Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 49 (1923)
Heft: 4

Artikel: De la construction de galeries sous pression intérieure
Autor: Maillart, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-38205

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: 16.07.2025

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

49e année 17 février 1923 N° 4

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr 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 : *De la construction de galeries sous pression intérieure*, par R. Maillart, ingénieur (suite). — *Résistances comparatives de l'électro-ciment et du ciment Portland à divers agents*, par le Dr B. Jeanneret, ingénieur-chimiste. — *Concours d'idées pour l'établissement d'un plan d'aménagement de quartier entre Lancy et Onex (Genève)* suite. — *Communiqué du Service fédéral des Eaux*. — Divers : *La photo-élasticimétrie*. — *Le vieillissement des bois*. — Bibliographie. — Sociétés : *Conférences pour Géomètres, à Lausanne*. — *Société technique fribourgeoise*. — Carnet des concours d'architecture. — *Service de placement*.

De la construction de galeries sous pression intérieure

par R. MAILLART, ingénieur.

II [1]

Afin d'envisager les effets de la *pression intérieure* exercée par l'eau, il y a lieu de distinguer plusieurs cas.

Lorsqu'il s'agit d'une roche *imperméable et résistante* (Phase I), sa hauteur au-dessus de la galerie étant suffisante pour équilibrer la pression de l'eau agissant de bas en haut, il semble que l'on puisse, sans aucun inconvénient, se passer de revêtement. Tel n'est pourtant pas le cas. D'une part, les inégalités et aspérités du profil brut entraînent inévitablement des pertes de charge appréciables ; de l'autre, le pourtour du profil étant soumis à des efforts très variables de traction, en raison même des variations de la pression et de la température de l'eau, l'action répétée de ces forces provoquera une désagrégation lente de la roche, dont les débris, entraînés jusque dans les turbines, pourront y causer des dégâts considérables. La simple prudence exige donc l'établissement d'un revêtement de protection. Ce revêtement pourra être relativement mince, mais on devra lui donner une forme cintrée régulière, lui permettant de posséder une stabilité propre, même en cas de fissuration. Il n'est pas nécessaire, ni même désirable, que ce revêtement soit étanche, car, son but n'étant pas de résister aux pressions, tant intérieures qu'extérieures, il éclaterait ou s'écraserait facilement si, en vertu de son imperméabilité, des différences se produisaient entre les pressions intérieures et extérieures. Ce mode de revêtement léger et plutôt poreux nous semble préférable au procédé qui consiste à pourvoir la roche d'un enduit. Le seul avantage de ce dernier est d'atténuer les pertes de charge en formant une surface lisse. Par contre, l'enduit n'offrira pas de protection suffisante contre la désagrégation de la roche. Il pourra, au contraire, la favoriser du fait de son imperméabilité. En effet, au moment de la mise sous pression de la galerie, il est probable que l'enduit imperméable se fissurera et que l'équilibre entre les pressions agissant de part et d'autre de l'enveloppe tendra peu à peu à s'établir. Car, bien que nous ayons affaire à une roche imperméable dans son ensemble, cela n'empêchera pas une certaine quantité d'eau de s'infiltrer au travers des fissures et de saturer la roche environnante, de telle façon qu'il s'y établira bel et bien une pression hydraulique. La pression intérieure venant à diminuer, la pression extérieure entrera en jeu. Les fissures qui auront laissé fuir l'eau facilement, grâce à l'état d'extension du pourtour, se refermeront alors, sous l'effet de la compression due à l'excès de pression extérieure, et ne pourront plus intervenir dans le rétablissement de l'équilibre des pressions. Ainsi, la pression extérieure exercera son action destructive sur l'enduit en l'arrachant avec des fragments adhérents de roche. La fig. 17 montre l'application d'un enduit sur roche au moyen du canon à ciment dans la galerie des « Bündner Kraftwerke » par l'entreprise Simonett et Cie, et la fig. 18 une partie de roche brute et une partie d'enduit terminé et lissé.

Comme il a été dit plus haut, la roche est ordinairement stratifiée et fissurée. A première vue, il semble improbable qu'elle puisse être imperméable. Cependant l'imperméabilité se rencontre assez souvent et particulièrement dans les roches en partie argileuses, où les fissures se sont bouchées sous l'effet d'infiltrations d'eau chargée de particules limoneuses. Mais, si l'eau est à même de boucher des fissures, elle peut aussi les déboucher, surtout quand elle agit sous forte pression. Ce fait doit retenir l'attention. En effet, si l'eau de la galerie trouve la moindre possibilité de fuite par une issue à peine perceptible, il y a tout lieu de craindre que, chassée avec force, elle ne l'élargisse peu à peu, de sorte qu'avec le temps, il en résultera des pertes considérables. On devra donc s'assurer que la roche possède une imperméabilité parfaite sous une pression quelque peu supérieure à la pression prévue si l'on veut pouvoir se passer d'un revêtement étanche.

Si la roche est *imperméable, mais insuffisamment consistante pour se soutenir elle-même* (Phases II et III), il n'y aura pas lieu de prévoir un revêtement autre que s'il s'agissait d'un tunnel quelconque. L'étanchéité de ce revêtement n'est pas nécessaire, ni même désirable, pour les raisons qui viennent d'être exposées.

En présence d'une *roche perméable*, il faudra toujours

[1] La première partie de cette étude a paru dans les numéros 22, 23 et 25 du *Bulletin technique*, t. 48 (1922).

avoir recours à une enveloppe étanche. Même si les fuites sont causées par des fissures visibles, il ne suffira pas de les aveugler au mortier de ciment, car elles se rouvriront sous les efforts de traction que la pression intérieure provoquera dans l'enveloppe rocheuse. Il serait également téméraire de s'attendre à un étanchement par calfatage naturel, processus qui ne donne de bons résultats que pour des corps poreux, formant filtre, que l'eau traverse lentement en y déposant des matières solides. Or, il ne faut pas chercher les causes de la perméabilité de la roche dans sa porosité, mais bien dans son état de fissuration et, pour peu que la largeur d'une fissure atteigne quelques dixièmes de millimètres, les particules solides, en suspension dans l'eau, ne pourront plus s'y déposer, la fissure étant trop large et la vitesse de l'eau trop grande.

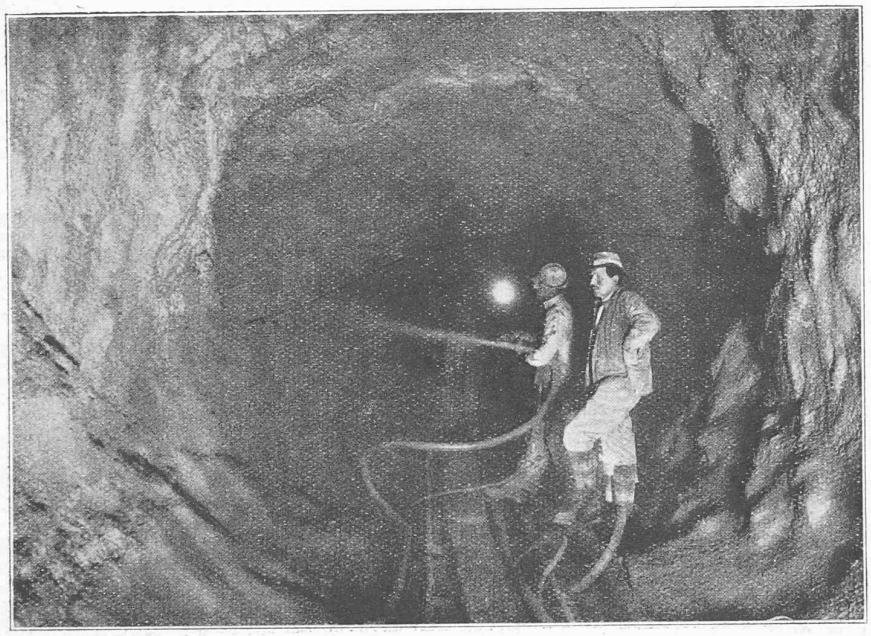

Fig. 17. — Emploi du canon à ciment pour enduit sur roche.

Il serait tentant de réaliser l'étanchéité de la surface plus ou moins fissurée de la roche, par l'application d'un produit bitumineux assez ductile pour épouser, sans fissuration, la surface périphérique. Mais la plasticité de ces produits diminue quand la température s'abaisse ; et même en admettant qu'ils soient suffisamment déformables, le manque d'adhérence resterait à craindre. En effet, la bonne application de produits bitumineux demande une base absolument sèche, condition que l'on ne peut guère réaliser dans un souterrain. Du reste, le détachement de l'enduit se produira infailliblement sous la moindre surpression extérieure.

Le mode de construction le plus courant, jusqu'à ces derniers temps, comportait un manchon en béton, apte à supporter la pression de la roche, et pourvu d'un enduit au mortier de ciment pour réaliser l'étanchéité. On supposait qu'en remplissant tous les vides qui subsistent derrière ce revêtement, celui-ci n'aurait plus qu'à transmettre la pression de l'eau à la roche, sans être autrement éprouvé. Cela revenait à considérer la roche comme une masse compacte et dépourvue d'élasticité, comme on le fait couramment, et sans inconvénient, aujourd'hui, quand il s'agit de fondations. Si cette supposition était permise, la forme du tuyau pourrait être quelconque ; aussi a-t-on choisi de préférence des formes se rapprochant du profil classique du tunnel de chemin de fer.

L'expérience, cependant, a prouvé que ce raisonnement était erroné et l'on a reconnu que la roche cédait à tel point que l'enveloppe subissait des efforts de traction souvent considérables. Mais il est impossible de déterminer avec quelque précision la valeur et la position du point d'application de la résultante de ces efforts dans les différentes sections de l'enveloppe. Cette détermination a un caractère d'autant plus vague que le profil est plus irrégulier. On fera donc bien de choisir la forme généralement adoptée pour tous les genres de tuyaux à pression intérieure, c'est-à-dire la forme circulaire. Il est vrai que la ligne théorique la plus rationnelle s'en écarte quelque peu, parce que la pressoin n'est pas constante en tous les points d'un même profil. Mais cet écart est négligeable vis-à-vis de toutes les autres sources d'incertitude, dont la plus importante, entre autres, est l'inégalité de la pression active ou passive de la roche. Comme cette inégalité est accidentelle, et que, d'autre part, nous ne pouvons pas admettre qu'elle soit généralement plus grande dans une partie déterminée du profil que dans une autre, nous n'avons aucune raison de donner à notre enveloppe une forme autre que celle du cercle, puisqu'une courbe des tensions circulaire représente la moyenne de toutes les courbes des tensions possibles. Aussi, admet-on généralement, aujourd'hui, que la forme circulaire s'impose comme la meilleure, sans cependant pouvoir affirmer que l'excentricité du point d'application de la résultante des tensions soit nulle et sans qu'il soit possible de déterminer l'importance de cette excentricité.

La grandeur de la résultante des tractions dépend de la pression intérieure et de la réaction de la roche. Connaissant le déplacement radial des points de la circonférence du profil brut supposé sous pression et le déplacement des points correspondants de la périphérie du revêtement, supposé libre de toute entrave et soumis à la même pression, on pourrait calculer la part de la pression que supporte le revêtement et celle qu'il faut attribuer à la roche.

Or, si la dilatation de l'enveloppe peut se calculer avec un degré suffisant d'exactitude, il n'en est pas de même de l'extension de la gaine rocheuse. Dans l'hypothèse d'un massif rocheux homogène infiniment grand et abstraction faite de son poids, on trouve que l'extension est petite

quand on attribue à la roche quelque résistance à la traction, mais qu'elle devient démesurément grande quand on admet que la roche n'est apte à supporter que des compressions. Ainsi, on arrive à des résultats très différents selon les suppositions que l'on a faites. Ces suppositions ne pouvant avoir aucune base solide, puisqu'on ne peut attribuer ni coefficient de résistance à la traction, ni module d'élasticité à une masse fissurée et stratifiée, nous voyons que la théorie ne nous permet même pas d'aborder le problème et encore moins de le résoudre.

Tout au plus pouvons-nous caractériser l'action du massif dans les différentes phases. Dans la phase I nous rencontrerons uniquement des pressions passives qui seront d'autant plus uniformes que la roche est plus compacte et qu'on aura eu soin de débarrasser le pourtour du profil de tous les fragments disloqués par l'abattage. Dans la phase II, nous devrons nous attendre, soit à des pressions passives, soit à des pressions actives. Comme dans ce cas il ne sera guère possible pratiquement d'extraire toutes les parties plus ou moins détachées sous l'action, non seulement des explosifs, mais surtout de la pression, l'incertitude et l'irrégularité atteindront leur maximum. Quant à la phase III, elle se présente plus favorablement, pourvu qu'un revêtement capable de résister à la pression extérieure soit réalisé. La pression d'eau étant inférieure à la pression du massif, celle-ci sera équilibrée en partie et le revêtement restera dans un état de compression atténuée, favorable à l'étanchéité, puisque la fissuration est exclue. Mais la phase III n'entre pas dans notre pratique, nos galeries se trouvant à trop faible profondeur. Aussi nos considérations se rapportent-elles aux phases I et II, la première de ces phases permettant plutôt quelque hardiesse, la seconde exigeant une grande prudence.

La commission du Ritom a fait des expériences sur la déformation de la gaine rocheuse sous l'action des pressions intérieures, mais les résultats n'en sont pas encore connus. L'ingénieur Effenberger [1] propose, dans un même ordre d'idées, de construire, dans la galerie à revêtir, de distance en distance, des compartiments clos, de quelques mètres de longueur, revêtus d'un béton de résistance connue à la traction. En augmentant graduellement la pression dans ces chambres, on pourra constater celle qui provoquera la rupture du revêtement. Connaissant de la sorte la traction tangentielle-limite supportée par l'enveloppe, on n'aurait qu'à la soustraire de la traction tangentielle totale, aisée à calculer, pour trouver la part de résistance de la roche.

[1] *Beton u. Eisen*, 1922, VII.

Mais pour que de telles expériences aient une portée pratique, il faudrait pouvoir les étendre à la galerie entière. Car, en partant du fait que la roche n'est pas une masse compacte et homogène, il semble téméraire de généraliser des résultats d'expériences faites seulement en quelques points isolés. La présence dans le voisinage de la galerie de quelques fissures parallèles à l'axe suffirait pour réduire à néant la résistance de la roche et pour créer un état de choses totalement différent. Nous savons, d'autre part, que la résistance à la traction du béton varie souvent sensiblement d'une éprouvette à l'autre. *A fortiori*, il ne sera donc pas possible de déterminer, au moyen de ces éprouvettes, les efforts qui auront causé la rupture du revêtement d'essai.

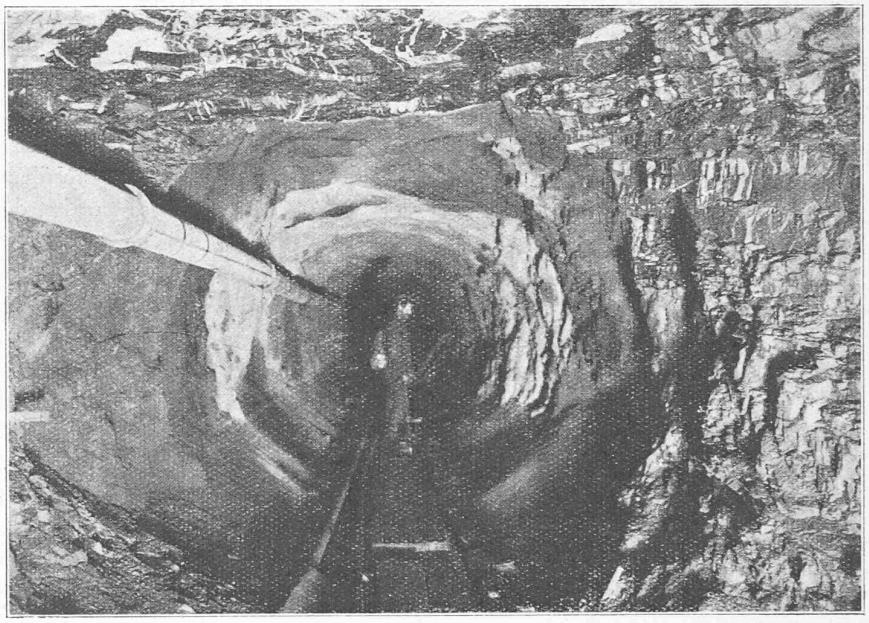

Fig. 18. — Roche et enduit dans la galerie des « Bündner Kraftwerke ».

Considérons en outre que si les pressions extérieures peuvent diminuer la traction tangentielle, elles sont, par contre, capables de déplacer considérablement le point d'application de leur résultante, puisqu'elles ne sont pas parfaitement égales sur tout le pourtour du profil. On ne peut donc pas compter d'une manière certaine sur la pression extérieure en tant que circonstance favorable. Ses effets pourraient même se faire sentir fâcheusement si l'on ne prenait soin de combler, au moyen d'injections de ciment, tous les vides compris entre le revêtement et la roche, dans le but d'atténuer autant que possible les inégalités des pressions extérieures.

Ainsi, il nous semble prudent d'exiger d'un revêtement étanche une résistance suffisante pour s'opposer à lui seul aux pressions intérieures. L'économie que l'on réaliserait en se départant de ce principe pourrait facilement être surpassée par des dépenses supplémentaires en cours d'exploitation, causées par des pertes d'eau, sinon dangereuses, du moins préjudiciables.

Attendu que l'on peut confectionner des éprouvettes en béton damé ou coulé offrant une résistance apprécia-

ble à la traction, on en a conclu que ce matériau pouvait être employé pour le revêtement imperméable, à la seule condition, toutefois, de lui imposer un coefficient de travail suffisamment bas. Or, il est déjà très difficile d'atteindre théoriquement un degré de sécurité satisfaisant, étant donnés les grands efforts de traction résultant de pressions d'eau de quelque importance. Dans la pratique les choses se présentent encore plus défavorablement, car le bétonnage dans une galerie ne peut évidemment jamais se faire aussi aisément que la fabrication d'éprouvettes. Il y aura donc toujours dans le revêtement des points faibles dus aux reprises et aux irrégularités d'exécution et dont l'influence échappe aux essais de laboratoire. Ainsi donc, il ne faudrait pas, dans un cas d'exécution particulièrement difficile, s'écarter à la légère de la règle généralement admise, consistant à faire abstraction de la résistance du béton à la traction quand la sécurité de l'ouvrage est en jeu. Car le bon fonctionnement d'un tel revêtement dépendra entièrement de la présence de circonstances spécialement favorables telles que : possibilité de bétonnage sans entraves et d'injections de ciment jusqu'à refus, remplissant absolument tous les vides et réalisant une compression initiale du revêtement et enfin rencontre d'une roche plus homogène que celle que nous trouvons généralement chez nous. De même la présence d'une pression d'eau extérieure sera très propice, non seulement parce qu'elle équilibrera en partie la pression intérieure, mais aussi parce qu'elle assurera l'immersion constante du béton. A défaut de cette dernière circonstance, il conviendra d'augmenter les chances de succès en ne mettant pas la galerie sous pression appréciable lors du premier remplissage, afin de laisser au béton le temps d'atteindre un certain gonflement avant d'être soumis à des efforts de traction. En effet, le gonflement par immersion pouvant atteindre 0,3 mm. par mètre il en résulterait des efforts de compression d'environ 50 kg/cm², en supposant que la dilatation de l'enveloppe soit absolument empêchée par la roche. Ce cas ne se présentant pas, on pourra, du moins, toujours espérer que la dilatation sera contrariée, dans une certaine mesure, et qu'ainsi une fraction plus ou moins importante de cette compression subsistera et viendra compenser en partie les efforts de traction dus à la pression intérieure. Il y aura aussi une tendance au gonflement dans le sens axial, mais comme un allongement du revêtement ne peut avoir lieu, il en résultera des pressions axiales considérables. Cette circonstance est très favorable, car elle nous garantit l'absence de fissures transversales, même dans le cas d'un abaissement notable de la température de l'eau au-dessous de la température d'exécution. On objectera peut-être que cette précaution est superflue, vu l'état généralement humide des galeries, qui suffirait déjà à assurer le gonflement du béton. Mais les expériences semblent démontrer que l'humidité, bien qu'entravant le retrait et produisant même un certain gonflement, ne suffit cependant pas à obtenir le maximum possible, qui ne sera réalisé que par l'immersion complète du béton.

Le béton non fissuré est-il à même de garantir l'étanchéité ? Cela dépend en premier lieu de sa composition, puis de sa confection et naturellement de la pression d'eau. L'expérience pratique et les essais faits récemment à Zurich par la Commission de colmatage [1] semblent prouver qu'un béton de bonne qualité, perméable au début, finit par devenir imperméable sous une pression de 5 atmosphères. Il est même probable que cette pression pourrait être encore dépassée sensiblement. Reste à savoir si les pertes du début ne se feront pas sentir fâcheusement, comme on l'a constaté au Ritom, et surtout s'il sera possible d'obtenir la même régularité de composition dans le revêtement que dans l'éprouvette. En outre, il y a une réserve à faire. Il est dit dans la note précitée que les causes de l'imperméabilisation sont inconnues. Or, il paraît logique d'admettre que, sous l'action de l'eau, les pores du béton diminuent de volume à cause du gonflement de la masse. Mais cette explication ne semble pas suffisante et il y a tout lieu de croire que la qualité même de l'eau n'est pas étrangère aussi à ce phénomène. L'eau de la ville de Zurich, qui a servi aux essais en question, peut être considérée comme exempte de matières en suspension ; par contre, elle contient en solution une proportion de bicarbonate de chaux suffisante pour lui permettre de jouer un certain rôle dans le processus d'imperméabilisation. La solubilité, dans l'eau, du bicarbonate de chaux dépend de la présence d'acide carbonique. Si nous le chassons, par exemple en chauffant l'eau, celle-ci se troublera légèrement et il se formera à sa surface une mince pellicule. C'est le bicarbonate de chaux devenu insoluble qui est précipité et qui formera à la longue les incrustations bien connues de tout le monde. Remarquons maintenant que dans le ciment il reste, après la prise, une certaine quantité de chaux libre, qui absorbera avec avidité l'acide carbonique de l'eau infiltrée, en se transformant ainsi en bicarbonate. Mais il en résultera aussi la précipitation du bicarbonate de chaux contenu dans l'eau dépouillée de son acide carbonique. Cette masse spongieuse, se déposant dans les pores du béton, y produira le calfatage dit automatique.

Que cette explication soit suffisante ou non, il semble téméraire de vouloir tirer de tels essais des conclusions définitives quant au calfatage automatique, en se bornant à faire varier tous les éléments, sauf la qualité de l'eau. Car il est possible qu'avec une eau de nature différente on obtienne des résultats diamétralement opposés. Supposons, par exemple, que l'eau contienne de l'acide carbonique, mais pas de chaux. L'acide carbonique se combinera d'abord à la chaux libre, mais le bicarbonate de chaux ainsi formé sera dissout, au fur et à mesure de sa formation, grâce à l'acide carbonique contenu dans l'eau. Au lieu d'un dépôt assurant le colmatage, nous constaterions alors la lixiviation du béton, qui ne pourrait que nuire à l'étanchéité [2].

[1] Voir *Bulletin technique* 1922, n° 19.

[2] Cette question est traitée avec plus de compétence par le prof. *B. Zschokke* dans la « Schweiz. Wasserwirtschaft » du 26 nov. 1922.

Nous croyons donc qu'il est recommandable, au lieu de s'en remettre au seul béton, de prévoir un enduit lisse au mortier de ciment, que l'on appliquera de préférence au moyen du « canon à ciment » [1]. Une épaisseur de 1 cm suffira avec un mélange très riche. Ce procédé, qui donnerait de mauvais résultats partout où un assèchement, même temporaire, se produirait, est parfaitement applicable dans les galeries où l'humidité fait rarement défaut. Si, par hasard, nous rencontrions des parties sèches, l'enduit pourrait être remplacé par une couche de peinture à base goudronneuse ou bitumineuse. En tout cas, avant de se décider à négliger ces précautions, on fera bien de se rendre compte de la qualité de l'eau, afin d'être assuré d'un colmatage rapide et complet.

De toute manière, il nous semble indispensable, si l'on veut se prémunir contre les dangers de la fissuration, de prendre des précautions spéciales. Car, un ensemble de conditions favorables, tel que celui que nous venons d'examiner, et tel que celui que l'on paraît avoir rencontré, par exemple, sur la plus grande partie du parcours de la galerie de Castkill à New-York [2], restera une exception.

En premier lieu, nous aurons recours à l'armature du béton. Précisons tout de suite que l'armature n'empêchera pas la fissuration d'une manière certaine. Elle ne pourra s'y opposer que dans certains cas, mais, bien disposée et assez forte, elle sera toujours à même d'en prévenir les suites fâcheuses. Car l'ampleur d'une fissure, qui sans cela dépendrait uniquement de la résistance de la roche, sera maintenant limitée par le degré d'extension de l'armature. *(A suivre.)*

Résistances comparatives de l'électro-ciment et du ciment Portland à divers agents.

par le Dr B. Jeanneret, ingénieur-chimiste.

Les ciments de diverses provenances essayés selon les normes suisses ont donné les résistances suivantes à 28 jours :

	Traction	Flexion	Compression
Portland N° 1	33,5	37,5	370
» N° 2	31,4	34,0	360
» N° 3	34,0	38,8	388
Electro-ciment	62,0	62,4	780

Ils sont donc tous de bonne qualité.

A. — Première série d'essais.

Résistance aux eaux séléniteuses (gypse).

Pour donner au gypse la plus grande intensité destructive possible en concentration saline, les ciments Portland d'un côté et l'Electro-ciment de l'autre, ont été gâchés en mortier avec du sable et des *fragments de gypse concassé, au lieu de gravier.*

Soit : 2 parties en poids de sable, une partie de grains de gypse et une partie de ciment. Ce qui correspond à environ 8 à 9 sacs de ciment au mètre cube de sable et gravier.

Les prismes confectionnés par damage dans les moules, du mortier humide, ont été mis à l'eau après prise, tous dans un même bac et surveillés depuis. Les éprouvettes qui contiennent donc 25 % de gypse, n'ont commencé à se désagréger qu'après deux mois pour le Portland. La désagrégation augmente rapidement après 3 mois. La teneur en sulfate de chaux de l'eau du bac était de 0,7 gr. par litre après deux mois, elle était de 1,6 gr. par litre après quatre mois.

Les électro-ciments ne présentaient absolument pas trace de destruction au moment de l'essai, soit quatre mois après fabrication. Les eaux sulfateuses, même à la concentration énorme employée, sont sans influence, comme on le savait d'ailleurs. Ces résultats ne doivent servir qu'à illustrer la valeur des ciments alumineux fondus pour l'emploi dans les eaux séléniteuses.

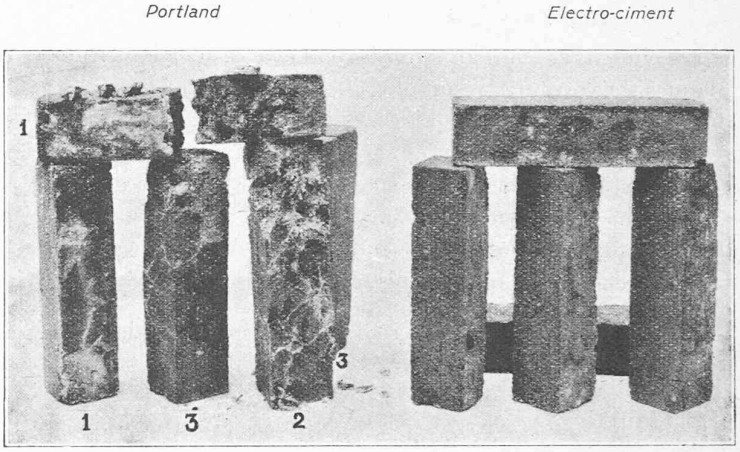

Fig. 1. — Comportance dans l'eau séléniteuse.

Dernièrement une conférence réunie à Zurich s'est occupée de la question de la conservation des tuyaux de ciment dans certains terrains tourbeux sulfureux. Les ciments fondus pourraient être là d'un grand secours vu leur passivité absolue ; il semble que des essais dans ce sens seraient très intéressants. Vu la haute résistance de ces ciments aux efforts mécaniques, les tuyaux pourraient être faits avec un dosage minime qui compenserait le prix élevé du ciment.

Le figure 1 montre que les ciments Portland de l'essai présenté ici, sont en grande partie détruits tandis que l'électro-ciment n'a pas été attaqué.

Voici d'ailleurs les résistances obtenues avec les prismes de la photographie :

	Résistance à la flexion kg/cm²	Résistance à la compression kg/cm²
Portland N° 1	0	0
» N° 2	18,7 (45)	106 (156)
» N° 3	25,8	100
Electro-ciment	54,7 (80)	276 (270)

[1] « Cement gun » en anglais, d'où « gunite » pour désigner le produit.
[2] Hilgard, *Schweiz. Bauzeitung*, vol. 76, p. 219.