

# La reconstruction des ponts de l'île à Genève

Autor(en): **Calame, Jules / Schubiger, Emil**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **79 (1953)**

Heft 21

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-59809>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

**Abonnements :**  
Suisse : 1 an, 24 francs  
Etranger : 28 francs  
Pour sociétaires :  
Suisse : 1 an, 20 francs  
Etranger : 25 francs  
Prix du numéro ; Fr. 1.40  
Abonnements et n<sup>os</sup> isolés  
par versement au cpte de  
ch. postaux Bulletin techni-  
que de la Suisse romande  
N<sup>o</sup> II. 5776, à Lausanne.  
**Rédaction**  
et éditions de la S. A. du  
Bulletin technique (tirés à  
part), Case Chauderon 475  
**Administration**  
Ch. de Roseneck 6 Lausanne

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitoux, architecte, à Lausanne ; Secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg : MM. P. Joye, professeur ; † E. Lateltin, architecte — Vaud : MM. F. Chenaux, ingénieur ; † H. Matti, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. † L. Archinard, ingénieur ; Cl. Grosgrin, architecte ; E. Martin, architecte ; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel : MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. J. Dubuis, ingénieur ; D. Burgener, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration  
de la Société anonyme du Bulletin technique : A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitoux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

## Tarif des annonces

1/1 page	Fr. 264.—
1/2 »	» 134.40
1/4 »	» 67.20
1/8 »	» 33.60

Annonces Suisses S. A.  
(ASSA)



Rue Centrale 5. Tél. 22 33 26  
Lausanne et succursales

**SOMMAIRE :** *La reconstruction des ponts de l'Île à Genève*, par JULES CALAME, ingénieur-conseil à Genève, et par EMILE SCHUBIGER, ingénieur-conseil à Zurich. — **DIVERS :** *Les nouveaux laboratoires de mécanique des fluides et d'étude de la combustion de la S. A. Brown, Boveri & Cie, à Baden.* — **BIBLIOGRAPHIE.** — **SERVICE DE PLACEMENT.** — **DOCUMENTATION GÉNÉRALE.** — **DOCUMENTATION DU BATIMENT.** — **NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.**

## LA RECONSTRUCTION DES PONTS DE L'ÎLE A GENÈVE

par JULES CALAME, ingénieur-conseil à Genève,  
et par EMILE SCHUBIGER, ingénieur-conseil à Zurich.

### Etat avant la reconstruction

Les ponts de l'Île, avant leur récente reconstruction — entre la place Bel-Air et la place de Saint-Gervais — constituaient un ensemble d'une ordonnance remarquable pour servir de liaison entre les deux rives du Rhône. Mais cet ensemble était plus apparent que réel : il était constitué, pour l'ingénieur, par une succession de constructions diverses, dont les plus anciennes étaient antérieures à l'aménagement des Forces motrices de la Coulouvrenière et dataient du début de la construction métallique ; c'est dire que plusieurs des poutres des tabliers — à l'exception de quelques éléments renforcés entre temps — avaient plus de soixante-dix ans d'âge.

A cet égard, on pouvait cependant distinguer :

*un très large pont sur le bras gauche du Rhône (appelé autrefois « le pont de l'Île »), dont la disposition générale est demeurée inchangée pendant les travaux d'exé-*

cution de l'usine de la Coulouvrenière, de 1884 à 1887 ; et

*deux ponts distincts sur le bras droit (celui d'aval communément dénommé « pont des Frises »), dont la disposition générale a été modifiée à diverses reprises et notamment complétée en 1886-1887, par un pont intermédiaire pour constituer finalement le large ensemble du « pont de Saint-Gervais » sur le bras droit, très semblable au « pont de l'Île » sur le bras gauche.*

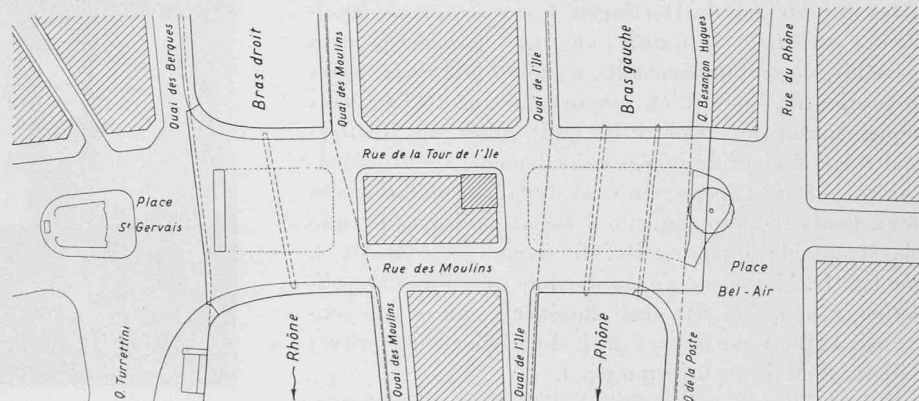


Fig. 1. — Plan général de situation.

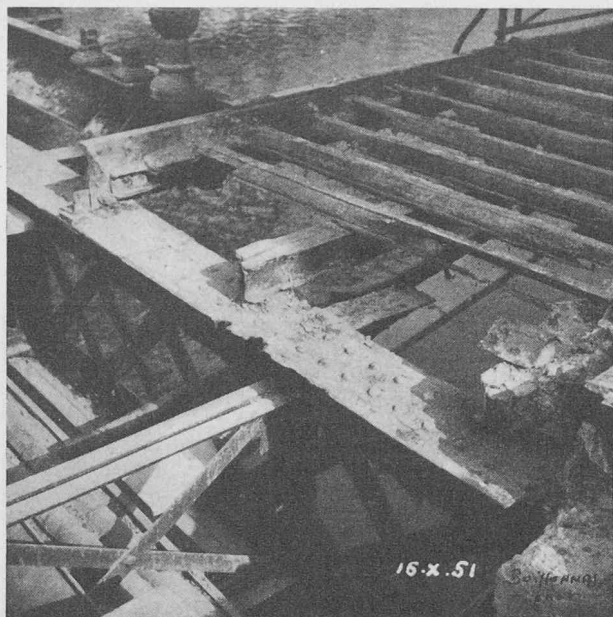


Fig. 2. — Ancien pont B. D. Etat des porteurs du trottoir du quai des Moulins.

Avant la récente reconstruction, chacun des ponts comportait deux chaussées d'environ 8 m de largeur, séparées l'une de l'autre par une large place de stationnement qui donnait à ces ponts une largeur voisine de 43 m, du même ordre de grandeur que leur longueur, c'est dire qu'ils prenaient l'allure de véritables « places », qui d'ailleurs servaient à des fins diverses (marchés ou stationnement de voitures, dans la mesure où l'infrastructure le permettait).

Au sujet de l'état de conservation de ces ponts, on pouvait, vers 1950, faire les remarques suivantes :

Un raccordement préalable du trottoir aval du quai de la Poste, en 1949, avait amené les constructeurs d'alors à faire des réserves au sujet de l'état de conservation des poutres maîtresses. D'autre part, la Compagnie genevoise des Tramways électriques demandait l'autorisation de faire circuler, en lieu et place des tramways, des trolleybus pesant en charge plus de 16 tonnes, appelés à circuler à sens unique tant sur la chaussée d'amont que sur la chaussée d'aval.

Le Département des travaux publics du canton de Genève, préoccupé des constatations faites, chargea la S. A. Conrad Zschokke et particulièrement ses spécialistes des Ateliers de Döttingen d'une inspection détaillée des porteurs principaux, constitués par des poutres à treillis, de section constante, en fers plats rivés. Cette inspection fit l'objet d'un rapport du 2 mai 1950, dans lequel toutes les régions les plus usées des poutres maîtresses étaient désignées spécialement. L'estimation, par ces mêmes experts, du coût de la consolidation des deux ponts — pour laquelle il fallait envisager le remplacement de quelque 16 000 rivets — s'élevait à 950 000 fr. Mais il ne s'agissait alors que d'une consolidation, sans qu'on pût ainsi éliminer — en ce qui concernait le pont sur le bras droit du Rhône — de graves défauts dont il va être question.

Si les tabliers devaient faire l'objet de travaux importants, il était indiqué de se demander dans quelle

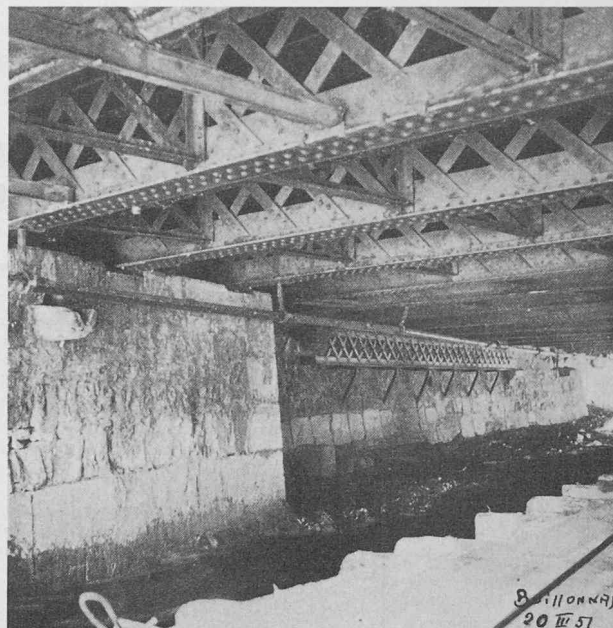


Fig. 3. — Vue par-dessous de la poutraison de l'ancien pont B. D. et l'ancienne culée rive gauche.

mesure ils reposaient sur des assises solides qui pourraient assurer leur longévité.

Sous ce rapport, il y avait lieu de distinguer nettement les ponts sur le bras gauche de ceux sur le bras droit, et voici pourquoi :

Les deux piles intermédiaires du pont à trois travées sur le bras gauche ont fait l'objet d'une consolidation importante dans les années 1935 et 1936, par un encoffrement des fondations des piles — chacune dans une enceinte de palplanches métalliques — et par enrobage des anciennes colonnes portantes dans un massif de béton armé, qui constitue de ce fait une paroi continue. A première vue — et ce fut encore le cas au

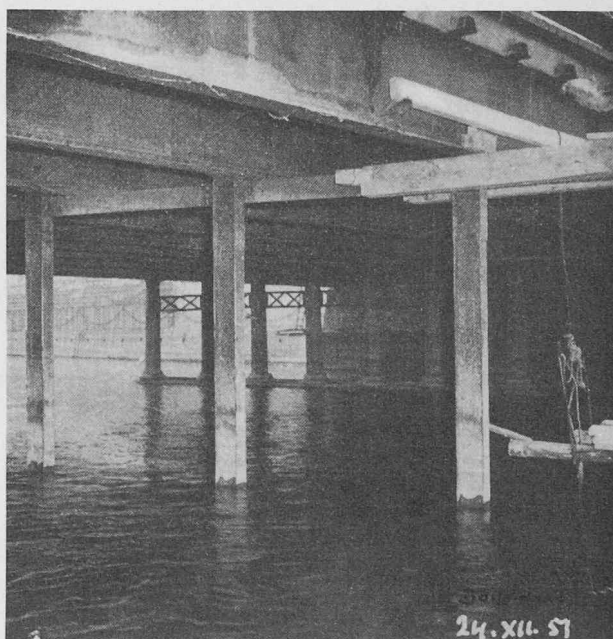


Fig. 4. — Les appuis de l'ancien pont B. D.

cours des travaux — on pouvait considérer ces piles du bras gauche comme étant à même de procurer encore longtemps, dans de bonnes conditions, une réaction d'appui suffisante au tablier. Il en fut de même à peu de chose près des *culées* sur rive gauche et sur rive droite dans ce même bras gauche du Rhône<sup>1</sup>.

Les *ponts anciens sur le bras droit* étaient, en revanche, loin de présenter la même sécurité; ils avaient été constitués par des tabliers différents, construits à diverses époques et pour lesquels on avait adapté chaque fois les *culées* appropriées, mais sans se préoccuper outre mesure de l'écoulement du fleuve.

Les deux piles intermédiaires de l'ancien pont à trois travées, sur le bras droit, n'avaient pas fait l'objet non plus d'une consolidation analogue à celle des piles du pont sur le bras gauche; ces piles étaient constituées par des colonnes évidées en fonte, assez importantes sous les chaussées, ou par de simples profilés montés sur des pieux moisés en bois sous la place de marché intermédiaire (ce qui n'avait jamais permis d'utiliser cette place pour un stationnement de voitures et de camions).

De plus, ces piles et ces *culées*, qui dataient d'avant l'exécution des travaux de 1883, ne correspondaient pas du tout à un écoulement rationnel du Rhône et donnaient lieu non seulement à des remous néfastes, mais à une mauvaise direction générale de l'écoulement du fleuve, qui était devenue d'autant plus frappante qu'elle quittait délibérément l'alignement de l'imposant quai Turretini. A cet endroit, en effet, la *culée* de rive droite avait été complétée, lors de son raccordement avec le nouveau quai, par un massif postiche, et ce dernier constituait, pour l'écoulement du fleuve, un obstacle saillant, rétrécissant singulièrement la section de passage; ce massif a disparu aujourd'hui avec l'ancienne *culée*.

Quant à la *culée* de rive gauche de ce même pont, qui était pratiquement invisible, mais qui fut mise à nu lors de la démolition du tablier, son contour hétéroclite ne s'expliquait que par la construction indépendante de tabliers successifs; elle s'opposait elle aussi à un écoulement normal du Rhône. Sur une longueur appréciable, elle paraissait servir en plus de massif de fondation à l'angle de l'immeuble du quai des Moulins (entre la rue de la Tour-de-l'Île et la rue des Moulins). Il fallait vouer à la reconstruction de la *culée* à cet endroit une attention redoublée et lui donner une forme qui assurerait dans la suite le tranquille écoulement du Rhône.

<sup>1</sup> A cet égard, il est curieux de remarquer que la véritable *culée* rive gauche de ce pont n'est pas visible; elle est située derrière le gros égout collecteur de la rive gauche et a été renforcée. La *culée* apparente n'est en réalité qu'un mur de quai qui fait apparaître la travée qui l'enjambe plus courte que les deux autres.

Saisi d'une proposition définitive du Département des travaux publics du 23 octobre 1951, le Conseil municipal de la ville de Genève prit, le 16 novembre suivant, un arrêté ouvrant un crédit de 2 millions de francs pour la reconstruction des ponts de l'Île, la rectification du lit du Rhône, la correction des *culées*, la réfection des chaussées et la modification de l'éclairage public. Incombaient en outre aux autres services publics — admis à bien plaisir sur les ponts — les dépenses relatives aux modifications importantes du tracé de leurs conduites respectives dans la traversée de l'Île et des deux bras du Rhône.

### Les nouveaux ponts

Disons d'emblée qu'on les a exécutés, pour la commodité de la reconstruction, en deux moitiés indépendantes (de part et d'autre de l'axe longitudinal) — moitié amont et moitié aval — sous la forme de larges dalles continues en béton précontraint, solidement raidies transversalement.

La dalle constituant le tablier du pont sur le *bras gauche* est une dalle *pleine* sur trois travées et s'appuie sur les piles et *culées* existantes; elle a une épaisseur de 40 cm au milieu de chacune des trois travées d'environ 14 m de portée et va en s'épaississant jusqu'à 70 cm sur les piles. Les appuis de la dalle ne sont pas continus, mais concentrés en des points distants de 2,38 m les uns des autres. Les appuis *fixes* ont été placés à l'une des extrémités du pont, sur l'Île, tous les autres appuis étant des appuis *mobiles* permettant la déformation vers la place Bel-Air.

La dalle constituant le tablier du pont sur le *bras droit* est, en revanche, une dalle *évidée* sur deux travées seulement et s'appuie sur une *nouvelle pile médiane*, construite au milieu même du fleuve et sur les *culées* reconstruites; la dalle *évidée* a une épaisseur constante de 88 cm dans chacune des deux portées d'environ 21 m. Les appuis de la dalle sont concentrés en des points distants de 1,90 m les uns des autres. Les appuis *fixes* ont été placés, ici aussi, à l'une des extrémités du pont, sur l'Île, la déformation pouvant se faire librement du côté de Saint-Gervais; tous les autres appuis sont des appuis *mobiles*; tous sont construits de façon

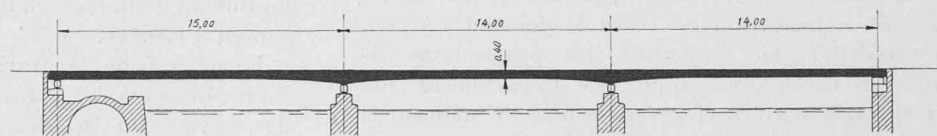


Fig. 5. — Coupe longitudinale du pont du bras gauche.

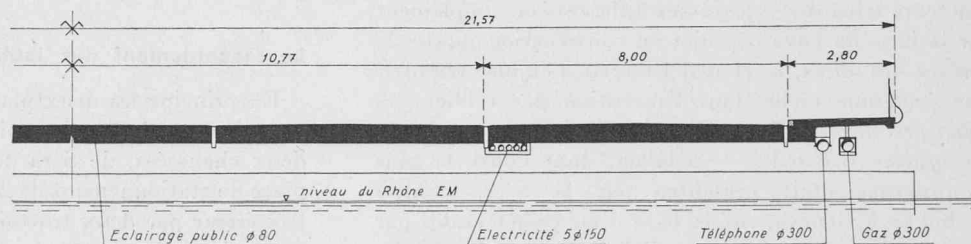


Fig. 6. — Demi-pont amont bras gauche, coupe transversale.

à pouvoir être corrigés en hauteur, dans le cas probable — qui s'est révélé d'ailleurs effectif — où la pile médiane viendrait, en raison du terrain de fondation, à tasser plus fortement que les culées durant la période de construction.

Il s'agit donc, à première vue, de porteurs continus d'un type bien connu. Cependant le fait que les rives des deux bras du Rhône ont un alignement curviligne et que des arrondis importants ont été prévus — côté Saint-Gervais — pour le raccordement des chaussées et des trottoirs, a obligé de tenir compte de la variation dans la longueur des travées et des surcharges provoquées par ces élargissements importants. De plus, la grande largeur de ces ponts — construits par moitiés indépendantes — a conduit à tenir compte essentiellement de la répartition *transversale* des efforts, qui se révélera très importante, lors des épreuves de charge.

#### La mise en soumission des travaux

Le Département des travaux publics avait décidé, fort de son expérience, de ne pas faire exécuter un projet définitif, mais de faire établir par un bureau d'ingénieur un avant-projet en construction mixte (dalle de béton armé entre poutrelles à larges ailes) pour chacun des deux ponts — sur deux travées et sur trois travées — que l'on mettrait en soumission entre des usines de constructions métalliques, lesquelles auraient à s'associer avec des entreprises de génie civil de la place de Genève, pour exécuter la dalle en béton armé.

Cette association d'intérêts peu usuelle fit naître, chez deux soumissionnaires l'idée de demander à pouvoir présenter, en variantes, des propositions de tabliers en béton précontraint. Le Département, qui était en train d'exécuter précisément à ce moment-là le nouveau pont de l'Ecu, à Châtelaine, par le procédé Freyssinet, jugea la proposition intéressante.

Malgré d'attrayantes propositions faites par les constructeurs selon des types assez différents ou simplement sur la base de l'avant-projet en construction mixte, la rentrée des offres, le 31 mai 1951, fit d'emblée ressortir une économie réelle dans l'exécution des tabliers en *béton précontraint*. La préférence fut finalement donnée au système *B.B.R.V. — Stahlton*, dont l'offre la plus avantageuse était présentée par la S.A. Conrad Zschokke à Genève, sur la base d'un projet établi par E. Schubiger, ingénieur-conseil à Zurich. Il fut finalement décidé d'adjuger à cette société l'exécution des

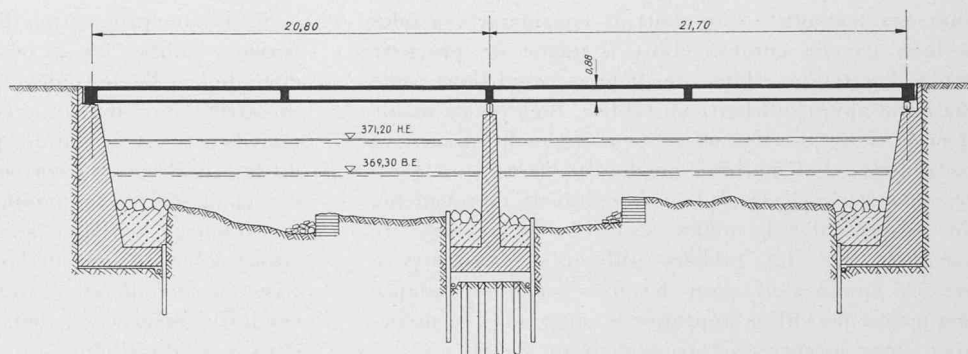


Fig. 7. — Coupe longitudinale du pont du bras droit.

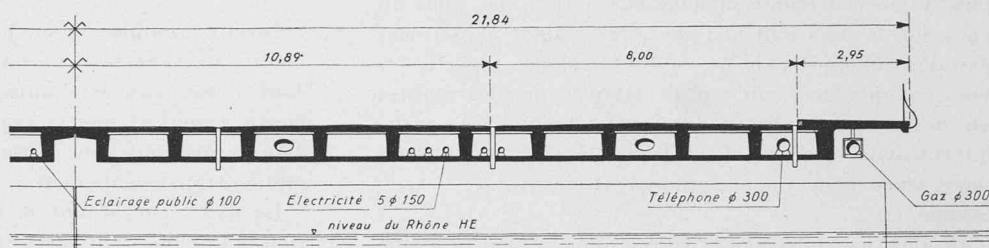


Fig. 8. — Demi-pont amont bras droit, coupe transversale.

deux tabliers et à forfait, sur la base d'une description définitive des travaux.

Préalablement à cette mise en soumission, une autre tranche de travaux avait fait l'objet d'une description détaillée, celle de la reconstruction des culées et de la pile médiane du pont sur le bras droit. A la suite d'une autre mise en soumission, le Département adjugea ces travaux à une association des deux entreprises qui avaient fourni les bases les mieux étudiées et les prix les plus avantageux : la S. A. Conrad Zschokke et Ed. Cuénod S. A., toutes deux à Genève. A cause des imprévus nombreux présentés par la reconstruction des culées sur les deux rives, ainsi que par la pile, dans un terrain que l'on savait peu favorable, il n'a pu être question, pour cette dernière tranche de travaux, de les traiter à forfait ; on l'a fait sur la base de prix unitaires arrêtés d'avance, mais s'appliquant à des quantités que donneraient les attachements pris régulièrement sur le chantier par la direction des travaux, confiée au Bureau d'études techniques Jules Calame, ingénieur-conseil à Genève.

La supervision des travaux, leur contrôle financier et les revêtements des chaussées demeureront du ressort des services du Département des travaux publics, en l'espèce de M. Jacques Weber, ingénieur cantonal et de son adjoint, M. D. Baroni.

#### Le raccordement des tabliers et les services publics

En principe les deux ponts neufs, vus en plan, conservent les mêmes dimensions que les ponts anciens : deux chaussées, de 8 m de largeur, séparées par une place de stationnement de 21,60 m environ, et bordées à l'extérieur par deux trottoirs, d'une largeur de 2,80 m sur le bras gauche et de 2,95 m sur le bras droit du Rhône.

Les chaussées traversent l'île avec la même largeur de 8 m. Aux deux extrémités, sur les rives mêmes du Rhône, des raccordements ont été prévus qui tiennent compte des conditions locales particulières :

Du côté de la place Bel-Air, un arrondi avait été construit à l'aval déjà en 1949/50, lors de l'élargissement du quai de la Poste. Le Département des travaux publics a désiré le conserver, bien que ses dimensions ne cadrent plus très heureusement avec celles du pont neuf ; elles avaient été établies pour le raccordement au pont ancien.

Du côté de Saint-Gervais avait été construit, après coup, un grand triangle pour raccorder la chaussée du vieux pont au quai des Bergues ; c'était une construction de fortune, dont la forme était peu esthétique. On l'a remplacée par une courbe à rayon décroissant qui s'adapte mieux aux nécessités du trafic à cet endroit. On a fait d'ailleurs de même à l'aval le raccordement au quai Turretini.

Le raccordement de l'arrondi du quai des Bergues, dont il vient d'être question, a présenté certaines difficultés, dès l'instant qu'on s'est trouvé en dehors du pont proprement dit : en effet, le trottoir à cet endroit, dont le porte-à-faux s'allonge de 2 m à 3,50 m, ainsi que la chaussée, peuvent subir une surcharge roulante importante ; le Département a même imposé un calcul prévoyant une surcharge concentrée de 4 t dans le bord du trottoir (au lieu des 2 t prévues dans les normes S.I.A., et ceci par sécurité, pour tenir compte d'une roue de camion ou de trolleybus qui aurait débordé sur le trottoir en franchissant accidentellement la faible hauteur de 14 cm de la bordure). Dans ces conditions, la construction neuve du raccordement a dû être équilibrée par un contrepoids de béton dans la chaussée, l'appui essentiel de cette construction demeurant le mur de soutènement du quai ; l'encombrement nécessaire à ce contrepoids a amené à cet endroit quelques difficultés dans le passage des conduites des services publics, dans celle du téléphone notamment qui passe au travers du contrepoids.

Les anciens ponts de l'île ont toujours servi au passage de diverses conduites, qui s'y trouvaient à bien plaisir, et qui jouent un rôle essentiel à cette jonction d'une rive à l'autre du Rhône, ainsi qu'à l'alimentation de l'île proprement dite. Ces diverses conduites, celles de l'eau, du gaz, de l'électricité, du téléphone, des tramways, avaient été placées au mieux des considérations du jour, lors de la construction des anciens ponts ; plusieurs d'entre elles étaient doublées, en ce sens qu'elles passaient sous la chaussée des ponts d'amont et des ponts d'aval. Les divers services publics ont été invités à simplifier, dans toute la mesure du possible, la nouvelle traversée des ponts. Il fallut trouver, pour toutes ces conduites, une ordonnance rationnelle, ce qui n'a pas permis de donner partout une solution esthétique. Il aurait fallu pouvoir noyer partout ces conduites dans l'épaisseur du pont, mais les faibles dimensions de la dalle du pont sur le bras gauche ne se prêtaient pas à cette disposition ; de plus, dans le bras gauche, le Rhône est toujours très haut et n'aurait pas permis une révision facile des conduites, en cas de fuite du fluide transporté, si l'on s'était borné à suspendre les conduites sous le tablier. C'est pourquoi les solu-

tions intervenues ont tenu compte essentiellement, soit des conditions à réaliser au raccordement des conduites à l'extrémité des ponts, soit enfin de leur alignement parfait le long des ponts, notamment pour les téléphones et les câbles électriques. C'est ce qui explique les dispositions prises :

La conduite  $\varnothing$  350 mm du Service des eaux a finalement été suspendue sous les trottoirs aval, celle  $\varnothing$  300 mm du Service du gaz sous les trottoirs amont.

Quant aux câbles électriques, soit ceux à haute tension, soit ceux de l'éclairage public, ils ont été placés dans des gaines en « éternit » qui se trouvent être soit suspendues sous le tablier du pont du bras gauche, soit logées dans le vide de la dalle du pont du bras droit.

Ce sont les câbles téléphoniques qui ont eu à subir les plus grands déplacements et qui ont nécessité, pour le compte de l'Administration des P.T.T., la reconstruction de plusieurs chambres aux extrémités des deux ponts. Les nouveaux ponts servent maintenant au passage de trois câbles téléphoniques neufs (remplaçant quinze câbles anciens), lesquels se trouvent suspendus sous les trottoirs amont, dans une seule gaine en éternit  $\varnothing$  300 mm).

\* \* \*

Mais la transformation la plus radicale fut sans doute celle imposée aux *trolleybus* durant la construction. Ayant succédé en 1950 définitivement aux tramways (dont les voies étaient demeurées dans la chaussée et furent récupérées pendant la démolition), les trolleybus se virent obligés de déplacer une première fois leurs lignes aériennes pour ne circuler, avec des prescriptions spéciales, *dans les deux sens*, que sur les demi-ponts *aval* ; une deuxième fois pour circuler *dans les deux sens*, mais sur les demi-ponts *amont* reconstruits ; une troisième fois enfin, pour rétablir leur circuit définitif à *sens unique* sur chacun des deux ponts. Ces modifications du trafic avaient une répercussion immédiate dans la transformation à trois reprises et toujours délicate des lignes et des aiguillages aériens aux extrémités des deux ponts.

Les prescriptions spéciales dont il vient d'être fait mention consistaient à n'autoriser — dans la première phase des travaux 1951/52 — qu'un seul trolleybus à la fois sur l'un des anciens ponts, soit dans un sens, soit dans l'autre, afin de ménager la résistance limitée du vieux pont ; les vélos traversaient eux aussi dans les deux sens ; seules les autos furent astreintes, durant un an environ, au sens unique de Saint-Gervais vers Bel-Air.

Dans la deuxième phase des travaux 1952/53, on autorisa d'emblée, sur le demi-pont amont reconstruit, la circulation provisoire dans les deux sens de tous les véhicules sans limitation de la charge.

\* \* \*

Il faut mentionner aussi, pour être complet, les modifications successives de l'éclairage public, le déplacement à plusieurs reprises des *marchés* hebdomadaires et finalement le guidage des *piétons* le long des trottoirs — qu'on ne cessa de leur réserver devant les magasins

des commerçants à l'aide même de passerelles de service en bois.

Ces travaux de déplacement, puis de reconstruction, ont pu être exécutés sans qu'il n'intervienne aucune perturbation sérieuse pour les usagers des services publics.

#### Les fondations des piles et des culées. Les appuis et les joints

A cet égard, les problèmes qui se posaient ont été bien différents dans le bras gauche et dans le bras droit du Rhône.

##### A. Pont sur le bras gauche

Dans le *bras gauche* qui sert de canal d'aménée à l'usine de la Coulouvrenière dans des conditions de parfaite régularité, il ne semblait pas à première vue qu'il y eût rien à modifier dans les murs d'appui du pont. On a rappelé plus haut déjà l'importante réfection des deux piles, exécutée par la S. A. Conrad Zschokke en 1935/36. L'état de la maçonnerie des culées, telle qu'elle apparut une fois l'ancien pont démoli, était très satisfaisant, de sorte qu'on put se décider à ne rien modifier d'essentiel, mais simplement à reconstituer, sur les deux piles et sur les culées, les surfaces d'appui qui maintenant étaient appelées à recevoir les nouveaux appuis du tablier — qui ne sont pas continus mais qui concentrent, à une distance de 2,38 m les uns des autres, des réactions d'appui maximum de l'ordre de

70 t par appui sur les piles en rivière,  
30 t par appui sur chacune des culées,

les lignes d'appui étant au nombre de neuf sur la largeur d'un demi-pont. La culée de rive droite, en l'île, sert de base aux appuis *fixes*, les deux piles en rivière et la culée de rive gauche servent aux appuis *mobiles*.

Chaque *pièce d'appui* est constituée, dans tous les cas, par la superposition de deux tôles (de 270/90 mm pour les appuis de 70 t et de 130/70 mm pour les appuis de 30 t), chacune de 20 mm d'épaisseur, l'une rabotée plane, l'autre cylindrique de 300 mm de rayon; elles sont retenues horizontalement entre elles par deux goujons d'acier  $\varnothing$  15 mm.

Un appui *fixe* ne comporte qu'une seule pièce d'appui.

Un appui *mobile*, en revanche, en comporte deux, au-dessus et au-dessous d'un dé, fortement armé par frettage (de 45/35 cm de section horizontale sous 70 t et de 30/30 cm sous 30 t), qui joue le rôle d'un pendule, oscillant verticalement lors d'une déformation longitudinale du tablier. La hauteur libre — dans laquelle viennent se loger ces pendules et leurs deux pièces d'appui tous les 2,38 m — est de 43 cm, entre le dessous du tablier et la surface d'appui sur culée ou sur pile.

La dilatation longitudinale du tablier, de l'île vers la place Bel-Air, implique, en ce dernier endroit, un *joint mobile transversal* laissant, entre l'extrémité de la dalle du tablier et la culée, un jeu maximum de 20 mm par temps froid. Ce joint est recouvert par une tôle striée de 15 mm d'épaisseur, large de 155 mm fixée d'un côté sur une cornière scellée dans le bord de la culée rive gauche, et glissant de l'autre sur l'aile d'une autre cornière bordant la dalle du tablier.

Du côté de l'appui fixe, un simple fer plat de 200 mm de largeur couvre l'autre *joint transversal*; celui-ci pra-

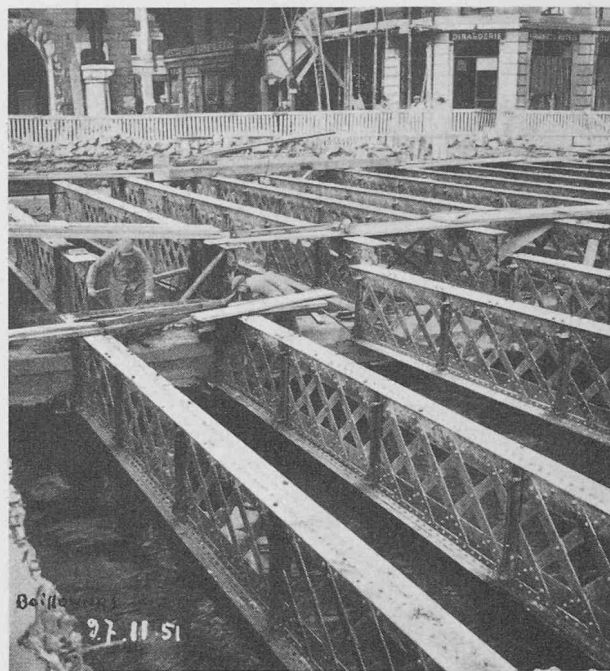


Fig. 9. — Reconstruction du pont B.G. L'entreprise a coupé les anciennes poutres sur les piles et les abaisse pour servir d'appui au coffrage de la nouvelle dalle.

tiquement *fixe* est constitué par une feuille de carton goudronné, entre la dalle du tablier et la maçonnerie de la culée rive droite.

Enfin un troisième *joint longitudinal*, demeurera ouvert dans l'axe du pont, laissant subsister une fente de 2 cm de largeur entre les deux moitiés du tablier, les bords étant renforcés par des cornières appropriées.

##### B. Pont sur le bras droit

L'écoulement du Rhône dans le bras droit a un tout autre caractère que dans le bras gauche; il est éminemment variable selon la saison et le débit du fleuve. Le niveau bas de l'hiver s'élève, dès la fonte des neiges et particulièrement au printemps, pour atteindre en juin un niveau maximum. Des précipitations imprévues à tout moment de l'année, dans le bassin versant

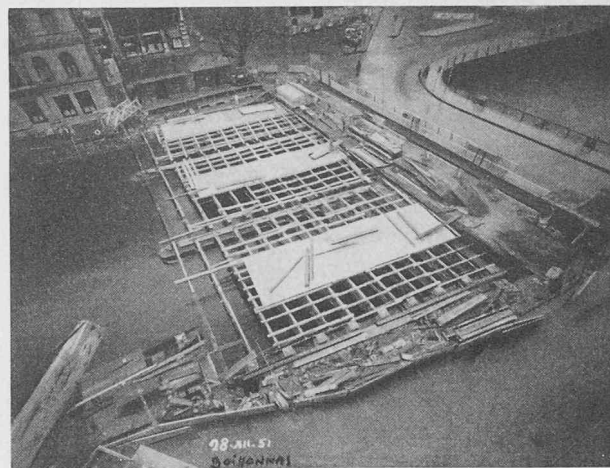


Fig. 10. — Construction du coffrage du tablier sur les anciennes poutres abaissées.

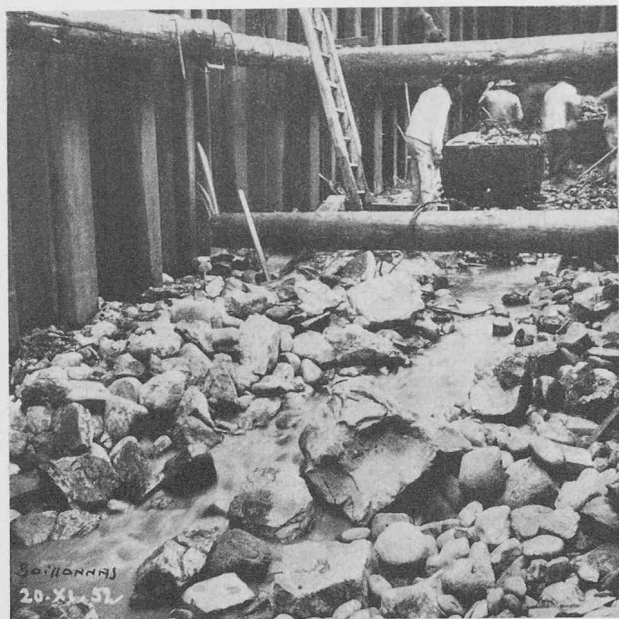


Fig. 11. — Reconstruction du pont B. D. Fouille, à l'abri d'un rideau de palplanches, pour la pile médiane.

du Rhône et des affluents du lac, amènent avec quelque retard *des crues* souvent considérables. Pour pouvoir les évacuer raisonnablement, le lit du Rhône du bras droit devra un jour être approfondi de 2,50 m en moyenne et ses rives seront carénées de façon à guider l'écoulement sans provoquer de remous inutiles. Or jusqu'ici un goulet plus étroit était précisément constitué sous l'ancien pont; ses culées et ses piles créaient des obstacles visibles qu'il fallait supprimer. On saisit l'occasion de la reconstruction des ponts pour remanier l'ensemble. La nouvelle pile médiane et les culées sont maintenant reconstruites, de façon que leurs massifs

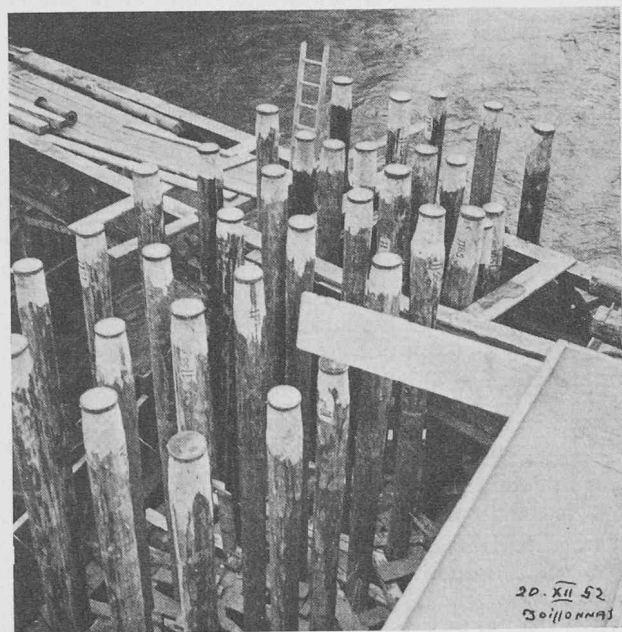


Fig. 12. — La forêt de pieux sous la moitié aval de la pile médiane, avant battage.

de fondation ne dépassent pas, dans le fleuve, la cote future du radier à la cote 365,50 envisagée dans le projet<sup>1</sup> de régularisation du Rhône (au lieu de 368,0 en moyenne actuellement). De plus, l'implantation des murs a été complètement transformée, de manière à constituer précisément ce guidage du fleuve dont il vient d'être question; la pile médiane, elle aussi, suit un alignement en « S » correspondant au guidage de l'eau et sa forme a évidemment compliqué les calculs et l'exécution; cet effort supplémentaire, qu'il était raisonnable d'accomplir en reconstruisant le pont, donnera satisfaction au Service fédéral des eaux — représentant des cantons riverains et ordonnateur des niveaux du Rhône — dans sa politique d'amélioration progressive de l'écoulement du fleuve à travers Genève.

#### La pile médiane

Comme sur le bras gauche, le tablier du bras droit repose sur des appuis distants transversalement de 1,90 m les uns des autres et supportant de même :

- 70 t par appui sur la pile médiane,
- 30 t par appui sur les culées,

les lignes d'appui étant ici au nombre de 12 sur la largeur d'un demi-pont, avec deux appuis supplémentaires sous l'élargissement provoqué par le raccordement de la chaussée au quai des Bergues, et un appui supplémentaire sous le raccordement au quai Turretini.

Répartie par m<sup>3</sup> de la pile médiane, cette charge maximum représente 37 t/m<sup>3</sup> et — au-dessous même de la surface d'appui où l'épaisseur de la pile est de 0,70 m — une pression moyenne de la maçonnerie de 5,3 kg/cm<sup>2</sup>. Au bas de la hauteur de 7 m de la pile, le poids propre de cette dernière s'ajoutant aux charges

<sup>1</sup> Projet établi par la S. A. Conrad Zschokke pour le Service fédéral des eaux, en 1936.



Fig. 13. — Le battage des pieux terminé.



du tablier, l'épaisseur de la pile a été portée à 1 m pour maintenir la même pression. Il n'y a à aucun endroit un risque de flambage de cette pile relativement mince.

La semelle de fondation de 1 m d'épaisseur à l'amont et de 3,20 m de largeur aurait conduit sans autre à une pression maximum sur le sol de  $2 \text{ kg/cm}^2$ , ce qui se révélera bientôt exagéré.

Les sondages pratiqués à cet endroit dans le terrain de fondation révélèrent, en effet, à l'œdomètre, les caractéristiques très médiocres d'une glaise stratifiée à grains fins, ayant jusqu'à la plus grande profondeur les caractéristiques suivantes :

Poids spécifique de la glaise prélevée :  $1,8$  à  $1,9 \text{ t/m}^3$ ,  
teneur en eau :  $30$  à  $35 \%$  en volume,  
angle de frottement interne : de  $15^\circ$  à  $20^\circ$ ,  
cohésion voisine de seulement  $2,8$  à  $1,2 \text{ t/m}^2$ ,

ce qui permet d'estimer à une profondeur de  $3$  à  $3,5 \text{ m}$  d'après la formule de Fröhlich :

Une charge critique de ...  $1,95$  à  $1,70 \text{ kg/cm}^2$   
et le poinçonnement probable à  $2,9$  à  $4,6 \text{ kg/cm}^2$ .

Il n'était dès lors pas possible de penser à fonder la pile sans autre, même en élargissant démesurément sa semelle.

Le Laboratoire de géotechnique de l'Ecole polytechnique de Lausanne, qui avait déterminé ces caractéristiques, avait pu dans ces conditions prédire un tassement maximum possible de la pile de l'ordre de  $20 \text{ cm}$ , valeur qui n'était pratiquement pas acceptable. D'ailleurs le bureau E. Schubiger, ingénieur à Zurich, auteur du projet du tablier du pont sur deux travées, avait indiqué que, pour éviter toute contrainte exagérée, la dénivellation maximum relative de la pile par rapport aux culées ne devrait pas dépasser l'ordre de grandeur de  $7$  à  $10 \text{ mm}$ . Même en admettant un tassement des culées — qui ne pouvait être que beaucoup plus faible que celui de la pile, le terrain ayant déjà tassé depuis plusieurs dizaines d'années — on voit qu'on était loin de compte.

Il s'agissait alors de déterminer sans délai :

- 1° un mode de fondation qui limite le tassement ;
- 2° un mode d'observation qui permette de le mesurer ;
- 3° un dispositif de correction de l'appui du tablier sur la pile médiane, qui permette de réduire, dans une mesure suffisante, l'abaissement du tablier sur la pile, dans le cas où cette dernière viendrait effectivement à tasser plus fort que les culées.

1. Fort des conseils du professeur Daniel Bonnard, qui avait suivi avec attention les essais enregistrés, on prit autour de la pile médiane les mesures suivantes :

Approfondissement du rideau de palplanches, de  $2 \text{ m}$  à  $3,50 \text{ m}$  autour de la pile, pour retrouver l'étanchéité momentanément perdue.

Battage, au-dessous de la semelle, d'une forêt de pieux en bois de  $10$  à  $12 \text{ m}$  de profondeur (une centaine de pieux environ sous une demi-pile).

En d'autres termes : remplacer le terrain naturel sous la pile par un faisceau de pieux, réduisant ainsi dans toute la mesure du possible la teneur en eau du terrain ; déplacer vers le bas le problème du tassement, lequel serait pratiquement inexistant sur la hauteur des pieux et ne se produirait finalement que dans les couches inférieures — un peu plus résistantes — et sur une

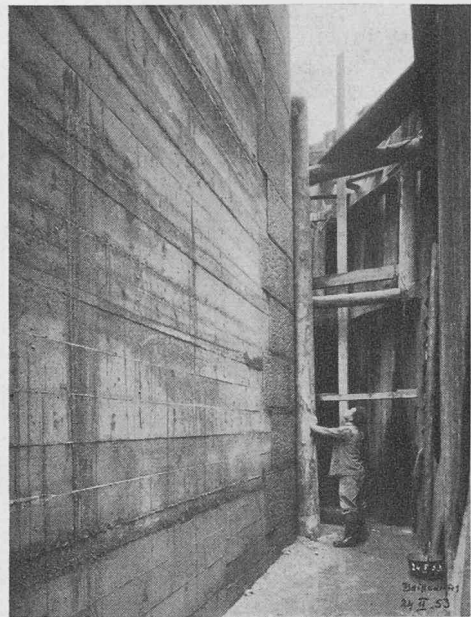


Fig. 14. — La pile médiane terminée.

surface de répartition agrandie, qui réduirait ainsi le tassement exagéré à une valeur encore acceptable de l'ordre de  $1$  à  $2 \text{ cm}$ .

Pour empêcher l'enceinte de palplanches de s'élargir sous la pression des pieux, on prit encore la précaution de souder, entre les deux bords de l'enceinte, neuf tirants d'acier par demi-pile, constitués par des fers plats de  $20/150 \text{ mm}$  tous les  $2,40 \text{ m}$ .

2. L'observation se fit par des nivellements de précision, exécutés par les soins du Service du cadastre, à partir de points fixes, dès le début de la construction de la pile et des culées. Une fois la pile exécutée jusqu'à son couronnement dans sa moitié amont, on put observer, du  $10$  mai au  $12$  juillet 1952, sous son propre poids un tassement variant de  $6$  à  $8 \text{ mm}$  de la pile et (depuis le début des travaux) un tassement du même ordre de grandeur des culées. Le  $12$  juillet, le bétonnage de la moitié amont du tablier était terminé. Le béton de la dalle supérieure (au-dessus de l'évidement) avait été exécuté à l'aide de ciment de Roche spécial pour réduire la durée de la prise. Les travaux de précontrainte du tablier jusqu'à  $50 \%$  furent engagés trois jours plus tard, jusqu'au  $19$  juillet, afin d'éviter l'affaissement du cintre dans les travées, et eurent pour effet immédiat de décoller le tablier du coffrage et d'en reporter la charge sur la pile et les culées. L'augmentation du tassement qui en résulta dès lors fut en moyenne, depuis le début des mesures de nivellement, de l'ordre de

$9 \text{ mm}$  pour la pile  
et de  $3 \text{ mm}$  pour les culées,

provoquant ainsi un abaissement relatif de  $6 \text{ mm}$  du tablier sur la pile avant l'épreuve du pont par des charges roulantes.

3. Les corrections qu'il convenait d'apporter alors au niveau du tablier sur la pile le furent par un jeu de six vérins, capables de fournir chacun un effort de l'ordre de  $150 \text{ t}$ , vérins qui furent engagés momentanément aux endroits prévus sur la pile et sous le tablier, et

manœuvrés *simultanément*, dans la mesure qui devait correspondre au tassement relatif, relevé pour chacun des douze appuis mobiles de 70 t *réglables* (prévus pour être relevés au maximum de 50 mm).

Une fois les vérins mis en place et leur commande assurée par le jeu d'une pression hydraulique, le levage du tablier sur la pile s'exécuta progressivement en dix minutes environ. Des *cales* en tôle d'acier, de hauteur variable, avaient été préparées qui devaient correspondre exactement au relevage désiré sous chacun des douze appuis respectifs; elles furent engagées dans l'espace légèrement surabondant laissé libre par le soulèvement du tablier et qui disparut partout, une fois la pression d'eau supprimée et les vérins retirés.

Le *relevage du tablier*, sur la moitié amont de la pile médiane, fut ainsi exécuté le matin du 19 août 1952, sur une hauteur variant linéairement de 7,5 mm à l'appui n° 1 (près de l'axe du pont) à 9 mm à l'appui n° 12 (à l'amont de la pile).

L'épreuve par des charges roulantes (dont le poids est évidemment faible, comparé à celui du tablier du pont) ainsi que la mise en service et l'exploitation de cette moitié amont du tablier, ont donné lieu à de nouveaux tassements régulièrement observés et dont on trouvera ci-dessous la valeur, mesurée par rapport au niveau de la pile exécutée jusqu'à son couronnement, c'est-à-dire une fois acquis l'essentiel du tassement de la pile sous son propre poids, à savoir :

15. 7.52	Niveau de comparaison . . . . .	± 0,0 mm
18. 8.52	Tassement moyen de la pile après précontrainte et décentrement . . . . .	— 6,3 »
19. 8.52	Relèvement du tablier (en moyenne) . . . . .	+ 8,3 »
19. 8.52	Réserve pour tassements ultérieurs . . . . .	+ 2,0 mm
8. 9.52	Nivellement de contrôle (en moyenne) . . . . .	+ 0,3 »
13.10.52	(indication de la cote moyenne sous le zéro de départ) . . . . .	— 1,1 »
10.11.52	» » . . . . .	— 3,2 »
8.12.52	» » . . . . .	— 4,8 »
5. 1.53	» » . . . . .	— 5,1 »
5. 2.53	» » . . . . .	— 5,9 »

A première vue ce tassement *de la pile* pourrait paraître alarmant, puisque sa valeur admissible, par affaissement de la pile médiane, ne devrait pas dépasser 7 mm, si les culées restaient en place. En réalité il s'agit, pour le tablier, d'un affaissement *relatif*: affaissement de niveau de la pile par rapport au niveau des culées.

Or *les culées* durant ce même temps ont tassé elles aussi, à partir du zéro initial le 15 juillet 1952, des quantités suivantes, que nous inscrivons de part et d'autre du tassement de la pile :

Tassement moyen (de quatre points alignés)	Culée rive gauche	Pile médiane	Culée rive droite	
par nivel- lement de précision donnant 0,10 mm	19. 8.52	— 1,1 mm	+ 2,0 mm	— 2,2 mm
	8. 9.52	— 1,5 »	+ 0,3 »	— 3,5 »
	13.10.52	— 3,8 »	— 1,1 »	— 4,6 »
	10.11.52	— 4,6 »	— 3,2 »	— 6,8 »
	8.12.52	— 5,6 »	— 4,8 »	— 7,6 »
	5. 1.53	— 6,8 »	— 5,1 »	— 8,0 »
	5. 2.53	— 8,6 »	— 5,9 »	— 8,4 »

On voit ainsi que, si la pile continue à tasser très légèrement, les culées en font de même — actuellement dans une proportion peu différente. On avait estimé

probable qu'au cours des années, la pile médiane tasserait plus fort que les culées. Pour l'instant tel n'est pas le cas, puisque l'affaissement du tablier demeure *négatif* sur la pile, par rapport aux culées, et conserve une valeur pratiquement constante. Mais si la pile devait plus tard tasser davantage, sans que les culées suivent dans la même proportion, on possède aujourd'hui une réserve de l'ordre de 2 à 3 mm au-dessus de la ligne joignant les niveaux des culées, en plus des 7 mm admissibles au-dessous.

Les chiffres qui précèdent et qui ont demandé une attention toute particulière ont été établis régulièrement par des nivellements de haute précision, exécutés chaque semaine par le Service cantonal du cadastre.

#### La culée rive gauche

Elle sert de support au tablier par l'intermédiaire des *douze appuis fixes*, dits de 30 t par demi-tablier, au-dessus desquels on retrouve les mêmes *joints fixes*, en l'Ile, que pour le tablier du bras gauche, la déformation du tablier se produisant de l'Ile vers la place de Saint-Gervais.

Répartis le long de la culée, cette charge d'appui représente 16 t/m<sup>2</sup> dont 60 % environ proviennent du poids mort.

La culée subit par ailleurs une poussée de terre sur une hauteur de 2,75 m, ainsi que la surcharge qui lui est transmise de la chaussée et du trottoir du quai des Moulins.

Le calcul des efforts les plus défavorables qui peuvent se présenter, soit en basses eaux du Rhône, soit par les plus fortes crues, conduit à une sollicitation de la maçonnerie ne dépassant pas 7 kg/cm<sup>2</sup>.

La pression sur le sol, que répartit la semelle de fondation, ne paraît pas devoir dépasser 1,6 kg/cm<sup>2</sup> dans les hypothèses les plus défavorables.

Etant donné le terrain de fondation sous les culées, dont les caractéristiques ne sont que peu différentes de celles du terrain sous la pile, on a jugé utile de vérifier *la stabilité de l'ensemble* et d'examiner la sécurité disponible vis-à-vis d'un glissement possible du terrain sous la charge des immeubles, glissement qui emporterait le mur et son rideau de palplanches.

Pour le faire, on a établi d'abord une *épure de Krey*, en supposant un glissement qui se ferait selon un cylindre circulaire et ceci pour les caractéristiques du terrain,

angle de glissement : 15°  
cohésion estimée à 0,28 kg/cm<sup>2</sup>,

d'où ressortait une charge critique de 10,5 t/m<sup>2</sup>.

Le critère de stabilité se trouve réalisé, mais avec une marge relativement faible.

On a tenu encore à établir, dans une hypothèse défavorable, une *épure de Mohr* pour une surface d'arrachement prenant sous la semelle du mur et passant par le pied du rideau de palplanches à 2,50 m sous la semelle de fondation. Ici encore la sécurité s'est montrée suffisante, mais avec une faible marge.

Dans la réalité, la consolidation du terrain, sous des immeubles bâtis depuis de longues années, paraît acquise et l'ouverture en grand de la fouille pendant le chantier n'a pas révélé de mouvement digne d'être

signalé. Il n'en reste pas moins que ce terrain, de qualité médiocre, méritait d'être examiné de très près et d'être traité avec tout le soin nécessaire.

Pour diminuer encore les risques de glissement et éviter que la glaise de base ne se trouve un jour affouillée sous la semelle du nouveau mur — quand on en viendra à approfondir le lit jusqu'à la cote du radier à 365,50 — le Département des travaux publics s'est rallié à l'avis du professeur Bonnard, préconisant la mise en place d'un enrochement posé sur les boulets couvrant la semelle du mur de culée, en guise de protection et de surcharge. Le poids de ces enrochements, constitués par des blocs calcaires de 150 à 200 kg la pièce, a été estimé d'après la formule dite des « débits solides » établie en 1935 par le Laboratoire de recherches hydrauliques de l'Ecole polytechnique fédérale, en posant la condition d'un arrêt du charriage du débit solide entraîné par le courant d'eau ; ces blocs ont, en effet, conservé leur position au cours des hautes eaux de l'été.

#### *La culée rive droite*

Elle a été traitée de la même manière que celle de l'autre rive, bien que son mur de soutènement n'ait pas à subir le poids de grands immeubles dans son voisinage immédiat. En revanche, une autre surprise survint lors de la démolition du mur de rive à l'amont, à savoir : la non-étanchéité du gros égout collecteur de la rive droite, dont les fuites importantes se déversaient dans

la fouille, à l'intérieur de l'enceinte de palplanches protégeant le chantier de la culée contre les eaux du Rhône.

Le Département des travaux publics fit exécuter, par une autre entreprise, la réparation du gros égout — dont il fallut momentanément détourner l'écoulement directement dans le fleuve — et c'est après la remise en état de ce gros collecteur que la construction de la culée rive droite put être reprise et menée à bonne fin.

Malgré toutes les précautions prises pour rendre étanche l'enceinte du chantier de la culée rive droite, une nappe d'eau n'a pas cessé de demeurer présente derrière le mur à un niveau de même cote que celui du Rhône. Il ne faut pas oublier, en effet, qu'en aval du pont, le quai Turrettini est constitué par un masque de dalles de granit s'appuyant sur des cadres triangulaires ajourés et que l'eau y séjourne des deux côtés.

Lors du raccordement à ce quai, un joint a été laissé ouvert entre la paroi terminale du quai et l'extrémité de la culée et l'on a fait disparaître à cette occasion le gros massif postiche de maçonnerie qui constituait une sorte de fausse culée de l'ancien pont et qui gênait considérablement l'écoulement du fleuve.

On retrouve sur cette culée rive droite du bras droit les mêmes *appuis mobiles*, dits de 30 t, que sur la culée rive gauche du bras gauche précédemment décrits, ici au nombre de 14 dans la moitié amont et de 13 dans la moitié aval, et un même *joint mobile transversal* avec son jeu de 20 mm.

(A suivre)

## DIVERS

### Les nouveaux laboratoires de mécanique des fluides et d'étude de la combustion de la S.A. Brown, Boveri & Cie, à Baden

C'est une nécessité, pour toute grande entreprise de construction de machines, de posséder d'importants laboratoires d'essais bien équipés, afin de pouvoir exécuter les intenses travaux de recherche indispensables à l'amélioration continue de ses produits. Consciente de ce besoin, la S. A. Brown Boveri & C<sup>ie</sup> à Baden vient d'ajouter à ses divers laboratoires installés il y a quelques années pour l'étude des machines et de l'appareillage électrique, un nouveau bâtiment équipé pour les recherches relatives aux problèmes posés par la construction des turbines à vapeur et à gaz, et par celle des compresseurs et soufflantes. Elle dispose ainsi de nouvelles possibilités d'étude qui complètent et remplacent en partie celles qu'offraient les laboratoires épars installés successivement au gré des besoins.

A l'occasion de l'inauguration de ces laboratoires, Brown Boveri a convié dans la dernière semaine de septembre un certain nombre de ses clients, venus en majeure partie de l'étranger puisque la plus grande partie de ses machines thermiques sont destinées à l'exportation, à venir passer une journée à Baden pour leur donner un aperçu des problèmes nombreux et variés que pose la construction des machines qu'ils utilisent. Les invités ont pu, au cours d'une visite admi-

nablement organisée, assister à une série d'expériences qui leur ont permis de se faire une idée du soin qu'apporte cette maison au perfectionnement incessant de ses procédés et se rendre compte du travail réalisé par l'équipe d'ingénieurs chargés des recherches.

C'est ainsi que l'on a pu voir, au laboratoire d'étude de la combustion, le fonctionnement d'un injecteur à deux tuyères concentriques permettant de régler dans de très larges limites la quantité de combustible injectée dans une chambre de combustion suralimentée, c'est-à-dire dans laquelle la combustion se fait sous pression comme dans les chaudières Velox et les turbines à gaz. L'écoulement de l'air, dans ce cas, dépend beaucoup du mouvement tourbillonnaire communiqué à l'air au moment de son entrée dans la chambre. Une autre chambre d'essai pour combustible liquide montrait l'influence sur la flamme des variations de débit d'air et de combustible. De tels essais donnent des indications précieuses pour la construction des chambres de combustion. Dans ce même laboratoire, on exécute des essais sur des ailettes de turbines refroidies et fonctionnant avec une température des gaz allant jusqu'à 1500° C.

Au laboratoire de mécanique des fluides, les visiteurs