Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 47 (1921)

Heft: 17

Artikel: Les dispositions constructives des usines hydro-électriques de l'Oberhasli d'après les projets des Forces Motrices Bernoises

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-36605

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

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

47e année 20 août 1921 N° 17

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Les dispositions constructives des usines hydro-électriques de l'Oberhasli, d'après les projets des Forces Motrices Bernoises.* — *Le béton armé à la galerie du Ritom*, par R. Maillart, ingénieur. — *Extrait du rapport de la commission romande de normalisation.* — *Cours sur l'organisation économique du travail*, sous le patronage de la Société suisse des ingénieurs et des architectes. — Bibliographie. — *Calendrier des concours.*

Les dispositions constructives des usines hydro-électriques de l'Oberhasli

d'après les projets des Forces Motrices Bernoises.

Observations générales.

Les besoins d'énergie toujours croissants engagèrent la *Société des Forces Motrices Bernoises* dans le courant de l'année 1917 à s'occuper des travaux préliminaires pour l'établissement d'une nouvelle usine hydro-électrique située près de Mühleberg sur l'Aar, transformée en bassin de retenue. Malgré les années de guerre avec leurs restrictions nombreuses dans tous les domaines, les travaux dirigés par M. le professeur Narutowicz, auteur du projet, furent poussés si activement que dès le 13 août 1920, la fourniture d'énergie électrique put être effectuée dans le réseau de la Société, de telle sorte qu'à la fin de 1920 l'énergie produite à Mühleberg s'élevait déjà à 6 millions de kWh.

Malgré l'accroissement considérable de la production de force électrique par cette nouvelle usine, la Société des *F. M. B.* se voit devant la nécessité de s'ouvrir de nouvelles sources d'énergie plus abondantes, notamment pendant la saison d'hiver.

Parmi les nombreux projets étudiés dans le courant des dernières années on s'arrêta à celui de l'Oberhasli qui est au premier rang par rapport à son économie générale. Les études relatives à l'aménagement des forces hydrauliques de l'Aar dans la vallée de l'Oberhasli remontent à près de quinze années. Déjà en 1905, la « Société des forces réunies de Kander et Hagneck » avait introduit auprès des autorités une demande de concession. Depuis lors, le projet plusieurs fois remanié, a gagné successivement en valeur constructive par suite des simplifications apportées à ses dispositions primitives. Dans le courant des années la Société s'est assuré les terrains nécessaires à l'établissement des divers ouvrages projetés. Il est à retenir que la presque totalité de ces terrains composés de roche nue ou d'éboulis est absolument aride et inculte.

Le projet d'exécution daté de 1920 dont il est question aujourd'hui a été élaboré par le bureau du professeur Narutowicz à Zurich. L'étude d'un chemin de fer à voie étroite de Meiringen à Guttannen a été confiée à M. Walter, ingénieur à Spiez, tandis que le téléférage de Guttannen au Grimsel et au lac du Gelmer est étudié par le bureau même de la Société à Innertkirchen.

Dans la vallée supérieure de l'Oberhasli près de l'hospice du Grimsel, au Gelmer, ainsi que sur le palier du Bächlisboden on se propose de créer d'importants bassins de retenue capables d'accumuler dans une large mesure les débits annuels, dont l'utilisation est prévue en deux chutes successives dans les usines de Guttannen et d'Innertkirchen (fig. 1 et 3).

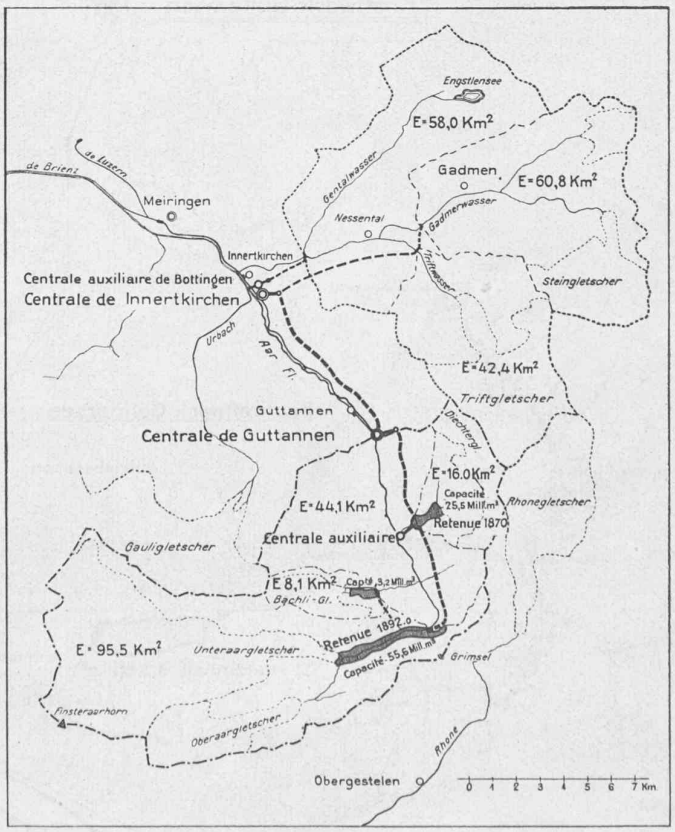

Fig. 1. — Carte des bassins de réception des usines hydro-électriques de l'Oberhasli. — 1 : 300 000.

Régime des eaux et production d'énergie.

Les conditions hydrographiques sur lesquelles se base le plan d'économie des eaux du projet sont particulièrement favorables. Tablant sur une période d'observation de 56 années on peut

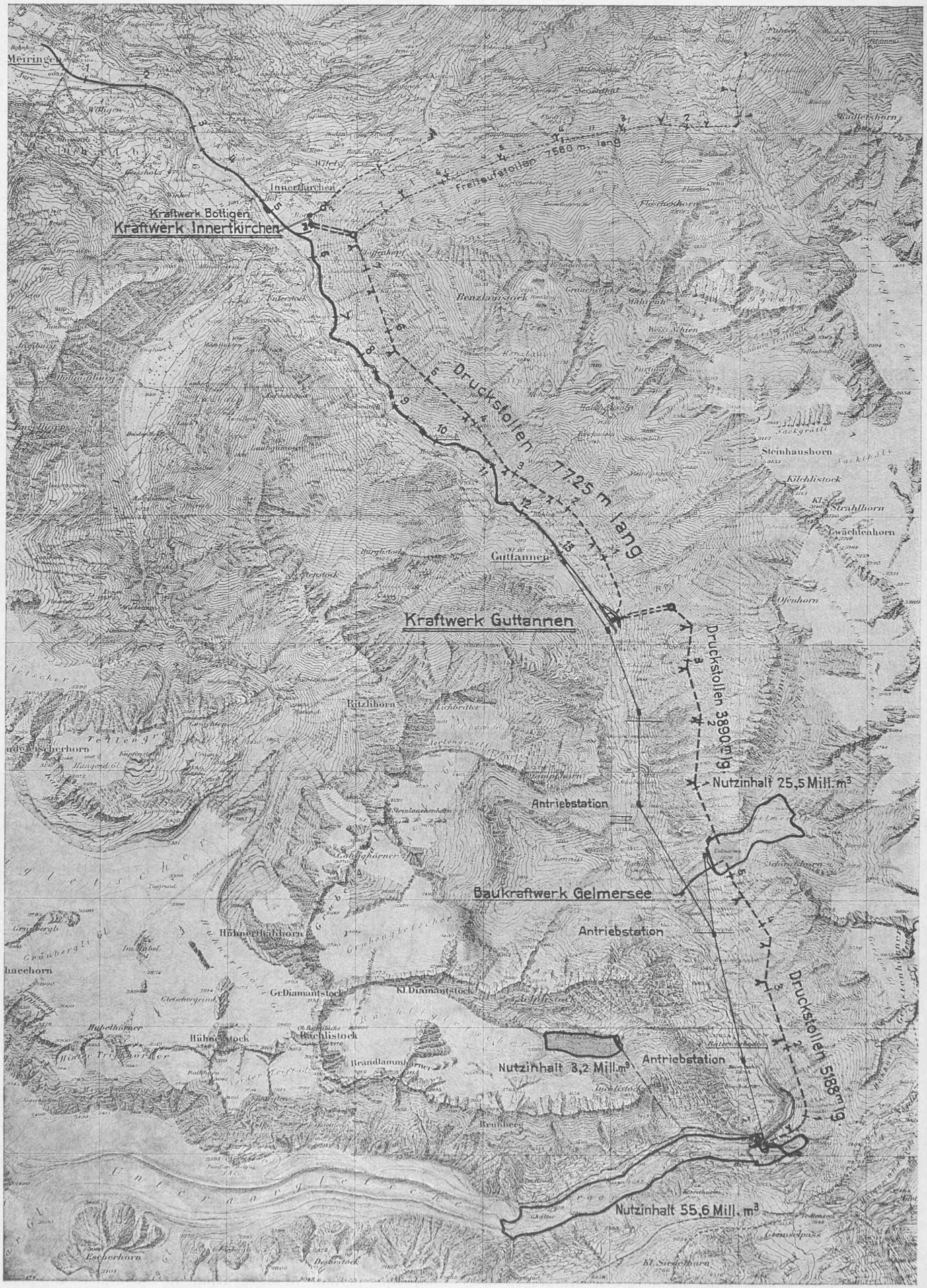

Fig. 2. — Carte de la vallée supérieure de l'*Aar*, avec les installations projetées par les *Forces Motrices Bernoises S. A.* — Echelle 1 : 75000.

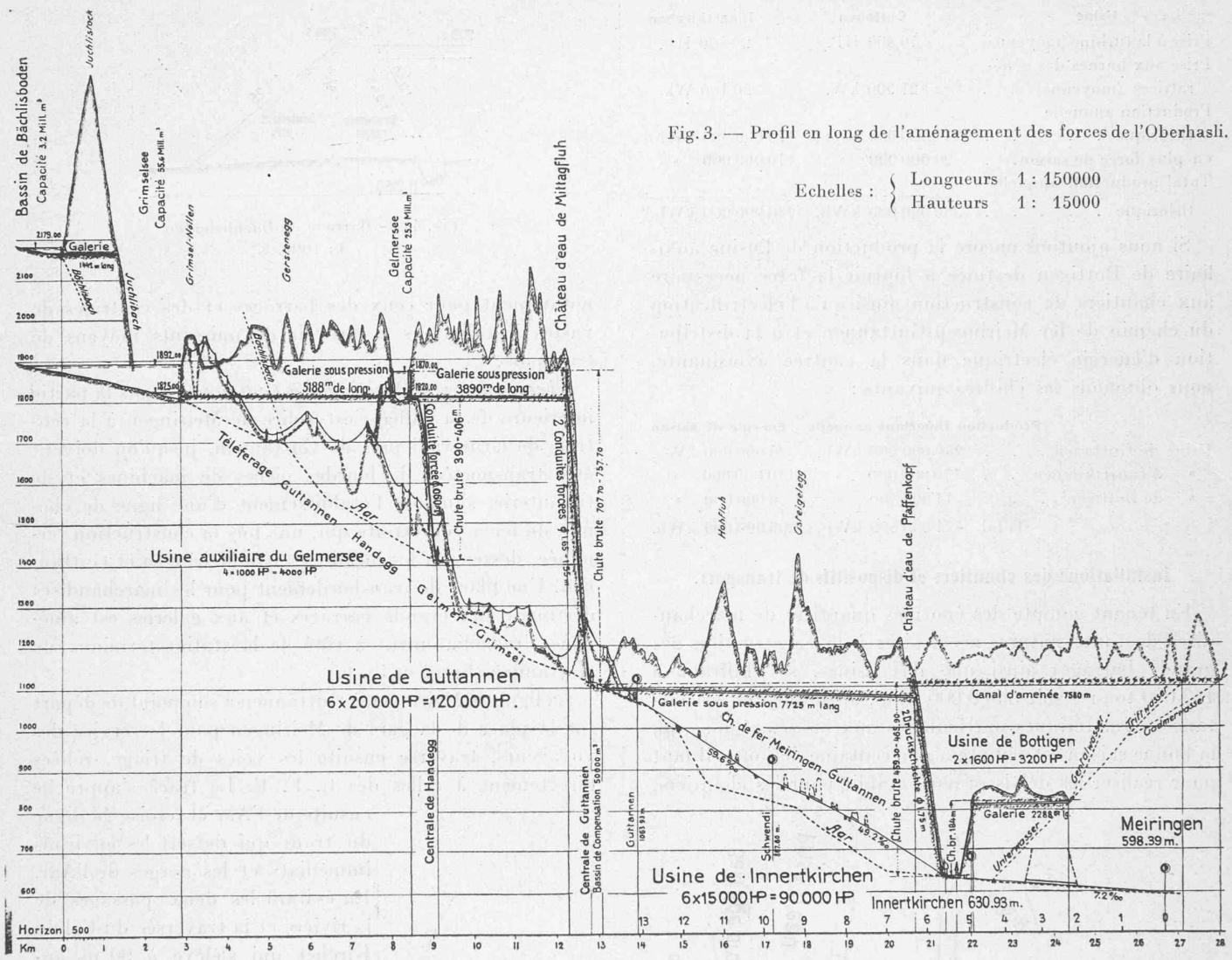

Fig. 3. — Profil en long de l'aménagement des forces de l'Oberhasli.

Echelles : { Longueurs 1 : 150000
Hauteurs 1 : 15000

compter sur une hauteur pluviale de 2000 mm. pour le bassin de réception du Grimsel et de 1620 pour celui de Guttannen.

La formation des glaciers, occupant le 45 % de la totalité des bassins de réception, concourt dans une bonne proportion à la réalisation de l'écoulement naturel des précipitations atmosphériques. C'est ainsi que le glacier très étendu de l'Unteraar représente le plus efficace des régulateurs pour tout l'ensemble des dispositifs du projet. Quant aux trois bassins de retenue prévus, les géologues sont unanimes pour en garantir l'étanchéité absolue, de sorte que les seules pertes dont il faut tenir compte seront celles dues à l'évaporation et à la formation des glaces. Le débit constant pour les trois bassins du Grimsel, du Gelmer et du Bächlisboden calculé en tenant compte des années 1914-1919 est de 5,15 m³ à la seconde pour la centrale de Guttannen. En y ajoutant le bassin de réception intermédiaire entre Grimsel et Guttannen le débit constant monte à 6 m³ à la seconde pour la centrale inférieure d'Innertkirchen. En outre, on peut utiliser encore dans les deux usines une quantité de 5,35 et 12 m³ pendant les quatre mois et demi d'été, soit de mai à septembre.

Les débits constants précités sont obtenus au moyen des trois bassins de retenue suivants :

Lac de Bächlisboden	3 200 000 m³
Lac de Grimsel	55 600 000 m³
Lac du Gelmer	25 500 000 m³
Soit au total	84 300 000 m³

Avec les chutes prévues l'usine de Guttannen fournira 1,5 kWh. et celle d'Innertkirchen 0,9 kWh. soit un total d'environ 2,4 kWh. par m³ d'eau débitée.

Pour une période ultérieure d'autres possibilités de retenues sont prévues à l'Oberaar, au lac d'Engstlen et ailleurs.

L'aménagement des deux usines principales est projeté pour le triple du débit constant. La production d'énergie moyenne peut ainsi être triplée pendant une durée de huit heures ce qui donne les chiffres du tableau suivant :

Usine	Guttanen	Innertkirchen
Aménagement pour 15 ½ ou 18 m³.	120 000 HP.	90 000 HP.
Chute brute	758-708 m.	466-460 m.
Chute nette	730-662 m.	458-431 m.
Production d'énergie constante annuelle :		

Usine	Guttanen	Innertkirchen
Prise à la turbine (moyenne)	40 800 HP.	29 400 HP.
Prise aux bornes des génératrices (moyenne) . .	27 900 kW.	20 100 Wk.
Production annuelle théorique	240 000 000 kWh.	170 000 000 kWh.
en plus force de saison. .	90 000 000 »	110 000 000 »
Total production annuelle théorique	330 000 000 kWh.	280 000 000 kWh.

Si nous ajoutons encore la production de l'usine auxiliaire de Bottigen destinée à fournir la force nécessaire aux chantiers de construction ainsi qu'à l'électrification du chemin de fer Meiringen-Guttannen et à la distribution d'énergie électrique dans la contrée avoisinante, nous obtenons les chiffres suivants :

	Production théorique annuelle	Energie de saison
Usine de Guttanen . . .	240 000 000 kWh.	90 000 000 kWh.
» d'Innertkirchen . .	170 000 000 »	110 000 000 »
» de Bottigen . . .	11 000 000 »	6 000 000 »
Total	421 000 000 kWh.	206 000 000 kWh.

Installations des chantiers et dispositifs de transport.

En tenant compte des énormes quantités de marchandises de toute nature, nécessaires à la construction des grands barrages ainsi que des usines, se chiffrant à 160 000 tonnes soit 3 300 000 t.km. ainsi que des circonstances climatériques particulières aux hautes régions, où la bonne saison est réduite à une centaine de jours, il faut pour réaliser les délais prévus, établir pour les chantiers, notamment pour ceux des barrages et des centrales de vastes installations et prévoir de puissants moyens de transport.

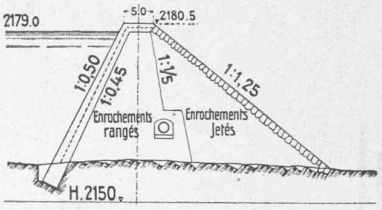

Fig. 4. — Barrage de Bächlisboden 1 : 1000.

Chemin de fer de Meiringen à Guttannen. Dans la partie inférieure de la vallée c'est-à-dire de Meiringen à la centrale de Grünwald près de Guttannen, jusqu'où doivent être transportées de lourdes pièces de machines et de tuyauterie, s'impose l'établissement d'une ligne de chemin de fer à voie étroite qui, une fois la construction terminée, desservira les localités entre Meiringen et Guttannen. Une place de transbordement pour les marchandises destinées aux grands barrages et aux galeries est aménagée immédiatement à côté de la station terminus, de Guttannen (fig. 2 et 3).

La ligne de Meiringen à Guttannen a son point de départ sur la place de la gare de Meiringen pour le service des voyageurs, traverse ensuite les voies de triage, reliées directement à celles des C. F. F. Le tracé s'approche ensuite de l'Aar et croise la ligne du tram qui dessert les environs immédiats et les gorges de l'Aar. En évitant les deux passages de la rivière et la traversée du Col du Kirchet qui s'élève à 90 m. au-dessus de la vallée, dispositions prévues dans le projet concessionné du 27 juin 1919, le tracé du projet définitif suit le cours de l'Aar sur la rive droite et traverse le Kirchet en une galerie de 1335 m. de long parallèle aux gorges. Ce tracé offre des avantages sérieux au point de vue des déclivités et sinuosités, le rayon minimum étant de 200 m. et les pentes maxima de 25 ‰ soit en moyenne de 7 ‰. Les longueurs comparées des deux projets pour le tronçon Meiringen-Innertkirchen étant de 5,7 et 4,7 km., la proportion des longueurs virtuelles (27,3et 7,5 km.) s'élève à 3 : 1. Les plus grands frais de premier établissement du projet définitif sont ainsi compensés par la réduction du parcours, l'accroissement de vitesse et l'économie réalisée dans l'exploitation.

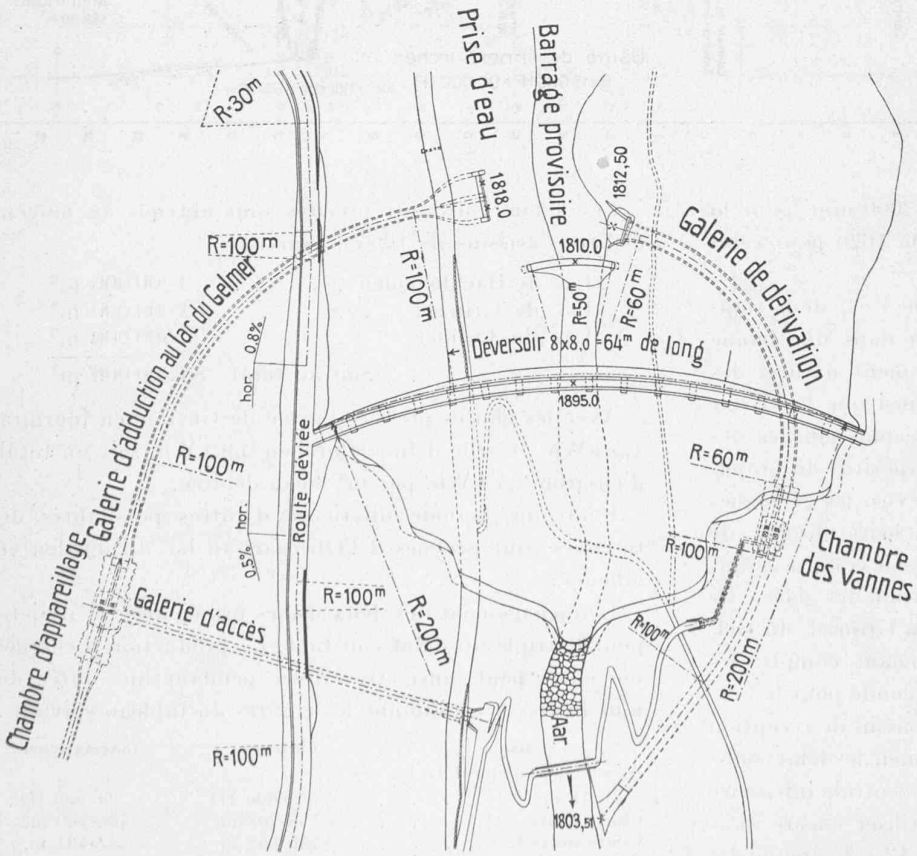

Fig. 5. — Plan de situation du barrage du Grimsel. — 1 : 2000.

La station d'Innertkirchen est munie d'un atelier de réparations et d'une remise. En dehors de cette station dans la direction de Guttannen se détache le raccordement industriel de la centrale d'Innertkirchen. A partir de là commence la rampe proprement dite avec une déclivité maximale de 62 ‰ voire moyenne de 51,2 ‰. Le rayon minimum de 80 m. a été choisi pour les courbes de façon à permettre le passage du matériel roulant des C. F. F. (ligne du Brünig et du lac de Brienz, rive droite) facilitant ainsi le trafic des marchandises et évitant au *M.-G.* l'achat d'une quantité excessive de wagons à marchandises. Le tracé a d'ailleurs été établi avec tous les soins possibles et en tenant compte de toutes les circonstances locales. Les avalanches sont évitées soit par des galeries, soit par un pont près de la halte de Schwendi.

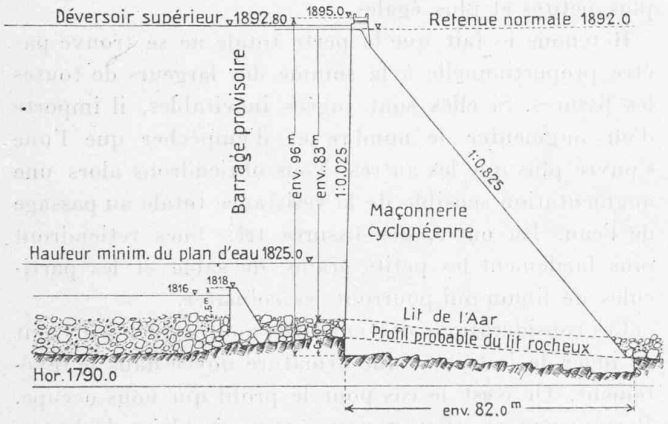

Fig. 6. — Barrage du Grimsel. Coupe en travers. — 1 : 2000.

Pour la même raison la ligne est déviée dans sa dernière partie sur la rive gauche de l'Aar qu'elle traverse sur un viaduc en béton armé de 48 m. de hauteur. La station de Guttannen ainsi que la place de transbordement au téléférage est disposée à l'abri des avanlanches directement derrière le village. Elle est reliée à la centrale de Grünwald par un raccordement spécial sur la rive gauche de l'Aar. Conformément aux dispositions de la loi sur les chemins de fer du 21 mars 1920 le canton de Berne participera aux frais d'établissement du *M.-G.* par Fr. 2 170 000 en actions.

Le Téléférage. Le câble aérien parcourt la distance de 9,8 km. qui sépare Guttannen du point terminus (Nollen) situé à la cote 1975 près du grand barrage du Grimsel en un tracé sensiblement rectiligne et franchit une différence de niveau de 910 m. Un embranchement d'une longueur d'un km. de Hinterstock (1710 m. s/M.) au Gelmer (1920 m. s/M.) assure les transports pour le barrage et les galeries attenantes. La portée maxima est de 815 m. Pour fournir un total de 830 000 t. km. l'exploitation du téléférage est prévue en deux équipes pour le tronçon inférieur jusqu'à Hinterstock et en une seule équipe pour le tronçon supérieur et l'embranchement du Gelmer. Le projet compte avec un espacement des wagonnets de deux minutes soit une distance de 180 m. un poids brut de 850 kg. par wagonnet chargé correspondant à une charge utile de 600 kg. soit 1200 kg. pour deux wagonnets accouplés. Ainsi la proportion entre le poids de la charge et le poids brut se montera à 600 : 850-250 (retour à vide) soit 1 : 1,83. Il faudra compter en réalité avec une proportion de 1 : 2.

Usines auxiliaires. Pour la fourniture d'énergie électrique aux chantiers de construction il a été prévu l'établissement de deux usines spéciales et d'une conduite de distribution sur toute la longueur de la vallée.

Une première usine de 4000 HP reçoit l'eau d'un barrage provisoire de 3 m. de haut à l'extrémité du lac de Gelmer amenée au moyen de la galerie de décharge du

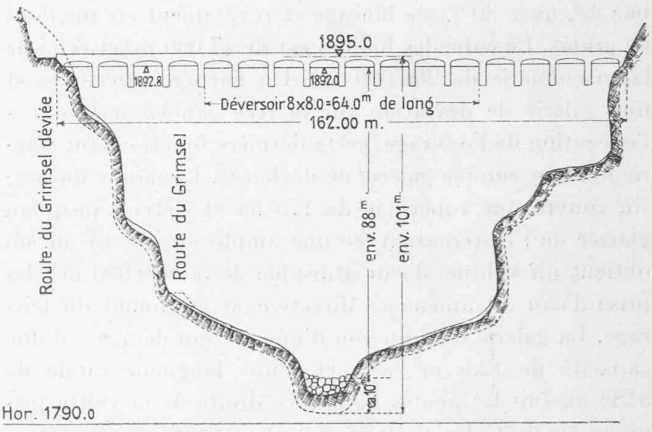

Fig. 7. — Barrage du Grimsel. Elévation. — 1 : 2000.

grand mur définitif et d'une conduite forcée à la centrale située près de la Handegg rive droite de l'Aar.

L'usine de Bottigen d'une puissance de 3000 HP pouvant fournir 17,5 millions de kWh. par an, dont 11 millions pour la construction, est alimentée par l'Unterwasser à laquelle s'ajoutent en hiver les eaux limpides du ruisseau venant du Gental. La prise est prévue près de Mühletal et l'adduction s'effectue en partie en galeries, en partie par un tuyau de ciment armé jusqu'à la chambre d'eau près Bühlen sur Bottigen. De là une conduite forcée mène à l'usine aménagée à proximité de la grande centrale d'Innertkirchen.

Les bassins d'accumulations.

Le *réservoir du Bächlisboden* d'une surface de 33 ha contenant 3 200 000 m³ d'eau sera formé par un barrage en pierres sèches avec revêtement de béton de 50 cm. à sa partie immergée. Ce barrage contiendra 52 000 m³ de maçonnerie sèche et 12 000 m³ de béton, soit un total de 65 000 m³ de maçonnerie. Le déversoir est à la cote 2179 m. s/M. La prise d'eau et la décharge sont aménagées dans le corps du barrage même. La prise d'eau aboutit à la galerie d'amenée d'une section de 1,60 × 2,00 m.

et d'une capacité de 0,8 m³/sec. qui traverse le massif du Juchlistock sur une longueur de 1420 m. et se déverse dans le grand bassin du Grimsel (fig. 4).

La formation du *grand bassin du Grimsel* nécessite deux barrages dont un petit à l'extrémité nord du lac actuel près de Seeuferegg et le grand mur de barrage qui s'élève à l'endroit même où le pont de l'ancien chemin muletier franchit l'Aar. Placé au point le plus étroit de la gorge du Spitallamm mesurant 10 m. à la base et 150 m. en couronne, cet ouvrage est calculé comme mur de gravité à section triangulaire, disposé en arc de cercle de 200 m. de rayon. Le chemin de couronnement est prévu à la cote 1895, le déversoir à 1892, le lit de l'Aar à 1809 et la fondation à 1799, de sorte que la hauteur totale maxima sera de 96 m. et la hauteur libre de 83 m. Le corps de maçonnerie sera coulé en béton de 250 à 180 kg. de ciment par m³, avec 30 % de blocage et revêtement en mœllons de granit. Le cube des fouilles est de 47 000 m³ et celui de la maçonnerie de 260 000 m³. Un barrage provisoire et une galerie de déviation sur la rive gauche serviront à l'exécution de l'ouvrage, cette dernière fonctionnant ultérieurement comme galerie de décharge. La nappe du bassin couvre une superficie de 175 ha et s'étend jusqu'au glacier de l'Unteraar. Avec une amplitude de 67 m. on obtient un volume d'eau utilisable de 55 600 000 m³. La prise d'eau est aménagée directement en amont du barrage. La galerie d'adduction d'une section de 4 m², d'une capacité de 12,5 m³ sec., et d'une longueur totale de 5188 m. suit les pentes de la rive droite de la vallée jusqu'au lac du Gelmer. Dans sa partie antérieure où sa section est dédoublée, se trouve la chambre portant les appareils de réglage, et avant son débouché dans le lac du Gelmer elle est munie d'un régulateur automatique de débit destiné à compenser la différence du niveau des deux bassins, c'est-à-dire à tenir celui du Gelmer qui est de 22 m. inférieur à celui du Grimsel aussi longtemps que possible à son niveau maximum de 1870 m. s/M. (fig. 5 à 7). (*A suivre.*)

Le béton armé à la galerie du Ritom

par R. Maillart, ingénieur.

Après avoir lu le rapport[1] des experts concernant la galerie du Ritom, on aura pu se demander si par l'emploi du profil IV (p. 89), armé, au lieu des profils N° I à III, elle se serait mieux comportée. Car ce profil IV présente deux avantages apparents : la forme circulaire et l'armature (fig. 1).

Si l'on admet un revêtement qui s'adapte parfaitement à la roche, il est clair que la forme du profil ne jouerait aucun rôle à condition que la roche offrît une résistance absolue. Mais cette résistance étant élastique ou plastique et pouvant même faire entièrement défaut, la forme circulaire paraîtra la meilleure, puisque la ligne des tractions s'y adaptera le plus possible. Néanmoins on n'aurait aucune sécurité appréciable contre la rupture du béton, cette sécurité étant particulièrement compromise par la pression inégale de la roche sur l'enveloppe, d'où il résulte un déplacement de la ligne des tractions.

Ainsi on aurait tort de croire que la forme circulaire aurait pu préserver entièrement la galerie du désastre. Cependant la perte d'eau aurait pu être moindre, attendu que, pour le profil exécuté, la reprise principale coïncide avec le point où probablement l'excentricité de la ligne de traction devait atteindre le maximum. De là, fissure plus grosse à cet endroit, et perte d'eau particulièrement importante puisque cette perte augmentera progressivement avec la largeur de la fissure. Un revête-circulaire aurait probablement présenté un nombre de fissures plus grand, mais ces fissures auraient été plus plus petites et plus égales.

Retenons le fait que la perte totale ne se trouve pas être proportionnelle à la somme des largeurs de toutes les fissures. Si elles sont jugées inévitables, il importe d'en augmenter le nombre et d'empêcher que l'une s'ouvre plus que les autres. Nous obtiendrons alors une augmentation sensible de la résistance totale au passage de l'eau. En outre, des fissures très fines retiendront plus facilement les petits grains de sable et les particules de limon qui pourront les colmater.

Ces considérations doivent aussi nous guider s'il s'agit de juger de l'utilité d'une armature noyée dans le revêtement. Or c'est le cas pour le profil qui nous occupe. Il comporte en effet une armature circulaire de barres rondes de 12 mm. distantes de 25 cm. et de 6 barres longitudinales de 18 mm. Cette armature est noyée non pas dans le béton, mais au milieu d'une couche de revêtement intérieur de 5 cm. d'épaisseur. Il est à supposer que cette couche devait servir d'enduit étanche.

Pourquoi placer l'armature dans l'enduit et non dans le revêtement même ? Je suppose qu'en premier lieu on voulait conserver la liberté d'exécuter le revêtement, au moins en partie, en maçonnerie, ce qui ne permettait guère d'y conserver une armature. Mais même en prévoyant un revêtement entièrement en béton, il est incontestable que la présence d'une armature aurait rendu son exécution particulièrement compliquée vu les conditions défavorables de travail dans une galerie. Mais au point de vue théorique également il semble préférable de faire coïncider l'armature avec la couche devant garantir l'étanchéité. Quand une roche exerce des pressions actives, mais inégales, on aura tout intérêt à les faire supporter uniquement par le béton, ce qui permettra d'évaluer d'une manière plus précise le travail de l'armature et de l'enduit appliqués plus tard. Ainsi il semble que la disposition du profil IV, comportant le placement de l'armature dans l'enduit est bonne en principe, surtout si l'application de l'enduit se fait par un procédé moderne de projection, ce qui garantira l'enrobement parfait des armatures.

[1] Le *Bulletin technique* a publié récemment ce rapport in extenso.