Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 99 (1973)
Heft: 1

Artikel: La stabilité des falaises de Saint-Jean
Autor: Dysli, M. / Fontana, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-71640

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: 12.07.2025

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

C'est sur la base de ces essais qu'on décida du processus de chaque changement de régime et qu'on réalisa un automatisme approprié. Mais, à l'échelle industrielle, on fit des constatations qui infirmèrent ce qu'on croyait pouvoir réaliser. Lors de la mise en service du 1er groupe, en régime de pompage, on s'aperçut que le noyage provoquait des chocs importants à l'intérieur de la pompe et, en plus, un gradient d'augmentation de puissance trop fort pour la machine électrique synchrone.

Au vu de ces résultats, le constructeur entreprit une série d'essais systématiques sur le premier groupe qui l'amenèrent à procéder à certains changements.

C'est ainsi qu'à la suite de la modification du processus de noyage, on parvient à de très bons résultats qui purent être acceptés aussi bien par le constructeur du moteur-alternateur que par l'exploitant. Le dénoyage est réalisé par arrêt de la PSA et injection d'air comprimé.

Il est bien entendu qu'il a fallu modifier en conséquence le programme correspondant de l'automatisme. Dans le cas de Veytaux, rien n'était plus facile, le programme séquentiel étant réalisé par des circuits transistorisés sur cartes imprimées et débrochables. L'intervention s'est bornée au changement des liaisons entre diverses d'entre elles. Au surplus, le changement s'est encore soldé par une simplification bienvenue de la soupaperie d'air de la pompe principale et par la suppression de la petite pompe d'arrosage des joints à labyrinthe.

Conclusion

Les pompes horizontales de Veytaux à 5 étages, à démarrage dénoyé, avec leur puissance de 60 MW sous 800 m constituent, par rapport à ce qui était connu auparavant dans ce domaine, une extrapolation telle que nous étions conscients, comme leur constructeur, que leur mise au point, faute d'expériences analogues, comporterait des aléas qui seraient d'autant plus surmontables que l'automatisme se prêterait à certaines retouches.

Avec les améliorations apportées, l'installation donne aujourd'hui entière satisfaction.

Adresse des auteurs :
SGI — Société générale pour l'industrie, 9, ch. des Délices, 1006 Lausanne.

La stabilité des falaises de Saint-Jean[1]

par M. DYSLI, ingénieur EPFL, chef de la section I au laboratoire de géotechnique de l'EPFL[2]
et A. FONTANA, ingénieur EPFL au bureau P. + C. Dériaz à Genève

Parmi tous les sols rencontrés dans la cuvette genevoise, la moraine caillouteuse würmienne profonde, plus communément appelée « alluvion ancienne » est très caractéristique notamment par les falaises abruptes que les cours d'eau et l'homme ont créées. Ce nom d'« alluvion ancienne » lui a été donné au siècle dernier par Necker.

Géotechniquement, à la limite de trois classes, ce sont des graviers sablo-limoneux, de couleur dominante grise, très compacts, parfois recoupés de niveaux lenticulaires de sable, de limon et même d'argile jaunâtre, répartis en bancs fortement ou faiblement distincts.

Ces graviers sont très souvent cimentés, au-dessus de la nappe, par un dépôt encroûtant de carbonate de chaux ($CaCO_3$). Ils forment, alors, un véritable poudingue.

Ils sont perturbés, çà et là, par des accidents mécaniques divers : failles, flexures, étirements, particulièrement visibles au contact de deux horizons différents. Ces accidents, qui suivent la mise en place des dépôts, sont consécutifs à la fonte des lames de glace intraformationnelle.

Ces dépôts sont d'excellente qualité. Ils servent de réservoir à la nappe profonde et sont abondamment utilisés dans le canton comme source de grave pour fondation.

Les principales caractéristiques de l'« alluvion ancienne » sont données sur la fiche signalétique qui fait l'objet de la figure 1.

La cimentation interne de certains horizons de ce gravier sablo-limoneux lui confère une résistance au cisaillement d'ensemble beaucoup plus élevée que celle que l'on pourrait déduire des caractéristiques géotechniques décrites sur la figure 1.

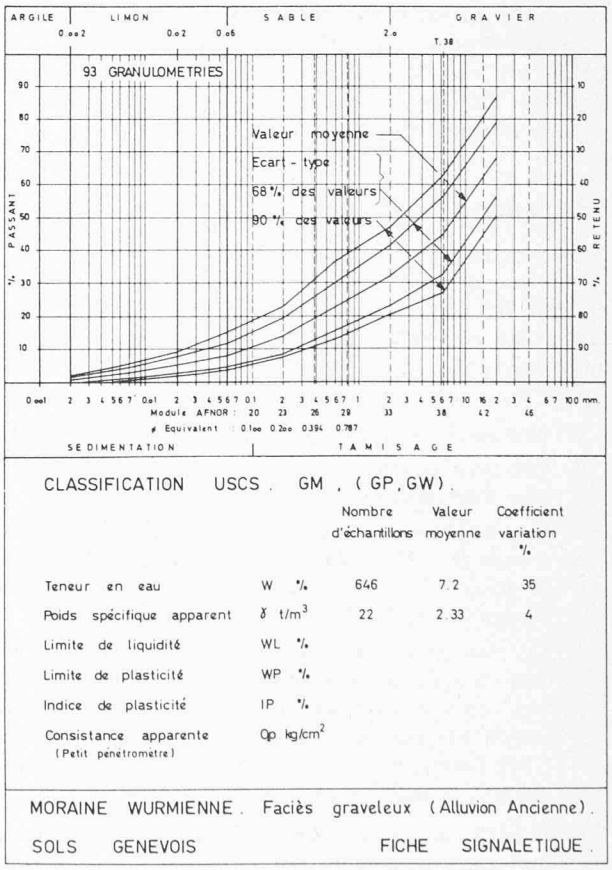

Fig. 1. — Fiche signalétique de l'« alluvion ancienne ».

[1] Conférence donnée à Genève lors de la réunion de la Société suisse de mécanique des sols et de travaux de fondation des 14 et 15 mai 1971.

[2] Ancien ingénieur à la Société générale pour l'industrie.

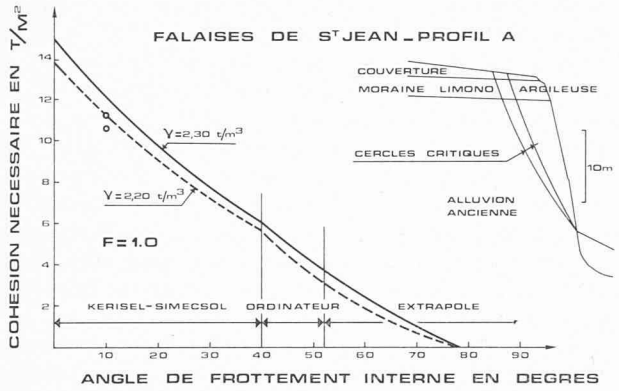

Fig. 2. — Falaises de Saint-Jean. Profil A.

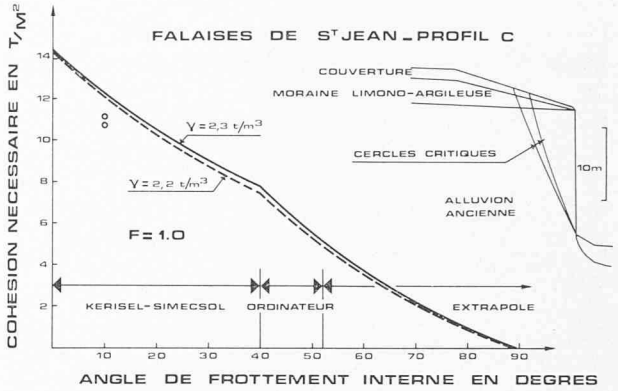

Fig. 3. — Falaises de Saint-Jean. Profil C.

La détermination de cette résistance de cisaillement d'ensemble n'est, cependant, pas facile et nous allons exposer dans les lignes qui suivent le moyen que les auteurs ont utilisé lors de la campagne de reconnaissance géotechnique en vue de la construction des immeubles du quai du Seujet. Le groupe d'immeubles projetés par les architectes Julliard et Bolliger va venir buter cette alluvion ancienne sur quelque 500 m[1] de longueur et sur une hauteur pouvant atteindre 30 m[1].

Comme l'importance de l'ouvrage nécessitait une connaissance aussi précise que possible de la résistance au cisaillement *in situ*, il était impératif d'apprécier au mieux les paramètres : angle de frottement et cohésion.

Des essais triaxiaux avec une cellule de très grandes dimensions auraient exigé des frais et un délai considérables et, ce qui est plus important, auraient été exécutés sur un matériau remanié que l'on aurait recompacté dans le moule de la cellule, alors que nous savions déjà que l'« alluvion ancienne » présentait des niveaux légèrement à fortement indurés et que ces cimentations locales étaient détruites lors du prélèvement d'échantillons.

Il ne restait plus qu'à entreprendre, alors, une étude « à l'envers », soit de choisir, dans ces terrains, une ou plusieurs pentes naturelles que l'on pouvait considérer comme limite, en relever avec précision la géométrie extérieure et la stratigraphie et effectuer une série de calculs de stabilités pour différents couples de paramètres c' et Φ', avec l'hypothèse d'un cœfficient de sécurité proche de l'unité.

C'est ce que nous avons réalisé sur les falaises de Saint-Jean dans le cadre des études préliminaires du génie civil des immeubles du quai du Seujet confiées à un groupement de bureaux d'ingénieurs comprenant la Société générale pour l'industrie, Tremblet S.A., le bureau Naïmi et le bureau P. + C. Dériaz. Dans cette région proche du quai du Seujet, la succession stratigraphique des différents horizons et la composition granulométrique de l'« alluvion ancienne » étaient connues tant par la campagne de sondages exécutée en 1961 et en 1962 dans le cadre des travaux d'assainissement de la Ville que par des relevés effectués lors de la creuse du collecteur principal de la rive droite du Rhône. Trois profils caractéristiques furent choisis et levés par un géomètre. Par la suite, nous en avons abandonné un, peu représentatif de l'ensemble des falaises.

Les calculs furent menés à bien au moyen d'un programme sur ordinateur assez perfectionné ; il permet, notamment, la recherche automatique du centre et du rayon du cercle critique et calcule le cœfficient de sécurité par les méthodes de Bishop simplifiée et de Fellenius. Ce programme est, en quelque sorte, une adaptation sur l'ordinateur IBM 1130 du programme LEASE de l'ICES (Integrated civil Engineering system).

Cette analyse de stabilité a été menée de la façon suivante :

— Habillage stratigraphique des profils choisis et choix des caractéristiques géotechniques pour les couches autres que l'« alluvion ancienne ».
— Premières estimations du couple c', Φ' au moyen des formules de Graux [1] [1].
— Comparaison des courbes granulométriques des falaises de Saint-Jean avec celles obtenues lors de campagne de reconnaissance géotechnique du Seujet.
— Calculs de stabilité à l'aide de l'ordinateur pour des angles de frottement compris entre 40° et 52°.
— Elargissement du champ des diagrammes c', Φ' au moyen des tables de Simecsol-Kerisel [2] et par extrapolation.

Les figures 2 et 3 donnent les résultats du calcul de stabilité ainsi mené. On peut remarquer, sur ces figures, que la falaise a environ 29 m[1] de hauteur sur le profil A et 25 m[1] sur le profil C, que la nappe phréatique n'intervient pas dans l'analyse de stabilité et que les tables de Simecsol-Kerisel présentent une anomalie pour un angle de frottement interne de 10°.

Ces figures montrent surtout que la cohésion nécessaire à assurer la stabilité de cette falaise, pour un angle de frottement interne de 40°, correspondant assez bien à la granulométrie et à la forme des grains de l'« alluvion ancienne », est d'environ 7 t/m², ce qui est extrêmement élevé.

Ce phénomène ne peut s'expliquer que par la cimentation de certains horizons qui crée une véritable armature horizontale. L'« alluvion ancienne » se comporte comme une terre armée, mais où la position des armatures n'est pas connue *a priori* et là est tout le problème. En effet, le carbonate de chaux ($CaCO_3$) qui cimente certains niveaux a, en partie, son origine dans la dissolution, dans les zones de forte perméabilité, des agrégats calcaires de l'« alluvion ancienne » par l'eau de percolation ; lorsque cette dernière rencontre un niveau limoneux moins perméable et qu'elle ne peut rapidement s'échapper latéralement, elle encroûte par sédimentation la zone sus-jacente.

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

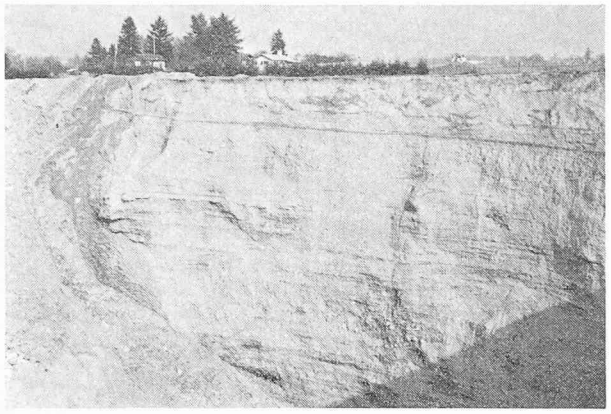

Fig. 4. — Gravière d'Arare.

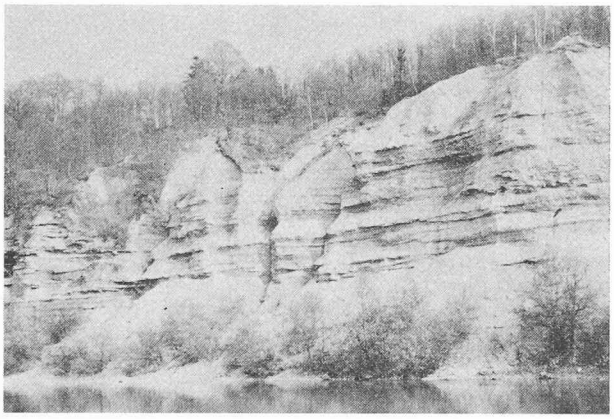

Fig. 5. — Falaises de Cartigny.

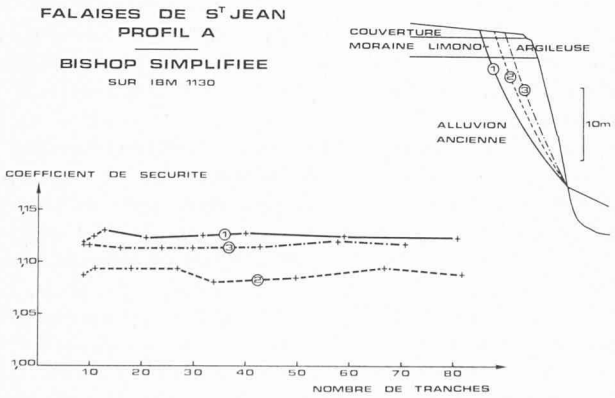

Fig. 6. — Précision de calcul sur ordinateur.

Des niveaux indurés ont été rencontrés dans une moindre fréquence sous la nappe phréatique actuelle.

Sur la figure 4, on peut apercevoir ces niveaux indurés au-dessus d'un niveau limoneux (gravière d'Arare) et sur la figure 5, on peut facilement voir l'alternance caractéristique de ces niveaux cimentés (Falaises de Cartigny).

La position de ces niveaux indurés est donc aléatoire : ils peuvent même être absents dans des volumes importants et il est ainsi fort imprudent d'appliquer les paramètres obtenus par cette étude de stabilité d'une masse importante de moraine caillouteuse würmienne à n'importe quel problème de fondation.

Pour certains types d'ouvrages comme, par exemple, une paroi ancrée ou une excavation importante, cet horizon géologique se prête particulièrement bien à la méthode des observations de Terzaghi et Peck [3]. En appliquant cette méthode, le premier dimensionnement devrait être basé sur une résistance au cisaillement seulement légèrement plus faible que celle obtenue par une étude de ce type, mais ceci implique une méthode de construction et des moyens de contrôle qui permettent un renforcement éventuel dans un délai très bref.

Parallèlement à cette étude de stabilité qui a permis d'évaluer la résistance mécanique d'ensemble de l'« alluvion ancienne », les auteurs se sont livrés à une petite étude sur la précision de calcul sur l'ordinateur IBM 1130 par la méthode de Bishop simplifiée et, notamment, sur l'influence du nombre de tranches sur cette précision.

On voit, sur la figure 6, que pour les trois cercles examinés, à partir de 15 tranches environ, la précision ne dépend plus du nombre de tranches. La légère instabilité que l'on peut observer provient de la répartition des tranches dans la section qui n'est pas constante car, dans le programme utilisé, chaque discontinuité de la géométrie du talus est considérée comme une limite entre deux tranches. Cette légère imprécision ne dépasse cependant pas 2 %, alors qu'un des auteurs a montré récemment [4] que l'imprécision relative des paramètres géotechniques induisait des écarts pouvant dépasser le décuple de cette légère imprécision.

Bibliographie

[1] Graux : *Fondations et excavations profondes*. Tome 1. Eyrolles 1967.

[2] Kérisel-Simecsol : *Glissements de terrain*. Abaques. Dunod 1967.

[3] R. B. Peck : *Ninth Rankine Lecture : Advantages and limitations of the observational method in applied soil mechanics*. Géotechnique 19, n° 2.

[4] M. Dysli et J. Vaisy : *Stabilité des talus et ordinateur*. *BTSR* n° 20, 1969.

Adresse des auteurs :

A. Fontana,
Bureau P. + C. Dériaz,
32-34, rue des Noirettes,
1227 Carouge/GE.

M. Dysli,
Laboratoire de géotechnique de l'EPFL,
67, rue de Genève,
1004 Lausanne.