

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 95 (1969)
Heft: 11

Artikel: Les glissements de terrain de Chancy (Genève): méthodes d'observation et d'analyse
Autor: Amberger, G. / Baroni, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-70238>

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>

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'EPFL (Ecole polytechnique
fédérale de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPFZ (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.; M. Mozer, arch.; J.-C. Ott, ing.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; M. Chevalier, 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; M. Cosan-
dey, ing.; A. Métraux, ing.; A. Rivoire, arch.; J.-P. Stucky,
ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

RÉDACTION

F. Vermeille, rédacteur en chef; E. Schnitzler, ingénieur, et
M. Bevilacqua, architecte, rédacteurs
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. 46.—	Etranger	Fr. 50.—
Sociétaires	»	» 38.—	»	» 46.—
Prix du numéro	»	» 2.30	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »
N° 10 - 5775, 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. 495.—
1/2 » » 260.—
1/4 » » 132.—
1/8 » » 68.—

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



SOMMAIRE

Les glissements de terrain de Chancy (Genève). Méthodes d'observation et d'analyse, par G. Amberger, Dr ès sciences, et
D. Baroni, ingénieur-conseil.
Bibliographie. — Les congrès.
Documentation générale. — Informations diverses.

LES GLISSEMENTS DE TERRAIN DE CHANCY (GENÈVE) MÉTHODES D'OBSERVATION ET D'ANALYSE ¹

par G. AMBERGER, Dr ès sciences, géologue cantonal et D. BARONI, ingénieur-conseil au Service géologique

1. Aperçu géologique de la région de Chancy

Le village de Chancy, situé à l'extrémité sud-ouest du canton de Genève, est édifié sur un plateau d'une altitude moyenne de 365 m environ, dominant le Rhône, formant ici la frontière franco-suisse, qui coule dans une vallée peu profonde à la cote moyenne 340 m. A l'ouest du village, les flancs de cette vallée sont instables, un lent glissement se produisant tant sur rive suisse que française.

La morphologie générale du canton de Genève est fonction de la présence de divers étages et niveaux quaternaires et tertiaires qui sont de haut en bas :

A Chancy, nous retrouvons ces divers termes, mais avec des faciès et une répartition particuliers, à l'origine de l'instabilité régionale.

La molasse n'est connue qu'en profondeur, par sondages, à la cote altimétrique 300 m environ. Il s'agit d'un ancien sillon d'érosion de la fin du tertiaire, oblitéré par les dépôts quaternaires.

¹ Texte de l'exposé présenté à une conférence organisée à Lausanne par la Société suisse de mécanique des sols et de travaux de fondations.

QUATÉNAIRE	<i>Récant et holocène</i> :	Formations lacustres et fluviatiles de terrasses	Limons, sables et graviers
	<i>Würm</i>	Formations du retrait glaciaire	Sables et graviers Argiles limoneuses souvent varvées
		Moraine argileuse	Limons argileux à cailloux et blocs
		Moraine caillouteuse (Alluvion ancienne auct.)	Graviers sableux et limoneux
TERTIAIRE	<i>Inter-glaciaire</i>	Formations de délavage et ruissellement	Argiles limoneuses varvées à lignites Sables à faunule malacologique
	<i>Riss</i>	Moraine limono-argileuse	Limons argileux, sableux, à cailloux et blocs Lentilles graveleuses
	<i>Chattien supérieur</i>	« Molasse grise »	Marnes et grès à gypse, calcaires à ostracodes
	<i>Chattien moyen</i>	« Molasse rouge »	Marnes et grès, bitumineux par place

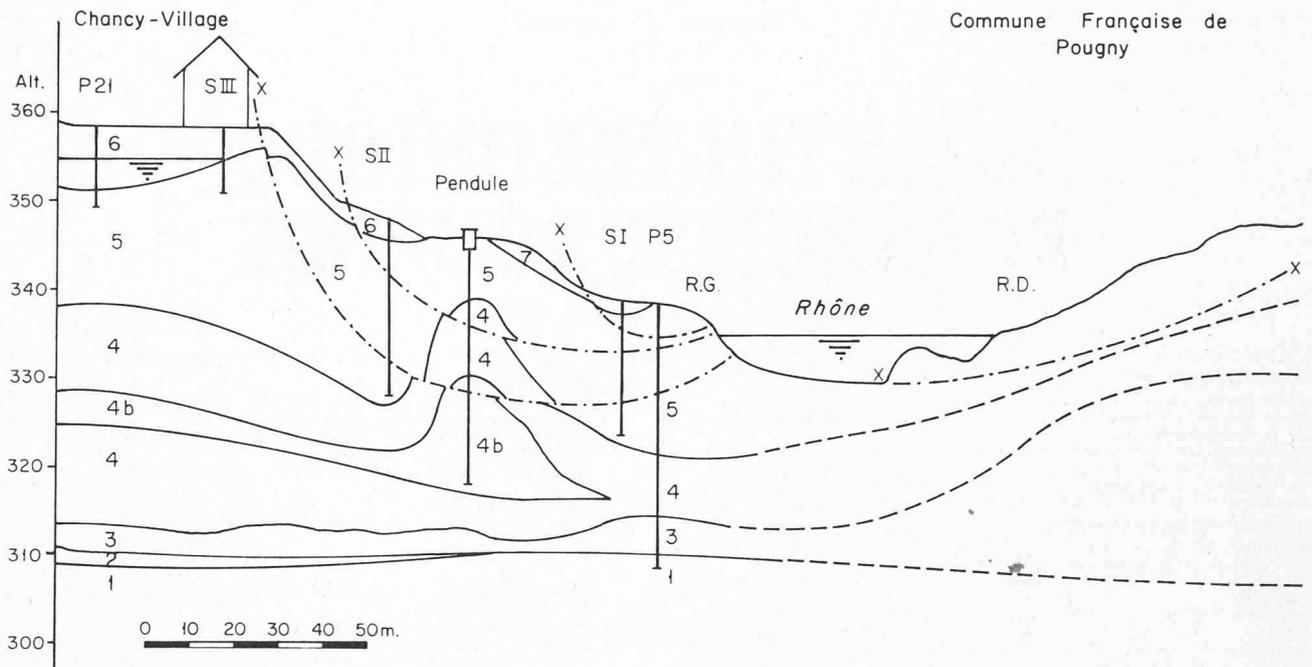


Fig. 1. — Profil géologique.

1 Molasse	4 Moraine argileuse et würmienne	6 Graviers du retrait würmien
2 Moraine rissienne et interglaciaire	4 b Idem à faciès feuilleté	7 Graviers alluviaux
3 Moraine caillouteuse würmienne	5 Argile limoneuse du retrait würmien	X Plans de cisaillement

Le Riss et l'Interglaciaire ne forment que de minces placages locaux dans ce sillon, et n'affleurent pas.

La cartographie en surface, à Chancy, d'Interglaciaire figurant sur la feuille Dardagny-Bernex de l'Atlas géologique suisse au 1 : 25 000 est erronée.

La particularité géologique locale est due à la répartition de la moraine caillouteuse würmienne (Alluvion ancienne auct.). Si nous remontons le Rhône en direction de l'usine hydro-électrique de Chancy-Pougny, ce niveau graveleux, d'une puissance de 40 à 60 m, forme les flancs de la vallée. Redescendons ensuite vers le village : les graviers diminuent d'épaisseur, puis plongent sous les niveaux würmiens plus récents. Dans les sondages profonds d'étude du glissement, ils n'existent plus qu'en mince couche de 2 à 3 m ou même en lentilles sporadiques. Leur disparition explique la cuvette morphologique de Chancy. La moraine argileuse est ici également mince et sporadique ; par contre les formations argileuses du retrait deviennent très importantes, et atteignent par place une épaisseur de 30 m. Ces argiles limoneuses ont les caractéristiques géotechniques suivantes¹ :

Teneur en eau	$W = 20 \text{ à } 31 \%$
Poids spécifique	$\gamma = 1,7 \text{ à } 1,9 \text{ t/m}^3$
Limite de liquidité	$W_L = 31 \text{ à } 44 \%$
Limite de plasticité	$W_p = 19 \text{ à } 25 \%$
Indice de plasticité	$I_p = 12 \text{ à } 19 \%$
Ecrasement simple	$q_u = 0,7 \text{ à } 0,8 \text{ kg/cm}^2$
Ecrasement simple remanié	$q_{ur} = 0,1 \text{ à } 0,3 \text{ kg/cm}^2$

Sous le village, ces argiles fluent vers le Rhône, avec des vitesses qui seront décrites plus loin, et déterminent la zone instable. Enfin le plateau de Chancy est une pseudo-terrasse où le glacier würmien a déposé des graviers et sables renfermant une nappe phréatique s'écoulant vers les pentes argileuses instables et contribuant ainsi à maintenir cette instabilité. Les terrasses fluvia-

tiles du Rhône sont très réduites, quelques minces placages graveleux près de la rive actuelle peuvent leur être attribués (fig. 1).

2. Etudes anciennes

Des mouvements de terrain sont déjà signalés dans cette région au début du siècle. Les autochtones affirment que ces mouvements se sont accentués après la construction de l'usine hydro-électrique de Chancy-Pougny (1924), sise à 1 km à l'amont du village de Chancy. Notons à ce sujet que pour augmenter la hauteur de la chute, la correction du Rhône dans la zone actuellement en mouvement comprenait la suppression d'un seuil constitué par les fondations des piles d'un ancien pont. A cet endroit, le lit du Rhône s'est abaissé de 2,5 m en quarante ans.

De 1930 à 1950, plusieurs géologues (MM. Collet, Parez, Joukovsky, entre autres) ont étudié cette région et, en 1941, le Service fédéral des eaux (Office fédéral pour l'économie hydraulique) remet au canton un mémoire traitant des relations qu'il pourrait y avoir entre la construction de l'usine et les mouvements de terrain observés sur les deux rives du Rhône. Les conclusions de ce mémoire sont, en résumé, les suivantes :

- 1) Le Rhône n'a pas encore atteint son état d'équilibre ; la suppression d'un seuil, dans ce cas, a beaucoup moins d'importance que s'il s'agissait d'une rivière en équilibre.
- 2) Les glissements de terrain — phénomène naturel — qui se produisent sur les deux rives tendent à rétrécir le lit du Rhône, ce qui provoque une érosion en profondeur (voir fig. 1).

Les fissures dans le sol ne cessant de s'agrandir — la plus importante passe au pied même des premières maisons du village — le Service géologique du cadastre

¹ Déterminations de MM. Ott & Blondel, ingénieurs géotechniciens.

Glissement de Chancy

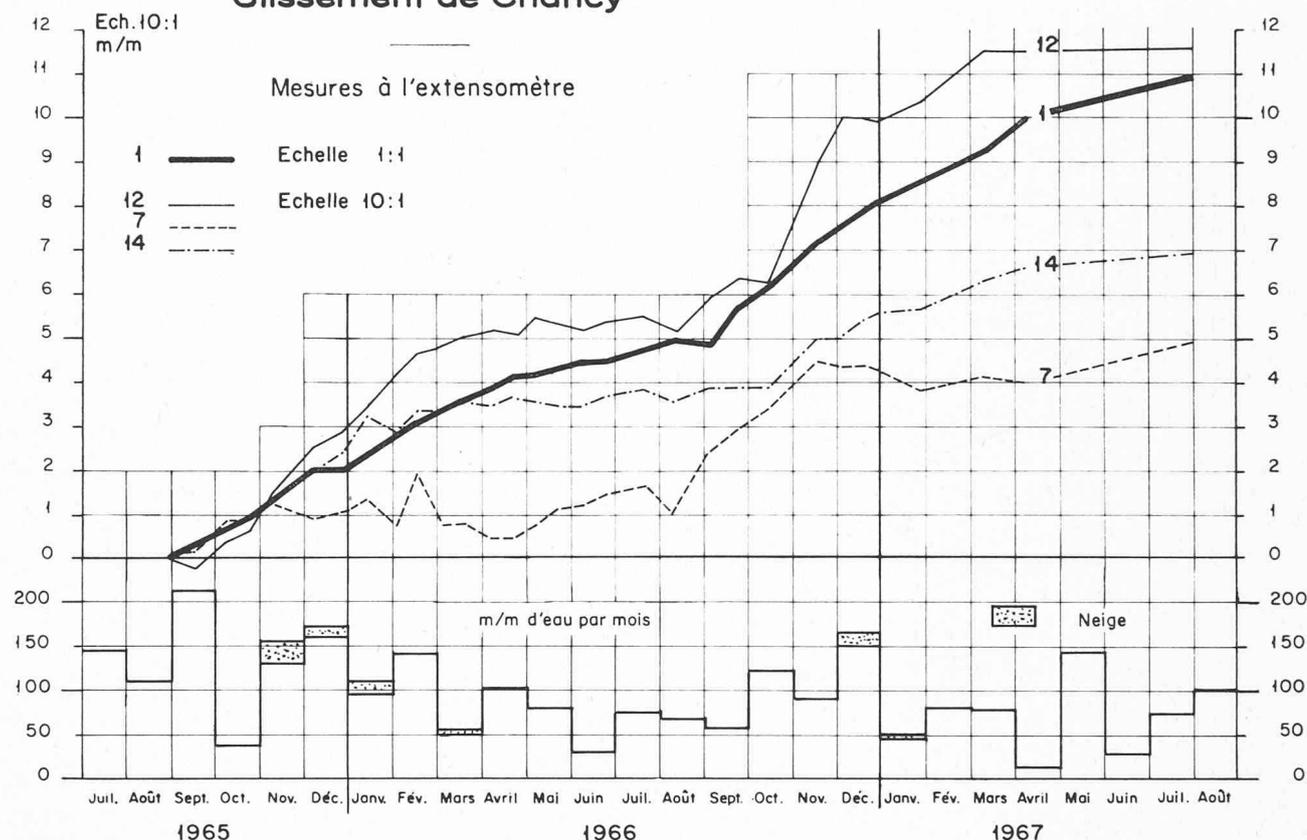


Fig. 2. — Ouverture, en millimètres (point 1), en dixièmes de millimètre (points 7, 12, 14) de fissures dans des ouvrages atteints par les glissements de terrain. Pluviométrie.

entreprit dès 1965, avec la collaboration du Bureau *Ott & Blondel*, une étude approfondie. Nous indiquons ci-dessous les principales phases de cette étude.

3. Observations systématiques

3.1 Topographie. Disposant d'un plan topographique détaillé de 1934, à l'échelle 1 : 1000, un levé photogrammétrique restitué à la même échelle a permis, par superposition, de localiser la zone des mouvements les plus importants.

3.2 Mensurations. Un réseau de points de repère est relevé périodiquement et les coordonnées calculées électroniquement permettent de suivre, en direction et en vitesse, les mouvements de chaque point du terrain. La précision des mesures est de l'ordre du centimètre en situation et du millimètre en altitude.

Les graphiques des directions et vitesses de déplacement des repères sont dessinés au Coradomat après chaque série de mensurations.

3.3 Sécurité des immeubles habités. Les anciens témoins au ciment placés sur les fentes des immeubles ont été remplacés par des repères métalliques spéciaux, scellés de part et d'autre des fissures.

La variation d'écartement de ces repères sont mesurés au centième de millimètre par un extensomètre Huggenberger.

Deux années d'observation n'ont pas encore permis de trouver une relation entre les vitesses d'ouverture des fissures et d'autres facteurs climatologiques ou hydrologiques.

Nous reproduisons, à titre d'exemple, les graphiques de l'ouverture des fissures en fonction du temps, de quelques points caractéristiques (fig. 2).

3.4 Etudes de détail. Une analyse détaillée des mouvements du sol est faite dans la zone des plus grands déplacements, soit au droit du profil représenté sur la figure 1.

a) L'inclinomètre Télécline

Développé par la maison *Géoconsult*, il permet de mesurer, à l'intérieur d'un sondage de petit diamètre (S I, S II) l'inclinaison (*pendage*) d'une section de tube par rapport à la verticale, de même que l'azimut de cette inclinaison maximale.

Après deux séries de mesures espacées de trois mois, nous avons pu situer deux plans principaux de glissement à 11 et 14,5 m de profondeur (S II). Les écarts de pendage sont nettement visibles sur la figure 3, tandis que les azimuts de l'inclinaison maximale sont restés les mêmes.

Dans le tube S I, plus près du Rhône, les déformations après trois mois étaient si grandes qu'il n'était plus possible d'y introduire le Télécline.

b) Le coordonomètre optique Galileo

Est utilisé pour mesurer le déplacement d'un pendule inversé dont le point fixe est scellé au fond d'un puits de 27 m, le fil étant tendu par un flotteur qui se déplace librement dans une cuve à bain d'huile.

Dans la chambre construite au-dessus de ce puits, on mesure donc les déplacements de surface du terrain par rapport au point fixé au fond d'un

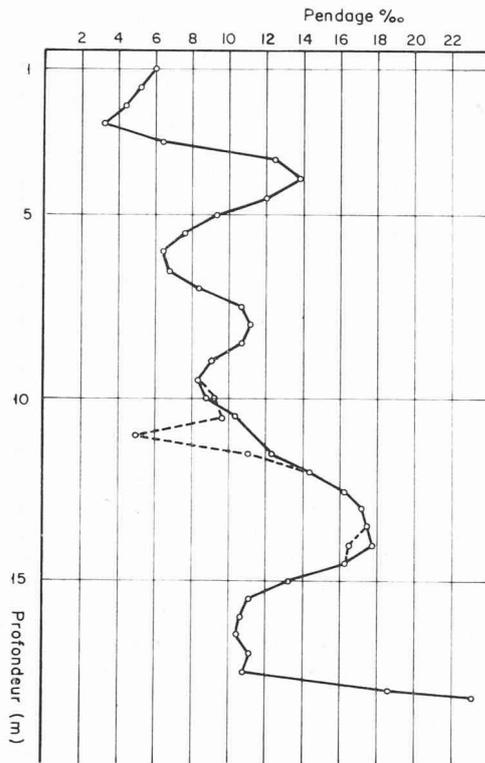


Fig. 3. — Mesures à l'inclinomètre du pendage d'un forage tubé S II.

— le 17.2.66

----- le 2.5.66

puits. Un coordinomètre optique de précision permet de lire, à 0,02 mm près, les coordonnées du fil par rapport à la chambre de mesure.

Les vitesses des déplacements de la chambre par rapport au fond du puits ont varié de 0,03 à 1,1 mm par jour.

Sur la figure 4, nous avons reporté les moyennes mensuelles :

des précipitations (mm d'eau), des débits du Rhône (m^3/s) et des vitesses journalières des déplacements du pendule (mm/j.).

Il est frappant de constater à quel point les vitesses des mouvements du terrain sont en rapport inverse des débits — donc des hauteurs d'eau — du Rhône.

4. Analyses géotechniques

Les études, pourtant multiples, d'avant 1950 se bornaient à indiquer les terminologies géologiques des terrains rencontrés dans des sondages. Lors de la reprise des études en 1965, de nombreux prélèvements dans les trois nouveaux forages (S II, Pendule, S I) mentionnés sur la figure 1, furent étudiés systématiquement en laboratoire.

Nous avons indiqué ci-dessus un résumé des résultats de ces analyses. Nous mentionnons en outre les essais d'électro-osmose et de cisaillement à vitesse constante.

4.1 *Electro-osmose.* Des essais de consolidation par électro-osmose ont montré un comportement des argiles très semblable à celui des argiles que l'on rencontre en bordure des falaises de l'Arve à Champel. Les résultats d'essais de détail, conduits en 1963-64 par le Laboratoire fédéral d'hydraulique et de mécanique des sols,

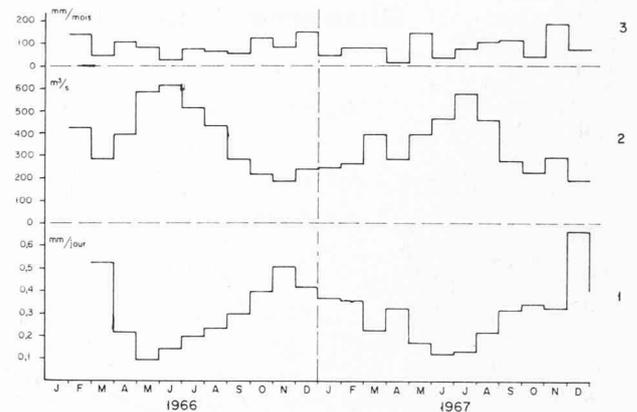


Fig. 4. — Résultat de mesures au coordinomètre optique comparé à la pluviométrie et aux niveaux du Rhône.

1. Moyennes mensuelles des vitesses de glissement du sol (en mm par jour) par rapport au fond du puits-pendule.
2. Moyenne mensuelle des débits du Rhône (m^3/s).
3. Pluviométrie (mm d'eau par mois).

dans le cadre de travaux d'assainissement des falaises de l'Arve, seraient donc applicables sans autre dans la région de Chancy.

Des travaux de consolidation par drainage pourraient donc dans certaines zones être complétés par de l'électro-osmose.

4.2 *Essais de cisaillement.* Lorsque les essais à l'écrasement simple (*qu*) donnaient des résultats très faibles, il a été procédé à des essais de cisaillement à la palette à vitesse constante.

On a pu faire les constatations suivantes (voir fig. 5) :

- 1) Pour une déformation progressive à vitesse constante, la résistance au cisaillement croît jusqu'à un maximum puis diminue jusqu'à une valeur relativement constante.
- 2) Le maximum atteint au début de l'essai est inférieur à $0,5 qu$.
- 3) La résistance résiduelle après de grandes déformations angulaires est le 30 à 60 % du maximum atteint.
- 4) La résistance maximum au cisaillement à vitesse constante est fortement dépendante de la vitesse choisie. Elle augmente généralement avec la vitesse mais atteint finalement sensiblement la même valeur résiduelle.
- 5) Les couches supérieures d'argile, jusqu'à 12 m de profondeur, sont nettement moins résistantes.

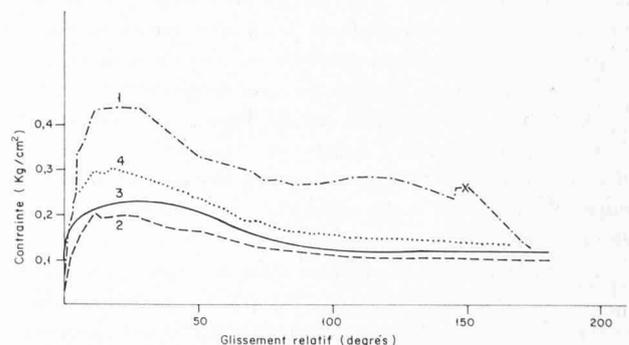


Fig. 5. — Essais de résistance au cisaillement à différentes vitesses de rotation de la sonde à palette¹.

(Echantillon n° 12, prélevé à 4 m de profondeur : $W = 28\%$; $\gamma = 1,88 t/m^3$; $Ip = 15\%$).

- 1 Vitesse : $0,2^\circ$ par minute
- 2 Vitesse : $1,2^\circ$ par minute
- 3 Vitesse : $2,2^\circ$ par minute
- 4 Vitesse : $3,4^\circ$ par minute
- X Echantillon humidifié, ce qui provoqua rapidement une chute de la résistance

En moyenne, les résistances maxima au cisaillement et les résistances résiduelles furent respectivement de 0,3 et 0,1 kg/cm². C'est cette dernière valeur qui devrait être prise en considération pour la détermination des coefficients de sécurité dans l'établissement d'un projet de consolidation.

5. Conclusion

Nous ne tirerons pas de conclusion, puisque les mesures se poursuivent et qu'il n'a pas encore été entrepris de travaux de consolidation. Les essais ont fourni une base pour l'établissement des projets et les mesures

en cours permettront d'établir l'ordre d'urgence des travaux. Nous saisissons cette occasion pour rappeler, une fois de plus, à quel point il est nécessaire, dès le début d'une étude, d'établir un programme complet des analyses et observations, qui permettront par la suite aux géotechniciens de choisir les solutions les plus économiques et comportant le moins possible d'approximation dans les hypothèses de calcul.

Adresse des auteurs :

D. Baroni, ingénieur-conseil, Service géologique du Cadastre, case postale 36 1211 Genève 8

G. Amberger, géologue cantonal, même adresse.

BIBLIOGRAPHIE

Formulaire des conduites forcées, oléoducs et conduits d'aération, par L. Levin, chargé de cours à l'École des Mines de Saint-Etienne, chef du département Recherches de la Société B.V.S. Paris, Dunod, 1968. — Un volume 19×27 cm, 224 pages, 30 figures et 92 abaques.

Deux écueils se dressent sur le chemin de ceux qui entreprennent de publier un « Formulaire » de problèmes hydrauliques :

- choix judicieux parmi de très nombreuses formules, quelquefois même contradictoires, concernant des sujets amplement débattus dans la littérature technique ;
- proposition de méthodes ou simplement de procédés de calcul pour des sujets — malheureusement encore beaucoup trop nombreux — n'ayant jamais été résolus dans le passé.

M. Levin, qui est un « professeur » au sens que donnent à ce titre les Américains et les Russes, c'est-à-dire un scientifique intimement lié à la vie et responsable dans l'industrie, a surmonté avec succès ces deux difficultés. D'une part, utilisant une bibliographie considérable, l'auteur, grâce à une très longue expérience, a su faire un choix parmi un amas de résultats et proposer des formules et abaques éprouvées et simples dans l'utilisation.

D'autre part, ses vastes connaissances théoriques lui ont permis, après des recherches spéciales, de proposer des formules et abaques pour des problèmes techniques non résolus dans le passé.

Ainsi, les bureaux d'études chargés de projets d'aménagements hydro-électriques, de transmissions hydro-mécaniques, de transport de fluides sous pression, de commande hydraulique ou pneumatique (machines-outils, appareils de levage, aéronautique, astronautique...) de machines de ventilation, de conduits d'aération et de fumée, etc., trouveront dans cet ouvrage les données suffisantes pour conduire leurs calculs avec la précision actuellement requise.

L'ouvrage permet de calculer les pertes de charge linéaires à la lumière des dernières acquisitions théoriques et expérimentales concernant les revêtements modernes (vinyl, polyuréthane, araldite, etc.), l'âge des conduites et la nature du fluide transporté. Un chapitre spécial est consacré aux conduits d'aération, notamment des vidanges de fond, de dispositifs déversants, etc.

Toutes les singularités pouvant se trouver sur les conduits sont passées en revue : entrées, élargissements, rétrécissements, divergents et convergents, courbes, coudes, branchements, rainures, joints de dilatation, trous d'homme, grilles et tôles perforées, vannes chaudronnées, vannes mécaniques, robinets et soupapes, appareils déprimogènes de mesure de débit, compteurs d'eau, hydro-aérocyclones, crépines de pompe, sorties très diversifiées de conduites, différents obstacles placés dans les conduites, etc.

La part personnelle de l'auteur y occupe une place très importante : elle concerne les prises d'eau industrielles, les convergents coniques, les courbes en onglets, certains répartiteurs et collecteurs, les rainures, joints de dilatation, trous d'homme et jonctions avec cheminée d'équilibre, les grilles (y compris un paragraphe fort utile de leur stabilité), les hydro-aérocyclones et enfin le problème non traité dans le passé, mais essentiel, de l'additionnement de pertes de charge singulières en série.

En résumé, ouvrage très moderne, extrêmement commode dans l'emploi, d'une haute portée scientifique, dont il est difficile de trouver l'équivalent dans la littérature technique française et étrangère. Le « Prix de la Houille Blanche » 1968 lui a été décerné.

FR. CLERMONT.

Plastizitätstheorie und ihre Anwendung auf Festigkeitsprobleme, par K.-A. Reckling. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1967. — Un volume de xi + 361 pages, 173 fig. Prix : relié, 77 fr. 95.

En tant que phénomène, la plasticité des matériaux est connue depuis longtemps, on peut même dire depuis que l'on s'est mis à exécuter des observations systématiques en laboratoire ; avec une précision remarquable si l'on songe aux moyens d'observation de l'époque, Bauschinger l'avait déjà découverte et décrite en 1886. Si, malgré cela, la loi de Hooke connaît encore un champ d'application si étendu, c'est par le fait que, dans le domaine d'utilisation pratique des matériaux, elle représente le plus souvent une approximation suffisante de la réalité ; en outre, sa simplicité en fait un instrument commode et l'on ne saurait nier la valeur des solutions apportées à de nombreux problèmes par la théorie mathématique de l'élasticité, à laquelle des savants de grand renom ont consacré leurs travaux.

Parallèlement à l'évolution de la technologie des matériaux, le besoin est apparu, tout spécialement depuis la deuxième guerre mondiale, de tenir compte d'une façon plus précise des propriétés de la matière afin d'en tirer un plus grand profit par une analyse plus correcte du comportement des constructions. Ainsi, les publications abondent qui, depuis une vingtaine d'années, apportent leur contribution à l'étude de la plasticité et de ses conséquences.

Beaucoup plus et mieux qu'une compilation des nombreux ouvrages parus sur le sujet, c'est un véritable traité de synthèse que présente M. Reckling. Une brève introduction expose clairement le problème et explique la nécessité d'un choix a priori, entre deux hypothèses de travail, ou bien celle d'une relation définie entre les contraintes et les déformations (Hencky), ou bien celle d'une relation purement différentielle (Prandtl-Reusz). Puis, un exposé des conceptions actuelles de la physique du solide permet de comprendre la phénoménologie de la plasticité ; l'application des méthodes de l'énergie aux corps plastiques complète cette première partie générale.