

Problèmes de fondation pour l'agrandissement des magasins "Au Grand Passage" à Genève

Autor(en): **Knoblauch, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79 (1961)**

Heft 14

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-65497>

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.

sammlung des S.I.A. im Jahre 1932 in Lausanne waren Nachwirkungen zu spüren.

Es handelte sich damals, 1931, um eine jährlich auszurichtende Subvention von 150 000 Fr., und die Lausanner Initiative wurde vor allem unter Hinweis auf die Erziehungshoheit der Kantone nicht weiter verfolgt. In der soeben abgelaufenen Frühjahrssession der Eidg. Räte kam nun ein Finanzbegehren der EPUL zur Sprache, dem, unter dem Titel Nachwuchsförderung in den technischen Berufen, ohne Einwand von irgend einer Seite entsprochen wurde: eine einmalige Leistung des Bundes im Betrage von max. 3,7 Mio Fr. zugunsten der baulichen Erweiterungen der EPUL. In der gleichen Session wurde auch, ebenfalls ohne

jede Opposition, das Zehnfache dieser Summe der ETH zugesprochen für ihre Physik-Neubauten, vor allem auf dem Höggerberg.

Nos et mutamur in illis: als Nachfolger des damaligen Generalsekretärs der G.E.P. und als Mitglied ihrer Kommission für die Förderung des technischen Nachwuchses gebe ich unserer Freude über beide Beschlüsse Ausdruck. In einem gewissen Mass hat ja auch die durch G.E.P.-Präsident Waldvogel schon 1957 inaugurierte Aktion der G.E.P. geholfen, das Terrain in Bern vorzubereiten, und die Kommission war sich immer einig, dass es nur erwünscht sei, wenn die Aktion der G.E.P. indirekt auch der EPUL zugutekomme.

Problèmes de fondation pour l'agrandissement des magasins «Au Grand Passage» à Genève

Par P. Knoblauch, Ingénieur de la S. A. Conrad Zschokke, Genève ¹⁾

1. Introduction

A première vue, ce chantier ne semblait pas présenter de problèmes particuliers dont il valait la peine de parler: il s'agissait de la démolition et de la reconstruction d'une partie du plus grand magasin de Genève, les grands magasins «Au Grand Passage S.A.». Mais l'exécution des travaux, prévue selon une méthode qui a fait ses preuves lors de la reconstruction d'un immeuble voisin a finalement réservé de telles surprises que seuls les efforts conjugués et soutenus de tous les participants ont pu éviter des dégâts importants.

Les travaux sont dirigés par le Bureau Technique des Grands Magasins «Au Grand Passage S.A.». Le mandat d'architecte a été confié au Bureau de Monsieur le Dr. Roland Rohn à Genève et le mandat d'ingénieur aux bureaux Aberson et Epars à Genève et du Professeur A. Sarrasin à Lausanne. Les travaux de Génie Civil et de maçonnerie sont exécutés par le consortium des entreprises S. A. Conrad Zschokke, Genève, et Induni & Cie, Genève.

2. Données générales

La partie du «Grand Passage» intéressée par les travaux d'agrandissement forme un rectangle d'une largeur de 42,5 m et d'une longueur de 56,5 m. Cette surface de 2400 m² était occupée par plusieurs bâtiments, partiellement démolis à ce jour, d'un volume total de 45 000 m³, qui sont à remplacer par un seul grand bloc d'environ 95 000 m³. Sur trois de ses

côtés, la nouvelle construction est adjacente à des bâtiments existants, dont certains remontent au 17^e siècle; le quatrième côté longe la rue du Rhône (Fig. 1).

La nappe phréatique, située à environ 3,50 m en dessous du niveau de la chaussée, rendait impossible auparavant la construction de caves profondes. La nouvelle construction, par contre, aura trois et quatre sous-sols et sera supportée par un radier général, exécutés à une profondeur de 13 m sous le niveau du rez-de-chaussée, c'est-à-dire à 9,50 m en dessous de la nappe. Au préalable, les fondations des anciens murs mitoyens doivent être reprises par des murs en sous-œuvre, fondés à —14 m (Fig. 2).

Le maître de l'œuvre, les Grands Magasins «Au Grand Passage S.A.», ne pouvant pas libérer en même temps tous les bâtiments qu'il occupe dans la zone à reconstruire, il a été prévu d'exécuter les travaux en deux étapes. Dans notre exposé, nous nous occupons seulement de l'exécution de l'étape 1, l'étape 2 présentant en principe les mêmes problèmes.

La fouille générale de la première étape accuse une profondeur de 13 m alors que la largeur n'est que de 17 m. Ce rapport profondeur/largeur fixait le mode d'exécution: il fallait exécuter l'enceinte de la fouille avant le terrassement

¹⁾ Conférence faite le 21 mai 1960 à Nyon lors de l'assemblée générale de la Société Suisse de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations. Texte complété le 20 mars 1961.

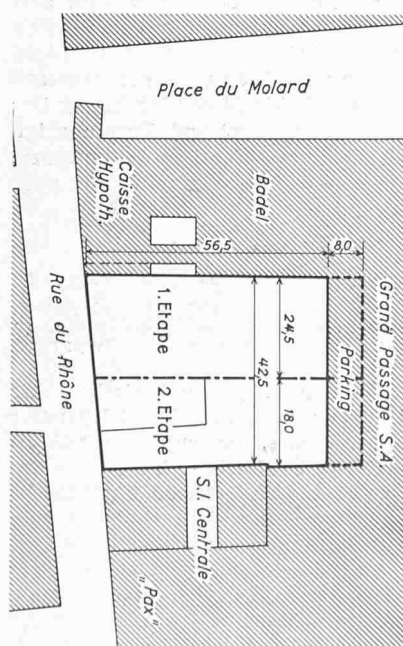


Fig. 1. Plan des deux étapes à reconstruire, échelle 1:1700

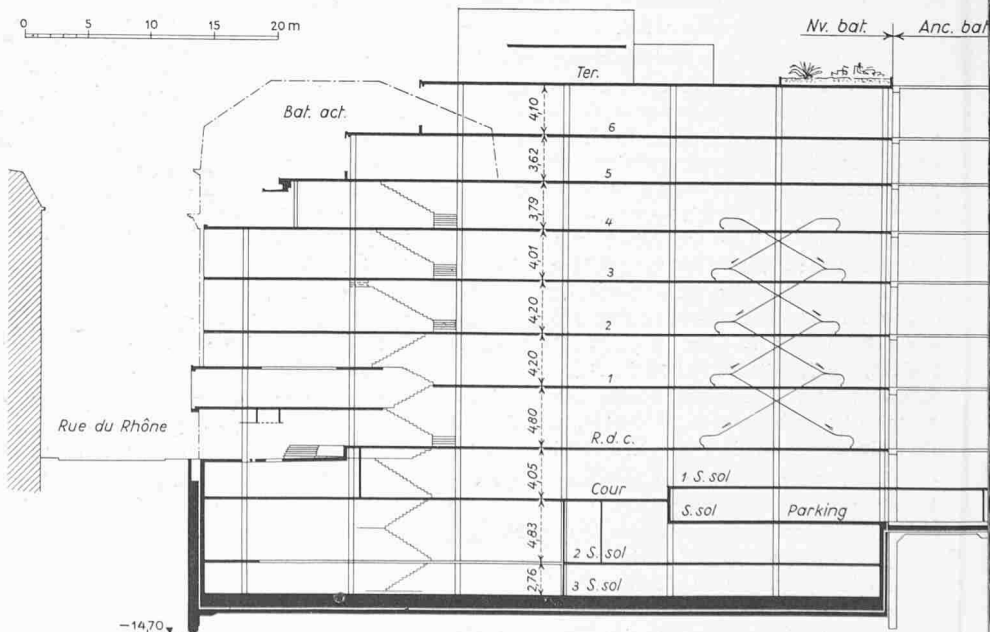


Fig. 2. Coupe longitudinale 1:600. La nappe phréatique se trouve au niveau de l'ancien sous-sol

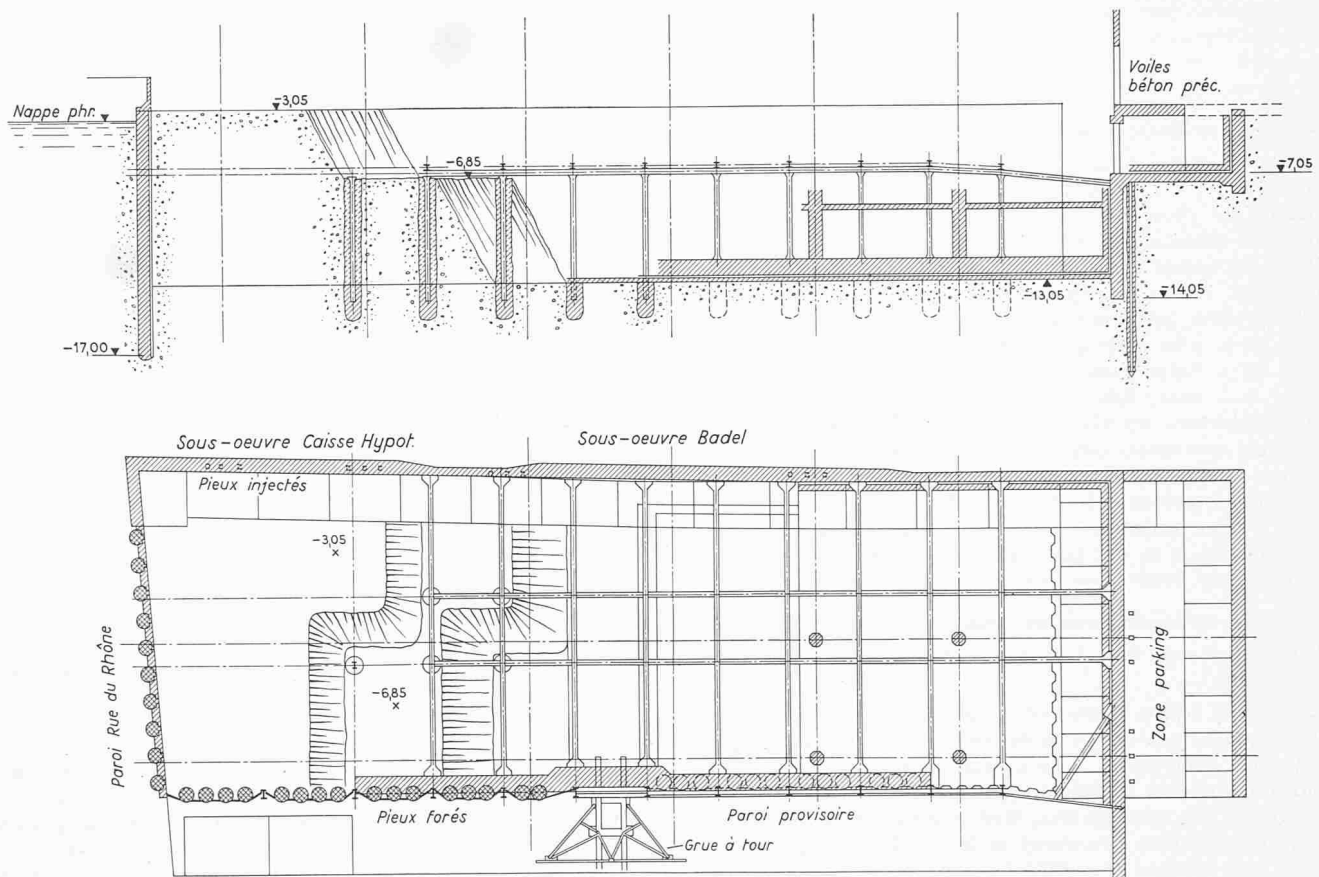


Fig. 3. Procédé d'exécution, plan et coupe 1:450

général, un terrassement central avec talus vers les bords de la fouille étant exclu.

3. Procédé de travail et dispositions constructives

L'enceinte est formée sur deux côtés par les murs de sous-œuvres, le long de la rue du Rhône par un mur de soutènement servant également de cuvelage extérieur et, côté étape 2, par une paroi provisoire. Pour éviter les difficultés inhérentes à une multitude d'étais disposés à plusieurs ni-

veaux, il a été décidé de disposer les étais sur un seul horizon, et de calculer les enceintes en conséquence. Celles-ci doivent donc supporter toute la poussée des terres en étant encastrées dans le sol d'une part, et appuyées sur l'horizon d'étais d'autre part. Cet étayage est réalisé en poutrelles métalliques, réutilisables dans l'étape 2. Après l'exécution de l'enceinte de la fouille, le terrassement général a été attaqué en partant de la partie arrière du chantier et en le poursuivant vers la rue du Rhône. Le terrassement devait être suivi

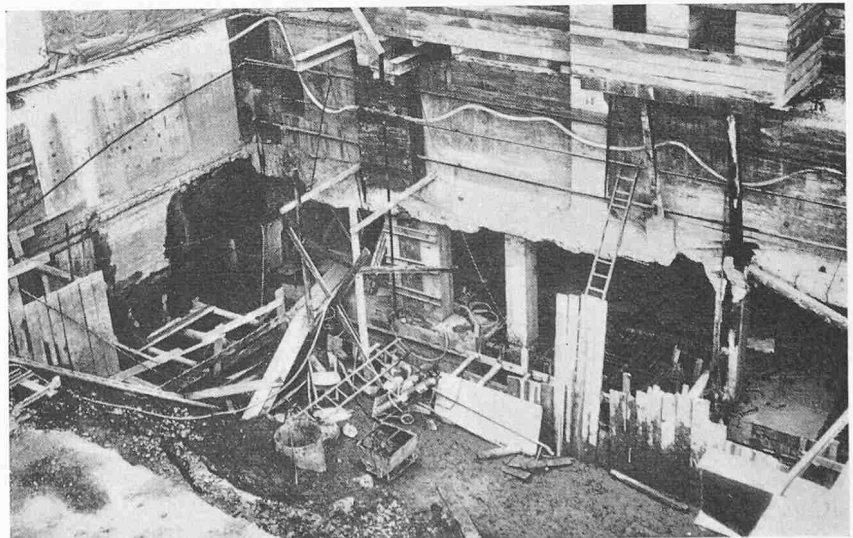
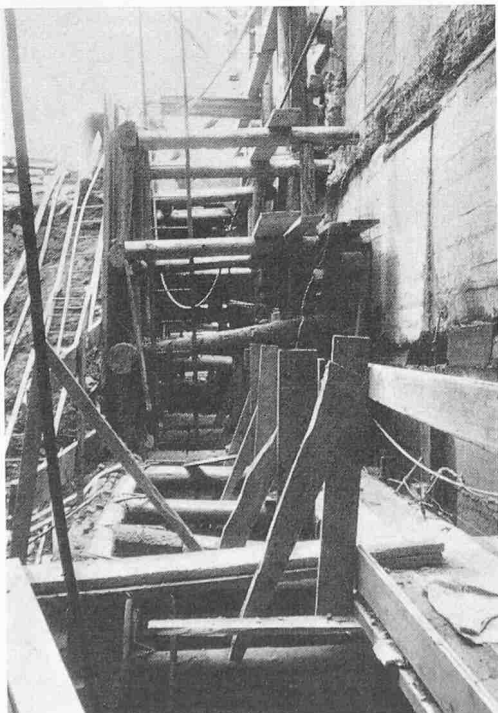


Fig. 5. Reprise en sous-œuvre du bâtiment du Grand Passage, rue du Marché

Fig. 4 (à gauche). Fouille boisée des reprises en sous-œuvre du bâtiment Badel. On reconnaît le joint entre la poutre de répartition et le mur de sous-œuvre

immédiatement par le bétonnage du radier formant fondation, qui repose sur une couche de drainage et comporte un sous-radier, une étanchéité multicouche et le radier proprement dit en béton armé (Fig. 3).

4. Sondages préliminaires

Avant d'entrer dans les détails d'exécution, il nous paraît indiqué d'examiner brièvement les résultats des sondages et des essais sur divers échantillons de terrain effectués avant la mise en chantier du nouvel immeuble. Les sondages ont révélé un sol constitué par des limons argileux, stratifiés horizontalement, teneur en eau variant de 21 à 25 %. La granulométrie moyenne est la suivante:

environ 30 % plus petit que 0,002 mm (argile)
environ 65 % entre 0,002 et 0,06 mm silt (limon)
environ 5 % entre 0,01 et 0,2 mm

La résistance du sol a été étudiée par des sondages à trépidation. Ces essais ont démontré une augmentation de la résistance à une profondeur de 13 à 14 m donc dans la zone des fondations prévues. Tout indiquait ainsi que le sol correspondait à celui rencontré sur le chantier voisin, situé à la rue du Marché 3, ce qui justifiait le choix du même procédé de travail pour l'exécution des travaux en sous-œuvre.

5. Exécution et expériences du chantier

a. Sous-œuvre sous les bâtiments Badel et Caisse Hypothécaire

Le projet initial prévoyait de séparer complètement les anciennes constructions de la nouvelle, afin d'assurer la possibilité d'un mouvement relatif entre elles. Le cuvelage extérieur du nouveau bâtiment était donc à construire indépendamment des sous-œuvres, tout élargissement de ceux-ci par une semelle vers l'intérieur de la fouille étant prohibé.

Les sous-œuvres étaient à construire par tranches successives dans des puits d'une largeur de 4,20 m avec exécution, au préalable, sous les anciennes fondations, d'une poutre de répartition, bétonnée elle aussi par petits éléments. Des vérins Freyssinet, d'une puissance de 60 à 170 t, inter-

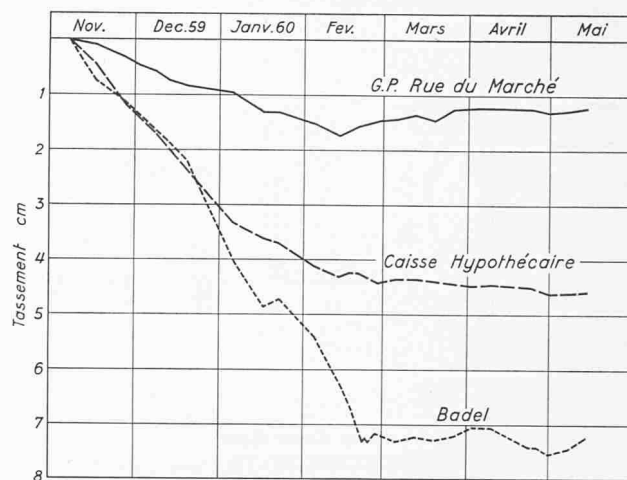


Fig. 6. Graphique des tassements (G. P. = Grand Passage)

calés entre la poutre de répartition et les piliers formés par les tranches de sous-œuvre, devaient permettre de reporter les charges sur les nouvelles fondations et de remonter, au besoin, les mitoyens des bâtiments pour compenser des tassements (Fig. 4).

b. Sous-œuvres des bâtiments Grand Passage rue du Marché

Cet immeuble est une construction relativement récente en béton armé, reposant, par l'intermédiaire de piliers, sur un radier général. Le projet prévoit d'aménager un garage sous ce radier. Il a donc fallu reconstruire partiellement le radier à un étage plus bas. Le problème de la reprise en sous-œuvre des piliers isolés fut résolu par la construction d'une voile de béton faiblement armé, mais précontraint par 6 câbles de 135 t reliant les rangées de piliers. Ainsi le problème a été ramené à celui de la reprise en sous-œuvre

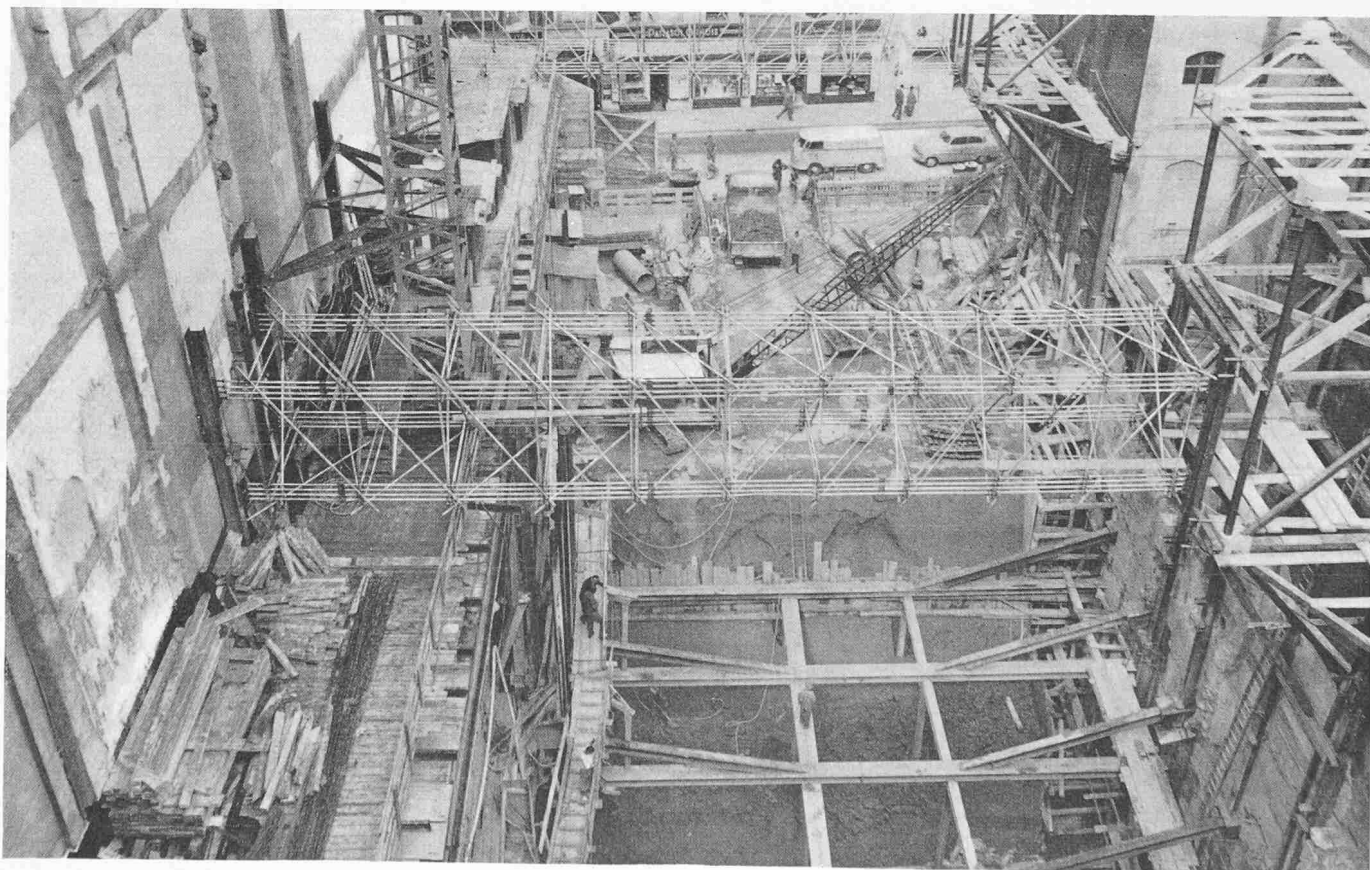


Fig. 7. Vue générale du chantier. Etayage en profilés métalliques de la fouille dans la partie excavée. Etayage par une construction tubulaire des bâtiments Badel et Caisse Hypothécaire, à droite, contre la partie du bâtiment actuel du Grand Passage qui sera démolie dans la deuxième étape

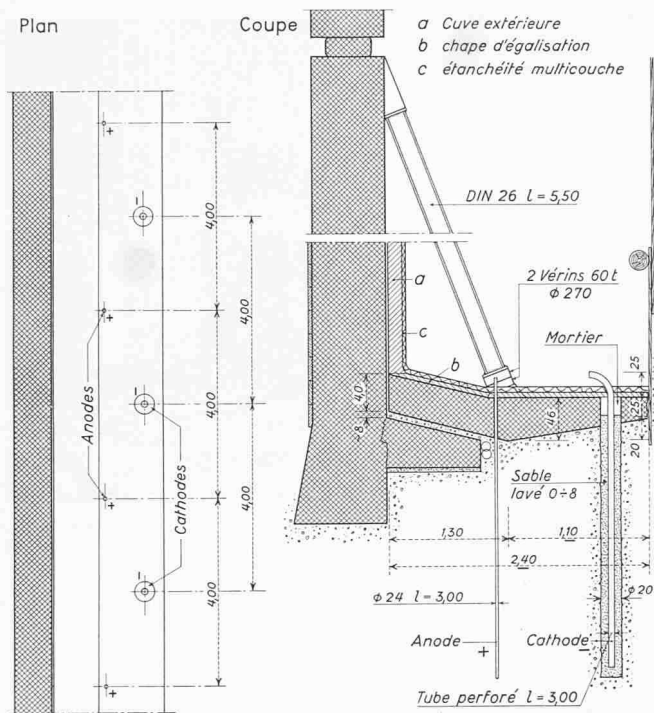


Fig. 8. Sous-œuvre, base élargie et béquilles métalliques. Dispositif du système d'électro-osmose. Plan 1:80, coupe 1:160

d'un mur et traité de la même façon que celui des murs mitoyens des bâtiments Caisse Hypothécaire et Badel (Fig. 5).

c. Tassements, constations faites et mesures prises

En se basant sur les expériences faites ailleurs, il avait été prévu des tassements de l'ordre de 15 à 20 mm pendant la durée d'exécution des sous-œuvres. Les bâtiments, en effet, commencèrent à descendre, mais, à la surprise générale, lorsque les tassements atteignirent les valeurs prévues, aucun

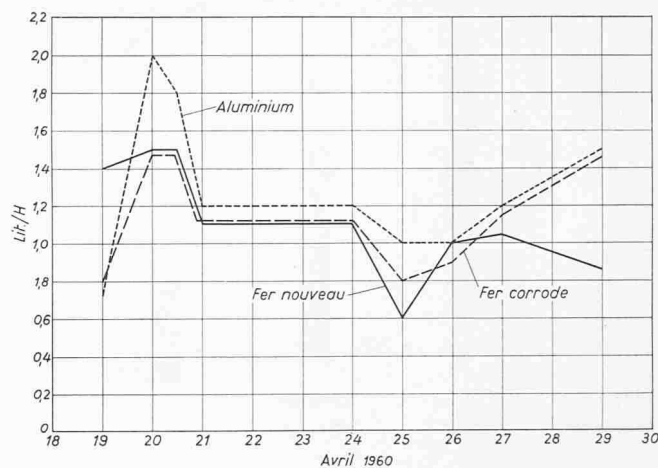


Fig. 9. Electro-osmose, graphique de débit. Première mise sous tension du 19 au 24 avril 1960. Interruption du 24 au 25 avril 1960. Remise sous tension le 25 avril 1960

ralentissement du phénomène n'apparût; on dû alors se rendre à l'évidence que le terrain, sous les éléments de sous-œuvre déjà exécutés, ne supportait pas les charges qui lui étaient appliquées. A chaque mise sous pression des vérins, les piliers s'enfonçaient lentement dans le sol des fonds de puits, qui, pourtant avait dû être excavé au moyen de la bêche pneumatique.

A la suite de ce phénomène, on se résigna à abandonner le principe d'avoir un mouvement relatif possible entre les anciennes et la nouvelle construction. Les palées (= tranches de sous-œuvre) déjà construites furent élargies à leur base. Malheureusement le résultat fut pratiquement nul: les tassements des mitoyens continuèrent, pour atteindre finalement plus de 70 mm (Fig. 6). Simultanément on constatait dans le fond des puits des remontées de terrain de l'ordre de 10 mm en 24 heures. On peut s'imaginer facilement l'effet de ces mouvements sur les vieux bâtiments environnants (vitres cassées, portes coincées).

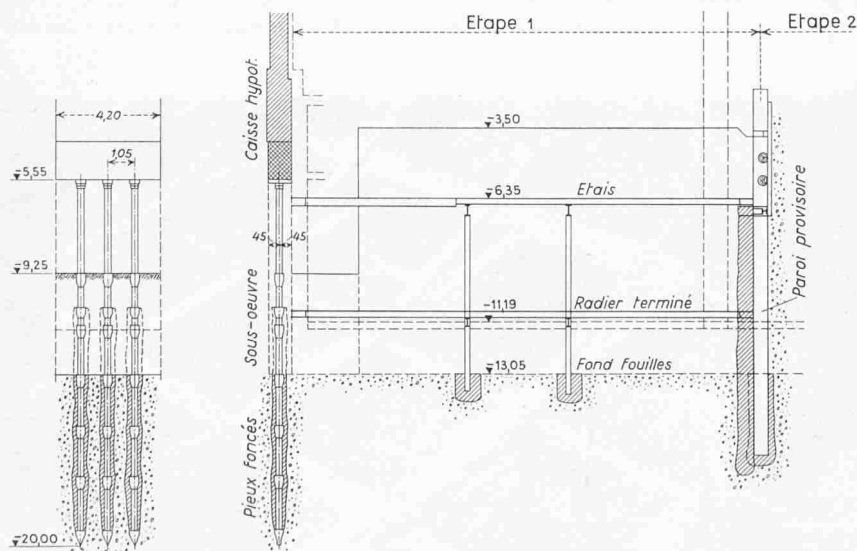


Fig. 10. Coupe transversale de la fouille et disposition des pieux injectés sous les anciennes fondations des bâtiments Badel et Caisse Hypothécaire. Echelle 1:300

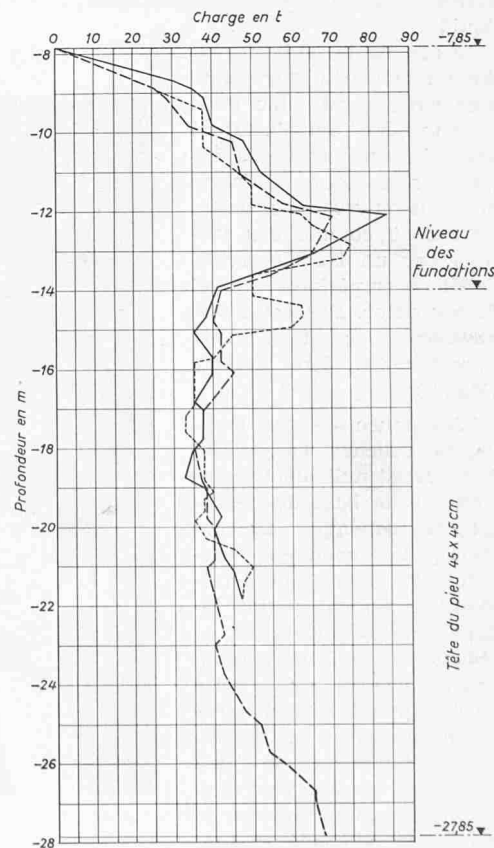
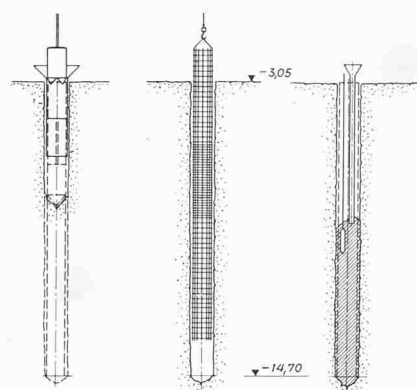
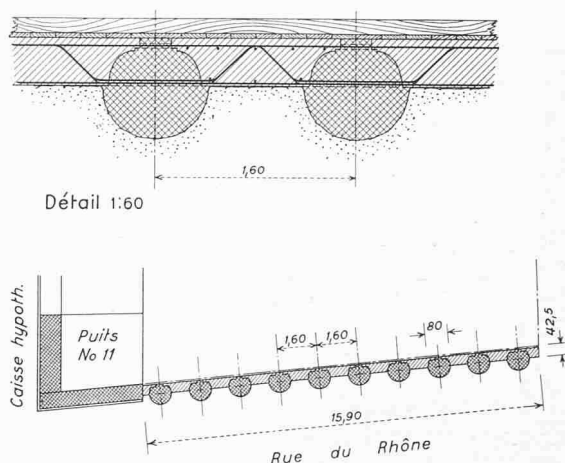


Fig. 11 (à droite). Résistance de la pointe pendant l'enfoncement des pieux injectés, montrant la chute de résistance au niveau des nouvelles fondations



1. Phase: Excavation
2. Phase: Armature
3. Phase: Bétonnage

Exécution des Pieux



Plan

Fig. 12. Schéma 1:300 de la paroi en pieux forés, côté rue du Rhône

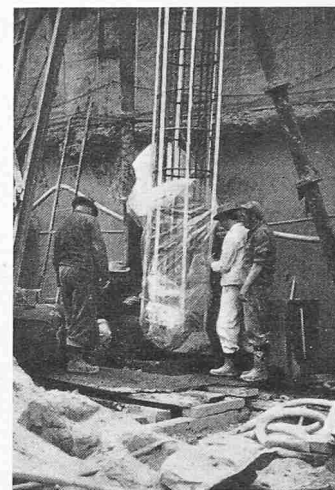


Fig. 13 (à droite). Mise en place de l'armature d'un pieu

Cependant, tous ces mouvements n'allaient pas sans solliciter particulièrement les étais. Les câbles de précontrainte placés lors de la démolition des anciens immeubles pour retenir les mitoyens se tendaient à 150 % de leur charge initiale, fixée à 8 t, par groupe de 4 monofils $\varnothing$ 7 mm. Deux grands étais en construction tubulaire, appuyés contre le mitoyen de l'étape 2, furent exécutés surtout pour augmenter la stabilité (Fig. 7).

Cette situation plus qu'inquiétante fut encore aggravée par le fait qu'en même temps, un «renard» de fond se produisit subitement durant l'exécution d'un puits au fond du chantier; ce «renard» venait heureusement du noyau occupant le centre du chantier, et non du côté des bâtiments. Une partie du noyau central se tassa d'un coup d'environ 25 cm tandis que le fond de fouille voisin, qui paraissait sec, remontait d'environ 80 cm et prenait la consistance d'un liquide épais. Cette rupture de fond, la remontée générale des fonds de fouille et les tassements continus étaient des indices irréfutables montrant qu'en exécutant les sous-œuvres, on avait traversé des couches relativement résistantes pour arriver dans des zones très plastiques et même partiellement liquides.

Les fonds des puits furent donc recouverts sur toute leur surface par une dalle en béton, sur laquelle furent appuyés, au moyen de béquilles métalliques, les murs de sous-œuvre. Les dalles agissaient comme des pistons sur un terrain semi-fluide en empêchant celui-ci de remonter. Par cette disposition, les tassements purent enfin être arrêtés (Fig. 8).

L'existence de ces mauvaises couches en profondeur n'était nullement prévisible sur la base des résultats des sondages. Au contraire, les sondages exécutés avec une sonde à trépidation avaient plutôt indiqué une augmentation de résistance avec la profondeur. A notre avis, cette différence entre les données des sondages et les constatations faites lors de l'exécution des travaux peut s'expliquer en admettant que la pointe de la sonde a com-

mencé à vibrer sur les couches molles au lieu d'y pénétrer.

d. Electro-Osmose

Une fois reconnue la qualité médiocre du terrain, on s'est naturellement posé la question de savoir s'il existait des moyens d'en augmenter la résistance. Des essais de laboratoire ont démontré qu'une diminution de la teneur en eau de 2 à 3 % augmentait rapidement sa résistance au cisaillement. A la diminution de la teneur en eau de 24 à 22 %, soit de 2 %, correspondait une augmentation de la résistance au cisaillement de 0,3 à 0,7 kg/cm². Pour obtenir ces résultats, le terrain semblant trop étanche pour être asséché par pompage, il fut décidé d'essayer un système d'électro-osmose composé de 3 couples anode-cathode, distantes de environ 2,5 m et profondes de 3 m (Fig. 9).

e. Pieux injectés (Fig. 10)

Pour éviter le risque de rompre à nouveau la stabilité (précaire) enfin rétablie lors de l'exécution des quelques puits restant à excaver, on décida de foncer au préalable à l'emplacement de ces puits des pieux aptes à reprendre les sur-

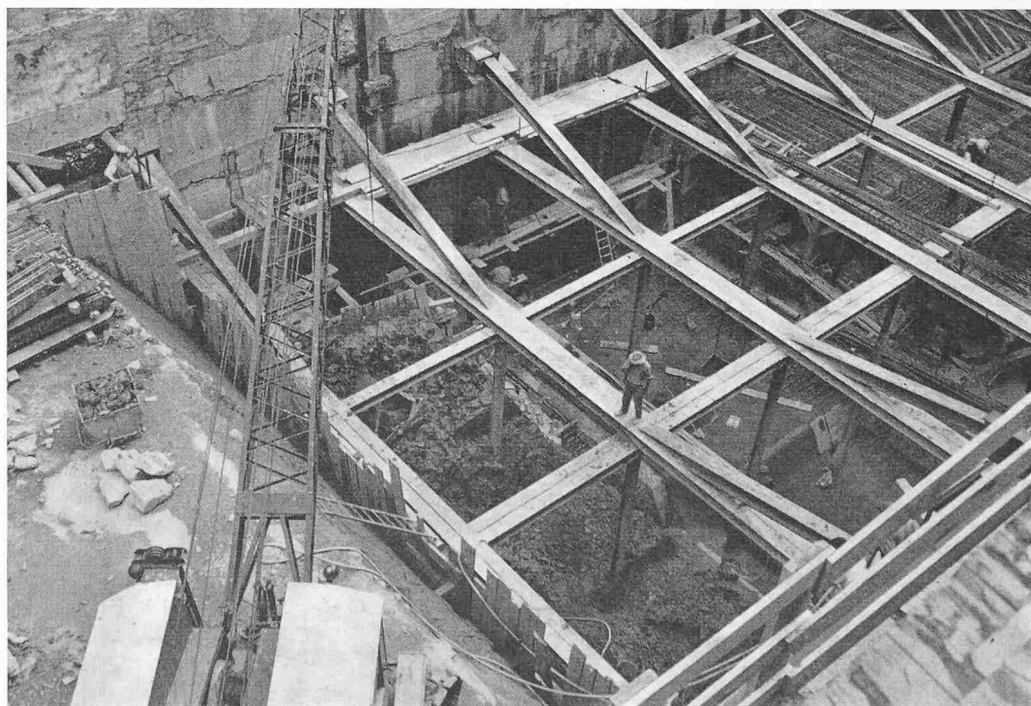


Fig. 15. Terrassement de la fouille par tranches d'environ 4,20 m de longueur. Etayage métallique de la fouille. Travaux de bétonnage des radiers des parois et des murs

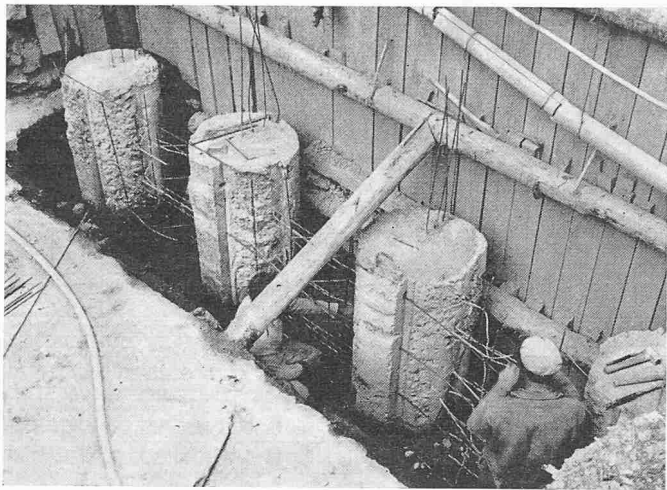


Fig. 14. Tête des pieux forés de la paroi côté rue du Rhône

charges correspondantes. Ces pieux en fers profilés furent enfoncés par éléments de 2 m au moyen de presses hydrauliques et solidarisés avec le terrain par injections. Les pieux étaient en outre conçus de telle sorte que la résistance du terrain puisse être déduite directement de la force d'enfoncement. Le diagramme d'enfoncement a confirmé ce que l'on avait constaté auparavant: la cote de fondation coïncide avec une couche de terrain moins résistante (Fig. 11).

f. Paroi côté rue du Rhône

La paroi côté rue du Rhône coupe le seul accès au chantier. L'exécution d'après la méthode conventionnelle, c. à d. par éléments dans des puits, aurait gravement perturbé les travaux dans les autres zones du chantier. C'est pour cette raison, et après avoir fait des essais concluants, que cette paroi qui forme aussi cuvelage extérieur a été exécutée d'après une nouvelle méthode. Les éléments portants de la paroi sont des pieux forés en béton armé, exécutés avant le début des terrassements.

Le terrassement s'est fait par couches successives d'environ 1,50 m de haut. Au fur et à mesure de l'avancement de l'excavation, les pieux ont été reliés entre eux par une paroi

en béton armé présentant une surface lisse vers l'intérieur de la fouille. Cette paroi lisse est nécessaire pour l'application de l'étanchéité multicouche. L'écartement des pieux dépend de la cohésion du terrain: plus cette distance peut être grande, moins il faut de pieux, ce qui diminue le coût de la paroi.

Dans le cas du chantier du Grand-Passage, la distance choisie entre pieux est telle qu'elle permet d'intercaler des pieux intermédiaires si cela s'était avéré nécessaire par suite de la nature du terrain rencontré. Nous pensons que ce genre de paroi ne peut être exécuté que dans des terrains ayant une cohésion suffisante et situés au dessus de la nappe phréatique ou alors dans des terrains relativement étanches (Fig. 12).

g. Paroi provisoire entre étape 1 et étape 2

Il aurait été logique de constituer cette paroi par des palplanches mais le bruit de battage défend pratiquement leur emploi au centre d'une ville. Cette paroi a donc également été exécutée selon la méthode adoptée pour la paroi le long de la rue du Rhône, c'est à dire en utilisant une succession de pieux forés en béton armé. Toutefois, l'intervalle entre les pieux n'a pas été obturé par un voile en béton mais, vu le caractère provisoire de cette paroi, simplement consolidé par un blindage en bois (fig. 16). Pour assurer la stabilité de cette paroi, les pieux ont été exécutés avec une fiche de 6 m en dessous du fond de la fouille.

h. Terrassement en pleine masse du noyau

A la suite des diverses constatations rappelées ci-dessus, la question de la stabilité de la fouille fut revue. Il en résulta la nécessité absolue d'exécuter les enceintes avec des fiches de plusieurs mètres par rapport à l'assise des fondations. Dans les zones reconnues les plus mauvaises, le battage d'un rideau de palplanches dut être décidé à l'abri duquel la première tranche des terrassements jusqu'au fond de la fouille générale pouvait être exécutée. D'autre part, un piézomètre, installé à l'arrière du chantier, a démontré que l'eau est sous une forte pression. Pour couper cet effet artésien, des drains verticaux de 4 m de profondeur par rapport à l'assise des fondations ont été exécutés dans chaque étape de terrassement.

Le terrassement proprement dit se faisait par tranches d'environ 4,20 m de long au moyen d'une pelle équipée d'une benne preneuse. Avant d'ouvrir une nouvelle tranche, le radier de la tranche précédente a dû être bétonné.

Jusqu'à ce moment, les dispositions prises ont permis de faire le terrassement général et d'exécuter l'infrastructure du nouveau bâtiment sans nouveaux incidents.

6. Evolution des travaux

Au moment de la parution de cet article, tous les travaux de sous-œuvre, de terrassement et d'infrastructure de l'étape 1 sont terminés.

Les dispositions prises pour parer aux difficultés de fondation dans du mauvais terrain se sont révélées efficaces; aucun tassement supplémentaire ne s'est plus manifesté.

Adresse de l'auteur: P. Knoblauch, ing dipl., S. A. Conrad Zschokke, 42, rue du 31 décembre (Case Eaux-Vives), Genève.

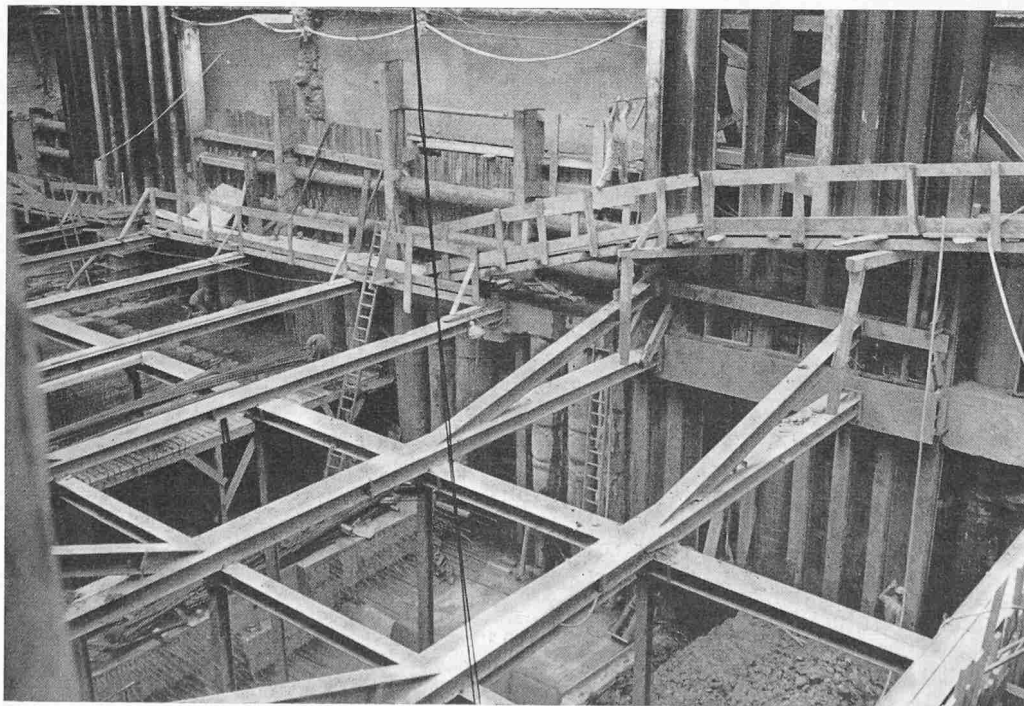


Fig. 16. Paroi provisoire entre étape 1 et 2, partiellement avec pieux forés, partiellement avec palplanches