

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 86 (1960)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Aménagement de la chute Arnon-Diablerets (suite)  
**Autor:** Pernet, R. / Dumont, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64464>

### **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:** 26.01.2026

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

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

## ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)  
de la Section genevoise de la S.I.A.  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole  
polytechnique fédérale de Zurich)

## COMITÉ DE PATRONAGE

Président: J. Calame, ing. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

### Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgrain, arch.; E. Martin, arch.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; Ch. Thévenaz, arch.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.  
Membres: M. Bridel; J. Favre, arch.; R. Neeser, ing.; A. Robert, ing.;  
J. P. Stucky, ing.  
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

## RÉDACTION

Vacat

Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »

Tirés à part, renseignements

Adresse: Case Chauderon 475, Lausanne

## ABONNEMENTS

1 an . . . . .	Suisse	Fr. 28.—	Etranger	Fr. 32.—
Sociétaires . . . . .	»	» 23.—	»	» 28.—
Prix du numéro . . . . .	»	» 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° II. 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements  
d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29,  
Lausanne

## ANNONCES

Tarif des annonces:

1/1 page . . . . .	Fr. 290.—
1/2 » . . . . .	» 150.—
1/4 » . . . . .	» 75.—
1/8 » . . . . .	» 37.50

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



## SOMMAIRE

Aménagement de la chute Arnon-Diablerets (suite).

Actualité aéronautique (XX).

Bibliographie. — Les Congrès. — Association amicale des anciens élèves de l'Ecole polytechnique.

Documentation générale. — Informations diverses.

## AMÉNAGEMENT DE LA CHUTE ARNON-DIABLERETS

(Suite)<sup>1</sup>

### V. La prise d'eau du lac d'Arnon

Exécutée pendant la première étape des travaux en 1913-1920, en prévision de la surélévation du lac à la cote 1542,50, cet ouvrage n'a subi aucune modification et nous renvoyons le lecteur au tiré à part du *Bulletin technique de la Suisse romande* de 1923 cité plus haut.

### VI. La prise d'eau d'Ayerne

Cet ouvrage capte les eaux du bassin d'Isenau sur le torrent d'Ayerne et les envoie, par une galerie de liaison et le grand tunnel, dans le lac d'Arnon en utilisant le principe des vases communicants.

Une petite retenue permet la décantation des matériaux solides charriés par le torrent. Les corps flottants sont interceptés par des tôles perforées placées horizontalement à la cote 1544,25.

Le nettoyage des grilles exige la présence d'un homme pendant la période de fonte des neiges et de gros orages seulement. L'ouvrage est conçu pour un débit maximum de 1,2 m<sup>3</sup>/sec et pour une crue de 6 m<sup>3</sup>/sec. Il est doté d'un limnigraphe qui enregistre les débits captés et permet le calcul du volume d'eau prélevé sur le bassin d'Isenau.

Un bassin de décantation de 320 m<sup>3</sup> recueille les sables fins en suspension dans l'eau et met le grand tunnel à l'abri des dépôts.

En hiver, pendant la période de gel, ce bassin est mis hors service; l'eau claire, d'un débit inférieur à 0,1 m<sup>3</sup>/sec, passe dans un canal ad hoc. Ce canal est également utilisé pour le nettoyage des quatre compartiments du bassin de décantation.

Le vallon d'Ayerne étant exposé aux avalanches, la prise d'eau a été couverte d'une robuste toiture en béton armé. Elle est protégée à l'amont et latéralement par des remblais s'élevant jusqu'au niveau de la toiture formant tremplin. Dès la fin des travaux, elle subit avec succès l'épreuve d'une avalanche.

### VII. Les tunnels

#### a) Le projet

La conception des ouvrages reliant le lac d'Arnon à la centrale des Diablerets est tributaire de la topographie, des ouvrages existants (prise d'eau et tunnel d'Arnon) et de l'exploitation.

La retenue d'Arnon ayant pour but la régularisation de la Grande-Eau, la marche de la centrale des Diablerets est déterminée essentiellement par l'apport d'eau nécessaire pour assurer le plein débit sur les centrales du Pont de la Tine et des Farettes.

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 16 janvier 1960.

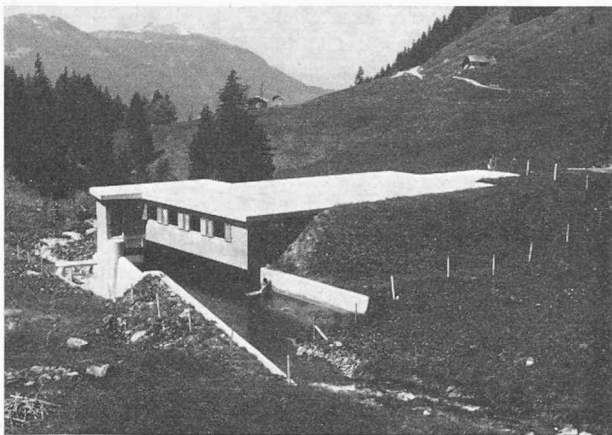


Photo n° 10  
Vue de la prise d'eau d'Ayerne.

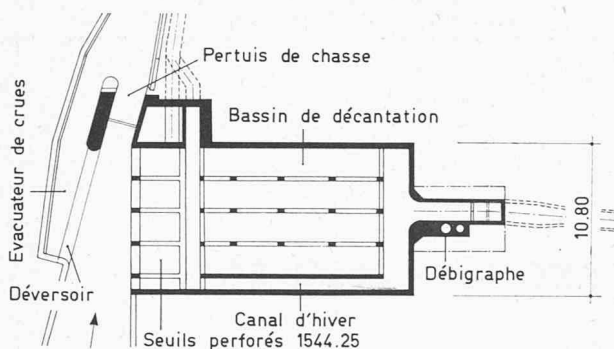
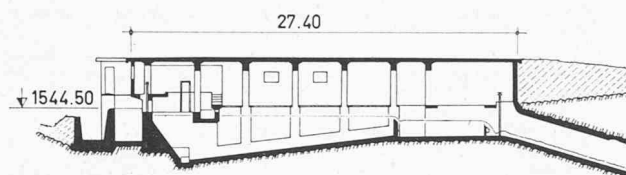


Fig. 15. — Prise d'eau d'Ayerne.

La production de la centrale des Diablerets suit donc un programme établi quotidiennement et à l'avance en fonction du débit naturel de la Grande-Eau et des besoins probables du réseau.

Exceptionnellement, le groupe des Diablerets travaille séparément pour produire le courant nécessaire à la localité, en cas de déclenchement des lignes de transport, par exemple.

Ces conditions permettaient d'adopter des temps de manœuvre des pointeaux relativement longs (ouverture 45 sec, fermeture 50 sec).

Notre étude, avec la méthode de Bergeron, nous laissait entrevoir la possibilité d'éviter la construction d'une cheminée d'équilibre malgré l'exceptionnelle longueur des tunnels et de la conduite forcée par rapport à la chute et au débit.

Le terrain à la Crettaz ne se prêtant pas à la construction d'un tel ouvrage, il y avait intérêt à renoncer à cet élément classique des aménagements de chute d'eau.

Le diamètre intérieur du tunnel, fixé à 2 m au minimum pour faciliter l'exécution de la galerie, conduit à

une section excessive (vitesse maximum de l'eau 0,56 m/sec), mais le rapport de cette section à celle de la conduite forcée (6,28) joue en faveur de la suppression, au sommet de la conduite forcée, de la cheminée d'équilibre dont le rôle est alors assumé par la galerie reliant la prise d'eau d'Ayerne au tunnel d'Arnon.

Dans une étude très poussée des variantes qui s'offraient à nous, le bureau Bonnard et Gardel confirma notre hypothèse et mit en évidence tous les cas particuliers susceptibles de créer des sollicitations dangereuses pour le tunnel de la Crettaz et la conduite forcée.

Les plus fortes surpressions ne devaient pas dépasser 20 % de la pression statique tant dans la conduite forcée que dans le tunnel de la Crettaz. Elles se manifestent notamment en fermeture normale des pointeaux pour un débit coupé de 0,25 m<sup>3</sup>/sec et lors de la fermeture en eau vive de la vanne sphérique à la centrale pour un débit maximum de 1,75 m<sup>3</sup>/sec.

Les temps de manœuvre des organes d'obturation ont été réglés comme suit :

Pointeaux . . . . .	fermeture complète	50 sec
Vanne sphérique à la centrale	0 à 90°	100 sec
Vanne-papillon automatique		
à la Crettaz . . . . .	0 à 70°	25 sec
	70 à 78°	35 sec

La manœuvre automatique de la vanne-papillon de la Crettaz en régime normal ne provoque pas dans le tunnel des surpressions dangereuses, grâce à la loi de fermeture suffisamment progressive de cet organe. Il en est de même en cas de fermeture consécutive à une déchirure de la conduite, car si le débit maximum coupé peut être beaucoup plus important, il y a compensation par l'abaissement du niveau dans la galerie d'Ayerne et par l'augmentation des pertes de charge.

A la fin du remplissage de la conduite entre la vanne sphérique et les deux injecteurs, par le by-pass de la vanne, se produit une coupure instantanée du débit qui engendre un coup de bélier particulièrement dangereux. Son effet est atténué par réduction du débit maximum du by-pass à 40 l/sec.

Les quatre transformateurs de la centrale des Diablerets sont protégés contre le feu et toute élévation anormale de température par une installation à aspersion d'eau branchée sur la conduite forcée. Le déclenchement rapide de ce dispositif provoque l'ouverture brusque d'un clapet qui s'accompagne d'un coup de bélier assez violent. Les variations de pression qui en résultent ont été ramenées dans les limites admissibles par augmentation de la durée d'ouverture du réducteur de pression.

Pour parer aux risques de dépression et d'entrée d'air dans les tunnels par les prises d'eau d'Arnon et d'Ayerne, les débits utilisables sont réduits dès que le niveau du lac atteint une cote inférieure à 1514,40. Cette mesure affecte seulement l'exploitation de la dernière tranche du lac ( $\frac{1}{8}$  de la réserve totale).

Niveau du lac	Débit maximum
1542,5	1,75 m <sup>3</sup> /sec
1514,4	1,75 m <sup>3</sup> /sec
1513,2	1,5 m <sup>3</sup> /sec
1510,6	1,0 m <sup>3</sup> /sec
1509,0	0,5 m <sup>3</sup> /sec
1508,5	limite d'utilisation
1508,0	seuil de la prise d'eau du lac

Au cours des essais de la centrale, les variations de pression ont été enregistrées avec la collaboration du Laboratoire d'hydraulique de l'EPUL. L'appareillage de mesure, installé successivement à l'extrémité aval du tunnel de la Crettaz et à 160 m de celui-ci sur la conduite forcée, comprenait un capteur de pression inductif, un appareil électronique et un enregistreur à plume thermique.

Les variations de pression n'ont pas dépassé 16 % de la pression statique dans le cas des manœuvres les plus défavorables citées précédemment.

Grâce aux observations faites à la prise d'eau, au bouchon de la Crettaz et à la centrale des Diablerets, les pertes de charge ont été déterminées dans les différents éléments caractéristiques de l'aménagement. Elles correspondent aux coefficients *K* de Strickler suivants : Tunnel d'Arnon

4100 m	rocher brut	
	15 % de revêtement	<i>K</i> 32
Tunnel de la Crettaz		
960 m	495 m béton projeté	
	465 m béton coffré	<i>K</i> 70
Conduite forcée		
1200 m	tôle soudée	<i>K</i> 105

#### b) L'exécution

Le tunnel de la Crettaz, long de 1107 m, fut attaqué simultanément aux deux extrémités, à Ayerne et à la Crettaz.

L'organisation du chantier d'Ayerne était régie par la nécessité de régulariser le cours de la Grande-Eau et d'évacuer les crues du bassin d'Arnon par le tunnel existant. Il était ainsi possible d'éviter les frais élevés d'un évacuateur de crues provisoire à Arnon.

Les précipitations anormales des années 1954 à 1956, tout en entravant l'érection de la digue en terre, imposèrent fréquemment l'évacuation de gros débits par le tunnel d'Arnon et la suspension des travaux à Ayerne. On nota des précipitations pendant 284 jours sur 500, la plus forte étant de 94 mm le 18 août 1956.

Aucune étude géologique de la région d'Ayerne n'avait été faite jusqu'alors. Par le tunnel d'Arnon, on connaissait sur 4,5 km le massif du flysch du Niesen, étanche et d'excellente qualité. La galerie, de 2,80 m de large sur 2,50 m, ne comporte aucun ouvrage d'étanchéité. La roche brute est consolidée par des revêtements locaux qui représentent à peine le 15 % de sa longueur.

D'autre part, sous la Crettaz, affleurait en plusieurs points un très bon calcaire. Ces données géologiques furent complétées par une étude du Dr Fisch, qui révéla la complexité de la région Ayerne-la Crettaz, composée de plusieurs unités tectoniques superposées les unes aux autres.

Près du torrent d'Ayerne, le flysch du Niesen laisse place aux schistes aaléniens puis au trias caractérisé par des calcaires dolomitiques, de la cornieule et par endroits du gypse et des schistes. Sous la Crettaz, une zone tectonique marque le passage du trias aux schistes aaléniens, qui sont suivis par du lias calcaire puis schisteux.

La traversée du torrent devait retenir toute notre attention ; le versant nord étant soumis aux avalanches, le franchissement du torrent au moyen d'un aqueduc

n'était pas recommandable, ce qui fut confirmé, au printemps 1958, par une grosse avalanche qui obstrua complètement la tête du tunnel d'Arnon. Il fallait passer en souterrain. Des sondages géoélectriques effectués le long du cours d'eau apportèrent des éléments d'appréciation de grande valeur pour le choix du tracé. On put éviter ainsi une zone très complexe dans laquelle la galerie aurait traversé trois gorges diluviales remplies d'éboulis et d'alluvions constitués par de gros blocs et du sable fin gorgé d'eau.

Dans le tracé adopté, la galerie passe sous le torrent, entièrement dans le flysch du Niesen, sans travaux de renforcement et d'étanchéité importants.

Les exigences du profil hydraulique de l'aménagement imposaient le forage de la galerie par l'attaque amont, en descendant. La présence de l'eau au front d'attaque multipliait les difficultés. Les schistes aaléniens étant très sensibles à l'action de l'air et de l'eau, on les protégea efficacement au moyen d'une couche de béton projeté en retirant, par courts tronçons, les cerces métalliques d'étalement. Par la suite, on réalisa l'étalement en appliquant le béton projeté immédiatement après chaque volée dans les cas de roche très mauvaise. Avec ce procédé, on traversa avec succès, sans emploi de cerces, une zone de 50 m de cornieule très friable et de marne dolomitique des plus pourries. Les éléments fins de cette roche formaient rapidement avec l'eau une boue argileuse si collante qu'il était impossible de vider les wagons même en les basculant complètement.

L'avancement, qui était normalement de 10 à 11 m par jour, ne dépassa pas 10 m par semaine, avec deux équipes de onze heures, dans ce tronçon, mais on avait l'avantage de remplacer la roche extraite par un étalement continu et résistant qui protégeait immédiatement la roche en place contre toutes désagréations et empêchait les mouvements et les poussées de se développer.

Le ballast du béton projeté comportait un mélange de sable roulé 0-10 mm du Rhône avec adjonction de 30 % de gravillon concassé de 8-12 mm. Les bétons projetés pour étalement à l'avancement et les revêtements étaient dosés à 300 kg de ciment par m<sup>3</sup> de sable et gravier secs, mais les gros gravillons rejaillissaient des parois et constituaient la plus grande partie du refus. Sur une éprouvette sciée dans un échantillon de béton projeté, on a évalué à 5 % du volume total la teneur des grains supérieurs à 5 mm. On n'avait plus affaire à un béton projeté, mais à une gunite. Nous avions l'avantage toutefois d'employer une machine perfectionnée à haut rendement, dont le moteur peut être actionné à l'électricité ou à l'air comprimé. Dans ce dernier cas, la consommation d'air atteint 12 à 24 m<sup>3</sup>/min, double du débit nécessaire pour l'application de la gunite. Le refus diminuait d'une manière satisfaisante pour les dosages plus élevés, 400 voire 500, que l'on adoptait en cas d'infiltration d'eau et d'adjonction d'accélérateurs de prise qui affectaient la résistance finale du béton.

La présence d'eaux séléniteuses avec teneur en sulfate comprise entre 250 et 760 mg/litre imposa l'emploi de ciments spéciaux sursulfatés Supercilor et Halit sur 274 m de galerie.

Le revêtement de la galerie est en béton projeté ou gunite, armé par des cerces circulaires en plusieurs élé-



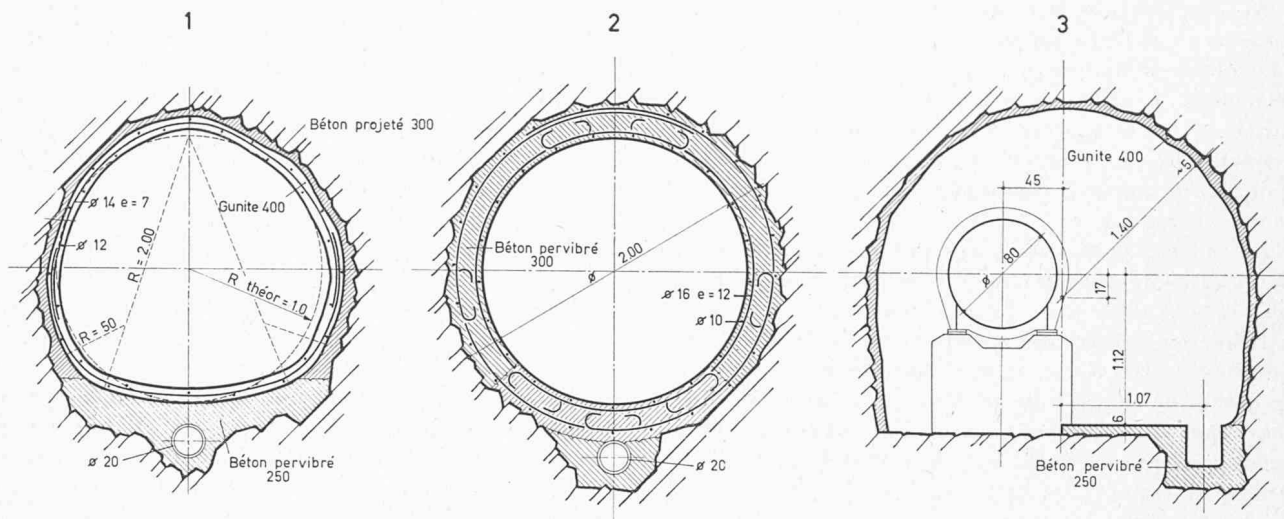


Fig. 16. — Profils type des galeries de la Crettaz et de la Coutaz.

ments, avec recouvrements des barres, sans crochets (profil 1, fig. 16). Les recouvrements ont été décalés pour éviter leur juxtaposition dans les cerces consécutives. Le ferrailage était maintenu en place par sept barres de fixation longitudinales clouées au béton projeté sous-jacent et réparties sur le périmètre de la calotte et des piédroits. Pour diminuer le risque de fissuration du béton, on a choisi l'acier spécial Caron à haute adhérence.

Sur le chantier de la Crettaz, après une centaine de mètres dans le lias calcaire de bonne qualité, la galerie traverse les schistes aaléniens. La sensibilité de cette roche à l'air et à l'eau la rendait très dangereuse et imposait une série de mesures particulières au milieu de nombreuses difficultés : boisage, étayage par cintres métalliques Toussaint-Heinzmann, étayage et coffrage par cintres Kunz, puis bétonnage immédiat du profil. A la suite des expériences encourageantes faites à Ayerne, le rocher fut étayé à notre entière satisfaction au moyen d'un revêtement de gunite appliqué après quelques volées. Par contre, le revêtement a été exécuté en béton armé coffré selon profil 2, figure 16. Les injections de contact absorbèrent 330 kg de ciment par m<sup>3</sup> de galerie.

Dans l'ensemble, sur 1107 m de galerie en pression, 750 m de revêtement ont été renforcés par une armature. La densité du ferrailage se calculait d'après la participation plus ou moins grande attribuée à la roche dans la résistance du profil.

Dans la galerie livrant passage à la conduite forcée, la roche a été protégée par un enduit de gunite (profil 3, fig. n° 16).

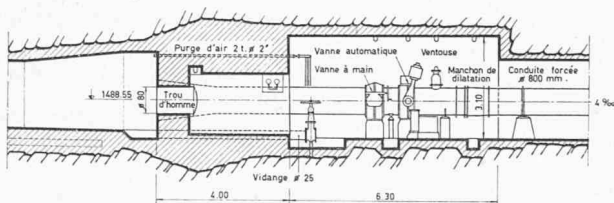


Fig. 17. — Bouchon et chambre des vannes de la Crettaz.

### VIII. La conduite forcée <sup>1</sup>

La conduite forcée comporte deux parties bien distinctes : la conduite en tunnels et la conduite enterrée.

La première partie est de construction classique et comprend, entre le bouchon de la Crettaz (fig. 17) et la tête du tunnel de la Coutaz (fig. 18), deux tronçons rectilignes, l'un de 4 ‰ de pente, l'autre de 35 ‰. La conduite, ø 800 mm, raidie par une cerce au droit de chaque appui, repose sur des sellettes équidistantes de 7,80 m. Les mouvements de la conduite dus aux variations de température se font par glissement des appareils d'appui sur les sellettes ; ils sont absorbés par le manchon de dilatation placé à l'amont de chaque tronçon.

Un groupe de deux vannes-papillon avec ventouse, placé à l'origine de la conduite, protège l'installation. La vanne automatique déclenche pour une surtension de 15 % ; sa fermeture peut être commandée à distance depuis la centrale.

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique n° 1, 1958, des Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S. A.

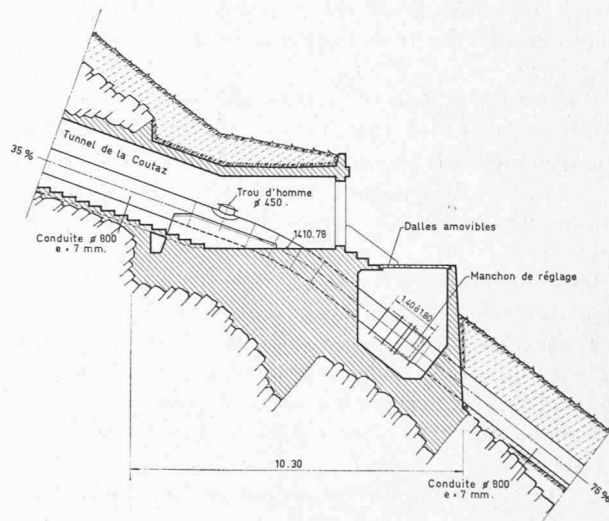


Fig. 18. — Massif d'ancrage de la Coutaz.

La conduite enterrée fait un tout de la sortie du tunnel de la Coutaz à la centrale des Diablerets. Elle est solidement ancrée en ses deux extrémités.

A part un angle de  $3^{\circ} 38'$ , elle est rectiligne en plan. Par contre, en élévation, elle suit le profil du terrain. Au-delà de  $6^{\circ}$ , les coudes, réalisés par coupe biaise des extrémités des tuyaux, sont enrobés d'un massif de béton pour équilibrer la poussée au vide ou répartir sur le sol la poussée contre terre. Les conditions topographiques, la nature du terrain, les changements de pente et de diamètre (800 et 700 mm) nous ont conduits à subdiviser la conduite enterrée en trois tronçons au moyen de massifs d'ancrage intermédiaires (massif de la Vuarnaz, fig. 19). Ils sont équipés d'un manchon de réglage, sorte de manchon de dilatation bloqué au moyen d'une série de boulons. Il est ainsi possible de soulager la conduite des contraintes longitudinales engendrées par l'abaissement de température lors de la mise en service et le déplacement de la canalisation vers

l'aval ou de parer à d'éventuels glissements de terrain. L'idée de ce dispositif est née de l'expérience acquise sur les conduites de la centrale de Vouvry, qu'il faut détendre périodiquement dans leurs tronçons à très forte pente.

La pose de la conduite forcée enterrée a été extrêmement ardue, car les argiles et les marnes bleues très dures et difficilement exploitables à la pelle mécanique se liquéfiaient dès qu'elles étaient exposées aux intempéries.

Les pluies diluviennes de l'été 1956 imposèrent un drainage intensif de la fouille, son boisage complet et la protection du fond de fouille par un radier continu en béton maigre. Par endroits même, il fallut chercher l'appui sur le bon terrain par l'intermédiaire de socles de béton.

La conduite est en tôles d'acier de la Fabrique de fer de Charleroi, qualité Siemens Martin chaudière 35 kg/mm<sup>2</sup> pour la conduite en galerie et Feralsim 52 kg/mm<sup>2</sup> pour la conduite enterrée, avec contraintes admissibles de 1100 et 1500 kg/cm<sup>2</sup> respectivement. Calculée pour une surpression de 20 % de la pression statique, l'épaisseur de la conduite, arrondie au millimètre supérieur, est majorée de 1 à 3 mm dans les coudes et brides spéciales. Grâce à l'épaisseur minimum de 7 mm, la conduite est capable de résister à l'effet d'écrasement produit par la pression atmosphérique en cas de vide absolu dans le tronçon horizontal, ce qui a permis d'éviter la pose d'une ventouse supplémentaire au changement de pente à la Crettaz.

Tenant compte des mesures de protection, nous n'avons pas compté de supplément d'épaisseur pour la rouille.

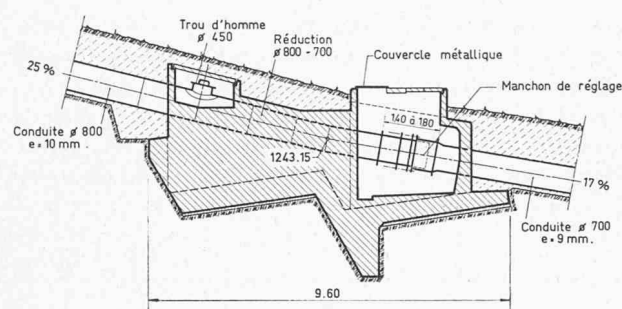


Fig. 19. — Massif d'ancrage de la Vuarnaz.

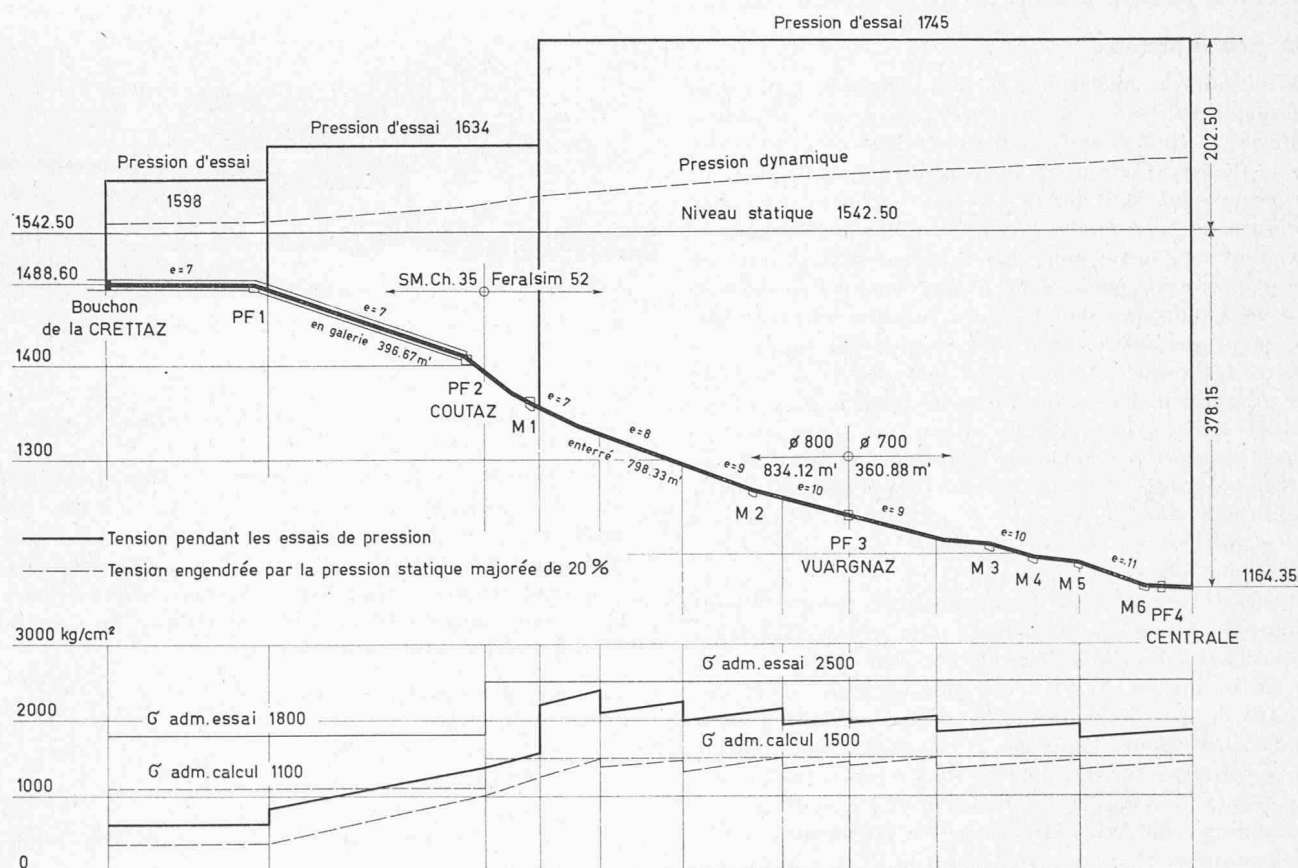


Fig. 20. — Essais de la conduite forcée.

La conduite est protégée, à l'intérieur et à l'extérieur, par trois couches de Zinga appliquées au pinceau sur la tôle préalablement décapée au jet de grenaille d'acier. Avec 825 g de pâte Zinga par m<sup>2</sup>, additionnée de 0,125 l de diluant, on assurait une épaisseur moyenne de 0,15 mm avec une tolérance de  $-0,03$  mm. L'épaisseur était contrôlée en atelier au moyen d'un Elcomètre.

L'inspection complète de la conduite forcée, après deux ans d'exploitation, a révélé le bon comportement de l'enduit.

Dans la partie enterrée, l'enduit extérieur a été complété par une double couche de bitume à chaud enrobant un tissu de fibres de verre. Le ramollissement du bitume par temps chaud était combattu par une peinture d'aluminium qui résistait mieux que le badigeon de chaux au délavement des fortes pluies.

Les soudures intérieures ont été entièrement meulées pour améliorer la surface d'accrochage du Zinga et diminuer les risques d'usure de l'enduit par frottement de l'eau. Par contre, les soudures extérieures ont été meulées superficiellement.

La fragilité des aciers spéciaux à basse température nous a conduits à prendre des mesures de protection dans la fouille dès que la température descendait au-dessous de 0°. Les travaux étaient suspendus à  $-5^{\circ}$ .

Le contrôle des soudures s'est fait en atelier au moyen de rayons X et sur place par procédé gammagraphique

avec une source radioactive de cobalt. Bien que les soudures circulaires de montage aient été exécutées souvent dans des conditions excessivement difficiles, aucun défaut n'a été décelé.

Les tuyaux de la conduite enterrée ont été essayés en atelier à la presse hydraulique, avec une pression de 150 % de la pression statique. Les essais sur place ont été effectués avec la même surpression, sur trois tronçons, pour ne pas dépasser les contraintes de 1800 et 2500 kg/cm<sup>2</sup> pour les aciers SM35 et Feralsim 52 respectivement (fig. 20).

Dans le tunnel à faible pente de la Crettaz, les aciers auraient supporté, dans les limites précitées, la pression appliquée lors du deuxième essai (ligne piézométrique à l'altitude 1634). Comme ce n'était pas le cas des vannes-papillon placées au sommet de la conduite et dimensionnées pour une pression d'essai de 9,75 atm il fallut faire un troisième essai.

La prise d'eau d'Ayerne, achevée en octobre 1956, apporta sa contribution au remplissage du lac d'Arnon surélevé à la fonte des neiges du printemps 1957.

Le lac ayant atteint sa cote maximum en juillet et après une série d'essais, la centrale des Diablerets, décrite par ailleurs, était prête à l'exploitation au début de septembre 1957.

(A suivre.)

## ACTUALITÉ AÉRONAUTIQUE (xx)

### L'avion suisse d'attaque au sol P-16 Mk III

#### Un peu d'histoire

Au cours de la dernière guerre mondiale, l'industrie aéronautique suisse a dû faire face à une situation difficile. En effet, cette industrie avait souffert, avant cette guerre, d'une assez forte désertion, si bien qu'un regroupement des forces et une reconstitution des équipes de spécialistes furent absolument nécessaires, pendant la guerre, pour que la Suisse soit en mesure de pourvoir elle-même à ses propres besoins en matière d'avions militaires. On vit ainsi renaître une industrie aéronautique suisse, avec tout ce que cela suppose de cadres techniques, de personnel spécialisé et de moyens de production. Une importance de plus en plus accrue fut accordée à la recherche et aux essais, concrétisée par la réalisation, à côté de la Fabrique fédérale d'avions à Emmen, d'un Centre d'essais et de recherches aéronautiques, dont l'équipement actuel fait honneur à notre pays et lui permet d'occuper, sur le plan européen, une place de choix.

Après la guerre, les deux principales usines suisses reçurent chacune la commande d'un avion militaire à réaction. La Fabrique fédérale d'avions entreprit alors la réalisation du N-20 (avion plus ou moins en delta, équipé de deux turboréacteurs, d'une conception assez audacieuse pour l'époque (1946-1952), qui plaçait l'aéronautique suisse à la tête du progrès), tandis que les usines d'aviation d'Altenrhein (FFA = Flug und Fahrzeugwerke AG., Altenrhein) se lançaient dans la réalisation du P-16, au tout début de 1950, après s'être intéressées à d'autres projets (de 1948 à 1950 : le P-25, à deux turboréacteurs).



Fig. 1. — L'avion suisse d'attaque au sol P 16 Mk III.

Quelles étaient alors les exigences formulées quant au P-16 ?

La troupe d'aviation réclamait un avion d'attaque au sol (appelé aussi avion d'assaut), et non pas un intercepteur ou un chasseur pur, le rôle de l'avion d'attaque au sol étant d'appuyer les actions de la troupe et de porter aux troupes ennemies, derrière leurs lignes, des coups décisifs. Les caractéristiques principales d'un tel avion sont bien connues :

- très forte charge militaire ;
- vitesse transsonique ;
- fort pouvoir d'accélération ;
- coefficient de résistance très élevé ;
- excellente plate-forme de tir ;
- excellentes performances de virage (à très faible rayon) ;
- faibles courses au décollage et à l'atterrissage ;
- temps très courts de préparation au vol.