

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 2 (1936)

**Artikel:** Les ancrages dans le sol

**Autor:** Kollbrunner, C.F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-3129>

### **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:** 16.01.2026

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

## VIII 11

Les ancrages dans le sol.

Verankerungen im Baugrund.

Ground Anchorages.

Dr. sc. techn. C. F. Kollbrunner,  
Ingénieur, Paris.

### I° — Introduction.

On emploie des ancrages partout où il s'agit d'absorber des forces de traction. Le choix d'un ancrage dépend en toute première ligne des propriétés physiques du sol considéré. Ce n'est qu'un spécialiste connaissant la structure géologique, les propriétés et la résistance du sol qui sera capable, sur la base d'essais soigneusement exécutés, de projeter un ancrage rationnel.

Comme la géotechnique est encore une science à ses débuts, la résistance de la terre est en général pas du tout ou très peu utilisée. C'est pourquoi les ancrages usuels sont des blocs de béton massifs de formes diverses, suivant le projet et la nature du sol. Cette solution est évidemment très simple mais elle est coûteuse car dans les sols peu résistants et immergés on se sert de grosses masses de béton et il est souvent nécessaire d'avoir recours à des coffrages et des retenues d'eau coûteux.

En renonçant à ces fondations massives, un ancrage ne peut être exécutés (s'il ne s'agit pas d'une roche solide) qu'au moyen de plaques ou de pieux d'ancrage. La première solution est employée pour les forces de traction horizontales ou légèrement inclinées tandis qu'on se sert des pieux pour les forces de traction verticales ou fortement inclinées.

Je ne parlerai ici que des ancrages par pieux.

### II° — Description des pieux de traction.

Les premières conditions pour l'application de pieux de traction sont les suivantes :

- 1° Une parfaite connaissance du sol (position et caractéristiques des couches géologiques).
- 2° Connaissance de la transmission des forces de traction du pieu dans le sol (conditions d'équilibre dans le sol).

On peut appliquer l'effort de traction soit à la tête, soit à la base de l'ancrage (fig. 1).

Dans le cas où il s'agit d'un véritable pieu d'ancrage (fig. 1: ancrage à la tête, ancrage à la base I/II) la traction est transmise au sol par frottement du fût. Un pieu sera d'autant plus apte à absorber des forces de traction élevées que sa surface sera plus irrégulière; on devrait donc donner la préférence aux pieux

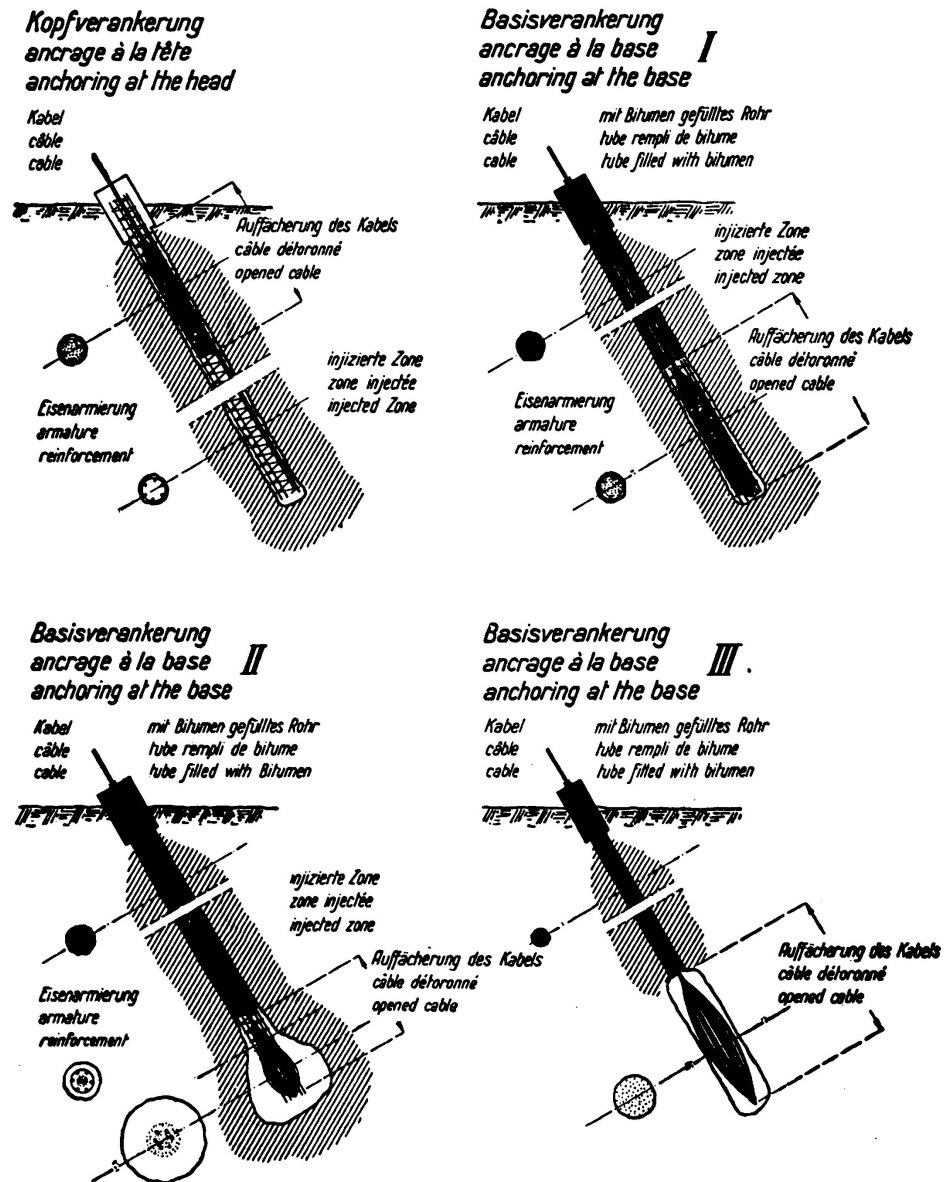


Fig. 1.

Ancrages par pieux forés.

moulés dans le sol, comprimés et injectés. Ils possèdent en effet les qualités suivantes:

- 1° Le forage et le prélèvement d'échantillons font connaître les caractéristiques exactes du sol.
- 2° La compression augmente le diamètre théorique du pieu et garantit une parfaite liaison au terrain car le béton pénètre dans les cavités.

3° Les injections créent autour du pieu toute une série de ramifications qui augmentent son frottement (fig. 2).

La fig. 3 montre un pieu hydro-comprimé et injecté; on voit nettement que le gravier et le sable autour de la base du pieu (celle-ci n'a pas été élargie mécaniquement) forment un tout avec cette dernière par suite des injections de ciment; de telles ramifications se trouvent tout le long du fût du pieu.

Si l'on utilise des pieux avec ancrage à la tête, c'est-à-dire si l'on ancre le câble à la tête du pieu, l'armature du pieu doit évidemment être dimensionnée

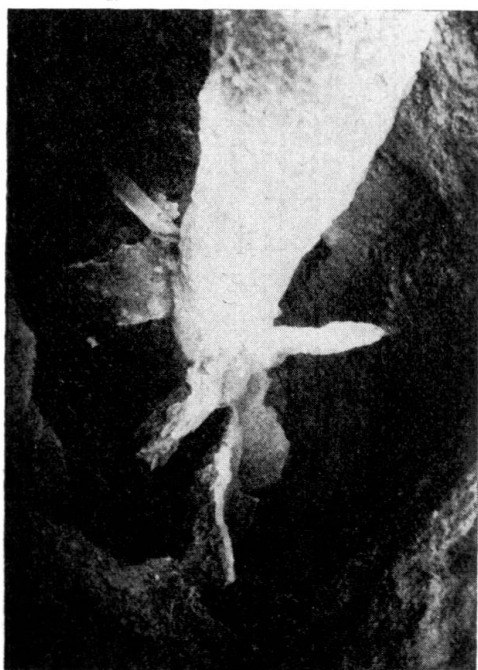


Fig. 2.

«Branches» causées par des injections de ciment.

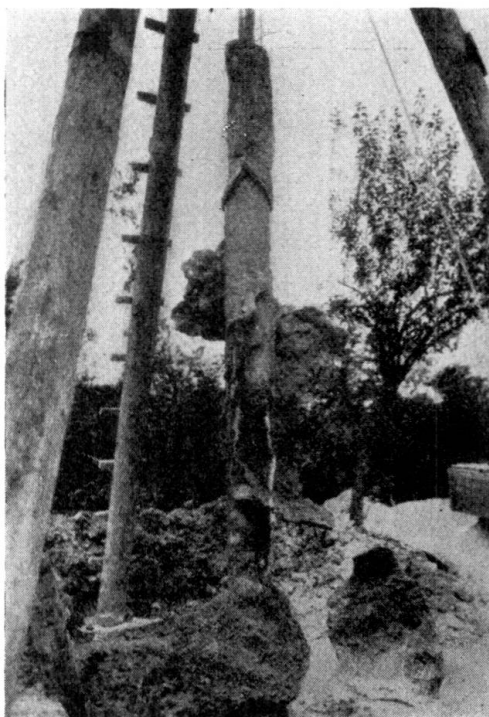


Fig. 3.

Pieu hydrocomprimé et injecté  
Système «Rodio».

pour supporter la totalité de la force de traction. Les déplacements du fût du pieu par rapport au sol avoisinant sont maxima à la tête et diminuent vers la base. C'est l'inverse qui se produit pour un pieu avec ancrage à la base. Les forces de traction sont transmises par un câble placé par exemple dans un tube rempli de bitume jusqu'à la base du pieu où le câble est ancré dans le béton. Il n'est pas nécessaire d'armer la partie supérieure du pieu car toute la traction est transmise par un câble indépendant du pieu. Les plus grands déplacements du fût du pieu par rapport au sol qui l'environne se produisent à la base du pieu; un pieu avec ancrage à la base est donc plus avantageux qu'un pieu avec ancrage à la tête.



III<sup>o</sup> — Essais.

La détermination mathématique de la résistance à la traction d'un pieu est un problème très délicat, même en admettant un sol homogène. Si donc un pieu traverse des couches différentes et de caractéristiques physiques et chimiques très variables, il est clair que dans l'état actuel de nos connaissances, une solution mathématique de ce problème d'un haut degré d'indétermination est presque impossible. Il faut encore ajouter que pour les pieux les plus efficaces (pieux moulés comprimés et injectés) le diamètre varie fortement (fig. 4) et l'injection de ciment assure une liaison avec le sol dont nous ne connaissons pas suffisamment l'extension.

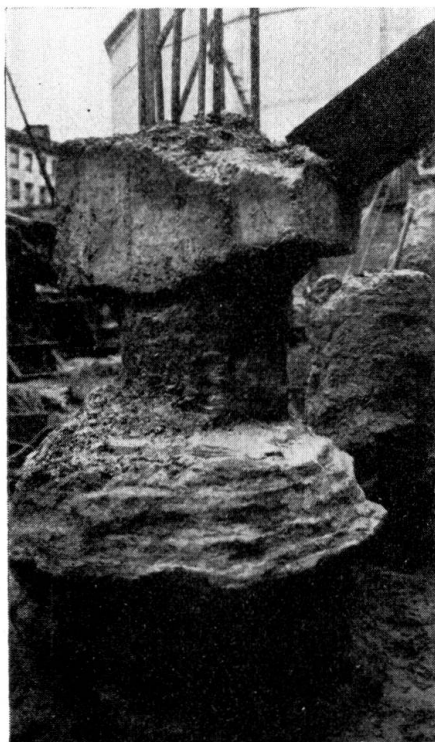


Fig. 4.

Pieu hydrocomprimé et injecté  
avec diamètre variable.

De toutes les formules statiques (basées sur l'équilibre des forces agissant sur le pieu) je ne vais discuter que celle de *Dörr*<sup>1</sup>; les investigations effectuées jusqu'à ce jour ont montré que les résultats de cette formule sont ceux qui concordent le mieux avec la réalité. *Dörr* a essayé d'évaluer, à l'aide de la théorie de la poussée des terres de *Engesser*, la résistance statique des pieux; ses déductions ne sont pas correctes car il néglige les déformations du sol. Le seul procédé pour la détermination de la résistance d'un pieu de traction est toujours encore l'essai de charge.

Ci-après je discuterai deux essais de charge sur pieux de traction, tirés d'une grande série d'essais de charge exécutés par la Société Sondages, Etanchements, Consolidations «Procédé Rodio», S.A., Paris.

Les essais furent effectués au moyen d'une presse hydraulique agissant d'une part contre un pieu central (pieu de compression) et d'autre part contre une forte construction de béton armé reliant entre eux les deux pieux de traction.

Les déplacements des têtes des trois pieux furent relevés à l'aide de fleximètres enregistreurs placés sur une poutre qui de son côté était fixée dans le sol non influencé par l'essai (fig. 5).

La presse hydraulique utilisée pour les essais effectués à St Germain développait un effort maximum de 220 t, soit 110 t par pieu de traction. Il en résulte un déplacement des têtes de pieux de 2,85, resp. 3,15 mm. Après décharge, on mesura les déformations permanentes de 0,30, resp. 0,40 mm, c'est-à-dire que les  $\frac{7}{8}$  des déformations étaient élastiques et  $\frac{1}{8}$  seulement plastique (fig. 6). En calculant le frottement moyen du fût pour un effort

<sup>1</sup> H. Dörr: Die Tragfähigkeit der Pfähle (W. Ernst & Sohn, Berlin, 1922).

de 110 t et pour un diamètre de pieu théorique de 42,0 cm, on obtient une force de frottement de 0,64 kg/cm<sup>2</sup>.

Il est aussi intéressant d'observer les essais faits dans un mauvais sol au Quai d'Orsay à Paris. Tandis que la tête du pieu d'ancrage D-18-5 se soulevait de 6,2 mm pour une traction de 83,5 t, et montrait une déformation permanente de 1,00 mm après décharge, la tête du pieu D-18-4 s'était fortement soulevée lorsque la force de traction eut dépassé 50 t. La cause en est l'influence défavorable d'une fouille voisine (diminution du sol entourant le pieu et par le fait même réduction de la résistance). On peut constater clairement

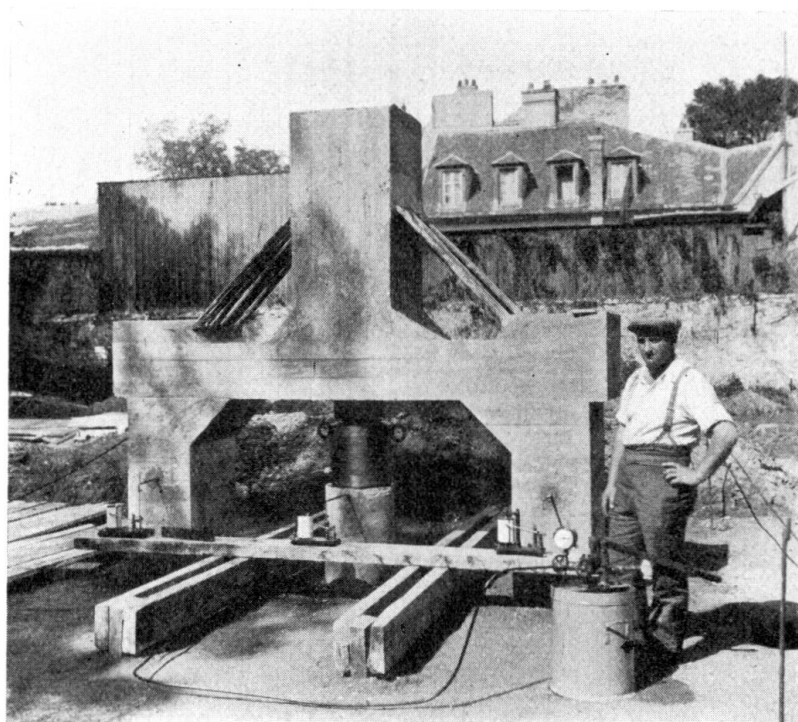


Fig. 5.

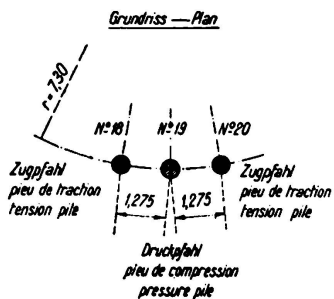
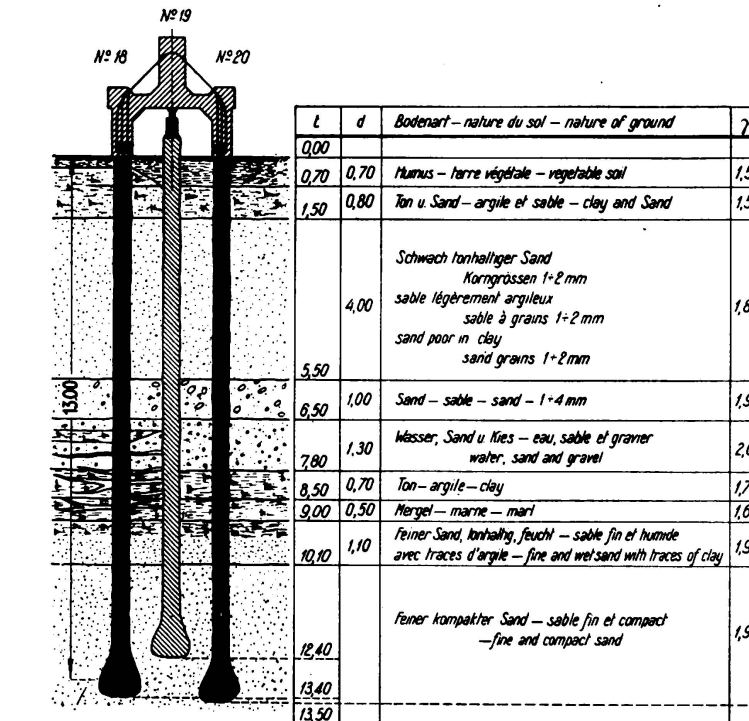
Essais de pieux. Pieux de traction avec ancrage à la tête.  
Disposition d'essais.

que ce mouvement se stabilisa rapidement (fig. 7). (Cela peut s'expliquer par le fait que la base du pieu a été si fortement appliquée au terrain que le pieu pouvait alors absorber une force beaucoup plus grande qu'au début.)

#### IV° — Application des pieux d'ancrage.

Actuellement on emploie souvent des pieux d'ancrage dans la construction des pylones mais à l'avenir ils seront sûrement beaucoup employés dans la construction des ponts. On peut transformer des poutres simples en poutres rigidement ou élastiquement encastrees (fig. 8) et remplacer, pour des ponts suspendus, de grandes fondations de béton, par des groupes de pieux de compression et de traction (fig. 9).

Versuchsanordnung — disposition d'essai — arrangement of the test



Tiefe in m  
 $l$  = profondeur en m  
depth in m  
Höhe der Schichten in m  
 $d$  = hauteur des couches en m  
height of the layers in m  
spez. Gewicht in  $t/m^3$   
 $\gamma$  = poids spécifique en  $t/m^3$   
specific weight in  $t/m^3$

Zugpfähle — pieux de traction  
— tension piles —

Druckpfahl — pieu de compression  
— pressure pile —

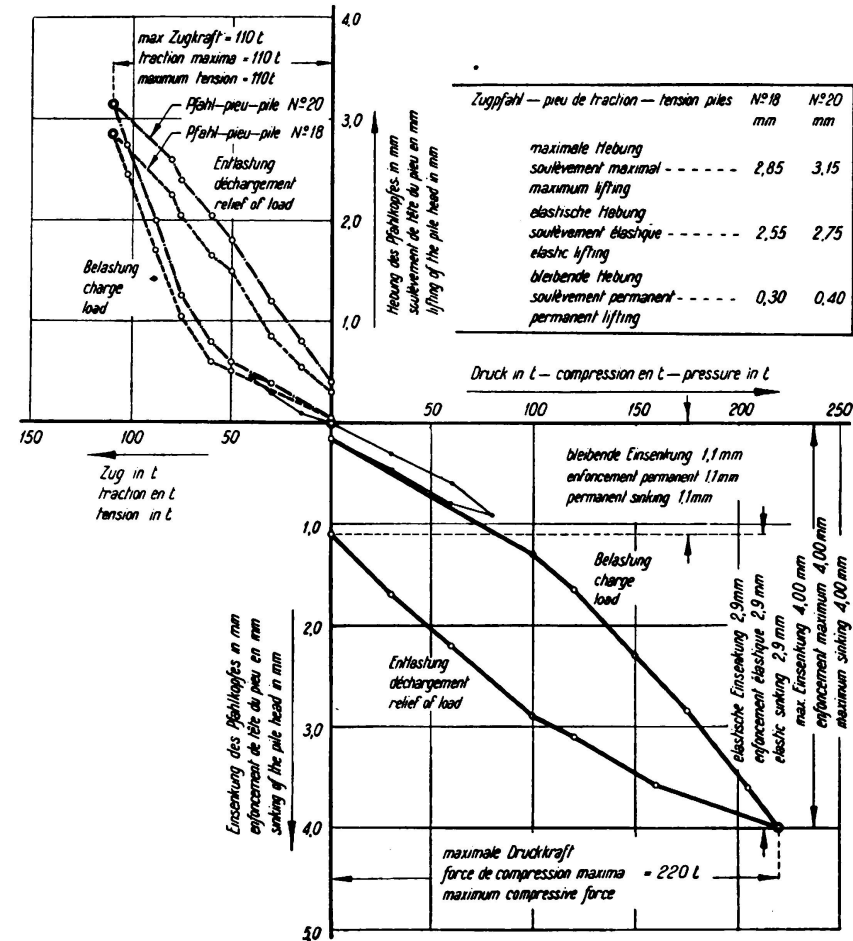
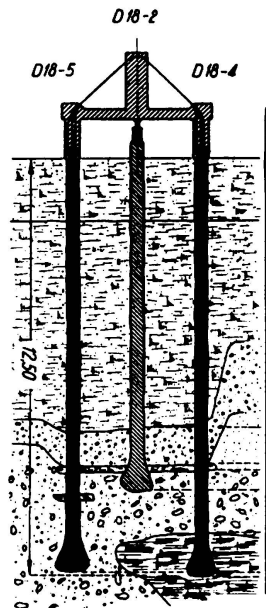


Fig. 6. Résultats de l'essai des pieux à St. Germain.

Versuchsanordnung — disposition d'essai  
arrangement of the test —

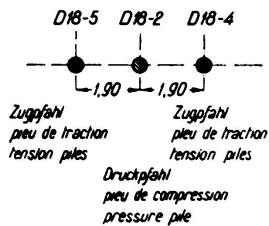


t	d	Bodenart — nature du sol — nature of ground	$\gamma$
0,00			
1,85		Ton und Sand — argile et sable — clay and sand 6. W-sp — eau sout. — ground w./	1,70
6,25		Ton und Sand — argile et sable — clay and sand	1,90
8,10			
9,20	1,10	Kies und Sand — gravier et sable — gravel and sand	1,95
10,00	0,20	Weisser plast. Ton — argile blanche plastique — white plastic clay	1,90
11,30	1,90	Kies, Geröll, Sand — gravier, galets et sable — gravel, rubble and sand	1,90
12,40		Schwarzer Ton mit Torf — argile noire mélangée de tourbe — black clay mixed with turf	1,65
12,55			

max. Zugkraft  
traction maxima  
maximum tension = 83,5 t

mit Wasser gesättigt  
saturated with water  
gorgée d'eau

Grundriss — Plan — Plan



Tiefe in m  
t profondeur en m  
depth in m  
Hohe der Schichten in m  
d hauteur des couches en m  
height of the layers in m  
Spez. Gewicht in  $t/m^3$   
 $\gamma$  poids spécifique en  $t/m^3$   
specific weight in  $t/m^3$

Zugpfähle — pieux de traction  
— tension piles —

Druckpfahl — pieu de compression  
— pressure pile —

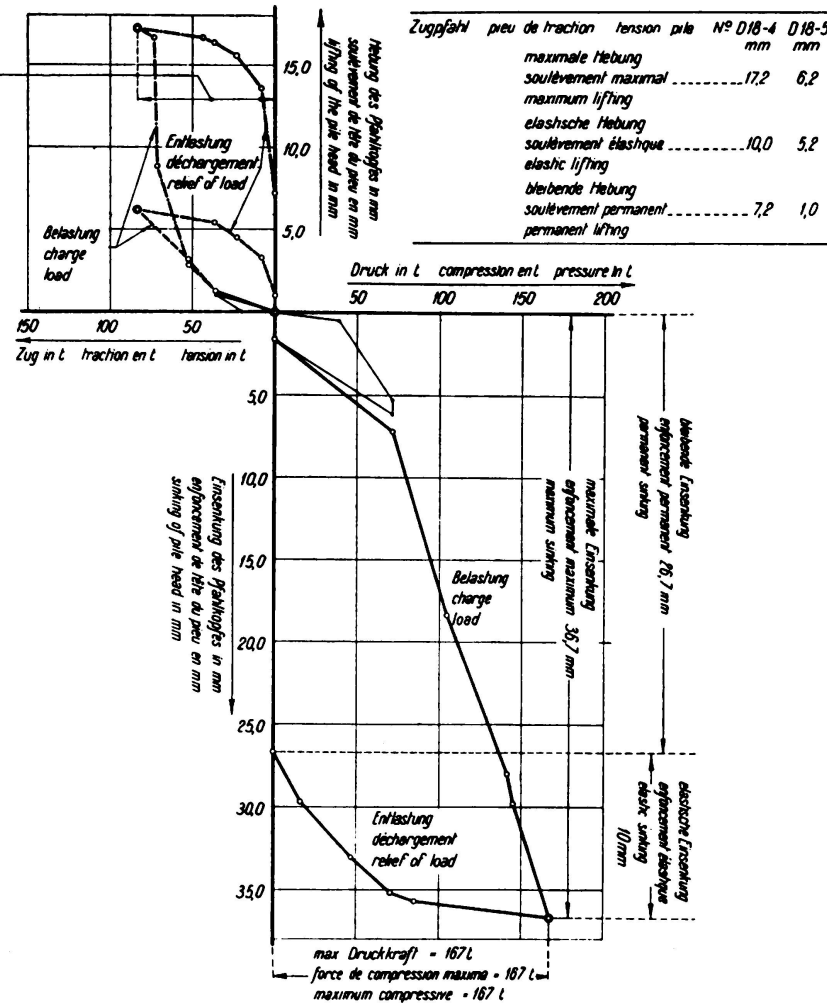


Fig. 7. Résultats de l'essai des pieux au Quai d'Orsay, Paris.

## V° — Méthode de calcul. — Remarques finales.

Il existe actuellement encore un certain scepticisme en ce qui concerne l'application des pieux d'ancrage, scepticisme dû au fait que les résultats des essais ne sont pas encore suffisamment connus et qu'il n'existe pas encore de solution mathématique satisfaisante.

Pour les pieux de traction avec ancrage à la base (strictement pour l'ancrage à la base III de la fig. 1), il est cependant possible, en se basant sur les théories de *Boussinesq*<sup>2</sup> et de *Fröhlich*<sup>3</sup>, de calculer la répartition des tensions pour une masse élastiquement isotrope *limitée* et par le fait même pour une masse limitée en général et de déterminer, en partant de considérations

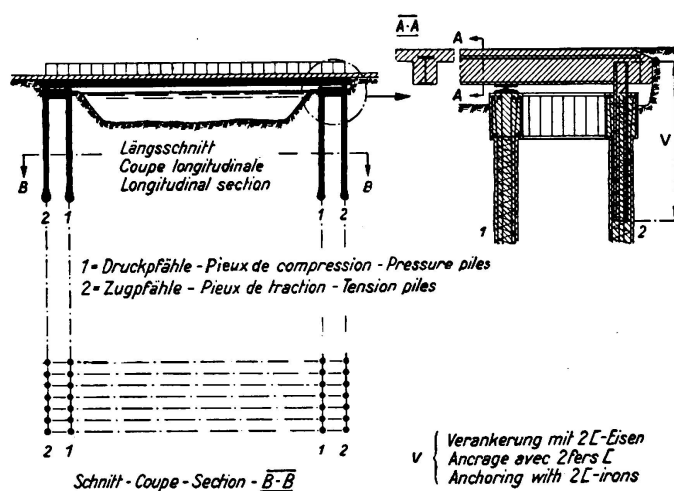


Fig. 8.

Pont à poutres avec des pieux de compression et traction.

ayant trait à l'équilibre, la longueur des pieux de traction. Les tensions imaginaires au-dessus de la surface du sol doivent en réalité être absorbées par l'espace situé au-dessous du point d'application de la force. Les conditions d'équilibre à une sphère imaginaire nous font voir que ces contraintes de compression imaginaires se transforment en contraintes de traction qui elles-mêmes viennent réduire les contraintes de compression existantes.

Ce problème, sur lequel je reviendrai ailleurs, est représenté schématiquement à la fig. 10.

Dans cette figure:

- $\sigma_z$  = contraintes verticales de compression,
- $\sigma_x$  = contraintes horizontales de compression,
- $\sigma_{Ez}$  = poussée verticale spécifique,
- $\sigma_{Ex}$  = poussée horizontale spécifique,

<sup>2</sup> *Boussinesq*: Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques. Paris 1885.

<sup>3</sup> *Fröhlich*: Druckverteilung im Baugrunde (Julius Springer, Vienne 1934). — Elementare Druckverteilung und Verschiebungen im elastisch-isotropen Vollraum. Der Bauingenieur 1934, fasc. 29/30.

Zone A = zone de transmission de la force,  
Zone B = zone de réduction de la compression.

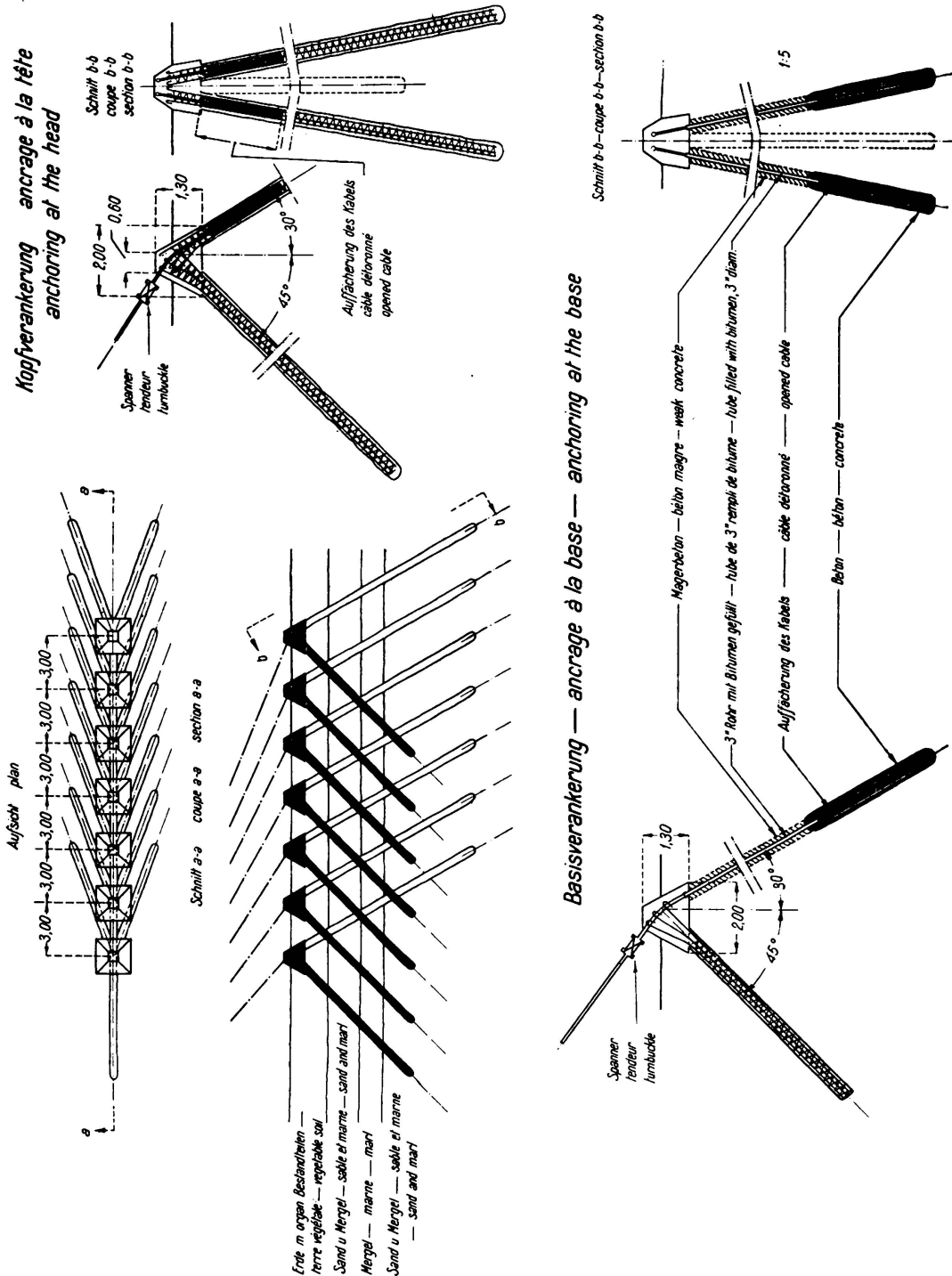


Fig. 9. Schéma d'ancrages d'un pont suspendu par pieux de compression et traction.

Pour le calcul de la répartition des pressions il est avantageux de décomposer la force (P) transmise par le câble en ses composantes verticale et horizontale ( $P_v$  et  $P_H$ ), (fig. 11).

A l'aide de nomogrammes, préparés à une échelle suffisamment grande, on obtient rapidement une bonne représentation de la répartition des tensions dans

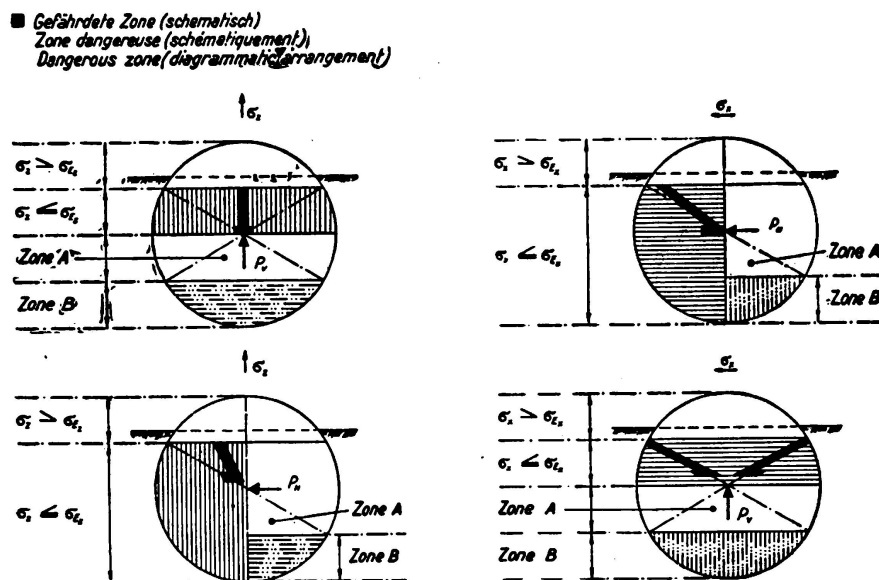


Fig. 10.

Répartition des pressions dans le sol. Considérations de l'équilibre.

le sol, même dans le cas compliqué où des pieux de compression sont combinés avec des pieux de traction.

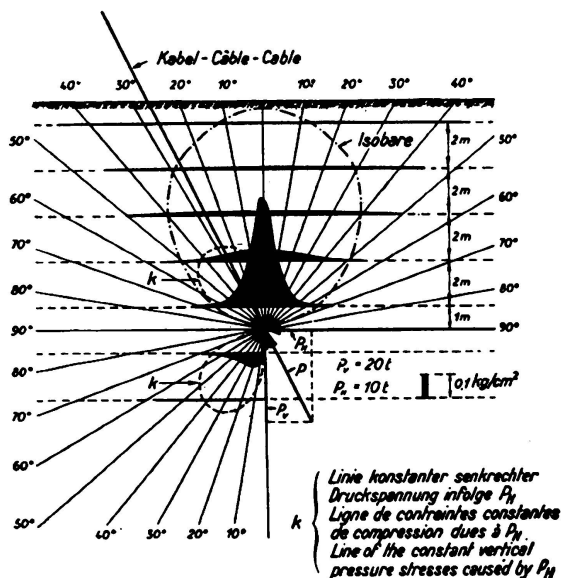


Fig. 11.

Répartition des pressions causée par la force  $P$  du câble.

A la fig. 12 nous avons représenté un tel nomogramme pour la détermination de la compression  $\sigma_z$  en fonction de  $P$ ,  $\varphi$  et  $z$ ; le nombre de la répar-

tition des tensions ou coefficient de concentration  $\nu$  est variable de 2 à 6. Pour la répartition de la compression dans une sphère, il faut diviser par deux les tensions obtenues.

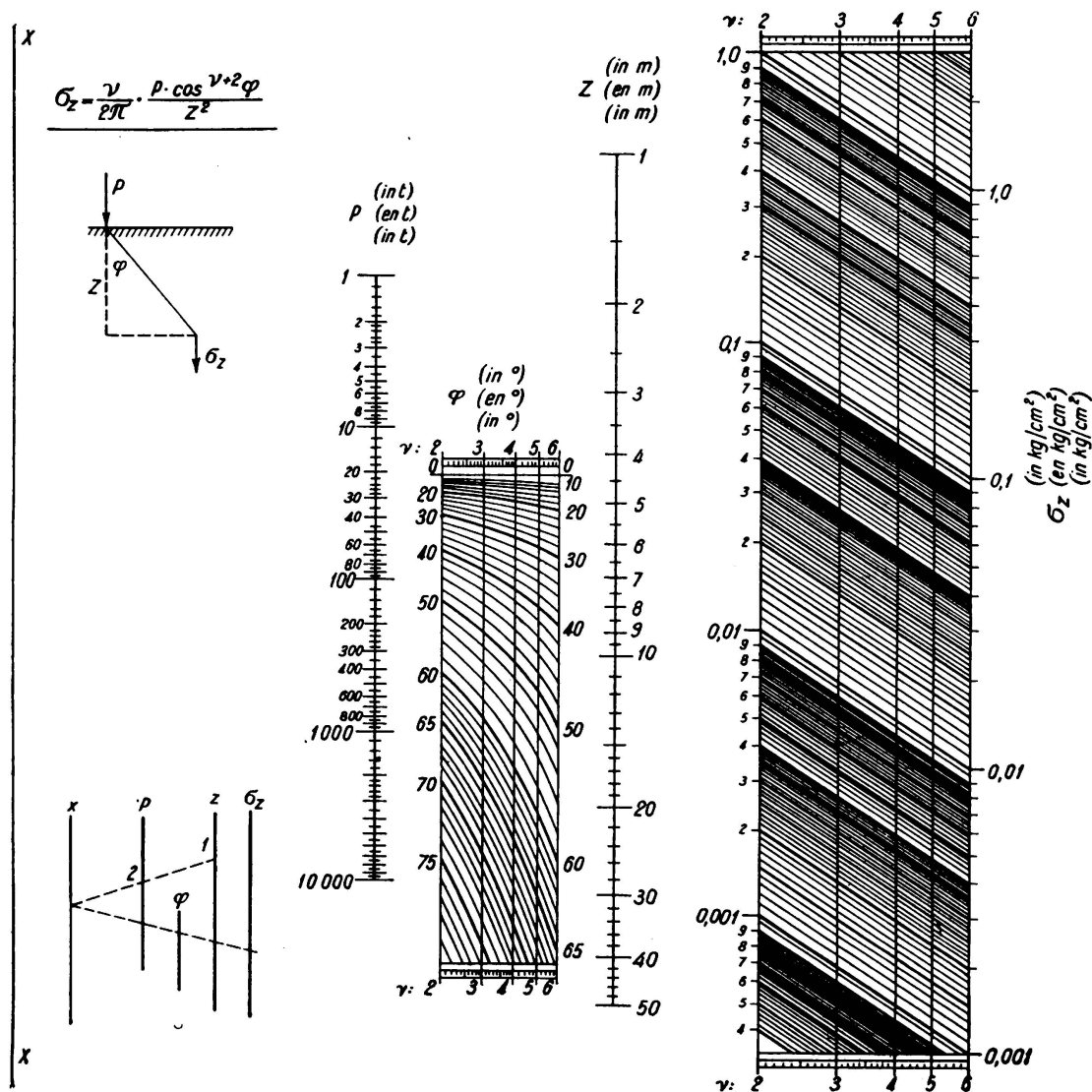


Fig. 12.

Abaque pour la détermination des tensions de compression  $\sigma_z$ .