

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

**Band:** 49 (1923)

**Heft:** 19

**Artikel:** Les travaux d'amenée dans la Grande Eau des eaux du lac d'Arnon

**Autor:** Schmidhauser, P.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-38249>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 15.03.2025

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

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE AGRÉÉ PAR LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN  
ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Les travaux d'aménée dans la Grande Eau des eaux du lac d'Arnon*, par P. SCHMIDHAUSER, ingénieur, Directeur des travaux (suite et fin). — *La soudure électrique par le procédé Quasi-Arc*. — *Association suisse d'Hygiène et Technique urbaines*. — *Société Anonyme l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS)*. — *Sur la « dureté » des corps*. — *Programmes d'apprentissage et d'exams pour dessinateur et dessinateur-projeteur*. — BIBLIOGRAPHIE. — SOCIÉTÉS : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — CARNET DES CONCOURS. — SERVICE DE PLACEMENT.

Le présent numéro contient 16 pages de texte.

## Les travaux d'aménée dans la Grande Eau des eaux du lac d'Arnon

par P. SCHMIDHAUSER, ingénieur, Directeur des travaux.

(Suite et fin).<sup>1</sup>

### Chutes de pression dues au frottement de l'eau dans les diverses parties de l'ouvrage.

Les observations faites le 8 mars 1923 simultanément dans les deux puits de la prise d'eau et au bouchon fermant le tunnel près de sa tête aval, le tunnel étant sous pression, observations portant sur des débits compris entre 185 et 1630 litres-seconde, ont donné les résultats indiqués par des points sur l'abaque logarithmique que reproduit la fig. 56. Le déversoir installé à la sortie du tunnel ne permettait pas de jauger avec une précision suffisante des débits supérieurs à 1600 litres.

Les débits correspondant aux hauteurs de lame déversante observées ont été calculés, pour tenir compte de la vitesse déjà acquise par l'eau à son arrivée au déversoir, au moyen de la formule :

$$Q = m_1 \mu_0 b \sqrt{2g} \left\{ (h + k)^{\frac{3}{2}} - k^{\frac{3}{2}} \right\}$$

où  $k = \frac{v^2}{2g}$  = charge<sup>2</sup> engendrant cette vitesse initiale.

Les valeurs ainsi obtenues sont les débits à la tête aval du tunnel. Chacun de ces débits devait être diminué de la valeur des apports des eaux souterraines qui alimentent le grand tunnel, pour donner les débits correspondants provenant du lac.

L'importance de ces apports souterrains nous a été indiquée, avec une précision en l'occurrence suffisante, en 1921 lors de l'essai de mise sous pression du tunnel. Il en a été tenu compte ici par des valeurs variant entre 30 litres pour les faibles débits, et 150 litres pour l'abaissement de pression dû au débit de 1630 litres observé à Ayerne.

Les débits qui, le 8 mars, nous ont permis de mesurer les valeurs des pertes de charge dans les Puits I et II, étaient donc compris entre

$$\begin{aligned} 185 - 30 &= 155 \text{ litres/seconde} \\ \text{et } 1630 - 150 &= 1480 \text{ litres/seconde} \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 1<sup>er</sup> septembre 1923, page 214.

<sup>2</sup> Par suite d'une inadvertance, l'expression de  $k$  est entachée d'une erreur dans le tirage à part de cette notice. (Réd.)

Les pertes de charge enregistrées pour le passage de l'eau dans le grand tunnel, les venues d'eau souterraines étant réparties à peu de chose près uniformément sur le parcours du tunnel, se rapportent donc à des débits moyens variant entre

$$\begin{aligned} 185 - 15 &= 170 \text{ litres/seconde} \\ \text{et } 1630 - 75 &= 1555 \text{ litres/seconde} \end{aligned}$$

La question était de savoir si les pertes de charge observées peuvent servir de base à la détermination des pertes de charge que produiront des débits supérieurs à 1600 litres, ou, ce qui revient au même, si les pertes de charge observées varient rigoureusement en fonction du carré du débit. Si tel était bien le cas, le lieu des valeurs observées doit être une droite sur l'abaque logarithmique, et une droite coupant à 45° les axes des coordonnées, si, portées à la même échelle, on leur donne comme valeur :

$$x = 2 \log Q \quad y = \log h$$

Comme le montre la fig. 56, les points observés sont égrenés de part et d'autre de ces droites, et ne s'en écartent que de quantités très faibles qu'expliquent :

1° Les écarts que nous pouvons avoir faits entre les valeurs admises comme apports des eaux souterraines dans le tunnel et leurs valeurs réelles ;

2° Les difficultés que présente un relevé de haute précision des niveaux d'eau dans les puits, et la détermination exacte des débits considérés.

Bien qu'il ne soit pas impossible que, avec des débits plus forts, des facteurs nouveaux (remous, décompression de l'air qui reste peut-être emprisonné dans certaines parties hautes du tunnel, dans les « gares » par exemple) viennent modifier quelque peu la loi simple à laquelle les pertes de charge observées semblent obéir, il apparaît comme certain que ces phénomènes ne pourraient jouer qu'un rôle d'importance très minime. Nous pouvons donc admettre, pour les débits qui nous intéressent, que, pratiquement parlant, les pertes de charge continueront à augmenter proportionnellement aux carrés des débits. Le prolongement des droites sur cet abaque logarithmique nous a fourni les éléments nécessaires au tracé des courbes de chutes de pression faisant l'objet de la fig. 57.

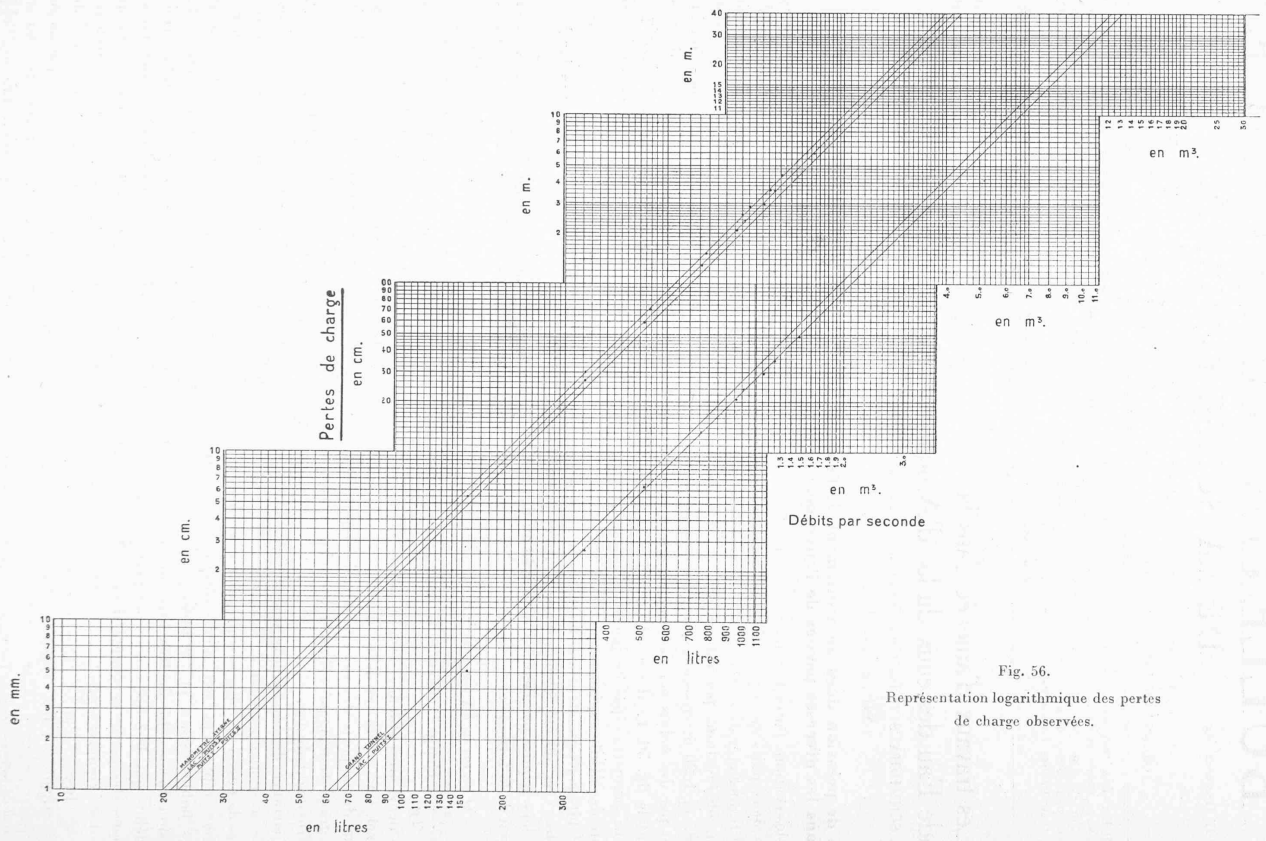


Fig. 56.  
Représentation logarithmique des pertes de charge observées.

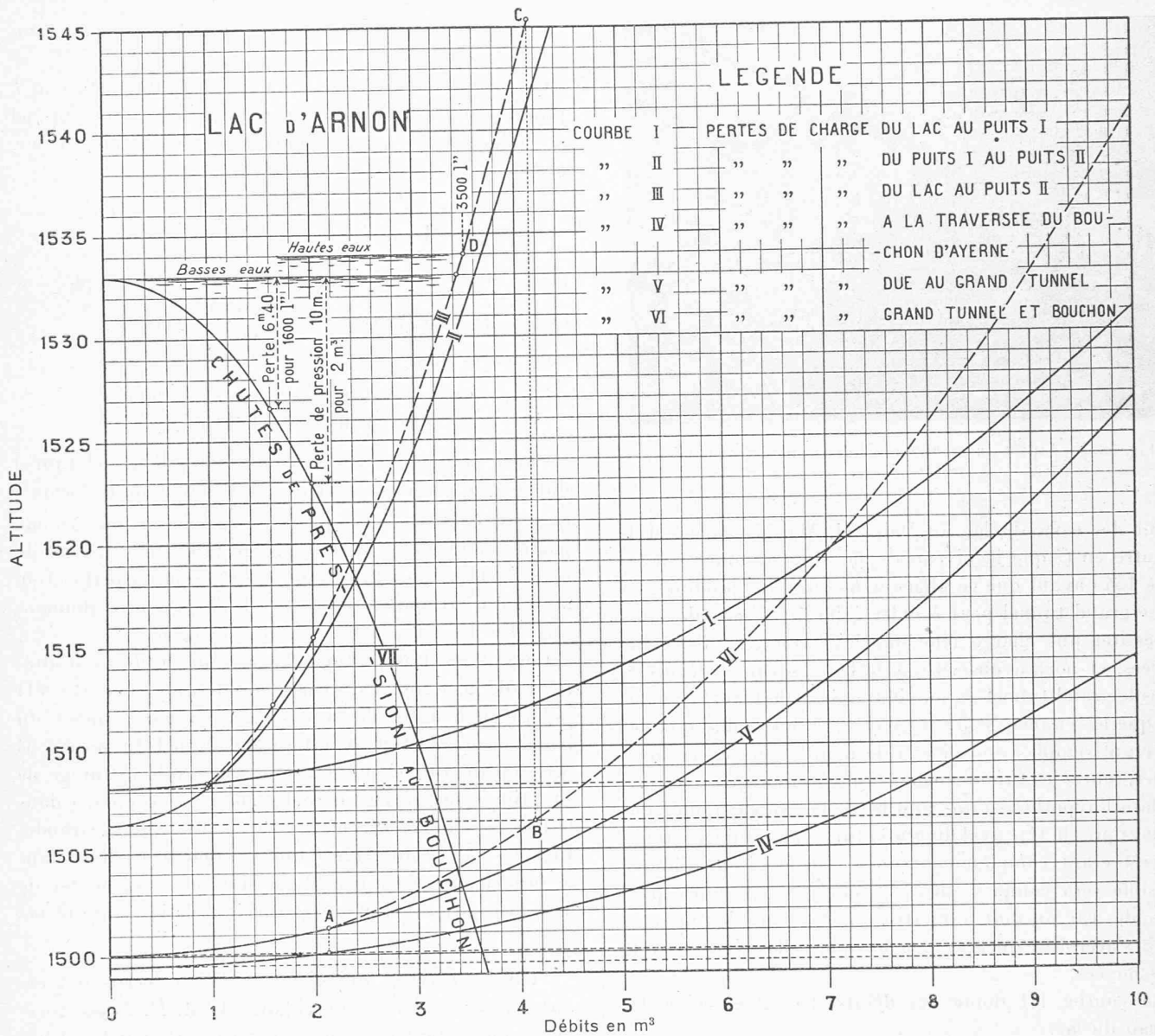


Fig. 57. — Courbes de chutes de pression.

**Considérations sur les pertes de charge et sur les débits maximum possibles.**

La courbe I donne les pertes de charge dues au passage de l'eau du lac au Puits I. Les débits de zéro à 975 litres peuvent être écoulés sans que les organes sis en aval constituent aucune entrave à leur écoulement. Pour des débits supérieurs à 975 litres/seconde, le passage de l'eau du Puits I au Puits II exige une charge telle que le débouché dans le Puits I de la galerie de prise d'eau se trouve noyé (fig. 57).

La courbe II donne les charges nécessaires au passage de l'eau du Puits I au Puits II, les vannes N° 3 étant noyées. Dès le débit de 975 litres/seconde, les charges des courbes I et II s'ajoutent et donnent ensemble la courbe III des débits possibles du lac au Puits II (toutes vannes ouvertes et noyées) selon l'état de remplissage du lac. Cette courbe III indique que le maximum du débit, le

lac étant plein à son niveau de hautes eaux exceptionnelles soit à la cote 1534, est de 3500 litres/seconde.

Les courbes IV, V, VI représentent respectivement :

IV les pertes de charge dues au passage de l'eau au travers du bouchon d'Ayerne, la vanne papillon de réglage étant supposée rompue, et le robinet-vanne d'arrêt entièrement ouvert.

V les pertes de charge dues au passage de l'eau au travers du grand tunnel sur une longueur de 4300 mètres.

VI les pertes cumulées dès le point A (débit 2120 litres/seconde) des courbes IV et V.

La courbe VI donne donc les débits possibles du grand tunnel jusqu'au delà du bouchon d'Ayerne. Elle montre au point B que, dès que le débit dépasse 4140 litres/seconde, les vannes N° 3 (dans le Puits II, extrémité amont du grand tunnel) se trouvent noyées, et que, dès lors, le grand tunnel intervient comme frein à l'écoulement.

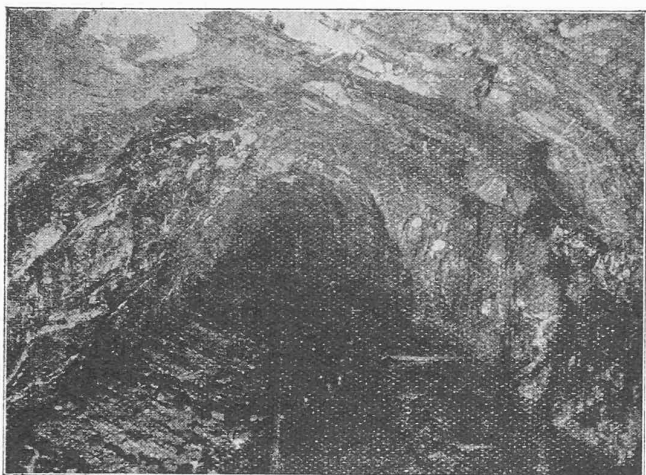


Fig. 58. — Aspect du grand tunnel dans une de ses parties non revêtues.

ment des eaux du lac au Puits II. Mais la courbe III montre en *C* que le niveau du lac devrait monter à la cote 1545 avant que ce phénomène puisse se produire.

Le grand tunnel peut écouler 4100 litres/seconde sans nécessiter une charge telle que les vannes N° 3 soient noyées, et nous avons vu que le lac plein peut déverser dans le grand tunnel un maximum de 3500 litres/seconde lorsque les vannes N° 3 sont noyées. Il en résulte que, le lac étant rempli à son niveau de hautes eaux exceptionnelles, toutes les vannes au lac étant entièrement ouvertes, et dans l'hypothèse d'une rupture de la vanne-papillon de réglage près la tête aval du grand tunnel, le robinet-vanne d'arrêt étant complètement ouvert, le débit maximum possible sera compris entre 3,5 et 4 mètres cubes par seconde, car on doit admettre que le débit des vannes N° 3 s'accroîtra quelque peu lorsque celles-ci ne seront plus noyées.

La courbe III donne les débits utilisables selon le niveau du lac.

Lac plein	1534,0	débit max.	3,5 m <sup>3</sup>
	1526,6	»	3,0 »
	1520,5	»	2,5 »
	1515,4	»	2,0 »
	1511,5	»	1,5 »
	1510,8	»	1,4 »
	1509,6	»	1,2 »
	1509,0	»	1,0 »

L'analyse de la courbe V fournit un renseignement pratique intéressant concernant l'écoulement de l'eau dans le grand tunnel.

Obéissant à la formule de *Ganguillet et Kutter* :

$$Q = S \cdot k \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dans laquelle

*S* est la section moyenne du tunnel, soit 5,5 m<sup>2</sup>

$$k = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \text{ où } m \text{ est le coefficient de « scabrosité »}$$

$$R = \text{Rayon moyen} = \frac{S}{P} \text{ où } P \text{ est le périmètre mouillé, soit 9 mètres}$$

*i* étant la pente de la ligne de charge pour le débit considéré,

elle nous donne une valeur d'expérience du coefficient *k* propre à notre tunnel et qui est applicable à tout tunnel à établir dans les mêmes circonstances et travaillant sous pression.

$$k = \frac{Q}{S \sqrt{R \cdot i}} \quad R = \frac{5.5}{9} = 0.61$$

la courbe *V* donne, pour  $Q = 6 \text{ m}^3$  par exemple, une charge de 9,60 m. d'où  $i = \frac{9.60}{4300} = 0,00223$

nous avons donc :

$$k = \frac{6}{5.5 \sqrt{0.61 \times 0.00223}} = 29.6$$

Ainsi, pour un rayon moyen de 0,61, le grand tunnel donne 29,6 comme valeur du coefficient *k* de la formule  $Q = S \cdot k \cdot \sqrt{R \cdot i}$ . Ce tunnel est, pour la plus grande partie, non revêtu, et il n'y a été fait aucun travail de réglage. Il est donc tel qu'il a été livré par la perforation au front d'attaque. Les fig. 58 et 59 ci-contre donnent une idée du degré de rugosité de ses parois.

Comme résultat pratique intéressant l'utilisation ultérieure de la chute lac d'Arnon-Grande-Eau, la courbe VII indique les chutes de pression au parement amont du bouchon près la tête aval du grand tunnel. La mise sous pression du tunnel présente donc ce triple avantage de supprimer tout réglage du débit au lac, d'accumuler dans le lac, pendant la période de hautes eaux de la Grande-Eau, les eaux souterraines qui continuent à affluer dans le tunnel lorsqu'il est sous pression, et d'augmenter de 4 % la pression nette sur les turbines de la future usine.

Tous les travaux qui viennent d'être décrits ont été dirigés, sous la haute surveillance de *M. H. Payot*, ingénieur, directeur technique de la Société Romande d'Electricité, par l'auteur de cette notice.

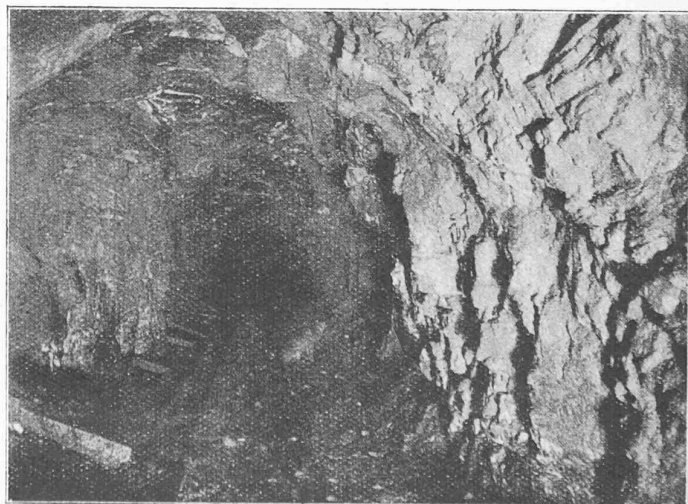


Fig. 59. — Aspect du grand tunnel dans une de ses parties non revêtues.