Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 84 (1958)

Heft: 4

Artikel: Reprise en sous-œuvre du pont de Travers et construction des murs de berge

Autor: Bonnard, D. / Schinz, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-63480

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: 02.07.2025

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

observé de nombreux exemples dans les craies lacustres du Locle et dans d'autres calcaires du Jura. Des glissements se produisent donc souvent lors du développement naturel, sans l'intervention de l'homme. Une grande prudence est nécessaire quand il s'agit de construire sur des terrains dans lesquels la nature a employé des craies lacustres. Espérons que les praticiens auront, mieux que par le passé, l'occasion de profiter des expériences et des connaissances accumulées par la géologie et la sédimentologie.

Epilogue

L'histoire géologique du Val-de-Travers nous révèle les tendances générales de son évolution. Elle ne nous montre pas la région dans un état de repos d'où les travaux des ponts et chaussées l'auraient réveillée, mais elle nous la fait voir en train de se transformer obéissant à des gradients séculaires changeant d'une époque à l'autre. Un certain nombre de situations instables se sont conservées, d'autres sont en train de se créer. Sur le développement plus ou moins normal de la vallée se sont greffés les événements des temps glaciaires et postglaciaires, préparant des conditions spéciales, instables à un degré supérieur par rapport à celles de l'évolution normale. En schématisant les cas d'une façon peut-être un peu exagérée, on pourrait proposer la classification suivante :

a) instabilité des pentes créée par l'interférence du relief souterrain et du relief subaérien très actif : Clusette, les Rosières, la Doux et autres glissements, plus anciens, de la région du Creux-du-Van, de Fleurier et de Buttes ;

b) instabilité des surfaces planes créée par la nature des sédiments de remplissage récent peu évolués et contenant encore beaucoup d'eau : Crêt-de-l'Anneau, Couvet et glissements de moindre importance le long de l'Areuse.

L'accident des Rosières présente une combinaison en ce sens que la masse glissante représente la charge supplémentaire mettant en mouvement le mécanisme thixotropique des craies lacustres.

L'histoire de la région nous apprend à distinguer entre les caractères innés et les prédispositions constitutionnelles d'une part, et d'autre part les dangers apparaissant au cours de l'évolution. L'interférence des deux peut donner lieu à des situations particulièrement instables. L'histoire peut nous donner quelques conseils d'hygiène. Celui qui veut la pratiquer, c'est-à-dire prévenir, doit vouer au moins autant d'attention à la constitution de l'individu et aux situations pouvant créer des accidents qu'aux accidents survenus et aux opérations qui y remédient.

624.1 (494.433)

REPRISE EN SOUS-ŒUVRE DU PONT DE TRAVERS ET CONSTRUCTION DES MURS DE BERGE [1]

par D. BONNARD, ingénieur, professeur à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne
et P. SCHINZ, ingénieur-adjoint au Département des travaux publics, Neuchâtel

Parmi les problèmes posés par les travaux de correction de l'Areuse, celui de la traversée du village de Travers était l'un des plus délicats. Le profil en long de la rivière avant correction était le suivant : à une pente de 1,6 ‰ depuis Couvet succédait un palier d'environ 700 m à l'ouest du pont. A l'est, jusqu'à Noiraigue, sur 6 km, la pente moyenne était de 0,4 ‰. Aucune correction importante n'était prévue dans ce tronçon, la pente ne pouvant être améliorée par suite de l'existence d'un barrage d'une concession hydraulique à l'aval de Noiraigue. Par contre, il était nécessaire d'améliorer les conditions d'écoulement à Travers même, pour réaliser les abaissements nécessaires du plan d'eau en temps de crue et permettre l'écoulement des pointes des crues. Celles-ci sont en effet augmentées de 10 à 15 % par la suppression du bassin de compensation que formait la zone d'inondation de 250 ha à l'amont.

A Travers, le gros obstacle était constitué par un beau pont en pierre à quatre ouvertures, construit au XVIIe siècle, et par le barrage d'une concession hydraulique. Cette dernière fut rachetée par l'Etat en 1951.

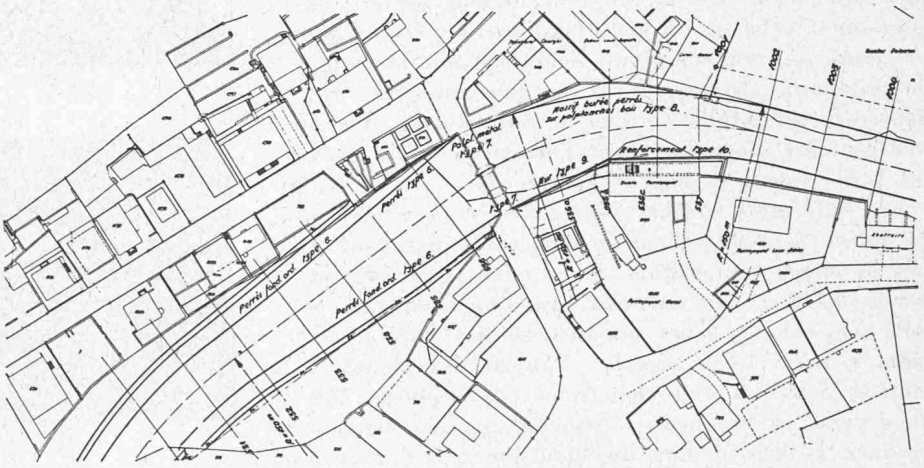


Fig. 1. — Situation de l'Areuse à Travers. Echelle 1 : 2500.
L'Areuse coule de gauche à droite.

[1] Adaptation à la publication de deux exposés faits à Neuchâtel, le 26 avril 1957, lors de l'assemblée de la *Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondation.*

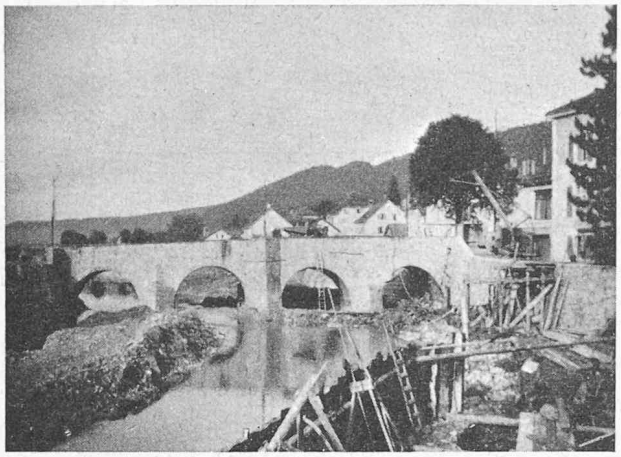


Fig. 2. — Vue de l'ouvrage, de la rive gauche aval, après approfondissement des deux premières ouvertures.

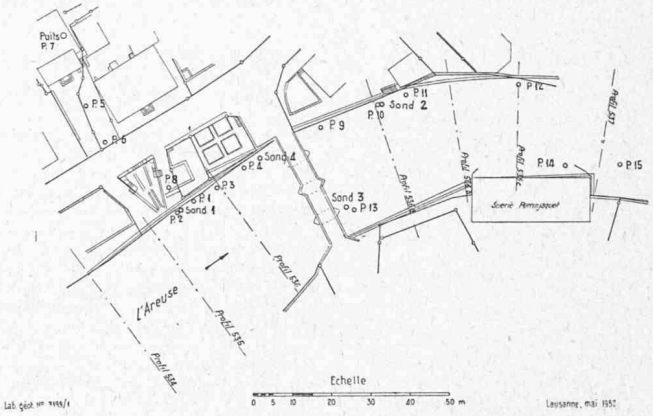


Fig. 3. — Position des sondages.

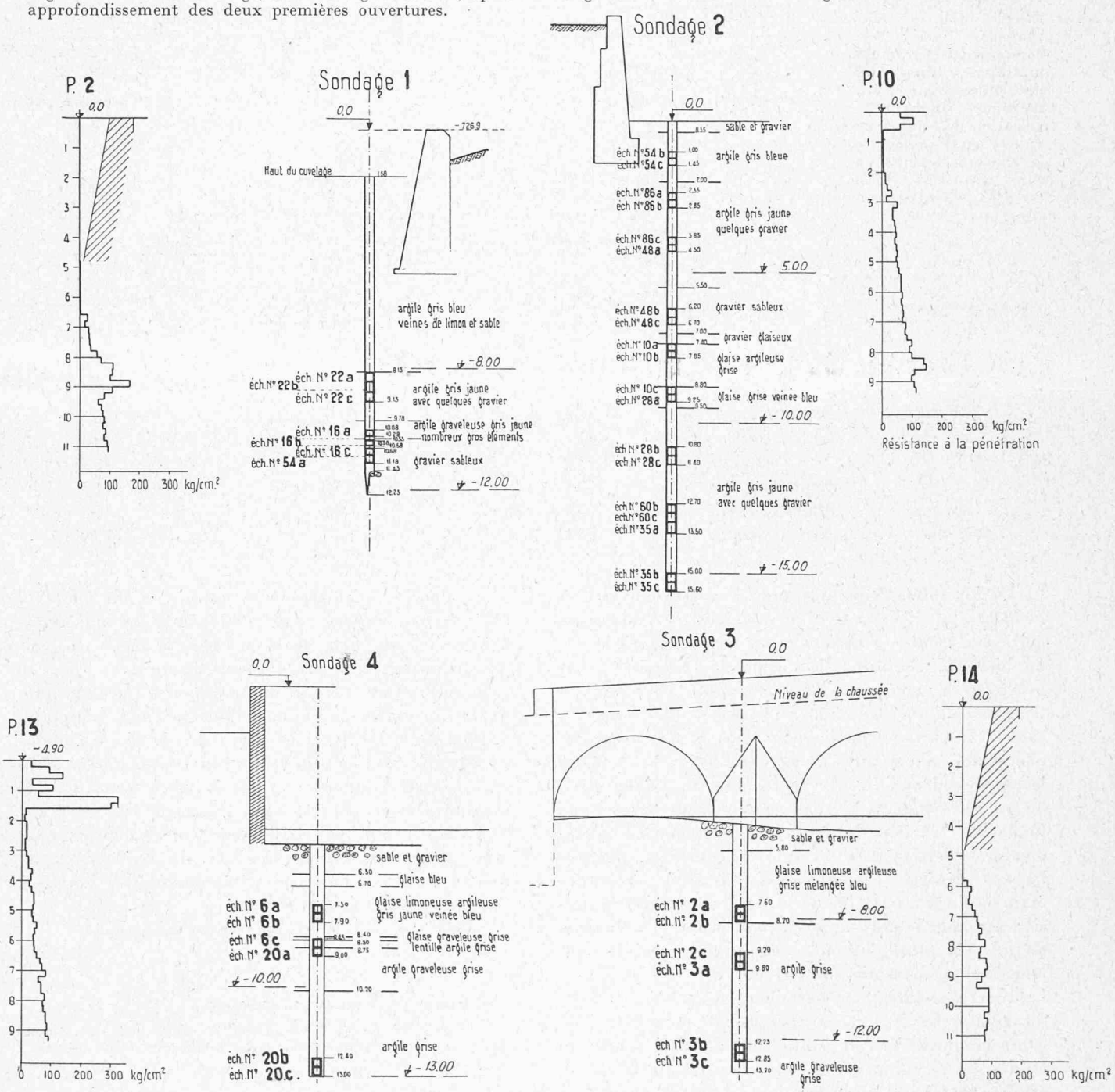
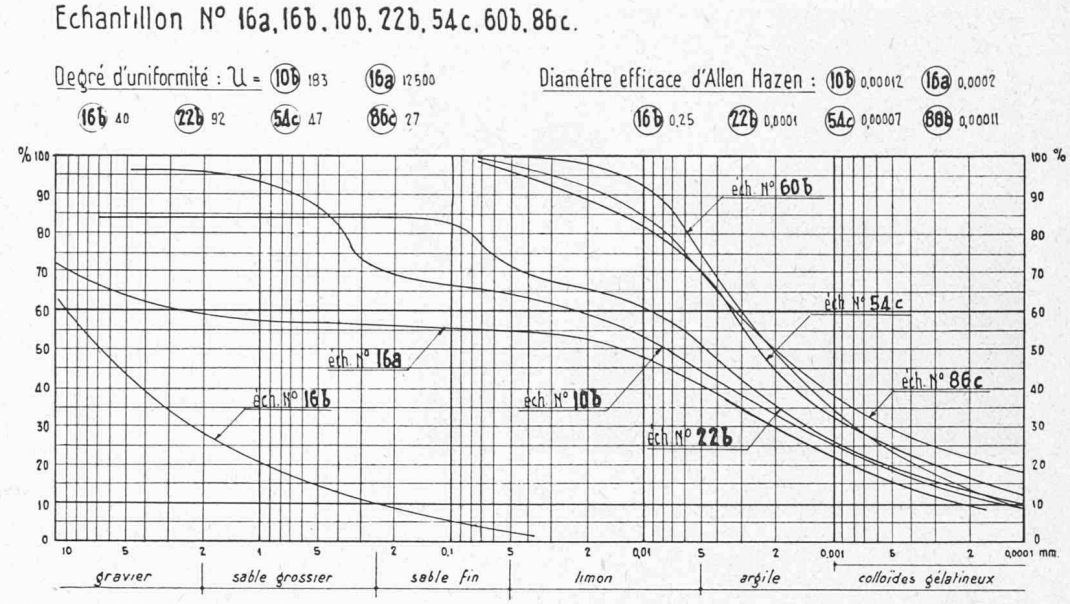
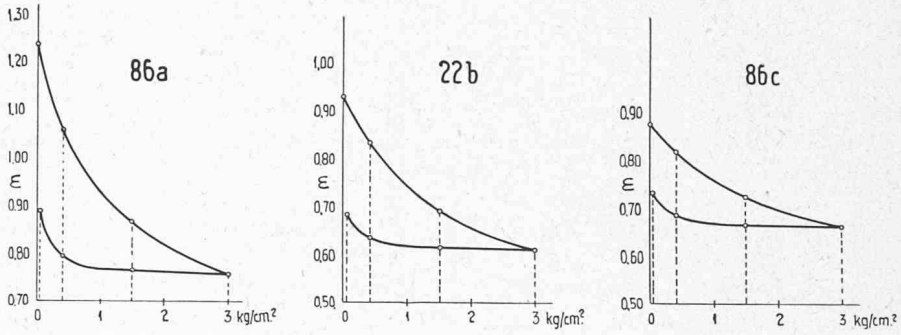


Fig. 4 et 5. — Résultats des sondages tubés et de quelques sondages à la sonde de battage exécutés au droit des rives et du pont de Travers.





Teneur en eau	%	39.2	32.6	35.3
Limite de liquidité	%	47.2	43.8	48.9
" plasticité	%	25.2	23.7	26.8
Indice de plasticité	%	22.0	20.1	22.1
Densité apparente		1.79	1.94	1.82
Poids spécifique	kg/dm³	2.71	2.73	2.79

Fig. 6. — Exemples de résultats des déterminations géotechniques exécutées sur échantillons prélevés dans sondages tubés ; soit compositions granulométriques, compressibilités (diagrammes œdométriques donnant la variation de l'indice de vide ϵ en fonction de la charge), teneurs en eaux naturelles, limites d'Atterberg et densités.

La section totale disponible dans les quatre ouvertures du pont était d'environ 45 m². Le débit de l'ouverture de la rive droite était réduit, cette ouverture étant celle du bief d'alimentation de l'usine. Un premier projet prévoyait la démolition du vieux pont, son remplacement par un ouvrage d'une seule portée et la construction d'un barrage mobile pour l'usine. Ce projet fut abandonné, d'une part devant l'opposition de la population à la démolition du vieux pont et, d'autre part, au vu des résultats d'étude géotechnique des sols de fondation. Il fallait dès lors trouver les moyens d'augmenter la section utile du pont sans en compromettre l'aspect général. L'abaissement minimum nécessaire était de l'ordre de 1,10, de façon à augmenter la section du pont de plus de 50 % pour la porter à environ 68 m². En outre, les murs et perrés devaient être reconstruits ou repris en sous-œuvre.

En octobre 1950, le Département des travaux publics du canton de Neuchâtel chargeait le laboratoire de géotechnique de l'Ecole polytechnique de Lausanne des études géotechniques des sols. Les résultats de ces études permirent d'estimer les difficultés techniques auxquelles se serait heurtée la construction d'un nouveau pont et montrèrent les avantages du maintien de l'ancien ouvrage tout en donnant les indications nécessaires au choix de la méthode la meilleure pour les opérations de reprise en sous-œuvre.

A cette étude des sols de fondation du pont proprement dite est venue s'ajouter, quelques mois plus tard, celle des sols de fondation des murs de rive à l'amont et à l'aval, dont les reprises en sous-œuvre purent ainsi être effectuées en tenant compte judicieusement de la qualité des sols généralement très mauvais.

La position en plan de l'ensemble des sondages tubés avec prise d'échantillons intacts et des sondages exécutés à la sonde de battage[1] (pénétromètre) est donnée à

[1] La résistance à la pénétration s'exprime par la formule :

$$R_p = \frac{n}{e}\,\frac{Ph}{S} + \frac{P+Q}{S}.$$

Le terme $\frac{P+Q}{S}$ est en général négligé.

Q varie à mesure que l'on augmente le nombre de barres. Graphiquement, on reportera en ordonnée les profondeurs et en abscisse, à droite de l'axe vertical le terme $\frac{n}{e}\,\frac{Ph}{S}$ et à gauche, éventuellement le terme $\frac{P+Q}{S}$.

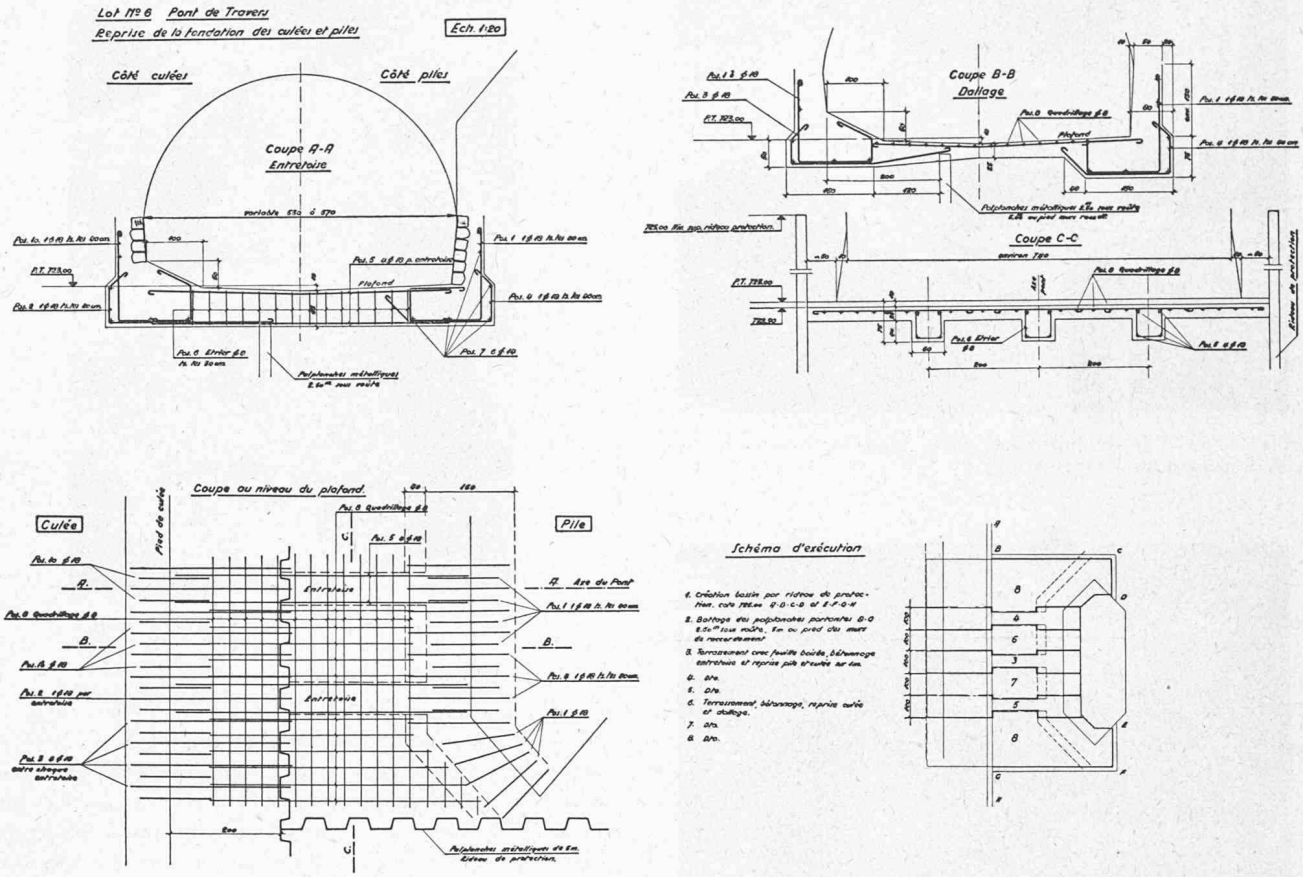


Fig. 7. — Reprise en sous-œuvre des piles du pont de Travers.

la figure 3. Les figures 4 et 5 donnent les profils des sondages tubés et de quelques sondages au pénétromètre. Enfin, la figure 6 donne un abrégé des résultats des déterminations géotechniques exécutées en laboratoire.

A côté de ces résultats de l'étude géotechnique proprement dite, les constatations suivantes avaient été faites :

1° Instabilité générale des bâtiments et constructions, à Travers, notamment sur la rive gauche ; les immeubles accusent des faux-aplombs importants (tassements par consolidations constatés de longue date et non stabilisés).

2° Venue d'eau importante, notamment sur la rive gauche, à l'amont du pont, au lieu dit « Grandes Fontaines ». Il s'agit de sources provenant de la région rocheuse amont.

Le pont reposait sur le sol par l'intermédiaire d'un cadre en bois dur. Il n'était pas possible de répéter sans autre un tel genre de fondation. L'emploi de pieux fut éliminé, tant en raison des difficultés de réalisation que des tassements à prévoir. Le projet qui a été réalisé fut mis au point sur la base des données suivantes :

1. Renforcement de la cohésion de l'ensemble du pont avant tout travail en sous-œuvre. La maçonnerie était fortement disloquée, fissurée, des moellons étaient déjà partis ou complètement déchaussés.
2. Réaliser un état nouveau sans surcharger le sol par une répartition plus large des charges.
3. Parer dans la mesure du possible au danger de reflux des argiles pendant l'exécution, condition entraînant un travail par brèches.
4. Prévenir également dans la mesure du possible le tassement inégal des piles, d'où nécessité d'exécuter rapidement le travail et de le poursuivre linéairement d'une rive à l'autre.
5. Protection des travaux pendant l'exécution, une crue pouvant survenir à n'importe quel moment.

La figure 7 donne schématiquement les différentes étapes du travail qui consistait, une fois l'ouvrage consolidé par injections, à relier les piles par un radier renversé.

M. Rös, ingénieur-conseil, a étudié et contrôlé les injections de l'ancien pont qui ont été exécutées en août et septembre 1951. Trois étapes étaient prévues,

---

Q : Poids du cône d'extrémité de la barre, de l'anneau de serrage et de la barre.
R_p : Résistance à la pénétration (kg/cm²).
P : Poids du mouton (kg).
h : Hauteur de la chute du mouton (cm).
S : Section droite maxima du cône (cm²).
e : Enfoncement du cône (cm).
n : Nombre de coups provoquant un enfoncement e.

Si l'on pose

$$A = \frac{P\ h}{S\ .\ e}$$

on a :

$$R_p = A\ .\ n$$

Pour le pénétromètre L.G.E.P.U.L. :

$P = 30$ kg $\quad h = 20$ cm $\quad S = 10$ cm² $\quad e = 20$ cm.

$$A = \frac{30 \times 20}{20 \times 10} = 3 \text{ kg/cm}^2$$

d'où R_p kg/cm² $= 3\ n$.

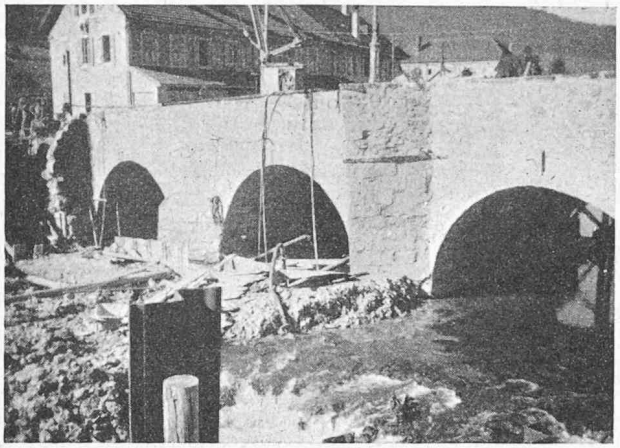


Fig. 8. — Vue de l'ouvrage après approfondissement des deux premières ouvertures.

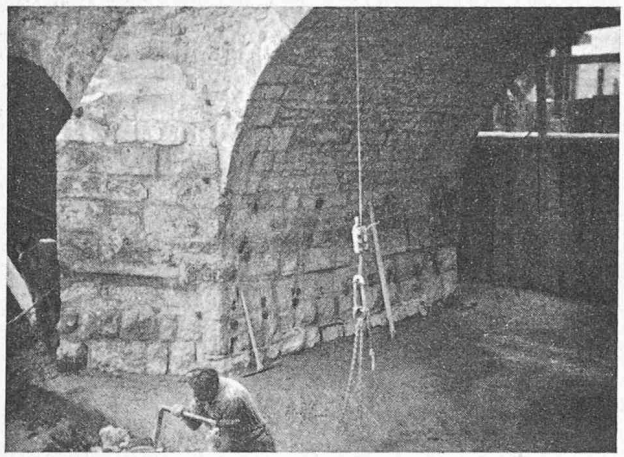


Fig. 10. — Injections après reprise en sous-œuvre.

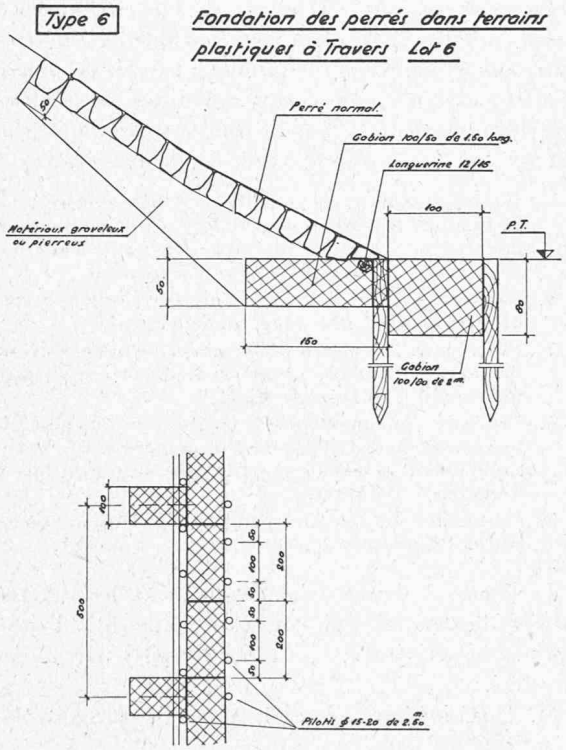


Fig. 11. — Fondation de perrés.

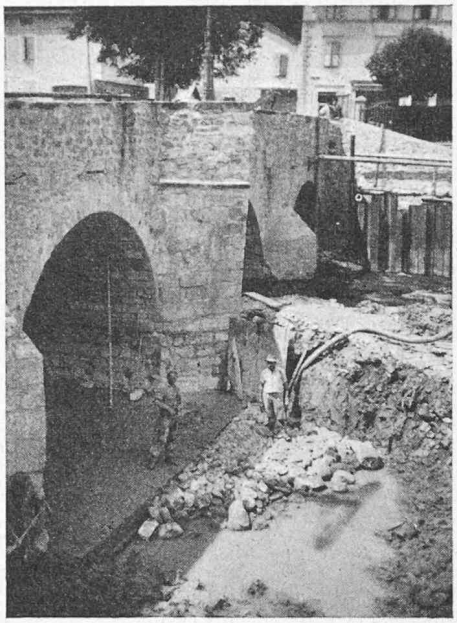


Fig. 9. — Empierrement devant le radier de la deuxième ouverture.

en diminuant progressivement les distances entre les trous et en augmentant la pression et la fluidité du mélange à chaque étape, soit d'abord les grandes masses à basse pression puis la consolidation locale plus poussée à haute pression. Avant la première étape, l'eau passait librement dans la maçonnerie. Avec la deuxième étape, 56 fers de liaison ont été noyés dans la masse (acier tor ⌀ 18 mm de 1,80 m). La pression a passé de 1 à 2 atm. en première étape, de 3 à 4 en deuxième et de 6 à 8 en troisième. Pour les deux premières étapes, la troisième n'ayant été réalisée que l'année suivante, après la reprise en sous-œuvre, pour assurer la liaison de l'ancien ouvrage avec les maçonneries nouvelles, il a été utilisé 1048 hl de mélange. Les proportions ont varié selon les endroits, le total étant de 58 tonnes de ciment, 29 tonnes d'alfésil et 34 m³ de sable ; en moyenne 85 kg de mélange par trou ou 147 kg par m³ de maçonnerie. 963 trous ont été forés dans les joints de mortier et 362 m¹ dans la maçonnerie consolidée.

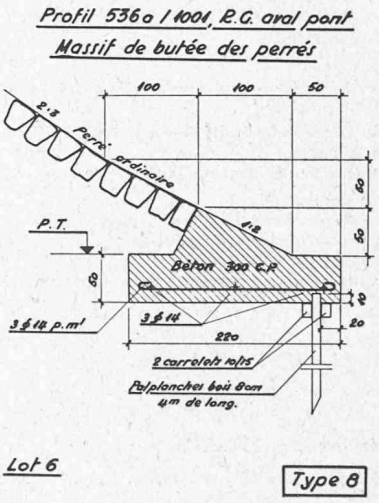


Fig. 12. — Massif de butée de perrés.

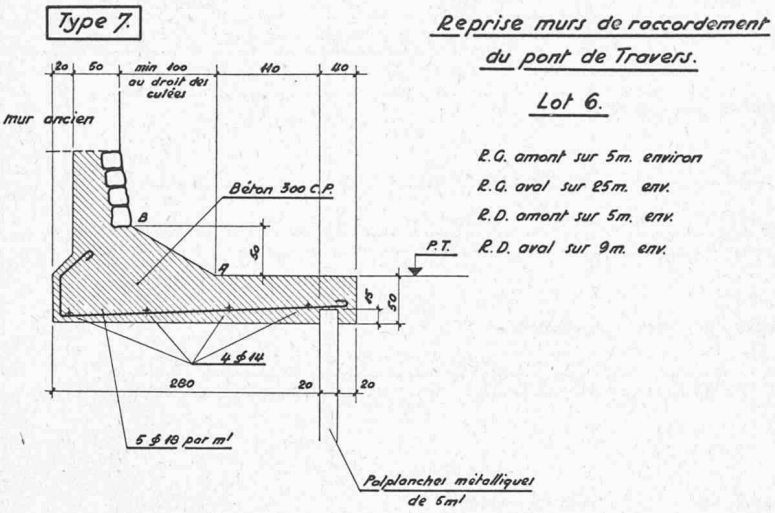


Fig. 13. — Reprise en sous-œuvre des murs au droit des culées.

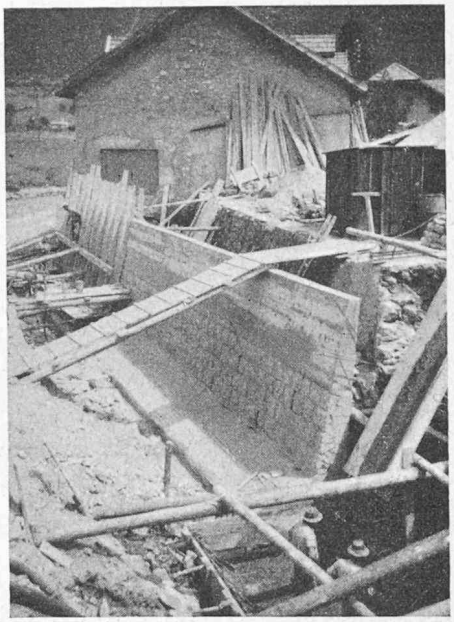


Fig. 14. — Construction de mur type 9.

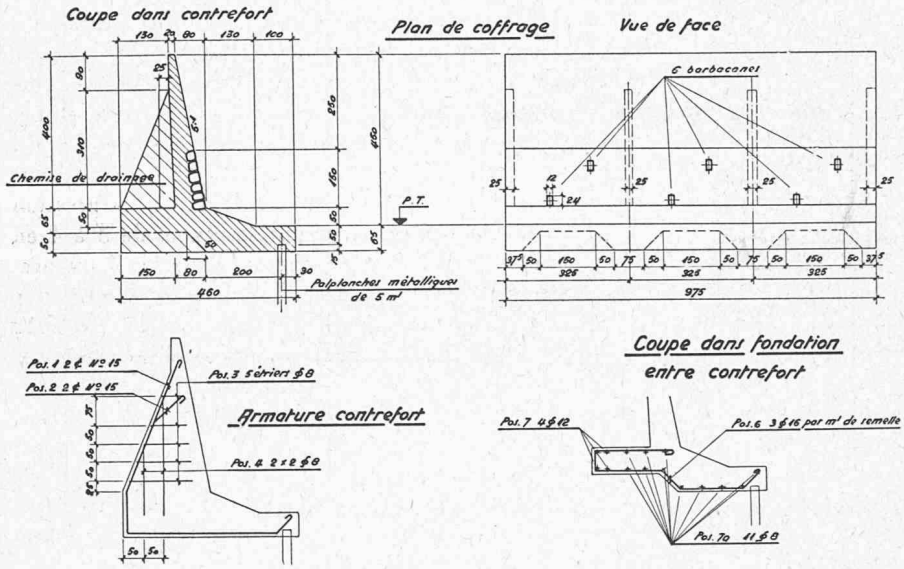


Fig. 15. — Mur à contrefort type 11.

La reprise en sous-œuvre a été exécutée par l'association Stuag-Madliger, ingénieurs, S.A., de juillet à septembre 1952. Le temps a été exceptionnellement favorable et a permis de réduire les protections de rideaux de palplanches. Le travail a été continu, jour et nuit, avec une équipe très réduite en raison de l'encombrement des lieux et des faibles dimensions des terrassements et bétonnages de chaque étape. Le schéma de la figure 7 montre la succession des opérations :

1. Création du bassin de travail par rideau de protection en palplanches métalliques.
2. Battage des palplanches en bois de 2,50 m, destinées à empêcher les reflux et liées au radier.

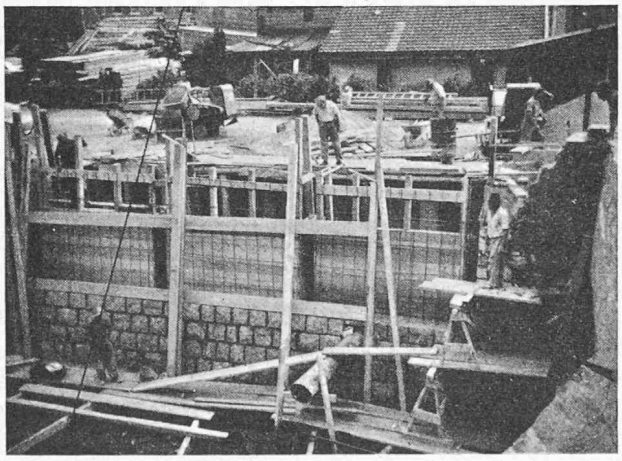


Fig. 16. — Coffrage mur à contrefort type 11.

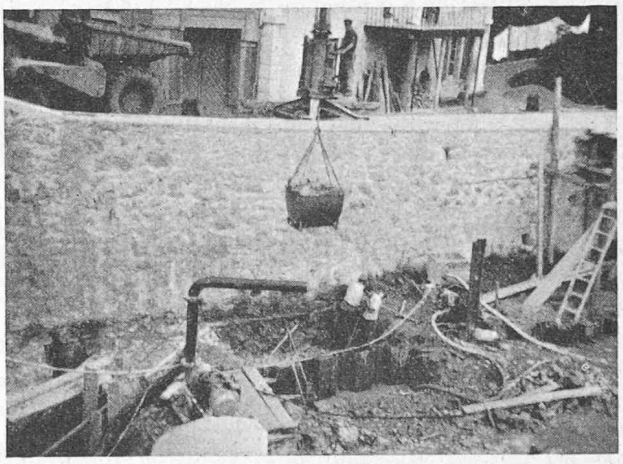


Fig. 17. — Construction de la butée de protection du mur Jeanneret.

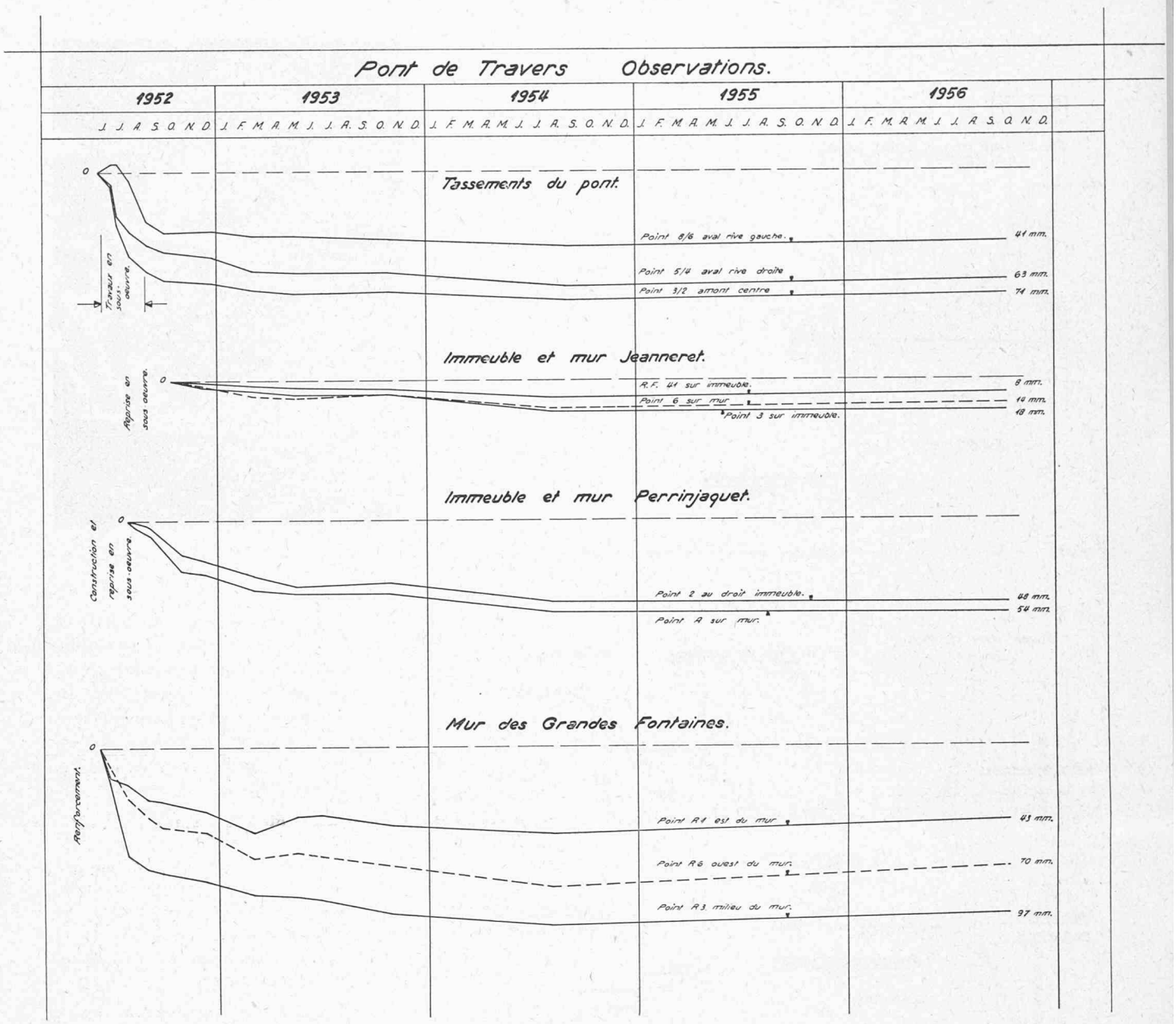


Fig. 18. — Graphique des tassements de quelques points caractéristiques des différents ouvrages.

3, 4 et 5. Terrassements avec fouille boisée, bétonnage des entretoises et reprise piles et culées sur 1 m.
6, 7 et 8. Même travail pour le solde des culées et piles, complément du dallage.

Les photographies des figures 8, 9 et 10 illustrent le travail et montrent l'abaissement réalisé une fois la reprise en sous-œuvre terminée. La troisième étape des injections a été réalisée ensuite, employant, pour 65 trous, 8 tonnes de ciment. Le total de ciment injecté se monte à environ 65 tonnes pour le pont seul.

En ce qui concerne les tassements, les calculs faits selon la méthode du professeur Haefeli et sur la base de l'étude géotechnique du Laboratoire de Lausanne, laissaient prévoir un tassement de 9 cm. Pendant les trois premiers mois, des observations ont été faites sur chaque voûte à l'amont et à l'aval. Elles sont encore poursuivies, à intervalles évidemment de plus en plus espacés. Elles ont donné des tassements de 35 à 62 mm pour les trois premiers mois. Quatre ans après l'exécution des travaux, elles sont de 41 à 71 mm. L'ouvrage est pratiquement stabilisé.

Pour les murs de raccordement, les difficultés n'ont pas été moindres. Si la consolidation du pont peut être considérée comme un succès, la reconstruction des murs a entraîné des tassements des immeubles voisins, immeubles déjà fissurés antérieurement à l'exécution des travaux. Les mêmes principes, déjà appliqués à Couvet également, ont servi de base à ces travaux. Chaque tronçon a été étudié pour lui-même, les données et les dimensions étant chaque fois différentes.

En principe, la charge sur le sol ne devait pas être plus forte qu'avant les travaux et les masses argileuses ne devaient pas pouvoir refluer dans le lit de l'Areuse.

La base des perrés, dans la zone la plus mouvante, a été fixée au moyen de piquets et de gabions (fig. 11) et à d'autres endroits par une butée en béton liée à un rideau de palplanches en bois (fig. 12).[1]

Les murs de raccordement du pont ont été repris

[1] La localisation en plan des divers types de perrés ou murs est donnée à la figure 1.

sur une large semelle de 3,20 m, semblable en tous points à celle de la reprise en sous-œuvre des piles du pont (fig. 13).

Le même principe a été également utilisé pour la construction des murs nouveaux, types 9 (fig. 14) et 11 (fig. 15 et 16), avec utilisation de palplanches bois ou de palplanches métalliques. Le corps du mur, soit un mur à nervure, pour les hauteurs supérieures à 3,50, soit un simple mur en L pour des ouvrages plus petits. Les observations des tassements de ces différents ouvrages sont portés sur les graphiques « Observations » (fig. 18).

Pour l'immeuble et le mur Jeanneret, où le pied du mur a été simplement protégé par un bloc de butée en béton armé, appuyé sur un rideau de palplanches métalliques, les tassements ont atteint 18 mm sur l'immeuble et sur le mur.

Pour les murs à contrefort ou en L, murs nouveaux sur la rive droite à l'aval du pont, les tassements sont de 51 à 54 mm, selon les points. Sur le mur de soutènement au droit de l'immeuble scierie Perrinjaquet, les points observés donnent 52, 48 et 47 mm.

Enfin pour le mur des Grandes Fontaines, à l'amont du pont rive gauche, mur qui a subi de gros tassements et déplacements en cours de construction et qu'il a fallu contrebuter par des gabions et un perré, les observations donnent des tassements de 43 à 97 mm. Certains points semblent s'être relevés par la suite.

Les travaux exécutés à Travers, tels que décrits dans cet article, ont montré tout l'intérêt en de pareils sols d'une étude géotechnique préalable suffisamment développée. Tel fut le cas également pour la reconstruction de grands murs de rives à Couvet, où les sols rencontrés furent du même genre mais où l'approfondissement du lit de l'Areuse et le déplacement de berges beaucoup plus hautes nécessitèrent des travaux de protection contre les risques de glissements et de tassements encore plus importants qu'à Travers.

ORGANISATION ET FORMATION PROFESSIONNELLES

Grand Conseil fribourgeois et « Institut technique supérieur » (ITS)

Au début de sa session ouverte le mardi 4 février, le Grand Conseil fribourgeois a entendu la réponse du Conseil d'Etat à une interpellation concernant l'« Institut technique supérieur » de Fribourg (I.T.S.).

L'I.T.S. est l'un de ces instituts d'enseignement technique par correspondance délivrant de prétendus « diplômes suisses d'ingénieurs », principalement en Italie, et dont la presse suisse a parlé durant ces derniers mois. Il revêt une importance particulière, car il fut le premier de son espèce, fondé en 1916 déjà. Son organisation a servi de modèle à ses concurrents créés après la fin de la dernière guerre. D'autre part, il a occupé pendant longtemps une situation privilégiée, son règlement ayant été jusqu'en 1948, sauf une brève interruption de 1925 à 1928, approuvé par la direction de l'Instruction publique, puis par le Conseil d'Etat. Enfin, la protection dont il a joui auprès des autorités fribourgeoises et la manière dont il a su en tirer parti ont profité grandement aux autres entreprises semblables, qui se fondent avec succès sur le précédent et l'analogie du cas de Fribourg pour se défendre contre toutes plaintes en Italie. Ces motifs expliquent l'importance qu'il faut attribuer à ce point de l'ordre du jour du Grand Conseil fribourgeois.

Mais de quoi s'agit-il plus précisément et quel était l'objet de l'interpellation ? Sur ce point, une information est indispensable, car le public suisse et même fribourgeois ignore presque tout de l'I.T.S.

En janvier 1934, alors que la Suisse et l'Italie se préparaient à conclure un accord sur l'équivalence des titres d'ingénieurs décernés par les hautes écoles des deux pays (accord signé le 5 mai 1934, entré en vigueur le 11 janvier 1938), l'« Institut technique supérieur » de Fribourg tenta d'obtenir la reconnaissance de ses diplômes. L'I.T.S. fondait sa prétention notamment sur une déclaration que lui avait remise alors le directeur de l'Instruction publique, selon laquelle « le diplôme délivré par l'Institut technique supérieur de Fribourg a, en Suisse, exactement la même valeur que tout autre diplôme d'ingénieur ». Dans une requête au Gouvernement italien, il se prétendait « reconnu et contrôlé par les autorités suisses compétentes ». Il affirmait que son enseignement aboutissait « selon les lois suisses » à la délivrance d'un diplôme conférant à son titulaire le « droit à la qualification d'ingénieur en Suisse et dans d'autres pays ». Il avait demandé à la Légation de Suisse à Rome d'attester qu'il avait rang d'université. Ses efforts n'aboutirent cependant pas au résultat escompté, grâce surtout à la fermeté du chef du Département politique fédéral, M. le conseiller fédéral Motta. Mais le président du conseil de l'Ecole polytechnique fédérale, M. le professeur A. Rohn, n'obtint pas non plus, en dépit de ses interventions, que les limites convenables fussent imposées à l'activité de l'I.T.S.

En 1952, l'activité de l'I.T.S. redevint un problème d'actualité. Le 31 octobre de cette année-là, une interpellation fut déposée au Sénat italien. Les pratiques de l'I.T.S. y étaient qualifiées d'abus intolérable.

L'I.T.S. de Fribourg se dit être un « établissement reconnu et contrôlé par les autorités compétentes suisses », ce qui est évidemment faux. Il est un établissement privé et « libre », c'est-à-dire soumis à aucune surveillance. Au surplus, il est une entreprise de caractère nettement commercial, à savoir une société anonyme, sans participation de l'Etat.

Il prétend décerner des diplômes « conformément à la législation suisse », alors qu'aucune loi, ni fédérale ni cantonale, ne l'y autorise.

Il dit des diplômes qu'ils « ont valeur légale en Suisse », alors qu'il n'en est rien. Cette affirmation est néanmoins rendue plausible par le fait que les diplômes portent des sceaux officiels (même le sceau de la Confédération, avec la signature de la chancellerie fédérale authentifiant la signature précédente du chancelier de l'Etat cantonal) ; ces sceaux sont destinés à faire admettre que les diplômes sont « légalisés » et « homologués auprès de la chancellerie d'Etat » (ce pourquoi le