Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 90 (1964)

Heft: 15

Artikel: Prévisions et observations des tassements pour deux immeubles récents à Genève

Autor: Dériaz, Pierre

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-66993

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

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

624.159.2

PRÉVISIONS ET OBSERVATIONS DES TASSEMENTS POUR DEUX IMMEUBLES RÉCENTS À GENÈVE

par Pierre DÉRIAZ, ingénieur dipl. EPF-SIA

Introduction

Nous n'avons pas à souligner ici l'importance du calcul et des prévisions de tassement lors de la construction d'ouvrages d'art. Pour mémoire, nous rappellerons simplement que pour des ouvrages fondés sur des terrains même peu compressibles, les tassements sont souvent déterminants pour le choix du système de fondation ainsi que pour la détermination du taux de travail admissible sur le terrain.

D'autre part, l'observation des tassements sur des constructions existantes permet de suivre le comportement du sol lors de l'application d'une charge permanente sur ce dernier et de plus d'étudier les réactions de la structure lors de déformations provoquées par des tassements différentiels. Seul, un examen approfondi des observations faites sur des structures existantes permettra de préciser les déformations admissibles sans dommage et les limites à ne pas dépasser pour les tassements différenciels d'un ouvrage donné.

Les deux exemples traités ici sont des bâtiments fondés sur des argiles lacustres et glaciaires compressibles bien connues à Genève. Un immeuble, au quai Wilson, sur la rive droite du lac, est fondé sur des vases et des argiles rubannées lacustres et glacio-lacustres, alors que le bâtiment des Palettes, au Grand-Lancy, repose sur des marnes feuilletées du retrait würmien.

Les calculs et prévisions de tassement ont été effectués suivant Terzaghi [2] et Kany [3] alors que l'observation et l'interprétation des tassements ont été faites suivant la méthode développée par Neuber [4].

Méthodes usuelles du calcul des tassements

Pour les terrains argileux, les calculs de tassement sont le plus souvent basés sur la théorie de la consolidation de Terzaghi [2 et 3]. La procédure standard est la suivante :

- Sondages et prélèvement d'échantillons dans le terrain.
- Détermination de la compressibilité du terrain par des essais de laboratoire (œdomètres).
- Etablissement d'un profil géotechnique indiquant la compressibilité des couches de terrain intéressant les fondations de l'ouvrage projeté.
- Choix de la méthode de calcul (hypothèses sur le mode de répartition des pressions dans le sol ainsi que sur le mode de déformation de ce dernier).
- Calcul des tassements théoriques et appréciation des tassements différentiels probables.

Chacune de ces étapes peut introduire des erreurs dans le résultat du calcul, par exemple : déformation des échantillons au prélèvement, procédure d'essai, hétérogénéité du terrain, hypothèses simplificatrices, etc. L'appréciation du résultat final est donc toujours délicate.

Cependant, l'expérience prouve que dans de nombreux cas, cette méthode permet de prévoir avec une précision suffisante les tassements.

Par contre, les prévisions concernant l'évolution des tassements dans le temps restent le plus souvent imprécises, car elles dépendent d'accidents locaux sous le terrain qui sont le plus souvent insaisissables en laboratoire.

Observations et calculs d'après Neuber

Une observation directe des tassements sur un ouvrage en vraie grandeur a l'avantage d'éliminer les erreurs dues à l'échantillonnage du terrain par le laboratoire, et une partie de celles dues aux hypothèses de calculs (théorie de l'élasticité ou théorie de la plasticité) qui ne permettent de saisir qu'imparfaitement le comportement réel du sol.

Par un choix judicieux des paramètres utilisés pour l'interprétation des mesures de tassement, il est possible de construire une courbe de tassement théorique suivant exactement la courbe des tassements observés. Cette courbe permet d'étudier l'évolution des tassements dans le temps ainsi que la compressibilité globale du terrain de fondation. Une fois ces paramètres établis, ils pourront servir aux prévisions de tassement pour un nouvel ouvrage construit sur le même terrain. Les sondages, qui seront toujours nécessaires pour reconnaître un terrain de fondation, auront donc pour but essentiel d'identifier le sol à une classe connue, d'où simplification des essais de laboratoire et élimination d'une cause d'erreur importante.

Neuber [4] propose pour l'interprétation des observations un modèle fictif, qui tient compte des dimensions du système (largeur de fondation, épaisseur du terrain compressible) d'un tassement instantané et d'un tassement différé *(fig. 1)*. Ses notations sont les suivantes :

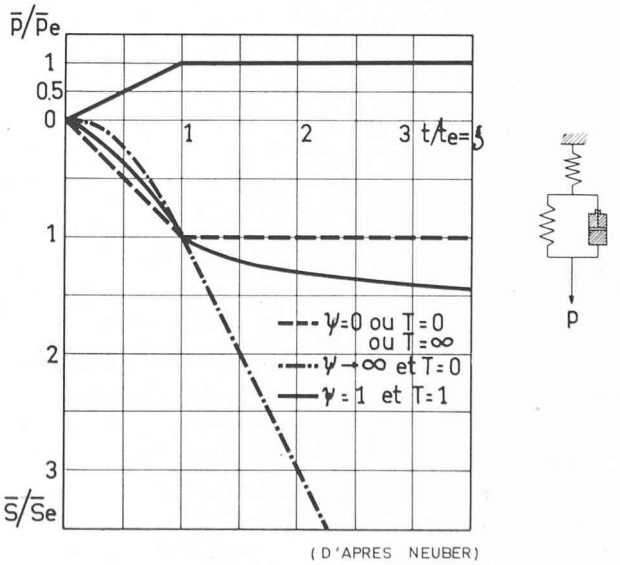


Fig. 1. — Modèle de Neuber.

$\overline{S}$ = tassement moyen de l'immeuble ;

$\overline{S}\infty$ = tassement moyen après un temps infini ;

t = temps ;

z = profondeur ;

$\overline{p}$ = pression moyenne sur le sol (admise uniforme) ;

σz = surcharge verticale du sol en profondeur ;

Es, En = modules œdométriques instantané et différé ;

Eo = module œdométrique total ;

(1) où $\dfrac{1}{Eo} = \dfrac{1}{Es} + \dfrac{1}{En}$

te = temps de construction ;

$\overline{p}e$ = pression à la fin de la construction ;

$\overline{S}e$ = tassement à la fin de la construction.

$\overline{p}/\overline{p}e$ surcharge relative en % de $\overline{p}e$.

$\overline{s}/\overline{s}e$ tassement relatif moyen en % de $\overline{s}e$.

t/te temps relatif en % de te.

$\Psi = \dfrac{Es}{En}$ donne l'importance relative du tassement instantané et du tassement différé.

Le modèle choisi admet les équations suivantes pour l'évolution des tassements dans le temps :

Pendant la construction $(o < t < te)$.

$$(2) \quad \overline{S} = I\sigma \cdot \overline{p}_e \left\{ \frac{1}{Es} \cdot \frac{t}{te} + \frac{1}{En} \left(\frac{t}{te} - \frac{1 - e^{-\alpha t}}{\alpha . te} \right) \right\}$$

Fin de la construction $t = te$.

$$(3) \quad \overline{S} = I\sigma \cdot \overline{p}_e \left\{ \frac{1}{Es} + \frac{1}{En} \left(1 - \frac{1 - e^{-\alpha te}}{\alpha te} \right) \right\}$$

Après la construction $t > te$.

$$(4) \quad \overline{S} = I\sigma . \overline{p}_e \left\{ \frac{1}{Es} + \frac{1}{En} \left(1 - \frac{e^{\alpha t} - 1}{\alpha te} e^{-\alpha t} \right) \right\}$$

$$(5) \quad \text{où} \quad I\sigma = \int_{z_1}^{z_2} \frac{Gz}{\overline{p}} \cdot dz \quad \text{(coefficient de forme).}$$

Sur plusieurs centaines de cas calculés, Neuber a montré qu'à de rares exceptions près les tassements après la construction suivaient une loi exponentielle.

Pour permettre une généralisation des calculs par l'emploi d'abaques sans dimensions, Neuber a introduit les paramètres suivants :

$$\xi = \frac{t}{te} \qquad \zeta = \frac{\overline{S}}{\overline{S}e} \qquad T = \alpha \cdot te \qquad \varphi = \frac{Es}{En} \cdot$$

Une courbe de tassement donnée et un coefficient de forme $I\sigma$ connu permettent alors de déterminer les paramètres ξ, ζ, T, φ qui servent à calculer Es, En, Eo (kg/cm²) et α (1/mois). Ainsi on obtiendra :

— la compressibilité globale du terrain Eo ;

— le pourcentage du tassement en fin de construction par rapport au tassement total ;

— l'évolution des tassements après la construction.

Immeuble au quai Wilson

En bordure du lac, à l'emplacement de l'Hôtel Président, le sous-sol est constitué d'abord par des remblais datant de la construction des quais, puis par un ancien sol et du sable reposant sur une épaisse couche de vase et d'argiles lacustres et glacio-lacustres gorgées d'eau, traversées par des intercalations de lits plus sableux. Dès 29 m de profondeur environ, on rencontre la glaise argileuse ferme et dure de la moraine würmienne (voir *fig. 2*).

Les terrains intéressant les fondations de l'Hôtel Président sont donc plastiques, de consistance molle à tendre et pour une teneur en eau variant entre 26 et 30 %, les essais œdométriques donnent un indice de compression $C_c = 0{,}190$.

Suite à une étude comparative pour différents niveaux de fondation et après un essai de charge sur pieux, le système de fondation suivant fut adopté :

Caisson rigide fortement armé, reposant sur une série de 112 pieux flottants de 20 m de longueur. La charge considérable de 10,2 t/m² est reprise pour une part égale au poids du terrain excavé par le radier, le reste, soit 5,1 t/m² étant repris par les pieux.

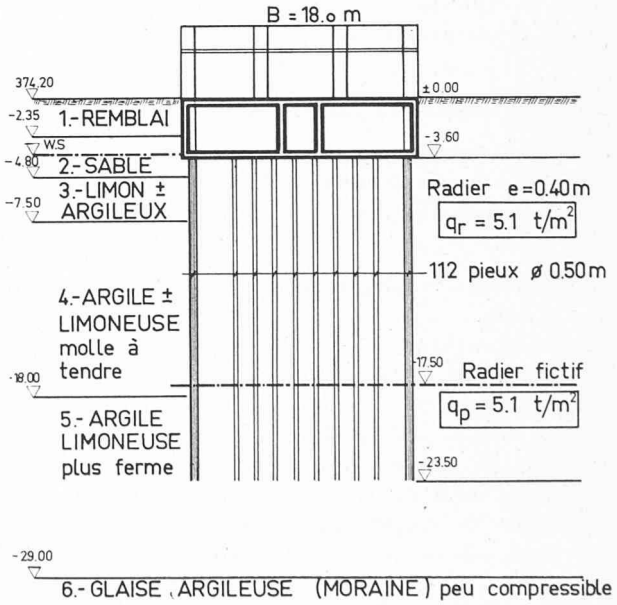
Le calcul des tassements a été effectué par la méthode proposée par Terzaghi pour les pieux flottants [1] : substitution aux pieux d'un radier fictif se trouvant au tiers inférieur de ces derniers, soit à — 17,50 m environ. Dans ces conditions, l'épaisseur de la couche compressible est ramenée à 11,50 m, ce qui réduit considérablement les tassements.

Pour un module œdométrique moyen $ME = 40$ kg/cm², le calcul donnait un tassement théorique moyen $S = 90$ mm.

Le tassement moyen du bâtiment a été suivi à l'aide de neuf repères de nivellement. L'analyse par la méthode de Neuber donne les résultats suivants (voir *fig. 3*) :

Es	En	Eo	α	$S\infty$	$\frac{Se}{S\infty}$
kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	1/mois	mm	—
512	68	60	0,214	78	0,54

Le tassement final réel ($S\infty$) serait donc environ 13 % plus faible que le tassement prévu, dans ce cas les valeurs données par les essais de laboratoire sont donc bien confirmées. Il est d'autre part intéressant de noter que 54 % des tassements se sont produits pendant la construction, le terrain s'est donc consolidé très rapidement.



COUCHES		W %	γ t/m³	LL %	q_u kg/cm²	C_c –	ME kg/cm²
3	ML-CL	25-30	1.98	27	0.3	–	–
4	CL	27-35	1.92	38	0.5	0.13 / 0.26	52 / 26
5	CL	26-30	2.00	33	0.8	0.19	40

ESSAIS DE LABORATOIRE

Fig. 2. — Immeuble au quai Wilson.

Bâtiment aux Palettes

Dans le quartier des Palettes, au Grand-Lancy, le sous-sol est caractérisé par la présence d'un important banc (plus de 20 m d'épaisseur) de marnes feuilletées tendres et compressibles du retrait würmien. En surface, on rencontre une zone plus limoneuse recouverte par un lit de sable et gravier de faible épaisseur (voir *fig. 4*).

Le poids de l'immeuble 7,4 t/m² est repris par un radier de 40 cm d'épaisseur, le niveau de fondation étant arasé à la cote — 2,80 m par rapport au terrain naturel. Côté garage, le radier est prolongé par un éperon de confinement, pour éviter une rupture locale du terrain et assurer une répartition favorable des pressions sous le radier. La surcharge nette sur le sol, après déduction du poids des terres excavées, vaut $q_e = 2{,}4$ t/m². Pour une hauteur active dans le terrain d'environ 15 m, le calcul donnait un tassement théorique $S = 91$ mm.

Le tassement moyen du bâtiment fut suivi à l'aide de huit repères de nivellement. L'analyse par la méthode de Neuber donne les résultats suivants (voir *fig. 5*) :

Es	*En*	*Eo*	α	*S∞*	$\frac{Se}{S\infty}$
kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	1/mois	mm	—
170	54	41	0,060	59	0,38

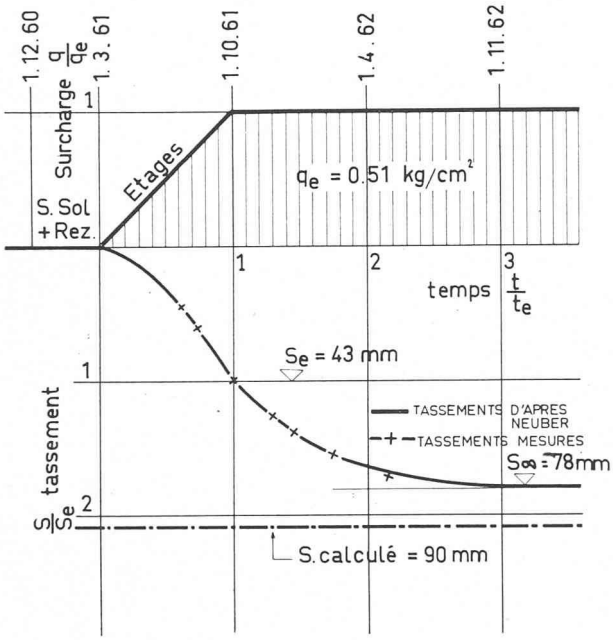


Fig. 3. — Tassements au quai Wilson.

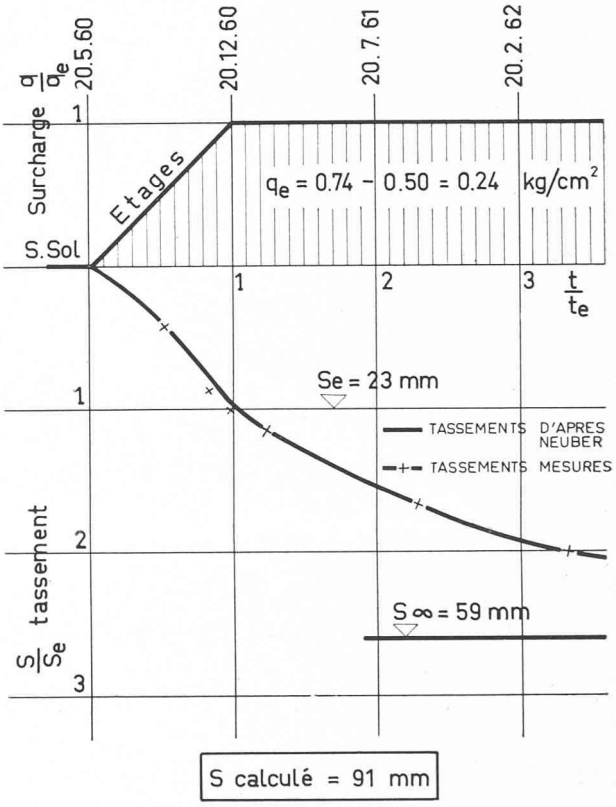
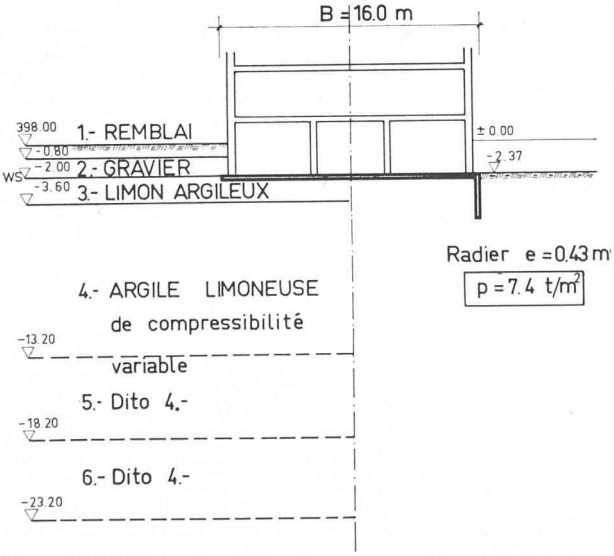


Fig. 5. — Tassements aux Palettes.



COUCHES	W %	γ t/m³	LL %	qu kg/cm²	Cc –	ME kg/cm²
3 ML-CL	25-30	2.00	34	0.40	0.10	70
4 CL	30-34	2.00	38	0.50	0.20	37
5 CL	30	2.00	35	0.60	0.15	48
6 CL	30-34	2.00	38	0.50	0.18	42

ESSAIS DE LABORATOIRE

Fig. 4. — Bâtiment des Palettes.

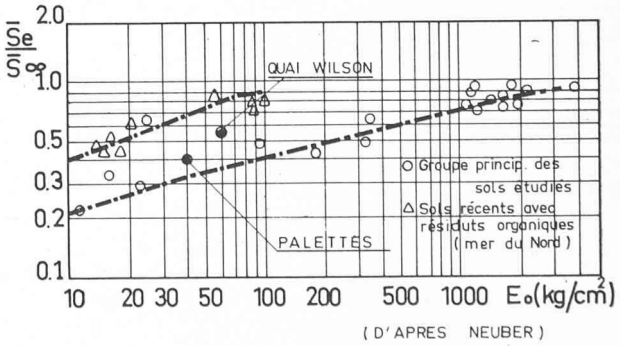


Fig. 6. — Compressibilité et vitesse de tassement.

$\frac{s_e}{s_\infty}$ = rapport du tassement en fin de construction au tassement total

Eo = module œdométrique apparent du terrain.

Dans ce cas, le tassement final réel ($S\infty$) serait donc environ 33 % plus faible que le tassement prévu, le laboratoire donnant systématiquement des compressibilités trop élevées. D'autre part, on notera que pour ce terrain 38 % seulement des tassements se sont produits pendant la construction.

Conclusions

Les deux exemples que nous avons sommairement exposés ici montrent l'intérêt d'une analyse des mesures de tassement.

Il existe une corrélation certaine entre les paramètres choisis par Neuber et la nature du sous-sol. Par exemple, pour des durées de construction normales (comprises entre six mois et trois ans) on peut établir une abaque donnant la relation entre la nature du sous-sol, la compressibilité du terrain et la vitesse de consolidation (voir *fig. 6*), ce qui permet d'estimer à l'avance le pourcentage du tassement total atteint en fin de construction.

Seule la multiplication des mesures de tassement sur des terrains dont la stratigraphie est connue permettra de généraliser ces résultats et d'améliorer ainsi sensiblement la précision des prévisions de tassement en particulier en ce qui concerne l'évolution de ces derniers dans le temps. Ces mesures seront complétées par une analyse statistique des tassements différentiels et ceci en fonction du type de fondation et de la nature du sous-sol ; une étude basée sur la notion de probabilité permettant à l'ingénieur de mieux apprécier le risque inhérent au système de fondation choisi.

En conclusion, nous espérons avoir contribué par cet exposé à encourager l'observation systématique des tassements pour tous les ouvrages importants de génie civil.

RÉFÉRENCES

[1] Dr J.-W. Schroeder : *Géologie du Pays de Genève.* Mémoire de la Société de Géographie de Genève, 1958.

[2] Prof. K. Terzaghi et Ralph B. Peck : *Soil Mechanics in Engineering Practice.* Chapman & Hall Ltd, London, 1948.

[3] Dr Ing. M. Kany : *Berechnung von Flächengründungen.* Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1959.

[4] H. Neuber : *Setzungen von Bauwerken und ihre Vorhersage. Berichte aus der Bauforschung Heft 19.* Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1961.

BIBLIOGRAPHIE

Einführung in die Anwendung moderner Rechenautomaten, par *H. Bühler.* Birkhäuser, Bâle, 1963. — Un volume de 244 pages, figures. Prix : relié, 23 fr.

Il s'agit de la rédaction d'un cours enseigné au Technicum de la Suisse centrale à Lucerne ; c'est dire que les applications envisagées concernent essentiellement les problèmes scientifiques et techniques.

Une première partie est consacrée aux calculatrices *numériques* : structure logique, programmation, langages symboliques FORTRAN et ALGOL. La seconde partie, plus courte, traite des calculatrices *analogiques.*

L'auteur de ce petit volume a su très sagement limiter son sujet ; en peu de pages, il donne au lecteur une information sans doute limitée et un peu terre à terre, mais très sûre ; cet ouvrage modeste et sans prétention sera certainement fort utile à bien des personnes désirant comprendre ce qu'est le calcul électronique.

C. B.

LES CONGRÈS

La confrontation de la science à la pratique dans le développement des procédés

Amsterdam, 15-17 septembre 1964

Le 3e Symposium européen organisé par le Groupe de travail pour le génie des réactions chimiques de la Fédération européenne du génie chimique, qui sera également la 55e Réunion de la Fédération européenne du génie chimique, aura pour thème *La confrontation de la science à la pratique dans le développement des procédés.*

En effet, le nombre de publications traitant des méthodes scientifiques pour résoudre les problèmes technologiques s'accroît sans cesse, tandis que le nombre des publications traitant des applications réussies de ces méthodes à des problèmes industriels concrets est infiniment plus faible.

Les conférences comprennent cinq groupes :

A. Procédés de production à l'échelle commerciale.
B. Etude des procédés industriels dans les laboratoires et les usines-pilotes.
C. Réacteurs.
D. Phénomènes chimiques et physiques.
E. Modèles mathématiques et optimisation de processus.

Secrétariat : Dr. J. Hoogschagen, c/o Algemene Kunstzijde Unie N.V., Velperweg 76, *Arnhem* (Pays-Bas).

Inscriptions : Ir. J. H. de Groot, c/o Koninklijke/Shell-Laboratorium, P.O. Box 3003, *Amsterdam* (Pays-Bas).

DIVERS

Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne

Bibliothèque

AVIS

Fermeture de la bibliothèque du 1er août au 22 août 1964.
Réouverture de la bibliothèque : lundi 24 août.
Prêt interurbain suspendu du 13 juillet au 1er septembre.

Rédaction : D. BONNARD, ingénieur

DOCUMENTATION GÉNÉRALE

(Voir pages 7 et 8 des annonces)

INFORMATIONS DIVERSES

Pont métallique du Saut-de-Mouton du Vertet

(Voir photographie page couverture)

Le pont du Vertet permet à une voie d'accès de la gare de Lausanne-Triage de franchir les voies directes Lausanne-Genève. L'ouvrage est un pont-rail à simple voie constitué par deux poutres maîtresses à trois travées (25, 30 et 25 m), complété par des entretoises et des longerons. Ces différents éléments sont exécutés en poutres composées par soudure à partir de larges plats et tôles en acier 52. Le poids total de l'ouvrage est de 170 t.

Pour ne pas perturber le trafic sur la ligne Lausanne-Genève, le pont a été construit sur le remblai qui donne accès au saut-de-mouton à environ 140 m de sa place définitive. Les poutres maîtresses ont été amenées en éléments de 16 m, posées sur des galets et assemblées par soudure. L'assemblage terminé, on a procédé au lancement (voir photo page de couverture). Les poutres maîtresses étaient supportées tous les 30 m environ par des galets spécialement conçus à cet effet.

La dernière opération consistait à descendre l'ouvrage, au moyen de vérins hydrauliques, d'environ 40 cm pour le mettre sur ses appuis.

Précisons que la commande du pont fut passée en août 1963 et que le lancement eut lieu neuf mois plus tard, en avril 1964.

Un deuxième ouvrage similaire est prévu dans un avenir prochain, au même emplacement.

ZWAHLEN & MAYR S.A.

Imprimerie La Concorde, Lausanne