

les argiles sensibles

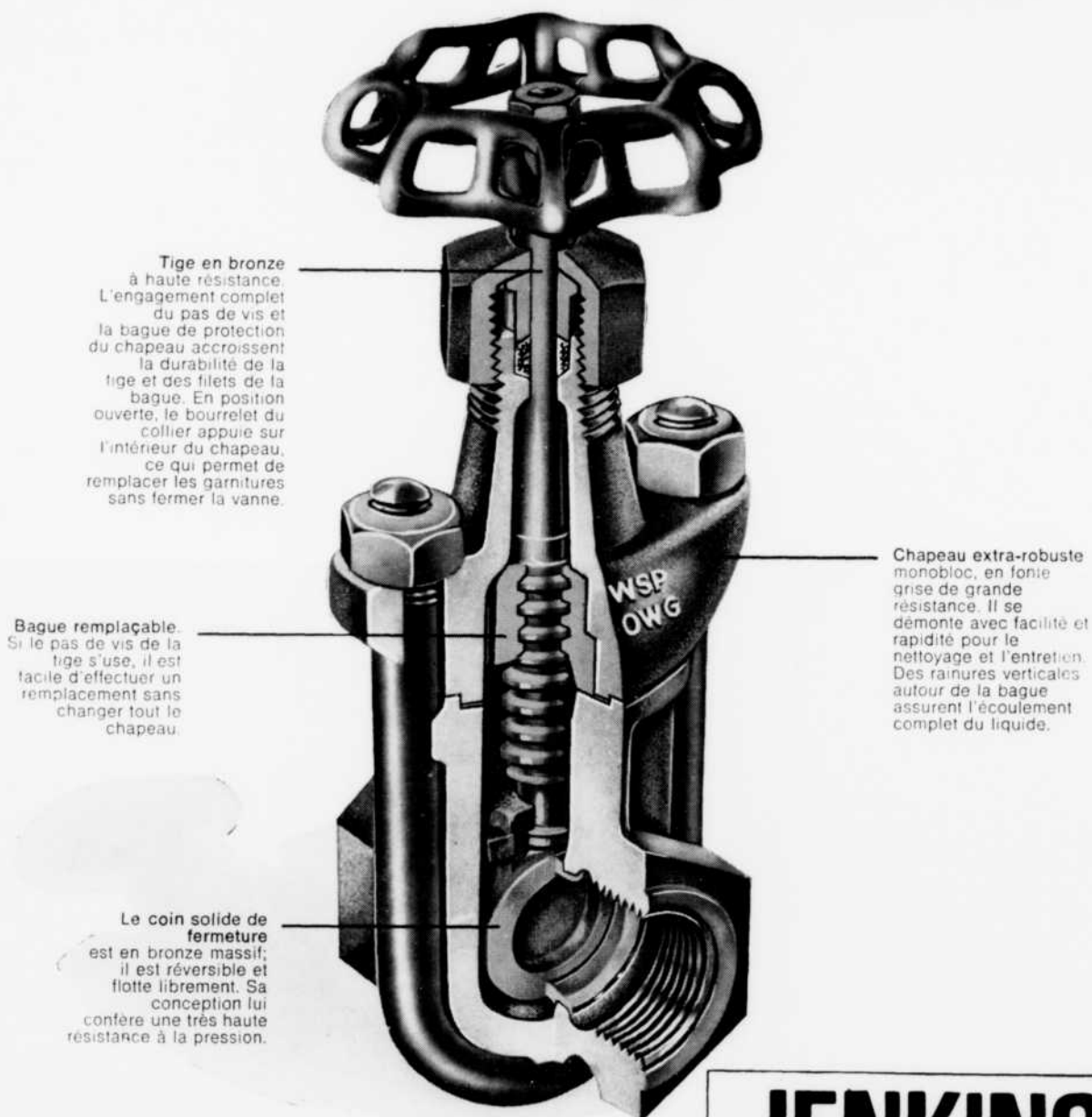
M. Clément Gagnon, Ing. P.,
27 ave des Rapides,
Québec S, Qué.

Très durables et faciles d'entretien

De construction robuste, très résistantes à la déformation, ces vannes sont exceptionnellement simples à démonter et à entretenir. Sur la photo: Fig. 42, monture bronze avec vis intérieure. Également disponibles avec vis et bride extérieures. Joints à vis et à brides. Les deux types sont à monture bronze pour la vapeur, les huiles, l'eau et les gaz. Modèles tout-fer pour les liquides corrosifs. Jenkins Bros. Limited, Lachine, Qué.

les vannes à étrier Jenkins

Leurs caractéristiques le prouvent



JENKINS

Le spécialiste en valves



Jenkins Bros

**ADMINISTRATION
ET RÉDACTION**

a/s École Polytechnique
Case postale 6079 — Succursale « A »
Montréal, Québec, H3C 3A7
Tél. : (514) 344-4764

COMITÉ ADMINISTRATIF

René DUFOUR, ing.
président
Claude BRULOTTE, ing.
André A. LOISELLE, ing.
Michel ROBERT, ing.
Michèle THIBODEAU-DEGUIRE, ing.
Yvan HARDY, ing.

SECRÉTAIRE ADMINISTRATIVE

Yolande GINGRAS

RÉDACTRICE

Madeleine G. LAMBERT

COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION

Jacques DE BROUX, ing.
directeur
Thomas AQUIN, ing.
René AUDY, ing.
André BAZERGUI, ing.
Bernard BÉLAND, ing.
Jean CHARTRAND, ing.
Marcel FRENETTE, ing.
J. Guibert LORTIE, ing.
Robert MORISSETTE, ing.
Thomas J. PAVLASEK, ing.
Robert G. TESSIER, ing.

PUBLICITÉ

JEAN SÉGUIN & ASSOCIÉS INC.
Courtiers en publicité

3578, rue Masson, Montréal, Québec H1X 1S2
Téléphone : 729-4387

ÉDITEURS :

L'Association des Diplômés de Polytechnique, en collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal, la Faculté des Sciences de l'Université Laval et la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Sherbrooke. Publication mensuelle. — Imprimeur : Les Presses Elite.

ABONNEMENTS :

Canada \$10 / par année
Pays étrangers \$12 / par année
Vente à l'unité \$2

DROITS D'AUTEURS : les auteurs des articles publiés dans L'INGÉNIEUR conservent l'entière responsabilité des théories ou des opinions émises par eux. Reproduction permise, avec mention de source ; on voudra bien cependant faire tenir à la Rédaction un exemplaire de la publication dans laquelle paraîtront ces articles. — L'Engineering Index et le Chemical Abstracts signalent les articles publiés dans L'INGÉNIEUR.

Tirage certifié : membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau

ccab



les argiles sensibles

ARTICLES

4 LES PROBLÈMES DE STABILITÉ DANS LES DÉPÔTS ARGILEUX DU QUÉBEC

par Pierre La Rochelle, ing., Ph.D.
F.A. Tavenas, Dr ing.
Marius Roy, ing., D.Sc.

Les problèmes de stabilité dans les argiles sensibles du Québec offrent un défi important pour les géotechniciens québécois. Grâce aux travaux de recherches exécutés depuis quelques années dans nos universités et autres organismes, des améliorations majeures dans les techniques et les méthodes d'analyses ont été suggérées. Cet article présente de façon succincte les résultats de ces recherches.

16 CONSOLIDATION DES ARGILES

par André A. Loisel, ing., M.Sc.

Les difficultés d'analyse de la consolidation d'un massif d'argile sensible proviennent d'une structure instable, de méthodes d'essais mal adaptées et de méthodes de calcul plus ou moins compatibles avec les problèmes analysés.

RUBRIQUES

24 COMMUNIQUÉS :

Canada métrique
Nouvelle association provinciale d'ingénieurs-conseils

25 LE MOIS :

Chroniques mensuelles

30 RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

NDLR

Nous prions tous ceux qui désirent collaborer à la revue de s'adresser à la rédaction pour connaître les normes de publication.

PHOTO COUVERTURE

Photographie de la structure d'une argile sensible, prise sur une cassure parallèle à la stratification (65% à 0.002 mm ; X800). (Gracieuseté de M. Marc-Antoine Laforte, École Polytechnique)

Dans les climatiseurs multizones, les régulateurs gaspillent l'énergie

Le but des climatiseurs multizones est d'assurer simultanément le chauffage et le refroidissement de plusieurs zones individuelles. C'est là leur avantage.

Leur façon de fonctionner, cependant, n'est pas toujours aussi avantageuse, lorsqu'il s'agit de climatiseurs multizones à régulateurs.

Ces climatiseurs n'ont qu'un seul bloc de chauffage et un seul bloc de refroidissement. Pour fournir le degré de température, ils doivent donc mélanger l'air refroidi avec l'air réchauffé, pour chaque zone à climatiser. Songez à ce qui se passe si une zone n'a besoin ni de chauffage ni de refroidissement : les climatiseurs à régulateurs doivent réchauffer une masse d'air et en refroidir une autre afin de neutraliser leur effet, et c'est là une perte d'énergie.

De plus, ces climatiseurs utilisent des régulateurs-mélangeurs qui sont difficiles à régler et nécessitent un entretien suivi.

En fin de compte, les climatiseurs multizones à régulateurs marquent le début de vos comptes.

Voyez maintenant les climatiseurs multizones Carrier. Ils n'ont pas de régulateurs.

Pour chaque zone, des serpentins individuels fournissent exactement le chauffage ou le refroidissement requis, selon les besoins. Il ne

se fait aucun mélange d'air. Le chauffage d'une zone n'influence en rien les zones adjacentes. Il n'y a donc pas de perte d'énergie.

Nos appareils ont même 3 éléments de chauffage à étages multiples pour chaque zone, afin d'assurer un chauffage graduel qui épargne davantage encore d'énergie.

En outre, tous les réglages, l'entretien et les problèmes propres aux régulateurs sont évidemment éliminés.

Vos clients obtiennent tout le confort qu'ils désirent sans voir leurs dépenses monter en flèche à cause d'efforts inutiles de chauffage ou de refroidissement ou à la suite de défauts des régulateurs.

Les climatiseurs multizones Carrier existent en capacités de 15, 20, 25 et 30 tonnes. Ils fonctionnent au gaz et à l'électricité ou à l'électricité seulement et sont tous montés sur mesure.

Il vous suffit de communiquer avec le représentant Carrier, votre expert en matière d'efficacité.

Carrier Air Conditioning (Canada) Ltd.,
8100 Dixie Road, Bramalea, Ontario.

Les climatiseurs multizones Carrier n'en ont donc pas.



Visitez nous
au stand n° 3 du CEX.



Les spécialistes de la climatisation

LES PROBLÈMES DE STABILITÉ DANS LES DÉPÔTS ARGILEUX DU QUÉBEC

par Pierre La Rochelle, ing., Ph.D.
F.A. Tavenas, Dr ing.
Marius Roy, ing., D.Sc.

Notices biographiques :

M. Pierre La Rochelle, ing., diplômé en génie civil de l'Université Laval, a obtenu une maîtrise de la même institution et un doctorat à l'Université de Londres. Il enseigne à l'Université Laval depuis 1960 et y est présentement professeur titulaire.

M. F.A. Tavenas, ing., diplômé de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, a obtenu un doctorat à l'Université de Grenoble. Il enseigne à l'Université Laval depuis 1970 et y est présentement professeur agrégé.

M. Marius Roy, ing., diplômé en génie civil de l'Université Laval, a obtenu un doctorat de la même institution en 1970. Il enseigne à l'Université Laval depuis 1970 et y est présentement professeur agrégé.

Introduction

Les dépôts argileux qui recouvrent les basses terres du Saint-Laurent et de l'Outaouais de même que les régions du Saguenay et du Lac Saint-Jean présentent un certain défi à l'ingénieur qui est chargé d'évaluer la stabilité des talus naturels ou des ouvrages projetés sur ces dépôts. Sans doute, les glissements de terrain et les coulées d'argile sont les phénomènes les plus notoires qui ont fréquemment contribué à faire réaliser à la population les inconvénients de la présence de cette argile dans notre sous-sol ; cependant, pour l'ingénieur qui est appelé à construire des ouvrages dans ces régions, il devient évident que les implications économiques de la présence des dépôts argileux ne se limitent pas aux phénomènes d'instabilité des talus naturels. En effet, les dépôts argileux du Québec forment de longs corridors qui sont parcourus par les principaux axes routiers et où l'on retrouve la plus forte densité de population. L'ingénieur y est donc appelé à étudier non seulement les talus naturels, mais également les fondations d'ouvrages routiers, de bâtiments résidentiels, commerciaux et industriels, et ceci tant du point de vue de la stabilité que de la prévision des tassements.

Par suite des caractéristiques structurales et mécaniques très complexes de nos argiles Champlain, de nombreuses questions se sont posées quant aux paramètres à utiliser dans les analyses et quant aux techniques adéquates pour déterminer ces paramètres. Au cours des dernières années, de nombreux travaux de recherche ont été réalisés pour tenter d'apporter des réponses à ces questions. Comme résultat, l'on peut constater que certains problèmes ont été élucidés alors que d'autres demeurent obscurs. Tout compte fait, le bilan de ces travaux de recherche demeure positif en ce que des recommandations précises peuvent être formulées sur des techniques d'étude et d'analyse à utiliser dans certains cas et que, pour d'autres cas, des hypothèses de travail ont pu être suggérées.

Le but du présent article est de faire la synthèse des derniers développements technologiques dans le domaine de la stabilité dans les argiles sensibles. Il y est question des problèmes de l'échantillonnage, des mesures *in situ* et de la détermination des paramètres pour l'analyse des problèmes de stabilité des talus naturels et des fondations flexibles, plus particulièrement des fondations des remblais routiers ou digues.

Caractéristiques de l'argile

L'historique géologique et les caractéristiques structurales de l'argile Champlain ont été traités par de nombreux auteurs (Yong et Warkentin 1966) et ont été résumés pour les lecteurs de la revue l'Ingénieur par La Rochelle (1972). Qu'il soit suffisant de rappeler que l'argile Champlain est caractérisée par une structure argileuse très aérée dont l'indice des vides est élevé. En général, sa teneur en eau se situe au dessus de la limite liquide de sorte que sa sensibilité au remaniement peut être très grande et même infinie dans certains cas, ce qui explique la propension de cette argile à la liquéfaction qui se traduit par des coulées d'argiles, phénomènes qui peuvent être tout aussi dramatiques que spectaculaires. De plus, à l'encontre des argiles sensibles norvégiennes, les argiles Champlain sont pourvues de liens entre les particules qui sont attribués à la présence d'oxydes de fer et de carbo-

nates ; ces liens, dits « liens de cimentation », sont considérés comme responsables en bonne part de la « pseudo-préconsolidation » observée dans ces dépôts et contribuent également à augmenter la rigidité et la fragilité de la structure argileuse (Loiselle et al 1971). Or, il a été observé qu'une distorsion, même très faible, produite durant la manipulation de l'argile, tel l'échantillonnage, était de nature à briser en tout ou en partie les liens de cimentation. Il devient donc très difficile d'obtenir une mesure représentative des propriétés de ces argiles en nature à la suite de prélèvements d'échantillons ou même au moyen de méthodes de mesures *in situ*.

Échantillonnage

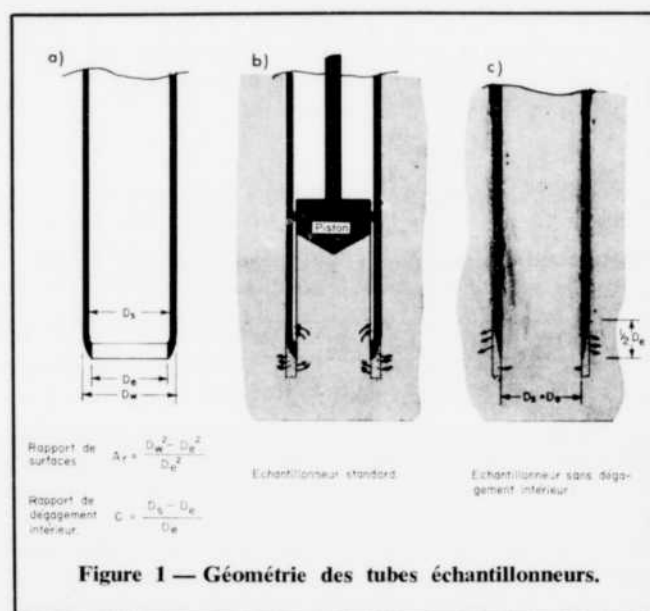
Lors de l'étude d'un site argileux, il est en général essentiel de prélever des échantillons à différentes profondeurs dans le profil non seulement pour identifier et classer le sol, mais également pour déterminer certaines autres propriétés telles la sensibilité au remaniement, les caractéristiques de compressibilité, la résistance au cisaillement non drainé ou les paramètres effectifs selon les exigences du problème. Il est admis depuis longtemps que l'opération échantillonnage peut affecter appréciablement certaines propriétés des sols même lorsqu'ils ont une faible sensibilité au remaniement. Dans le cas des argiles sensibles, il était à prévoir que l'effet de remaniement serait encore plus important ; en conséquence, pour tenter de minimiser le remaniement durant l'échantillonnage de ces sols, des techniques plus élaborées ont été mises au point en Scandinavie. Ces techniques sont basées sur le principe de tubes échantillonneurs à paroi mince et munis d'un piston stationnaire.

À la suite d'une étude spéciale réalisée par le docteur Guy Lefebvre, dans le laboratoire de géotechnique de l'Université Laval au moyen d'un octroi du ministère des Transports du Québec, il a été démontré que, même si ces échantillonneurs scandinaves ont été spécialement conçus pour les argiles sensibles, ils produisent des remaniements importants dans nos argiles Champlain. Les conclusions ont été obtenues en partant d'une comparaison entre des essais faits sur des spécimens taillés à même des blocs d'argile prélevés au fond de tranchées et des essais faits sur des échantillons prélevés au moyen d'un échantillonneur à paroi mince et piston stationnaire de 2 1/4" de diamètre et de type norvégien. L'effet de remaniement est loin d'être négligeable puisque les résultats d'essais en compression simple sur les spécimens provenant des tubes échantillonneurs ont donné des résistances égales à la moitié des valeurs obtenues sur les blocs ; de plus, il a été observé que le remaniement avait un effet tout aussi important sur les caractéristiques de compressibilité et sur les paramètres effectifs des argiles cimentées. Il semble que l'effet de remaniement puisse être expliqué par la destruction partielle des liens de cimentation considérés comme responsables en bonne part de la rigidité de l'argile. Les résultats de cette étude ont été donnés par La Rochelle et Lefebvre (1971 a) et résumés pour les lecteurs de la revue l'Ingénieur par La Rochelle (1972).

Du point de vue pratique, cette étude a permis de définir les différents facteurs qui contribuent au rema-

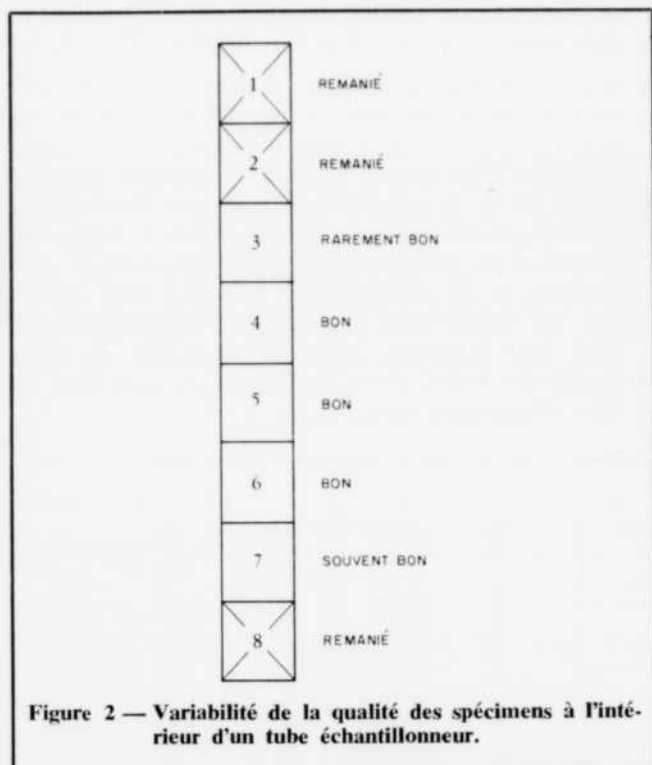
niement de l'argile durant l'échantillonnage et de suggérer certaines améliorations aux échantillonneurs courants. Pour obtenir des échantillons de bonne qualité, les points suivants méritent d'être soulignés :

- Le diamètre minimal de l'échantillonneur doit être de 3 po si l'on projette de faire des essais sur des spécimens taillés à 1.5 po de diamètre.
- Il y a avantage à éliminer le dégagement intérieur du tube, réduisant ainsi le rapport des surfaces A_R (fig. 1a) qui est un facteur important pour assurer la qualité d'un échantillonneur. La comparaison des figures 1b et 1c permet de réaliser que l'élimination du dégagement intérieur est de nature à réduire la distorsion de l'échantillon lors du prélèvement. Cependant, il est nécessaire de s'assurer dans ce cas que les tubes sont parfaitement cylindriques sur toute leur longueur ; advenant un défaut de cylindricité des tubes, il est préférable de conserver un léger dégagement intérieur.



- Le couteau du tube doit être effilé au maximum tel qu'illustré sur la figure 1c. Par ailleurs, dans les argiles raides, un effilage trop prononcé aura tendance à produire un écrasement du tube en travers de la section cylindrique de sorte que, dans ce cas, l'angle d'effilage du couteau doit être augmenté. La géométrie illustrée dans la figure 1c est en général satisfaisante pour les argiles des basses terres du Saint-Laurent.
- En dépit de ces précautions, il a été établi (La Rochelle 1973) que la qualité du spécimen varie considérablement d'après sa position à l'intérieur du tube échantillonneur. Ainsi, si un échantillon provenant d'un tube de 32 po est découpé en huit (8) spécimens de 4 po de longueur, les spécimens n° 4, 5 et 6 (fig. 2) situés vers le centre du tube sont les seuls qui ont en général une qualité acceptable ; les spécimens aux extrémités (n° 1, 2 et 8) sont toujours remaniés appréciablement, alors que les spécimens n° 3 et 7 sont parfois de qualité acceptable. Le remaniement des extrémités de l'échantillon résulte de la distorsion produite par le fon-

çage du piston ou du relâchement des pressions et de l'introduction d'une succion durant le prélèvement. Ainsi, les essais les plus significatifs devaient être faits sur les spécimens n° 4, 5 et 6 (fig. 2).



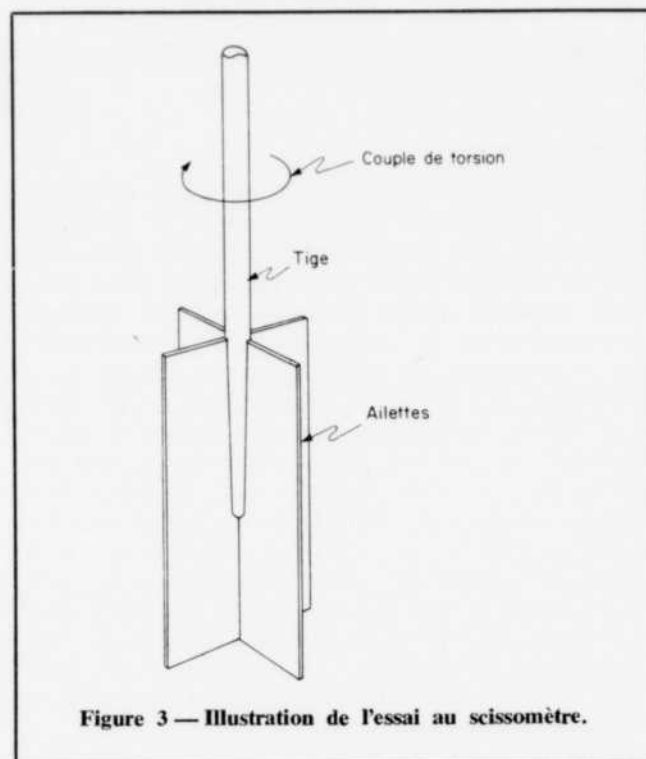
Il est évident que la qualité de l'échantillonnage doit être adaptée aux essais proposés. Ainsi, l'échantillonnage avec un tube Shelby standard est de qualité suffisante pour procéder à des essais d'identification et de classification de l'argile, mais tout essai de cisaillement ou de consolidation effectué sur des échantillons d'argile sensible prélevés par cette technique constitue une pure perte de temps et d'argent.

Nous ne possédons pas encore d'échantillonneur parfait pour nos argiles sensibles, et il est douteux que nous puissions jamais mettre au point un tel échantillonneur ; cependant, tel qu'il en sera question plus bas, il semble que les meilleures techniques d'échantillonnage présentement disponibles permettent d'obtenir les paramètres requis pour procéder aux calculs de stabilité. Quant aux caractéristiques de compressibilité, le problème est bien différent et déborde le sujet du présent article.

Mesures in situ

De façon à contourner le problème du remaniement résultant de l'échantillonnage et aussi pour pouvoir procéder de façon plus économique et plus rapide à l'étude des propriétés d'un dépôt argileux, certaines méthodes de mesures *in situ* ont été mises au point, les trois principales étant le scissomètre, le pénétromètre et le pressiomètre. Quoique chacun de ces trois appareils possède ses avantages et ses inconvénients, seul le scissomètre qui est plus couramment utilisé pour déterminer la résistance au cisaillement non drainé de nos argiles sera discuté dans le présent article.

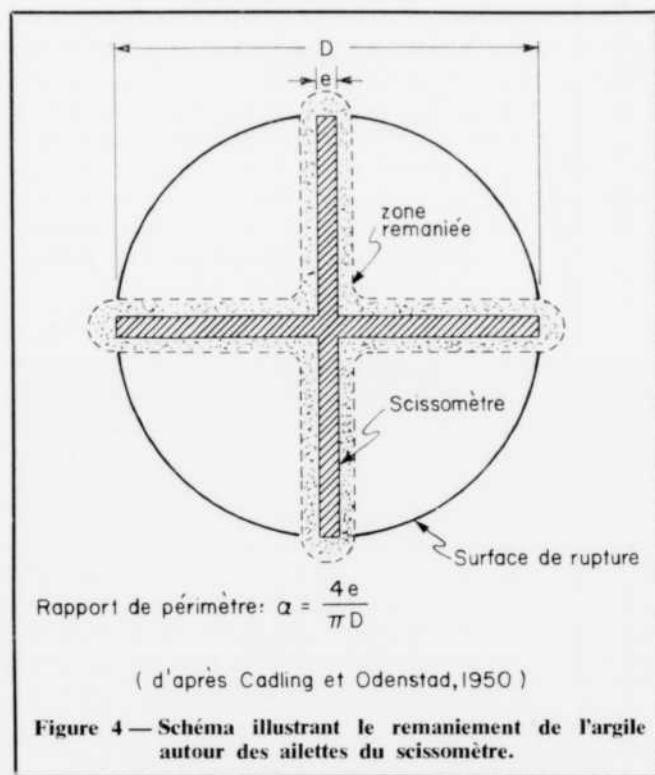
Le scissomètre développé en Suède est constitué essentiellement de deux ailettes (fig. 3) croisées fixées au bout d'une tige par l'intermédiaire de laquelle un couple de torsion est appliqué jusqu'à ce que la rupture se produise dans le sol le long de la surface cylindrique délimitée par la géométrie des ailettes. Le scissomètre mesure donc la résistance au cisaillement non drainé de l'argile le long d'une surface cylindrique essentiellement verticale.



Pendant longtemps, l'on s'est imaginé que le remaniement de l'argile produit par le fonçage du scissomètre dans la masse argileuse était négligeable puisque les résistances obtenues par essais au scissomètre étaient en général supérieures ou égales aux valeurs obtenues par des essais en compression simple sur des échantillons provenant de tubes. Cependant, suite aux études réalisées principalement à l'Université Laval, il s'est avéré que dans l'argile sensible des basses terres du Saint-Laurent, les résistances obtenues au scissomètre étaient d'environ la moitié des valeurs déterminées par compression simple sur des spécimens taillés à même des blocs d'argile (La Rochelle et Lefebvre 1971). Cette différence peut être attribuée en partie à l'anisotropie de l'argile puisque la surface de cisaillement dans l'essai au scissomètre est essentiellement verticale alors que la surface de rupture dans un essai standard en compression simple est inclinée par rapport à la verticale ; par ailleurs, si l'on tient compte de l'anisotropie, le scissomètre sous-estime la résistance d'environ 30%, différence qui peut être attribuée au remaniement causé par le fonçage du scissomètre dans la masse argileuse et possiblement à un phénomène de rupture progressive se développant à partir des extrémités des ailettes du scissomètre (La Rochelle et Lefebvre 1971 b).

Suite à ces observations, une étude spéciale a été entreprise pour évaluer l'influence de l'épaisseur des

ailettes du scissomètre sur le remaniement de l'argile. Tel que suggéré par Cadling et Odenstad (1950), le fonçage des ailettes du scissomètre peut produire un remaniement de l'argile jusqu'à une certaine distance de la surface des ailettes (fig. 4) ; ainsi, l'épaisseur des ailettes peut jouer un rôle important dans le remaniement. Pour étudier ce facteur, des séries d'essais ont été exécutés sur deux sites, soit à Saint-Louis de Bonsecours et à Saint-Vallier, avec des scissomètres ayant des ailettes de différentes épaisseurs, toutes les autres caractéristiques géométriques étant les mêmes par ailleurs. Reportant les résistances mesurées à chaque profondeur par rapport à l'épaisseur des ailettes telle qu'exprimée par un rapport de périmètre défini dans la figure 4, il a été possible d'extrapoler les résistances pour des ailettes d'épaisseur nulle (fig. 5). D'après les résultats, tels qu'illustrés dans cette dernière figure, il a été conclu que le remaniement dû au fonçage du scissomètre dans la masse argileuse a résulté en une sous-estimation de 10% à 15% de la résistance au cisaillement dans nos argiles sensibles (La Rochelle, Roy et Tavenas 1973).



Le taux de déformation appliqué au scissomètre durant l'essai est également un facteur important. D'après une étude entreprise sur ce sujet et dont les résultats seront publiés prochainement, il appert qu'un taux s'approchant du taux standard de 6° par minute correspond au point de passage du cisaillement non drainé à un état drainé et que toute déviation importante de ce taux, en plus ou en moins, produit un accroissement de résistance.

En somme, les résultats de la recherche conduisent aux considérations suivantes concernant l'essai au scissomètre :

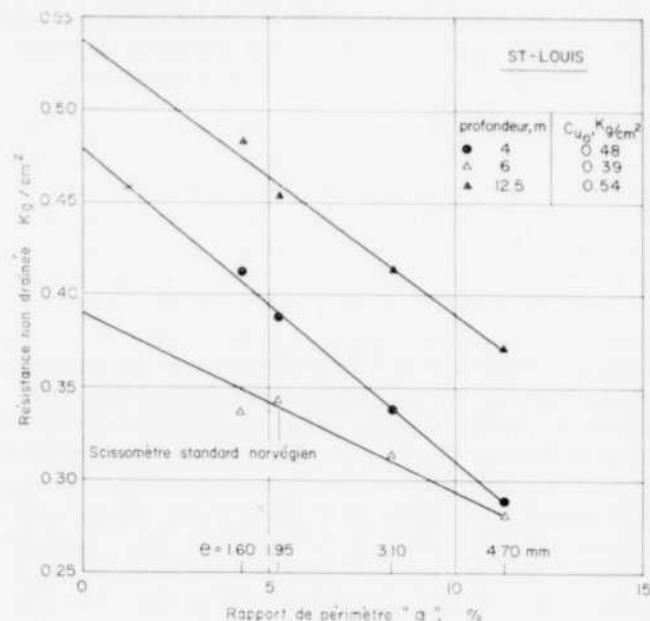


Figure 5 — Extrapolation de la résistance au cisaillement non drainé pour des épaisseurs d'ailettes nulles.

- Il y a avantage à utiliser des appareils scissomètres ayant des ailettes dont l'épaisseur est la plus faible possible, tenant compte de la résistance mécanique des ailettes.
- Le couple de torsion doit être appliqué à un taux de déformation contrôlé à environ 6° de rotation par minute, qui est le taux standard recommandé.
- Il y a présentement sur le marché des appareils qui sont spécialement adaptés aux argiles sensibles et permettent d'obtenir de bons résultats.

Le profil de résistance au cisaillement tel que donné par le scissomètre peut servir de point de repère pour juger de la qualité de l'échantillonnage. En effet, les résultats des essais en compression simple faits sur des échantillons provenant de tubes échantillonneurs devraient donner des résistances supérieures ou au moins égales aux valeurs obtenues par un scissomètre spécialement adapté aux argiles sensibles si l'on veut être assuré d'une qualité satisfaisante d'échantillonnage. Les exigences de qualité sont fonction des essais prévus et sont maximales pour la mesure des caractéristiques de compressibilité par essais œdométriques.

Stabilité des talus naturels

Un des problèmes les plus délicats qui se posent présentement à l'ingénieur en géotechnique, et surtout depuis la coulée de Saint-Jean-Vianney, consiste à évaluer sur demande la stabilité d'un talus naturel au sommet duquel l'on projette un développement résidentiel. Le problème n'est pas facile et nécessite de la part de l'ingénieur une expérience et une technique adéquate. Heureusement, les programmes de recherche réalisés depuis quelques années, et particulièrement à l'Université Laval, ont permis de mettre au point et d'é-

prouver des procédures d'étude et des critères d'analyse qui peuvent assister grandement le jugement de l'ingénieur chargé d'évaluer la stabilité de talus naturels.

À cette fin, des études élaborées ont été réalisées sur deux sites où des glissements de terrain se sont produits, soit dans les régions de Saint-Vallier de Bellechasse et de Saint-Louis de Bonsecours, Yamaska. Les résultats de cette étude financée par le ministère des Transports du Québec sont donnés en détail dans la thèse de doctorat de Guy Lefebvre (1970) et synthétisés par Lefebvre et La Rochelle (1974). Plusieurs forages comportant de l'échantillonnage et des mesures au scissomètre ont été faits sur ces sites et des piézomètres y ont été installés pour déterminer non seulement la hauteur de la nappe phréatique mais également le réseau d'infiltration dans la section du glissement. Des tranchées creusées dans le fond des cratères des glissements ont permis de prélever des blocs d'argile dans le sol non remanié à quelques pieds sous les surfaces de rupture ; la comparaison des résultats des essais réalisés sur des spécimens taillés à même ces blocs et ceux provenant des échantillons prélevés avec tubes à paroi mince est à la base des considérations présentées ci-haut portant sur l'échantillonnage et sur le scissomètre.

Détermination des paramètres effectifs

Le prélèvement d'échantillons avait principalement pour but de déterminer les paramètres de cohésion apparente c' et d'angle de résistance au cisaillement Φ' en fonction des contraintes effectives, ces paramètres étant à la base des calculs de stabilité à long terme applicables aux talus naturels. Les paramètres ont été obtenus principalement au moyen d'essais triaxiaux drainés (CID) ou consolidés et non drainés (CIU) avec mesure de pression interstitielle. Ces essais exécutés à différentes pressions cellulaires ont permis de définir l'évolution des courbes contraintes-déformations en fonction des pressions de consolidation. En partant de ces courbes, il a été possible de déterminer dans nos argiles, pour des niveaux de pression faible, deux enveloppes de résistance distinctes dont une correspond à la résistance de pic et l'autre à la résistance résiduelle.

La figure 6 illustre de façon schématique les courbes contraintes-déformations obtenues par les différents niveaux de contraintes de confinement délimités dans la figure 7 où est donné le schéma des enveloppes de résistance. Pour le niveau A de pression de consolidation de l'essai correspondant à des pressions égales ou inférieures aux pressions effectives verticales des terres susjacentes P'_0 , la courbe contraintes-déformations (fig. 6a) est caractérisée par une valeur de pic bien définie, suivie d'une diminution marquée de résistance jusqu'à une valeur constante en fonction de la déformation qui est appelée résistance « résiduelle », suivant la définition donnée par Skempton (1964). Il est intéressant de noter que la caractéristique de fragilité de la courbe contraintes-déformations, définie ici comme la diminution de la résistance de la valeur de pic à la valeur résiduelle, est plus importante dans le cas de l'essai fait sur un spécimen taillé dans un bloc que pour l'échantillon prélevé avec tubes à paroi mince, ce qui confirme bien l'influence de l'échantillonnage.

La fragilité est attribuée en bonne part à la destruction des liens de cimentation dans nos argiles. Les enveloppes correspondant aux résistances de pic et aux résistances résiduelles sont illustrées dans la figure 7.

À mesure que les pressions de consolidation des essais sont augmentées au-dessus des valeurs de P' , les valeurs de résistance de pic décroissent pour atteindre finalement des valeurs égales à la résistance résiduelle (niveau B, fig. 6 et 7). À ce niveau B, l'on peut considérer que les liens de cimentation sont détruits en bonne part durant la consolidation de l'échantillon. Tout essai de cisaillement exécuté à des valeurs de pression de consolidation à peu près égales ou supérieures à la pression de préconsolidation P'_c de nos argiles n'a plus aucune signification pratique puisque la structure de l'argile est complètement détruite.

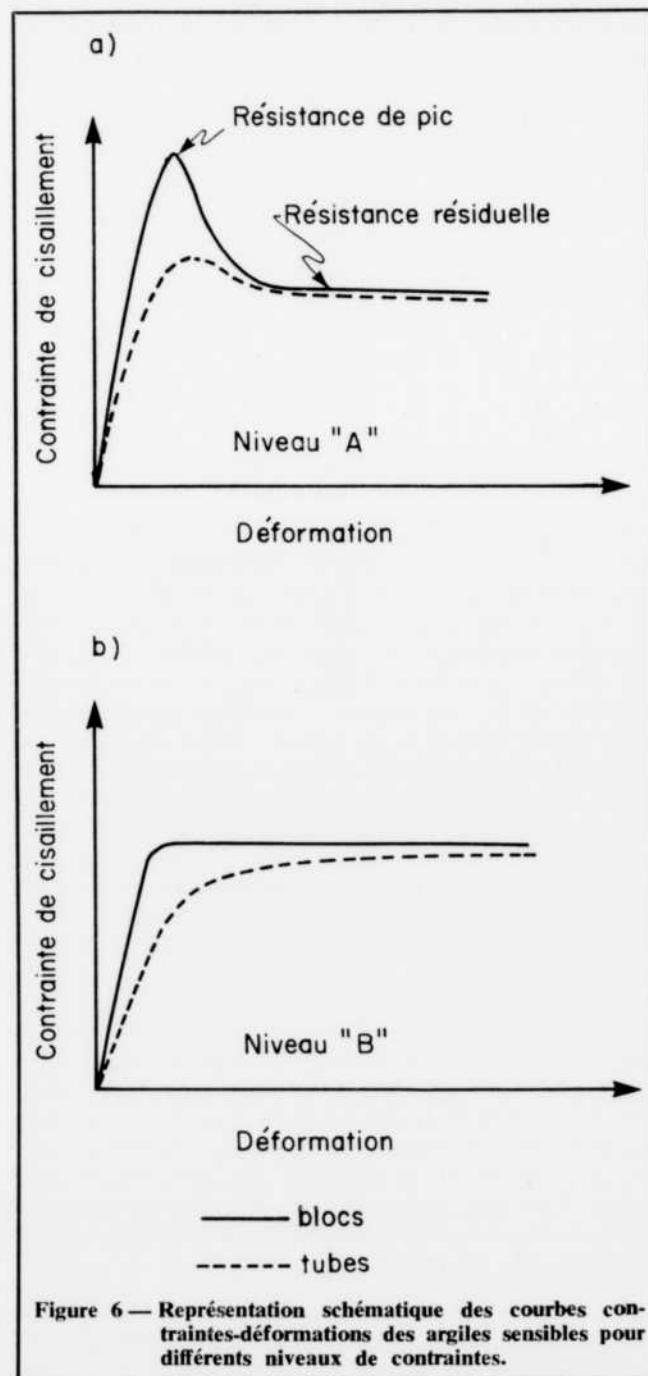


Figure 6 — Représentation schématique des courbes contraintes-déformations des argiles sensibles pour différents niveaux de contraintes.

Des essais drainés à la boîte de cisaillement direct ont démontré que la résistance résiduelle définie par les essais triaxiaux demeurait réellement constante pour de très grandes déformations. Quoique les essais drainés à la boîte de cisaillement ne permettent pas de définir la résistance de pic dans un matériau fragile telles nos argiles sensibles, ils semblent être une méthode simple et économique pour déterminer la résistance résiduelle. Il est à noter par ailleurs que les valeurs de résistance de pic obtenues par essais triaxiaux faits sur des échantillons provenant de tubes échantillonneurs vont se situer entre l'enveloppe de résistance de pic déterminée sur les blocs (fig. 7) et la résistance résiduelle qui est commune aux blocs et aux tubes ; la position de ces valeurs de résistance de pic sera fonction de la qualité de l'échantillonnage.

Application aux calculs de stabilité

En général, si les échantillons ont été prélevés à des profondeurs représentatives de la profondeur de la surface de rupture du talus, la contrainte effective moyenne normale à la surface de rupture correspondra à des pressions égales ou inférieures aux pressions des terres susjacentes, P'_0 , qui agissait en nature sur les échantillons ; ainsi, cette contrainte se situera dans la partie gauche du graphique de la figure 7. La question se pose donc quant au choix des paramètres effectifs C' et Φ' qui sont représentatifs de la résistance mobilisée en nature ; il est bien évident que les paramètres correspondant aux valeurs de pic ou aux résistances résiduelles sont appréciablement différents.

Pour définir ce choix, des calculs de stabilité ont été faits pour les cas des glissements de Saint-Vallier et de Yamaska en utilisant la méthode de rupture circulaire de Bishop et les divers paramètres définis par des approximations linéaires des sections des enveloppes de résistance correspondant aux pressions effectives normales s'appliquant sur les cercles utilisés dans le calcul. Les résultats obtenus (Tableau I) pour les trois glissements de Saint-Vallier et le glissement de Yamaska indiquent clairement que les paramètres de résistance de pic surestiment nettement le facteur de sécurité alors que les paramètres de résistance résiduelle donnent des facteurs de sécurité très réalistes qui se situent autour de 1.0.

TABLEAU I

Résultat des calculs de stabilité
Saint-Vallier et Yamaska
(D'après Lefebvre et La Rochelle 1974)

Paramètres utilisés	Facteurs de sécurité (cercles critiques)			
	Saint-Vallier			Yamaska
	n° 1	n° 2	n° 3	
Résistance de pic	1.89	1.85	1.97	1.74
Résistance résiduelle	1.07	1.00	0.89	0.99

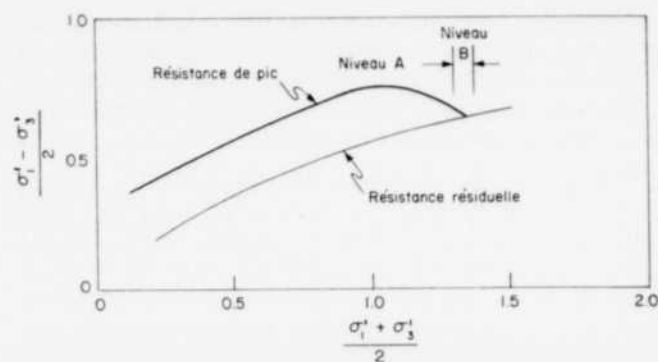


Figure 7 — Représentation schématique des enveloppes de résistance effective de pic et résiduelle.

Le fait que la résistance résiduelle donne des résultats plus réalistes que la résistance de pic peut s'expliquer par le fait qu'elle tient compte de bien des facteurs qui influencent la résistance mobilisée en nature par rapport à la résistance de pic obtenue sur de petits échantillons en laboratoire. Parmi ces facteurs, l'on peut mentionner les suivants : les fissures ou micro-fissures qui sont en général présentes dans les matériaux fragiles, l'anisotropie du dépôt, la rupture progressive et, enfin, le taux de cisaillement qui est de beaucoup plus élevé en laboratoire qu'en nature. L'influence de certains de ces facteurs a été étudiée par Lo et Morin (1972). Il semble de plus que l'applicabilité de la résistance résiduelle aux problèmes de stabilité des talus naturels puisse être généralisée aux dépôts de la mer Champlain tant pour la région d'Ottawa (Lo et Lee 1974) que du Saguenay (La Rochelle 1973) où le glissement à l'origine de la coulée de Saint-Jean-Vianney a pu être expliqué par cette méthode.

Ces résultats ont une signification pratique très importante puisque la résistance résiduelle peut être déterminée sur des échantillons prélevés par tubes échantillonneurs à la condition que l'échantillonnage soit de bonne qualité. Ce n'est pas le cas pour la résistance de pic qui nécessite un échantillonnage quasiment parfait et irréalisable dans la plupart des cas du point de vue économique ou même technique. Cette procédure permet donc d'évaluer de façon assez réaliste la stabilité des talus à la condition que les techniques utilisées soient adéquates. À ce sujet, il est bon de rappeler les points suivants :

- Il est important d'installer les piézomètres en nature de façon à établir le réseau d'infiltration complet dans la section du talus.
- L'échantillonnage doit être réalisé au moyen de techniques adéquates telles que discutées plus haut.
- Les paramètres de résistance résiduelle doivent être déterminés au moyen d'essais triaxiaux drainés ou consolidés et non drainés avec mesure de pression interstitielle, poursuivis à de grandes déformations, soit environ 20%, et sous des niveaux de pressions de consolidation correspondant aux niveaux des contraintes prévues dans le problème (il est possible que les essais drainés à la boîte de cisaillement direct s'avèrent être valables pour déterminer ces paramètres).

- Et enfin, il est important que le programme d'ordinateur utilisé pour le calcul soit basé sur une méthode adéquate, telle par exemple la méthode de Bishop et permette de tenir compte des diverses conditions du problème.

Même si cette procédure est efficace pour évaluer la stabilité des talus naturels, elle ne peut pas remplacer entièrement le jugement et l'expérience de l'ingénieur et ne doit servir que de guide. En effet, les facteurs influençant la stabilité de talus naturels sont parfois si divers et complexes qu'ils ne peuvent pas être tous inclus dans une analyse mathématique fine. En dernier ressort, l'ingénieur doit toujours baser ses recommandations sur une bonne dose de jugement et d'expérience.

Il est bon de rappeler également que cette procédure ne permet que le calcul de la stabilité du « premier » glissement le long d'un talus, telle par exemple une berge de rivière, et ne donne aucun indice sur la propension aux coulées d'argile.

Stabilité des remblais et digues

Un deuxième problème de stabilité qui se présente assez fréquemment à l'ingénieur en géotechnique consiste à évaluer la stabilité des remblais ou digues construits sur fondations argileuses. Ce problème prend une importance accrue dans l'optique de la réalisation de travaux majeurs, telle par exemple l'autoroute de la rive nord du Saint-Laurent ou encore les nombreuses digues et barrages prévus dans le complexe Nottaway-Broadback-Rupert de la Baie James.

Les problèmes de stabilité de fondations sont en général traités au moyen de la méthode $\Phi = 0$, c'est-à-dire en partant du profil de la résistance au cisaillement non drainé, puisque c'est surtout la stabilité immédiatement après la construction qui est la plus critique. En effet, on peut considérer que dans la grande majorité des cas, par suite de la consolidation qui se produit en fonction du temps, il y aura augmentation de la résistance au cisaillement, donc amélioration de la stabilité en fonction du temps. Le profil de résistance au cisaillement non drainé peut être établi au moyen de divers essais, mais pour des raisons d'économique, de rapidité et de simplicité, l'essai au scissomètre *in situ* est préféré. Cependant, en dépit du fait que le scissomètre, tel que discuté plus haut, a tendance à sous-estimer la résistance au cisaillement du sol, il a été observé que dans bien des cas lorsque les résultats du scissomètre étaient utilisés pour des calculs de stabilité de remblais, il y avait rupture dans la fondation alors que les facteurs de sécurité calculés étaient appréciablement supérieurs à l'unité. Le scissomètre peut donc surestimer la résistance mobilisée dans la fondation des ouvrages.

Bjerrum (1972) a démontré qu'il y avait une relation entre la plasticité de l'argile et le degré de surestimation du facteur de sécurité calculé sur la base des résultats du scissomètre ; cette relation a été établie en partant de plusieurs cas de rupture de remblais et est illustrée dans la figure 8. Se basant sur cette relation, Bjerrum (1972) a suggéré un facteur de correction à appliquer aux résultats du scissomètre en fonction de la

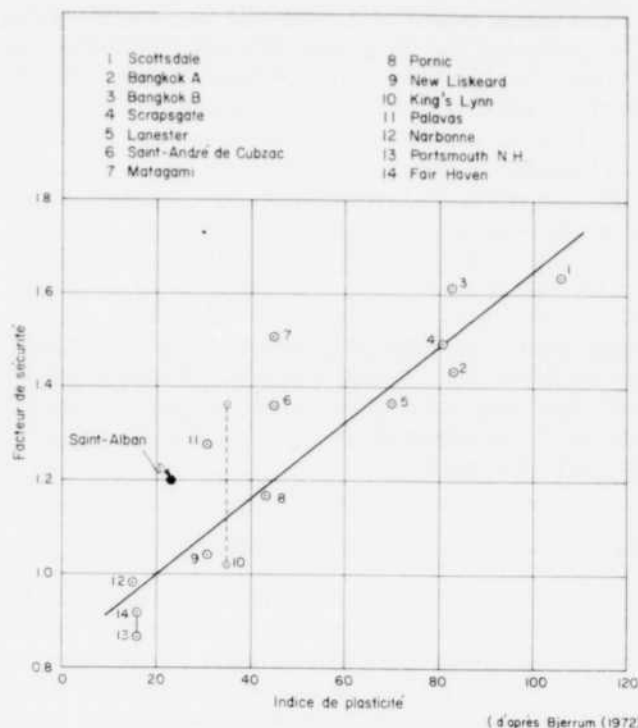


Figure 8 — Relation entre l'indice de plasticité et le facteur de sécurité calculé sur la base des résultats du scissomètre.

plasticité de l'argile. Il ne fait pas de doute qu'une telle procédure constitue un outil qui est fort valable pour l'ingénieur, mais qui comporte cependant bien des limitations, la principale découlant du fait que cette procédure part d'une relation purement empirique.

Lorsqu'on compare les mécanismes de rupture dans l'essai au scissomètre et dans les fondations de remblais, l'on est forcé d'admettre qu'il n'y a aucune raison pour laquelle le scissomètre devrait donner une valeur de résistance qui corresponde à la résistance mobilisée en nature ; de nombreux facteurs tels que discutés plus haut expliquent cette divergence. En conséquence, pour pouvoir utiliser une telle relation empirique avec une certaine confiance, il devient nécessaire de calibrer le scissomètre par rapport à des cas connus de rupture de remblai ou, en l'absence de ceux-ci, de procéder à des essais à l'échelle naturelle, ce qui n'est pas toujours économiquement possible.

Dans le but de vérifier l'applicabilité de cette procédure à nos argiles cimentées et d'étudier le comportement des remblais à long terme, la section de géotechnique de l'Université Laval a entrepris un programme de construction de quatre remblais sur fondations argileuses grâce à une subvention de projet spécial du Conseil national de recherches du Canada. Les premiers résultats de ce programme de recherche sont donnés par La Rochelle et al (1974) et par Tavenas et al (1974).

Les remblais ont été construits à Saint-Alban, Portneuf, sur un dépôt d'argile Champlain dont le profil de résistance au cisaillement tel que déterminé par des essais au scissomètre est donné à la figure 9. La construction du premier remblai, dont la longueur prévue

en crête était de 100 pi, avait pour but de calibrer le scissomètre ; à cette fin, la hauteur a été augmentée jusqu'à ce que la rupture se produise telle qu'elle est illustrée sur la figure 10.

Considérant que l'indice de plasticité moyen de l'argile est d'environ 23% pour la couche supérieure qui pouvait être impliquée dans la rupture de la fondation, le facteur de correction applicable, suivant la relation de Bjerrum (fig. 8), est d'environ 1.02. D'après les calculs préliminaires basés sur les données des figures 8 et 9 et les caractéristiques du remblai, une hauteur de 15 pi aurait dû être atteinte avant rupture, alors qu'en fait le remblai s'est rompu à une hauteur de 13 pi avec un facteur de sécurité calculé de 1.20. Ce résultat reporté dans le graphique de la figure 8 indique que, comme dans le cas du remblai d'essai de Matagami (point 7, figure 8) (Dascal et al 1972), la relation proposée par Bjerrum ne permet pas d'expliquer de façon satisfaisante l'inconsistance du scissomètre pour la rupture de Saint-Alban. Puisque l'inconsistance du scissomètre peut être attribuée à trois facteurs principaux tels que suggérés par Bjerrum (1972) et discutés plus haut, soit l'anisotropie de l'argile, l'effet de taux de cisaillement et la rupture progressive et puisqu'il semble que la résistance résiduelle peut tenir compte de ces différents facteurs, l'on a cru qu'un profil de résistance résiduelle non drainée pouvait offrir une solution au calcul de stabilité de remblais.

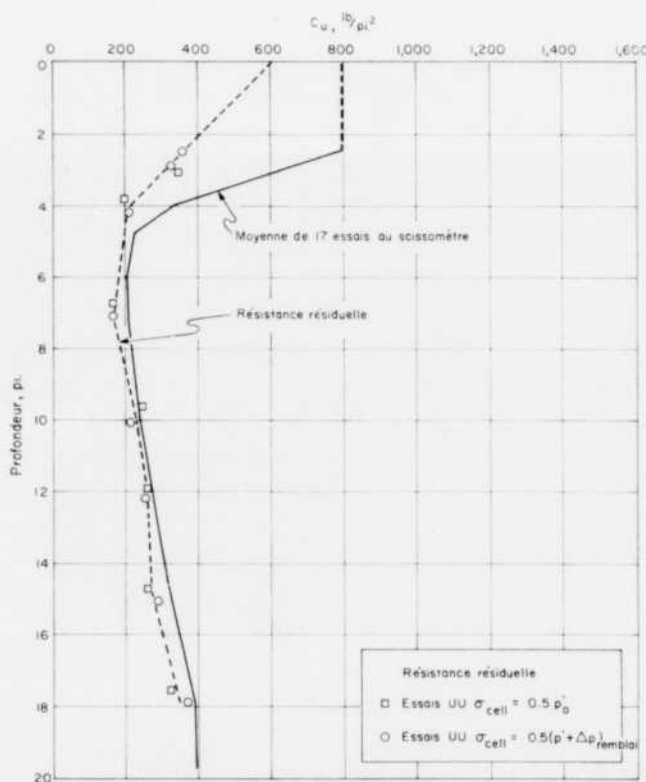


Figure 9 — Profil de résistance au cisaillement du dépôt argileux de Saint-Alban.

Tout comme dans le cas des essais triaxiaux drainés, les essais triaxiaux non consolidés et non drainés (UU) donnent des courbes contraintes-déformations qui comportent une valeur de pic suivie d'une diminution

de résistance jusqu'à une valeur constante atteinte à de grandes déformations. Des essais UU ont donc été exécutés sur des échantillons provenant de différentes profondeurs et sous différentes pressions cellulaires, et les résistances résiduelles non drainées ainsi obtenues ont été portées en graphique sur la figure 9. Ce nouveau profil de résistance a été utilisé pour calculer la stabilité du remblai et un facteur de sécurité de 0.95 a été obtenu, ce qui peut être considéré comme très satisfaisant.

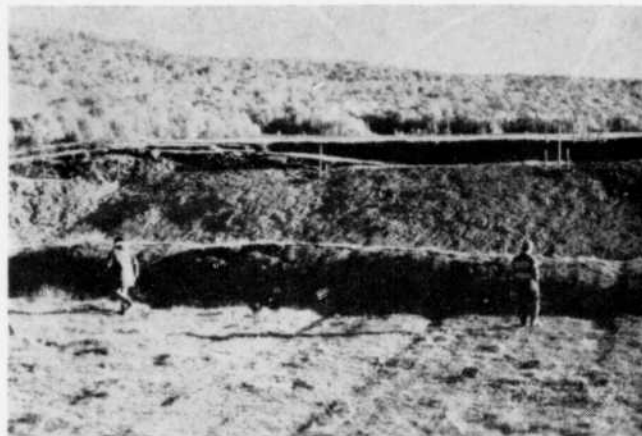


Figure 10 — Vue de la rupture du remblai A de Saint-Alban.

Cette approche de résistance résiduelle non drainée a également été appliquée à des remblais construits sur des argiles à plus forte plasticité et, quoique les résultats utilisés étaient incomplets, ils ont fourni de forts indices à l'effet que cette procédure offre beaucoup de potentiel pour résoudre le problème de stabilité de remblais sur fondations argileuses.

Conclusion

Le présent article qui traite de la solution de problèmes de stabilité dans les argiles sensibles veut rendre témoignage à la valeur et à la rentabilité de la recherche qui se fait dans nos universités. Depuis quelques années, un progrès considérable a été accompli dans la mise au point et l'évaluation de techniques d'étude adéquates pour nos argiles, et nous en arrivons à un point où des procédures précises peuvent être suggérées pour la solution de problèmes de stabilité de talus naturels et de remblais. Ces progrès ont été réalisés grâce aux mises de fonds appréciables consenties par le ministère des Transports et le ministère de l'Éducation du Québec et aussi par le Conseil national de recherches du Canada. Sans doute, reste-t-il encore bien des problèmes à résoudre et les chercheurs en géotechnique qui sont préoccupés par les problèmes de stabilité dans les argiles sensibles espèrent que les techniques et les connaissances leur permettront un jour de prévenir des tragédies telle la coulée d'argile de Saint-Jean-Vianney. Le temps nécessaire pour atteindre de tels objectifs dépendra en bonne part du support que voudra y consentir la société. ■

RÉFÉRENCES

- Bjerrum, L. 1972. « Embankments on Soft Ground ». Proceedings Specialty Conf. on Performance of Earth and Earth Supported Structures, American Society of Civil Engineers, Vol. II, pp. 1-54.

- Cadling, L., Odenstad, S. 1950. « *The Vane Borer* ». Proceedings, Royal Swedish Geotechnical Institute, no. 2, Stockholm.
- Dascal, O., Tournier, J.P., Tavenas, F., La Rochelle, P. 1972. « *Failure of a Test Embankment on Sensitive Clay* ». Proceedings Specialty Conf. on Performance of Earth and Earth Supported Structures, American Society of Civil Engineers, Vol. I, Part 1, pp. 124-159.
- La Rochelle, P. 1972. « *Les coulées d'argile au Québec* ». L'ingénieur, n° 280, juillet, pp. 47-53.
- La Rochelle, P. 1973. « *Synthèse des études de la coulée d'argile de Saint-Jean-Vianney* ». Rapport présenté à la Mission technique de Saint-Jean-Vianney, ministère des Richesses naturelles du Québec.
- La Rochelle, P. 1973. « *Problems of Soil Mechanics and Construction on Soft Clays, by Laurits Bjerrum* ». Discussion of the State-of-the-Art Report to Session IV, Eight International Conference on Soil Mech. and Foundation Engineering, Moscow, Vol. IV
- La Rochelle, P., Lefebvre, G. 1971 a. « *Sampling Disturbance in Champlain Clays* ». Sampling of Soil and Rock, ASTM STP 483, American Society for Testing and Materials, pp. 143-163.
- La Rochelle, P., Lefebvre, G. 1971 b. « *Underestimate of Shear Strength by Field Vane Testing in Sensitive Cemented Clays* ». Proceedings, 9th Annual Engineering Geology and Soils Engineering Symposium, Boise, Idaho, pp. 119-131.
- La Rochelle, P., Roy, M., Tavenas, F. 1973. « *Field Measurements of Cohesion in Champlain Clays* ». Proceedings, Eight International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, Vol. I, pp. 229-236.
- La Rochelle, P., Trak, B., Tavenas, F.A., Roy, M. 1974. « *Failure of a Test Embankment on a Sensitive Champlain Clay Deposit* ». Revue Canadienne de géotechnique, Vol. XI, n° 1, pp. 142-164.
- Lefebvre, G. 1970. « *Contribution à l'étude de la stabilité des pentes dans les argiles cimentées* ». Thèse de doctorat ès Sciences, département de Génie Civil, Université Laval, Québec.
- Lefebvre, G., La Rochelle, P. 1974. « *The Analysis of Two Slope Failures in Cemented Champlain Clays* ». Revue Canadienne de Géotechnique, Vol. XI, n° 1, pp. 89-108.
- Lo, K.Y., Morin, J.P. 1972. « *Strength Anisotropy and Time Effect of Two Sensitive Clays* ». Revue Canadienne de Géotechnique, Vol. IX, n° 3, pp. 261-277.
- Lo, K.Y., Lee, C.F. 1974. « *An Evaluation of the Stability of Natural Slopes in Plastic Champlain Clays* ». Revue Canadienne de Géotechnique, Vol. XI, n° 1, pp. 165-181.
- Loiselle, A., Massiera, M., Sainani, U.R. 1971. « *A Study of the Cementation Bonds of the Sensitive Clays of the Outardes River Region* ». Revue Canadienne de Géotechnique, Vol. VIII, n° 3, pp. 463-478.
- Tavenas, F.A., Chapeau, C., La Rochelle, P., Roy, M. 1974. « *Immediate Settlements of Three Test Embankments on Champlain Clay* ». Revue Canadienne de Géotechnique, Vol. XI, n° 1, pp. 109-141.
- Skempton, A.W. 1964. « *Long Term Stability of Clay Slopes* ». Geotechnique, Vol. XIV, pp. 75-102.
- Yong, R.N., Warkentin, B.P. 1966. « *Introduction to Soil Behaviour* ». The Macmillan Company, New York, ou Collier-Macmillan, Canada Ltd., Toronto.

Lalonde, Girouard, Letendre & Associés

Ingénieurs-conseils

8790, avenue du Parc — Tél. 384-6410

MONTRÉAL 354, QUÉ.



laboratoire international LIMITEE

3880 EST. JARRY, MONTRÉAL 38
Tel. 376-4920

SOLS • BÉTON • ASPHALTE • SOL-CIMENT

ASCO Connecteurs automatiques — en cas de pannes de courant

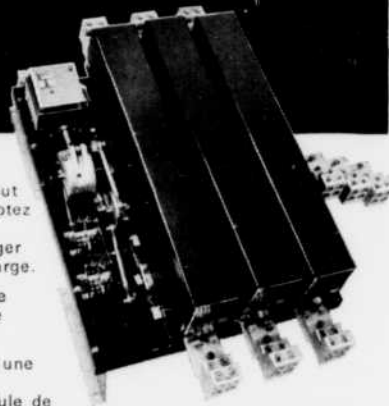
En cas de baisse, d'interruption de courant ou de tout autre genre de panne, comptez sur les connecteurs automatiques ASCO pour protéger toutes les catégories de charge.

Choisissez parmi notre vaste assortiment de modèles: de 40 à 4000 ampères.

Les connecteurs ASCO ont une souplesse d'adaptation remarquable. Montez un module de connecteur avec un module de commande, ensemble ou séparément. Si la charge d'urgence augmente, adoptez un connecteur d'ampérage plus élevé tout en conservant le même module de commande.

Accès aisé, par l'avant, et facilité d'inspection et d'entretien de tous les éléments.

Même nos concurrents reconnaissent la supériorité de nos connecteurs.



ASCO

Fabriqué au Canada
174S-F

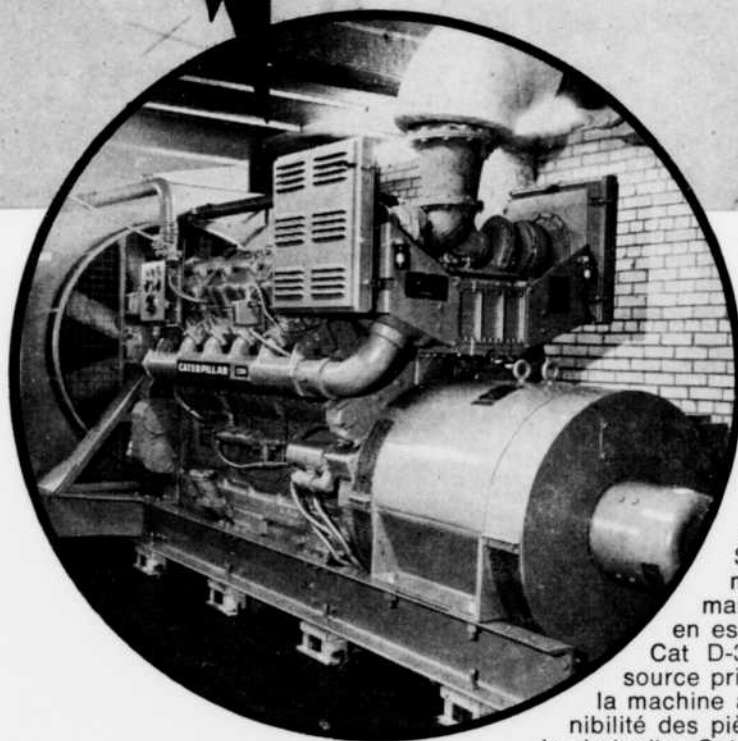
Commandes ASCO

Électromagnétiques-Électroniques

ASCOELECTRIC LIMITED

Box 160, Brantford, Ont. N3T 5M8 Tel: (519) 756-5287

UN GROUPE ÉLECTROGÈNE CAT D-398 fournit l'énergie dans le nouveau Forum de Montréal



Ce groupe électrogène diesel Caterpillar, modèle D-398, acheté en 1967 pour fournir l'énergie nécessaire à la télévision en couleur, sert maintenant comme groupe auxiliaire contre les pannes d'électricité. Un groupe électrogène Caterpillar D-398 fut choisi par le Forum de Montréal. Les spécifications ont été écrites par les Ingénieurs Conseils, McDougall & Friedman de Montréal. Le moteur Cat D-398 et la génératrice d'une capacité de 600 KW sont montés sur une base en béton complètement isolée du plancher. Pour tous les autres besoins d'éclairage, l'édifice est desservi par l'Hydro. Selon la Canadian Arena Co., le rendement du moteur a été digne de confiance. La mise en marche du moteur est facile et le fonctionnement en est simplifié. La régularité de marche d'un moteur Cat D-318G installé il y a plusieurs années comme source primaire d'énergie actionnant un compresseur pour la machine à glace, plus un service impeccable et la disponibilité des pièces, ont été des facteurs clés qui influencèrent le choix d'un Cat D-398.



MONTREAL

QUÉBEC
SEPT-ÎLES
HULL

VAL D'OR
MATAGAMI
BAIE JAMES

Caterpillar, Cat et  sont des marques déposées de Caterpillar Tractor Co.

Postez ce coupon à :

HEWITT ÉQUIPEMENT LTÉE

C.P. 1200, MONTRÉAL 101

FAIRE PARVENIR LITTÉRATURE

FAIRE PASSER REPRÉSENTANT

NOM

COMPAGNIE

ADRESSE

VILLE CODE - L'1

Voici le programme Trane d'Air Climatisé Economique

Le premier programme d'analyse complet des aspects économiques/énergie/système

Ce programme TRANE d'Air Climatisé Economique (TRACE) est une étude unique et complète, formulée à l'ordinateur, afin de comparer la portée économique des systèmes de climatisation alternatifs, ainsi que les alternatives au point de vue d'architecture, d'énergie et d'utilisation d'édifice, sur le coût initial et le coût d'exploitation de l'édifice proposé. TRACE permet à l'ingénieur professionnel de fournir une étude économique de ces alternatives au propriétaire de l'édifice et selon des termes économiques comparatifs et spécifiques.

Le besoin d'un tel programme est reconnu.

Les seules études du coût initial ne suffisent plus. Plusieurs propriétaires d'édifices exigent maintenant des études économiques de tous les facteurs qui affectent leur investissement. Ils se rendent compte qu'une évaluation des coûts initiaux et des coûts d'exploitation est nécessaire pour découvrir l'unique combinaison de systèmes de climatisation, d'énergie et d'équipement, avec un coût d'exploitation et un coût initial, qui fournira au propriétaire de l'édifice le meilleur rendement pour qu'il atteigne les objectifs financiers qu'il s'est fixé pour son projet de construction.

Le coût de fonctionnement d'un système de chauffage et de climatisation peut représenter 25 pour cent du coût total d'exploitation d'un édifice. En optimisant le système de chauffage et de climatisation, il est possible de réduire jusqu'à 25 pour cent le coût d'énergie. Dans le cas d'édifices à profit, on peut donc parler d'une augmentation en bénéfice avant amortissement pouvant atteindre dix pour cent.

En outre, il est admis qu'il faut utiliser plus prudemment les ressources énergétiques et il est prévu que les coûts d'énergie continueront d'augmenter d'une façon substantielle. Actuellement, plus de 8 pour cent de l'énergie consommée au Canada sert au chauffage et à la climatisation.

Mais il était difficile de répondre au besoin.

Optimiser les coûts d'exploitation et les coûts initiaux en rapport à la durée d'un édifice (coût du cycle de sa durée) est une tâche quasi impossible. Toutes les alternatives concernant la construction et l'architecture et affectant le rendement économique total du système de chauffage et de climatisation doivent être considérées à la phase de la conception de l'édifice.

En voici les variables:

- alternatives du plan architectural
- alternatives des sources d'énergie
- alternatives du système de climatisation
- alternatives de l'équipement mécanique
- alternatives d'utilisation de l'édifice
- alternatives économiques

L'évaluation des alternatives est donc une tâche ardue, complexe et exigeant beaucoup de temps. Par conséquent, plusieurs édifices n'ont pas de coûts optimisés de cycle de durée et plusieurs propriétaires payent beaucoup trop pour leur climatisation.

TRACE répond aux besoins

Le programme TRANE d'Air Climatisé Economique utilise l'ordinateur afin de permettre à l'ingénieur de conception de faire une étude économique comparant toutes les alternatives viables et offrant des résultats significatifs au propriétaire.

En quelques jours, TRACE permet à l'ingénieur d'études de fournir une évaluation de presque toute alternative susceptible d'affecter les aspects économiques d'un système de climatisation et d'établir un rapport optimum entre ses coûts initiaux et ses coûts de fonctionnement. A l'aide des données obtenues, l'ingénieur peut alors continuer à faire des recommandations spécifiques.

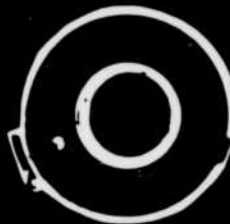
TRACE est un programme très flexible, destiné à accepter toutes les données de performance de presque tout type ou toute marque d'équipement de climatisation.

TRACE représente donc un outil qui permet à l'ingénieur de conception d'effectuer une étude économique significative, précise, détaillée, complète et à un coût



BANDE DE TEMPÉRATURE

La bande de température du Canada de la station la plus proche de l'édifice proposé. Les données de températures horaires, telles que thermomètre sec, thermomètre mouillé, point de rosée, pression barométrique, vitesse du vent et recouvrement de nuages pour un an complet, sont condensées en 12 jours de température, chacune représentant un jour pour chaque mois de l'année.



BANDE DE PERFORMANCE D'ÉQUIPEMENT

Données de performance sur le refroidissement, le chauffage, le déplacement d'air et l'équipement accessoire. Si l'équipement n'est pas indiqué, l'utilisateur fournit les données de performance.

ENTRÉE

DESCRIPTION DE L'ÉDIFICE

- EMBLACEMENT
- ZONES
- DONNÉES DU PROJET

DESCRIPTION DES SYSTÈMES

- TYPES DE SYSTÈMES
- ÉCONOMISEUR

DESCRIPTION DE L'ÉQUIPEMENT

- TYPES D'ÉQUIPEMENT
- HAUTEUR D'ÉLEVATION D'EAU

DONNÉES ÉCONOMIQUES

- DURÉE DE L'HYPOTHÈQUE
- FACTEURS ÉCONOMIQUES
- COÛT INITIAL
- COÛT D'ENTRETIEN

FONCTIONNEMENTS

PHASE DE CHARGE

CHARGE HORAIRE ET MAXIMUM PAR ZONE

PHASE DU PROJET

PO. CU./MIN. ET AIR D'ALIMENTATION (THERMOMÈTRE SEC) PAR ZONE

PHASE DE SIMULATION DE SYSTÈME

CHARGES HORAIRES DE L'ÉQUIPEMENT PAR SYSTÈME

PHASE DE SIMULATION DE L'ÉQUIPEMENT

CONSUMMATION D'ÉNERGIE PAR SERVICE PUBLIC

PHASE DE L'ANALYSE ÉCONOMIQUE

SORTIE

LE PROGRAMME

Le programme TRANE d'Air Climatisé Economique utilise les techniques standard industrielles et ASHRAE pour la simulation des performances de systèmes de climatisation alternatifs d'édifices, afin d'obtenir les coûts de fonctionnement de chacun. Tous les aspects économiques des alternatives sont alors analysés et comparés. Contre toute description d'édifice, le programme peut comparer l'effet de quatre alternatives au point de vue économiques/equipement/système, fournissant ainsi à l'utilisateur les critères pour prendre une décision économique.

Lorsquela chose fut possible, on utilisa comme base de calculs les techniques du guide ASHRAE et les méthodes industrielles acceptées. De plus, à la fin des phases du programme, les procédures furent vérifiées avec les principaux consultants du secteur en question. Les usagers de TRACE pourront obtenir de TRANE un manuel de documentation des plus complets.

Le programme est divisé en 5 phases principales comme à gauche. Chacune exige certaines entrées pour décrire l'édifice et mettre au point les alternatives techniques. Chaque phase effectue sa fonction propre et passe les données produites aux phases suivantes.

COMPARAISONS DES ALTERNATIVES AU POINT DE VUE ÉCONOMIQUE

abordable—une étude non seulement destinée aux systèmes de climatisation TRANE, mais pouvant atteindre les paramètres économiques généraux d'un édifice et qui affectent les aspects économiques de la climatisation.

TRACE est facile d'emploi.

Une fois que l'ingénieur possède les critères du projet et les facteurs économiques généraux affectant le choix du système de climatisation, l'alimentation de l'ordinateur peut se faire en moins d'une heure.

Le programme TRACE est exécuté au centre de traitement de l'informatique TRANE, avec un délai d'exécution d'environ deux semaines. Ce programme est à la disposition des ingénieurs professionnels moyennant une redevance. Nous invitons donc les ingénieurs-conseils à faire

une évaluation détaillée du Programme TRANE d'Air Climatisé Economique. Veuillez appeler le plus proche bureau de ventes de TRANE ou écrivez-nous.

Trane Company of Canada, Limited,
401 Horner Avenue,
Toronto, Ontario M8W 2A5



50 ANS AU CANADA

Bureaux de vente et service Trane à travers tout le pays: St-Jean, T.-N., Saint-Jean, N.-B., Halifax, Québec, Montréal, Ottawa, Sudbury, Kirkland Lake, Toronto, Hamilton, Kitchener, London, Windsor, Winnipeg, Regina, Saskatoon, Calgary, Edmonton, Vancouver

CONSOLIDATION DES ARGILES

par André A. Loisel, ing., M.Sc.

Notice biographique :

M. André A. Loisel, ing., diplômé en génie civil de l'École Polytechnique de Montréal, a obtenu une maîtrise de la même institution en 1962. Professeur agrégé à l'École Polytechnique au département de génie civil, section de géotechnique, M. Loisel dirige le laboratoire de mécanique des sols depuis 1963 et a participé à diverses phases de travaux tant au Québec qu'à l'étranger. Ses recherches portent depuis de nombreuses années sur les phénomènes de contraintes-déformations et sur les problèmes de consolidation.

Une des régions les plus industrialisées du Québec se situe le long de la vallée du Saint-Laurent, entre Montréal et Québec. Or, cette région est couverte de dépôts argileux reconnus pour leur grande sensibilité et pour l'instabilité de leur structure interne.

Deux types de problèmes résultent de cette instabilité de la structure interne soit d'une part une rupture entraînée par un excès des forces extérieures, soit d'autre part des déformations trop importantes lorsque les forces extérieures ne sont pas suffisamment élevées pour causer une rupture.

Dans le premier cas, nous parlons de stabilité, de force portante alors que dans le second cas nous parlons de tassements des ouvrages. Nous examinerons ce dernier aspect dans les lignes qui suivent.

Les difficultés posées par l'analyse des déformations d'un massif d'argile sensible proviennent de trois sources : une structure interne très instable, des méthodes d'essais plus ou moins bien adaptées aux problèmes et enfin des méthodes de calcul plus ou moins compatibles aux problèmes analysés.

Structure de l'argile

Les argiles sensibles de nos régions furent déposées en milieu marin (concentration en sel probable de 32 g/litre) dans une vaste étendue d'eau intérieure

appelée mer Champlain. Cette mer fut formée suite à l'invasion des eaux de l'océan Atlantique au moment du retrait du glacier à la fin de la dernière période glaciaire, il y a quelque 10,000 ans (Karrow 1961). L'étendue de cette mer a varié considérablement selon les époques et on retrouve sa trace jusqu'aux Laurentides, au nord d'Ottawa, de Montréal et de Québec et sur une partie importante de la rive sud du Saint-Laurent jusqu'au pied des Apalaches. En de nombreux endroits, les rivières formées par la fonte des glaciers, tout comme les rivières plus récentes, laissèrent des dépôts deltaïques qui surmontent actuellement les dépôts plus âgés de la Mer Champlain. Ces dépôts deltaïques qu'on retrouve en de nombreux endroits (Berthierville, Louiseville, Nicolet,...) sont souvent de consistance très molle et sont très compressibles.

La caractéristique prédominante des argiles sensibles de la mer Champlain est leur structure interne floculée, résultat de la déposition en eau salée.

Ces dépôts sont formés d'une argile silteuse stratifiée contenant occasionnellement de minces bandes sablonneuses. Le pourcentage d'argile ($< 2\mu$) de ces sols se situe habituellement entre 40 et 80% et les minéraux argileux dominant sont l'illite et la chlorite. La fraction de dimension supérieure à 2μ (0.002 mm) se compose de quartz et de plagioclases.

La composition minéralogique, en combinaison avec les sels en solution dans l'eau, joue un rôle important quant à la structure obtenue lors de la sédimentation des particules. Les particules argileuses, par leur forme aplatie et par les charges négatives qu'on retrouve à leur surface, favorisent une orientation des molécules d'eau au voisinage de leur surface. L'eau ainsi orientée forme une couche entourant la particule et qui est appelée double couche ou couche d'eau absorbée. L'épaisseur de cette double couche dépend du type d'argile et des ions de sels en solution dans l'eau.

Lors de la déposition des particules, lorsque les particules se rapprochent, les charges électriques de surface entraînent une combinaison complexe de forces

d'attraction et de répulsion entre les grains. La résultante de ces forces favorise donc soit un rapprochement, soit une répulsion des particules en fonction du type d'ion et de leur concentration, de la température, du type des particules, etc...

Dans le cas des sols argileux déposés dans la mer Champlain, les conditions ambiantes sont telles que les particules tendent à s'agglomérer dans un assemblage où les contacts entre les grains se font entre arêtes et faces. Il se forme ainsi des grappes de grains qui s'entassent sur le fond dans un assemblage très instable. La figure 2 illustre un type de structure interne, dite en nid d'abeille (Casagrande 1932) qui ressemble probablement à la structure des sols argileux floculée.

Les forces mobilisées à l'intérieur de chaque grappe sont en équilibre et les particules s'assemblent entre elles de telle façon que cet équilibre soit assuré (fig. 1).

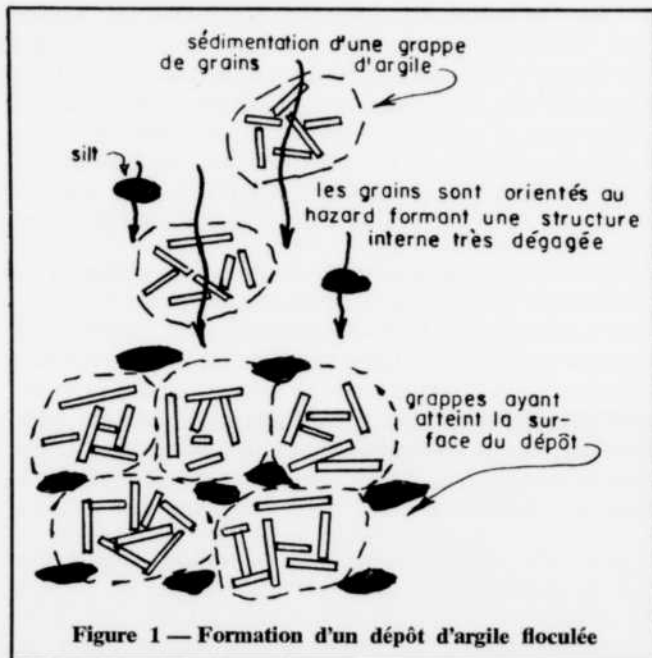


Figure 1 — Formation d'un dépôt d'argile floculée

Lorsque les grappes s'accumulent les unes sur les autres, elles chassent l'eau contenue dans les vides entre les grappes de particules des couches sous-jacentes. Ceci entraîne une plus grande stabilité du sol car les particules sont alors plus proches les unes des autres. Là encore, la compression des couches se produit jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint. La structure des grappes subit donc une légère compression et l'ensemble se maintient en équilibre sous les efforts extérieurs et sous les forces internes, tel qu'il apparaît à la figure 2.

Préconsolidation de l'argile sensible

L'accumulation successive des grappes de particules entraîne une compression des vides jusqu'au point A montré à la figure 3 alors que la déposition des grains se termine. À compter de ce moment, la pression dans le massif cesse d'augmenter et le dépôt se stabilise sous

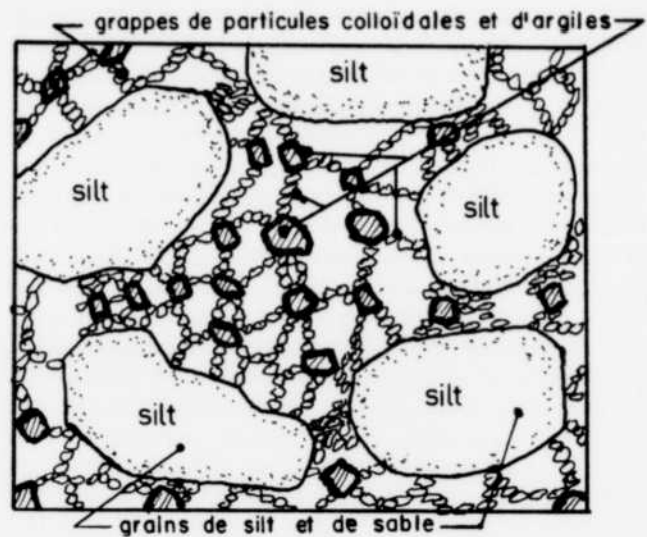


Figure 2 — Structure en nid d'abeille d'une argile floculée et faiblement surconsolidée

une pression P . Un essai de consolidation réalisé à ce moment indiquerait que la pression de consolidation P_c égale la pression verticale des terres en place P_0 . Ceci est une indication que le dépôt est normalement consolidé.

Trois facteurs entre autres peuvent maintenant modifier cet équilibre et augmenter la résistance aux déformations : la préconsolidation du dépôt, la consolidation retardée et la cimentation des grains.

a) la *préconsolidation* : si le dépôt qui se trouve en équilibre aux conditions définies par le point A subit une décompression consécutive à l'érosion de la surface du dépôt, par exemple : la contrainte dans ce dépôt diminue alors uniformément et le sol se décomprime jusqu'au point B. La pression verticale des terres diminue jusqu'à la valeur P_0 montrée à la figure 3. Un essai de consolidation réalisé à ce moment indiquerait que $P_c > P = P_0$. Le dépôt est reconnu comme étant surconsolidé ou préconsolidé.

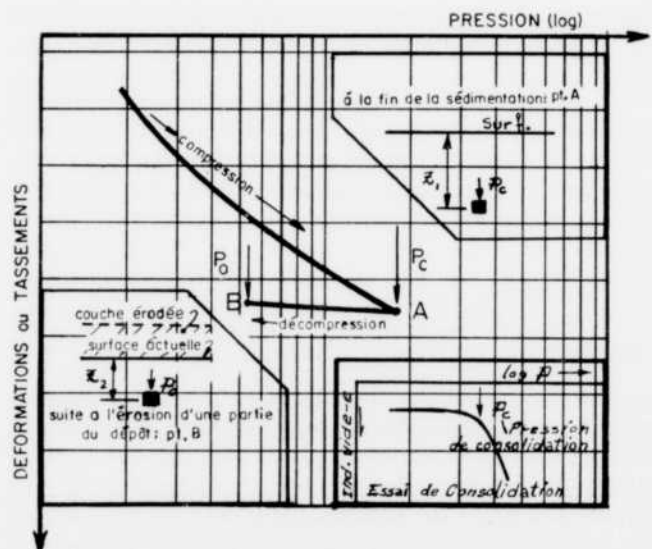


Figure 3 — Consolidation d'un dépôt d'argile sensible

b) la consolidation retardée : la préconsolidation par des pressions extérieures n'est pas la seule source de surconsolidation. Si la pression $P = P_0$ est maintenue pendant quelques siècles sinon pendant quelques milliers d'années, le dépôt se comprime par fluage de la structure (consolidation secondaire) jusqu'au point B montré à la figure 4. La structure interne devient alors plus rigide et plus stable qu'elle ne l'était au point A. Un essai de consolidation réalisé à ce moment montrerait que $P_c > P = P_0$, tout comme on l'avait observé précédemment. Le dépôt se comportera comme s'il avait été surconsolidé par une pression supérieure à la pression actuelle. Ce phénomène est souvent observé dans les dépôts d'argile molle normalement consolidés ou faiblement surconsolidés et est appelé quasi-préconsolidation. Elle est mise en évidence dans les dépôts normalement consolidés d'argile sous forme d'une surconsolidation de 0.1 à 0.2 tonne/pi. ca. au-dessus de la pression verticale des terres P_0 . De plus, cette quasi-préconsolidation n'apparaît pas lorsque le sol a été soumis à des efforts de consolidation dus à un changement de surface récent, confirmant la relation de celle-ci avec le temps de consolidation tel qu'illustré par la figure 4.

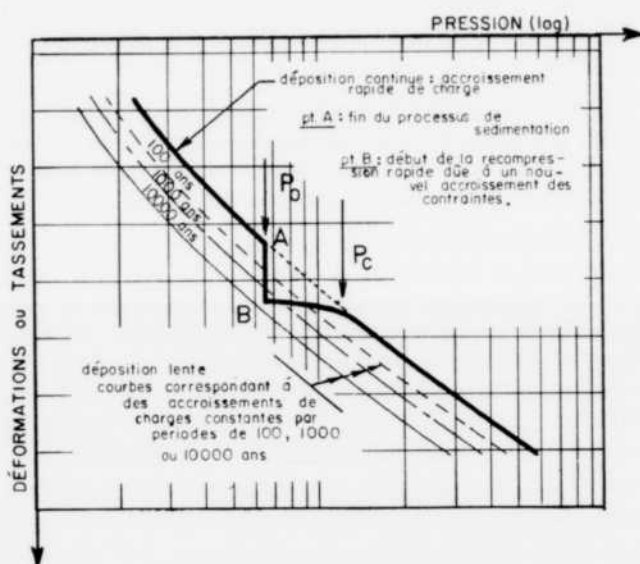


Figure 4 — Consolidation d'un dépôt d'argile normalement consolidée sous une pression verticale P_0 .

Il est possible que si le dépôt est âgé, une quasi-préconsolidation supérieure au quelque 0.2 t/pi. ca. soit observée. Dans ce cas, la préconsolidation serait surtout due au phénomène de consolidation retardée plutôt qu'aux surcharges ayant existé auparavant sur le dépôt.

a) cimentation des grains : lors de la déposition des particules ou au cours de l'historique du dépôt, les particules peuvent aussi se cimenter entre elles.

Cette cimentation ajoutera une résistance supplémentaire aux déplacements des particules et entraînera une plus grande incompressibilité du sol tant que la majorité des liens de cimentation n'auront pas été brisés. Un essai de consolidation indiquera aussi que la pression de consolidation $P_c > P_0 = P$ et on conclura aussi que le dépôt est surconsolidé.

Il est presque impossible de déterminer à priori auquel des trois phénomènes attribuer la préconsolidation du sol. Souvent les trois phénomènes se sont produits consécutivement sur le sol. Toutefois, dans les trois cas, il s'agit de phénomènes réels qui augmentent véritablement la rigidité de la structure du sol aux déformations et partant, réduisent les tassements. Bien que peu de recherches aient été exécutées sur la cimentation des argiles, on constate que les liens de cimentation peuvent augmenter la rigidité de la structure interne jusqu'à créer un accroissement de la préconsolidation P_c pouvant atteindre dans certains cas plus de 3 à 4 t/pi. ca. (Kenney 1968 ; Loiselle, Massiera, Sainani 1971).

Facteurs modifiant la compressibilité

1. Influence du remaniement

Malgré la grande complexité des mécanismes qui sont mobilisés lors de la compression des sols d'un dépôt, il y a relativement peu de facteurs qui modifient le comportement. Le principal facteur et de loin le plus important est le remaniement des échantillons sur lesquels sont mesurées les propriétés. Or, comme le calcul des tassements et des déformations se fait directement à partir des courbes de déformations obtenues par des essais de consolidation en laboratoire, toute modification des résultats des essais pour quelque cause que ce soit entraîne une erreur d'interprétation.

Comme on l'a énoncé plus haut, la consolidation du sol est une mesure de résistance offerte par la structure interne aux déplacements. Il est évident que toute modification de cette structure ou de ses éléments entraînera une modification du comportement et le sol sera alors remanié. Les principales causes de ce remaniement des échantillons sont : le remaniement par action mécanique, l'assèchement du sol et les changements chimiques.

Lors du prélèvement d'un échantillon, quelle que soit la qualité de la technique utilisée, il se produit un certain remaniement mécanique du sol. Le degré de remaniement varie beaucoup toutefois selon les soins apportés lors des opérations de prélèvements et selon la qualité du carottier utilisé. La figure 5 illustre les conséquences du remaniement d'une argile sensible. La compressibilité du sol, dans la zone où le sol est préconsolidé ($P < P_0$), sera accrue alors qu'elle sera légèrement diminuée dans la zone où le sol est normalement consolidé ($P > P_0$). La pression de consolidation P_c diminue et le sol semble posséder une préconsolidation plus faible que la réalité. Les tassements des sols surconsolidés sont donc surévalués alors que les tassements des sols normalement consolidés sont sous-évalués. Ainsi, le choix du type de fonction étant influencé beaucoup par les tassements des empattements, il est important de prédire ces tassements avec une précision suffisante. Il est donc essentiel de prélever les meilleurs échantillons possible même si, par mesure d'économie, on doit en prélever un moins grand nombre.

Autre conséquence : la force portante des argiles est souvent limitée par les tassements prévisibles et se

situé entre le $\frac{2}{3}$ et le $\frac{3}{4}$ de la valeur de $(P_c - P_0)$ (surconsolidation du dépôt au-dessus de la pression verticale des terres en place P_0). Cette capacité portante de la fondation est donc influencée par la variation de P_c .

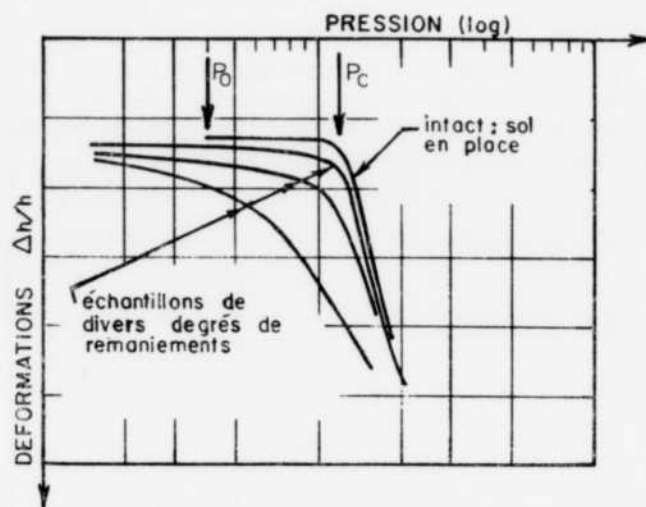


Figure 5 — Effets du remaniement sur le comportement d'une argile sensible

Ce remaniement mécanique se produit lors du prélèvement d'un échantillon et est causé en partie par la relaxation des contraintes et en partie par le refoulement du sol dû à la pénétration du carottier. Dans le premier cas, la diminution des contraintes totales passant d'une valeur égale à la pression verticale des terres P_0 jusqu'à une pression nulle peut produire, suite à cette décompression, des déformations suffisantes pour entraîner un remaniement. La fragilité des argiles sensibles est telle que ceci peut même entraîner un remaniement important. Ce remaniement devient inévitable lors du prélèvement d'échantillons situés à des profondeurs supérieures à 60 pieds et, en conséquence, la qualité des échantillons prélevés à grande profondeur est toujours douteuse.

Quant au remaniement par refoulement du sol, une technique appropriée peut le réduire appréciablement. Il est bien connu maintenant que les carottiers à pistons fixes du type Osterberg ou du type suédois donnent des échantillons de meilleure qualité surtout si la trousse coupante du carottier est bien aiguisée et si le côté de la trousse est effilé sur une longueur suffisante.

Pour les argiles sensibles, il est relativement facile de réduire le remaniement mécanique dû aux techniques opératoires. La zone vraiment remaniée est très faible lorsque un carottier de bonne qualité est utilisé. Le sol touchant à la paroi du tube est totalement remanié et agit comme un lubrifiant, réduisant appréciablement le frottement dans le carottier et réduisant aussi les efforts sur le sol dans le tube.

Le remaniement mécanique n'est pas le seul à modifier le comportement du sol en laboratoire. Il faut éviter deux autres dangers : l'assèchement partiel du sol et la cimentation artificielle des grains.

Dans le premier cas, l'assèchement induit des pressions interstitielles négatives causant un accroissement des pressions effectives de consolidation. Il en résulte une compression du sol. Si l'assèchement est tel que les pressions induites dépassent la pression de consolidation actuelle $P_c(i)$, (fig. 6), le sol se consolide. Un essai de consolidation réalisé alors sur cet échantillon indique une pression de consolidation $P_c(a)$ supérieure à $P_c(i)$. Cette pression $P_c(a)$ est égale à la pression effective mobilisée lors de l'assèchement du sol. Les échantillons doivent donc être protégés de tout assèchement par suite de leur extraction du tube carottier et lors des opérations de montage des spécimens d'essai en laboratoire.

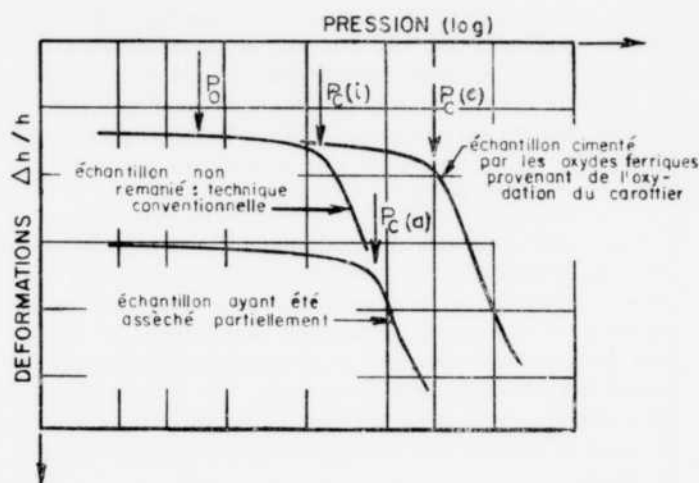


Figure 6 — Influence de l'assèchement ou de la cimentation d'une argile sensible

D'autre part, les tubes carottiers sont susceptibles de s'oxyder, qu'ils soient ou non faits d'acier inoxydable. Tels que les résultats d'études antérieures le laissent croire, une très faible proportion d'oxyde ferrique est suffisante pour cimenter les particules. En conséquence, dans un temps relativement court, quelquefois moins de deux à quatre jours, il peut se produire suffisamment de cimentation pour augmenter la pression de consolidation apparente de $P_c(i)$ à $P_c(c)$.

Dans ces deux derniers cas, le remaniement a pour effet d'augmenter la pression de consolidation P_c et ainsi fausser l'interprétation des résultats des essais de consolidation : situations toutes deux sécuritaires.

2. Taux de chargement

Le taux de chargement des essais conventionnels de consolidation semble avoir une certaine influence sur la valeur de la pression de consolidation P_c quoique les preuves expérimentales soient très rares et sujettes à discussions. Un taux de chargement lent produit une pression de consolidation inférieure à celle obtenue par un taux de chargement rapide. Une explication de ce phénomène se retrouve à la figure 4. Si depuis le point B, les charges avaient été appliquées lentement, la courbe de consolidation se serait ajustée à une courbe de temps au-dessous de la courbe identifiant une déposition continue et la valeur de P_c en aurait été diminuée. Il est toutefois à remarquer que

la courbe de compression du dépôt est normalement proche de la courbe correspondant à la vie de l'ouvrage et qu'ainsi la valeur de P_c obtenue par un chargement rapide correspondrait probablement plus au comportement en place du dépôt sous charge.

Consolidation dans le temps

Il n'a été question dans les paragraphes précédents que de la compressibilité des argiles, donc de la relation entre les efforts et les déformations. Or, ce qui caractérise le phénomène de consolidation c'est particulièrement l'influence du temps.

Les argiles sont relativement imperméables et lorsqu'un accroissement de pression est appliqué à une couche argileuse, on observe un accroissement temporaire de la pression interstitielle du sol. Cet excès de pression interstitielle se dissipe plus ou moins rapidement dans le sol selon que celui-ci est plus ou moins perméable. Il résulte ainsi une répartition des déformations dans le temps.

Les calculs de tassement donnent donc la relation entre la pression intergranulaire, la déformation et le temps. À cause de la complexité des solutions analytiques, on est appelé à analyser séparément la relation déformations-pressions et la relation déformations-temps. On obtient dans le premier cas le tassement total ultime sous un accroissement de pression connu et, dans le second cas, l'évolution des tassements dans le temps.

Dans ce dernier cas, on doit poser de nombreuses hypothèses simplificatrices et il peut en résulter une grande imprécision dans la prédiction des comportements. Toutefois, il est possible d'améliorer la qualité de l'analyse par une expérience approfondie du comportement des ouvrages situés au voisinage du site sur lequel porte l'étude.

Une des hypothèses simplificatrices consiste à énoncer que le drainage du sol est uniquement vertical. Or, dans beaucoup de cas, le drainage horizontal tient une importance considérable et modifie l'évolution des tassements.

Seules les méthodes d'analyse bi-dimensionnelle (ou tri-dimensionnelle) offriraient des solutions exactes dans la majorité des cas et la prédiction des tassements dans le temps ne deviendra précise que lorsque ces méthodes seront disponibles.

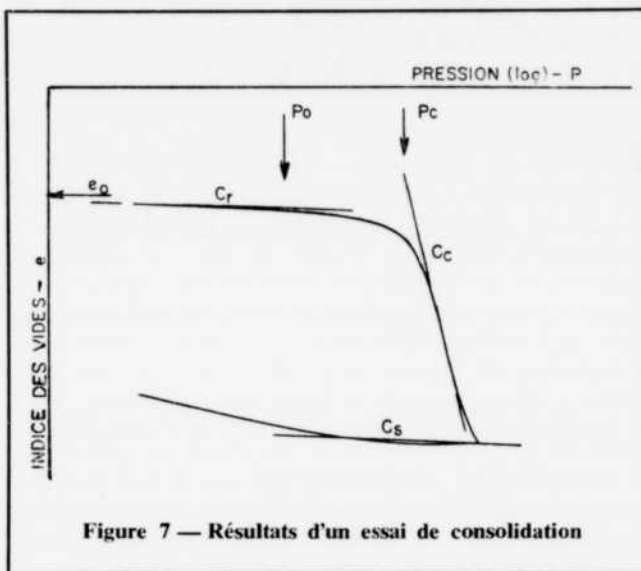
Les paramètres de consolidation sont d'ailleurs difficiles à mesurer par les techniques conventionnelles, particulièrement dans le cas où le sol est surconsolidé. Certaines techniques plus récentes ont permis d'obtenir des paramètres de consolidation soit en réalisant un essai à gradient hydraulique constant soit en réalisant un essai à taux de déformation constant. Ces deux techniques donnent une relation continue des paramètres en fonction de la pression appliquée mais malheureusement requièrent un appareillage très coûteux. Ces méthodes qu'on retrouve décrites dans Lowe III, Jonas & Obrician (1969) et Wissa & Heiberg (1969) seront plus couramment utilisées dans un proche avenir

surtout en relation avec les nouvelles méthodes d'analyse des tassements.

Calculs des tassements

Le tableau 1 illustre les étapes de calcul des tassements et leur évolution en fonction du temps lorsque l'on procède selon la méthode conventionnelle d'analyse.

Cette méthode donne habituellement des résultats fiables lorsque le sol est surconsolidé. On constate alors que les argiles sensibles ont un indice de recompression C_r (fig. 7) variant de 0.01 à 0.03.



Dans le cas de dépôts normalement consolidés ($P_o = P_c$) et dans le cas de dépôts surconsolidés ($P_o < P_c$), lorsque la pression appliquée dépasse la pression de préconsolidation ($P > P_c$), la prédiction du tassement ultime est beaucoup moins précise. Ceci est inévitable car l'indice de compression est très affecté par le remaniement (fig. 5) et l'hypothèse, par laquelle on suppose que les déformations sont uniquement verticales, n'est plus applicable.

D'ailleurs le calcul de la distribution des contraintes pose comme hypothèse que le milieu ait une relation contraintes-déformations linéaire pour les efforts appliqués. Or, le sol n'a pas ce comportement linéaire et la distribution réelle peut être différente. Il en résultera donc une erreur dans l'évaluation des accroissements d'efforts résultant à son tour dans une erreur des tassements.

Malgré tout, les déviations entre les valeurs calculées et les valeurs observées ne sont pas habituellement très importantes ou on arrive à les interpréter adéquatement.

Il en va tout autrement lorsqu'il s'agit de déterminer l'évolution des tassements dans le temps. Parmi les hypothèses de calcul de la vitesse de consolidation, les plus difficiles à satisfaire concernent particulièrement la distance entre les couches drainantes et l'unidimensionalité de l'écoulement.

TABLEAU 1
ANALYSE DES TASSEMENTS

ETAPES D'ANALYSE	OPERATIONS DETAILLEES	FORMULATIONS OU COMMENTAIRES
CARACTERISTIQUES DES SOLS	ESSAIS OEDOMETRIQUES CONVENTIONNELS OU ESSAIS OEDOMETRIQUES A GRADIENT HYDRAULIQUE CONSTANT	- HYPOTHESE: CARACTERISTIQUES OBSERVEES SUR LES SPECIMENS DE LABORATOIRE SONT IDENTIQUES AUX CARACTERISTIQUES EN PLACE - RESULTATS: RELATION EFFORT-DEFORMATION (TASSEMENT - log P) i) PRESSION DE CONSOLIDATION P_c ET SURCONSOLIDATION DU SOL AU-DESSUS DE P_0 ET INDICE DES VIDES INITIAL e_0 ii) INDICES DE COMPRESSIBILITE C_r , C_c , C_s iii) COEFFICIENT DE CONSOLIDATION C_v iv) CORRECTIONS DES COURBES e -logP PAR LA METHODE DE SCHMERTMANN (1955)
TASSEMENTS ULTIMES SOUS UN ACCROISSEMENT DE CONTRAINTE ΔP	i) DIVISION DU DEPOT EN COUCHES ii) CALCUL DE LA PRESSION VERTICALE DES TERRES AU CENTRE DES COUCHES iii) CALCUL DE L'ACCROISSEMENT ΔP CALCULE AU CENTRE DES COUCHES iv) CALCUL DU TASSEMENT DANS CHAQUE COUCHE	$P_0 = \sum_1^N (\gamma_i H_i - u_i)$ ROUSSINESQ OU PERLOFF, BALADI & HARR (1967) OU AUTRE. $S_i = C_c \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \cdot \frac{H}{1 + e_0} \quad \text{si } P_0 = P_c$ $S_i = C_r \cdot \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \cdot \frac{H}{1 + e_0} \quad \text{si } P_0 < P_c \text{ et } P_0 + \Delta P < P_c$ $S_i = (C_r \log \frac{P_c}{P_0} + C_c \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_c}) \cdot \frac{H}{1 + e_0} \quad \text{si } P_0 < P_c \text{ et } P_0 + \Delta P > P_c$ $S = \sum_1^N S_i$
TASSEMENT DANS LE TEMPS	i) CHOIX DES COUCHES DRAINANTES ii) CALCUL DE LA CONSOLIDATION ATTEINTE DANS CHAQUE COUCHE DRAINANTE POUR UN TEMPS DONNE $t = t_1$ iii) COURBE DES TASSEMENTS EN FONCTION DU TEMPS iv) CORRECTION (SI IL Y A LIEU) POUR UN CHARGEMENT VARIABLE DANS LE TEMPS	$S_{t_1} = U\%(1)t_1 + U\%(2)t_1 + \dots + U\%(I)t_1$ et avec: $U\%(I)t_1 = f(T(I)) = \frac{C_v(I)t}{H^2(I)}$ TERZAGHI (1943) OU TAYLOR (1948)

Il est très difficile d'obtenir une vue claire du réseau de drainage des excès de pressions interstitielles même lorsque les études portant sur la stratigraphie du dépôt sont faites avec soin. Cette difficulté d'analyse est telle que les erreurs sont souvent considérables et que les résultats sont peu fiables. Les écarts entre les valeurs calculées et les valeurs réelles peuvent être minimisés lorsque les comportements des ouvrages situés dans une région sont connus et lorsqu'il est possible de faire intervenir des facteurs de correction soit en rapport avec les distances de drainage, soit en rapport avec les paramètres du sol, soit par une combinaison des deux actions.

Nouvelles méthodes d'analyse

La méthode conventionnelle ne permet pas d'analyser l'interaction entre les pressions intergranulaires (fonctions entre autres choses des pressions interstitielles en excès), les déformations et le temps, et ceci, à cause des limitations des méthodes analytiques elles-mêmes. Il faut donc recourir à des méthodes analytiques différentes lorsqu'on souhaite étudier simultanément l'influence des trois facteurs.

Peu de chercheurs ont réussi à mettre au point ces nouvelles méthodes d'analyse des tassements. Les plus récentes techniques d'analyse font appel aux éléments finis. Les équations de drainage sont alors couplées aux calculs des contraintes et des déformations.

Une méthode de solution partielle a déjà été publiée par Hwang, Morgenstern & Murray (1971) et par Soulié (1970). Le travail amorcé par Soulié (1970) s'est poursuivi à l'École Polytechnique et il existe maintenant une méthode d'analyse globale des tassements bi-dimensionnels d'un sol sous un remblai flexible. Actuellement ces nouvelles méthodes donnent des résultats comparables aux résultats observés sur de nombreux sites. On obtient non pas uniquement les déformations instantanées résultant de la mise en place du remblai mais aussi les tassements en fonction du temps.

Il est hors de tout doute que dans peu d'années ces méthodes, malgré leur grande complexité, seront utilisées couramment. Les paramètres qu'il faut fournir sont faciles à déterminer et il suffit de définir sur une grille de points les pressions interstitielles initiales pour obtenir quelques heures plus tard la solution au problème. La seule limitation quant à la complexité des problèmes analysés provient de la grosseur de la mémoire centrale de l'ordinateur utilisé et l'on peut devoir recourir aux ordinateurs de type CYBER 74 ou IBM 375 dans le cas de problèmes compliqués.

Toutefois, certains de ces programmes d'analyse (Soulé 1970) ont été mis au point pour des ordinateurs du type IBM-360-50 et peuvent analyser des cas assez complexes de sols hétérogènes anisotropes avec des géométries complexes. ■

RÉFÉRENCES

- CASAGRANDE, A. (1932) « *The Structure of Clay and its Importance in Foundation Engineering* ». Journal Boston Society of Civil Engineering, April.
- HWANG, C. MORGENSTEN, N.R. & MURRAY, D.W. (1971) « *On Solutions of Plane Strain Consolidation Problems by Finite Element Methods* ». Canadian Geotechnical Journal, vol. 8, pp. 109-118.
- KARROW, P.F. (1961) « *The Champlain Sea and its Sediments Soils in Canada* ». The Royal Society of Canada, Spec. publ. no. 3.
- KENNEY, T.C. (1968) « *A Review of Recent Research on Strength and Consolidation of Soft Sensitive Clays* ». Revue Canadienne de Géotechnique, vol. 5, no 2, pp. 97-119.
- LOISELLE, A., MASSIERA, M. et SAINANI, U.R. (1971) « *A Study of the Cementation Bonds of the Sensitive Clays of the Outardes River Region* ». Revue Canadienne de Géotechnique, vol. 8, no 3, pp. 479-498.
- LOWE, J. III, JONAS, E. & OBRICIAN, V. (1969) « *Controlled Gradient Consolidation Test* ». Journal American Society for Civil Engineers, vol. 95, SM1 pp. 77-97.
- PERLOFF, W.H., BALADI, G.Y. & HAN, M.F. (1967) « *Stress Distribution within and under Long Elastic Embankments* ». Highway Research Board Record, no. 181, pp. 12-40.
- SCHMERTMANN, J.M. (1955) « *The Undisturbed consolidation of Clay* ». Transaction American Society of Civil Engineers, vol. 120, p. 1201.
- SOULIE, M. (1970) « *Consolidation multidimensionnelle par la méthode des éléments finis* ». Cahier de Mécanique des Sols, no 70-2, École Polytechnique.
- TAYLOR, D.W. (1948) « *Fundamentals of Soil Mechanics* ». John Wiley & Sons, pp. 290-292.
- TERZAGHI, K. (1943) « *Theoretical Soil Mechanics* ». John Wiley & Sons, pp. 286-289.
- WISSA, A.E.Z. & HEIBERG, S. (1969) « *A New-one-dimensional Consolidation Test* ». Res. Report 69-9, SM Publication 229, Dept. Civil Engineers, MIT.

DÉFINITIONS

- C_v coefficient de consolidation *
- C_c indice de compression *
- C_r indice de recompression
- C_s indice de gonflement
- e indice des vides
- h hauteur de la couche
- H épaisseur de la couche soumise à un changement ΔP
- P pression totale appliquée
- P_o pression verticale des terres
- P_c pression de consolidation ou pression de pré-consolidation
- $(P_c - P_o)$ surconsolidation
- S tassement ultime total
- S_i tassement de chaque couche
- S_t tassement au temps t
- t temps quelconque
- T facteur temps
- $U\%$ degré de consolidation = $\frac{S_t}{S} \%$

* Voir figure 7.

BOUTHILLETTE & PARIZEAU

INGÉNIEURS-CONSEILS
Mécanique - Électricité

9825, rue VERVILLE

Montréal 357 — 387-3747

LALONDE, VALOIS
LAMARRE, VALOIS
& ASSOCIÉS, INC.
EXPERTS-CONSEILS CONSULTANTS



615, RUE BELMONT

MONTRÉAL 101



MON-TER-VAL INC.

Étude & contrôle des sols
Contrôle du béton et de l'asphalte

1470, RUE MAZURETTE, MONTRÉAL 355
TÉL. : 514 - 381-8041

MARC R. TRUDEAU, ING.
J.-RENÉ LALANCETTE, ING.
GILLES GASCON, ING.

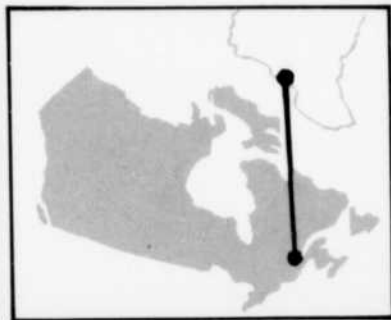
CLÉMENT VIGNEAULT, ING.
FERNAND DE SERRES, ING.

Trudeau, Gascon, Lalancette et Associés
Ingénieurs-Conseils

PLACE DU CANADA, SUITE 2220, MONTRÉAL H3B 2N2 / 866-2471



Bob McCulloch, natif de Brockville, Ontario, a étudié au High School de Beaconsfield à Montréal. Il est, depuis 1968, bachelier en génie civil de l'université McGill et travaille depuis lors pour Bechtel Canada à Montréal. Il participa à plusieurs travaux dont l'agrandissement de l'usine Canadian British Aluminium à Baie-Comeau au Québec. Il fut délégué à un projet pour Allied Chemical à Hopewell en Virginie. Il collabora également à des rénovations aux usines de Clarabelle Mill et Coppercliff Mill de l'Inco à Sudbury en Ontario. Il surveilla la conception et l'érection de la structure de l'usine de broyage de minéral, et plus particulièrement l'usine de concentration, les parcs de stockage et le système de manutention des matériaux pour le projet Greenex. Bob est marié et père d'une fillette.



“Le Mont Black Angel n'était guère angélique”

affirme Bob McCulloch, membre de l'équipe Bechtel Canada qui a dirigé avec succès les travaux d'aménagement du projet Greenex. Qu'est Greenex? La construction d'un chantier minier dans le but d'extraire quotidiennement 1,650 tonnes métriques de minerais de zinc et de plomb de la montagne Black Angel, sur la côte ouest du Groënland.

Cominco Ltd. avait confié au bureau de Montréal de Bechtel Canada les responsabilités d'ingénierie, d'approvisionnement, de coordination et direction de la construction. Des entrepreneurs danois, suisses et canadiens ont coopéré à l'aménagement. La construction d'un téléphérique long d'un mille fut une réalisation toute particulière. La pénétration de la calotte glaciaire compliquait les travaux de fondation dans le roc et le sous-sol. Les vingt-quatre heures de clarté par jour en été et seulement deux heures l'hiver rendaient les conditions de travail inhabituelles. Les arrivages de matériel se limitaient à six mois par année à cause du gel des voies accessibles et des icebergs. Malgré tout, la planification détaillée de logistique permit de terminer les travaux à temps en deça de dix-huit mois. L'exploitation de la mine commença deux mois *plus tôt* que prévu. Bob McCulloch a entretenu au cours des travaux des relations étroites avec les ingénieurs danois et fit personnellement preuve de diplomatie internationale.

L'exemple de Greenex démontre parfaitement, non seulement au Canada, mais au monde entier, que Bechtel Canada et son personnel canadien peuvent relever les plus grands défis d'ingénierie et d'administration.



CANADA
1949-1974

CANADIAN BECHTEL LIMITED

Concepteurs / Constructeurs / Directeurs de travaux

Montréal

Toronto

Edmonton

COMMUNIQUÉS

CANADA MÉTRIQUE

La Commission du système métrique est un organisme consultatif, créé en juin 1971 et relevant du ministère fédéral de l'Industrie et du Commerce, dans le but de préparer un programme d'ensemble pour la conversion au système métrique et en assurer la coordination dans les divers secteurs de l'économie canadienne.

Le président de la Commission, M. S.M. Gossage, a expliqué au cours d'une conférence de presse que le processus de conversion au système métrique doit être complété vers 1980 et sera réalisé en quatre phases distinctes.

D'abord une phase d'investigation, actuellement complétée, qui a consisté principalement dans l'étude des méthodes adoptées dans d'autres pays pour la conversion au système métrique. Les commissaires ont également formé 11 comités directeurs chargés de la responsabilité des activités de conversion dans des secteurs économiques apparentés.

Une deuxième phase de planification a débuté en mars 1972, alors que l'on a confié des contrats de sous-traitance à des conseillers en gestion afin de définir les différentes étapes à franchir. Des comités de planification ont également été créés au sein des comités directeurs afin d'établir les priorités. Cette deuxième étape devrait être complétée en 1975.

En 1976, la commission devrait être en mesure de fixer un échéancier, afin de permettre aux organisations individuelles de fixer leurs propres calendriers, dans le cadre du programme d'ensemble.

Enfin, la phase de l'implantation définitive devrait se réaliser entre les années 1977 et 1980, quoique les unités métriques soient déjà employées dans divers domaines, comme la photographie et la pharmacie, depuis quelques années.

M. Gossage a également fait remarquer que la véritable implantation a commencé au Canada en 1973, alors qu'une bonne partie des hôpitaux canadiens ont adopté le système métrique.

Actuellement, près de 94 pour cent de la population mondiale a adopté le système métrique ou est en train de s'y convertir.

Aux États-Unis, la conversion ne fait l'objet d'aucun programme d'ensemble mais plusieurs grandes entreprises, dont General Motors, ont annoncé leur intention d'adopter les mesures métriques avant la fin de la décennie.

NOUVELLE ASSOCIATION PROVINCIALE D'INGÉNIEURS-CONSEILS

Les ingénieurs-conseils du Québec seront maintenant représentés par un seul organisme, l'Association des Ingénieurs-Conseils du Québec. Cette association remplacera la Section des Ingénieurs-Conseils de la Corporation des Ingénieurs du Québec qui a été dissoute avec l'entrée en vigueur de la nouvelle loi des Corporations, le 1er février dernier. Elle remplacera aussi le Chapitre du Québec de l'Association des Ingénieurs-Conseils du Canada.

« L'industrie du génie-conseil au Québec est une jeune industrie », a déclaré son président, Paul T. Beauchemin. « En 1950, il n'y avait qu'une dizaine de firmes. Avec le développement accéléré du Québec, depuis les années 60, cette industrie s'est accrue au point qu'en 1973, on pouvait compter quelque 300 firmes, avec un personnel total d'au-delà de 7.500. On estime que cette année, elle assure à plus de 8.000 québécois, dont près de 3.000 sont des ingénieurs et autres professionnels, un emploi hautement spécialisé.

La contribution directe de l'industrie du génie-conseil québécois en 1972 se chiffrait à environ \$150 millions, dont près de la moitié en salaires. Plus importantes encore que le volume de ses opérations sont les connaissances technologiques, c'est-à-dire le « savoir faire » que possèdent maintenant les ingénieurs-conseils québécois. Rappelons-nous que ceux-ci ont réalisé ou ont contribué étroitement à la réalisation d'une gamme de projets variés tels que le réseau d'autoroutes québécois, les barrages et centrales électriques du complexe Manicouagan-Outardes, l'Expo 67, les gratte-ciel de Montréal et Québec, des nouvelles villes du Grand Nord, le pont Pierre-Laporte, le pont-tunnel Hippolyte-Lafontaine et combien d'autres.

Les ingénieurs québécois ont prouvé qu'ils étaient à l'avant-garde de la technologie et le génie-conseil québécois possède une bonne part de cette technologie. »

Parmi les buts que s'est fixés la nouvelle association, les principaux sont de s'assurer que son expérience continuera à contribuer au développement de la province et à encourager le maintien par les ingénieurs-conseils de normes professionnelles élevées.

Même si les lettres patentes de cette nouvelle association n'ont été accordées

par le gouvernement du Québec que le 31 janvier 1974, elle fonctionne déjà. Le ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec a reconnu l'industrie du génie-conseil en nommant récemment un représentant à titre d'interlocuteur, suite à un mémoire qu'ont présenté les ingénieurs-conseils au ministre Guy Saint-Pierre. Un plan d'action pour l'avenir est en préparation et sera soumis aux membres pour approbation, lors d'une assemblée plénière prévue pour le mois d'avril 1974.

Les membres du conseil d'administration de l'Association des Ingénieurs-Conseils du Québec sont :

Président :

Paul T. Beauchemin, ing.

Vice-président :

Maurice Vinet, ing.

Trésorier :

Louis L. Denoncourt, ing.

Secrétaire :

Paul-A. Hotte, ing.

Administrateurs :

Marc-A. Gendron, ing.

Jacques Roy, ing.

Jacques Tremblay, ing.

LE	ASSOCIATION DES DIPLÔMÉS DE POLYTECHNIQUE
	SERVICE DE PLACEMENT
MOIS	Avis aux employeurs

Compte tenu de l'augmentation continue des coûts pour maintenir le service de placement, le Conseil d'administration de l'Association des Diplômés de Polytechnique se voit dans l'obligation de hausser ses honoraires afin d'alléger la partie des frais encourus par l'A.D.P.

Par la présente, veuillez prendre avis, qu'à compter du 1^{er} avril 1974, des honoraires de \$50 sont demandés, pour chaque offre d'emploi, à tout employeur s'adressant au Service de placement. Ce service comprend : entrevues, communiqués sélectifs, insertion de l'offre dans la revue L'INGÉNIEUR (tirage : 8 000 exemplaires).

Pour renseignements additionnels, nous invitons les intéressés à communiquer avec :

M. Didace Beaulieu, ing.
 Directeur du Service de placement
 Association des Diplômés de Polytechnique
 a/s École Polytechnique
 Case postale 6079 — Succursale « A »
 Montréal, Québec, H3C 3A7
 Téléphone : (514) 344-4764

Le président de l'A.D.P.
 YVAN HARDY, ING.

OFFRES D'EMPLOI

— **BESSETTE, CREVIER, PARENT, TANGUAY & ASSOCIÉS**, ingénieurs-conseils (Mme Perreault) 1157 est, rue Ste-Catherine, Montréal, Québec H2L 2G8. Tél. : (514) 524-3575.

Ce bureau est à la recherche d'un ingénieur possédant cinq (5) années ou plus d'expérience en génie municipal pour prendre en charge les opérations de leur succursale établie à Edmunston, Nouveau-Brunswick.

Les intéressés sont priés d'adresser leur curriculum vitae à Mme Perreault.

— **COLT INDUSTRIES (CANADA) LIMITED** (M. Michel Neault, ing., surintendant du Service de l'entretien) Sorel, Québec. Tél. : (514) 743-7931.

Cette importante compagnie est à la recherche d'un jeune ingénieur diplômé en génie civil, mécanique ou industriel.

Ingénieur de maintenance, le candidat choisi sera affecté à la mécanique du bâtiment et aux réparations réfractaires. Il participera à l'organisation du service d'entretien et aura en charge la centrale thermique et la station de pompage. Il fera aussi la surveillance de travaux que nécessitent les nouvelles installations.

Lieu de travail : Sorel ; salaire : à discuter.

Les intéressés sont priés de communiquer avec M. Neault.

— **CITÉ DE HULL** (M. Robert Lesage, secrétaire) Comité exécutif, Hôtel de Ville, Hull, Québec.

Adjoint au directeur des Services techniques

Pour ce poste, la Cité de Hull est à la recherche d'un ingénieur possédant une expérience de 8 à 10 ans des services municipaux ou services connexes avec, de plus, une expérience administrative et des aptitudes à diriger une équipe composée d'ingénieurs, de dessinateurs, d'hommes d'instrument et d'un arpenteur. Le candidat devra être bilingue.

Le candidat choisi aura pour fonction de seconder le directeur dans la planification, l'organisation, la direction et le contrôle des activités du Service, et de coordonner le travail de mise en plan des projets de la Cité et de voir à leur exécution.

Les avantages sociaux sont très intéressants et le salaire variera de \$17,000 à \$23,000 par année selon les qualifications.

Les intéressés devront faire parvenir leur curriculum vitae à M. Lesage à l'adresse ci-haut mentionnée.

— **DISTRICO INC.** (M. Jacques Roland, vice-président) 10378, avenue Pelletier, Montréal-Nord, Québec H1H 3R3. Tél. : (514) 325-4460.

Cette société est à la recherche d'un ingénieur diplômé en génie mécanique, âgé de trente ans ou plus et parfait bilingue.

Le candidat choisi possédera une expérience d'usine, connaîtra à fond les machines outils telles que fraiseuses, tours, etc., ainsi que les instruments de précision.

Salaire : Minimum de \$20,000 par année avec possibilité de devenir actionnaire.

Note : Les intéressés sont priés de communiquer immédiatement avec M. Roland.

— **CYANAMID OF CANADA LIMITED** (M. André Charbonneau, directeur du personnel ou Mlle Jacqueline Oligny) 25, rue Mercier, St-Jean, Québec J3B 6E9. Tél.: (514) 658-6604 (ligne directe avec Montréal).

Cette compagnie, actuellement en période d'expansion, est à la recherche de deux (2) ingénieurs pour son usine de St-Jean (produits formica).

a) un jeune ingénieur récemment diplômé en génie chimique. Salaire initial: \$800/mois.

b) un ingénieur diplômé en génie électrique, possédant 4 à 5 années d'expérience, bilingue, pour voir à l'entretien général de l'usine. Salaire: \$15,000 ou plus par année, d'après les qualifications et l'expérience.

Note: Les intéressés sont priés de s'adresser directement à M. Charbonneau ou, en son absence, à Mlle Oligny.

— **MELOCHE INC.** (M. Gaston Moreau, ing., directeur de la division construction) 3125, boulevard St-Charles, Kirkland, Québec H9H 3B9. Tél.: (514) 695-3395.

Cette entreprise est à la recherche d'un jeune ingénieur diplômé en génie civil. Le candidat choisi sera responsable de la bonne marche des usines de béton et d'asphalte.

Note: Les intéressés sont priés de s'adresser directement à M. Moreau.

— **SERVICE DE PLACEMENT DE L'A.D.P.** (M. Didace Beaulieu, ing., directeur) a/s École Polytechnique, case postale 6079, succ. A, Montréal, Québec H3C 3A7. Tél.: (514) 344-4764.

À la demande de **Lemoine Mines Limited**, nous annonçons le poste suivant:

Ingénieur en chef —

Le candidat choisi sera affecté à la mise en production d'une mine de cuivre-zinc — dépôt localisé dans la municipalité de Lemoine à environ 40 milles de la Ville de Chibougamau. Il aura aussi l'occasion de participer à l'installation d'une usine de traitement du minerai.

L'ingénieur en chef sera responsable vis-à-vis le directeur de la mine pour toutes les opérations d'ingénierie se rattachant à l'exploration minière souterraine, à la planification, à l'organisation du travail, à la surveillance et aussi pour tous les services de la mine tels que: ventilation, contrôle des eaux, etc.

Il est convenu que le logement à Chibougamau sera fourni au candidat choisi.

Les intéressés sont priés de s'adresser à M. Beaulieu.

— **UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE** (M. B. Ashikian, directeur — département de génie mécanique) Sherbrooke, Québec J1K 2R1. Tél.: (819) 565-4491.

Professeur demandé —

Le département de génie mécanique de la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Sherbrooke requiert immédiatement les services permanents d'un professeur (enseignement et recherche) spécialisé en mécanique de fabrication et/ou génie industriel.

Le candidat recherché est:

Titulaire d'un Ph.D., d'un M.Sc. ou d'un M.Eng., avec quelques années d'expérience dans l'industrie ou dans l'enseignement, ou ingénieur possédant au moins 5 années d'expérience industrielle pertinente. Il devra de plus être membre de l'Ordre des Ingénieurs du Québec et capable d'enseigner en français.

Les intéressés sont priés de faire parvenir leur curriculum vitae à M. Ashikian dans le plus bref délai possible.

MESSAGE AUX INTÉRESSÉS

GOLF — TOURNOI ANNUEL

Association des Diplômés de Polytechnique

Club de Golf Lachute

Vendredi, 9 août 1974

Note: Les formules d'inscription seront adressées au début de juillet à tous les diplômés.

— **F. VINET, INC.**, entrepreneurs électriciens (M. Marcel Léger, ing.) 1200, rue St-Amour, Ville St-Laurent, Québec H4S 1J2. Tél.: (514) 332-2213.

Cette compagnie est à la recherche d'un jeune ingénieur électricien qui serait intéressé à joindre les cadres d'une entreprise d'envergure, bien établie. Les différentes phases d'entraînement du candidat seront les suivantes:

a) Étude et compilation sur le chantier des coûts d'installation des matériaux électriques d'un projet.

b) Estimation des coûts et des quantités pour des projets d'installation électrique à partir de plans et devis de soumission.

c) Participation à la mise en marche et coordination des projets.

Salaire à discuter — poste à être rempli immédiatement.

Les intéressés sont priés de faire parvenir leur curriculum vitae ou de communiquer directement avec M. Léger.



Les Laboratoires
Ville Marie Inc.

Géotechnique-Matériaux

1875, Boul. INDUSTRIEL, VILLE DE LAVAL H7S 1P5 QUEBEC TEL: 514/663-8180

**La Commission des Écoles Catholiques
de Montréal
OFFRES D'EMPLOI**

ARCHITECTE

INGÉNIEUR EN STRUCTURE — Service de la Construction

INGÉNIEUR EN ÉLECTRICITÉ

Fonctions:

— Concevoir, préparer et recommander les esquisses et les plans et devis de divers projets de rénovation, de transformation et de construction d'édifices.

— Conseiller le personnel du service touchant les questions relevant de sa spécialité.

— Effectuer la surveillance des travaux; s'assurer que les entrepreneurs respectent les plans et devis, les délais et la livraison de l'édifice tel que prévu.

Exigences:

Diplôme universitaire en génie ou architecture selon la spécialité.

Six (6) années d'expérience dans des travaux de construction, et/ou transformation, et/ou rénovation.

Traitement:

Jusqu'à un maximum de \$17,627 selon l'expérience et la compétence (sujet à révision pour l'année en cours).

Les candidats intéressés doivent faire parvenir leur curriculum vitae, en précisant leurs qualifications et leur expérience ainsi que les motifs de leur demande au

Directeur de la sélection
du personnel administratif
La Commission des Écoles
Catholiques de Montréal
3737 est, rue Sherbrooke
Montréal H1X 3B3

Le secrétaire général,
Sylvio de GRANDMONT

ÉVÉNEMENTS À VENIR

A Q T E

Association québécoise des Techniques de l'Eau
12ième Congrès annuel
Hôtel Sheraton Mont-Royal — Montréal
du 12 au 15 mai 1974

Le thème du congrès : « L'AQTE S'ENGAGE » indique par lui-même que tous les membres et amis de l'AQTE seront appelés à se prononcer sur des sujets précis, à participer à des ateliers de travail pour dire ce qu'ils pensent de l'AQTE et planifier son orientation.

Les ateliers porteront sur :

- 1 — Financement
- 2 — Orientation à court et à long terme
- 3 — Programme de l'AQTE
- 4 — Les activités de l'AQTE
- 5 — L'intérêt généré par l'AQTE auprès du public

Note : Tout renseignement peut être obtenu en s'adressant à :

M. Pierre Desjardins
Directeur du Congrès
Association québécoise des Techniques de l'Eau
6065 ouest, rue Sherbrooke, chambre 4
Montréal, Québec H4A 1Y2
Téléphone : (514) 488-9519

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Colloque sur
la conversion de l'énergie éolienne
29 mai 1974

Le Département de génie mécanique, sous les auspices de l'ACFAS, organise le 29 mai 1974 un colloque ayant comme thème « Énergie éolienne : réalisations et possibilités ».

Les activités comprendront :

- des sessions techniques où divers groupes œuvrant dans le domaine présenteront leurs activités, leurs réalisations et leurs objectifs.
- des ateliers traitant des aéromoteurs, des systèmes intégrés, des applications aux unités domestiques et de la coordination de la recherche.
- deux allocutions prononcées par le Dr T.A. Lawand, directeur de l'Institut Brace de l'Université McGill et par le professeur W.E. Heronemus de l'Université de Massachusetts.
- Frais d'inscription : \$15 incluant (2) repas et (1) exemplaire des comptes rendus.

Note : Pour renseignements additionnels, s'adresser à :

Dr R. Camarero
Faculté des Sciences appliquées
Université de Sherbrooke
Sherbrooke, Québec J1K 2R1
Téléphone : (819) 565-4482

COLLOQUE

DIMENSIONNEMENT ET SÉCURITÉ DES PIÈCES COMPRIMÉES EN BÉTON ARMÉ

Université Laval, Québec, Canada — 29 et 30 août 1974

Invitation à assister au colloque organisé par :

Association Internationale des Ponts et Charpentes (AIPC)
Société Canadienne de Génie Civil (ICI)

Les thèmes suivants seront étudiés :

Thème I : Modèles physico-mathématiques et considérations théoriques

Thème II : Méthodes simples de calcul

Thème III : Concept de sécurité

Thème IV : Problèmes spéciaux

Langues officielles : allemand, anglais et français

La traduction simultanée sera assurée pendant les séances de travail.

Note : Il est malheureusement trop tard pour inviter les personnes intéressées à présenter une communication. Pour tout autre renseignement, prière de s'adresser à :

M. Luc Lachance, ing.
Professeur agrégé
Département de Génie civil
Faculté des Sciences
Université Laval
Cité Universitaire
Québec, Canada G1K 7P4

CONGRÈS UPADI

Union pan-américaine des Ingénieurs
Toronto, du 6 au 12 octobre 1974

La XIII^e biennale de l'Union pan-américaine des ingénieurs (UPADI) aura lieu à l'Hôtel Royal York de Toronto, du 6 au 12 octobre 1974. Ce Congrès comprendra en outre la sixième d'une série de conférences pan-américaines sur l'enseignement du génie.

Au même moment, l'Institut canadien des ingénieurs tiendra sa réunion annuelle à Toronto et il intégrera l'aspect technique de son assemblée aux activités de UPADI. D'autre part, un séminaire d'une journée portant sur l'enseignement du génie au Canada occupera l'horaire du mercredi 9 octobre, et apportera une optique canadienne au sujet plus général choisi par UPADI.

Le congrès se déroulera sous le thème « Les priorités du développement » et on l'abordera sous plusieurs aspects :

- 1) Inventaire des ressources américaines
- 2) Génie et la nutrition
- 3) Génie et l'énergie
- 4) Échanges technologiques

Le séminaire sur l'enseignement canadien du génie porte le titre « À l'assaut des défis que pose une nation en évolution ». Il comprendra sept conférences et des discussions de groupe.

Le congrès a établi ses quartiers généraux aux bureaux de l'APEO à 236, avenue Road, Toronto (M5R 2J5).

CARNET

BEAUSÉJOUR, Gaston, Poly '61, a été nommé directeur général de l'informatique à Statistique Canada.

M. Beauséjour débuta sa carrière en informatique comme conseiller technique pour la firme IBM Canada. Il fut subséquemment vice-président d'Aquila — BST Ltée, firme montréalaise de conseillers en informatique, et directeur de l'informatique au secrétariat du Conseil du trésor du gouvernement québécois.

DROUIN, Jacques A., Poly '64, a été nommé au poste de directeur de la région du Québec pour la compagnie Urwick, Currie & Associés Ltée. M. Drouin détient une maîtrise en gestion des entreprises de l'Université McGill.

FERLAND, Laurent, Poly '55, de St. Lawrence Columbian and Metals Corporation, jusqu'ici vice-président — mines et gérant de la mine d'Oka, est muté au siège social pour assumer de nouvelles fonctions. Il sera désormais responsable du marketing et des relations avec les clients.

FILION, André, Poly '66, a terminé avec succès son M.B.A. à l'Université de Sherbrooke. Il s'est joint, en janvier 1974, à la firme de conseillers en administration Woods, Gordon & Cie, à titre de conseiller en Économie et Marketing.

HUPPE, Maurice, Poly '55, jusqu'à maintenant gérant du secteur Drummondville pour l'Hydro-Québec, a été nommé au poste de directeur de la région Abitibi pour cette même société.

HURTUBISE, Jacques E., Poly '34, directeur du Département de Génie Civil de l'École Polytechnique, vient d'être nommé « Fellow » de l'Institut Canadien des Ingénieurs. Ce titre est attribué pour reconnaître l'excellence dans l'exercice de la profession, ainsi que les contributions à la société en général.

LOISELLE, Léo L., Poly '51, a été nommé au poste de vice-président de la Société d'Ingénierie Shawinigan Limitée.

M. Loiseau a eu la responsabilité d'études de centrales thermiques d'envergure construites au Québec, en Alberta et dans les Maritimes. Il a, de plus, occupé successivement, au sein de la Société d'Ingénierie Shawinigan, les postes de directeur-adjoint de l'ingénierie et de directeur-adjoint des opérations.

LAMBERT, Gaston, Poly '61, associé principal dans la firme Brunelle, Lambert & Associés, ingénieurs-conseils en télécommunications, a été élu le 5 novembre dernier Conseiller municipal de la Ville de St-Lambert.

M. Lambert a depuis été désigné comme membre du comité de planification de la Ville et président de plusieurs comités « ad hoc ».

Il a, de plus, été désigné maire-suppléant pour les mois de février, mars, avril et mai 1974.

MARTEL, Lucien, Poly '68, qui était auparavant Assistant District Engineer, Pollution Control Branch, en Colombie Britannique, a accepté le poste de directeur des Services techniques pour la Cité de Chicoutimi.

MORISSETTE, Robert, Poly '64, qui était auparavant associé de la firme Trudeau, Gascon, Lalancette et Associés, est maintenant Ingénieur de Projet à la Société de Développement de la Baie James.

M. Morissette est de plus président de la Fondation Richelieu-Montréal.

PANET-RAYMOND, Robert, Poly '65, détient une maîtrise en administration des affaires de l'Université Harvard. Dernièrement, il accédait au rang d'associé et au poste de vice-président de la firme Ducharme, Déom & Associés Inc., cabinet de conseillers en administration, offrant un éventail de services aux entreprises privées et aux gouvernements.

PÉPIN, J.-Guy, Poly '67, auparavant avec Masonite Canada Limitée, division des panneaux rigides, à Gatineau, est maintenant surintendant à la production de l'usine de carton des Emballages Domtar Limitée à East-Angus.

POIRIER, Gilles, Poly '51, directeur de l'Embauchage, direction générale du Personnel, Hydro-Québec, a été nommé en octobre dernier directeur de projet — Outardes 2, ce qui entraînera la réouverture d'un chantier laissé désert en mars 1968, à la suite d'une révision du programme d'équipement de l'Hydro-Québec.

RACICOT, Louis-G., Poly '60, a été nommé récemment au poste de vice-président de l'exploitation de la division des services professionnels de Warnock Hersey International Limited.

M. Racicot s'est joint à la division, en 1972, à titre de directeur de l'exploitation. À son nouveau titre, ses fonctions englobent tous les domaines de l'activité de la division des services professionnels et ses unités d'exploitation à travers le Canada et à l'étranger.

THEMENS, Jean-Guy, Poly '60, ingénieur en chef de la Cité de Montréal-Nord, a été nommé directeur des Services de cette municipalité.

TURENNE, Gaston, Poly '49, vient d'être nommé directeur des projets à l'Hydro-Québec. Depuis 1965, il occupait le poste de directeur-adjoint des projets d'aménagements hydroélectriques.

Demandez cette brochure



qui vous indiquera comment obtenir un prêt de la BEI en vue d'établir, de développer ou de moderniser votre entreprise.

**BANQUE D'EXPANSION
bej INDUSTRIELLE**

Bureaux régionaux:

1583, rue Hollis, Halifax, N.-É. 161, Av. Portage, Winnipeg, Man., R3B 0Y4
800, carré Victoria, Montréal, P.Q. 900, rue West Hastings, Vancouver, C.-B. V6C 1E7
250, Av. University, Toronto, Ont., M5H 3E5 60 succursales au Canada

DÉCÈS

AMYOT, J. Jean, Poly '39, est décédé à St-Lambert le 23 octobre 1973, à l'âge de 59 ans.

Originaire de Ste-Philomène de Chateauguay, M. Amyot est un diplômé de l'École Technique de Montréal et de l'École Polytechnique. Il poursuivit des études d'arpenteur-géomètre et des études avancées en protection d'incendia.

Au tout début de sa carrière, il entra au service du ministère de la Voirie provinciale. Quelques années plus tard, il accepta le poste d'ingénieur en chef du service de la protection municipale des incendies de la Canadian Underwriters Association. Au moment de son décès, il était associé du bureau d'études, Amyot, Bahl et Associés, ingénieurs-conseils.

Membre du comité consultatif du Commissariat des Incendies de la Province de Québec, M. Amyot a à son crédit de nombreuses publications et conférences concernant ce domaine.

BEAUDOIN, Maurice, Poly '35, est décédé à Montréal le 26 novembre 1973, à l'âge de 62 ans.

Originaire de Montréal, M. Beaudoin fit ses études au Mont-St-Louis et à l'École Polytechnique de Montréal où il obtint son B.Sc.A.

Il fut plusieurs années au service du ministère de la Voirie provinciale en qualité d'ingénieur résident et de divisionnaire. Au moment de son décès, il occupait le poste de directeur de la promotion technique à la compagnie des Ciments du St-Laurent.

Membre du Conseil d'administration de l'Association des Diplômés de Polytechnique, il était aussi membre actif de plusieurs associations professionnelles et auteur de plusieurs publications.

CARLE, René, Poly '35, est décédé à Québec le 16 février 1974, à l'âge de 62 ans.

Originaire de Montréal, M. Carle fit ses études au Mont-St-Louis et reçut un B.Sc.A. de l'École Polytechnique de Montréal.

Dès le début de sa carrière, M. Carle entra au service du ministère de la Voirie provinciale où il s'occupa de la préparation des plans et devis de projets et de la surveillance de contrats. Il travailla par la suite pour le Canadien National et pour la compagnie Allied War Supplies Corporation.

DOZOIS, Nicolas, Poly '20, est décédé le 16 décembre 1972, à l'âge de 77 ans. Il était originaire de St-Cyprien de Napierville.

Dès le début de sa carrière, M. Dozois entra au service de la Ville de Montréal où il occupa différentes fonctions, en qualité d'ingénieur, aux divisions Voirie, Finances et Hydro-électricité.

DORAIS, Roger, Poly '24, est décédé à Montréal le 28 décembre 1973, à l'âge de 73 ans.

LACROIX, Émile, Poly '10, est décédé à Montréal le 27 janvier 1974, à l'âge de 88 ans.

Originaire de Montréal, M. Lacroix fit ses études au Mont-St-Louis et reçut un B.Sc.A. de l'École Polytechnique de Montréal.

Ingénieur civil et minier, M. Lacroix entra au service de la Ville d'Outremont en 1910. En 1924, le Conseil de Ville le nommait ingénieur administrateur, poste qu'il occupa jusqu'à sa retraite en 1951. Il demeura toutefois attaché à la Ville d'Outremont à titre d'ingénieur-consultant.

LAFRENIÈRE, Théo, J., Poly '09, est décédé le 19 janvier 1974, à l'âge de 86 ans.

Originaire de Sorel, M. Lafrenière fit ses études au Mont-St-Louis et reçut un B.Sc.A. de l'École Polytechnique de Montréal et une maîtrise en génie sanitaire du Massachusetts Institute of Technology.

Ingénieur sanitaire pour le Conseil d'hygiène de la Province de Québec, M. Lafrenière a, de plus, donné des cours à l'École Polytechnique, en génie sanitaire, durant plus de 40 ans.

Il était membre de plusieurs associations professionnelles et auteur de nombreuses publications.

MILLAR, Gérald, Poly '37, est décédé à Hull, Québec, le 4 décembre 1972. Il était originaire de Bryson, comté de Pontiac, Québec.

Au moment de sa retraite, en 1957, M. Millar occupait le poste d'ingénieur en chef, division du génie, ministère des Travaux publics fédéral.

MORISSETTE, Henri, Poly '63, est décédé le 2 janvier 1974.

D'après les derniers renseignements au fichier de l'A.D.P., M. Morissette était à l'emploi de la Commission de Transport de la Communauté Urbaine de Montréal.

PICARD, Armand, Poly '08

L'A.D.P. apprenait en février dernier le décès de M. Picard, diplômé de l'École Polytechnique en génie civil.

TESSIER, Joachim des Rivières, Poly '09, est décédé dernièrement à Québec, à l'âge de 89 ans.

Originaire de Québec, M. Tessier fit ses études au Séminaire de Québec, au Mont-St-Louis, à l'Université McGill et à l'École Polytechnique où il obtint son B.Sc.A. Ingénieur civil. Il poursuivit ses études et fut reçu arpenteur-géomètre.

Associé à M. Edmond Hamel dans la firme Hamel et Tessier, ingénieurs-conseils, ils furent nommés ingénieurs des villes de Lauzon, Lévis et Montcalm, cette dernière annexée plus tard à Québec. À compter de 1920 et jusqu'à sa retraite, M. Tessier s'occupa de placements et d'assurances au nom de la firme, Tessier, Fages, Robitaille et Cie.

VAILLANCOURT, Yvon, Poly '65, est décédé le 11 octobre 1972.

D'après les derniers renseignements au fichier de l'A.D.P., M. Vaillancourt était à l'emploi de Iron Ore Company of Canada à Schefferville, Québec.

MONTEL

Outil

de grandes réalisations



Stadium du Parc Jarry, Montréal



La Cité des Jeunes Rivière-du-Loup



Place de la Justice, Montréal



Hôpital Youville, Rouyn



Grand Théâtre de Québec



La Cité d'Alma

L'équipement de distribution électrique Montel fait partie de ces réalisations de chez nous.

Sa précision, son efficacité et près de 50 ans d'expérience sont également appréciés en d'autres pays; entre autres à Formose, au Honduras, en Tunisie, au Togo, au Dahomey et en Côte-d'Ivoire.

Voyez une installation MONTEL. Vous conviendrez de sa qualité.



MONTEL INC.

Siège social et usine:

Montmagny, Qué., Canada:
C.P. 130, Montmagny, Qué. G5V 3S5
Tél.: (418) 248-0235 Téléc.: 011-3419

Bureaux de ventes:

Québec:
Tél.: (418) 884-2715
Montréal: 235 est, Dorchester,
Suite 310, Montréal 129, Qué.
Tél.: (514) 861-7445 Téléc.: 01-20852
Toronto: C.P. 2062, Station "B",
Scarborough, Ontario M1N 2E5
Tél.: (416) 465-5409 Téléc.: 06-219787

LABORATOIRE DE BÉTON LTÉE

Contrôle qualitatif — Épreuve des matériaux

TÉL. : 729-6394

3800 EST, BOUL. MÉTROPOLITAIN, MONTRÉAL, QUÉ. H2A 1B8

LES LABORATOIRES INDUSTRIELS & COMMERCIAUX LIMITÉE

Établis depuis 1928

Professionnels et techniciens à votre service

- Étude géotechnique
- Contrôle qualitatif : béton, asphalte, sols
- Analyses chimiques

190 Benjamin-Hudon
Ville St-Laurent 379, P.O.

336-5650

COMPAGNIE NATIONALE DE FORAGE ET SONDAGE INC. (1937)

615, rue Belmont, Montréal 101

Spécialistes en Géotechnique

Sondages et forages ;
Essais en laboratoire ;
Rapports complets et
recommandations.



Tél. : 871-1117

Répertoire des annonceurs

- 12 Ascoelectric Limited
-
- 28 Banque d'Expansion Industrielle
- 22 Bouthillette & Parizeau
-
- 23 Canadian Bechtel Limited
- 2-3 Carrier Air Conditioning Company
- 26 Commission des Écoles Catholiques de Montréal
- 30 Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc.
-
- 13 Hewitt Équipement Limitée
-
- C II Jenkins Bros. Limited
-
- C IV KeepRite Products Limited
-
- 30 Laboratoire de Béton Ltée
- 30 Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc.
- 30 Laboratoires Industriels & Commerciaux Limitée, Les
- 12 Laboratoire International Limitée
- 26 Laboratoires Ville-Marie Inc., Les
- 12 Lalonde, Girouard, Letendre & Associés
- 22 Lalonde, Valois, Lamarre, Valois & Associés
-
- 29 Montel Inc.
- 22 Mon-Ter-Val Inc.
-
- 14-15 Trane Company of Canada, Limited
- 22 Trudeau, Gascon, Lalancette et Associés
- C III Trust Royal
-
- 30 Warnock Hersey International Limited

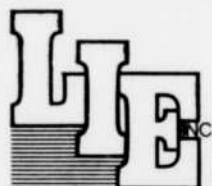


DIVISION DES SERVICES PROFESSIONNELS WARNOCK HERSEY INTERNATIONAL LIMITED

Services de consultation

Technique des sols • Expertises
Métallurgie et analyses minéralogiques
Essais chimiques et physiques
Études économiques et des marchés

Vancouver • Calgary • Edmonton • Regina • Winnipeg
Hamilton • Toronto • Montréal • Saint John • Halifax
Bureaux à l'étranger: Antilles, Amérique central et Amérique du Sud



Géotechnique / Contrôle Qualitatif
SONDAGES ETUDES / SOLS-BETON ASPHALTE-ACIER

8594 LAFRENAIE
MONTREAL 458
TEL: (514) 325 3040

2660 CHEMIN STE FOY
CP 9220 QUEBEC 10
TEL: (418) 653 8704

335 ST HUBERT
JONQUIERE
TEL: (418) 547 5719

LABORATOIRE D'INSPECTION ET D'ESSAIS INC.

Sans testament, vous ne pourrez pas laisser ce que vous voulez à qui vous voulez.

Tenez-le-vous pour dit! La façon dont vous voulez disposer de vos biens, quand vous n'y serez plus, c'est votre privilège. Exercez-le!

Ne faites pas comme la plupart qui sont trop occupés à pourvoir aux besoins de leur famille et qui remettent à plus tard leur testament. Plus tard sera peut-être trop tard. Sans un testament en bonne et due forme, c'est le gouvernement, et non vous qui décide du partage de vos biens, souvent au détriment des êtres qui vous sont chers.

Au Trust Royal, nous nous y connaissons en testaments. Un chargé de compte personnel vous aidera à planifier votre succession, au meilleur avantage de votre patrimoine et des êtres qui vous sont chers.

Pour de plus amples renseignements sur nos services de planification de succession, demandez nos dépliants gratuits traitant des services personnels du Trust Royal.

Faites-le maintenant. Plus tard peut être trop tard.

Veuillez m'envoyer vos dépliants: "Services personnels" et "Votre testament".
Sans obligation de ma part.

NOM: _____

ADRESSE: _____

TÉLÉPHONE: _____

L.I. _____

Services personnels

Trust Royal 

630 ouest, boul. Dorchester, Montréal
autres bureaux à :
Québec, Sherbrooke et Trois-Rivières

Le climatiseur KeepRite à condenseur extérieur, pour maison, est fait pour satisfaire vos clients.

Et vous.

Vos clients ne se contentent pas de promesses de rendement et de fiabilité. Il leur faut aussi un appareil à un prix convenant à leur budget. C'est pourquoi le climatiseur KeepRite est si satisfaisant pour eux . . . tout en l'étant pour vous, puisqu'il peut réduire vos frais d'installation.

Conçu et réalisé pour le climat canadien.

Parmi les dispositifs de sécurité: chauffe-carter sur la base du compresseur, dispositifs d'arrêt à basse température extérieure et à basse pression, filtre dessiccateur sur la tuyauterie. Le tout enfermé dans le coffre hermétique du compresseur qui assure une parfaite protection contre les intempéries.

Rendement sûr.

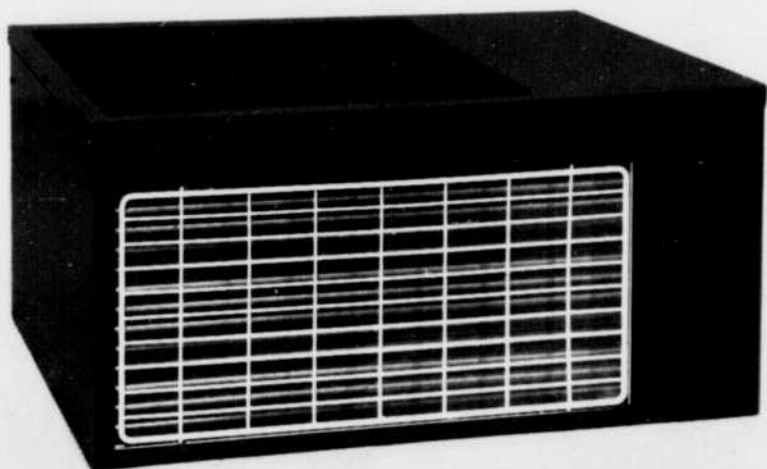
On peut se fier aux rendements indiqués par KeepRite. Autrement dit, pas besoin de choisir un appareil plus gros que celui apparemment nécessaire. Les rendements sont calculés à une température extérieure de 95°F.

Faibles frais d'installation.

Le serpentin de grandes dimensions demande un faible débit d'air et entraîne une faible baisse de pression statique. On peut donc souvent éviter les frais d'un moteur de ventilateur plus puissant dans le système à air pulsé.

Réduction des frais d'installation également grâce aux tubes préchargés de liquide réfrigérant et aux tuyaux de succion isolés d'avance. Le câblage électrique est fait à l'usine; les commandes standard, à fonctionnement contrôlé, sont facilement accessibles.

Le fonctionnement est efficace et silencieux grâce au courant d'air vertical, à faible vitesse sur le serpentin, et au compartiment de compresseur insonorisé. Ventilateur à deux vitesses en équipement standard.



Efficacité.

Un vaste choix d'éléments assortis permet de choisir les équipements convenant au service à fournir. Le fort rendement BTUH/W de ces éléments donne un climatiseur de grande efficacité.

Le tout au juste prix...

Récapitulez, vous verrez que KeepRite vous offre un appareil plus perfectionné qui assurera plus de satisfaction. Mais, notez-le bien, sans qu'il en vous coûte davantage: les prix de KeepRite sont compétitifs.

...et livré sans délai.

Pour plus de renseignements, appelez le bureau de vente KeepRite le plus proche.



KeepRite Products Limited, Brantford, Canada.

Division Unifin, London, Canada.

Bureaux de vente: Halifax, Montréal, Ottawa, Toronto, Hamilton, London, Winnipeg, Calgary et Vancouver.