Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 47 (1921)
Heft: 23

Artikel: A propos de Ritom
Autor: Rothpletz, F. / Schmidhauser, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-36616

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: 13.07.2025

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

A propos de Ritom.

(Traduction de la réponse de M. Rothpletz à l'article de M. Schmidhauser).[1]

Le soussigné n'avait pas l'intention tout d'abord de répondre à l'article du *Bulletin technique de la Suisse romande* No 12, du 11 juin 1921, en premier lieu parce qu'il sait que l'auteur, pour des raisons qui lui tiennent de très près, a une certaine animosité contre les C F F, et que c'est les C F F qu'il vise et non pas le soussigné si l'on fait abstraction de quelques attaques de peu d'importance dirigées contre lui.

En second lieu parce que les attaques de M. Schmidhauser sont tellement inexactes et tendancieuses que je supposais que la rectification d'un article aussi peu sérieux n'était pas nécessaire pour des praticiens pouvant en constater eux-mêmes les points faibles.

Mais après avoir constaté que les attaques de M. Schmidhauser étaient reproduites dans la presse quotidienne (*Neue Schweizer Zeitung*, du 6 septembre 1921, article signé H. D.) j'estime qu'une réponse rectificative de ma part est nécessaire quoique je sois habitué à combattre des gens à visière découverte et qui ne se cachent pas derrière des initiales comme c'est le cas dans le journal cité.

Au fait :

Je suis persuadé qu'un grand nombre de techniciens attendaient de la commission d'experts une condamnation des C F F. Je savais cela déjà avant de commencer les travaux d'expertise. Pour ne pas être accusée de partialité soit dans un sens soit dans l'autre, le devoir de la commission dans la question posée était d'agir avec le plus grand soin.

Une condamnation des organes des C F F aurait certainement procuré à la commission beaucoup d'amis. Celle-ci en était persuadée dès le début de l'enquête. Si malgré cela elle n'a pas abouti à une condamnation, on peut justement en déduire qu'elle a travaillé sérieusement et avec la plus absolue objectivité. Certainement, le rapport de la commission peut avoir des points faibles comme toute œuvre humaine.

Examinons par exemple un travail exécuté par M. l'ingénieur Schmidhauser. Il ne me serait jamais venu à l'idée d'attaquer M. Schmidhauser parce qu'il n'a pas réussi la percée du lac d'Arnon du premier coup !

N'aurait-on pas pu conclure du fait qu'au lac Ritom cette percée s'est effectuée parfaitement bien, qu'au lac d'Arnon la non-réussite de la première percée était imputable à la direction des travaux, c'est-à-dire à M. Schmidhauser ?

Ou bien la phrase finale de son article ne trouverait-elle pas ici son application justement : « Voyons, vous viendrait-il à l'idée de commander une tourte chez un charron et une roue de brouette chez un confiseur ? Non, car il y aurait cent à parier contre un que toutes deux en sortiraient mal rondes. »

Aucun des membres de la commission, pas même le soussigné, pris à partie personnellement, page 134 du *Bulletin Technique*, ne prendra pour lui la phrase en question.

M. l'ingénieur Schmidhauser mélange dans son article la

[1] Voir le texte allemand à la page 248 du *Bulletin technique* 1921.

LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DE LA VILLE DE LAUSANNE

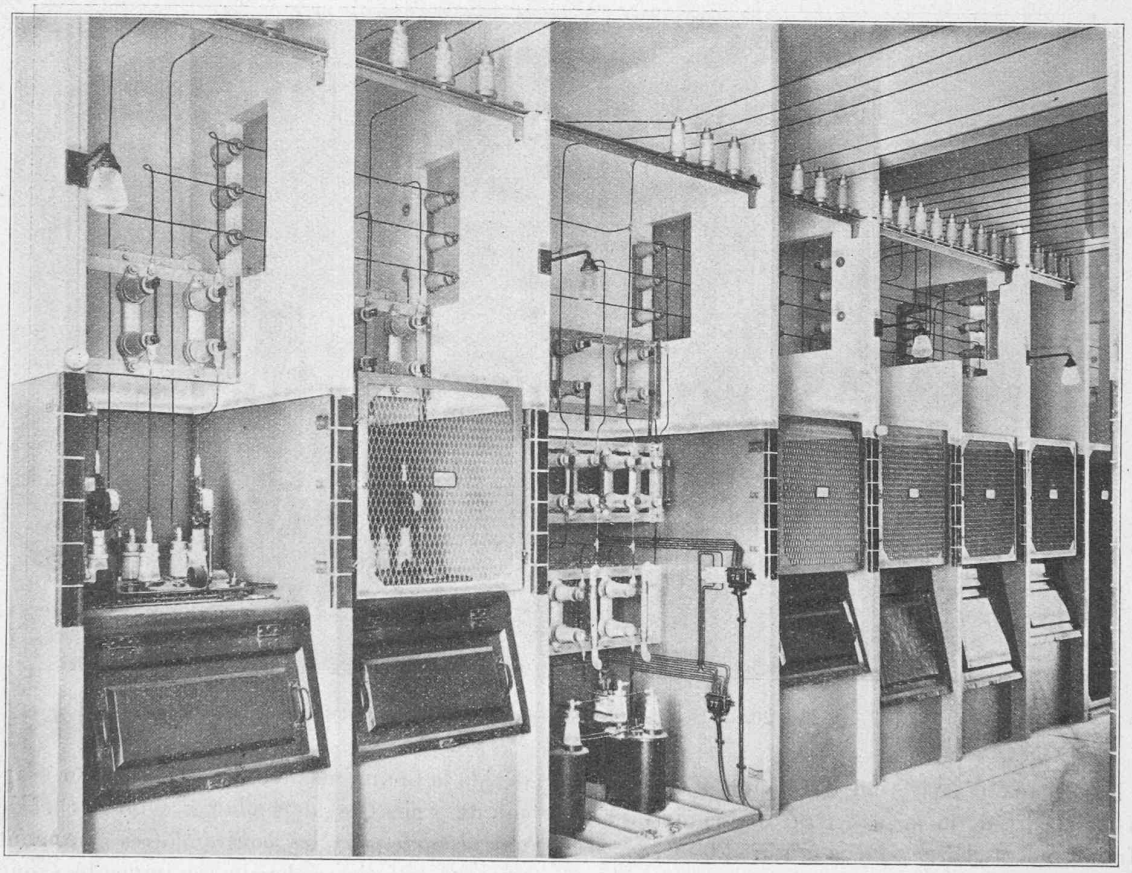

Fig. 21. — Appareillage des départs à 6000 volts.

pression dans les galeries d'amenée avec la hauteur de chute totale des installations hydrauliques, probablement dans le but de produire plus d'impression sur les laïques.

Les galeries d'amenée sous pression ne supportent au maximum qu'une pression d'eau qui correspond à la différence de niveau entre la cote du fond de la chambre de mise en charge, c'est-à-dire à l'endroit où l'eau pénètre dans la conduite métallique, et la cote maximum de retenue du lac d'accumulation ou de la cheminée d'équilibre. Cette pression varie avec la hauteur de remplissage du lac d'accumulation, qui est elle-même dépendante des quantités d'eau à l'arrivée et à la sortie. La galerie se trouve donc sous une pression qui peut varier de zéro jusqu'à la valeur ci-dessus indiquée.

Dans certains cas, la conduite métallique est remplacée par un puits vertical (Bodio) ou par un puits incliné (Etschwerk). Dans ces cas la pression en chaque point du puits correspond à la différence de hauteur entre ce point considéré, et le plan d'eau du lac d'accumulation.

Les pressions indiquées par M. Schmidhauser de 200 et 320 mètres s'appliquent à des cas pareils, et les chiffres de 200 et 320 mètres indiquent la pression maximum aux points les plus bas. Je reviendrai plus loin sur cette question.

Qu'est-ce que la citation des usines de Vouvry, Fully, etc. dans lesquelles les très fortes pressions résultant des hautes chutes (1600 mètres à Fully) agissent dans les conduites métalliques libres, peut bien avoir à faire avec la question des galeries d'amenée sous pression ?

Le problème que la commission a traité dans son rapport concerne les *galeries d'amenée sous pression*, et non pas les *conduites sous pression* dans le sens étroit de l'expression. Ce problème intéresse donc, en dehors des hydrauliciens, encore les constructeurs de tunnels et de galeries.

Le seul fait de citer séparément quelques phrases du rapport comprenant 56 pages prouve l'esprit tendancieux de l'auteur.

Les experts affirment dans leur rapport (page 18, rédaction allemande) qu'au moment de l'exécution de la galerie du Ritom, les spécialistes n'attachaient pas une importance suffisante à l'effet de la pression intérieure qui se transmet à la montagne. Ceci est encore précisé plus loin comme suit : « On considérait la montagne comme une enveloppe rigide et l'on cherchait le salut simplement dans une exécution aussi parfaite que possible du revêtement. »

Jusqu'à ce moment-là on s'astreignait donc à exécuter le revêtement en béton aussi imperméable que possible et muni d'un enduit étanche afin d'empêcher les fuites à travers le revêtement. On admettait que grâce à une application parfaite du revêtement contre la roche (avec injections de ciment) toute déformation du revêtement se trouvait empêchée. Beaucoup avaient l'impression que jusqu'alors ces sortes de travaux n'avaient pas été exécutés avec suffisamment de soins et qu'ils arriveraient au but simplement par un travail plus soigné et plus exact.

C'est à ces considérations que s'applique la seconde partie de la phrase extraite du rapport : « En se basant sur ces hypothèses on négligea d'examiner le problème de plus près, et en particulier de l'analyser théoriquement. »

LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DE LA VILLE DE LAUSANNE

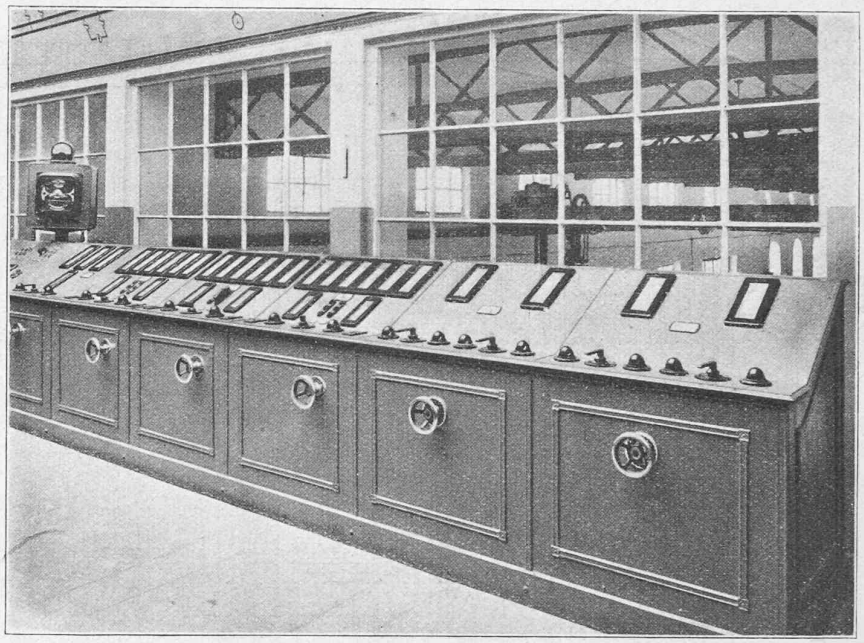

Fig. 22. — Pupitres de commande.

Cette manière de voir est celle du soussigné, et il y tient ferme. Jusqu'au moment des accidents survenus à la galerie du Ritom, il n'existait pas à sa connaissance de galeries d'amenée sous pression dans lesquelles il ne se soit pas produit des fissures plus ou moins importantes dans le revêtement ; sauf, bien entendu dans les galeries pourvues d'un revêtement métallique ou en béton armé suffisamment résistant pour résister, à lui seul à la pression intérieure.

Dans cette dernière catégorie se trouvent notamment les galeries citées par M. Schmidhauser, d'après la publication de M. H. Chenaud, ingénieur (*Bulletin Technique* du 17 septembre 1910) avec des pressions de 5,5, 20 et 32 atmosphères.

En ce qui concerne la galerie de 5,5 atmosphères de pression, il s'agit de celle de 2700 mètres de longueur des forces motrices de la Drance à Martigny, qui traverse le Mont-Chemin. Cette galerie traverse entièrement des schistes cristallins compacts et n'a pas été pourvue d'un revêtement. La roche s'est montrée suffisamment étanche. Lorsque des galeries peuvent se passer de revêtement, il est évident que cette solution est la plus avantageuse, et les constructeurs de la galerie en question n'ont par conséquent pas eu à étudier de plus près le problème des galeries sous pression avec revêtement.

La galerie de 20 atmosphères de pression est une galerie qui se trouve près de Meiringen, et que l'on pensait pouvoir tout d'abord laisser non revêtue. A la mise en charge, cette galerie perdait tellement qu'il fut impossible de la remplir, et que l'on dut après coup placer une conduite en fonte à l'intérieur de celle-ci. Cette solution ne permet donc pas mieux d'étudier le problème des revêtements des galeries sous pression.

Le troisième cas cité (32 atmosphères de pression) se rapporte à un puits de l'usine Schnalthal (Tyrol), mais cette galerie sous pression est *entièrement* revêtue à l'intérieur par un tube métallique qui est assez résistant pour tenir à lui tout seul la pression intérieure.

Au lieu d'une conduite sous pression à l'air libre, il s'agit donc ici d'une conduite entièrement noyée dans la maçonnerie.

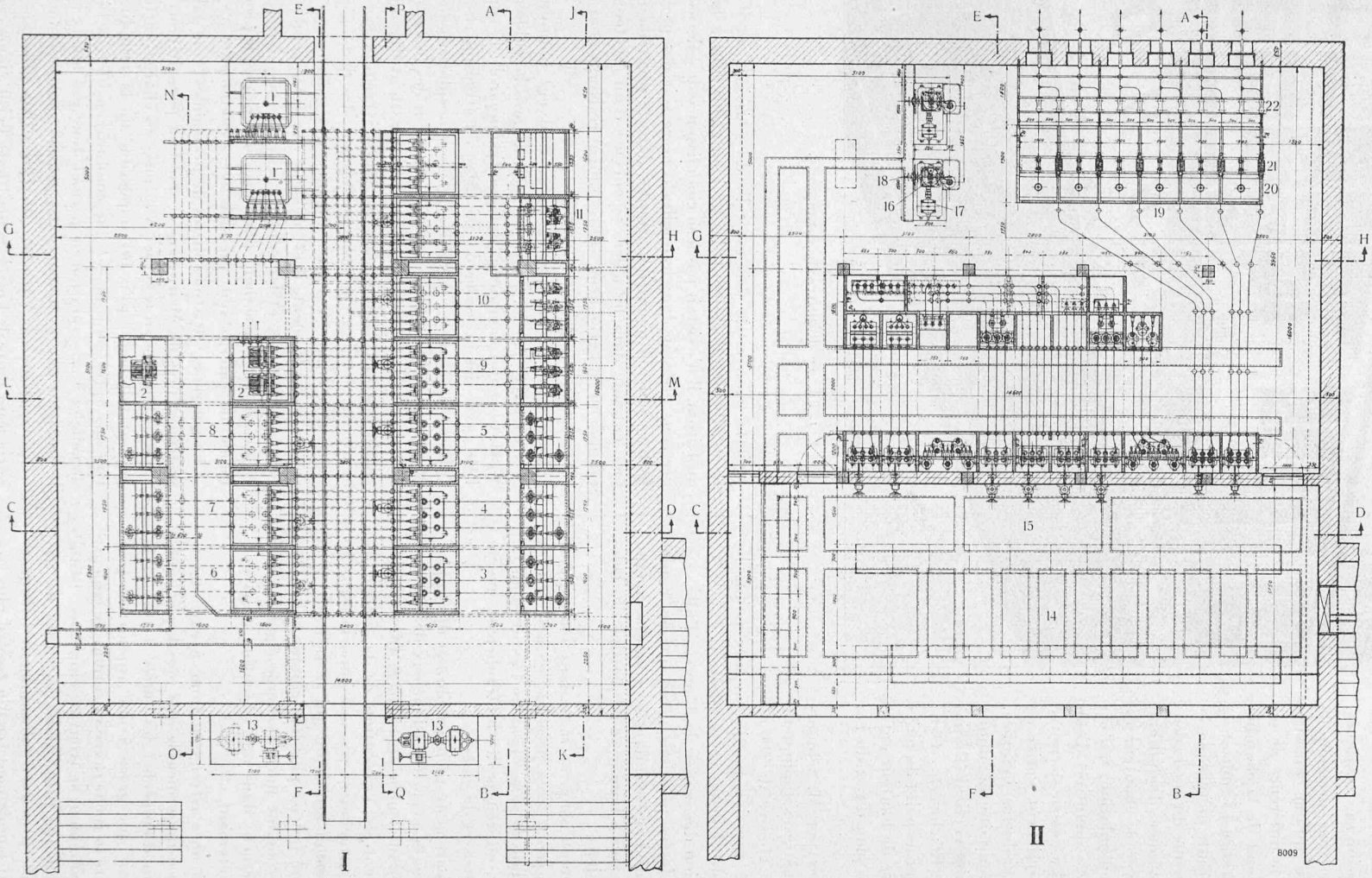

Fig. 23. — Tableau 6500 volts. Plan

Légende:

1. Régulateurs d'induction
2. Bobines de self
3 Alternateur 1
4. » 2
5. » 3
6. » 4 (futur)
7. Alternateur 5 (futur)
8. » 6 »
9. Transformateur 1
10. » 2 (futur)
11. Transformateurs de tension
12. » de courant
13. Groupes-convertisseurs
14. Pupitres de manœuvre des génératrices et des transformateurs
15. Tableau de distribution
16. Servomoteur à huile } pour 1
17. Commande pour moteur } pour 1
18. Commande à main (pour 1)
19. Cellules des parafoudres
20. Résistance à gravier et glycérine
21. Bobines de self
22. Sectionneurs

Cliché Brown, Boveri & Cie

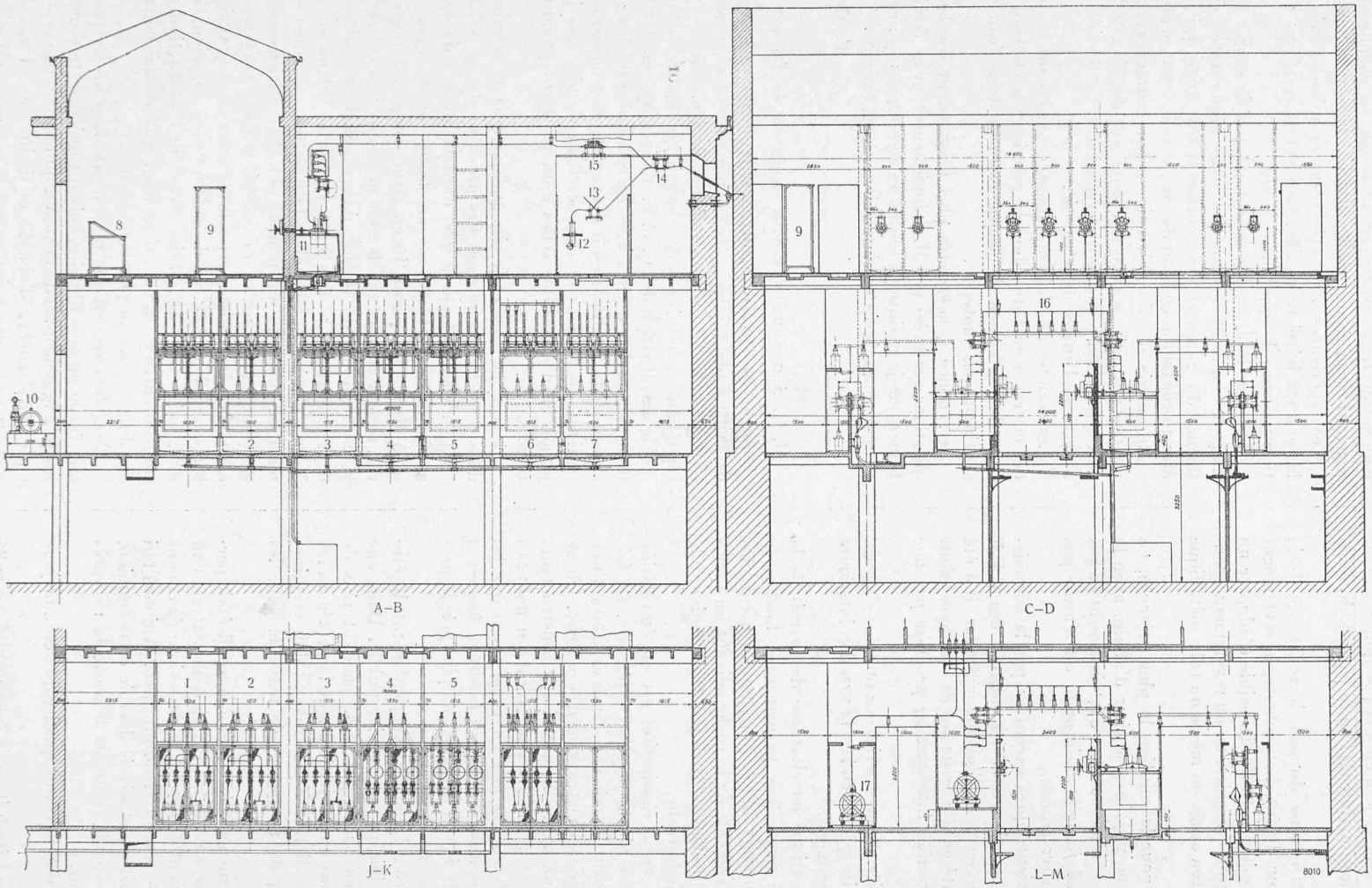

Fig. 24. — Tableau 6500 volts. Elévation I.

Légende : 1. Alternateur 1. — 2. Alternateur 2. — 3. Alternateur 3. — 4. Transformateur 1. — 5. Transformateur 2 (futur). — 6. Couplage des barres 6500 V. — 7. 1 Départ 6500 V (futur). — 8. Pupitres de manœuvre. — 9. Tableau de distribution. — 10. Groupe-convertisseur. — 11. Interrupteurs à huile pour les lignes de St-Maurice. — 12. Résistances à sable et glycérine. — 13. Parafoudres à cornes. — 14. Sectionneurs. — 15. Bobines de self. — 16. Barres collectrices 5500-6500 V. — 17. Bobines de self.

Cliché Brown, Boveri & Cie

Dans tous les exemples cités il n'est donc pas question de galeries d'amenée sous pression munies de revêtement telles que les ont étudiées les experts dans leur rapport.

Il est évident que partout où l'on en a la possibilité, et tout d'abord à cause de la question du coût, on se passera du revêtement.

Mais partout où, soit à cause du peu de résistance de la roche, soit à cause de son défaut d'étanchéité, le revêtement s'impose, on aura à examiner s'il est admissible d'adopter un simple revêtement en béton ordinaire, ou un revêtement beaucoup plus coûteux en béton armé, ou même un tube métallique intérieur.

Avant de se décider pour la solution la plus coûteuse, on devra examiner si l'on ne peut pas se tirer d'affaire avec la solution qui la précède comme coût, *et c'est justement là que réside le problème auquel jusqu'à maintenant on n'avait pas attaché une importance assez grande.*

Ensuite des études scientifiques exécutées par la commission d'experts en collaboration avec les organes des C F F (M. l'ingénieur Eggenberger et M. l'ingénieur Studer) il a été indiscutablement constaté *qu'il n'existe pas de montagnes dans lesquelles l'effet de la pression intérieure ne produise pas une dilatation de la galerie.*

Il s'en suit que la section d'une galerie sous pression s'agrandit d'une certaine quantité qui dépend de la pression intérieure et de la nature de la montagne.

Cette déformation plastique ou élastique des parois de la galerie n'est en grande partie pas permanente ; lorsque la pression diminue il se produit une contraction des parois. En d'autres termes les mouvements de la roche suivent les variations de la pression naturellement plus ou moins suivant la nature et la résistance de la roche.

La galerie respire et cette respiration est en corrélation directe avec les variations de la pression intérieure. Ce fait seul qui jusqu'à maintenant n'était pas connu doit être d'une importance capitale pour la construction des galeries. On ne peut faire un crime ni aux hydrauliciens ni aux constructeurs de galeries d'avoir ignoré ce phénomène. C'est un nouveau point de vue qui ne pouvait pas être envisagé avant que les dommages à l'une des nombreuses galeries fissurées, fussent si importants que l'on se décidât à examiner de plus près le problème et à rechercher la cause des fissures.

Par malheur il s'est trouvé que ces expériences ont dû être faites pour la première fois par un service public. Dans une entreprise privée on n'en aurait pas parlé pendant plus de huit jours. Nous rappelons à ce sujet le cas de la percée du lac d'Arnon dans laquelle le directeur des travaux doit certainement s'estimer heureux de ne pas avoir travaillé pour les C F F !

Je maintiens donc fermement mon opinion, qu'il était permis à la direction des travaux du lac Ritom d'admettre qu'au moyen d'un bon revêtement de béton et d'injections de ciment soigneusement faites, le travail tiendrait bien. Aujourd'hui naturellement il ne serait plus permis d'avoir cette opinion. C'est bien ici que l'on pourrait appliquer le proverbe : « Après coup chacun est prudent. »

Dans toute cette question la bonne qualité du béton ne joue aucun rôle.

Avant la percée du lac Ritom il avait été constaté (page 34 du rapport des experts) que l'eau du lac renfermait une assez grande quantité de gypse ($Ca\ SO^4$) et que dans les couches inférieures il y avait de l'hydrogène sulfuré en quantités assez importantes. En vidant le lac jusqu'au point de la percée, l'eau contenant du gypse, accumulée pendant plusieurs siècles, a été éloignée.

Pour déterminer s'il se reforme de l'eau gypseuse et avec quelle rapidité, il a été fait de nouvelles expériences. On a voulu savoir si la présence du gypse ne provenait que des couches de trias qui traversent le lac, ou en plus de sources pouvant contenir du gypse.

Ces expériences n'ont été exécutées qu'une année après que le lac a été laissé tranquille. Le résultat a été que l'on n'a pu trouver trace de gypse dans le lac.

Il est par là démontré qu'il n'y a pas de source renfermant du gypse ou du moins pas de sources importantes, et que l'influence du gypse et des couches d'anhydrite qui pourraient être en contact avec l'eau du lac est tout à fait négligeable.

La galerie n'a donc jamais été en contact avec de l'eau gypseuse et ne le sera jamais parce que depuis que l'usine est en exploitation le lac sera souvent vidé. Cette vidange se fait à partir de l'entrée de la galerie.

Les craintes de M. Schmidhauser concernant la destruction des ouvrages en béton dans la galerie et le château d'eau par suite de l'influence du gypse contenu dans l'eau du lac ne sont donc pas motivées.

Je renonce à m'étendre plus longuement sur les diverses questions soulevées par M. Schmidhauser, et ne ferai que confirmer que je maintiens toutes les hypothèses qui ont été présentées et motivées en détail dans notre rapport.

F. Rothpletz.

M. P. Schmidhauser *nous a adressé la réplique suivante :*

Mon article sur les travaux de Ritom nous a valu une réponse de M. Rothpletz. Dans cette réponse, il débute par une insinuation personnelle, mesquine et non fondée. Quelle que soit ma répugnance à le suivre sur ce terrain, je me dois de lui répondre que la disculpation des C. F. F. n'a pu que consolider les nombreuses attaches qu'il a avec cette administration ; car il est de notoriété publique qu'il a avec elle des relations administratives, techniques et commerciales, tandis que je n'en ai jamais eu d'autres que celles d'un voyageur payant au plein tarif.

Si dans ma critique je cite quelques cas de galeries ou puits dans le rocher supportant des pressions de 5,5 à 32 kg. /cm², c'est précisément parce que, dans la plupart de ces cas, des expériences coûteuses ont été faites, et qu'il me paraissait qu'à Ritom on aurait dû en tenir compte. J'aurais pu citer une série d'autres tunnels sous pression, déjà en service avant la construction de Ritom, dans lesquels les premiers essais déjà donnèrent de très bons résultats. Quant au tunnel du Mont-Chemin, M. Rothpletz fait erreur : ce tunnel est revêtu, mais les types de revêtement ont été judicieusement choisis et appliqués suivant ce qu'exigeait la roche traversée, laquelle était bien des schistes cristallins, mais où il y avait de nombreuses failles. Les cas de galeries sous pression, armées ou non, qui étaient en service avant la construction de Ritom sont nombreux. Je maintiens donc que Ritom ne constituait absolument pas un problème nouveau.

L'établissement d'une prise d'eau dans un lac peut être ou très facile ou très difficile, suivant qu'on reste dans le rocher jusqu'à la rencontre de l'eau, ou qu'on ait à traverser des couches non étanches d'éboulis et d'alluvions. Dans ce dernier cas, on peut néanmoins opérer sans aucun tâtonnement, en faisant des dépenses considérables, ainsi que cela a été fait à l'Adamello et ailleurs ; mais on peut aussi travailler beaucoup plus économiquement en employant le procédé appliqué à Arnon. Ce procédé consiste à tâter le terrain, au moyen d'un certain nombre de galeries, jusqu'à ce qu'on ait trouvé le point favorable. Il s'est agi en somme d'une série de sondages hori-

zontaux, fort délicats, mais qui, cependant, ont été couronnés d'un plein succès puisqu'on est arrivé à une solution parfaite avec des dépenses relativement minimes.

Au sujet de la trouvaille de la « galerie qui respire », elle est sans doute là pour impressionner les « laïques ». Jamais un véritable ingénieur, appliquant ses connaissances, n'a fait abstraction du fait que n'importe quelle matière est toujours plus ou moins compressible. Tout ce qu'il y a de nouveau dans cette trouvaille, ce sont les mots qui l'expriment ; elle ne peut en aucune façon expliquer le phénomène déplorable qui s'est manifesté à Ritom.

M. Rothpletz affirme que, dans toute cette question la bonne qualité du béton ne joue aucun rôle ! Cette découverte, si elle était vraie, impressionnerait non seulement les « laïques » mais tout particulièrement les ingénieurs.

Venons-en maintenant à la question de la teneur de l'eau en gypse. M. Rothpletz ne réagit pas contre mon allégation que les bétons risquent d'être désagrégés par les eaux souterraines gypseuses qui sourdent dans le tunnel. Il affirme, par contre, que le danger le plus grand que je mentionnais est écarté, l'eau du lac n'accusant plus aucune teneur en gypse. Et il ajoute « la galerie n'a donc jamais été en contact avec l'eau gypseuse du lac, et ne le sera jamais ».

Il serait à souhaiter que ce fût vrai, mais il y a là contradiction avec les affirmations du « Rapport des experts Rothpletz, Rohn et Buchi ». Je ne veux pas abuser de la patience des lecteurs du *Bulletin technique* et crois devoir ne pas m'étendre davantage sur ce point.

M. Rothpletz est bien bon de donner sa petite leçon d'hydraulique ; sur ce point, il sera sans doute d'accord avec moi qu'elle ne contient rien de nouveau.

Pourquoi m'estimerais-je heureux de n'avoir pas exécuté l'œuvre d'Arnon pour les C. F. F. ? Mystère ! Je n'en suis ni heureux, ni malheureux. Le malheur est que les travaux de Ritom n'ont pas donné des résultats aussi satisfaisants que ceux d'Arnon.

Je maintiens qu'il est fort regrettable qu'on n'ait pas tenu compte des avis des spécialistes dont les rapports sont au dossier, ni des enseignements donnés par l'exécution de travaux analogues antérieurs.

Les blancs ont joué les premiers, et je pense qu'on admettra qu'ils font mat en deux coups.

Les Diablerets, octobre 1921.

P. Schmidhauser.

BIBLIOGRAPHIE

Traité de Mélallurgie générale, par *Léon Guillet*, professeur à l'Ecole centrale et au Conservatoire des Arts et Métiers. 1 volume grand in-8° de 541 pages avec 335 figures. (Encyclopédie minière et métallurgique. Grandes Encyclopédies industrielles J.-B. Baillière.) Broché : 40 fr. ; relié souple : 50 fr. (Librairie J.-B. Baillière, 19, rue Hautefeuille, Paris).

I. *Les opérations métallurgiques. Leur classification.* — II. *Première opération métallurgique : grillage ou calcination.* — III. *Rapport entre les opérations de grillage et de calcination et les lois de la physico-chimie.* — IV. *Les appareils de grillage et de calcination.* — V. *Deuxième opération métallurgique : fusion.* — VI. *Rapports entre les opérations de fusion et les lois de la physico-chimie.* — VII. *Les appareils de fusion.* — VIII. *Troisième opération métallurgique : l'ébullition.* — IX. *Rapport entre les opérations d'ébullition et les lois de la physico-chimie.* — X. *Les appareils d'ébullition.* — XI. *Quatrième opération métallurgique : l'électro-métallurgie par voie sèche.* — XII. *Les fours électriques.* — XIII. *Cinquième et sixième opérations métallurgiques : les opérations de voie humide et l'amalgamation.* — XIV. *Les appareils de voie humide.* — XV. *Septième opération métallurgique : l'électrolyse de solution.* — XVI. *Rapport entre les opérations de voie humide, l'électrolyse et les lois de la physico-chimie.* — XVII. *Les appareils d'électrolyse par voie humide.* — XVIII. *Les méthodes de traitement des différents minerais.* — XIX. *La coulée des produits métallurgiques. Les lingots et leurs défauts.* XX. — *Laitiers et scories.* — XXI. *Utilisation des gaz et des poussières.*

Cet ouvrage traitant de la métallurgie générale, c'est-à-dire des opérations qui conduisent à l'extraction d'un métal de son minerai et à son affinage, est le premier de l'*Encyclopédie minière et métallurgique* dont MM. J.-B. Baillière et fils ont confié la direction à l'éminent métallurgiste et métallographe qu'est M. L. Guillet.

Cette Encyclopédie ne constitue elle-même qu'une partie de l'œuvre si remarquable qui comporte quatre collections comprenant ensemble près de 200 volumes rédigés par les spécialistes les mieux qualifiés. Nous avons déjà signalé les deux ouvrages de M. D. Eydoux qui font partie de l'*Encyclopédie du Génie civil et des Travaux publics* dirigée par M. *A. Mesnager*, l'illustre ingénieur français, auteur de travaux célèbres sur la Résistance des matériaux.

Manuel du forgeron par *Gabriel Lagardelle*, Chef de l'atelier des Forges à l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne 1921. 1 vol. in-18° de 420 pages avec 253 figures cartonné. 10 fr. J.-B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille, Paris.

Donner à chacun (apprenti, ouvrier, contremaître, employé) le moyen commode, sûr, d'acquérir les *connaissances pratiques*, les *tours de main* qui rendront son travail plus intéressant et plus rémunérateur, cela avec d'abondantes illustrations, sous une forme claire, en peu de mots, grâce à l'enseignement des *spécialistes* les plus autorisés, tel est le but de la *Bibliothèque professionnelle*, dirigée par M. Dhommée, inspecteur général adjoint de l'Enseignement technique.

Voici la Table des Matières du *Manuel du Forgeron :*

Chapitre premier. — *La Forge.*

But. — Forges diverses. — Bâti de forge métallique. — Différentes sortes de tuyères. — Soufflets. — Ventilateurs. — Aspirateurs de fumée. — Accessoires de la forge. Allumage, conduite et entretien du feu. — Position de la pièce à chauffer dans le feu. — Appréciation des différentes températures. — Nature et qualités des combustibles à employer à la forge. Forges portatives.

Chapitre II. — *Le Forgeage* (généralités).

Matières premières employées à la forge : Fer et ses dérivés. Règles de forgeage du fer et des aciers au carbone. Recuit des pièces forgées. — Trempe. — Revenu après la trempe. — Exemples de trempe. — Cémentation. — Différents genres de travaux demandés au forgeron.

Chapitre III. — *L'Outillage.*

Outillage mobile. — Marteaux. — Outils tranchants. — Outils de chassage ; — de perçage ; — de rivetage ; — d'étampage ; — de torsion ; — de gabariage. — Outils servant au maniement des pièces. *Outillage fixe.* — Enclume, accessoires. — Description et emploi. *Outillage de vérification.* — Calibres divers. — Gabarits. — Equerres. — Pied à coulisse. — Niveau. — Fil à plomb. — Marbre. — Trusquin. — Cales en V. — Exemple de montage pour vérification d'une pièce de forge.

Chapitre IV. — *Principales opérations de forgeage.*

Etirage. — Chassage. — Mandrinage. — Perçage. — Coudes et épaulements. — Torsion. — Rivetage. — Emboutissage. — Soudures. — Brasage et soudures diverses. — Principes généraux sur le choix des échantillons, sur l'équivalence des poids ou volumes. — Tenue du forgeron et du frappeur.

Chapitre V. — *Application des principes de forgeage.*

Assouplissement de la main. — Emploi du marteau seul. — Transformation d'une section carrée en section rectangulaire. — Emploi des marteaux pour l'ébauchage et des outils appropriés pour le finissage.

Fabrication des différentes pièces : Prisme à base carrée de