

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 91 (1965)
Heft: 25

Artikel: Ancrage d'une paroi moulée dans le sol au chantier de l'UNESCO, à Paris
Autor: Mayer, A. / Rosset, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-67681>

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: 13.04.2026

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. 40.—	Etranger Fr. 44.—
Sociétaires	» » 33.—	
Prix du numéro	» » 2.—	» » 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° 10 - 5776, 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. 385.—
1/2 »	» 200.—
1/4 »	» 102.—
1/8 »	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. 1000 Lausanne et succursales



SOMMAIRE

Ancrage d'une paroi moulée dans le sol au chantier de l'UNESCO, à Paris, par A. Mayer et F. Rosset, ingénieurs.
Bibliographie. — Divers. — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes.
Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Nouveautés, informations diverses.

ANCRAGE D'UNE PAROI MOULÉE DANS LE SOL AU CHANTIER DE L'UNESCO, À PARIS

par A. MAYER, ingénieur général des mines (e. r.), et F. ROSSET, ingénieur à l'entreprise Solétanche.

Une illustration des possibilités d'utilisation des ancrages par tirants en matière de construction urbaine peut être trouvée dans l'application qui vient d'en être faite à l'occasion des travaux d'extension du palais de l'UNESCO, à Paris.

Cet organisme aménagé actuellement, en dessous du terre-plein central, trois étages de bureaux en sous-sol. Sur un de ses côtés, la fouille, d'une dizaine de mètres de profondeur, est contiguë à une construction existante, la salle des conférences, dont la façade frontale est fondée sur une semelle continue lourdement chargée. Pour prévenir les désordres possibles consécutifs à la décompression du sol de fondation de cet édifice, il a dû être réalisé, dans la zone intéressée, une paroi moulée dans le sol, de 11,20 m de hauteur, s'étendant sur 63 m (voir fig. 1).

¹ Conférence donnée le 14 mai 1965 à Zurich, devant les membres de la Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondation.

A 2,60 m au-dessous de son sommet, cette paroi est soutenue par une file d'ancrages par barres, ce qui a permis, d'une part, la suppression de l'étaielement généralement prévu par butonnage ou contre-fiches dans la fouille et, d'autre part, d'assurer, par la mise en tension des tirants, une sorte de précontrainte du massif de terrain à contenir.

Ce dispositif d'ancrage a un caractère provisoire, car, une fois achevés, les planchers du bâtiment seront en mesure de recevoir les poussées de ce mur extérieur.

Nature des terrains et caractéristiques mécaniques

Les terrains sont constitués à partir du terre-plein par :

- 3,20 m de remblai (37,50 — 34,30) ;
- 6,90 m d'alluvions anciennes (34,30 — 27,40) ;
- au-dessous, les fausses glaises.

COUPE EN TRAVERS DE L'OUVRAGE

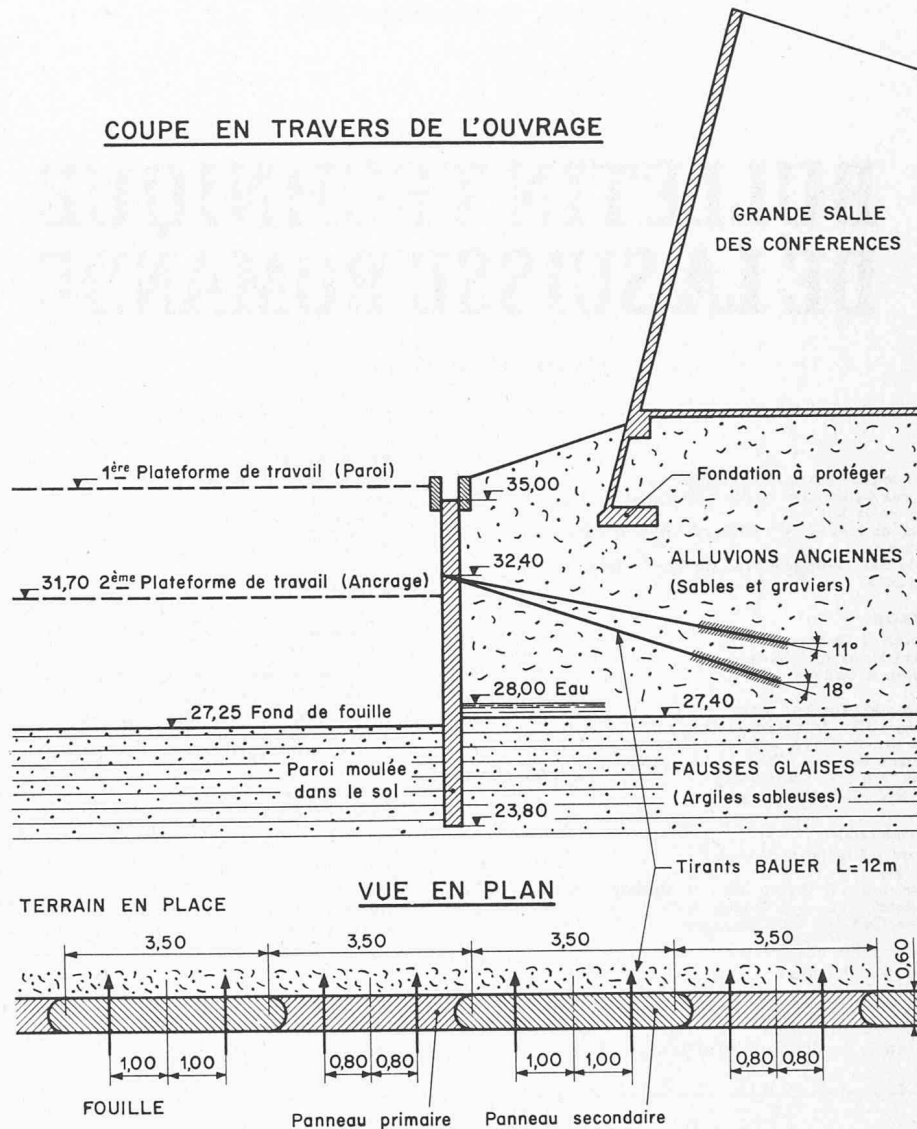


Fig. 1.
Coupe en
travers de
l'ouvrage et
vue en plan.

Les essais en laboratoire effectués sur échantillons intacts ont permis de retenir les caractéristiques suivantes :

- Alluvions anciennes : $\varphi = 35^\circ$
 $\gamma = 1,65 \text{ t/m}^3$ $\gamma' = 1,1 \text{ t/m}^3$
- Fausses glaises : $\varphi = 0^\circ$
 $C = 6,75 \text{ t/m}^2$ $\gamma' = 1,1 \text{ t/m}^3$
- La nappe aquifère est à la cote 28,00 environ.

Calcul de la stabilité de la paroi et des efforts à reprendre au niveau des ancrages

A. Surcharges

Nous assimilons la surcharge concentrée de 46 t/ml due à la semelle de la Salle de conférences de l'UNESCO — semelle de 2 m de large dont l'axe est à environ 5 m de la paroi — à une charge répartie sur une bande de 10 m de largeur (largeur équivalente à la profondeur de la paroi). Nous avons alors une surcharge répartie de 4,6 t/m².

Cette surcharge, située à la cote 34,00, est équivalente à la surcharge que produirait une hauteur de terre supplémentaire de :

$$\frac{4,6}{\gamma} = \frac{4,6}{1,65} = 2,8 \text{ m.}$$

Au-dessus de la cote 34,00, la surcharge due aux terres situées entre la paroi et la salle de Conférences peut être remplacée par une hauteur de terre de 50 cm uniformément répartie.

Nous avons donc pris dans la suite des calculs une paroi équivalente, arasée à la cote 34,00 et soumise à une surcharge en tête de $2,8 + 0,5 = 3,3$ m de terre.

B. Méthode de calcul

Poussée des terres

Cote 34,00 $e_a = \lambda_a \gamma h_1 = 0,27 \times 1,65 \times 3,3 = 1,47 \text{ t/m}^2$;

28,00 $e_a = 0,27 \times (3,3 + 6) 1,65 = 4,15 \text{ t/m}^2$;

27,40 + ϵ $e_a = 0,27 \times [(3,3 + 6) 1,65 + 0,6 \times 1,1] + 0,6 = 4,90 \text{ t/m}^2$;

27,40 - ϵ $e_a = (3,3 + 6) 1,65 + 0,6 \times 1,1 + 0,6 - 2 \times 6,75 = 3 \text{ t/m}^2$;

27,25 $e_a = (3,3 + 6) 1,65 + 0,75 \times 1,1 + 0,75 - 2 \times 6,75 = 3,3 \text{ t/m}^2$.

Butée $e_p = 2 \times 6,75 = 13,5$;
 butée-poussée > 0 au niveau du fond de fouille ;
 butée-poussée = $13,5 - 3,3 = 10,2 \text{ t/m}^2$.

Réaction dans le tirant (cote 32,40, voir fig. 2)

On écrit que la somme des moments des forces par

rapport au point de pression nulle (à la cote 27,25) est nulle.

Forces de poussée :

a) surcharges : $1,47 \times (34 - 27,25) = 10$ tonnes appliquées à 30,60 ;

b) poussée des terres : $\frac{1}{2} (4,9 - 1,47) 6,60 = 11,5$ tonnes appliquées à 29,60 ; $\frac{3 + 3,3}{2} 0,15 = 0,47$ tonne appliquée à 27,30.

D'où :

$R_x (32,40 - 27,25) = 10 \times (30,60 - 27,25) + 11,5 (29,6 - 27,25) \times 0,47 + 0,05$
et la réaction à 32,40 :

$$R \approx 12 \text{ t/ml.}$$

Moment maximal dans la paroi (voir fig. 3)

La profondeur (prise à partir de la cote 34,00) à laquelle l'effort tranchant s'annule est donnée par la relation :

$$1,47 h + 1,65 \times 0,27 h^2 = 12.$$

Soit $h = 4,8$ m.

Et le moment, qui y est maximum, vaut :

$$M = 1,47 \frac{h^2}{2} + 1,65 \times 0,27 \times \frac{h^3}{6} - 12 \times 3,2 \approx 15 \text{ tm.}$$

Fiche de la paroi

La hauteur de fiche de la paroi doit permettre d'équilibrer les moments dus aux efforts de butée sur la fiche et à l'effort tranchant au point de pression nulle. Ces moments sont pris par rapport à l'extrémité inférieure de la fiche. Un supplément de fiche est ensuite considéré sur lequel l'effort tranchant résiduel en pied de fiche s'annule, la poussée des terres étant alors considérée du côté de la fouille et la butée du côté opposé.

Partant de la valeur butée-poussée égale à 10,2 et de l'effort tranchant en fond de fouille égal à :

$$10 + 11,5 + 0,5 - 12 = 10 \text{ t/ml}$$

on trouve une fiche X telle que :

$$10X = 10,2 \frac{X^2}{2}.$$

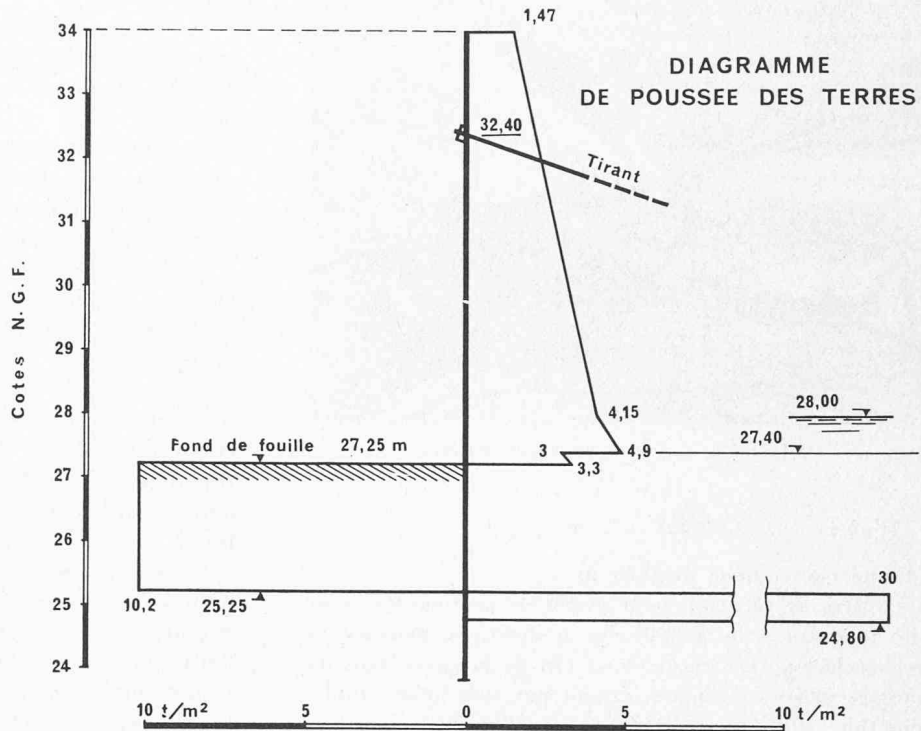


Fig. 2. — Diagramme de poussée des terres.

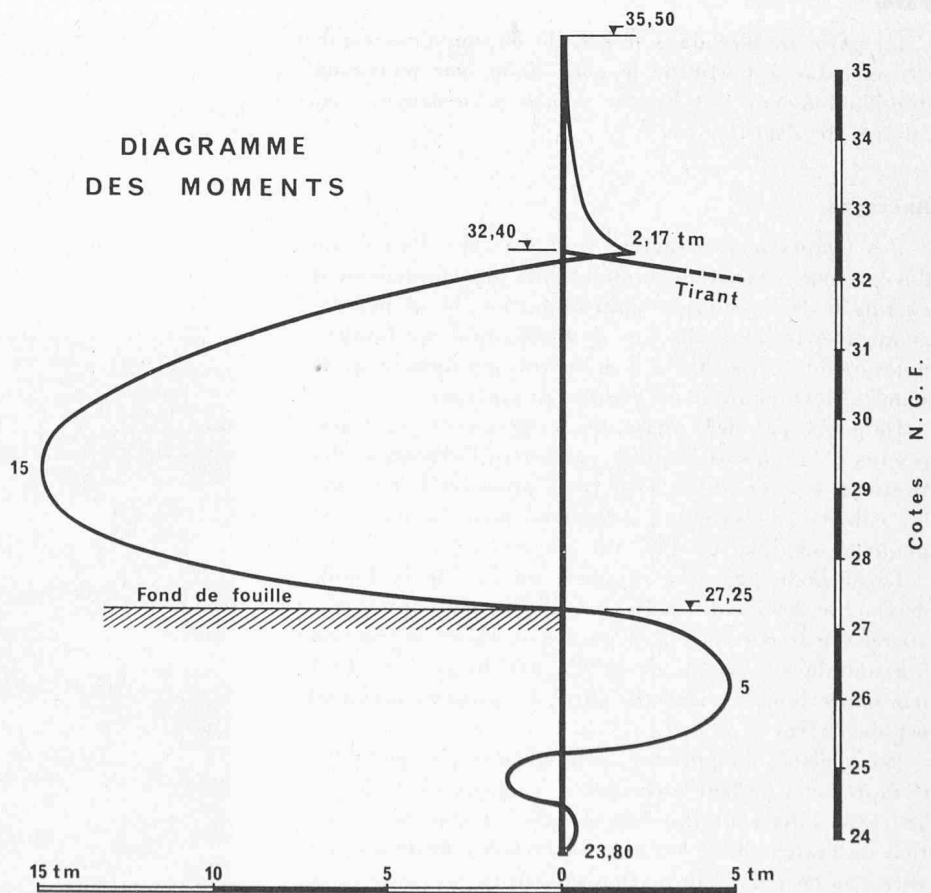


Fig. 3. — Diagramme des moments.

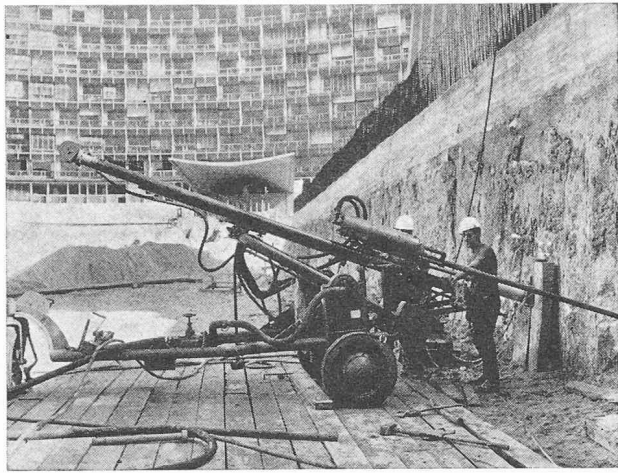


Fig. 4. — Mise en œuvre des ancrages arrière.

D'où : $X = 2 \text{ m}$

et une contre-fiche de 0,45 m.

A titre de sécurité, pour éviter de perturber l'assise des fondations de la Salle des conférences, nous avons recherché un encastrement parfait de la paroi dans les fausses glaises. Cela est obtenu par une fiche supplémentaire d'un mètre qui a pour effet de réduire les moments et les déplacements. Cet accroissement de profondeur correspond à un coefficient de sécurité de 1,5 sur la valeur butée-poussée au point de pression nulle. La base de la paroi se trouve donc à la cote 23,80.

Paroi

La paroi moulée dans le sol, de 60 cm d'épaisseur, est exécutée à partir de la cote 35,50, par panneaux dont la longueur fut limitée à 3,50 m seulement par mesure de sécurité.

Ancrages

Les tirants mis en œuvre sont du type Bauer. En l'occurrence, ce système a été adopté plus spécialement en raison de l'assurance qu'il apportait de ne pas décompresser les alluvions lors de l'exécution des forages, notamment en passant à 2 m environ en dessous de la semelle de fondation de l'édifice à protéger.

Dans une première phase, les terrassements sont descendus à la cote 31,70 pour permettre l'exécution des tirants à la cote 32,40. Avec cette première hypothèse, les calculs conduisent à admettre pour la paroi un moment maximal de 11,7 tm par mètre.

La seconde phase se rapporte au cas de la fouille descendue à sa cote définitive (27,25), la paroi étant ancrée par les tirants. Il en résulte un effort de traction horizontale au niveau de la file des tirants, de 12 t par mètre linéaire. Dans la paroi, le moment maximal est de 15 tm.

On a placé, en principe, deux tirants par panneau. Compte tenu de leur inclinaison, comprise entre 11° et 18° sous l'horizontale, chaque tirant reçoit une traction de l'ordre de 25 tonnes. La présence de blocs gréseux à la base de la formation sableuse a nécessité cette double inclinaison, ainsi que quelquefois une orientation légèrement différente de celle du plan orthogonal d'origine.

Il a été ainsi mis en œuvre 31 tirants de 12 m de longueur utile.

Ces tirants sont constitués par des barres d'acier de précontrainte. Les barres sont disposées dans des forages de petit diamètre, dans lesquels elles sont scellées par injection.

Le forage est obtenu en terrain pulvérulent par forage d'un train de tiges épaisses ($\varnothing 70 \text{ mm}$), par battage. L'extrémité inférieure des tiges est pourvue d'une pointe perdue sur laquelle vient se visser l'armature.

L'armature est une barre de précontrainte de $\varnothing 26 \text{ mm}$ filetée à ses deux extrémités. L'acier est de la classe 70/105 kg/mm²; à 25 tonnes le taux de travail est de 47 kg/mm².

Après introduction de l'armature dans le train de tiges, on procède simultanément à l'extraction des tiges et à l'injection. Le coulis de ciment est conduit à l'extrémité inférieure des tiges et circule dans l'espace annulaire compris entre l'armature et la paroi intérieure des tiges.

L'injection est plus particulièrement poussée sur les 3 ou 4 m de la partie terminale, de façon à former un massif de scellement à la base du tirant. Plus haut, l'armature est enrobée dans une gaine de mortier plastique remplissant le canal formé par le train de tiges, ce qui assure à cet organe temporaire une protection efficace et suffisante contre la corrosion.

La tête du tirant est constituée par un écrou et une plaque d'appui sur l'ouvrage. Entre ces deux pièces sont intercalés des coins cylindriques qui permettent d'obtenir une inclinaison correcte du dispositif d'appui.

Après durcissement du ciment, le tirant est mis en

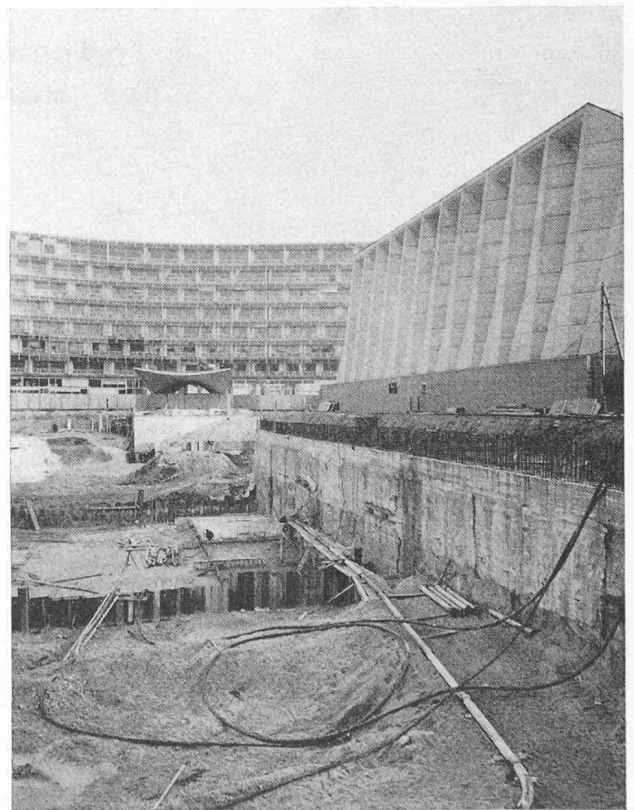


Fig. 5. — Fouille ouverte faisant apparaître la paroi moulée et sa ligne d'ancrages par barres.

tension à l'aide d'un vérin annulaire, puis l'écrou est bloqué sur sa plaque d'appui.

Le scellement des tirants, réalisé par injection de ciment, a absorbé en moyenne 435 kg par ancrage.

Un écart important a été noté entre les absorptions maximales et minimales. L'absorption la plus faible est de l'ordre d'une centaine de kilogrammes par tirant, tandis que la plus forte atteint 1900 kg.

Il est à remarquer que pour les deux tirants à absorption hors moyenne, le comportement à la mise en traction diffère peu l'un de l'autre : pour 25 tonnes leur allongement a été tout à fait comparable.

On retiendra que, dans des formations sableuses de cette nature, la quantité de ciment strictement néces-

saire pour assurer le scellement proprement dit du tirant est en réalité faible.

La stabilité de l'ouvrage ainsi réalisé a été contrôlée à l'aide de clinomètres qui ont simplement accusé des contraintes thermiques.

Telles sont les quelques observations auxquelles a donné lieu l'exécution de ce travail d'ancrage d'une paroi moulée dans un terrain naturel constitué uniquement de sables et graviers, travail qui à la date de sa réalisation avait un caractère d'originalité incontestable.

Nous saisissons l'occasion de remercier M. Zehrfuss, Grand Prix de Rome, architecte de l'Unesco, ainsi que les représentants du Siège responsables des travaux, de nous avoir donné l'occasion de les exécuter.

BIBLIOGRAPHIE

Lexique technique, en six langues, des termes employés en mécanique des sols et des travaux de fondations.

Une réédition est en préparation, par les soins de la *Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondations*, Gloriatrasse 39, 8006 Zurich, et avec l'aide de l'*UATI*. Elle sera complétée et comprendra, en plus des six langues de l'ancienne édition (français, anglais, allemand, suédois, espagnol, portugais), la traduction en langues italienne et russe, donc au total huit langues. Cet ouvrage est mis en souscription jusqu'à la fin de l'année pour le prix de 15 fr. (Prix de vente dès le 1^{er} janvier 1966 : 20 fr.)

Les commandes sont à adresser à la Société ci-dessus mentionnée, en indiquant le mode de paiement (contre remboursement, par chèque ou par versement au compte de chèques postaux 80 - 18210 Zurich.)

Comptes rendus du Troisième Congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondation, Zurich, 1953. 3 volumes.

Une réédition de ces *Comptes rendus*, épuisés depuis plusieurs années, est envisagée si 250 exemplaires au moins sont souscrits.

Prix de souscription : 215 fr., port compris. (Prix de vente par la suite : 280 fr.)

Prière de passer les commandes en indiquant le mode de paiement choisi (contre remboursement, par chèque ou par versement au compte de chèques postaux 80 - 18 210 Zurich) à la Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondations, Gloriatrasse 39, 8008 Zurich.

L'imagination constructive. Principes et processus de la pensée créative et du « Brainstorming », par *A. F. Osborn*. Traduit par G. Rona et P. Dupont. Préface de L. Armand. Dunod, éditeur, Paris, 2^e édition, 1965. — Un volume 14 × 22 cm, 400 pages. Prix : broché, 26 F.

Les principes et processus de la « Pensée créative » développés dans cet ouvrage sont répandus, dans la haute administration américaine, dans les affaires commerciales et industrielles et font, depuis ces dernières années, l'objet de cours de perfectionnement destinés tant aux hommes d'affaires qu'aux étudiants d'université.

On trouve, décrites ici, les techniques pratiques à l'aide desquelles l'imagination peut être utilisée d'une manière plus productive. Son but est d'aider chacun à se rendre compte de sa propre créativité innée et à l'appliquer pour résoudre les problèmes qui se posent dans sa vie privée ou professionnelle, en utilisant des méthodes appliquées avec succès depuis de nombreuses années par des éducateurs et psychologues de premier plan. Le « Brainstorming », méthode révolutionnaire de production d'idées en groupe, récemment introduite en France,

fait l'objet de développements importants ; chaque chapitre comporte, en outre, une liste d'exercices suggérés et de sujets de discussion.

Cet ouvrage apporte, dans cette nouvelle édition, surtout les résultats et les conclusions de l'expérience aux prémisses formulées par l'auteur dans son entreprise d'initiation.

Calcul rapide des profils à âme pleine. Méthode des invariants de forme, par *P. Multin*, ancien élève de l'Ecole polytechnique, et *L. Rougeot*, agrégé de l'Université, docteur ès sciences. Paris, Dunod, 1965. — Un volume 22 × 27 cm, VIII + 89 pages, 23 figures, 16 abaques. Prix : broché, 25 F.

La résistance des matériaux permet d'estimer les qualités de résistance mécanique et de rigidité d'une structure matérielle de dimensions données. Le problème inverse de la détermination des dimensions en fonction du système de forces appliqué n'a reçu qu'une solution très partielle, dans des cas toujours très simples de forces s'exerçant sur des profils standards.

C'est ainsi qu'une méthode originale des invariants de forme est exposée au début de cet ouvrage et permet de diriger et de simplifier la recherche d'un profil optimal, dans des conditions faciles et rapides, quelles que soient la complexité du système de forces et la forme usuelle du profil, plein ou creux.

Chaque cas de forces est ensuite étudié pour les profils métalliques à âme pleine, puis celui de la flexion concernant les profils mixtes ou en béton armé.

Les tableaux, nomogrammes et abaques nécessaires à l'application des Règles C.M. 1956 sont réunis dans une annexe comportant d'assez nombreux exemples de calcul qui faciliteront aux projeteurs — ingénieurs ou techniciens de bureau d'études ou d'architecte — l'emploi de la nouvelle méthode.

A signaler une étude finale sur le déversement qui peut intéresser plus spécialement les ingénieurs s'occupant de recherche.

Processus aléatoires, par *M. Girault*. Dunod, éditeur, Paris, 1965. — 160 pages, illustré. Prix, broché : 22 F.

Les utilisateurs sont aujourd'hui amenés toujours plus fréquemment à considérer des systèmes dont l'évolution au cours du temps présente un caractère aléatoire, que ce soit en physique, en biologie, en économie ou en recherche opérationnelle. L'ouvrage de M. Girault vise à donner, à ceux qui ont acquis une bonne préparation mathématique de base, une connaissance précise des processus aléatoires les plus importants ; avec les autres ouvrages publiés par le même éditeur dans sa collection « Probabilités, statistique, recherche opérationnelle », il apporte une contribution très utile à l'information de tous ceux qui désirent tirer parti d'une science, en grande partie récente, mais riche en applications de tous genres.

C. B.