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

Band: 2 (1936)

Artikel: La consolidation électro-chimique des argiles

Autor: Bernatzik, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3131

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: 17.07.2025

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

VIII 13

La consolidation électro-chimique des argiles.

Elektro-chemische Bodenverfestigung.

Electro-Chemical Consolidation of the Ground.

Dr. Ing. W. Bernatzik,
«Centre d'Etudes et de Recherches Géotechniques». Fondation M. G. Rodio, Paris.

Une argile placée entre deux électrodes est le siège de plusieurs phénomènes.

1° *Echauffement* de l'argile agissant comme une résistance électrique.

2° Décomposition de l'eau interstitielle *(électrolyse)*.

3° Suivant la nature des électrodes, ces dernières se polarisent, ce qui engendre un courant inverse qui affaiblit le courant principal, c'est-à-dire qui augmente la résistance *(polarisation)*.

4° Lorsque l'argile contient trop d'eau[1], les grains d'argile peuvent se mouvoir librement; les grains d'argile chargés négativement (basiques) se déplacent vers l'électrode positive (anode) ou bien les grains chargés positivement (acides) vers l'électrode négative (cathode), c'est l'*électro-endosmose*.

Lorsque l'argile prédomine, c'est-à-dire lorsque les grains d'argile ne peuvent pas se mouvoir, l'eau interstitielle se déplace du pôle + au pôle — pour l'argile négative et inversément pour l'argile positive, c'est l'*électro-osmose*.

(Si d'autre part de l'eau s'écoule à travers un système de pores, il se forme une différence de potentiel électrique entre l'entrée et la sortie, c'est l'*électro-capillarité*.)

5° *Substitution des ions absorbés* par les grains d'argile par d'autres ions déterminés par le choix des électrodes et l'adjonction de produits chimiques et élimination des premiers par le courant. Actuellement on conçoit de la façon suivante ce phénomène[2] [3].

Les grains d'argile (macro-anions) ont une structure en treillis et ont à leur surface des valences électriques libres qui tendent à se saturer aux dépens de bases dissoutes dans l'eau interstitielle, c'est-à-dire que la surface réagit chimiquement. L'intérieur des grains reste inerte car toutes les valences sont saturées, donc en équilibre. Ces bases absorbées influencent à leur tour l'eau interstitielle avec une ampleur et une résistance différentes suivant la nature des bases. Ce

---

[1] *Freundlich:* Kapillarchemie. Leipzig 1930.

[2] *Endell* et *Vageler:* Der Kationen- und Wasserhaushalt keramischer Tone im rohen Zustand. Berichte der deutschen Keram. Gesellschaft E.V., septembre 1932.

[3] *Endell* et *Vageler:* Über die Natur der keramischen Tone. Berichte der deutschen Keram. Gesellschaft E.V., octobre 1933.

n'est qu'à l'extérieur de ce domaine que l'eau interstitielle est vraiment libre. Si maintenant on arrive à substituer d'autres bases à celles absorbées à la surface des grains d'argile, on modifie la résistance et l'épaisseur de la pellicule d'eau absorbée. Il en résultera une modification des caractères physiques de l'argile.

L'idée d'utiliser le courant électrique pour la consolidation du sol a été breveté par le *Dr. Leo Casagrande*. Les recherches que nous entreprenons et qui ne sont qu'à leurs débuts, se feront dans les laboratoires du « Centre d'Etude et de Recherches Géotechniques », Fondation M. G. Rodio, Paris. Elles ont pour but de mettre au point l'application pratique de ce procédé après une étude détaillée des phénomènes.

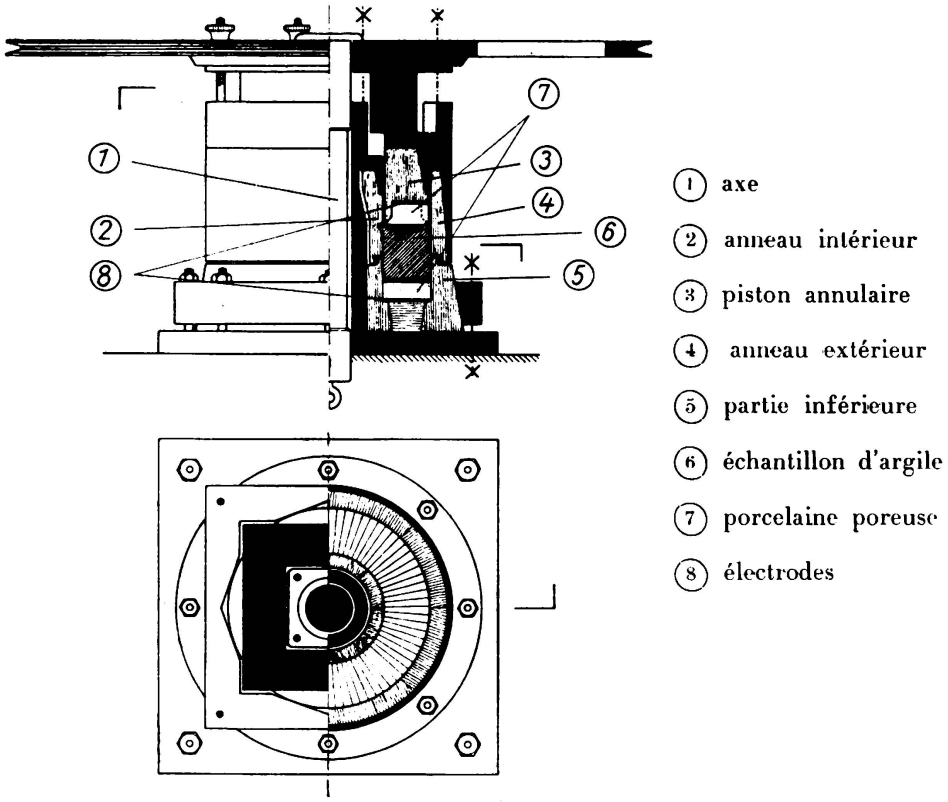


Fig. 1.

La fig. 1 représente la construction de l'appareil spécial permettant d'étudier l'action du courant électrique sur les argiles. L'éprouvette d'argile (6) de forme annulaire est placée entre deux pierres poreuses (7) de porcelaine, derrière lesquelles se trouvent les électrodes (8). L'appareil se compose d'un socle fixe (5), d'une partie supérieure mobile (3) et de deux anneaux mobiles (2 et 4). Le centrage des parties mobiles est assuré par un axe (1) qui supporte la charge verticale. Les anneaux mobiles (2 et 4) peuvent être enlevés du socle avant l'essai de cisaillement. Les pièces (2, 3 et 4) sont toutes trois carrées et peuvent être fixées entre elles pour l'essai de cisaillement.

La fig. 2 montre l'installation dans son ensemble, la fig. 3 le détail de l'appareil pour l'essai au cisaillement et la fig. 4 ce même appareil démonté.

Cet appareil permet de consolider une argile soumise à une surcharge donnée et possédant un pourcentage d'eau initial connu. On détermine alors la résis-

tance au cisaillement. On fait passer le courant et l'on mesure la variation de volume. Après cela on effectue un nouvel essai au cisaillement. On a ainsi pour la même éprouvette le module de cisaillement avant et après le traitement, la variation de volume durant le passage du courant, la teneur en eau au début et

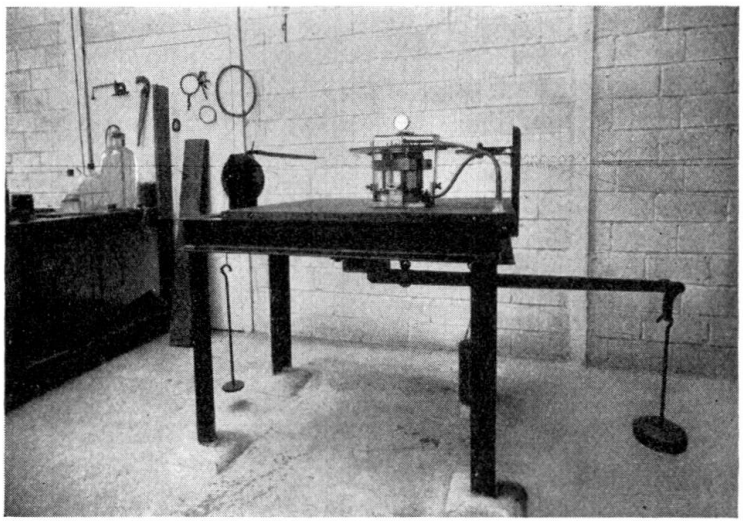


Fig. 2.

à la fin et les hauteurs théoriques de l'éprouvette d'argile. Les caractéristiques initiales de l'argile sont contrôlées à l'aide des essais normaux.

Les caractéristiques géotechniques des argiles utilisées sont données à la fig. 5; la fig. A représente le diagramme oedométrique et la perméabilité (valeurs de K) pour la limite de liquidité prise comme état initial. Dans le même sys-

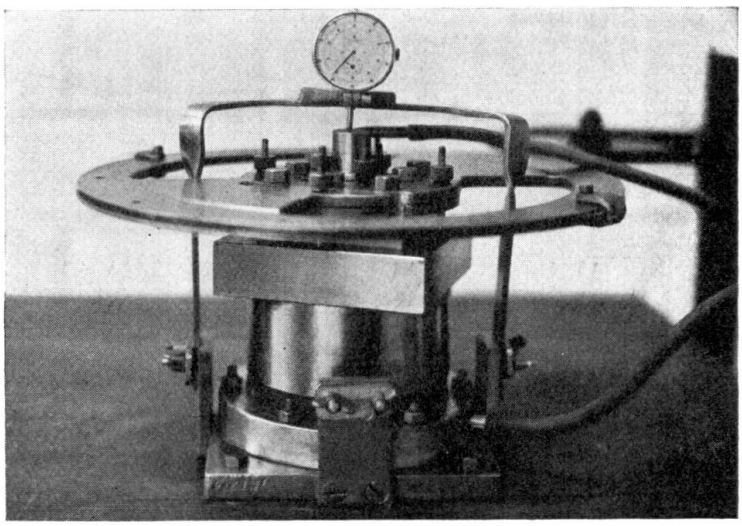


Fig. 3.

tème de coordonnées nous avons reporté, au bas, le diagramme oedométrique pour de l'argile à l'état où elle fut employée pour les essais.

La fig. B représente la courbe granulométrique de l'argile (légèrement thixotrope). La fig. C donne l'angle de frottement et la cohésion (application de la

force de cisaillement, $^1/_{40}$ de la charge verticale par minute). La fig. D indique les valeurs de S, c'est-à-dire la quantité de bases échangeables par gramme d'argile et, au-dessous, les éléments se trouvant dans la solution.

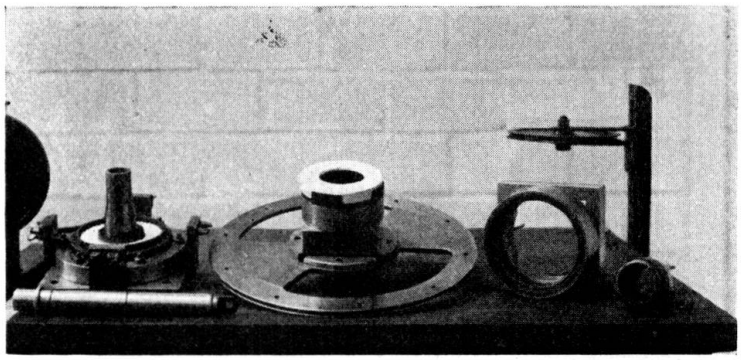


Fig. 4.

Cette analyse démontre que l'argile utilisée se prête mal aux expériences puisqu'elle ne contient que très peu de sodium; c'est en effet sur la substitution du sodium que repose principalement notre procédé. Si l'on a choisi cette argile,

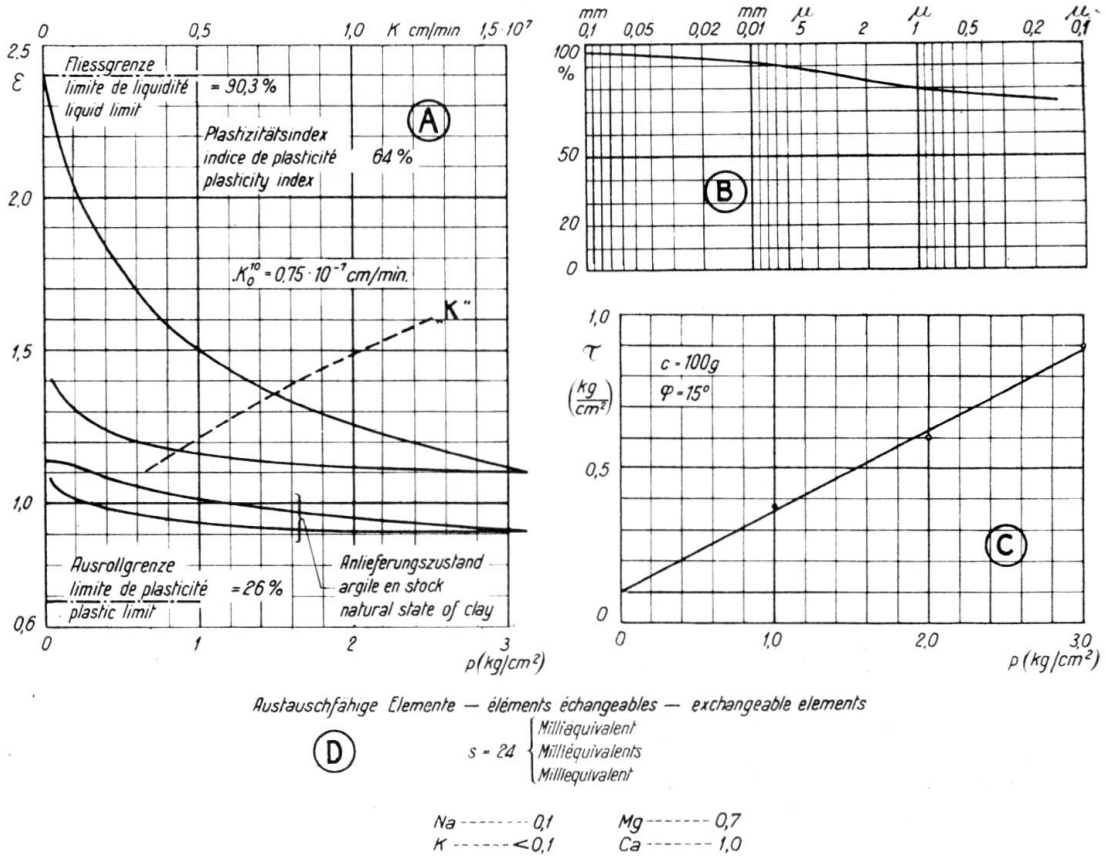


Fig. 5.

c'est parce que l'on peut se la procurer avec une consistance constante dans le commerce (argile de poterie).

Les premiers résultats d'essais sont donnés à la fig. 6; on les contrôle actuellement.

La fig. III donne les compressions produites par le passage du courant à travers trois échantillons placés dans trois cas de charge différents. La fig. IV montre la variation de volume en fonction du temps. La teneur en eau devrait s'abaisser dans la fig. III jusqu'aux points marqués d'un cercle noir. Si l'on détermine après l'essai le pourcentage d'eau, on constate que les indices de vide

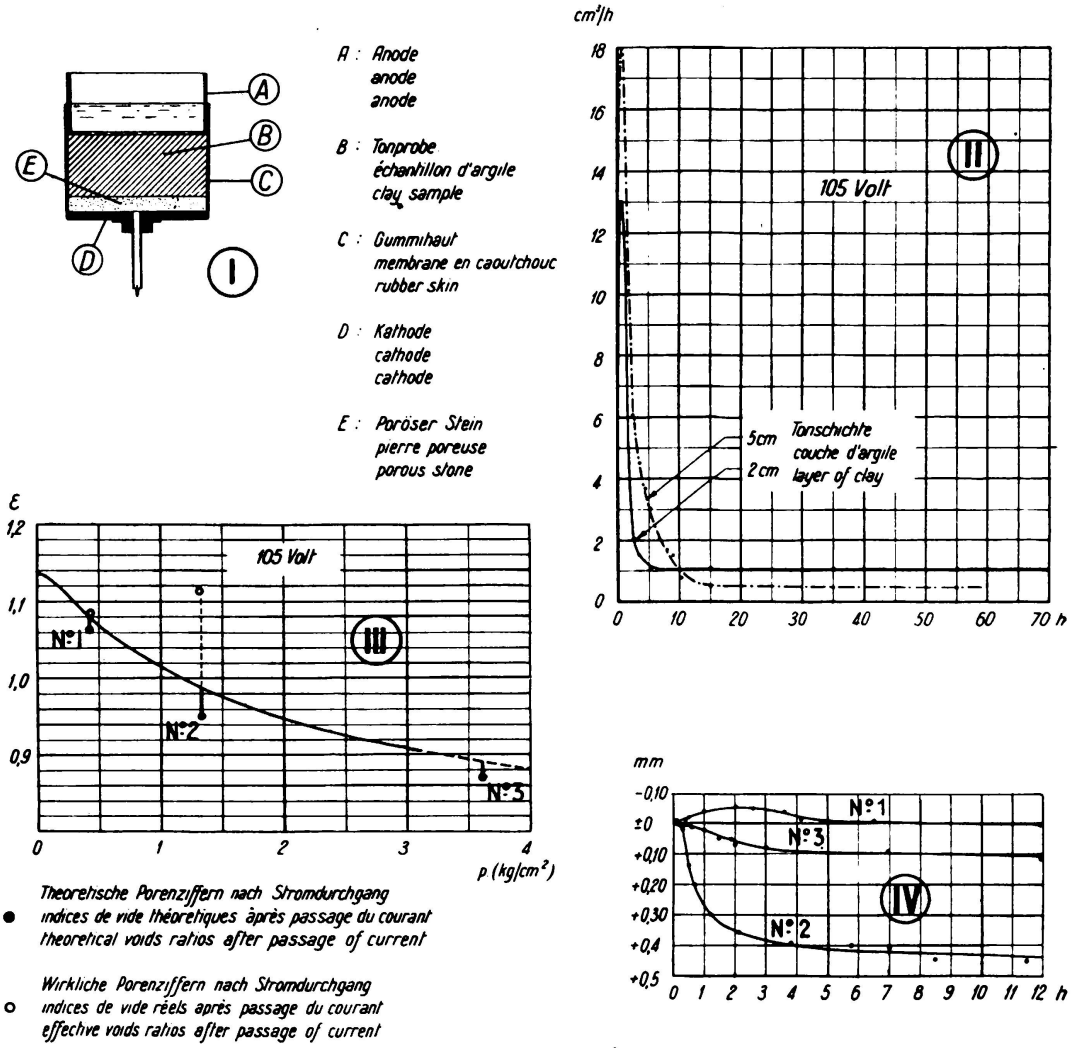


Fig. 6.

se trouvent beaucoup plus élevés. Les éprouvettes d'argile ne purent plus gonfler après l'essai de telle sorte qu'il s'est certainement effectué une faible absorption d'eau. Les véritables pourcentages d'eau sont si élevés que l'on doit admettre que le retrait provient en tout premier lieu d'une perte d'eau absorbée, c'est-à-dire de l'eau qui ne s'écoule pas de l'argile lors de la détermination usuelle du pourcentage d'eau (séchage à 105° C). Ces résultats seront contrôlés à l'aide d'un oedomètre.

Il est intéressant d'observer la rapidité avec laquelle varie le volume (fig. IV) ainsi que le gonflement initial de l'argile dans l'essai n° 1. Une deuxième série

d'essais explique cette rapidité (fig. I). Une argile (B) est placée dans une bague en caoutchouc (sans surcharge), au-dessus se trouve une pierre poreuse (E). De chaque côté sont les électrodes (A et D). On mesure la quantité d'eau qui s'écoule durant le passage du courant. Cette quantité d'eau est donnée à la fig. II en fonction du temps et pour une couche d'argile de 2 et 5 cm d'épaisseur. Après une forte perte d'eau au début, qui dure quelques heures seulement, le débit se stabilise et à partir de cet instant, seule l'électro-osmose doit entrer en jeu. Si l'on calcule la pression qui correspondrait à ce débit, on arrive à 5—6 atmosphères. On voit que des forces importantes entrent en jeu, forces qui naturellement doivent avoir une répercussion sur l'argile, c'est-à-dire que l'argile se consolide sous l'effet d'une «charge électrique» (ainsi qu'on le voit à la fig. IV). Cela se passe vraisemblablement même si l'échange de bases n'a pas lieu, c'est-à-dire sans perte d'eau interstitielle absorbée.

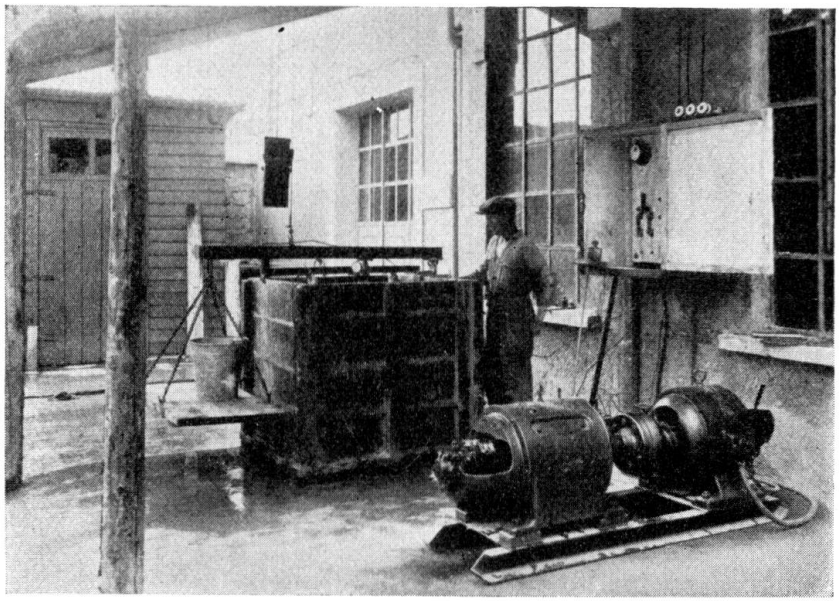


Fig. 7.

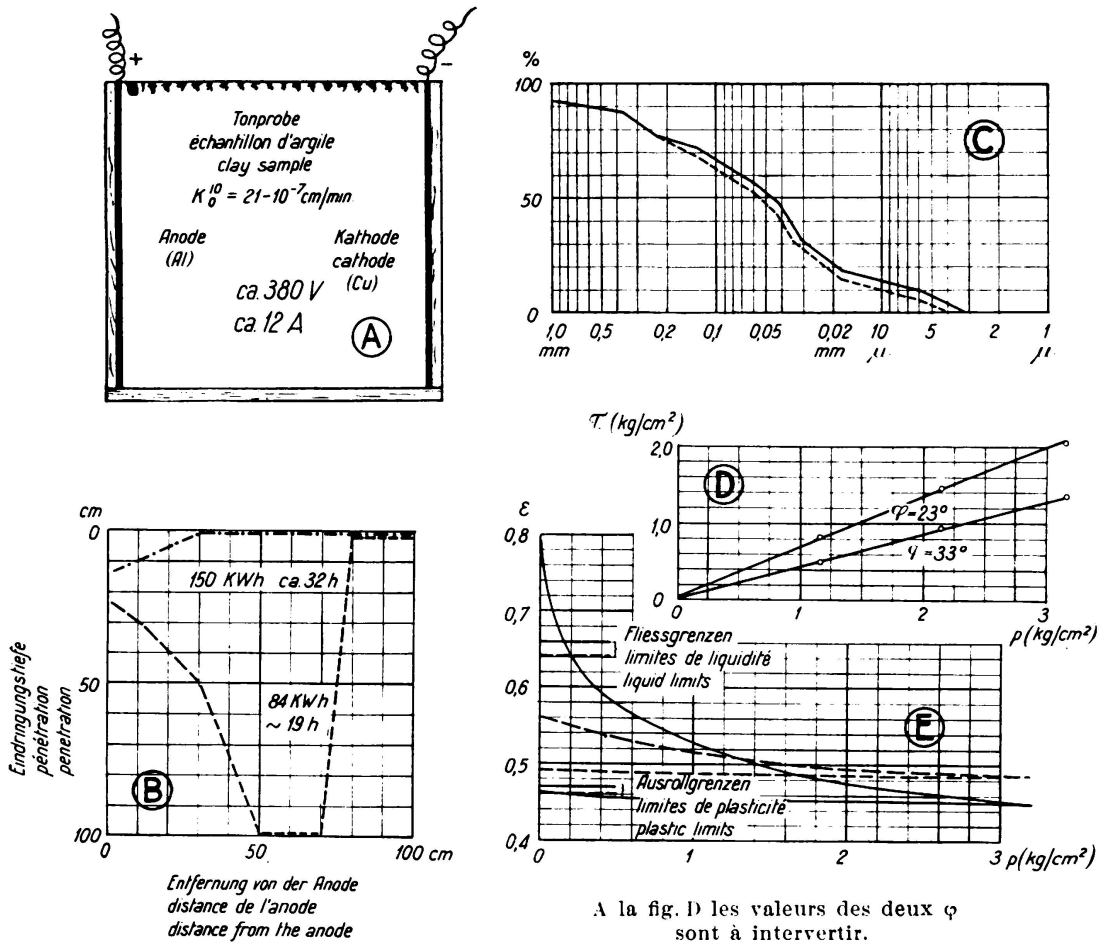
Avant ces recherches, le laboratoire géotechnique Rodio à Milan, avait entrepris un essai sur un mètre cube d'argile. Cet essai est intéressant car il s'agissait d'une argile chargée positivement (acide). L'eau interstitielle se déplaçait donc vers le pôle positif.

La fig. 7 montre la disposition de l'essai et la fig. 8 ses résultats.

La fig. A est une coupe à travers l'éprouvette d'argile. L'argile employée était assez liquide, donc bien en dessus de la limite de liquidité. Une sorte d'aiguille de Vicat permettait de mesurer de temps en temps la pénétration en différents points et par le fait même les modifications de l'argile. La fig. B donne la pénétration, la ligne discontinue après 19 heures et la ligne en traits-points après 32 heures de traitement. On constate qu'après 19 heures l'argile est consolidée dans une zone bien déterminée du côté de la cathode, alors que du côté de l'anode la consolidation décroît vers le centre. Au centre, l'argile n'a subi d'abord aucune modification. Au bout de 32 heures, l'éprouvette d'argile est presque complètement consolidée. Vraisemblablement la consolidation au pôle négatif se fait par

électro-endosmose, c'est-à-dire que les grains d'argile sont attirés vers la cathode et y forment une couche ferme par suite de la consolidation dans le sens horizontal. Dans la zone positive par contre, d'où part le mouvement des ions, la consolidation semble devoir être attribuée à l'échange des bases.

Après l'essai on a déterminé à nouveau les constantes géotechniques de l'éprouvette.



A la fig. D les valeurs des deux φ sont à intervertir.

Fig. 8.

La nouvelle courbe granulométrique (fig. C, ligne discontinue) indique vraisemblablement une légère augmentation du diamètre des grains (méthode aérométrique). Ces derniers se décantent plus vite, probablement par suite d'une diminution de la quantité d'eau absorbée.

Le diagramme de cisaillement (fig. D) montre une variation de l'angle de frottement qui a passé de 23° à 33°.

Le diagramme de la fig. E donne la compressibilité avant (lignes continues) et après (lignes discontinues) le passage du courant. On constate que l'argile est devenue plus « stable » dans ses caractéristiques; son angle de frottement est devenu plus grand et sa compressibilité plus faible.

Leere Seite
Blank page
Page vide