permettent toutefois pas de déceler les mouvements de translation que peut avoir subi l'ensemble de l'ouvrage par suite de la déformation du rocher sous l'effet, par exemple, de la poussée de l'eau. Seules les mesures géodésiques permettent de constater ces mouvements d'ensemble

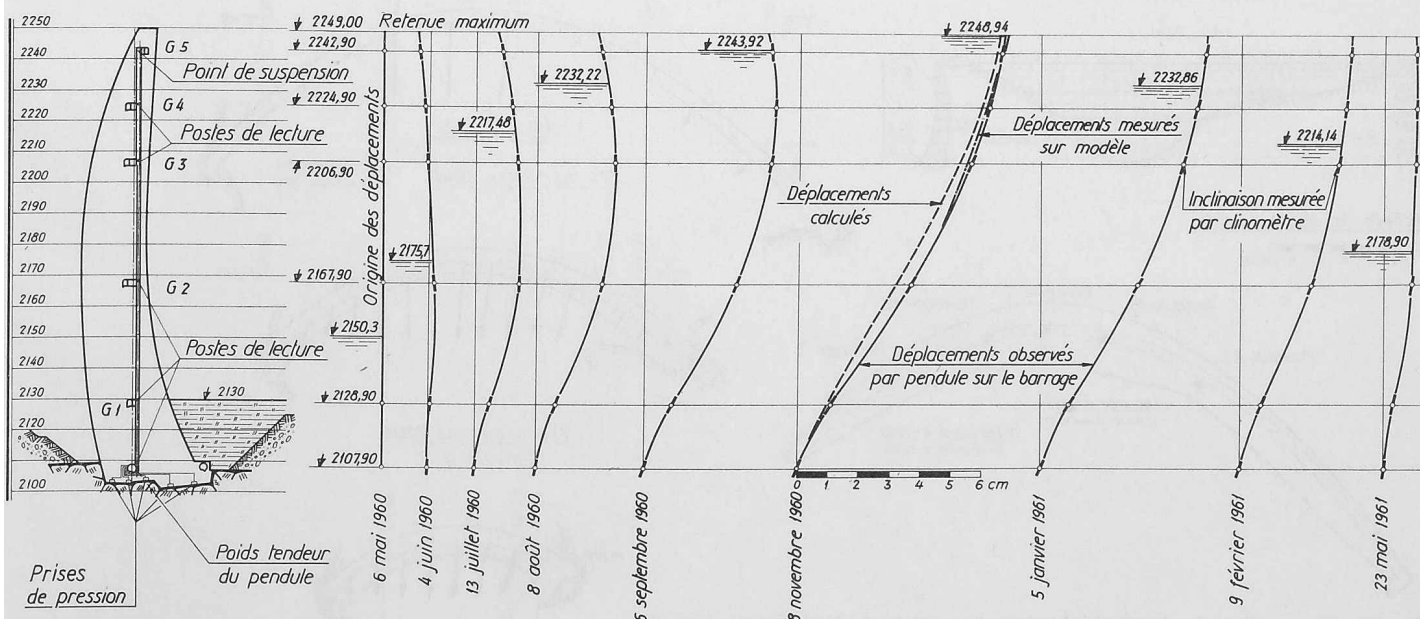


Fig. 11. Déformations radiales du barrage, mesurées par pendule et clinomètre dans la section centrale, pour divers niveaux du lac, en 1960 et 1961. Comparaison, à lac plein, avec les résultats du calcul et les essais sur modèle en caoutchouc

et de situer dans l'espace les courbes de déformation mesurées au moyen des pendules et du clinomètre. Ces mesures géodésiques, très délicates, ne peuvent être exécutées que par des spécialistes hautement qualifiés. Ainsi les mesures des deux systèmes se complètent: le pendule et le clinomètre permettent de contrôler fréquemment les déformations du barrage tandis que les mesures géodésiques indiquent périodiquement la situation de l'ouvrage dans l'espace et mettent en évidence les mouvements éventuels du rocher d'appui.

Les repères de déformations locales permettent, au moyen d'un micromètre, de mesurer d'une part la déformation des joints au moment des injections de clavage et d'autre part de mesurer la déformation horizontale du béton dans l'axe de chaque voussoir, au niveau des galeries. Ces valeurs peuvent, à l'aide d'un calcul élémentaire, confirmer l'ordre de grandeur des déplacements observés au moyen du pendule du voussoir central.

Avec les mesures de sous-pression, cet ensemble de contrôles doit rendre compte de la bonne tenue du barrage et constitue ce que l'on peut appeler les mesures «de police», destinées à vérifier régulièrement la sécurité de l'ouvrage. Les notes qui suivent résument quelques-unes des observations les plus intéressantes faites jusqu'à ce jour.

Comparaison des déformations observées et des déformations calculées ou mesurées sur modèle. Le calcul et les observations sur modèle ne se fondent pas sur les valeurs absolues des déformations, mais uniquement sur leurs valeurs relatives, soit entre différents points du barrage, soit entre le barrage et le rocher de fondation. Pour passer aux valeurs absolues, il faut faire intervenir le module d'élasticité de la matière utilisée, celle du modèle s'il s'agit des essais, celle du barrage s'il s'agit de la réalité. On obtient une correspondance satisfaisante en attribuant au béton un module de déformation lente de 200 t/m² dans le calcul et de 160 t/m² d'après les essais sur modèle. La figure 11 représente l'évolution des déformations de la section centrale du barrage au cours d'un cycle d'une année comprenant une période de remplissage s'étendant de mai 1960 (lac vide, au niveau 2150) à novembre 1960 (lac plein, au niveau 2249), suivie d'une période de vidange jusqu'à mai 1961 (lac partiellement vide, au niveau 2179). En automne 1960, le lac est resté plein pendant un peu plus d'un mois; pendant cette période, la flèche centrale au couronnement s'est accrue d'environ 20 % (de 55 à 66 mm). Une partie de cette déformation différée est imputable à un abaissement de la température, mais la partie la plus importante provient du fluage. Ce phénomène, très marqué durant les premières

semaines de mise en charge, perd ensuite de l'importance et la déformation se stabilise.

Mesures géodésiques. Les déplacements horizontaux mesurés entre le printemps (lac vide) et l'automne 1960 (lac plein) sont représentés sur la figure 12. On peut en déduire le déplacement absolu du pied du barrage en rattachant les mesures de pendules aux mesures géodésiques des galeries supérieures. On constate alors que la fondation entière du barrage semble avoir subi un déplacement légèrement oblique, vers l'aval et vers la rive gauche. Ceci s'explique par le fait que la topographie du rocher a conduit à encastrier très profondément le barrage sur la rive droite, alors que sur la rive gauche, les fondations sont plus près de la surface naturelle du rocher. Ce déplacement de la fondation est de l'ordre de 15 mm au maximum.

Sous-pressions. Les sous-pressions sont régulièrement mesurées dans quatre sections des fondations du barrage, sur une ligne amont-aval, au moyen de 17 boîtes de prise de pression placées sur le rocher avant le bétonnage et de 9 forages exécutés après le bétonnage. Les sous-pressions mesurées suivent assez fidèlement les variations de niveau du lac, tout en restant généralement limitées à une fraction acceptable de la pression hydrostatique.

Débit des infiltrations. Les infiltrations à l'intérieur du barrage, recueillies dans la galerie de pied amont, sont mesurées au point bas de la galerie, pour les deux rives séparément. Les valeurs maxima trouvées sont extrêmement faibles: à lac plein, 0,20 l/s sur la rive droite et 0,10 l/s sur la rive gauche. Les infiltrations à travers le rocher de fondation peuvent être évaluées d'après les débits mesurés à la sortie de la galerie de drainage qui n'est presque pas revêtue de béton: à lac plein, elles ne dépassent pas 10 l/s.

Bibliographie

A. Stucky: Quelques problèmes relatifs aux fondations des grands barrages-réservoirs, «Bulletin technique de la Suisse romande», 1954.

J. P. Stucky: Technologie et contrôle des barrages en béton, «Bulletin technique de la Suisse romande», 1956.

A. Stucky et M. H. Derron: Problèmes thermiques posés par la construction des barrages-réservoirs, Lausanne, «Sciences et Technique», 1957.

J. P. Stucky: Le choix, la préparation et la spécification des agrégats dans le béton pour grands barrages, Septième congrès des grands barrages, Rome, 1961. Question no. 24, rapport R. 39.

A. Stucky, J.-P. Stucky et E. Schnitzler: Conceptions actuelles dans la construction des barrages-voûtes en Suisse, «Cours d'eau et Energie», 1961.

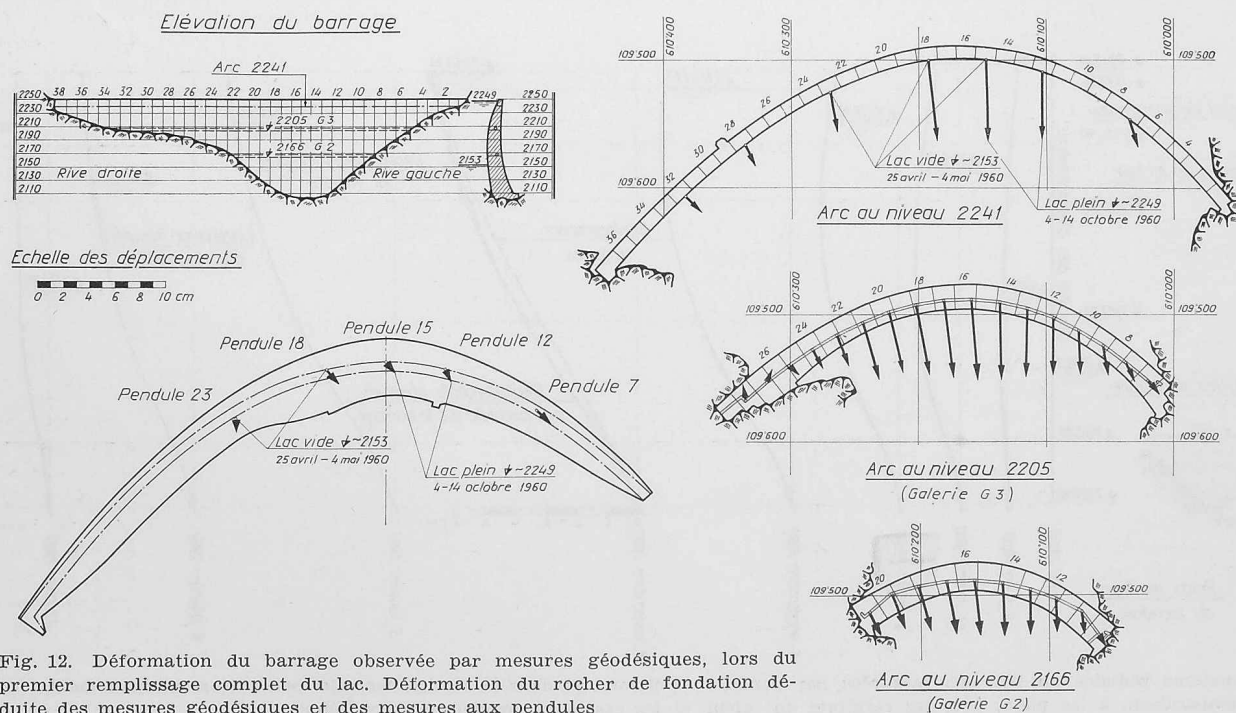


Fig. 12. Déformation du barrage observée par mesures géodésiques, lors du premier remplissage complet du lac. Déformation du rocher de fondation déduite des mesures géodésiques et des mesures aux pendules