

L'usine d'Innertkirchen des forces motrices de l'Oberhasli: la constitution des forces motrices de l'Oberhasli et la réalisation du palier supérieur

Autor(en): **Calame, Jules**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **68 (1942)**

Heft 23

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-51829>

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

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 13.50 francs
Etranger : 16 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 11 francs
Etranger : 13.50 francs

Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements
s'adresser à la librairie
F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : M. IMER, à Genève ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; A. ROSSIER †, ingénieur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; EPITAUX, architecte ; E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. ODIER, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

Publicité : TARIF DES ANNONCES

Le millimètre
(larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions
de pages.

Rabais pour annonces
répétées.



ANNONCES-SUISSES s.a.
5, Rue Centrale,
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; M. IMER.

SOMMAIRE : *L'usine d'Innertkirchen des forces motrices de l'Oberhasli*, par M. JULES CALAME, ingénieur. — *Bases sociales et éthiques de l'aménagement du territoire national*, par M. A. MEILI, architecte. — NÉCROLOGIE : *Henri Zorn, ingénieur ; Jules Crausaz, ingénieur*. — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION.

L'usine d'Innertkirchen des forces motrices de l'Oberhasli ¹

La constitution des Forces motrices de l'Oberhasli et la réalisation du palier supérieur.

C'est par les soins des *Forces motrices bernoises* (F.M.B.) que fut étudié, dès 1917, le plan d'aménagement de toute la vallée supérieure de l'Aar, en amont d'Innertkirchen et le *Bulletin technique* a donné en son temps ² un aperçu illustré des bassins d'accumulation à créer, ainsi que de l'aménagement prévu à cette époque. Les grands problèmes qui se posaient alors étaient ceux de la réalisation, à une altitude voisine de 1900 m, des grands barrages du Grimsel et du Gelmersee, de la répartition d'une chute disponible d'environ 1280 m en plusieurs paliers, de l'exécution des travaux par étapes successives, sans parler de l'ampleur des installations de chantier, de l'approvisionnement des matériaux et de leur maintenance soit en galerie, soit sur un terrain particulièrement accidenté.

En 1920, le grand projet de M. A. Kaech, alors ingénieur en chef des F.M.B., envisageait une exécution progressive en trois paliers. Ce projet fut soumis à une

commission d'experts, ainsi que le relatait notre Bulletin dans un article détaillé ¹. En 1925, les F.M.B. constituaient la société des *Forces motrices de l'Oberhasli* (K. W. O.) à qui devait revenir le soin de réaliser le programme grandiose dont il est question ici. De 1925 à 1932, les K. W. O. équipèrent le premier palier, qui aboutit à *l'usine de la Handeck* et fournit, bon an, mal an, une énergie moyenne voisine de 250 millions de kWh. La figure 1 montre l'aménagement hydraulique de cette installation à partir du Gelmersee : sous une chute nette de 540 m, elle est à même d'utiliser l'énergie disponible, en quatre groupes de 30 800 ch, chacune des turbines Pelton à axe vertical et à double injecteur débitant environ 4,8 m³/s pour entraîner directement, à la vitesse de 500 tours/min, un alternateur triphasé 50 pér. de 28 000 kVA sous une tension de 11 kV.

La coupe schématique de la figure 2 montre la disposition adoptée à la Handeck, l'entière séparation horizontale de la partie hydraulique de la partie électrique, la simplification de la salle des machines, dans laquelle n'apparaissent plus que les régulateurs des turbines, les pivots de suspension et les excitatrices, enfin le logement de chaque transformateur et de l'appareillage correspondant en face du groupe qui l'alimente.

L'installation de la Handeck, avec les grands barrages qui ont posé en eux-mêmes des problèmes spéciaux, a été le premier stade de la réalisation de l'ensemble ; il a permis de se rendre compte qu'effectivement les ouvrages construits répondaient bien aux idées directrices et aux

¹ Nous devons à l'obligeance de la direction des Forces motrices de l'Oberhasli de pouvoir résumer à l'intention de nos lecteurs la monographie très complète de l'usine d'Innertkirchen, parue dans la *Schweizerische Bauzeitung* de juillet-août 1942 et d'après les renseignements fournis par la direction des travaux et en particulier par M. le Dr h. c. A. Kaech et les ingénieurs en chef H. Juillard et F. Aemmer. (Réd.)

² Numéros du 20 août et du 3 septembre 1921.

¹ Numéros du 25 avril et du 9 mai 1925.

plans d'aménagement conçus. Le résultat a été réjouissant : le volume d'eau disponible est pratiquement le même chaque année, contrairement aux usines de basse chute dont le débit varie fortement avec la saison. La production d'énergie d'hiver est du même ordre de grandeur que l'énergie d'été. Un résultat aussi réjouissant ne pouvait évidemment qu'inciter les K. W. O. à poursuivre, dès que la nécessité le montrerait, leur programme d'aménagement, et ce fut le cas dès l'instant où non seulement la ville de Berne, mais aussi le canton de Bâle-Ville et la ville de Zurich se déclarèrent prêts à acquérir de l'énergie du réseau et à souscrire à titre d'actionnaires au nouveau capital.

Le palier inférieur : l'Usine d'Innertkirchen.

Un premier projet, de 1924, prévoyait d'utiliser la chute en deux paliers entre la Handeck et Innertkirchen et ceci dans deux usines prévues l'une à Boden, l'autre à Innertkirchen¹, mais d'autres considérations, notamment la suppression d'une conduite électrique de transport d'énergie, militèrent en faveur d'un projet réunissant les deux chutes nouvelles en un seul palier (fig. 3) ; on évitait ainsi un transport d'énergie de l'Usine de Boden au poste d'Innertkirchen ; les installations hydrauliques se simplifiaient à leur tour, malgré l'augmentation de la pression au bas de la « conduite forcée ». En 1929, une nouvelle commission d'experts, dont faisaient partie MM. H.-E. Gruner et le professeur Meyer-Peter, ainsi que les géologues Hugi et Lugeon, donna son assentiment au projet simplifié et c'est en 1938 que le Conseil d'administration des K. W. O. engagea la demande de concession définitive, ainsi que les frais des travaux préliminaires. La direction de ce grand œuvre fut confiée à nouveau au Dr h. c. A. Kaech, assisté des ingénieurs en chef H. Juillard pour les travaux de génie civil et F. Aemmer pour les installations électro-mécaniques.

1. L'ensemble du projet de l'installation d'Innertkirchen.

Le projet définitif de 1939, réalisé actuellement, prévoit l'utilisation d'un débit maximum de 36 m³/s sous

¹ Voir *Bulletin technique* du 25 avril 1925, fig. 9, page 102.

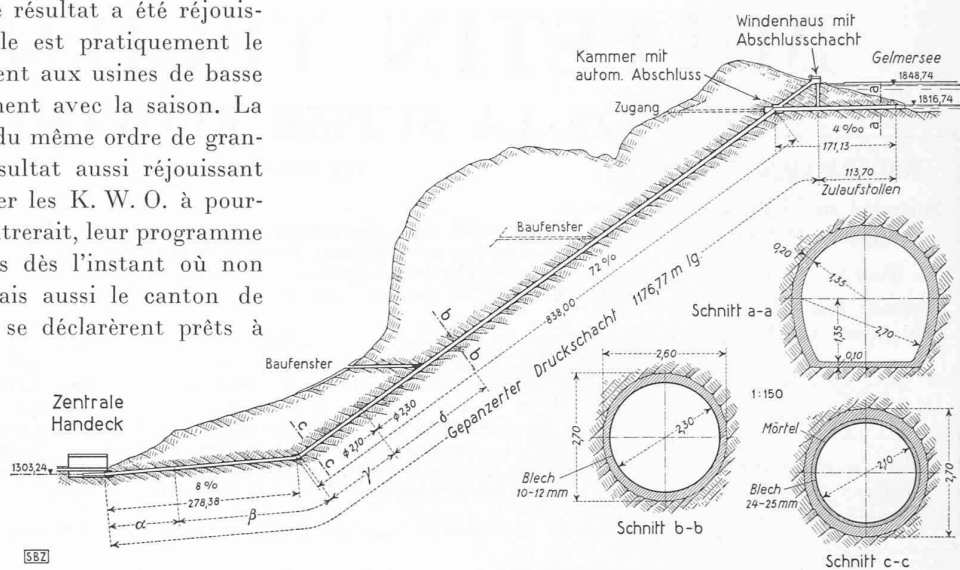


Fig. 1. — Installation de la Handeck (palier supérieur, construit de 1929 à 1932). Profil en long 1 : 10 000 et profils en travers des galeries 1 : 150.

(Zulaufstollen = galerie d'amenée
Kammer mit automatischem Abschluss = chambre des vannes de sûreté
Gepanzerter Druckschacht = puits oblique blindé
Blech = blindage en tôle).

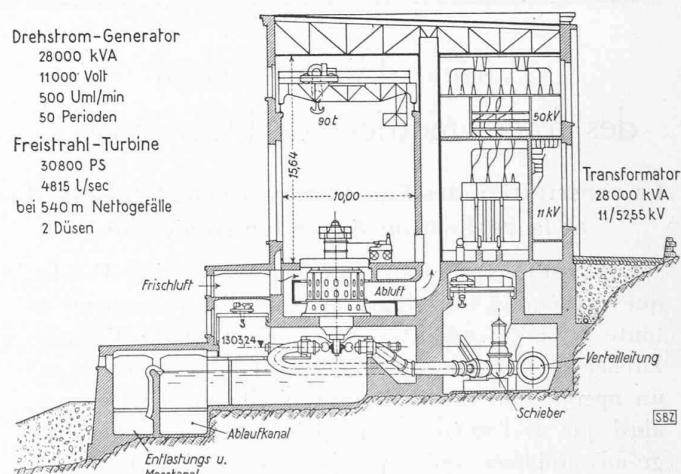


Fig. 2. — Usine de la Handeck — Coupe en travers 1 : 500.

(Vertheilung = collecteur
Schieber = robinet-vanne à commande hydraulique
Ablaufkanal = canal de fuite
Entlastungs- und Messkanal = canal de décharge et de mesures).

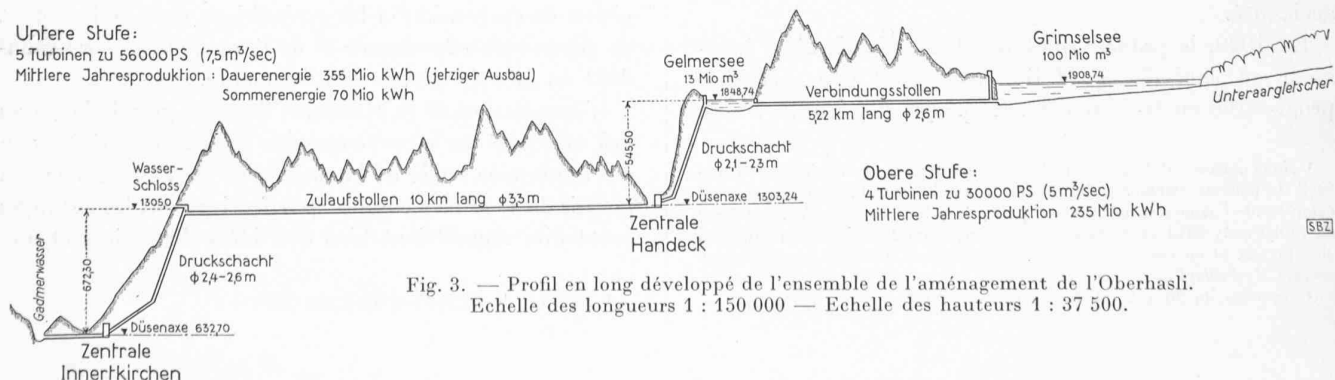


Fig. 3. — Profil en long développé de l'ensemble de l'aménagement de l'Oberhasli. Echelle des longueurs 1 : 150 000 — Echelle des hauteurs 1 : 37 500.

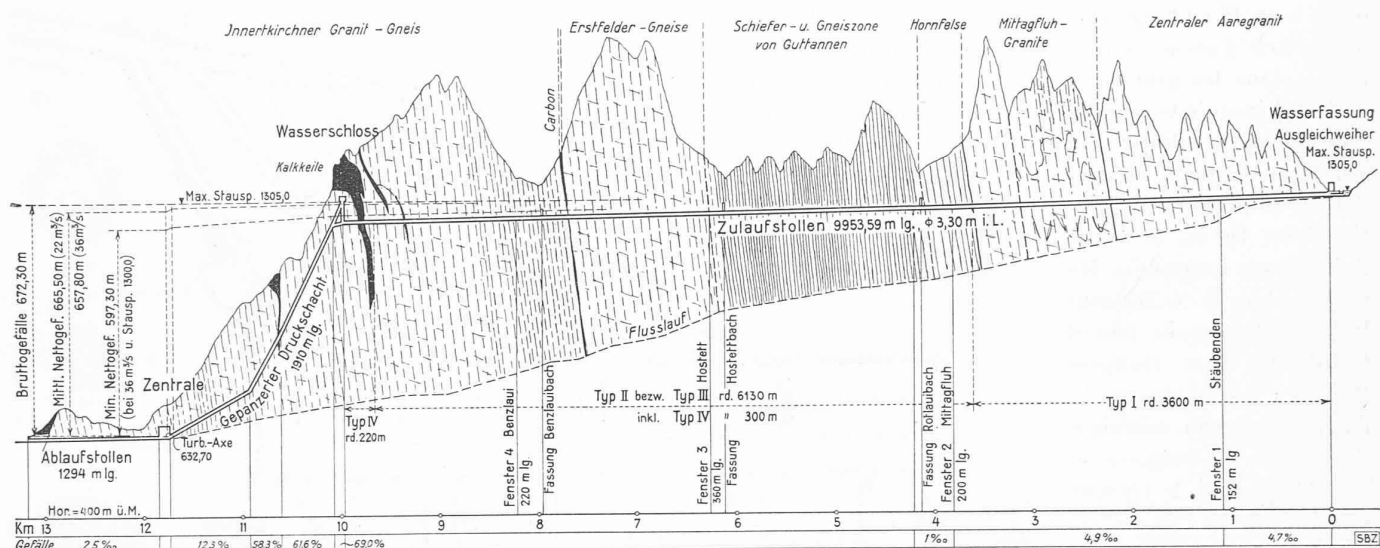


Fig. 4. — Profil en long de l'installation d'Innertkirchen. — Longueurs 1 : 70 000 — Hauteurs 1 : 20 000.

une chute brute voisine de 670 m ; des 36 m³/s ci-dessus, un peu moins de 20 m³/s proviennent de l'usine de la Handeck ; le reste sera fourni ultérieurement par l'agrandissement des bassins d'accumulation et l'utilisation des eaux du glacier du Gauli.

L'énergie annuelle du *palier inférieur* est estimée, pour

l'aménagement en cours, à 350 millions de kWh, correspondant au volume d'eau emmagasiné d'environ 113 millions de m³ dans les réservoirs, sans tenir compte d'un complément de 70 millions de kWh d'énergie d'été.

L'installation est située *entièrement dans le rocher*, sur la rive droite de l'Aar. La figure 4 en donne schématique-



Fig. 5. — Vue d'ensemble des installations.

Photo. Brügger S. A. Meiringen. Autor. C.F. n° 4440 du 3.10 39

ment le profil en long, qui fait apparaître essentiellement une *galerie d'amenée* en charge de 9,95 km de longueur, percée dans les granits et les gneiss, sous une pente de 4,9 % jusqu'à la *chambre d'équilibre*, située à proximité d'un noyau de calcaire enchâssé dans la masse des roches éruptives et qui a dû faire

l'objet de précautions particulières. De là, la « conduite forcée » unique a été creusée dans le rocher sous la forme d'un *puits blindé*, formé de deux tronçons (fig. 5) : pente de 60 % dans le tronçon supérieur de 1094 m de longueur et de 12,3 % dans le tronçon inférieur de 817 m de longueur ; la section libre de la « conduite » de forme circulaire a un diamètre Φ 2,60 m sur les 635 premiers mètres et Φ 2,40 m dans la partie inférieure jusqu'à l'entrée du collecteur conique construit pour répartir également le débit entre les cinq conduites d'alimentation des turbines (fig. 6).

L'usine elle-même est creusée entièrement dans le rocher, sous la forme d'une vaste « caverne » (fig. 7), parallèle au flanc de la montagne et, sous chacune des turbines, un petit canal de fuite transversal conduit les eaux à la galerie de fuite de 1294 m de longueur à libre écoulement.

Examinons maintenant le détail de cette installation.

2. La galerie d'amenée.

Celle-ci part d'un petit bassin de compensation à la cote 1305 ; la galerie est d'ailleurs en relation immédiate avec le canal de fuite de l'usine de la Handeck. Avec ses 10 km environ de longueur, cette galerie d'amenée constitue un ouvrage considérable qui absorbe à lui seul presque la moitié du coût de l'installation. Elle traverse sur la plus grande partie de son parcours soit des roches granitiques, soit des gneiss dont l'ampleur des couches est importante ; on en trouvera la dénomination particulière sur le profil en long de la figure 4. A part une venue d'eau de 300 l/s au maximum, aucune surprise de cette nature n'a gêné le percement ; on a signalé déjà la traversée d'une veine de roche sédimentaire, à l'amont de la chambre d'équilibre ; on peut citer encore la courte traversée d'une couche de dolomite du trias au milieu environ du parcours de la « conduite forcée ».

Avant d'adopter toutefois un profil définitif, des galeries de sondage avaient été creusées à divers endroits dont il sera question ultérieurement. Le profil de cette galerie en charge avec sa section utile variant de 9,08 à 8,55 m² a été, selon les régions traversées, réalisé selon quatre

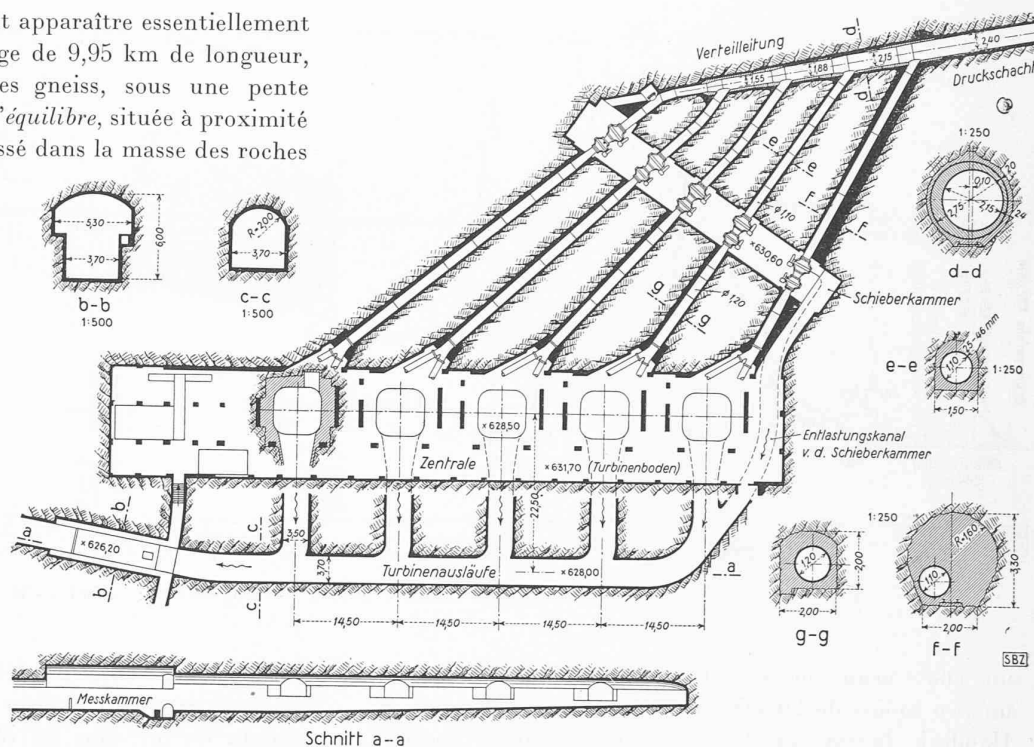


Fig. 6. — Usine d'Innertkirchen. — Coupe horizontale 1 : 1000 et profils-types.

types différents (fig. 8) dont la répartition est indiquée aussi sur le profil en long (fig. 4).

Le *type I*, utilisé sur 3,6 km de longueur du début, dans la roche parfaitement compacte, ne prévoit qu'un simple revêtement de béton de 10 cm d'épaisseur, pourvu d'un



Fig. 9. — Exécution de la galerie d'amenée. — La pompe à béton et sa benne d'alimentation pour un débit de 7 m³/h ; sous le plan incliné, le moteur de 30 ch de la pompe à béton.

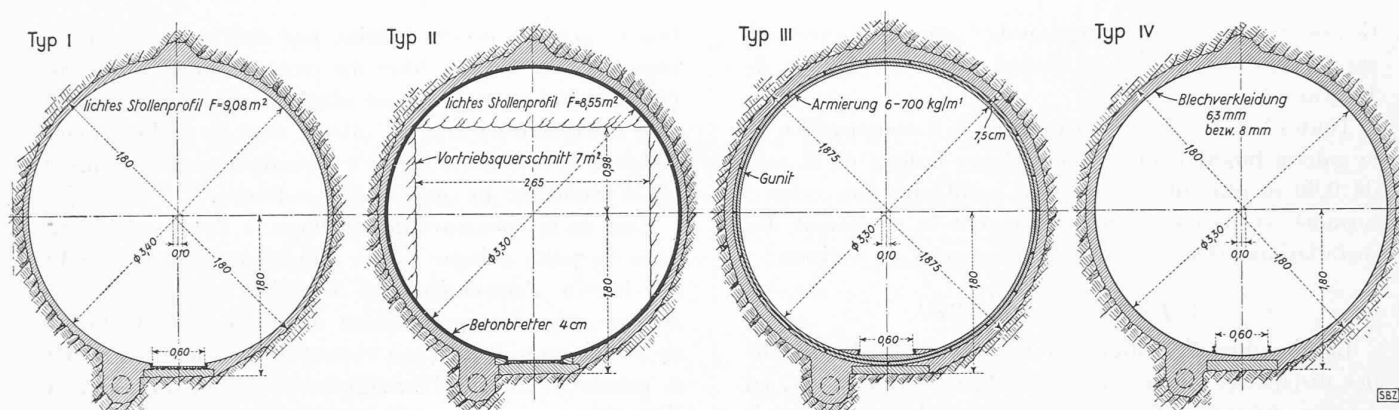


Fig. 8. — Les quatre profils-types de la galerie d'amenée. Echelle 1 : 80.
(lichtes Stollenprofil = section libre — Vortriebsquerschnitt = section d'avancement).

enduit spécial parfaitement lissé et destiné à préserver le béton contre les agressions d'une eau particulièrement douce.

Le *type II*, appliqué sur une longueur de 5,4 km, est caractérisé par un revêtement de béton qu'on a réalisé par le moyen de la pompe à béton pour remplir le vide compris entre la roche brute et un coffrage annulaire perdu, formé par des plaques de béton cintrées de 4 cm d'épaisseur, légèrement armées et imprégnées de bitume à chaud et sous pression, qu'a fournies la maison Hunziker & C^{ie}, à Brougg, dans des dimensions de 90 × 100 cm ; le béton de remplissage était en outre tassé à l'aide de pervibrateurs ; les joints, entre les plaques formant coffrage, ont été fermés à l'aide de bitume à chaud ; sur une longueur de 1,3 km, le béton de remplissage a été pourvu d'une armature annulaire comportant une section de 21 cm² par m¹.

Une région de 430 m de longueur, dans laquelle le rocher ne fut pas jugé apte à supporter la pression d'eau, nécessita une armature plus importante ; on y appliqua le *type III*, dont le revêtement s'appuie sur un anneau de gunite, armé à raison de 600 à 700 kg par m¹ de galerie.

Enfin, le *type IV* a été choisi pour les 200 m précédant la chambre d'équilibre, et pour une zone de 300 m de longueur particulièrement fissurée, dans laquelle il importe que la galerie soit parfaitement étanche ; à cet effet, le revêtement est protégé par un blindage en tôle d'acier dont l'épaisseur varie de 6,3 à 8 mm.

Avant d'exécuter le revêtement proprement dit, on a soigneusement capté toutes les venues d'eau.

Des essais avaient d'ailleurs été exécutés préalablement dans l'une des fenêtres pour déterminer notamment l'épaisseur des plaques de béton imprégnées qui servirent de coffrage au type II et l'on avait fait l'essai aussi de l'installation de la pompe à béton (fig. 9) qui devait servir plus tard pour l'exécution complète du revêtement. La figure 10 montre comment on organisa au cours de l'exécution définitive l'amenée du béton liquide au faite du profil par le moyen d'un tuyau de 150 mm de diamètre. Le bétonnage était suivi d'une injection au mor-

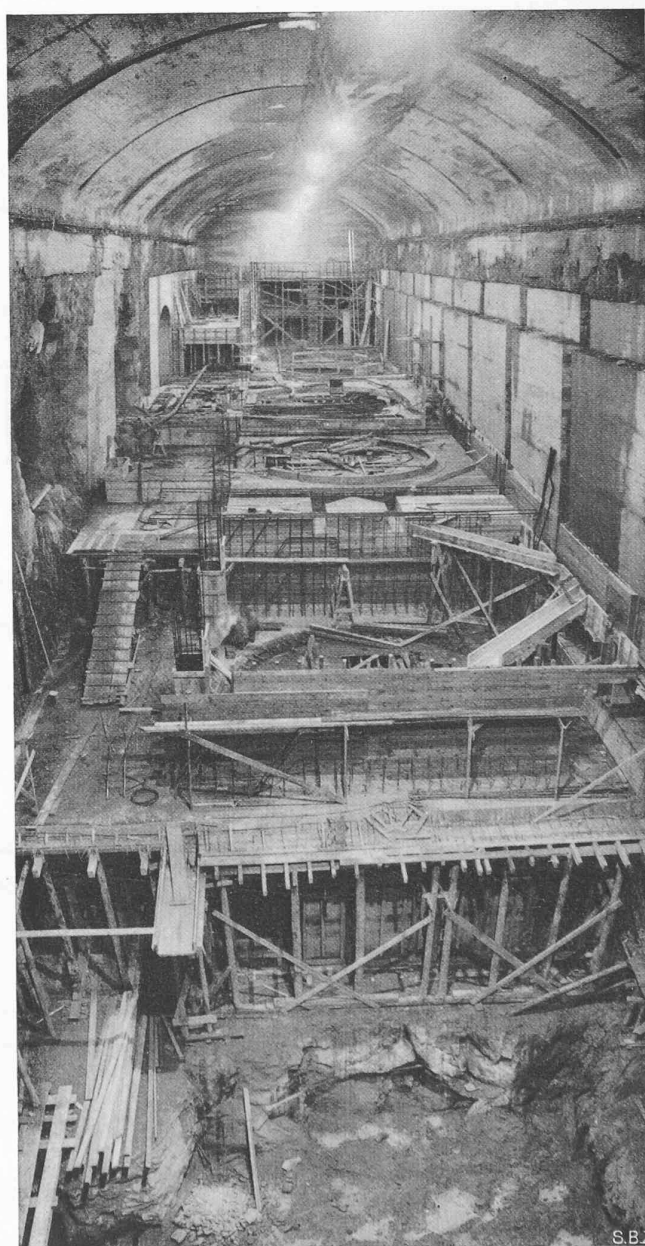


Fig. 7. — La salle des machines en construction. — Exécution des planchers en béton armé.

tier de ciment sous une pression de 6 atm. et d'injections supplémentaires au lait de ciment sous une pression de 15 atm.

Toutes les installations nécessaires à la construction de la galerie furent conçues pour glisser le long de la voie de 0,60 m qui subsiste dans le profil, une fois celui-ci terminé, et permettra ultérieurement le roulement des installations nécessaires pour des travaux de revision.

3. La chambre d'équilibre.

La chambre d'équilibre est constituée par l'ensemble des dispositifs représentés sur la figure 11. Elle est, en somme, du type différentiel, mais dans lequel on aurait déplacé le « tube central » pour le disposer latéralement, dans le prolongement oblique de la « conduite forcée ».

Au bas de la chambre proprement dite (*Vertikalschacht* de la figure 11), se trouve réalisé un étranglement, destiné à freiner soit la montée soit la descente de l'eau. Toute-

fois le premier niveau atteint par une variation de la charge est le niveau libre du puits oblique, qui varie très rapidement et provoque ainsi une variation de pression intéressante ; étant d'ailleurs dans le prolongement direct de la « conduite forcée », il assure un amortissement quasi immédiat du coup de béliet d'onde.

Lors de la fermeture des turbines, à l'aval, ce niveau libre du puits oblique monte immédiatement et remplit au besoin l'épanouissement supérieur (*obere Wasserkammer*, fig. 11), provoquant ainsi une augmentation de pression qui force l'eau venant de la galerie d'aménée à passer à travers l'étranglement de la chambre. A l'ouverture, c'est le contraire qui se produit : le niveau libre du puits oblique descend très rapidement et provoque, par la dépression qu'il produit au bas de la chambre, la vidange partielle de celle-ci au travers de la résistance. L'action combinée du puits oblique et de la chambre permet ainsi de réduire toute dénivellation progressive à

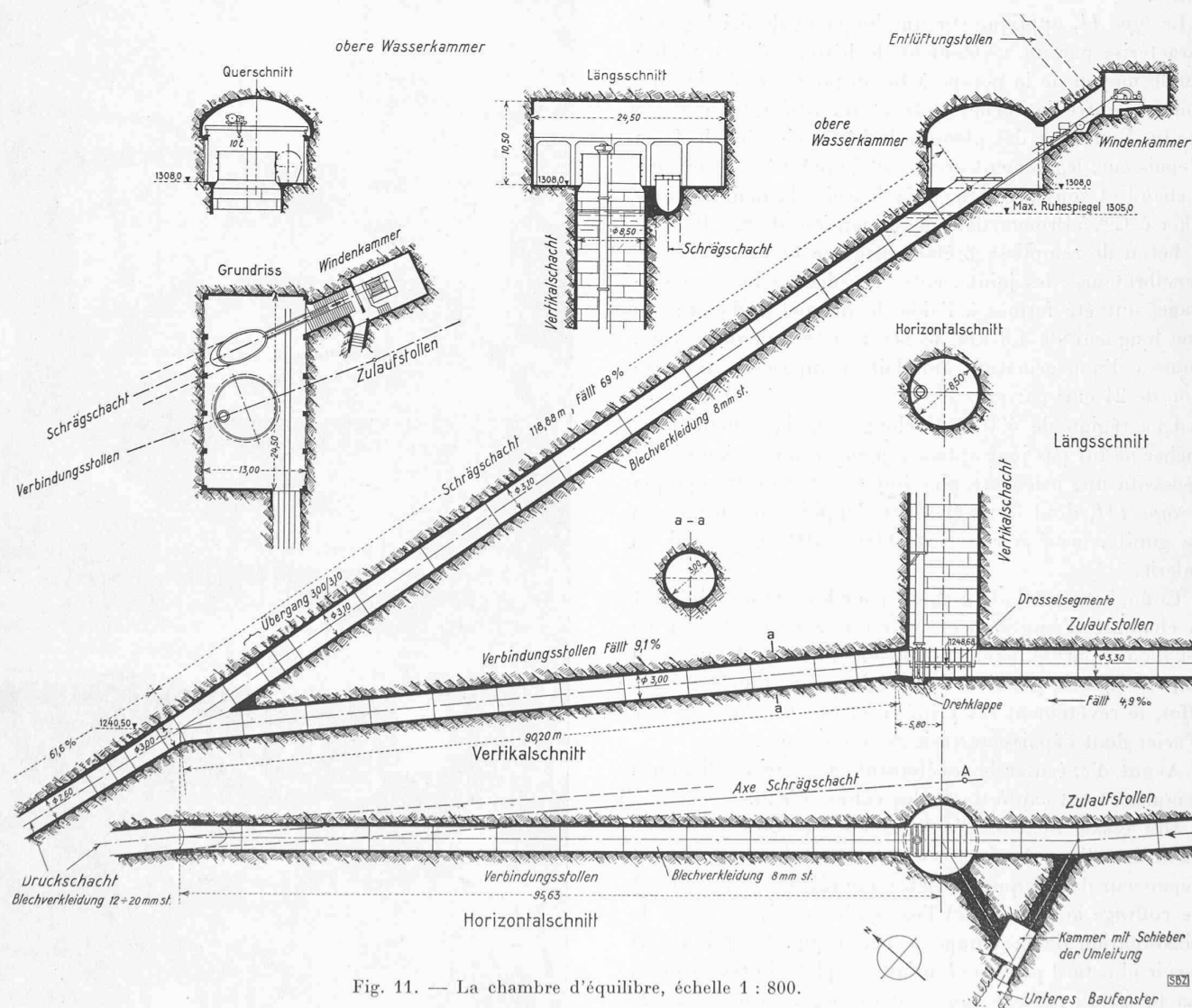


Fig. 11. — La chambre d'équilibre, échelle 1 : 800.

(Zulaufstollen = galerie d'aménée
Drosselsegmente = étranglement
Vertikalschacht = chambre d'équilibre proprement dite
Drehklappe = vanne-papillon

Schrägschacht = extrémité du puits oblique (conduite forcée) formant tube d'expansion
obere Wasserkammer = épanouissement supérieur
Windenkammer = chambre des treuils de montage du blindage du puits oblique.

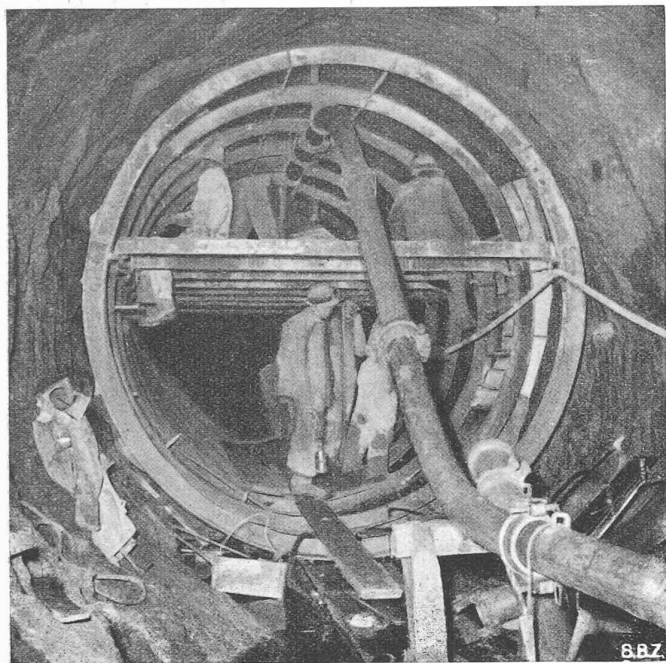


Fig. 10. — Le tuyau $\Phi 150$ mm d'alimentation du béton est amené, à l'avancement, à la hauteur du faite. On remarquera le cintre métallique du coffrage posé sur la voie de roulement.

un simple mouvement *apériodique*. Le calcul, fait en son temps par la direction des travaux, a fait ensuite l'objet d'un essai sur modèle réduit par les soins du Laboratoire de recherches hydrauliques de l'Ecole polytechnique fédérale dont les résultats ont confirmé le calcul.

Au sujet de ce dernier, il est intéressant de signaler qu'on a introduit, dans le calcul de la *perte de charge* dans la galerie, un coefficient selon Strickler $k = 95$ dans les cas où le frottement s'oppose au mouvement, et $k = 70$ notamment à l'ouverture, quand les résistances contribuent à augmenter la dénivellation.

Pour une pareille longueur de galerie, la perte de charge totale, entre la prise d'eau et les turbines, serait au total de 70 m, dans le cas où le débit utilisé atteindrait le maximum prévu de $36 \text{ m}^3/\text{s}$. Pour ce même débit, les vitesses les plus fortes atteindraient $4,2 \text{ m/s}$ dans la galerie d'amenée et $6,8$ à $8,0 \text{ m/s}$ selon le diamètre, dans le puits oblique constituant la « conduite forcée ».

D'autres problèmes hydrauliques se sont posés aussi, par l'introduction de ruisseaux directement dans la galerie d'amenée, mais cette influence est pratiquement négligeable au point de vue de l'oscillation.

Le problème essentiel, celui du coup de bélier d'onde, pouvait dès lors être résolu facilement, dans une « conduite » dont le profil était aussi favorable et on a prévu aux turbines et aux vannes les temps de fermeture qui permettent de limiter la surpression à une valeur n'atteignant pas 12 % de la pression statique. La figure 12 montre les dimensions impressionnantes de la chambre d'équilibre avec son diamètre de $8,50 \text{ m}$ et sa hauteur voisine de 60 m , munie sur toute sa hauteur d'un blindage en tôle.

JULES CALAME.

(A suivre.)

Bases sociales et éthiques de l'aménagement du territoire national

par M. A. MEILI, architecte¹.

Jacob Burkhard dit dans ses considérations sur l'histoire universelle : « Le petit Etat existe pour qu'il soit un endroit sur terre où le plus grand nombre possible de citoyens le soient dans toute l'étendue du terme ».

Nous voulons croire à l'excellence du petit Etat. Le sort de l'individu nous intéresse davantage que celui des masses. L'addition des bonheurs individuels fait celui de l'ensemble ; la réciproque n'est pas vraie. Il n'y a pas de bonheur collectif. Il est vrai que les forces d'une collectivité peuvent réaliser de grandes choses ; il leur manque cependant l'atmosphère humaine. Les grandes compositions et les grands partis intègrent les humains ; mais nous, nous voulons différencier ! La civilisation chrétienne à laquelle nous, Suisses, participons, est la négation de la tour de Babel : Nous voulons ces hommes bons et heureux.

Les Pharaons, les Césars, les dictateurs bâtissent des pyramides, des stades et autres colosses. Ils chaussent cothurnes et troquent l'échelle humaine contre celle de l'éléphant. En agrandissant l'échelle, ils ont diminué l'homme. Plus l'architecture est colossale, plus l'homme est petit ! La technique nous permet le choix de n'importe quelle échelle. Un homme d'Etat voyait récemment un signe de pauvreté dans le fait que le protestantisme allemand n'avait bâti son église capitale que pour deux mille personnes, alors que le régime bâtit un stade avec un demi-million de places. Il n'a pas pensé sans doute qu'au moment où l'on bâtit le temple les hauts-parleurs étaient inconnus.

Il est évident que cette même technique du haut-parleur pourrait aussi nous éviter tout contact humain. Qui empêche par exemple un homme d'Etat d'étendre son auditoire à l'infini ? Que cette extension sans limites favorise l'intérêt et la personnalité du discours, je ne tranche pas. Le contact de l'orateur et de l'auditoire est en tout cas perdu.

Le culte du colossal est affaire de foule ! Deux écrivains perspicaces nous ont instruits sur les possibilités des foules : dans les années 80, Gustave Le Bon a dénoncé la vanité des masses et un siècle avant la guerre actuelle Ortega y Gasset philosophait sur le même sujet.

L'*homo egregius* qui tient à son foyer va disparaître. L'idée de masse est en progrès. Le bonheur humain, celui de la famille, sera remplacé par un bien-être doctrinaire et collectif. L'homme sera étatisé, sa liberté perdue. Nous revenons à la construction des pyramides et de la muraille de Chine ; cette voie nous conduit à l'organisation de la horde primitive. Qu'il s'agisse des pharaons du dollar américain, des dieux guerriers et économiques

¹ Conférence donnée au Château de Neuchâtel le 11 octobre 1942, en allemand, au Congrès des urbanistes ; traduction française de M. J. Béguin, architecte.