

# Détermination des caractéristiques des terres nécessaires au calcul des fondations sur sols élastiques

Autor(en): **Recordon, Ed.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **83 (1957)**

Heft 17

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-62791>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale

Comité de patronage — Président : J. Calame, ingénieur, à Genève ; Vice-président : † G. Epitiaux, architecte, à Lausanne — Membres : Fribourg : MM. H. Gicot, ingénieur ; M. Waeber, architecte — Vaud : MM. A. Gardel, ingénieur ; A. Chevalley, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. Cl. Groscurin, architecte ; E. Martin, architecte — Neuchâtel : MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. G. de Kalbermatten, ingénieur ; D. Burgener, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration

de la Société anonyme du Bulletin technique : A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; P. Waltenspühl, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

## Tarif des annonces

1/1 page	Fr. 275.—
1/2 »	» 140.—
1/4 »	» 70.—
1/8 »	» 35.—

Annonces Suisses S. A.  
(ASSA)



Place Bel-Air 2. Tél. 22 33 26  
Lausanne et succursales

**Abonnements :**  
Suisse : 1 an, 26 francs  
Etranger : 30 francs  
Pour sociétaires :  
Suisse : 1 an, 22 francs  
Etranger : 27 francs  
Prix du numéro : Fr. 1.60  
Ch. post. « Bulletin technique de la Suisse romande »  
N° II. 57 75, à Lausanne.

Adresser toutes communications concernant abonnements, changements d'adresse, expédition à  
**Imprimerie La Concorde,**  
Terreaux 31, Lausanne

**Rédaction**  
et éditions de la S. A. du  
Bulletin technique (tirés à part), Case Chauderon 475  
**Administration de la S. A. du Bulletin Technique**  
Ch. de Rosneck 6 Lausanne

**SOMMAIRE :** Détermination des caractéristiques des terres nécessaires au calcul des fondations sur sols élastiques, par ED. RECORDON, ingénieur E.P.U.L. - S.I.A. — Concours d'idées pour l'aménagement des terrains du Pavement et de l'Hermilage, à Lausanne. — BIBLIOGRAPHIE — DOCUMENTATION GÉNÉRALE. — INFORMATIONS DIVERSES.

COMMUNICATION DU LABORATOIRE DE GÉOTECHNIQUE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE  
Directeur : M. le professeur A. STUCKY — Directeur-adjoint : M. le professeur D. BONNARD

## DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES DES TERRES NÉCESSAIRES AU CALCUL DES FONDATIONS SUR SOLS ÉLASTIQUES <sup>1</sup>

par

ED. RECORDON

Ingénieur E.P.U.L. — S.I.A.

### Avant-propos

La technique des superstructures n'a cessé de progresser. Mais les ouvrages en sont devenus d'autant plus sensibles aux déformations en fondation. Il convient donc de savoir avec une précision plus grande estimer à l'avance les tassements à craindre, afin de pouvoir en tenir compte dans le choix des solutions constructives.

Nous avons, il y a quelques années, dans le cadre de l'activité du laboratoire de géotechnique, étudié en détail les tassements par consolidation de fondations sur sols argileux et avons comparé les estimations faites sur la base de calculs, avec des nivellements exécutés après coup,

sur les ouvrages construits. Notre étude était basée sur la méthode classique de la détermination de la compressibilité des sols, sur échantillons, en laboratoire.

Dès lors l'activité qu'a déployée notre Institut, plus spécialement dans le domaine des fondations des routes et des pistes d'aérodromes, a fait apparaître, dans une plus grande mesure que précédemment, l'intérêt d'essais de charge exécutés sur place pour la détermination de coefficients caractérisant le sol au point de vue de la déformabilité.

Ces essais de charge exécutés sur place sont d'un intérêt évident pour les applications routières. Les normes établies à ce sujet par l'Union suisse des professionnels de la route, et faisant largement état des travaux des instituts de recherche, en font foi.

Il nous est apparu que les coefficients caractérisant les terres, déterminés de cette manière pour la technique

<sup>1</sup> Cette étude a fait l'objet d'une communication présentée au 4<sup>e</sup> Congrès de la Société internationale de mécanique des sols et des travaux de fondation, à Londres, en août 1957. Elle a été complétée tout récemment par les résultats de nouveaux essais entrepris au cours des années 1956-1957.

routière, ne sont pas sans relation avec ceux que traditionnellement l'on introduit dans le calcul classique des fondations sur sols élastiques. Par conséquent les progrès réalisés en cette matière, dans le domaine particulier des chaussées, peut être étendu, sous certaines conditions, à celui des fondations en général.

C'est à l'examen de cette généralisation et du bien-fondé de celle-ci que s'attache cette communication. Après avoir rappelé les divers coefficients qui caractérisent la déformabilité d'un sol, elle montre, sur la base d'une documentation abondante, les relations qui les lient les uns aux autres; elle définit enfin dans quelle limite l'usage de chacun d'eux est possible avec quelques chances de succès.

Comme dans l'examen d'autres problèmes touchant aux fondations il n'est pas de méthode dont l'usage puisse être recommandé de manière générale; l'essentiel est d'adopter dans chaque cas celle qui conduit au minimum d'erreur; c'est le mérite d'études comme celles-ci de contribuer très efficacement à faciliter à l'ingénieur, auteur d'un projet, le choix de ses moyens d'investigation et de calcul.

D. BONNARD, professeur.

### A. Introduction

Les buts de cette communication sont d'exposer les méthodes appliquées par le Laboratoire de géotechnique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne (L.G.E.P.U.L.) pour déterminer le module de réaction  $ks$  d'un sol, nécessaire au calcul des fondations sur sol élastique, et de publier les résultats principaux des essais de charge avec plaques circulaires de différents diamètres et poinçon C.B.R. (California Bearing Ratio) que ce laboratoire a exécutés en Suisse au cours de ces dernières années.

Le module de réaction  $ks$  du sol est déterminé couramment pour le dimensionnement des revêtements rigides de chaussées ou des pistes d'aéroports par essais de charge *in situ*. On détermine le tassement  $\epsilon$  d'une plaque circulaire de diamètre  $D$  sous l'effet d'une charge  $P$ , provoquant une contrainte  $\sigma$  sous la plaque :

$$ks = \frac{\sigma}{\epsilon} \text{ kg/cm}^3.$$

Ces essais donnent une bonne mesure du module de réaction pour les ouvrages supportant des charges mobiles, mais ils ne permettent pas de déterminer le module de réaction d'un sol de fondation argileux ou limoneux supportant des charges permanentes (semelles ou radier de fondation). L'effet de la consolidation des sols fins ne peut intervenir dans la valeur de  $ks$  que si l'on détermine ce coefficient à partir d'un calcul de tassements basé sur des résultats d'essais œdométriques. Nous désignerons par  $ks'$  ce deuxième module de réaction.

### B. Détermination du module de réaction par essais de charge « in situ », avec plaques circulaires et poinçon C.B.R.

Les méthodes utilisées par les divers laboratoires de mécanique des terres pour l'exécution des essais de charge varient dans leurs détails. Mais on détermine toujours le tassement d'une plaque sous l'effet d'une charge croissante, ce qui permet de tracer le dia-

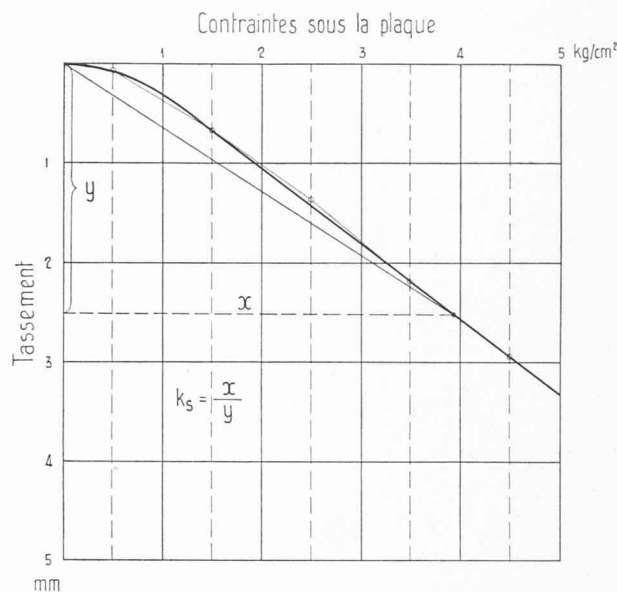


Fig. 1. — Courbe « charges-tassements » résultant d'un essai de charge avec plaque circulaire.

gramme « charge-tassement ». Le module de réaction  $ks$  est la pente de la corde, joignant l'origine à un point de la courbe, choisi en fonction des contraintes s'exerçant sous la fondation étudiée (fig. 1).

L'ingénieur américain Westergaard entreprit le premier des essais de ce genre. Le module de réaction que l'on doit introduire dans les calculs de fondation sur sol élastique est celui qui résulte d'un essai exécuté avec une plaque de 75 cm de diamètre que l'on charge de façon à obtenir sous la plaque une contrainte de 0,7 kg/cm<sup>2</sup> (méthode de Westergaard). Le tassement de la plaque sous cette charge permet de calculer le module de réaction. Si l'essai est exécuté à l'aide d'une plaque de diamètre plus petit que 75 cm, le tassement de la plaque est plus faible pour une même contrainte. Les résultats des essais donnés ci-après montrent que  $ks$  peut alors être calculé par la formule :

$$ks = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{D}{75}.$$

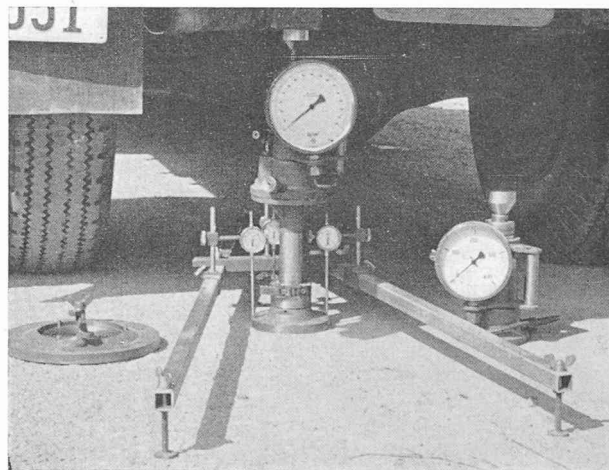


Fig. 2. — Appareil pour essais de charge avec plaques circulaires de 16 et 30 cm de diamètre et poinçon CBR (appareil U.S.P.R.).

On vérifie en effet que le module de compressibilité  $M_E = \frac{\sigma}{\epsilon} D$  kg/cm<sup>2</sup> est sensiblement constant pour un sol donné ; nous verrons plus loin quelle est l'importance de l'erreur à craindre sur ce coefficient déterminé à partir d'essais avec différentes plaques (voir figures 4 et 5).

Nos essais ont également eu pour but de montrer qu'il existe une relation entre le coefficient *CBR* et le module de compressibilité  $M_E$ . Il est donc possible de déterminer l'ordre de grandeur du module de réaction *ks* à partir d'essais *CBR*.

Le Laboratoire de géotechnique de l'E.P.U.L. exécute les essais de charge conformément aux prescriptions des Normes de l'Union suisse des professionnels de la route<sup>1</sup>.

Les essais exécutés ces dernières années par le L.G.E.P.U.L. peuvent se répartir en quatre groupes :  
 Groupe 1 : Essais *in situ* en 91 emplacements avec plaques circulaires de 16 cm et 30 cm de diamètre (182 essais).

Groupe 2 : Essais *in situ* en 8 emplacements avec plaques circulaires de 16 cm, 30 cm et 75 cm de diamètre (24 essais).

Groupe 3 : Cinq séries d'essais en laboratoire avec plaques de 11,3 cm, 16 cm, 24 cm et 30 cm sur sols compactés (20 essais).

Groupe 4 : Essais *in situ* en 99 emplacements avec plaques circulaires de 16 cm de diamètre et poinçon *CBR* (198 essais).

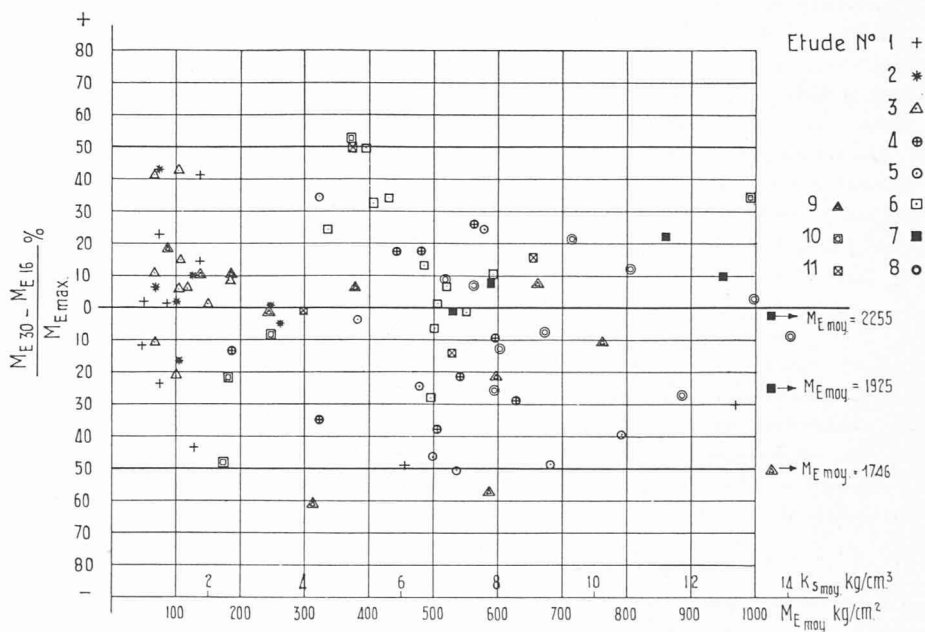
Résultats des essais du groupe 1

La figure 4 donne les écarts en pour-cent entre les valeurs du module de compressibilité  $M_E$  déterminé à l'aide des plaques de 16 cm et 30 cm de diamètre. Ces essais furent exécutés au cours de 11 campagnes. L'écart maximum observé entre les deux valeurs de  $M_E$  est de  $\pm 50$  %. Les moyennes algébriques des écarts sont données pour chaque campagne au tableau ci-après. La

moyenne algébrique des écarts de tous les essais est  $-2,1$  %.

Etude N°	Nombre d'essais	Moyenne algébrique des écarts %	Nature du sol essayé
1	20	- 7,6	glaise argileuse ou graveleuse (en plein champ)
2	14	+ 5,9	sable et gravier (couche d'appui pour route en béton)
3	20	+ 9,8	glaise argileuse ou graveleuse (en plein champ)
4	18	- 9,4	glaise très graveleuse (infrastructure d'une voie de chemin de fer)
5	16	- 18,0	sable et gravier (couche d'appui pour route en béton)
6	22	+ 12,3	idem
7	12	+ 1,8	Sur revêtement bitumineux (chaussée en ville)
8	20	- 2,9	Sable et gravier (fondation d'une piste d'aérodrome)
9	22	- 9,7	marne dure
10	8	+ 12,7	Sable et gravier
11	10	- 1,6	Glaise limoneuse

Fig. 4. — Ecart en pour-cent entre les valeurs du module de compressibilité  $M_E$  déterminées au même emplacement avec les plaques de 16 et 30 cm de diamètre.



<sup>1</sup> L'appareil de charge permettant l'essai avec plaques de 16 cm<sup>2</sup>, 30 cm<sup>2</sup> et poinçon *CBR* (fig. 2) a été normalisé par l'Union suisse des professionnels de la route (U.S.P.R.) en 1953. Il est utilisé systématiquement en Suisse pour la détermination de la force portante de l'infrastructure et de la fondation des chaussées à revêtements souples, caractérisée par les coefficients *ME* et *CBR*. Les normes fixant les dimensions de l'appareil, la méthode de l'essai et l'interprétation des résultats ont été rédigées par la Commission pour l'étude de l'infrastructure des chaussées de l'U.S.P.R., en collaboration avec les Laboratoires de géotechnique des Ecoles polytechniques de Lausanne et de Zurich. Normes SNV 40 310, 40 312, 40 315 et 40 317.

Tous les essais de ce type exécutés par le L.G.E.P.U.L. ont été pris en considération. Trois essais seulement furent éliminés, ils donnaient tous les trois des écarts de l'ordre de  $-70\%$  et avaient été exécutés dans de mauvaises conditions d'appui de la plaque.

On en conclut que les essais avec plaques de petit diamètre satisfont la loi  $M_E = \frac{\sigma}{\epsilon} D = cte$  mais que l'écart à craindre sur le résultat d'un essai est de l'ordre de  $\pm 50\%$ .

Résultats des essais du groupe 2

La figure 5 donne les résultats d'essais *in situ* exécutés en 8 emplacements avec les plaques de 16, 30 et 75 cm de diamètre. (Les points représentatifs de ces essais sont figurés sur le dessin par des croix.)

Si l'on admet que le facteur  $M_E = \frac{\sigma}{\epsilon} D$  est constant pour un sol donné, quelle que soit la plaque utilisée, on a la relation :

$$\frac{kD}{ks} = \frac{75}{D}$$

où  $kD = \frac{\sigma}{\epsilon}$  pour les plaques de 16 et 30 cm de diamètre et  $ks = \frac{\sigma}{\epsilon}$  pour la plaque de 75 cm de diamètre.

Cette hyperbole est représentée sur la figure 5, ainsi que la courbe expérimentale de Stratton (Stratton J. H., 1944 : *Construction and design problems. Military airfield, a symposium.* Proc. Amer. soc. Civ. Engrs.).

On remarque que les résultats des essais avec plaques de 16 et 30 cm s'écartent de  $\pm 40\%$  et sont presque également répartis de part et d'autre de la courbe théorique  $\frac{kD}{ks} = \frac{75}{D}$ .

Ceci montre que les essais exécutés *in situ* avec plaques de petits diamètres satisfont la loi  $M_E = cte$ , mais que les écarts à craindre sur chaque essai sont de l'ordre de  $\pm 40\%$ .

Résultats des essais du groupe 3

Cinq séries d'essais furent exécutées en laboratoire sur des

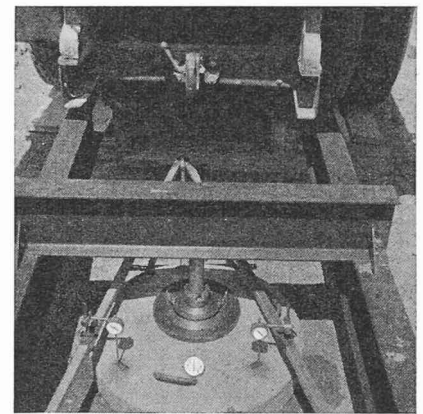
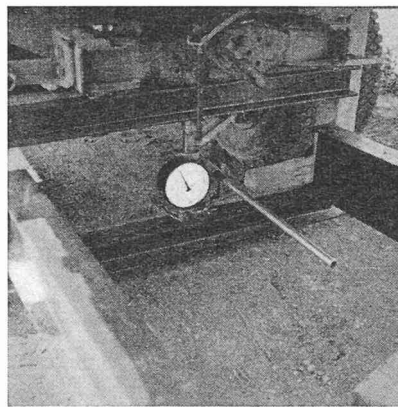
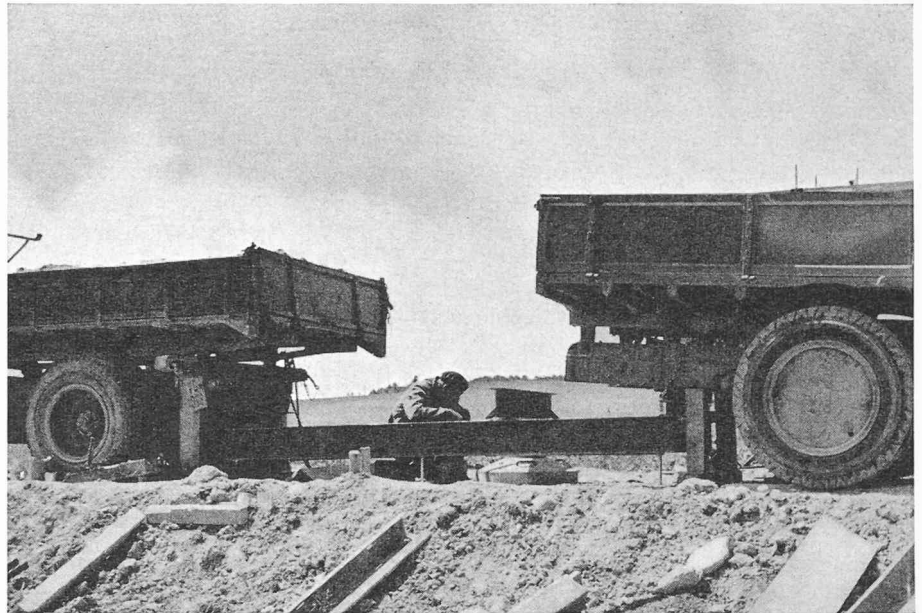


Fig. 3. — Appareil pour essais de charge avec plaque de 75 cm de diamètre et charge de 12 t.

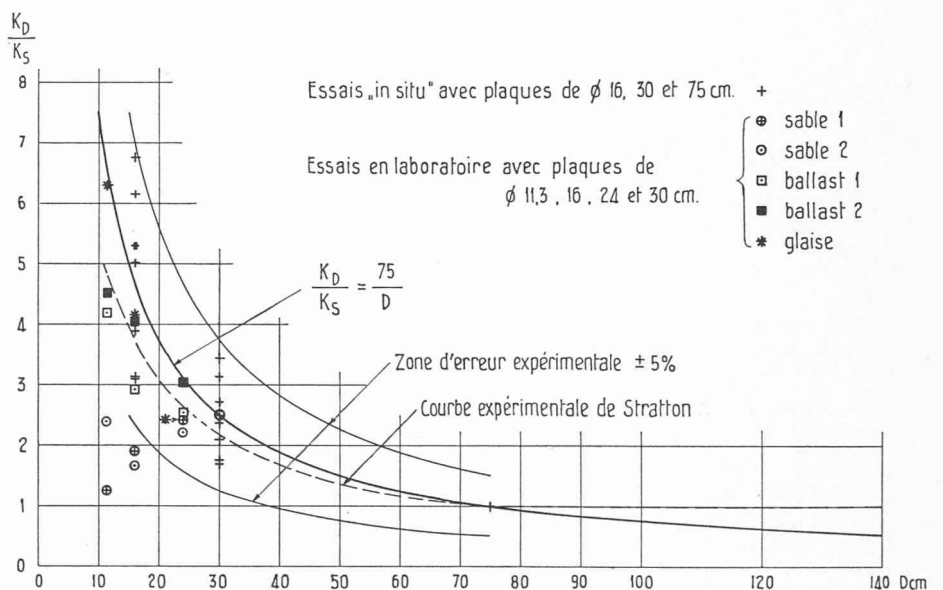
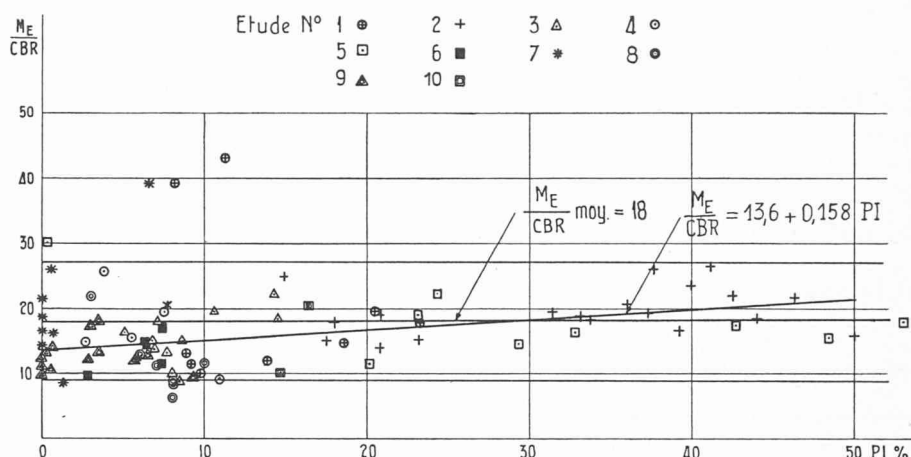


Fig. 5. — Ecart entre les résultats d'essais exécutés avec des plaques de différents diamètres et la courbe théorique

$$\frac{kD}{ks} = \frac{75}{D}$$

Fig. 6. — Valeurs du rapport  $\frac{M_E}{CBR}$  résultant d'essais avec plaque de 16 cm de diamètre et poinçon CBR au même emplacement.



terres compactées avec des plaques de 11,3, 16, 24 et 30 cm de diamètre.

Les résultats de ces essais sont donnés à la figure 5 ; ils sont représentés par des cercles (essais sur un sable), des carrés (essais sur ballast tout-venant : sable et gravier limoneux) et des étoiles (essais sur une glaise).

Nous avons admis que la valeur de  $ks$  était donnée par les résultats des essais avec plaque de 30 cm :

$$ks = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{30}{75}$$

Les résultats des essais exécutés avec les autres plaques sur le sable s'écartent complètement de la loi théorique. Le sable sans cohésion est poinçonné déjà pour de faibles contraintes sous la plaque. Par contre les points représentatifs des essais exécutés sur le ballast tout-venant et sur la glaise s'écartent peu de la courbe expérimentale de Stratton.

On en conclut que pour des recherches de laboratoire exécutées dans de très bonnes conditions, sur des matériaux cohérents, la courbe de Stratton devrait remplacer la loi théorique  $M_E = cte$ .

#### Résultats des essais du groupe 4

En comparant les résultats d'essais CBR et avec la plaque de 16 cm de diamètre exécutés sur un même sol, nous avons cherché une relation entre les coefficients CBR et  $ks$  (pour les sols fins). En effet, si l'on considère le poinçon CBR comme une plaque de 5 cm de diamètre (et si l'on néglige le fait que le processus de l'essai CBR est différent de celui des essais avec plaques) on trouve :

$$M_E = 13,8 \cdot CBR$$

ceci à condition d'admettre la loi  $M_E = cte$ . La figure 6 donne les valeurs de  $\frac{M_E}{CBR}$  en fonction de l'indice de plasticité pour 99 sols étudiés. Elle montre que la presque totalité des points représentatifs des résultats d'essais sont situés entre les horizontales correspondant à  $\frac{M_E}{CBR} = 9$  et  $\frac{M_E}{CBR} = 27$ . La valeur moyenne

de  $\frac{M_E}{CBR}$  est 16,6. Ce chiffre est plus grand que le facteur théorique 13,8 ; l'essai CBR étant un poinçonnement rapide et le piston étant animé d'un mouvement

continu, le sol offre une résistance légèrement plus faible que sous l'action d'une plaque chargée progressivement.

Mais on remarque aussi que  $\frac{M_E}{CBR}$  augmente avec l'indice de plasticité  $PI$  du sol. Pour  $PI = 0$ ,  $\frac{M_E}{CBR} = 13,6$ , il est pratiquement équivalent à la valeur théorique calculée plus haut.

La relation entre  $\frac{M_E}{CBR}$  et  $PI$  est la suivante :

$$\frac{M_E}{CBR} = 13,6 + 0,158 PI$$

#### C. Calcul du module de réaction $ks'$ à partir d'essais œdométriques en laboratoire

Les essais de charge avec plaques ne permettent pas de prendre en compte l'effet de consolidation lente du sol sous l'action d'une charge permanente, ni l'influence des couches profondes.

La valeur du module de réaction  $ks'$  d'un sol de fondation, sur lequel prennent appui des semelles continues supportant un grand nombre de charges ou un radier général, devra donc être calculée à partir des résultats des essais œdométriques. Nous proposons de calculer  $ks'$  par la formule :

$$ks' = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\rho}$$

où  $\rho$  est le tassement par consolidation du sol de fondation sous l'action de l'augmentation de contrainte  $\sigma_2 - \sigma_1$ , calculée par la méthode classique de Terzaghi :

$$\rho = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_m} H$$

$$\text{d'où } ks' = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{e_1 - e_2} \frac{1 + e_m}{H}$$

$e_1$  = valeur de l'indice de vide du sol correspondant à la contrainte  $\sigma_1$ , avant les travaux.

$e_2$  = valeur de l'indice de vide du sol correspondant à la contrainte  $\sigma_2$ , après les travaux.

$$e_m = \frac{e_1 + e_2}{2}$$

$\sigma_1$  et  $\sigma_2$  sont les contraintes moyennes dans la couche d'épaisseur  $H$ .

Le tableau ci-après donne les valeurs du coefficient  $ks'$  en  $kg/cm^3$  calculé par cette méthode à partir des courbes œdométriques de divers sols et pour deux fondations types :

$B$  : largeur de la fondation.

$D$  : profondeur d'appui de la fondation au-dessous du niveau du terrain naturel primitif.

$\sigma$  : contrainte sur le sol.

Type de fondation	$D_m$	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	Glaise com- pacte	Limon	Argile	Tourbe
Radier de longueur infinie	1	0,5	0,051	0,124	0,016	0,003
	1	1	0,169	0,100	0,017	0,003
	3	2	0,194	0,103	0,020	0,005
	$B = 10$ m	3	3	0,208	0,111	0,022
Semelle de longueur infinie	1	1	0,869	0,252	0,060	0,013
	1	2	0,649	0,301	0,070	0,015
	3	2	0,651	0,385	0,075	0,016
	$B = 2$ m	3	3	0,620	0,450	0,081

Les caractéristiques des terres mentionnées à ce tableau sont :

Sol	Densité apparente	$e$		
		$\sigma = 0$	$\sigma = 1,5$	$\sigma = 3$
Glaise compacte .	2,31	0,288	0,275	0,265
Limon . . .	1,87	0,971	0,904	0,880
Argile. . . .	1,69	1,412	1,115	1,003
Tourbe . . .	1,08	9,051	5,426	4,131

**D. Conclusions**

Les essais avec plaques circulaires et poinçon *CBR* tels qu'exécutés en Suisse ces dernières années par le L.G.E.P.U.L. ont montré que le module de réaction  $ks$  pouvait être déterminé par essais *in situ* avec des plaques de petits diamètres et calculé par la formule  $ks = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{D}{75}$ ; l'erreur à craindre sur un essai est de l'ordre de  $\pm 50\%$ . Cette précision est généralement

suffisante pour la détermination de  $ks$ ; elle conduit à une erreur de l'ordre de  $\pm 10\%$  sur l'épaisseur de la dalle ou de la semelle de fondation.

On obtiendra  $ks$  avec une précision de l'ordre de  $\pm 20\%$  en exécutant cinq à dix essais sur un sol dont on voudra déterminer le module de réaction avec plus de précision.

La connaissance du coefficient *CBR* d'un sol, déterminé *in situ*, permettra pour les sols fins d'estimer le module de réaction du sol :

$$ks = \frac{M_E}{D} \cong 15 \frac{CBR}{D}$$

ou, de façon plus exacte :

$$ks = (13,6 + 0,158 PI) \frac{CBR}{D}$$

Cette relation entre  $ks$ ,  $M_E$  et *CBR* permet aussi inversement de calculer le coefficient *CBR* à partir de  $M_E$  résultant d'un essai de charge avec plaque. On pourra donc utiliser l'abaque de dimensionnement des chaussées à revêtement souple (abaque donnant l'épaisseur de la fondation en fonction du coefficient *CBR*) même en cas de sols graveleux, lorsque l'essai *CBR* ne peut être exécuté; il sera dans ce cas remplacé par un essai avec plaque.

L'abaque mentionné ci-dessus traduit graphiquement la relation :

$$d = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{CBR + 5}$$

$d$  : épaisseur de la fondation en cm. Différence entre le niveau du terrassement et le niveau fini de la chaussée.

$P$  : charge par roue des véhicules en t.

*CBR* : coefficient en %.

On peut donc écrire également :

$$d = \frac{1500 + 2250\sqrt{P}}{M_E + 75}$$

$M_E$  : module de compressibilité en  $kg/cm^2$ .

L'épaisseur de la fondation des dalles de béton d'une chaussée ou d'une piste d'aérodrome est donnée par les deux relations suivantes :

$$d = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{CBR + 5} - 3d'$$

$$d = \frac{1500 + 2250\sqrt{P}}{M_E + 75} - 3d'$$

$d$  : épaisseur en cm de la fondation en matériaux graveleux; différence entre le niveau du terrassement et le niveau d'appui de la dalle.

$d'$  : épaisseur de la dalle en cm.

\* \* \*

Le module de réaction d'un sol fin (peu perméable et très compressible) peut être calculé par la formule :

$$ks' = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{e_1 - e_2} \frac{1 + e_m}{H}$$

à partir des résultats d'essais œdométriques de laboratoire sur échantillons intacts ; ce coefficient est nécessaire au calcul d'une semelle continue ou d'un radier de fondation sur sol élastique par la méthode de Magnel par exemple (voir Magnel G., 1942 : *Stabilité des constructions*, vol. III, p. 164-221).

La précision obtenue par ces méthodes est de  $\pm 50\%$  sur la valeur de  $k_s$  pour un essai isolé. Cet écart constaté entre les résultats de deux essais de charge exécutés au même emplacement (0,5 à 1 m de distance l'un de l'autre), est généralement plus petit que celui que l'on constate entre les valeurs d'essais exécutés dans une zone de quelques centaines de mètres de longueur. Dans la pratique du calcul d'une dalle de route ou d'une fondation d'ouvrage on devra donc prendre un coefficient  $k_s$  moyen, calculé à partir des résultats d'une série d'essais dont les écarts sont nettement plus élevés (étant donné l'hétérogénéité des sols en Suisse) que l'erreur à craindre sur le résultat de chaque essai.

Il convient de déterminer  $k_s$  et  $k_s'$  de la façon suivante :

1° *Ouvrages supportant des charges mobiles* : dalles de routes en béton, de pistes d'aérodromes, de places de parc ou de hangars pour véhicules. Quelle que soit la nature du sol de fondation,  $k_s$  sera déterminé par essais de charge *in situ* avec plaques de diamètre adapté à la dimension des plus gros graviers. (Détermination de la courbe charges-tassements jusqu'à  $\sigma = 4,5 \text{ kg/cm}^2$ ). Pour les ouvrages de grande importance : autoroutes, aérodromes principaux : vérification par essais avec plaque de 75 cm.

Le dimensionnement de la fondation des dalles se fait à l'aide des formules données plus haut.

2° *Ouvrages avec charges permanentes* : bâtiments, silos, entrepôts, usines, etc.

a) *Sols grossiers*, dans lesquels aucun échantillon intact ne peut être prélevé : graviers, ou sols très graveleux (la consolidation lente n'intervient pas).  $k_s$  est déterminé par essais de charge *in situ* avec plaques de diamètre adapté à la dimension des plus gros graviers.

b) *Sols fins*, dans lesquels des échantillons intacts peuvent être prélevés : argiles, limons, glaises (la consolidation lente intervient).

$k_s$  est calculé à partir d'essais œdométriques en laboratoire sur échantillons intacts.

L'épaisseur de la dalle est déterminée par la méthode de Magnel par exemple (calcul d'une fondation sur sol élastique).

L'ordre de grandeur des coefficients  $k_s$  et  $k_s'$  déterminés par les deux méthodes qui font l'objet de cette communication est le suivant :

Méthode	Type de sol	$k_s$ ou $k_s'$ $\text{kg/cm}^3$
Essais de compressibilité en laboratoire (Valeurs de $k_s'$ )	Tourbe	0,003-0,020
	Argile	0,020-0,100
	Limon	0,100-0,450
	Glaise compacte	0,100-0,900
Essais de charge « in situ » (Valeurs de $k_s$ )	Terrain naturel de très mauvaise qualité	0,2
	Terrain naturel mauvais	0,8
	Terrain naturel de bonne qualité	3,0
	Couche de fondation d'une chaussée	8,0
	Chaussée dans son ensemble	27,0

## CONCOURS D'IDÉES POUR L'AMÉNAGEMENT DES TERRAINS DU PAVEMENT ET DE L'HERMITAGE, A LAUSANNE (Concours restreint)

### Extrait du règlement-programme

En automne 1956, M. Paul Bugnion invitait dix architectes à participer à un concours d'idées sur l'aménagement et la mise en valeur des terrains du Pavement et de l'Hermitage, à Lausanne, ainsi que pour l'étude générale des voies d'accès à ces terrains.

Cet aménagement devait comporter la création d'un nouveau quartier ayant son caractère propre.

Les concurrents avaient à fournir :

a) un plan de situation au 1 : 2500 comportant l'implantation des bâtiments, les chemins et voies d'accès prévus et leur raccordement au réseau existant dans les zones voisines des terrains intéressés, avec différenciation entre les accès réservés aux piétons et les voies carrossables ; b) un plan de situation au 1 : 1000 ; c) trois coupes principales ; d) plan schématique des étages types des différents immeubles à l'échelle du 1 : 500 ; e) les coupes et les élévations schématiques utiles à la compréhension du projet au 1 : 500 ; f) la maquette au 1 : 1000 ; g) une description sommaire du projet.