

# L'aménagement hydro-électrique de la Gougra: les caractéristiques générales de l'aménagement et les ouvrages d'adduction et de dérivation

Autor(en): **Robert, André**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 15

PDF erstellt am: **07.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-66137>

## **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.

## L'aménagement hydro-électrique de la Gougra

DK 621.29

### Avant-propos

La S. A. des Forces Motrices de la Gougra a confié, en 1952, l'élaboration du projet et la direction des travaux de l'aménagement hydro-électrique de la Gougra à une Association d'Ingénieurs composée de la Société Anonyme pour l'Industrie de l'Aluminium à Chippis, de Motor-Columbus Société Anonyme d'Entreprises Electriques, à Baden, et du Bureau d'Ingénieurs du professeur A. Stucky, à Lausanne. Dans le cadre de l'Association, le mandat a été réparti de la manière suivante:

La S. A. pour l'Industrie de l'Aluminium s'est occupée du projet et de la direction des travaux des centrales, du bassin de Vissoie, des postes de couplage et des lignes de transport d'énergie.

La Motor-Columbus S. A. a établi le projet et assumé la direction des travaux de toutes les routes et de tous les ouvrages d'amenée d'eau, prises, bassin de compensation de Motec, galeries, conduites forcées; de plus, elle a également

assumé la direction locale des travaux des barrages de Moiry et de Tourtemagne.

Le Bureau d'Ingénieurs du professeur A. Stucky a élaboré les projets et assumé la direction générale des travaux des barrages de Moiry et de Tourtemagne.

Les travaux commencés en 1952 se sont achevés en 1961 par l'adduction des eaux du torrent de Lona décidée en 1958 seulement.

L'Association des Ingénieurs mandataires de la Gougra se propose de présenter aux lecteurs de la SBZ la disposition et la réalisation de cet important aménagement en une série d'articles qui traiteront successivement les caractéristiques générales, les ouvrages d'adduction et de dérivation, les barrages de Moiry et de Tourtemagne et les centrales avec leur équipement électro-mécanique.

*Association des Ingénieurs Mandataires  
de la Gougra.*

### Les caractéristiques générales de l'aménagement et les ouvrages d'adduction et de dérivation

par André Robert, Ing. dipl. EPF, Motor-Columbus S. A., Baden

#### Introduction

Les ressources hydrauliques du Val d'Anniviers et de la Vallée de Tourtemagne, dont la valeur avait été reconnue il y a plus de 50 ans déjà, sont partiellement exploitées depuis 1908, mais toutefois sans grande accumulation. En effet, les eaux de la Navisence sont utilisées par l'usine au fil de l'eau de Chippis-Navisence de la S. A. pour l'Industrie de l'Aluminium (AIAG) sous une chute brute de 590 m<sup>1</sup>). La prise d'eau, située à Vissoie, est reliée à une chambre de mise en charge par une galerie à écoulement libre de 8,5 km de longueur. En outre, les eaux de la Turtmännna, dans la Vallée de Tourtemagne, sont en partie turbinées dans les usines d'Oberems et de Tourtemagne depuis 1925 par la S. A. de l'Illsee-Turtmann AG (ITAG). Les eaux captées sont amenées dans un bassin de compensation à Oberems d'où elles peuvent être soit dérivées dans l'usine de Tourtemagne sous une chute brute de 772 m, soit pompées dans l'Illsee dont la retenue maximum atteint la cote 2360<sup>2</sup>). Ce petit lac, dont la capacité est de 6,4 millions de m<sup>3</sup>, constituait alors la seule accumulation de la région Tourtemagne - Val d'Anniviers.

C'est dans le but de mettre en valeur les forces hydrauliques encore disponibles du Val d'Anniviers et de la vallée de Tourtemagne que la S. A. des Forces Motrices de la Gougra (FMG) a été fondée en 1952. Elle groupe les actionnaires suivants:

Aar et Tessin, Société Anonyme d'Electricité (ATEL), Olten	30 %
Société Anonyme pour l'Industrie de l'Aluminium (AIAG), Chippis	30 %
Société Anonyme des Usines de Louis de Roll, Gerlafingen	30 %
Union de Banques Suisses (Bankgesellschaft), Zurich	6 %
Commune de Sierre	4 %

#### Disposition générale de l'aménagement

Situé dans la partie centrale du Valais, sur la rive gauche du Rhône, l'aménagement de la Gougra s'étend sur les vallées de Moiry, d'Anniviers et de Tourtemagne. Le bassin versant total de l'aménagement a une surface de 245 km<sup>2</sup> dont le

22 % est constitué par des glaciers, le bassin versant de Tourtemagne accusant à lui seul une glaciation de 56 % (fig. 1).

L'accumulation de Moiry, dont la retenue maximum est fixée à la cote 2249, constitue la pièce maîtresse de l'aménagement. Créée par un barrage-voûte de 148 m de hauteur et d'un volume de 815 000 m<sup>3</sup> de béton, elle permet de stocker 77 millions de m<sup>3</sup> d'eau. Le remplissage du lac est assuré par les eaux des bassins versants de Moiry, de Tourtemagne, de Barneusa et de Lona, dont la surface totale est de 76,6 km<sup>2</sup>.

Les eaux du torrent de Lona, qui se jette dans la Gougra en aval du barrage, sont captées à la cote 2580 et dérivées dans le lac de Moiry. La chute de 331 m entre la prise et la retenue de Moiry est exploitée dans une petite centrale automatique aménagée en caverne.

Le captage des eaux du glacier de Tourtemagne est réalisé par un barrage du type voûte en béton précontraint, arasé à la cote 2178, d'une hauteur de 30 m et d'un volume de 3200 m<sup>3</sup> de béton. Le bassin de compensation de Tourtemagne reçoit, en plus des apports directs, les eaux de quelques torrents latéraux qui y sont amenées au moyen de conduites à flanc de coteau. De Tourtemagne, les eaux sont dérivées vers le lac de Moiry par la galerie et la conduite forcée Tourtemagne-Motec, puis refoulées dans le puits blindé et la galerie Motec-Moiry. Lorsque le niveau du lac de Moiry est inférieur à celui du bassin de Tourtemagne, la dérivation se fait par gravité et, par pompage, dans le cas contraire. La pompe est installée dans la centrale de Motec. La chute brute maximum de 1720 m, disponible entre le lac de Moiry et l'usine de Chippis - Navisence dans la vallée du Rhône, est exploitée en trois paliers (fig. 2).

Le premier palier utilise la chute de 685 m entre le niveau maximum du lac de Moiry et la centrale de Motec dans le Val d'Anniviers, située environ à 2,5 km en aval de Zinal. Une galerie d'amenée de 3,38 km de longueur conduit l'eau de Moiry à la chambre d'équilibre de Tsarmette, reliée par un puits blindé à la centrale. Celle-ci est aménagée pour un débit maximum de 12 m<sup>3</sup>/s. Elle a une puissance de 69 000 kW et est équipée de trois groupes de 23 000 kW chacun à axes horizontaux munis d'une turbine Pelton à deux roues et deux jets par roue. Grâce à une pompe de 23 000 kW accouplée à l'un des trois groupes, il est possible de refouler l'eau de la Navisence dans le lac de Moiry.

<sup>1</sup>) Description détaillée par J. Büchi voir «Schweiz. Bauzeitung» Vol. 58, Nos. 8, 9, 11 (1911).

<sup>2</sup>) Description par M. Preiswerk voir «Schweiz. Bauzeitung» Vol. 121, No. 12 (1943).

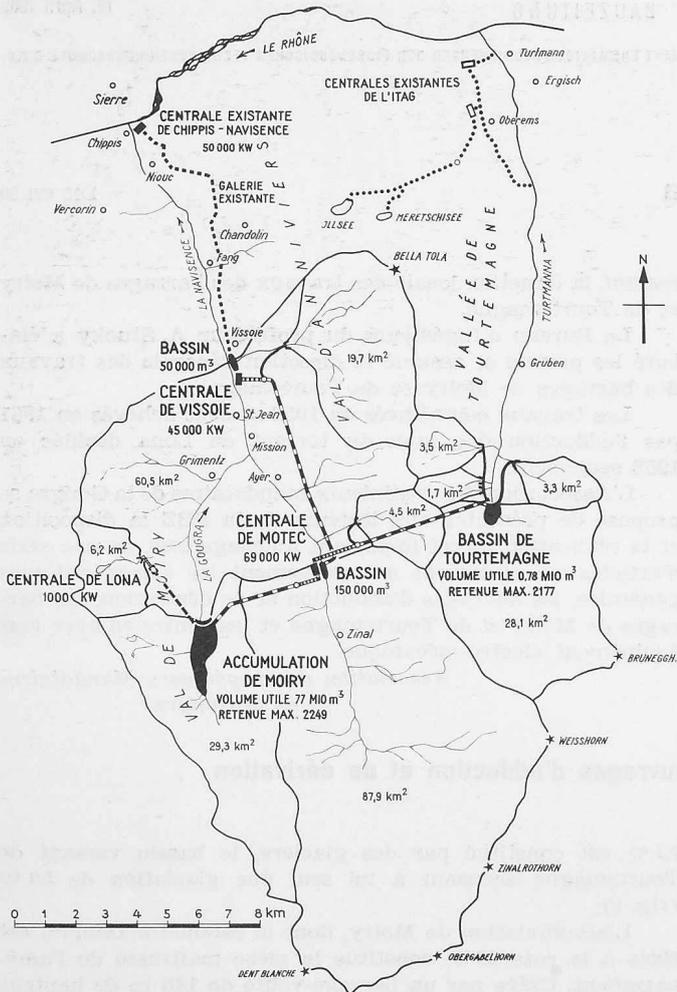


Fig. 1. Aménagement de la Gougra, plan d'ensemble, échelle 1:250 000

Le deuxième palier utilise la chute de 439 m entre Motec et Vissoie. A Motec se trouvent, en plus de la centrale du premier palier, une prise d'eau sur la Navisence et un bassin de compensation d'une capacité utile de 150 000 m<sup>3</sup>. Celui-ci est alimenté soit par l'eau de la Navisence, soit par l'eau de Moiry. Par une galerie percée dans le versant droit du Val d'Annivières, l'eau est amenée dans la chambre d'équilibre de Vissoie et de là à la centrale par une conduite forcée

à ciel ouvert. La centrale de Vissoie, située au bord de la Navisence, est équipée pour un débit de 12 m<sup>3</sup>/s. Sa puissance est de 45 000 kW répartie en trois groupes à axes horizontaux comprenant chacun deux turbines Pelton montées en porte-à-faux de part et d'autre de l'alternateur.

Enfin, le troisième palier comprend les installations appartenant à la Société Anonyme pour l'Industrie de l'Aluminium qui, durant les années 1954/55, les a adaptées aux nouvelles conditions d'exploitation correspondant au débit équipé de 12 m<sup>3</sup>/s. En tête de la galerie à écoulement libre Vissoie-Chippis se trouve le bassin de compensation de Vissoie, d'une capacité utile de 50 000 m<sup>3</sup>. La puissance de la centrale de Chippis - Navisence est de 50 000 kW.

Le débit équipé de 12 m<sup>3</sup>/s est le même pour les 3 chutes, il correspond à une durée d'utilisation d'hiver de 1800 heures environ. Son choix a été influencé, d'une part, par les possibilités d'agrandissement limité de la galerie existante Vissoie-Chippis qui n'était capable d'écouler qu'un débit de 7 m<sup>3</sup>/s seulement et, d'autre part, par l'impossibilité due aux conditions topographiques défavorables, de créer à Motec ou à Vissoie un très grand bassin de compensation.

La production brute totale de l'aménagement est de 569 GWh par an dont 347 GWh en hiver et 222 GWh en été (Tableaux 1 et 2).

### Aperçu géologique

L'ampleur et l'étendue géographique des ouvrages, tant des dérivations souterraines que des prises d'eau ou des bassins de compensation, ont nécessité des études géologiques approfondies complétées selon les besoins par des recherches dans le terrain soit par sondages mécaniques, soit par sondages sismiques.

Tous les ouvrages souterrains de l'aménagement sont situés dans la nappe du Grand-St-Bernard. La masse principale de celle-ci comporte essentiellement des schistes de Casanna dont l'âge est probablement antérieur au carbonifère. Ils sont recouverts de quartzite et de trias sur lesquels reposent les schistes lustrés de la zone du Combin. La nappe du St-Bernard, dont les couches plongent légèrement vers le sud, disparaît ensuite sous la nappe de la Dent-Blanche qui contient en grande partie des roches granitiques dont les produits d'érosion, charriés par les glaciers et torrents, se sont déposés dans le fond des vallées de Tourtemagne, Zinal et Moiry, constituant de très bons agrégats pour la fabrication du béton.

Les schistes de Casanna comprennent toute une série de roches qui présentent, dans leur ensemble, un aspect très semblable, mais dont la composition minéralogique conduit

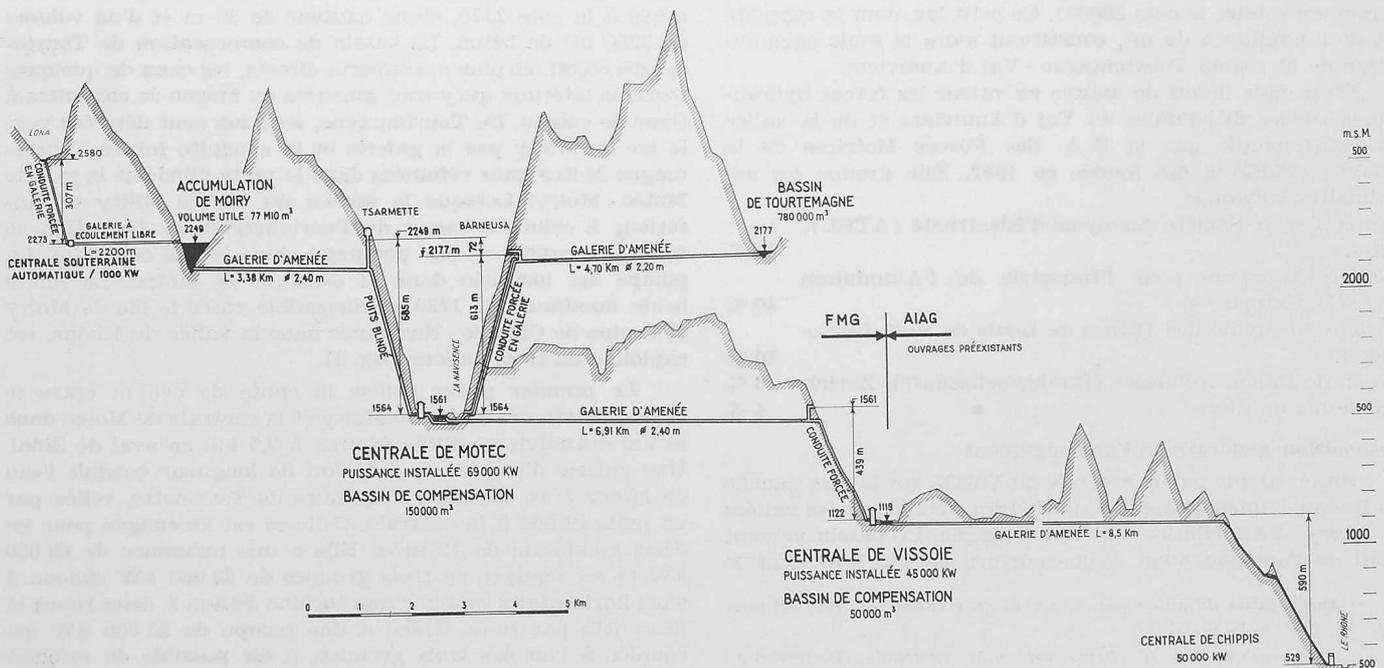


Fig. 2. Aménagement de la Gougra, profil en long. Echelles: longueurs 1:150 000, hauteurs 1:30 000

à beaucoup de variétés. En plus de quartz et d'un peu de feldspath, elles contiennent surtout des minéraux micacés chlorito-sériciteux se présentant dans des proportions très variables. On distingue en général des paragneiss sériciteux de couleur gris-blanc et des paragneiss chloriteux de couleur vert-foncé. La structure des massifs intéressant l'aménagement n'a pas posé de problèmes particuliers. Les schistes de Casanna sont, dans la règle, de bonne tenue, bien que de qualité assez variable.

D'une manière générale, les ouvrages reliant Moiry à Motec, c'est-à-dire situés sur le flanc gauche du Val d'Anniviers, ont pu être réalisés sans de trop grandes difficultés, bien que la galerie d'amenée traverse une bande de trias et que l'on ait rencontré des eaux séléniteuses. En revanche, les conditions géologiques des ouvrages reliant la Vallée de Tourtemagne à Motec et Motec à Vissoie ont été, dans l'ensemble, plus mauvaises. En effet, la traversée de certaines zones mylonitisées exerçant de très fortes pressions sur les soutènements a parfois considérablement ralenti l'avancement de la perforation.

### Accès et moyens transports

Les emplacements des barrages, ainsi que les fenêtres des galeries d'amenée des paliers supérieurs, répartis sur les trois vallées de Moiry, d'Anniviers et de Tourtemagne, n'étaient pas accessibles par route avant les travaux. La position géographique des ouvrages, situés entre les cotes 1100 et 2600, a nécessité pour leur exécution la réalisation d'un vaste réseau routier.

Dans le Val d'Anniviers, on a commencé par construire, en 1952, un chemin pour jeeps entre Grimentz et Moiry. Une année plus tard, soit en 1953, les travaux de la route Grimentz-Moiry furent mis en chantier. A cette époque, on avait envisagé que cette route devait en tout premier lieu servir au transport du matériel lourd des installations du barrage et au ravitaillement normal du chantier, tandis que le ciment devait être amené par un téléphérique partant de Chippis. Cependant, l'apparition en Suisse et à l'étranger de camions spécialement équipés pour le transport du ciment en vrac constituant une innovation intéressante, on entreprit des études comparatives, afin de trouver la solution la plus économique du problème posé par le transport d'env. 200 000 t de ciment de Sierre à Moiry à une cadence de 600 à 1000 t par jour. Ces études ont montré qu'il était plus avantageux de choisir le transport du ciment par route, le succès de cette solution dépendant, bien entendu, de l'exécution d'un important programme de travaux routiers. Aussi, pendant les années 1953-55, on a procédé à l'élargissement et à la cor-



Fig. 3. Transport du câble pour blondins entre Grimentz et Moiry le 5 avril 1956

rection des routes Sierre - Vissoie - Grimentz et Vissoie - Ayer - Motec d'une longueur totale de 29,5 km, comprenant la construction d'un tunnel de 100 m de longueur et d'un pont en arc de 42 m de portée en béton armé dans les gorges des Pontis. Durant la même période, on a construit la route Grimentz-Moiry de 8,5 km de longueur avec un tunnel de 250 m de long et plusieurs petits ponts. Tous les travaux routiers, à l'exception de la route Grimentz - Moiry, ont été exécutés en collaboration avec le Département des Travaux Publics du Canton du Valais et avec la participation financière de l'Etat et des Communes.

Enfin, en 1956, commença, conformément au programme établi, le transport régulier du ciment vers Moiry, transport organisé par la Direction des travaux qui s'était chargée elle-même de livrer le ciment aux différents chantiers. Ce transport s'est déroulé de la manière suivante:

Chargé aux cimenteries dans des wagons-silos d'une capacité de 26 t, le ciment a été amené par chemin de fer jusqu'à Chippis où il était déchargé pneumatiquement dans deux silos de 1000 t chacun. Le remplissage des camions se faisait par gravité depuis les silos; chaque camion était pesé avant et après le remplissage. Pour assurer le ravitaillement du chantier de Moiry et de tous les autres chantiers du Val d'Anniviers, le Consortium des Transporteurs disposait

Tableau 1. Bassins versants

Bassin versant	Partiel		Total
	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	
<b>Val Moiry</b>			
Gougra, barrage de Moiry	29,3		
Lona	6,2	35,5	
<b>Vallée de Tourtemagne</b>			
Turtmäna, barrage de Tourtemagne	28,1		
Brändjitali	3,3		
Frilitäli	1,7		
Blumattäli	3,5	36,6	
<b>Val d'Anniviers</b>			
Barneusa		4,5	
<b>Total chute Moiry - Motec</b>			76,6
Navisence à Motec	87,9		
Torrent du Moulin à Vissoie	19,7		
<b>Total chute Motec - Vissoie</b>			107,6
Navisence bassin restant			60,5
<b>Bassin versant total</b>			244,7

Tableau 2. Volumes d'eau disponibles, puissance installée et production d'énergie

		Palier					Total
		Lona — Moiry	Moiry — Motec	Tourtemagne — Motec	Motec — Vissoie	Vissoie — Chippis	
<b>Volumes disponibles:</b>							
Hiver	mio m <sup>3</sup>	1,0	79,6	5,8	100,3	110,0	
Eté	mio m <sup>3</sup>	4,5	—	4,8	98,5	99,7	
Année moyenne	mio m <sup>3</sup>	5,5	79,6	10,6	198,8	209,7	
Débits équipés	m <sup>3</sup> /s	0,4	12,0	6,0	12,0	12,0	
<b>Puissance installée</b>							
Turbines	MW	1	69	—	45	50	165
Pompe d'accumulation	MW	—	25	—	—	—	
Pompe siphon	MW	—	7	—	—	—	
<b>Productibilité année moyenne</b>							
Hiver	GWh	1	111	8	93	134	347
Eté	GWh	3	—	6	92	121	222
<b>Energie annuelle brute</b>		4	111	14	185	255	569

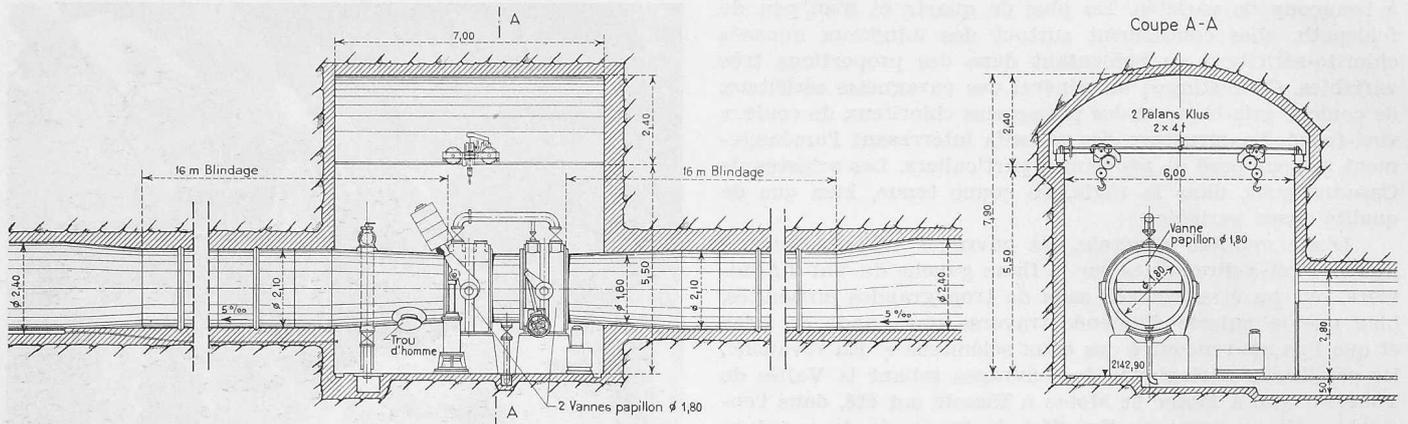


Fig. 4. Chambre des vannes de Moiry, échelle 1:200

Tableau 3. Profils de la Galerie Moiry-Tsarmette

Epaisseur de béton	Longueur partielle m	% de la longueur totale
15 cm	2348	69
15 cm + 7,5 cm de gunite armée	585	17
25 cm	244	7
35 cm + 7,5 cm de gunite armée blindage	132	4
	100	3
	3409	100

de 22 camions pouvant contenir chacun 7,5 t de ciment. Le tonnage maximum transporté en un jour s'est élevé à 1063 t dont 930 pour le barrage de Moiry, distant de Chippis de 33 km. Ce mode de transport a donné entière satisfaction et a parfaitement répondu aux conditions imposées par le programme de bétonnage du barrage.

L'accès aux chantiers de Tourtemagne était plus difficile, puisqu'il n'existait aucune liaison routière entre la plaine du Rhône<sup>1</sup> et le village d'Oberems situé à 1340 m d'altitude à l'entrée même de la vallée. Aussi, pour atteindre cette localité, il a fallu emprunter le funiculaire longeant la conduite forcée de l'usine Tourtemagne - Oberems. De là, il a

<sup>1</sup> Depuis lors, une route forestière reliant le village de Tourtemagne à Oberems a été construite par l'Etat du Valais.

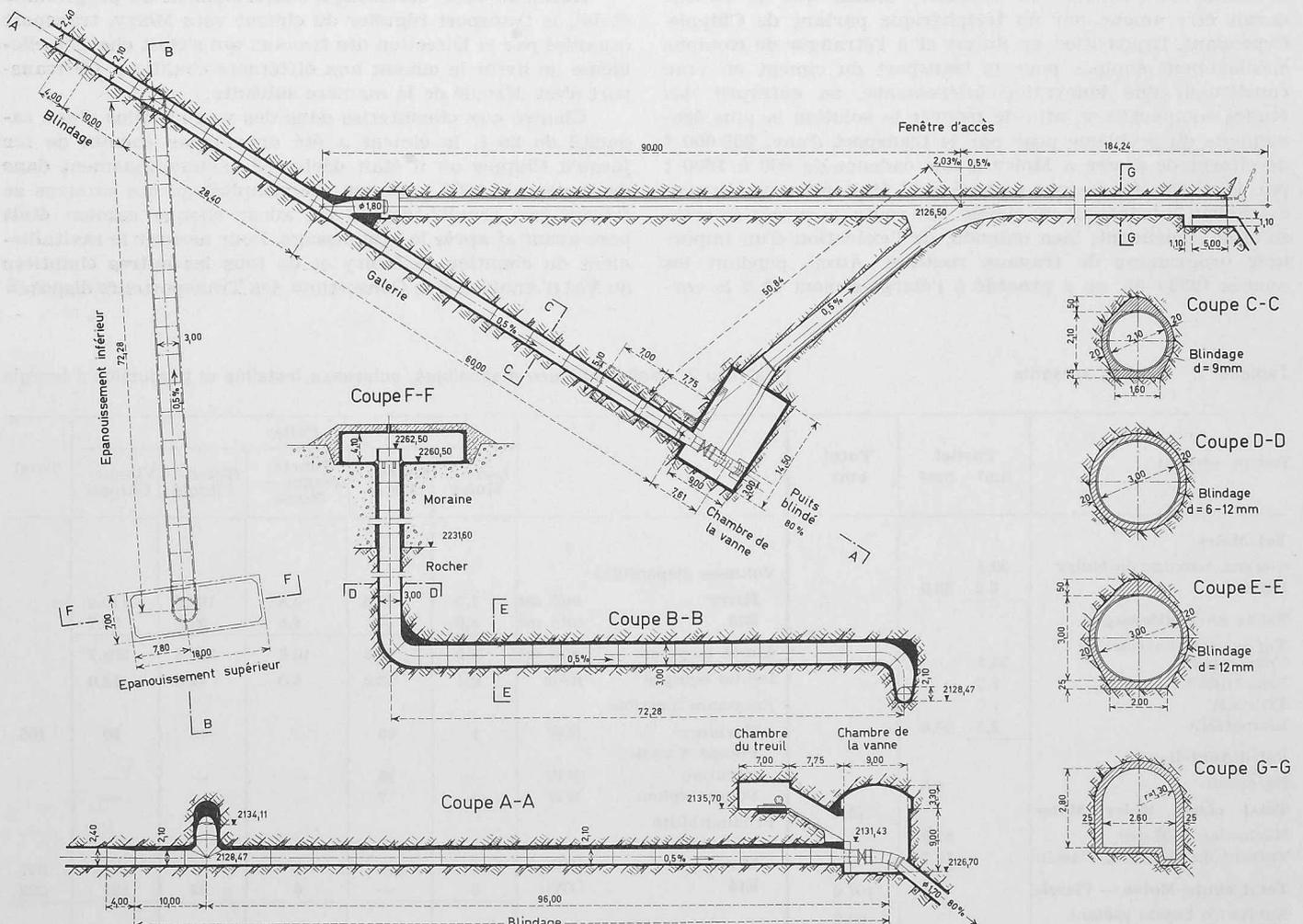


Fig. 5. Chambre d'équilibre de Tsarmette, échelle 1:1000 (coupes 1:250)

été possible d'utiliser le chemin forestier qui a été amélioré et prolongé pour les besoins des chantiers.

En résumé, les travaux routiers exécutés dans le cadre de l'aménagement de la Gougra se sont étendus sur un réseau de 56,5 km comprenant 35,3 km de routes élargies et corrigées, 21,2 km de routes nouvelles, plusieurs ponts et tunnels. Ils ont permis de doter toute une région d'un excellent réseau routier et constituent ainsi un apport appréciable à son développement économique.

### Chute Moiry - Motec

La galerie d'aménée Moiry - Tsarmette a une longueur de 3409 m et un diamètre de 2,40 m, sa pente est de 5 ‰. La pression intérieure est de 122 m d'eau, elle peut atteindre 135 m d'eau lors d'une oscillation maximum du plan d'eau dans la chambre d'équilibre provoquée par une fermeture brusque des turbines. Sur toute sa longueur, la galerie est revêtue de béton. Les différents types de profils se répartissent selon le tableau 3.

Dans le radier est ménagé un caniveau dans lequel sont logés 3 câbles monophasés de 16 kV, servant, d'une part, au transport de l'énergie produite dans la centrale automatique de Lona et, d'autre part, à l'alimentation des services auxiliaires du barrage et un câble à courant faible de 48 conducteurs pour la télécommande et le téléphone. A environ 200 m en aval de la prise d'eau se trouve la chambre des vannes de Moiry équipée de deux vannes-papillon de 1,80 m de diamètre (fig. 4). La chambre de Tsarmette, en tête du puits blindé, est munie d'une vanne-papillon de 1,80 m de diamètre.

La chambre d'équilibre est du type à épanouissements inférieur et supérieur reliés par un puits vertical de 3 m de diamètre. La cheminée verticale et la chambre inférieure sont revêtues d'un blindage mince (fig. 5). La chambre su-

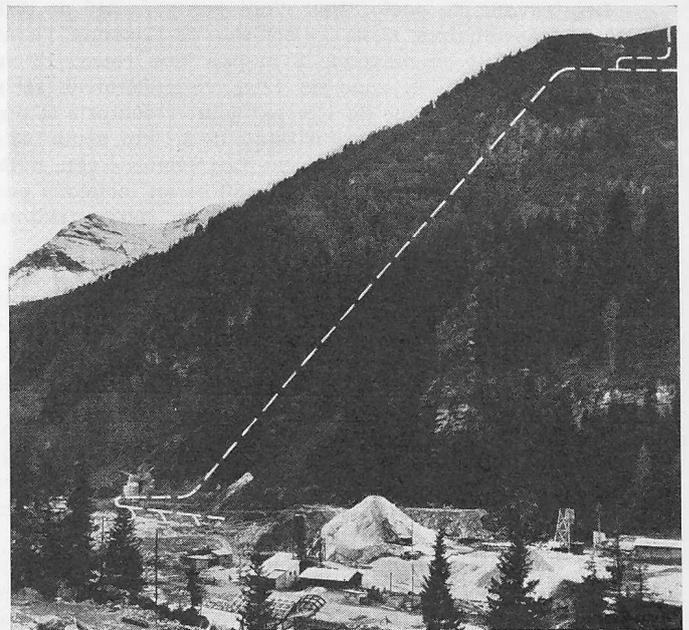


Fig. 7. Chantier de Motec. En pointillé tracé du puits blindé Tsarmette-Motec

périeure, disposée au niveau du terrain, est constituée d'un réservoir rectangulaire recouvert d'une dalle en béton.

Les travaux de la galerie ont été exécutés à partir des chantiers de Moiry et de Tsarmette. De Moiry, le lot attribué à l'entreprise du barrage comportait 1 km de galerie descendante, ainsi que la chambre des vannes et sa fenêtre d'accès. Le chantier de Moiry, relié à la plaine du Rhône par une très bonne route, était fermé pendant les mois d'hiver, de janvier à mars. Le chantier de Tsarmette, situé à 2130 m d'altitude, était accessible depuis Motec par un téléphérique pouvant transporter personnes et matériaux. Ce dernier, constituant une installation permanente de l'aménagement, permet ainsi au personnel de la centrale d'accéder rapidement et en tout temps à la chambre de la vanne. Le lot de Tsarmette comprenait une fenêtre d'accès, 2,4 km de galerie, la chambre des vannes et la chambre d'équilibre.

De la prise d'eau jusqu'au km 1,7, la galerie est entièrement dans les schistes de Casanna, puis elle traverse une zone de trias de 132 m de longueur composée essentiellement de cornieule, de dolomite et de gypse et pénètre ensuite de nouveau dans les schistes de Casanna qu'elle ne quitte plus jusqu'à la chambre des vannes.

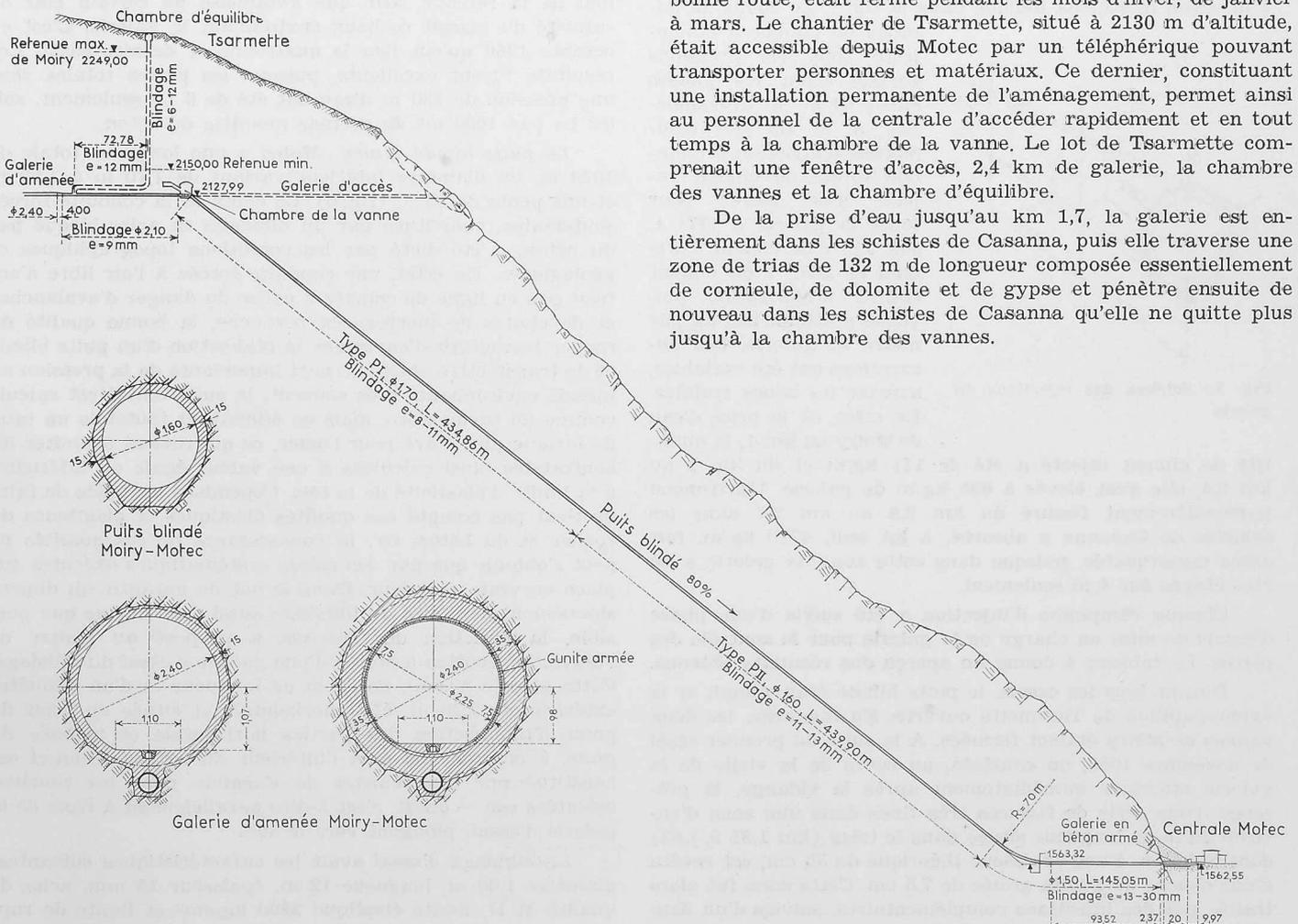


Fig. 6. Puits blindé Tsarmette-Motec, profil en long 1:600 et coupes 1:120

Les travaux de perforation n'ont pas présenté de difficultés extraordinaires. Dans les schistes de Casanna, l'avancement a atteint en moyenne 8 m par jour (max. 12 m). En revanche, dans la zone de trias complètement sèche, l'avancement n'a été que de 4 m par jour, y compris la pose de soutènement. Sur la longueur totale de 3,4 km, seuls 163 m de galerie ont nécessité un étayage. Les venues d'eau, nulles sur le premier kilomètre, ont été de 30 l/s en moyenne pour le reste de la galerie; on a enregistré un débit maximum de 41 l/s au portail de la fenêtre de Tsarmette.

La présence de roches triassiques, d'étendue et d'épaisseur inconnues au-dessus de la galerie, nous a incité à procéder à des analyses chimiques de ces eaux d'infiltration. Les résultats obtenus ont révélé la présence d'eaux séléniteuses dont la teneur en sulfate ( $\text{SO}_4$ ) variait de 400 à 500 mg/l. On décida d'utiliser, pour le béton du revêtement entre le km 1,5 et le km 3,3 du ciment sursulfaté Halite, fabriqué par la «Halbergerhütte» à Brebach-Sarre. Ce ciment, qui a été soumis à de nombreux essais exécutés au Laboratoire fédéral d'essais des matériaux à Zurich, a fait preuve d'une excellente résistance à l'effet des eaux séléniteuses.

Etant donné le rôle important que joue la galerie Moiry-Motec dans l'ensemble de l'aménagement, puisqu'elle doit être en service durant toute l'année, en été pour le passage des eaux de Tourtemagne vers Moiry et en hiver pour l'exploitation de la centrale de Motec, il était extrêmement important de réaliser une galerie parfaitement étanche sous la pression de service. En effet, toute réparation ultérieure nécessitant un arrêt d'exploitation conduirait inévitablement à des pertes très sensibles de production d'énergie. En outre, des fuites d'eau éventuelles de la galerie dans la zone du trias pouvaient avoir des conséquences fâcheuses pour la stabilité même de la galerie. C'est la raison pour laquelle on a procédé à d'importants travaux d'injection de la galerie. Ceux-ci ont été exécutés par voiles distants, en principe, de 2 m, selon le schéma indiqué dans la fig. 8. Le coulis de laitance de ciment a été injecté sous des pressions variant selon les phases entre 10 et 40 atmosphères. A la fin des campagnes d'injection, la quantité totale de ciment injecté s'est élevée pour toute la galerie à 1771 t, soit 110 t de ciment Portland et 1661 t de ciment Halite. L'absorption moyenne a atteint 523 kg par mètre de galerie. Les absorptions ont été variables, suivant les zones traitées. En effet, de la prise d'eau de Moiry au km 1, la quantité de ciment injecté a été de 111 kg/m et du km 1 au km 2,4, elle s'est élevée à 695 kg/m de galerie. Un tronçon particulièrement fissuré du km 2,6 au km 2,7 dans les schistes de Casanna a absorbé, à lui seul, 4710 kg/m, fait assez remarquable, puisque dans cette zone, la galerie a dû être étayée sur 4 m seulement.

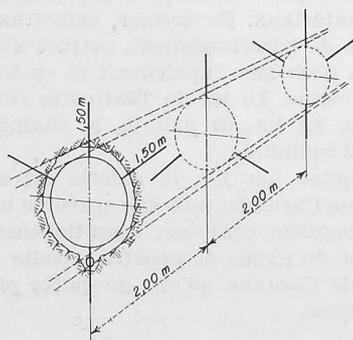


Fig. 8. Schéma des injections en galerie

Chaque campagne d'injection a été suivie d'une phase d'essais de mise en charge de la galerie pour le contrôle des pertes. Le tableau 4 donne un aperçu des résultats obtenus.

Durant tous les essais, le puits blindé était rempli et la vanne-papillon de Tsarmette ouverte. En revanche, les deux vannes de Moiry étaient fermées. A la suite du premier essai de novembre 1958, on constata, au cours de la visite de la galerie effectuée immédiatement après la vidange, la présence d'une série de fissures très fines dans une zone d'environ 20 m de longueur située dans le trias (km 1,81 à 1,83) dont le béton, d'une épaisseur théorique de 35 cm, est revêtu d'une couche de gunite armée de 7,5 cm. Cette zone fut alors traitée par des injections complémentaires, suivies d'un deuxième essai exécuté en mars 1959. Au cours de cet essai, on put atteindre la pression de 130 m d'eau correspondant au

Tableau 4. Essais de mise en charge de la galerie Moiry—Motec

Essai No.	Date	Pression d'essai en m d'eau	Pertes	
			totales l/s	spécifiques l/s par 1000 m <sup>2</sup> de surface mouillée de béton
1	6.—12. 11. 1958	110	14	0,60
2	6.—10. 3. 1959	130	43	1,85
3	22.—25. 6. 1959	110	19,5	0,84
		130	27,5	1,18
4	6.—10. 10. 1960	120	5	0,20

niveau maximum du plan d'eau dans la chambre d'équilibre. Comme le montrent les chiffres du tableau, les pertes furent sensiblement plus élevées que celles du premier essai. En plus des fissures déjà constatées, on découvrit deux fissures longitudinales d'environ 25 m de longueur suivant exactement les joints de reprise de la clé de voûte. Après avoir étudié différentes possibilités d'étancher la galerie, et compte tenu du temps disponible pour leur exécution, on décida d'entreprendre une nouvelle campagne d'injections, afin de pouvoir disposer de la galerie à fin juin, date prévue pour la dérivation des eaux de Tourtemagne dans le lac de Moiry.

Le troisième essai effectué en juin 1959 nous permit de constater une réduction sensible des pertes par rapport à l'essai précédent. Les résultats obtenus n'étaient pourtant pas encore satisfaisants. Toutefois, il convient de souligner que les trois premiers essais avaient été effectués alors que le niveau du lac de Moiry était bien inférieur à celui de la retenue maximum. Il était donc nécessaire de procéder à un essai à lac plein et d'attendre pour cela le remplissage normal de la retenue, afin que s'établisse un certain état de saturité du massif rocheux environnant la galerie. C'est en octobre 1960 qu'eut lieu le quatrième et dernier essai. Les résultats furent excellents, puisque les pertes totales sous une pression de 120 m d'eau ont été de 5 l/s seulement, soit 0,2 l/s par 1000 m<sup>2</sup> de surface mouillée de béton.

Le puits blindé Moiry - Motec a une longueur totale de 1020 m, un diamètre intérieur variant de 1,70 m à 1,50 m et une pente de 80 % (fig. 6). Le choix de la conduite forcée souterraine, constituée par un blindage en acier bloqué par du béton, a été dicté par les conditions topographiques et géologiques. En effet, une conduite forcée à l'air libre n'entraîne pas en ligne de compte à cause du danger d'avalanches et de chutes de pierres. En revanche, la bonne qualité du rocher permettait d'envisager la réalisation d'un puits blindé et de transmettre ainsi une part importante de la pression au massif environnant. Très souvent, le puits blindé est calculé comme un tuyau libre, mais en admettant toutefois un taux de fatigue plus élevé pour l'acier, ce qui revient à limiter les contraintes ainsi calculées à une valeur égale ou inférieure à la limite d'élasticité de la tôle. Cependant, ce mode de faire ne tient pas compte des qualités élastiques et plastiques du rocher et du béton. Or, la connaissance de ces qualités ne peut s'obtenir que par des essais systématiques exécutés sur place en vraie grandeur. Dans le but de garantir un dimensionnement des tôles du blindage aussi économique que possible, la direction des travaux a proposé au maître de l'œuvre l'exécution à Motec d'une galerie d'essai du blindage. Cette galerie d'essai, de 22 m de longueur et d'un diamètre extérieur de 2,20 m, était horizontale et située au droit du point d'intersection des parties horizontale et inclinée du puits, à environ 100 m à l'intérieur du rocher. Celui-ci est constitué par des schistes de Casanna dont les couches, orientées est — ouest, c'est-à-dire parallèlement à l'axe de la galerie d'essai, plongent vers le sud.

Le blindage d'essai avait les caractéristiques suivantes: diamètre 1,60 m, longueur 12 m, épaisseur 13 mm, acier de qualité M II, limite élastique 2200 kg/cm<sup>2</sup> et limite de rupture 4100 à 5000 kg/cm<sup>2</sup>. Le blindage a été enrobé de béton dosé à 350 kg de ciment par m<sup>3</sup>.

Le collage du béton au rocher et du blindage au béton a été réalisé au moyen d'injections de serrage. Le blindage a alors été soumis à une pression intérieure croissante jusqu'à 75 kg/cm<sup>2</sup>, chiffre correspondant à la pression maximum de service de l'usine de Motec. Grâce aux mesures de déformation effectuées dans de bonnes conditions, il a été possible de déterminer les parts de la pression que l'on pouvait raisonnablement attribuer au blindage, d'une part, et au rocher, d'autre part. Les essais ont montré que l'excellent rocher pouvait encaisser une part appréciable des efforts résultant de la pression intérieure. En effet, le calcul des épaisseurs de tôle s'est fait en attribuant au blindage 40 % et au rocher 60 % de la pression intérieure au point considéré. Notons d'ailleurs que le blindage doit aussi pouvoir résister à certaines pressions extérieures et que cette exigence limite la réduction très poussée des épaisseurs de tôle.

La perforation du puits s'est faite depuis Motec sans fenêtre intermédiaire, elle n'a pas présenté de difficultés spéciales. La roche traversée étant d'excellente qualité n'a exigé aucun soutènement. Les travaux d'excavation de la

partie inclinée, y compris la pose de la voie, ont duré dix mois; l'avancement moyen a été de 93 m par mois (max. 130 m). L'enrobage du blindage s'est fait au moyen de béton «Prepakt». Les viroles de 8 m de longueur, transportées de Motec à Tsarmette par téléphérique, ont été mises en place à la cadence moyenne de 1 tuyau par jour. Des injections ont été faites pour assurer une adhérence aussi parfaite que possible du béton au blindage et du béton au rocher. Les viroles de la partie supérieure sont en acier Feralsim 35-44, celles de la moitié inférieure en acier Soudotenax 44-52. L'épaisseur du blindage varie de 8 mm à 13 mm et atteint 30 mm dans la partie horizontale. Pour la protection antirouille, les surfaces intérieures du blindage ont fait l'objet du traitement suivant: sablage, zingage à froid au moyen de 3 couches successives de «Zinga», épaisseur minimum totale du film sec 0,16 mm, application sur le zingage à froid de 3 couches successives d'«Imerit GLM», épaisseur totale du film sec 0,12 mm. Les essais de mise en charge du puits ont montré sa parfaite étanchéité.

A suivre

## Der Standort des neuen Zürcher Stadttheaters

DK 725.82

Anschliessend an die Veröffentlichung des Ergebnisses des Wettbewerbes für den Neubau des Stadttheaters in Zürich (SBZ 1961, H. 38, S. 655\* und H. 39, S. 678\*) setzten wir uns kritisch mit dem Urteil des Preisgerichtes (SBZ 1961, H. 40, S. 696\* und H. 41, S. 712\*) auseinander. Ein Aufsatz von F. Steinebrunner «Stilistische Beziehungen zwischen Opernwerk und Theaterraum» (SBZ 1961, H. 42, S. 729\*) schloss die Reihe ab. Seither geht die Diskussion um die Lösung der Zürcher Theaterfrage weiter. Einen interessanten Beitrag lieferte die Aussprache in der Ortsgruppe Zürich des Schweizerischen Werkbundes, über die wir berichten.

Die Ortsgruppe Zürich des Schweizerischen Werkbundes veranstaltete am 15. März 1962 einen Ausspracheabend über das Thema «Stadttheaterneubau: Standortfrage». Sie tat es nicht aus Kritiklust, sondern, wie der Leiter des Abends, Prof. H. Ess, zu Beginn bemerkte, aus der Sorge um das Kulturleben der Stadt Zürich und in der Hoffnung, zur Abklärung des schwierigen Problems einen Beitrag zu leisten. Als Referenten hatten sich zur Verfügung gestellt: Stadtbaumeister Adolf Wasserfallen, Dr. Herbert Graf, Direktor des Stadttheaters Zürich, Architekt Dr. h. c. Rudolf Steiger und Architekt Rolf Keller. Dr. Hans Curjel leitete die Diskussion.

Stadtbaumeister A. Wasserfallen gab einen Ueberblick über sämtliche zur Diskussion stehenden Möglichkeiten für die Sanierung der in konstruktiver, feuerpolizeilicher und hygienischer Hinsicht prekären Verhältnisse im alten Stadttheater:

1. Renovation des heutigen Hauses. Es handelt sich dabei um eine Minimallösung, die sich auf die Behebung der schlimmsten Mängel beschränken würde; insbesondere müsste die Fundation erneuert werden.
2. Umbau des heutigen Hauses. Durch Anbauten an das heutige Theatergebäude könnten zusätzlich zur blossen Renovation auch in betrieblicher Hinsicht viele Verbesserungen durchgeführt werden.
3. Rekonstruktion des heutigen Zuschauerraumes, d. h. Welterverwendung des heutigen, zweifellos kostbaren Innenraums in einem neuen Gebäude.
4. Neubau am bisherigen Standort. Für diese Möglichkeit hat sich der Stadtrat entschieden. Sie lag dem Projektwettbewerb zugrunde und wird heute weitergefördert. Der Stadtrat ist der Meinung, dass der Standort am Bellevueplatz seiner zentralen und schönen Lage wegen für ein Theater unvergleichlich günstig sei. Ferner sei nicht damit zu rechnen, dass man anderswo einen ebenso grossen Bauplatz (16 000 m<sup>2</sup>) finden könnte. In bezug auf die Organisation des Verkehrs am Bellevueplatz zieht das Tiefbauamt vor, das neue Theater in den Verkehrsschatten zu legen: Das Theater soll nur im Süden und Osten (Falkenstrasse und Seefeld-

strasse) vom Verkehr berührt werden. Im übrigen sieht die geplante Verkehrslösung einen verkehrsfreien Sechseläutenplatz vor, der direkt an den See stösst, so dass vor dem Theater ein grosser, städtebaulich interessanter, freier Raum entsteht.

5. Doppeltheater, d. h. ein Stadttheaterneubau kombiniert mit einem solchen des Schauspielhauses.

6. Neubau an einem andern Standort als am Bellevueplatz, wobei der Altbau aber niedergerissen, und der Bauplatz anderweitig verwendet würde. Der Vorteil einer solchen Lösung wäre vor allem, dass während der Bauzeit des neuen Theaters der Theaterbetrieb ohne Einschränkung weitergehen könnte. Zu bedauern wäre aber der Verlust des Theaters als städtebauliches Elements am Bellevue- und Sechseläutenplatz, der doch Zürichs eigentlicher Festplatz ist, und an den deshalb auch am ehesten der festliche Bau eines Theaters gehört.

7. Neubau an einem andern Standort und Renovation des Altbaus. Das wäre zweifellos die schönste Möglichkeit. Zürich bekäme auf diese Weise ein drittes Theater. Doch scheint diese Lösung dem Stadtrat unmöglich, nämlich zu kostspielig. Nicht nur wären die Kosten eines Neubaus und einer Renovation des Altbaus zu tragen, sondern man hätte schliesslich noch ein drittes Theater mit eigener Direktion und eigenem Ensemble mit Subventionen zu versorgen.

Als nächster ergriff Dr. Herbert Graf das Wort: Er legte zuerst kurz dar, dass die Verhältnisse im heutigen Theater sowohl vom Standpunkt der Betriebssicherheit wie auch von dem der Produktion untragbar seien. Die Theaterleitung ist aber auch über das Neubauvorhaben in Sorge. Sie stellt sich die Frage: Wo spielen wir während der vier Jahre der Bauzeit? Es steht fest, dass die Betriebsführung schwer gefährdet sein wird, wenn das alte Haus einfach niedergerissen wird, und man vier Jahre warten müssen, bis man in einen Neubau ziehen können. Die Ersatzmöglichkeiten, die die Stadt der Theaterleitung anbietet (Corso, Kongresshaus, Stadthof 11 \*), Hallenstadion), reichen nicht dazu aus, dass ein auch nur annähernd normaler Betrieb durchgeführt werden könnte. Bei den heutigen Anstrengungen, einen einwandfreien Theaterbetrieb aufzubauen, geht es nicht an, dass man das Stadttheater für vier Jahre mehr oder weniger obdachlos macht. Die Umstellungen des Betriebs während dieser Zeit, die Einrichtung der genannten Ersatzmöglichkeiten und das ständige Zügeln würden dazu so unverhältnismässig hohe Kosten verursachen, dass man sich fragen muss, ob

\*) So wird der von Arch. Karl Egender projektierte Theater- und Kongressbau benannt, der im Zentrum von Oerlikon liegt, unweit dem Hallenstadion, und dessen Ausführung bereits in Angriff genommen ist.