

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 47 (1921)

Heft: 5

Artikel: Rapport des experts Rothpletz, Rohn et Buchi sur la formation des fissures dans la galerie sous pression de l'usine de Ritom des CFF

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36579>

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: 30.03.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

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

SOMMAIRE : *Rapport des experts Rothpletz, Rohn et Buchi sur la formation des fissures dans la galerie sous pression de l'usine de Ritom des CFF.* — *Le canal alsacien entre Bâle et Strasbourg, par Maurice Koechlin, ingénieur à Bâle.* — *Concours d'idées pour l'étude de la construction d'un temple dans la commune du Châtelard-Montreux (suite et fin).* — **DIVERS :** *Le ciment aluminieux « fondu ».* — *Nouveau système de reproduction par le procédé « Manul ».* — *Exportation d'énergie électrique à l'étranger.* — *Concours international pour un appontement entre les villes d'Aalberg et Nørressundby (Danemark).* — *L'exposition d'appareils servant au contrôle de la chauffe.* — **SOCIÉTÉS :** *Notes sur l'activité de la Section neuchâteloise de la S.I.A.* — *Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne.* — *Société genevoise des Ingénieurs et des Architectes.* — **BIBLIOGRAPHIE.** — *Calendrier des Concours d'architecture.*

Rapport

des experts Rothpletz, Rohn et Buchi

sur la formation des fissures dans la galerie sous pression de l'usine de Ritom des CFF

La Direction générale des chemins de fer fédéraux a bien voulu nous communiquer ce très remarquable et très intéressant rapport dont nous sommes heureux de pouvoir reproduire d'amples extraits. Nous rappelons que nous avons publié dans notre N° du 25 décembre 1916, une description des installations de Ritom, illustrée d'un plan de situation, d'un profil en long avec indication de la constitution géologique présumée du terrain et enfin des profils-types de la galerie d'amenée. — Réd.

Le 7 juillet 1920, M. Rothpletz a reçu de la Direction générale des chemins de fer fédéraux mandat de faire une enquête sur les faits qui se sont passés à la galerie d'amenée de Ritom, et d'adresser un rapport à ce sujet à la Direction générale. Cette dernière demandait aussi que la question de savoir jusqu'à quel point une faute était imputable aux organes des chemins de fer fédéraux ou à la direction des travaux fût examinée.

Après avoir étudié les dossiers se rapportant à cette question, M. Rothpletz a visité la galerie les 13, 14 et 15 juillet.

Après avoir entendu les organes des chemins de fer fédéraux, et après un examen minutieux des installations, en particulier de la galerie, et des sondages qui y avaient été effectués, M. Rothpletz est arrivé à la conviction que la question n'était pas aussi simple et aussi naturelle qu'on se le représentait généralement. Il se rendit compte qu'il s'agissait d'un problème qui n'intéressait pas uniquement cet ouvrage, mais devait encore être gros de conséquences pour d'autres usines du même genre. C'est pourquoi, d'accord avec la Direction générale des chemins de fer fédéraux, M. Rothpletz pria M. le professeur Rohn et M. l'ingénieur Buchi de se joindre à lui pour accomplir l'ensemble de cette tâche. Ces deux Messieurs se déclarèrent prêts à le faire.

Réunis en séance, les experts décidèrent de faire abstraction d'un cadre rigide et de s'acquitter de leur mission uniquement d'après les principes qui leur paraîtraient justes.

Ils arrivèrent à la conclusion qu'il fallait diviser le rapport en deux parties. La première doit être consacrée à la

cause de la rupture de la galerie et indiquer les influences qui ont probablement déterminé cet accident, puis constater les responsabilités résultant de ces faits et de ceux que mentionnent les dossiers.

Une seconde partie fixera l'importance des diverses influences qui ont provoqué les fissures de la galerie afin de poser le problème théoriquement et pratiquement et d'en permettre la solution générale.

Les 30 juillet, 3 et 4 août, MM. Rothpletz et Buchi ont examiné les pièces du dossier.

Les 6, 7 et 8 août, les experts visitèrent ensemble l'usine de Ritom et procédèrent à l'audition de toutes les personnes en cause qui font partie des chemins de fer fédéraux et de l'entreprise.

Comme il y avait lieu d'espérer qu'on pourrait exécuter les essais de la galerie d'amenée à pression réduite dès le 20 août, les experts décidèrent d'ajourner l'élaboration de la première partie de leur rapport jusqu'à une date ultérieure à celle-ci, et de déléguer MM. Buchi et Rothpletz aux essais.

Ces essais furent exécutés du 19 au 22 août.

Dans des séances tenues les 27 août et 1^{er} septembre à Zurich et le 16 septembre à Berne, les experts arrêterent la rédaction définitive de la première partie du rapport dont on trouvera un extrait ci-après.

A. Organisation générale, attributions et responsabilités des divers organes.

1^o Chemins de fer fédéraux.

La direction des travaux de l'usine de Ritom a été confiée par la Direction générale au service de l'installation de la traction électrique. Le chef du Département des travaux à la Direction générale peut être considéré comme le délégué de cette dernière pour tous les travaux de construction des chemins de fer fédéraux. Ce n'est, par conséquent, pas la Direction du V^{me} arrondissement qui a été chargée de ce travail comme elle l'a été de tous ceux que l'installation de la traction électrique a rendus nécessaires sur la ligne même du Gothard. Ils comprennent entre autres la construction de gares, le renforcement ou le remplacement de ponts métalliques, les lignes de contact, les câbles, etc.

Les experts estiment que cette manière de procéder est judicieuse. Si chaque Direction d'arrondissement voulait exécuter la construction des usines de son rayon, il fau-

draît que chaque arrondissement créât une organisation spéciale à cet effet, ce qui, de toute évidence, compliquerait les rouages. La construction des usines peut fort bien être dirigée par un service central. Les experts vont même plus loin et croient pouvoir prétendre que c'est par un service central que la construction de ces usines *doit* être dirigée. C'est seulement ainsi qu'on a la garantie de voir tirer correctement parti pour toutes les usines des expériences faites dans l'une d'elles.

En résumé on peut dire ce qui suit :

Dans son ensemble, l'organisation du service pour l'installation de la traction électrique, en tant que nous avons à nous en occuper ici, est bonne.

Toutefois, le chef du service pour l'installation de la traction électrique et son adjoint devraient être déchargés des nombreux rapports qui, à notre avis, absorbent une grande partie de leur temps et de leur capacité de travail et les empêchent ainsi de se vouer plus entièrement à leur tâche proprement dite. Mais les experts se rendent compte que l'inconvénient signalé est en grande partie la conséquence de l'organisation générale des chemins de fer fédéraux, et qu'il ne pourra être remédié efficacement à cet état de choses que par la réorganisation de l'administration. L'erreur qui consiste à donner deux maîtres à l'ingénieur en chef¹ pour la traction électrique appartient au même ordre de faits.

2^o Entrepreneurs.

Les travaux de la galerie de Ritom, du château d'eau et de la route de service château d'eau-lac ont été adjugés par les chemins de fer fédéraux à la maison Baumann et Stiefenhofer de Wädenswil.

En résumé on peut dire que :

D'une façon générale, l'organisation établie par les entrepreneurs doit être qualifiée de bonne. Le fait que depuis le printemps de 1918 il n'y a plus eu de représentant de l'entreprise sur place n'a, dans le cas particulier, guère eu d'influence sur la qualité du travail, mais à l'avenir on n'en devrait pas moins veiller à la stricte exécution de l'art. 10¹ des « clauses générales »² pour l'adjudication et l'exécution des travaux et fournitures.

B. Conditions géologiques et projets.

De l'énumération des expertises, levés, consultations géologiques, des analyses chimiques et recherches biologiques, il résulte que la Direction générale des chemins de fer fédéraux a fait tout ce qui était possible pour se renseigner au

¹ Administrativement, il fait partie du département des travaux, au chef duquel il est directement subordonné.

Techniquement, il est subordonné :

- a) au département de l'exploitation, c'est-à-dire directement au chef de ce dernier, pour les affaires concernant l'équipement mécanique et électrique des usines et sous-stations, le système, l'exploitation des usines, la vente d'énergie à des tiers, l'achat d'énergie à des tiers, les locomotives électriques et tout ce qui en dépend directement ;
- b) au département des travaux, c'est-à-dire directement au chef de ce dernier, pour toutes les autres affaires.

² qui stipulent que « l'entrepreneur ou son remplaçant doit être présent sur les chantiers pendant toute la durée des travaux et y maintenir l'ordre, confèrera les pouvoirs nécessaires à son remplaçant pour recevoir et exécuter les ordres de la direction des travaux ».

point de vue géologique et hydrobiologique sur les questions entrant en considération, et qu'elle s'est adressée à cet effet à des personnes compétentes.

C'était aux organes exécutifs qu'il appartenait de tirer convenablement parti des résultats ainsi obtenus par la Direction générale. De l'audition des témoins et de l'étude des dossiers, il appert que les organes exécutifs ont eu connaissance des enquêtes qui ont été faites. D'une manière générale, les questions soulevées par les experts géologiques n'ont point été perdues de vue et il en a été tenu compte.

C'est ainsi que le 12 octobre 1912, les chemins de fer fédéraux chargèrent M. le professeur G. Narutowicz de procéder à une expertise des projets d'usines pour le Simplon et le Gothard et, entre autres, du projet concernant l'usine de Ritom. Dans son rapport, fourni le 20 février 1914, M. le professeur Narutowicz expose ce qui suit :

« Je dois me déclarer entièrement partisan du tracé de galerie prévu dans le projet. Comme motifs à l'appui, il indique brièvement ceux qui viennent d'être énoncés et poursuit ainsi : Il serait absolument injustifié de s'imposer l'excédent de dépense que le changement de tracé¹ nécessiterait, dans le seul but d'éviter quelques courts espaces de mauvais terrain dolomitique. »

M. le professeur Narutowicz considère les épaisseurs de maçonnerie comme très suffisantes pour les diverses espèces de roche, et dit ensuite : *« Le profil armé circulaire qui a été choisi pour les sections où la roche est mauvaise et dans lesquelles se trouvent des éboulis suffira en tout cas complètement. »*

M. le professeur Narutowicz n'entre pas, lui non plus, dans l'examen des dangers que la pression intérieure peut faire courir dans ce terrain.

L'avis ainsi exprimé par un spécialiste expérimenté en ces matières devait confirmer les organes des chemins de fer fédéraux dans leur opinion. Ajoutons encore que, dans son expertise, M. le professeur Narutowicz se prononce très favorablement sur l'ensemble du projet relatif à l'usine de Ritom.

Avant d'entreprendre les travaux, les chemins de fer fédéraux ont par conséquent consulté, au point de vue technique aussi, des spécialistes autorisés.

En reportant de 32,5 m. plus à l'intérieur de la montagne l'emplacement primitivement prévu du château d'eau, on a également suivi le conseil donné par les géologues de le faire entrer jusque sous le bord intérieur de la petite terrasse rocheuse. Ce déplacement eut lieu après qu'on eut constaté, en creusant la galerie, un fort crevassement de la roche, tel que l'avaient prédit les géologues. Notons qu'il y aurait eu avantage à porter le château d'eau encore plus à l'intérieur de la montagne, mais ce

¹ Les géologues Heim, Arbenz et Staub proposaient, en raison de la mauvaise qualité du terrain, de reporter la galerie à l'est du ruisseau de Foss, mais les organes des Chemins de fer fédéraux constatant que, d'après ce projet, la galerie aurait une longueur double et ne s'exécuterait pas dans des conditions sensiblement meilleures (toujours relativement à la pression extérieure) et que, d'après ledit projet, la conduite tubulaire serait plus chère, plus longue et moins bien située, n'avaient donc aucune raison de préférer au leur ce projet plus coûteux.

déplacement aurait dû être sensiblement plus considérable pour qu'on atteignît une roche un peu meilleure. Comme les géologues l'avaient déjà fait remarquer avec raison et l'avaient indiqué dans le plan de situation de la galerie, la sortie de cette dernière a lieu à un endroit où le terrain est extraordinairement disloqué par suite d'un grand nombre d'anciens tassements qui ont formé de petites terrasses. De même que les géologues, nous pensons qu'un déplacement du château d'eau vers l'ouest ou vers l'est n'aurait pas amélioré la situation, car le caractère du sol est, à distance utile, le même de chaque côté de l'emplacement choisi. *Mais nous croyons devoir faire observer, dès maintenant, qu'un élargissement superficiel des crevasses et, en particulier, de la grande crevasse à l'entrée de la galerie dans la coupole du château d'eau et leur maçonnerie, ainsi que le proposait M. le professeur Dr Arbenz dans son rapport, n'auraient pas été efficaces, nous croyons même que cette mesure aurait été plus nuisible qu'utile.* Les experts n'ont pas pu constater de nouveaux mouvements à la surface, et c'est là un signe que le terrain a jusqu'ici supporté tous les efforts occasionnés par les travaux.

En revanche, les experts considèrent comme absolument nécessaire d'éviter :

1° Toute nouvelle charge du terrain ;

2° Le délavage des crevasses par des infiltrations artificielles.

Ils visent ici l'eau fuyant de la galerie et du château d'eau par suite de défauts de la maçonnerie. Nous envisageons comme possible que des fuites relativement faibles dans la galerie et le château d'eau viennent par accumulation à surcharger le terrain, mais cette éventualité ne paraît pas très probable, car la roche est si crevassée que l'eau doit s'écouler assez rapidement. Les expériences de coloration faites par M. le professeur Dr Arbenz lors des derniers essais de la galerie tendent à confirmer cette opinion. Elles ont démontré que l'eau s'échappant de la galerie apparaît au bout de deux jours et demi déjà dans les sources du val de Canaria. En outre, de l'eau s'échappant de la galerie lors du dernier essai de remplissage (42 m. de pression d'eau) a jailli en sources au-dessus d'Atlanca, à une altitude de 50 m. inférieure à celle de la galerie, et il y a lieu de supposer que l'eau s'échappant de la galerie dans cette direction continuera à se frayer le même chemin. Quelques-unes de ces sources ont provoqué l'éboulement que l'on sait.

Mais ce qui pourrait être dangereux, c'est que l'eau provenant du tunnel délave les fentes dans la roche si crevassée de l'emplacement du château d'eau et de ses abords. *C'est pourquoi les experts estiment qu'à l'avenir il faudra éviter toutes les fuites avec grand soin.*

Quant à la recommandation faite dans le rapport géologique de reporter plus à l'est la prise d'eau du lac, il y a été donné suite.

Ce qui, au point de vue géologique, a certainement été une faute, c'est que pendant la construction de la galerie, on n'ait plus fait appel au concours des géologues. Pour

la roche réellement excavée, il n'existe pas de profil géologique en long de la main d'un spécialiste. Tout ce que nous savons de l'intérieur de la galerie consiste en notes prises par des ingénieurs et des surveillants. Le fait que le long de la route château d'eau-lac on trouve de la roche saine ne change rien à cette constatation.

De plus, les experts ont l'impression que, surtout étant données les conditions du terrain sur l'emplacement du château d'eau et la très forte inclinaison de la pente descendant dans la vallée, la direction locale des travaux et l'adjoint à l'ingénieur en chef n'ont pas assez tenu compte des nombreux avertissements que renferme le rapport géologique au sujet des fentes de la roche. Ce qui n'avait aucune importance dans d'autres usines doit, dans le cas qui nous occupe, jouer un rôle néfaste en raison des conditions topographiques et géologiques.

Les spécialistes, en l'espèce les géologues, voient leur attention attirée par quantité de circonstances pour l'étude desquelles l'ingénieur qui dirige les travaux et doit s'occuper de tout un ensemble de questions même médicales, juridiques et commerciales, n'a ni le temps ni la tranquillité d'esprit nécessaires. Dans des travaux de ce genre, une collaboration intime des géologues et des ingénieurs est absolument indispensable.

Il n'est pas impossible que le problème du rapport existant entre la nature de la roche et la pression intérieure ait été soulevé, si cette collaboration avait eu lieu. Les experts ne croient, il est vrai, pas devoir attacher trop d'importance à ce fait, dans le cas particulier, mais ils jugent utile de le relever pour qu'il en soit tenu compte quand on se trouvera en présence de tâches semblables.

C. Plans et désignation des types.

Il n'y a rien de spécial à signaler en ce qui concerne les plans.

M. le professeur Narutowicz les a qualifiés de bien exécutés. Les experts ne veulent s'arrêter un instant qu'au plan N° 223¹, Usine de Ritom, Profils de la galerie principale. Les profils-types qui s'y trouvent ne sont calculés que pour la *pression extérieure*, comme le montre déjà leur désignation :

« Profils normaux en terrain n'exerçant pas de pression » et « Profils renforcés en terrain exerçant une pression ».

Dans tout l'établissement du projet, on n'a pas tenu compte de la pression intérieure, et, d'après les dossiers mis à notre disposition ainsi que d'après les témoignages recueillis, il n'a été fait aucun calcul quelconque à cet égard.

Les règlements et le « Cahier des charges spécial pour l'exécution des tunnels d'adduction d'eau » ne contiennent pas non plus de prescriptions particulières sur les galeries sous pression. Seul l'art. 8, 1^{er} alinéa prévoit que « pour éviter des fissures dans la maçonnerie et l'enduit,

¹ Voir *Bulletin technique* 1916, page 245, où sont reproduits les 4 types de profils prévus.

sous l'influence de la pression intérieure de l'eau contre les parties qui ne seraient pas maçonnées en plein, les vides entre la maçonnerie et le terrain doivent être comblés à l'aide d'injections de ciment ».

En établissant ces prescriptions on était évidemment parti de l'idée que :

1^o L'épaisseur des profils, même quand il s'agit de galerie sous pression, ne doit être calculée que pour la pression extérieure ;

2^o Pour la pression intérieure, il suffit qu'il n'y ait pas de cavités entre le terrain et la maçonnerie, c'est-à-dire que la maçonnerie appuie en plein sur le terrain et qu'ainsi le profil adopté est indifférent quelle que soit la pression intérieure. On a admis que si la maçonnerie s'appliquait parfaitement à la roche, elle ne pouvait céder, ni, par conséquent, se fissurer.

Le « Cahier des charges spécial pour l'exécution des tunnels d'adduction d'eau » attribue la détermination des profils à la direction locale des travaux.

Au § 4 de ce règlement il est dit :

« Mais cette désignation préalable ne comporte nullement l'obligation d'appliquer ces types tels quels en cours d'exécution ; la direction des travaux se réserve, au contraire, de prescrire plus tard... les types... et de déterminer en quels points les dimensions des profils prévus doivent être modifiés ». C'était donc à la direction locale des travaux de désigner les profils et, d'après ce § 4, alinéa 1^{er}, elle avait non seulement le droit de choisir les types mais encore d'en exiger d'autres que ceux de la feuille de profils-types.

Il est intéressant de savoir comment la direction locale des travaux s'explique à ce sujet et ce que déclare l'adjoint à l'ingénieur en chef pour la traction électrique, chargé de la haute surveillance. Tous deux exposent avoir considéré comme facteur principal la liaison intime de la maçonnerie et de la roche et estimé que ce résultat serait suffisamment assuré par une bonne maçonnerie bien appliquée contre la roche et par des injections ultérieures de ciment. Ils supposaient que si la maçonnerie était bien exécutée, on pouvait sans crainte lui faire subir une pression de 4,5 kg. Dans l'impossibilité de céder, la maçonnerie ne devait pas avoir à souffrir. Déjà lors de l'établissement du projet, cette manière de voir avait fait règle. L'ingénieur chargé de la direction des travaux a encore ajouté expressément qu'il n'aurait envisagé le type IV¹ comme nécessaire que si la pression extérieure avait paru l'exiger.

Ces deux ingénieurs n'ont donc attaché aucune importance à la pression intérieure de 4,5 atmosphères croyant que la résistance de la galerie dépendait uniquement de la bonne exécution des travaux dans le sens indiqué plus haut.

Il est intéressant aussi de voir ce que l'expert technique, M. le professeur Narutowicz pense de cette question. Ainsi que nous l'avons déjà vu, il ne parle pas dans son rapport des dangers que pourrait entraîner la pression

intérieure. A la page 54, il écrit : « Les épaisseurs de maçonnerie sont également très suffisantes pour les diverses espèces de roche. En tout cas, le profil circulaire armé qui a été choisi pour les mauvaises sections de rocher et d'éboulis suffira complètement. »

Cette autorité en la matière semble donc être aussi d'avis que la pression intérieure n'a pas très grande importance en ce qui concerne la galerie de Ritom.

Pour être complets, nous tenons à faire remarquer que le profil circulaire armé ne comprend qu'une simple armature intérieure qui n'aurait certainement jamais été capable de résister à toute la pression intérieure de 45 m. de colonne d'eau. Ce profil n'a d'ailleurs point été exécuté.

Aujourd'hui, nous pouvons affirmer, qu'à l'époque où la galerie sous pression de l'usine de Ritom a été établie, les spécialistes n'attachaient pas assez d'importance à la pression intérieure en général et, tout particulièrement, à la pression intérieure dans un terrain défavorable.

On considérait la roche comme une enveloppe rigide et on visait uniquement à établir une maçonnerie (béton) aussi bonne, aussi irréprochable que possible.

Un béton compact protégé par un enduit étanche devait empêcher l'eau de s'échapper. En liant parfaitement la maçonnerie à la roche, on croyait pouvoir empêcher absolument cette maçonnerie de céder, d'autant plus qu'on espérait pouvoir remplir à l'aide d'injections de ciment tous les vides, même les plus petits. Chacun était persuadé qu'il était capable de faire sous ce rapport de meilleur ouvrage qu'on n'en avait fait jusqu'ici. Sous l'empire de cette conviction, on a oublié d'envisager toutes les faces du problème et notamment de le développer au point de vue théorique.

(A suivre.)

Le canal alsacien entre Bâle et Strasbourg

par MAURICE KÄEHLIN, ingénieur à Bâle.

La *Schweizerische Wasserwirtschaft* a publié dans son N° du 10/25 janvier 1921 un article d'un « Fachmann » présentant de nombreuses objections contre le canal. Nous nous proposons de prendre un à un les arguments de l'auteur de l'article et de montrer qu'ils ne reposent pour la plupart sur aucune base sérieuse au point de vue suisse. Nous insistons sur le point de vue suisse, car il semble que l'auteur ait eu surtout en vue la défense d'intérêts étrangers à notre pays.

Nous remarquons en premier lieu que l'auteur ne parle que du Traité de Vienne semblant oublier qu'il existe un Traité de Versailles plus récent en date et qui règle également la question du Rhin.

L'auteur estime que le projet n'est même pas encore un avant-projet et qu'il n'est pas étudié. Nous regrettons de le détromper et de devoir lui dire que le projet a été étudié très à fond. Il aurait pu trouver beaucoup de renseignements qu'il paraît ignorer sur le canal dans l'intéressant article publié par le prof. Hilgart dans les N°s 5

¹ Profil circulaire armé.