

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 90 (1964)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Problèmes géotechniques à l'intersection de l'autoroute Genève-Lausanne et des voies des chemins de fer fédéraux au lieu-dit: "en larges pièces" (suite et fin)  
**Autor:** Cérenville, H.-B. de / Karakas, I.K.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-66995>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 21.12.2024

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

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

**ORGANE OFFICIEL**

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)  
de la Section genevoise de la SIA  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-  
technique fédérale de Zurich)

**COMITÉ DE PATRONAGE**

Président: E. Martin, arch. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

**Membres:**

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgrin, arch.; J.-C. Ott, ing.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

**CONSEIL D'ADMINISTRATION**

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.  
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,  
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.  
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

**RÉDACTION**

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,  
architecte  
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

**ABONNEMENTS**

1 an . . . . .	Suisse	Fr. 34.—	Etranger	Fr. 38.—
Sociétaires . . . . .	»	» 28.—	»	» 1.80
Prix du numéro . . . . .	»	» 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° 10 - 8775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au  
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie  
La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

**ANNONCES****Tarif des annonces:**

1/1 page . . . . .	Fr. 350.—
1/2 » . . . . .	» 180.—
1/4 » . . . . .	» 93.—
1/8 » . . . . .	» 47.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.

Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. 1000 Lausanne et succursales

**SOMMAIRE**

Problèmes géotechniques à l'intersection de l'autoroute Genève-Lausanne et des voies des Chemins de fer fédéraux au lieu-dit: « En Larges Pièces »,  
par H. B. de Cérenville & I. K. Karakas, ingénieurs, Lausanne. (*Suite et fin.*)  
Bibliographie. — Divers. — Les congrès. — Carnet des concours. — Documentation générale. — Documentation du bâtiment.  
Nouveautés, informations diverses.

## PROBLÈMES GÉOTECHNIQUES A L'INTERSECTION DE L'AUTOROUTE GENÈVE-LAUSANNE ET DES VOIES DES CHEMINS DE FER FÉDÉRAUX AU LIEU-DIT: « EN LARGES PIÈCES » (*Suite et fin*<sup>1</sup>)

par H. B. de CÉRENVILLE &amp; I. K. KARAKAS, ingénieurs, Lausanne

### IV. Nouvelle étude du projet à la suite des difficultés observées

**Cuve en béton armé**

L'aplatissement des pentes des talus eut une très grande répercussion sur les ouvrages CFF. Une solution au moyen de viaducs prolongés (par rapport au projet initial) augmentait la longueur totale de ceux-ci de 1 km environ. De plus, cette solution supposait la construction de fondations profondes, très coûteuses, car des fondations superficielles auraient dangereusement surchargé les talus de l'autoroute déjà peu stables, et les délais devenaient impossibles. De toute manière, la stabilité restait précaire, des ruptures localisées pouvaient compromettre la stabilité des appuis des viaducs d'accès. Ainsi, la construction de viaducs d'accès de grandes longueurs, extrêmement coûteuse, ne permettait pas de résoudre de manière satisfaisante le problème de la stabilité générale de cette zone. Une autre

solution, la création d'une cuve en béton armé à l'emplacement de l'autoroute, fut alors envisagée et adoptée avec l'accord de M. le professeur Schnitter, conseil du Bureau des autoroutes. Afin de faciliter, dans la mesure du possible, l'exécution de la cuve et d'en diminuer la longueur côté Genève, les CFF examinèrent la possibilité de déplacer côté Lausanne le point de jonction des voies de sortie du triage et de remplacer les ponts VI et VII par un seul pont. Ce déplacement, qui fut décidé, était accompagné d'un abaissement du niveau de la voie d'environ 3 m, réduisant ainsi la hauteur des parois à 7 m environ.

Malgré l'existence de semelles de fondation importantes (ponts I à V) qui rendaient difficile l'exécution du radier de la cuve (la hauteur disponible entre le niveau fini de l'autoroute et le dessus des semelles étant très réduite), il fut cependant possible de modifier le profil en long de l'autoroute et de remonter le niveau fini de 40 à 60 cm dans les zones des fondations déjà construites, ce qui permettait d'augmenter sensiblement l'épaisseur du radier. La suppression d'une des

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 8 août 1964.

Fig. 14. — Plan de situation après nouvelles études.

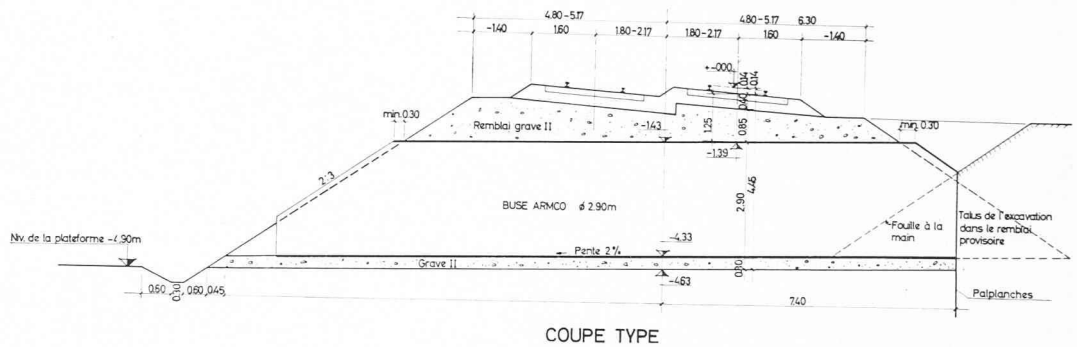
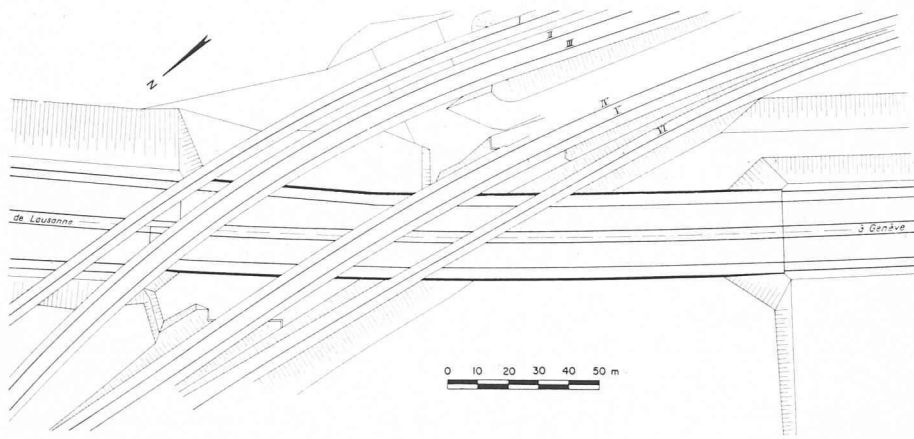


Fig. 15. — Profil type de remblai allégé.

voies de sortie du triage et le ripage de l'autre voie en direction des voies directes permirent un raccourcissement de la cuve d'environ 55 m. Côté Lausanne, les voies d'entrée de la gare de triage franchissant les ponts I, II et III se situaient 10 à 14 m plus haut que le niveau de l'autoroute. Il était exclu d'exécuter des remblais d'une telle hauteur, car ils auraient provoqué un déséquilibre certain. Dans cette zone, les viaducs furent maintenus. L'extrémité de la cuve fut choisie de manière à assurer la stabilité du remblai des voies directes. La stabilité générale de la cuve ainsi conçue fut étudiée pour chacun des profils autoroute sur des coupes perpendiculaires à l'autoroute ainsi que sur des coupes perpendiculaires aux voies CFF dans les zones critiques. C'est ainsi que furent fixées les limites de la cuve et les diverses constructions s'y rattachant. Les profils en travers étudiés furent de deux types : les premiers se rapportaient à la situation définitive lorsque toutes les voies seraient en service, les seconds à la situation au moment de l'exécution de la cuve. Dans les deux cas, les zones critiques se situèrent au voisinage des ponts des voies directes IV et V (fig. 14).

*Etudes de stabilité générale :* Les bases de cette étude furent constituées par les profils en travers extraits des plans établis par la Division des travaux CFF. Ils sont reportés sur la figure 14. Le but de l'étude était de :

a) pour l'état définitif

- 1) déterminer la stabilité de la cuve prévue et celle des terrains environnants et notamment déceler si la cuve risquait des soulèvements ;
- 2) déterminer les efforts agissant sur la cuve, de manière à la dimensionner correctement.

b) pour l'état en cours d'exécution

- 1) déterminer la stabilité des terrains et des ouvrages et voies des CFF ;
- 2) proposer des méthodes d'exécution de la cuve.

L'étude de la stabilité générale fut également basée sur une méthode d'allègement des remblais d'accès par l'emploi des buses ARMCO qui diminuaient la surcharge de 45 % environ.

Etant donné que cette étude dura plusieurs mois, en partie avant de travailler avec les pressions interstitielles et en partie après la détermination de celles-ci, les calculs furent basés au début sur les caractéristiques géotechniques apparentes totales sans tenir compte de la surpression et ensuite sur les valeurs effectives, compte tenu de la pression hydrostatique. La valeur du facteur de sécurité exigé pour l'état en cours d'exécution fut fixée par le professeur Schnitter à 1,15, et pour l'état définitif à 1,25.

En examinant les calculs préliminaires de stabilité exécutés principalement aux profils A 7, A 8, A 9 et A 10, il fut constaté que deux familles de cercles représentaient des surfaces de glissement probables entrant en ligne de compte :

- 1° les cercles partant de la proximité immédiate de la cuve côté lac, dits « petits cercles » ;
- 2° les cercles influencés par les surcharges qui étaient créées par les nombreux remblais d'accès des ponts CFF côté lac et qui passaient assez profondément sous la cuve pour aboutir du côté Jura de celle-ci, dits « grands cercles ».

Une autre constatation faite d'après les tout premiers calculs était que dans l'état définitif, la cuve

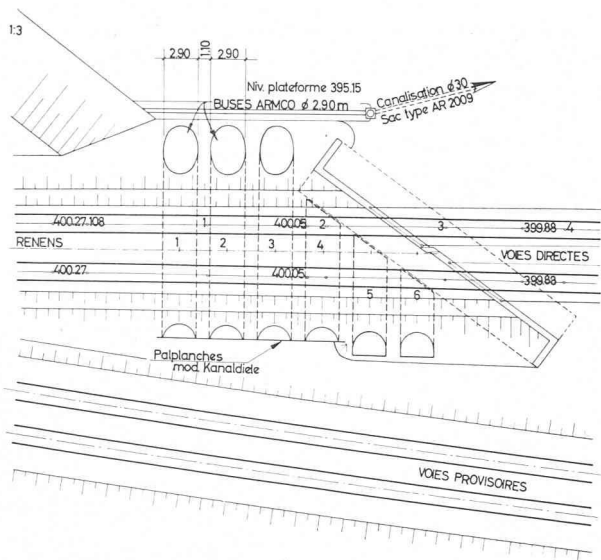


Fig. 16. — Plan de situation de remblai allégé.

seule ne serait pas suffisante pour assurer la stabilité générale. L'exécution d'une paroi, de préférence moulée dans le sol, fut donc admise, afin de couper les cercles de glissement dangereux côté lac et Jura, que ce soit pour les « petits » ou les « grands » cercles. Les problèmes furent soigneusement examinés afin de pouvoir fixer les points suivants :

- emplacement et longueur des remblais allégés pour les rampes d'accès des côtés Genève et Lausanne ;
- longueur de la cuve ;
- emplacement et profondeur des parois moulées côté lac et Jura ;
- bases de calcul pour les parois moulées et la cuve ;
- mode et conditions d'exécution des terrassements généraux de la cuve et des parois moulées.

Comme mentionné plus haut, les réponses à toutes ces questions furent données par l'étude systématique des profils avec différentes surcharges (remblais allégés et non allégés), différentes longueurs de parois moulées — soit côté lac, soit côté Jura — et différentes phases d'excavation générale. Les résultats obtenus furent les suivants :

*Allègement des remblais :* Un remblai d'accès allégé par des buses ARMCO ne fut admis que pour le remblai des ponts IV et V côté Lausanne. La longueur nécessaire fut fixée à 23 m, mesurés dans la direction des voies à partir de l'axe de la culée. Du côté Genève et



Fig. 17. — Le remblai allégé. (Photo Bureau des autoroutes)

toujours pour les ponts IV et V, l'allègement des remblais ne parut pas rentable. En effet, en allégeant ceux-ci sur une longueur de 29 m, seul un minime gain dans la hauteur de la plate-forme de travail pendant l'exécution des parois moulées eût été obtenu. Cette diminution n'étant que de quelques décimètres, cette mesure coûteuse fut abandonnée pour le côté Genève. De même, l'allègement des remblais d'accès des ponts II et III n'eût pas contribué à une augmentation du facteur de sécurité dans une mesure sensible. Leur allègement fut également abandonné.

Les figures 15 et 16 montrent la coupe en travers type et le plan de situation du remblai dit « allégé » exécuté pour les remblais d'accès des ponts IV et V du côté Lausanne. Les buses ARMCO furent posées sur une plate-forme créée avec une grave de deuxième qualité qui permettait d'obtenir un  $M_E = 150 \text{ kg/cm}^2$  en tout point. Le remblayage entre les ARMCO fut très soigneusement exécuté avec une grave de 0-60 mm, qui fut compactée pour obtenir une compacité d'au moins 95 % de la valeur optimum de l'essai AASHO modifié (fig. 17).

#### Parois moulées

*Longueur des parois moulées :* Il fut décidé de s'arrêter à une profondeur de 12 m (sous le fini de l'autoroute), vu qu'une surprofondeur n'amenait plus qu'une très faible augmentation du coefficient de sécurité. En effet, seule une paroi d'environ 18 m sous le fini de l'autoroute eût donné un coefficient de sécurité suffisant, ce qui aurait conduit à une creuse d'environ 21,50 m et à une

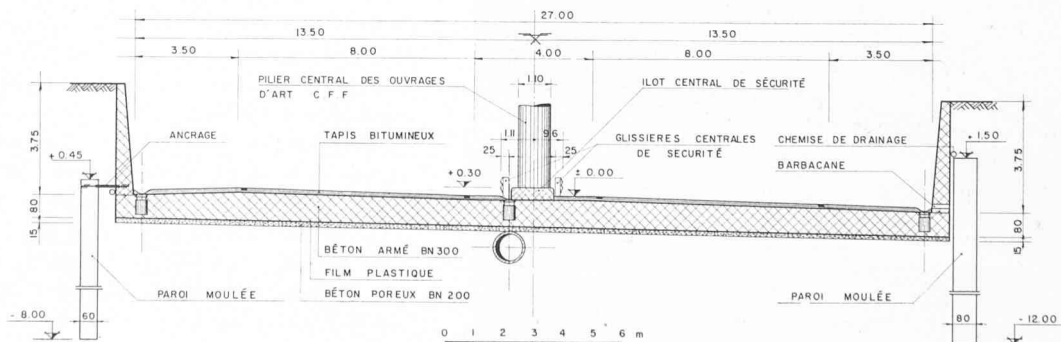


Fig. 18. — Profil type de la cuve.

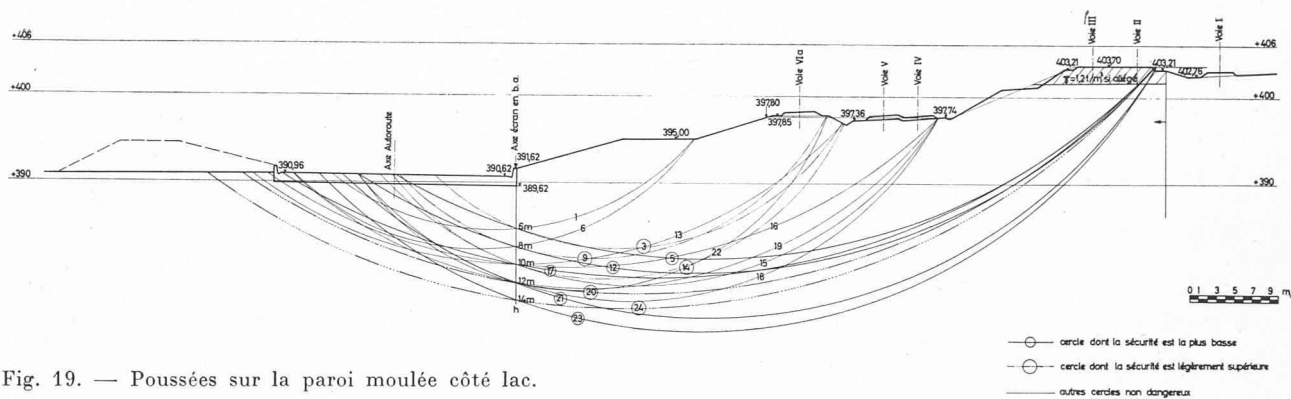


Fig. 19. — Poussées sur la paroi moulée côté lac.

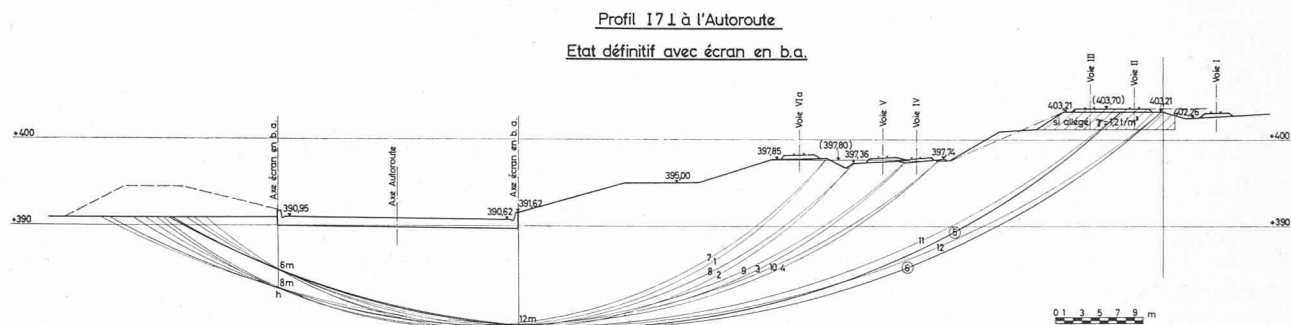


Fig. 20. — Poussées sur la paroi moulée côté Jura.

paroi d'environ 19 m. Au vu de la difficulté d'exécuter en temps voulu un tel rideau, l'étude fut orientée vers l'exécution d'une seconde paroi moulée côté Jura. Les calculs de stabilité montrèrent qu'une paroi de 8 m sous le fini de l'autoroute donnait un coefficient de sécurité au glissement jugé suffisant pour l'ensemble des ouvrages (fig. 19 et 20).

*Cuve* : Le dimensionnement de la cuve résulte de la synthèse des considérations suivantes (fig. 18) :

- Poids du béton pour compenser une partie des sous-pressions de terre. Les sous-pressions d'eau éventuelles étant reprises par un drainage en béton poreux.

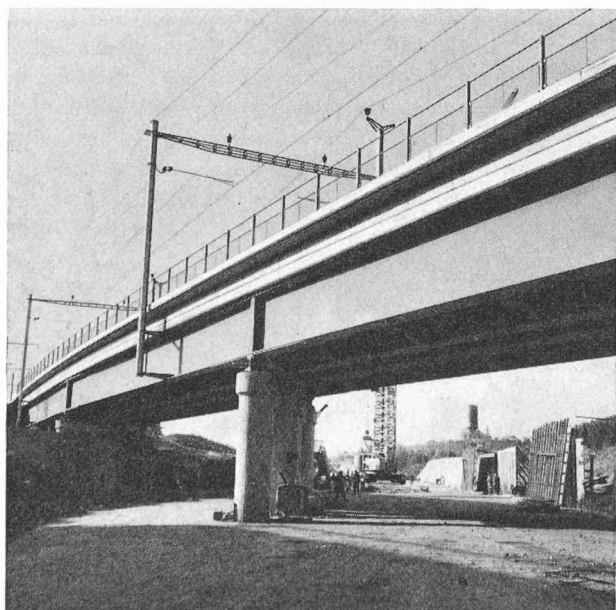


Fig. 21. — Les parois de la cuve.

- Possibilité de reprendre des moments et des forces horizontales dus aux poussées des terres.
- Eviter une rotation des fondations des ponts I, II, III, respectivement IV et V.
- Servir d'appui au pont VI.
- Construction monolithique.

*Parois* : Les parois furent calculées en admettant le principe qu'elles travaillaient comme « un battant de porte » qui se déplace par rotation autour de son appui contre le radier. La butée côté aval ne se développe alors que dans la mesure où les poussées en provenance de l'amont doivent être équilibrées ; les poussées totales sur les deux faces de la paroi sont alors égales et seule la répartition des pressions diffère entre les deux faces. Les pressions totales agissant sur les deux côtés de l'écran furent admises égales à la poussée calculée par la méthode de Fellenius sur le côté amont de l'écran pour le cercle le plus défavorable passant par le pied. La répartition des pressions sur la face amont fut admise triangulaire. Comme il importait peu que l'écran se fissurât et que, d'autre part, il devait être aussi perméable que possible, on pouvait admettre de faire travailler l'acier d'armature à une contrainte élevée. Le « Sagex » fut employé entre la paroi de la cuve et l'écran. Des trous drainants à travers les parois furent également prévus, pour prévenir une surpression hydrostatique d'un côté de l'écran. Le dimensionnement de la paroi côté Jura a été fait sur le même principe que celle côté lac (battant de porte), mais il était nécessaire d'ancrer la paroi à la cuve (fig. 18).

A cet effet, il a été placé deux ancrages précontraints par élément de paroi moulée de 3,80 m. Enfin le rideau a été placé à environ 50 cm de la cuve, rendant ainsi les deux projets indépendants, en cas de mouvements verticaux de la cuve. Vu la plasticité très élevée des

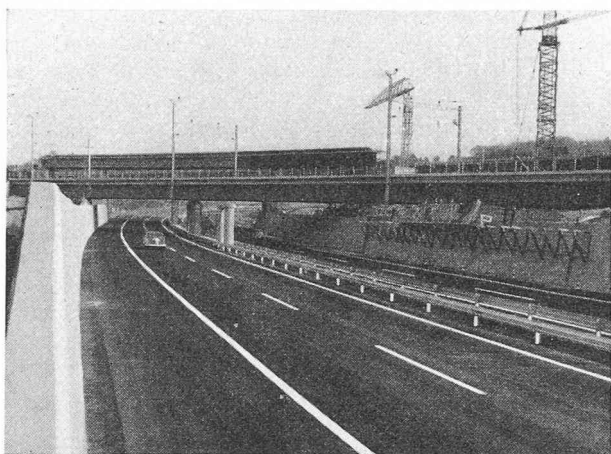


Fig. 22. — Ponts IV, V et la cuve. (Photo Laboratoire de géotechnique de l'EPUL)

sols, un essai d'exécution de parois moulées fut d'abord entrepris en dehors de la zone dangereuse. Le résultat étant positif, ces travaux purent être menées comme prévu.

#### Conditions et mode d'exécution du terrassement général de la cuve et des parois moulées

Une fois la décision prise sur le principe de la cuve des Larges Pièces, il restait moins d'une année pour l'étude du projet et l'exécution de ladite cuve. Autrement dit, étude et exécution devaient être étudiées de pair.

Les travaux ne purent commencer qu'à mi-avril, côté Lausanne, et mi-mai côté Genève, à cause de la construction des fondations des ponts I, II et III, ainsi que de l'embarras créé par le remblai provisoire des voies directes qui devait être enlevé avant de poursuivre les travaux. De plus, les calculs de stabilité des phases de travail montrèrent qu'il était nécessaire d'effectuer en premier un terrassement général au niveau + 1,50 m, et que le reste du terrassement devait s'exécuter par tranches d'environ 8 à 10 m de longueur sur une demi-largeur de l'AR, chaque tranche devant être bétonnée avant de passer à la suivante. La cuve fut divisée en 45 éléments, et, comptant deux semaines par élément, il a été prévu jusqu'à quatre fronts de travail simultanés.

L'exécution de la paroi moulée côté lac dut être faite depuis une plate-forme de travail à environ + 3,50 m au-dessus du niveau de l'AR, ceci pour permettre l'exécution des éléments de cuve côté Jura sans compromettre la stabilité des remblais de la voie directe, respectivement de la culée Genève des ponts IV et V, cette paroi moulée ne pouvant pas être attaquée avant la mise hors service du remblai provisoire en juillet 1963 (fig. 21, 22 et 23).

#### V. Mesures de contrôle

*Tassements des ponts IV et V :* Les tassements des culées et palées des ponts IV et V furent mesurés depuis le début des travaux. Les graphiques y relatifs avec la situation des travaux sont reportés sur les figures 24 et 25. Ces contrôles servirent de base aux relevages périodiques des ponts.

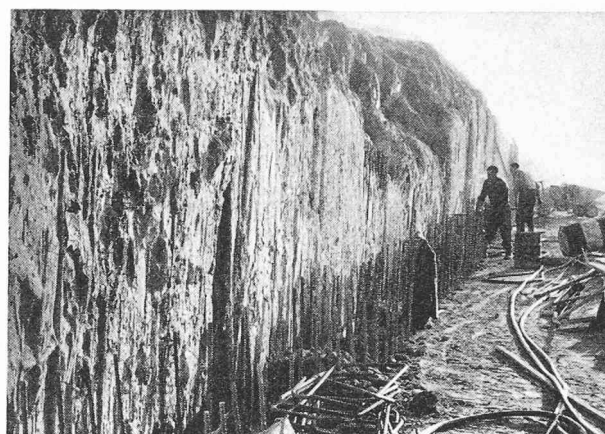


Fig. 23. — Les parois moulées. (Photo Zschokke S.A., Genève)

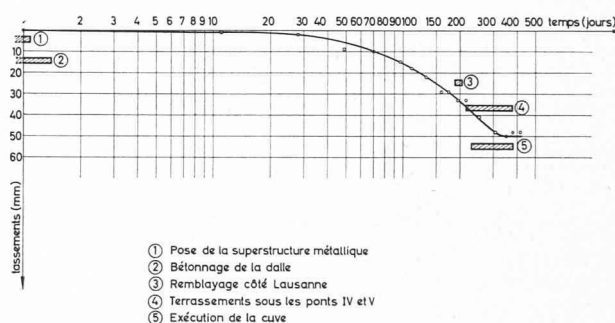


Fig. 24. — Tassements de la culée Lausanne des ponts IV et V.

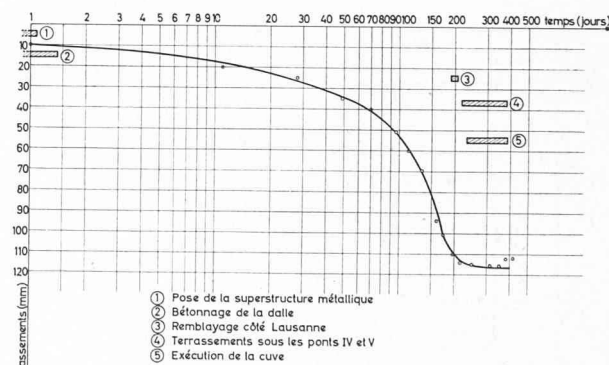


Fig. 25. — Tassements de la première pile des ponts IV et V.

*Contrôle de déformation des buses ARMCO :* Le laboratoire d'essais des matériaux de l'EPUL a exécuté des contrôles pour déterminer le comportement des buses ARMCO sous les voies. Deux dispositifs de mesure furent fixés sur chacune des buses sous la voie, l'un verticalement, l'autre horizontalement. La position de ces points de mesure était légèrement décalée par rapport à l'axe de la voie, afin d'éviter à cet endroit le raidissement dû au recouvrement de deux segments de buse. Les figures 26 et 26 a montrent les positions de montage.

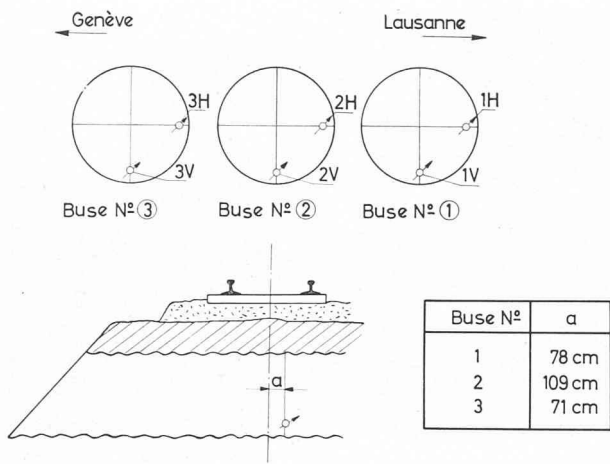


Fig. 26

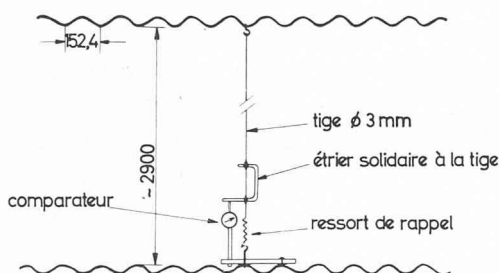


Fig. 26 a

Fig. 26 et 26 a. — Dispositif de mesure des déformations des buses.

### Résultat des mesures

Mesures du 9 juin 1963 avec convoi de trois locomotives (buses nos 2 et 3)

Mesure n°		Variation maximum des diamètres en mm			
		Tube 2		Tube 3	
		2 V	2 H	3 V	3 H
0	Mesure sans convoi . . .	0	0	0	0
1	Centre de la première locomotive sur tube 2 . . .	-0,42	+0,18	-0,17	+0,05
2	Centre de la deuxième locomotive sur tube 2 . . .	-0,45	+0,18	-0,24	+0,20
3	Essieu arrière de la deuxième locomotive sur tube 2 . . .	-0,15	+0,03	-0,07	+0,03
4	Mesure sans convoi . . .	+0,02	+0,02	+0,16	-0,03
5	Passage en direction Lausanne des trois locomotives . . .	+0,07	-0,05	+0,16	-0,13
6	Passage en direction Genève des trois locomotives . . .	-0,39	+0,18	-0,28	+0,19
7	Mesure sans convoi . . .	+0,09	-0,06	+0,18	-0,13
8	Passage en direction Lausanne des trois locomotives, vitesses plus élevées que mesures 5 et 6 . . .	-0,42	+0,19	-0,29	+0,20
9	Mesure sans convoi . . .	+0,05	+0,01	+0,11	-0,04
10	Mesure sans convoi . . .	+0,08	-0,02	+0,14	-0,14
11	Freinage du convoi au-dessus des tubes . . .	+0,07	-0,06	+0,18	-0,21
12	Accélération du convoi au-dessus des tubes . . .	-0,30	+0,11	-0,20	+0,05
13	Mesure sans convoi . . .	+0,08	-0,12	+0,20	-0,25
		-0,37	+0,11	-0,23	+0,09
		+0,06	-0,04	+0,17	-0,16

+ : allongement — : contraction  
Température dans les buses : 13,8°C

### Commentaires

La plus grande variation de diamètre est une diminution de 0,45 mm du diamètre vertical de la buse n° 2. Elle s'est produite à l'arrêt de la deuxième locomotive au-dessus de la buse.

La diminution maximum pendant le passage du convoi était de 0,42 mm apparue au même point de mesure. L'amplitude totale de la variation de diamètre était de 0,51 (mesure n° 6). A la fin de ces manœuvres, on constate (mesure 13) une augmentation du diamètre vertical des deux buses et une diminution du diamètre horizontal. Ceci s'explique par l'effet de tassement du terrain.

### Mesures statiques du 10 juin au 15 juillet 1963

Mesure n°	Date	Heure	Température	Variation des diamètres en mm					
				1 V	1 H	2 V	2 H	3 V	3 H
1	10 juin	15.00	19	0	0	0	0	0	0
2	11 »	11.30	16,5	-0,02	0,11	-0,07	0,09	-0,14	0,08
2	12 »	11.15	19	-0,16	0,11	-0,16	0,06	-0,18	0,38
4	13 »	11.30	19,5	-0,20	0,16	-0,18	0,09	-0,66	-0,06
5	14 »	11.30	15,5	-0,18	0,35	-0,15	0,25	-0,63	0,12
6	17 »	11.00	19	-0,38	0,37	-0,30	0,25	-0,71	0,06
7	18 »	12.00	19	-0,43	0,27	-0,33	0,13	-0,66	-0,07
8	19 »	12.00	18	-0,43	0,38	-0,29	0,23	-0,67	0,01
9	20 »	11.00	16	-0,50	0,46	-0,30	0,30	-0,69	0,08
10	21 »	11.00	22	-0,53	0,30	-0,33	0,11	-0,66	-0,10
11	24 »	11.00	19	-0,52	0,48	-0,26	0,24	-0,62	0,03
12	25 »	11.00	16	-0,56	0,61	-0,26	0,33	-0,62	0,11
13	26 »	11.30	20	-0,64	0,46	-0,26	0,15	-0,58	-0,05
14	27 »	11.30	22,5	-0,67	0,46	-0,27	0,07	-0,57	-0,13
15	28 »	11.30	21	-0,60	0,70	-0,23	0,32	-0,55	0,11
16	1 juill.	11.35	19,5	-0,86	0,65	-0,36	0,22	-0,64	0,01
17	2 »	11.45	22,5	-0,87	0,57	-0,33	0,11	-0,58	0,08
18	3 »	11.00	23,5	-0,89	0,57	-0,33	0,07	-0,58	-0,14
19	4 »	11.20	22	-0,89	0,64	-0,30	0,13	-0,54	-0,08
20	5 »	11.30	19,5	-0,88	0,76	-0,29	0,27	-0,54	0,03
21	8 »	11.40	21	-0,93	0,71	-0,28	0,16	-0,49	-0,06
22	11 »	11.30	20	-0,95	0,71	-0,30	0,20	-0,49	-0,04
23	15 »	11.15	21	-0,98	0,77	-0,33	0,20	-0,47	-0,07

### Commentaires

L'examen de ces résultats montre une stabilisation de la position moyenne des buses nos 2 et 3 dès le troisième jour. La buse n° 1, par contre, tend à se stabiliser beaucoup plus lentement.

Les fluctuations suivent les mêmes tendances dans les trois buses. Dans les buses nos 2 et 3, cette correspondance est très marquée. Elle apparaît également dans la buse n° 1, superposée cependant à une variation continue.

Ces fluctuations peuvent être attribuées à des influences climatologiques comme la température et la teneur en eau du sol, à la suite de pluies.

### Mesures dynamiques du 4 juillet 1963 dans la buse n° 2 Passages de trains directs

Mesure n°	Direction	N° de la locom.	Heure	Comparteur	Variation maximum des diamètres totale en mm		
1	Lausanne-Genève	10018	11.43	2 V	-0,25	0	0,25
				2 H	+0,05	-0,10	0,15
2	Genève-Lausanne	—	11.50	2 V	-0,05	+0,02	0,07
				2 H	+0,02	-0,08	0,10
3	Lausanne-Genève	10016	11.52	2 V	-0,26	+0,01	0,27
				2 H	+0,05	-0,10	0,15
4	Genève-Lausanne	1404	11.55	2 V	-0,12	+0,01	0,13
				2 H	+0,01	-0,09	0,10

+ : allongement — : contraction  
Les dispositifs de mesure se trouvent sous la voie Lausanne-Genève.

### Commentaires

Les amplitudes des variations de diamètre ont diminué sensiblement par rapport aux mesures du 9 juin. Cela est dû probablement à la stabilisation de l'ensemble tuyaux-remblais. Il est à remarquer cependant que la composition des convois n'était pas la même. Il semble d'autre part que les variations de diamètre ont tendance à diminuer avec la vitesse des convois.

## VI. Conclusions

Des expériences faites lors de la construction de cet ensemble d'ouvrages, d'une valeur de 20 millions de francs environ, il semble devoir être tiré les conclusions suivantes, ceci sans envisager des comparaisons avec d'autres solutions qui auraient pu être prises en considération. On se contentera donc d'attirer l'attention sur les points principaux pouvant être utiles à ceux qui seraient confrontés avec des problèmes semblables.

### 1. Sondages dans les argiles glaciaires

La détermination de la présence et de la grandeur de pressions hydrostatiques lors de sondages dans les argiles est difficile et incertaine. En cas de doute, la pose de nombreux tubés piézométriques s'impose, la pose de ceux-ci devant faire l'objet de très grands soins. On doit soupçonner la présence de pressions interstitielles lorsque les argiles sont élastiques (fort refus élastique lors du battage de cuvelages), et naturellement lorsqu'on constate des remontées de sols dans les sondages.

### 2. Caractéristiques des argiles glaciaires

Les caractéristiques de ces argiles plus ou moins varvées sont éminemment variables, parfois même sur de très petites distances. On ne peut pas se contenter d'un nombre d'essais restreint.

Les résistances au cisaillement peuvent être très faibles, même lorsque les teneurs en eau et les densités paraissent assez convenables et que l'indice de consistance est assez satisfaisant.

Il semble prudent d'admettre toujours les valeurs des caractéristiques les plus défavorables et non les valeurs moyennes.

### 3. Méthodes d'essais

La résistance au cisaillement déduite d'essais de compression simple sur cylindre non fretté peut être assez différente de celle déduite d'essais triaxiaux ou d'essais de cisaillement direct.

Cela peut être dû au fait que lors de l'essai sur cylindre les forces capillaires augmentent la résistance.

En revanche, il apparaît que les valeurs obtenues à l'essai triaxial — que ce soit avec les contraintes totales ou avec les contraintes effectives — sont comparables avec celles obtenues à l'essai de cisaillement direct — respectivement rapide non consolidé ou lent consolidé.

### 4. Sensibilité des argiles

On a trouvé aux « Larges Pièces » des sensibilités variant entre 2 et 5. Bien que ces valeurs ne soient pas particulièrement élevées par rapport à certaines argiles à l'étranger, elles démontrent la nécessité d'éviter

- 1) des amorces de ruptures provoquant des remaniements qui font perdre au terrain une bonne partie de sa résistance — résistance perdue pour la suite des travaux ;
- 2) l'introduction dans le terrain de matériaux susceptibles de le déplacer et de le remanier.

Il convient, en cas de fonçage de pieux, de pieux de sable, etc., de procéder à des forages préalables, et non par battage avec déplacement du sol.



(Photo « Feuille d'Avis de Lausanne »)

Fig. 27. — Vue aérienne des « Larges Pièces ».

### 5. Calculs de stabilité

On a vu plus haut qu'il est prudent d'utiliser les valeurs de la résistance au cisaillement les plus faibles. En outre, on a constaté que les calculs avec les caractéristiques apparentes (basées sur les contraintes totales) peuvent être dangereusement optimistes. Il est donc préférable de travailler avec les valeurs réelles (basées sur les contraintes effectives), la difficulté étant cependant de pouvoir déterminer sur place les valeurs exactes de la pression hydrostatique ou des pressions interstitielles.

### 6. Fouilles profondes dans les argiles tendres

Le calcul doit prendre en considération les pressions hydrostatiques même quand celles-ci ne sont pas apparentes. Notons que plus on descend le fond de fouille par rapport au niveau piézométrique présumé, plus il y a lieu de prendre de grandes précautions.

Dans le cas des ponts « Aux Larges Pièces », le poids des remblais provisoires pour le détournement des voies CFF a joué un rôle déterminant dans les remontées qui se sont produites malgré la présence des palplanches. La position des remblais ayant été dictée par les rayons de courbure et la vitesse des trains, le problème ne pouvait être éliminé.

### 7. Palplanches

L'arrachage des palplanches servant d'enceinte à une fouille pour une fondation profonde dans des argiles ne peut être envisagé. En effet, l'argile collant aux palplanches, des vides se formeraient sous la fondation. Aux « Larges Pièces », des pertes allant jusqu'à



50 l/m<sup>2</sup> de palplanches ont été mesurées avant l'abandon des palplanches dans le sol.

#### 8. Pieux

Le type des pieux admis pour les fondations, choisi pour des raisons de prix et surtout de délais d'exécution, ne convenait pas aux conditions du sous-sol. Le déplacement du sol lors du battage était susceptible de remanier le terrain et de provoquer des dommages aux pieux ; les mouvements généraux du terrain — remontées en particulier — ont, de plus, eu les conséquences les plus fâcheuses. Quoi qu'il en soit, les pieux doivent être armés jusqu'à la base. L'utilisation de pieux forés prévient aussi bien le danger de remaniement que le risque de remontées de sol lors du battage.

#### 9. Stabilité des talus

La recherche des pressions hydrostatiques interstitielles effectives est la base de toute étude de stabilité, même lorsque ces pressions ne sont pas immédiatement apparentes. Une investigation détaillée avec tous les moyens techniques à disposition, sans souci d'économie et suffisamment à l'avance, est nécessaire pour mener à bien des terrassements d'une telle envergure.

#### 10. Drainage

Dans les argiles varvées, même si la perméabilité semble trop faible pour permettre un drainage rapidement efficace, une amélioration peut être obtenue par des drainages verticaux.

#### 11. Allègement du remblai

L'allègement des remblais au moyen de buses métalliques donne à première vue des résultats valables. Des mesures ultérieures montreront si la méthode n'a pas d'inconvénients à long terme. Pour le cas des « Grandes Pièces », il a été prévu de pouvoir remplir les buses très rapidement en cas de difficulté à l'avenir. En effet, la solution des remblais élagés était utile et intéressante surtout pendant l'exécution des travaux de la cuve lorsque les trains directs circulaient sur les ponts déjà construits. Si les buses devaient un jour être remblayées — ce qui est très peu probable — la surcharge serait alors compensée par l'amélioration des coefficients géotechniques à la suite de la consolidation obtenue.

Les auteurs saisissent l'occasion de remercier le professeur G. Schnitter qui, par ses conseils judicieux et sa grande expérience, a apporté une contribution précieuse et déterminante au choix et à l'établissement de la solution trouvée aux problèmes qui se sont posés, et permis que cette solution puisse s'exécuter dans les délais impératifs imposés.

Ils remercient également leurs collègues de la Direction du 1<sup>er</sup> arrondissement des CFF pour leur précieuse collaboration, ainsi que le Bureau d'étude de C. Zschokke qui a mené à bien tous les problèmes concernant la cuve et les parois moulées, sans oublier l'Entreprise Losinger, qui a su surmonter toutes les exigences géotechniques et terminer cet ensemble important avant les délais fixés.

## BIBLIOGRAPHIE

**Introduction à la théorie des systèmes échantillonnés**, par J. Tschauner. Traduit de l'allemand par J. Hayes, ingénieur EP, ingénieur militaire de l'Armement. Paris, Dunod, 1963. — Un volume 16 × 24 cm, x + 170 pages, 86 figures. Prix : broché, 26 F.

Cet ouvrage présente une étude originale des systèmes à prélèvements comportant un seul échantillonneur.

L'analyse de ces systèmes est d'abord effectuée dans le domaine temporel, par résolution directe des équations différentielles. On notera que cette méthode de calcul par récurrence permet de tenir compte d'emblée des formes d'échantillons rencontrées dans les cas pratiques, où l'on fait appel à des dispositifs qui peuvent différer du bloqueur idéal ; elle s'étend sans difficulté à l'étude des systèmes à fréquence d'échantillonnage variable ou à modulation de largeur d'impulsions. Ensuite est introduite une transformation analogue à la transformation en  $z$ , qui permet d'alléger les calculs relatifs à la stabilité et à la précision des systèmes bouclés. Enfin quelques compléments de mathématiques permettront au lecteur de poursuivre une étude plus approfondie des systèmes échantillonnés.

Ce livre s'adresse aux ingénieurs électriciens, électroniciens, radio-électriciens, automaticiens de toute formation, aux spécialistes des calculs analogique et numérique, déjà familiarisés avec la théorie des systèmes linéaires continus. Il met l'accent sur l'aspect physique des phénomènes et constitue, de ce fait, une bonne introduction à la lecture des ouvrages maintenant classiques, de la littérature d'aujourd'hui sur les systèmes échantillonnés.

#### Sommaire :

1. Systèmes échantillonnés en chaîne ouverte. — 2. Systèmes échantillonnés en boucle fermée. — 3. Mathématiques appliquées à l'étude des systèmes échantillonnés.

**Les cadres face aux problèmes de la jeunesse.** Collection « Elites et responsabilités ». Cahiers du Centre économique et social de perfectionnement des cadres. Paris, 1963. — Un volume 14,5 × 22,5 cm, 124 pages. Prix : broché, 6 F.

En 1952, la Fédération nationale des syndicats d'ingénieurs et de cadres (la CGC) a créé le Centre économique et social de perfectionnement des cadres, dont l'activité porte, entre autres, sur l'organisation de Journées d'études. La Journée d'études du 19 janvier 1963 était consacrée au thème : « Les cadres face aux problèmes de la jeunesse », et les conférences et les débats en ont été publiés dans la collection « Elites et responsabilités ».

Les conférences suivantes ont été prononcées :

*Henri Guitton* : Le rajeunissement démographique de la France.

*Jean Jousselin* : La jeunesse contemporaine dans ses comportements.

*Michel de Saint-Pierre* : Le malaise de la nouvelle génération et les responsabilités des aînés.

*Maurice Bye* : La solidarité des générations et anticipations économiques.

*Marcel Merle* : Le renouvellement du civisme dans une tradition humaniste.

*Yves Charpentier* : Les cadres de demain et la solidarité des générations.

C'est Roger Millot qui a introduit ces conférences et en a ensuite tiré la synthèse.

Il n'est pas possible de résumer ni même de tenter de donner un court aperçu de telles conférences. On insistera toutefois sur l'importance et l'actualité des sujets traités. Comme l'indique Roger Millot dans son introduction : « Renforcer les maillons de cette chaîne [des générations] n'est pas le moindre objectif des hommes de bonne volonté qui ont contribué à cet ouvrage. »

On peut recommander la lecture de cet ouvrage d'excellent niveau.