



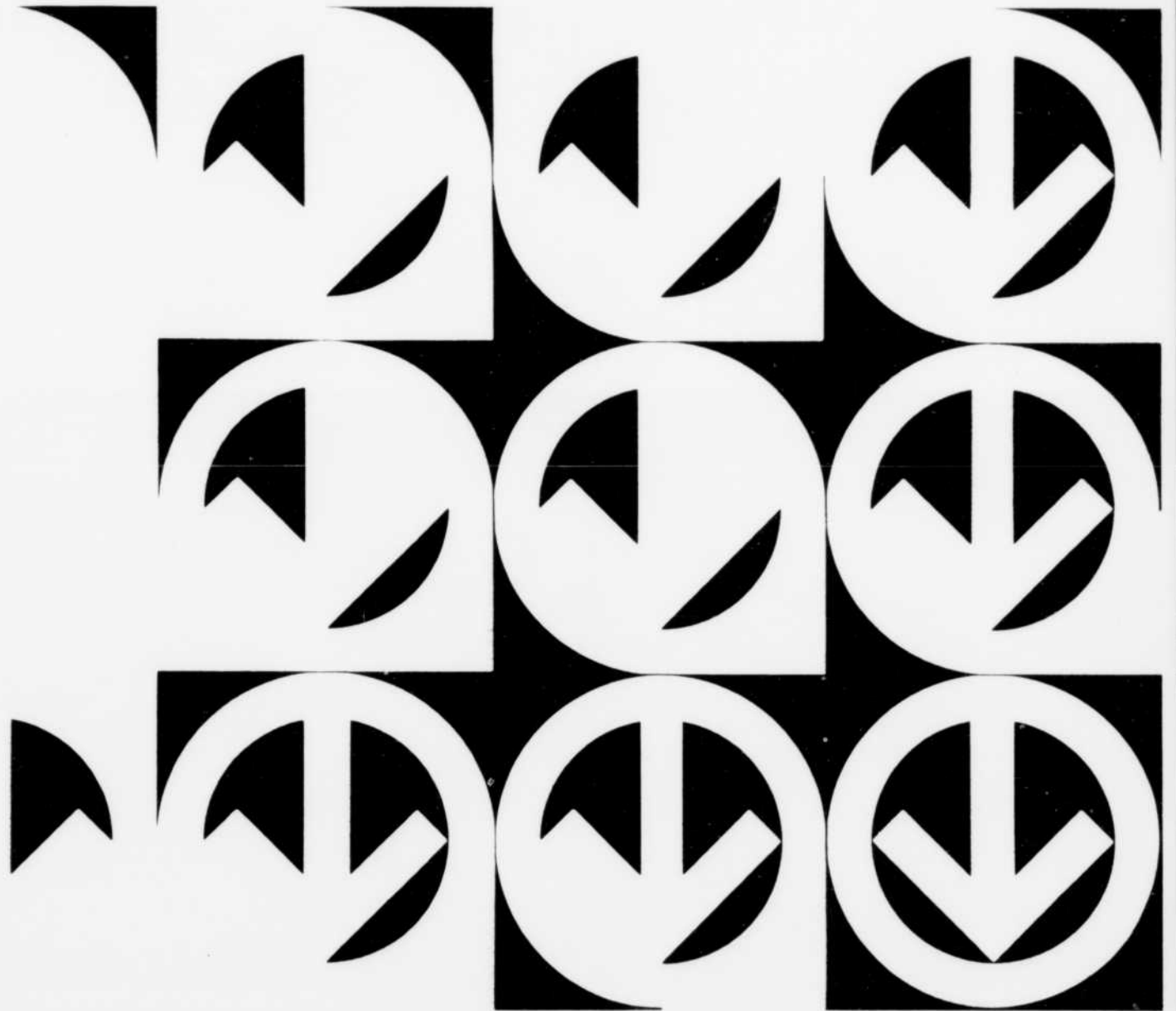
MAI/JUIN 1977
 No 319
 63^e année

INGÉNIEUR

WORLD REC'D JUL 5 1977

NORANDA
 RESEARCH CENTRE
 AUG 12 1977
 LIBRARY

MÉTRO 2



Affranchissement en numéraire au tarif de la troisième classe Permis No H-23
 Port de retour garanti : C.P. 6079, Succ. A, Montréal, Québec, H3C 3A7

Dr. W.H. Gauvin, Ing. M.É.É.
 Noranda Research Centre,
 240 Hyman Blvd.,
 Pointe Claire, Qué.

Avant d'aménager ou de modifier vos installations d'informatique, consultez les experts!



Voyez Control Data

Nous connaissons les ordinateurs. Toutes les sortes et toutes les marques. Et nous connaissons aussi la façon de les aménager en tenant compte de la sécurité, du confort et de l'efficacité. Si donc vous aménagez une nouvelle salle d'ordinateurs, ou si vous modifiez celle que vous avez, faites appel à l'expérience et aux connaissances technologiques de Control Data en matière d'agencement et d'ingénierie sur une base globale.

Consultez-nous en ce qui concerne la puissance non interrompible, la surélévation des planchers, la prévention et la détection d'incendies, le degré d'humidité requis, la sécurité, la climatisation sous les planchers, l'éclairage, les accès d'entretien et toute autre considération d'environnement. Nous pouvons concevoir l'installation complète, apporter des solutions aux problèmes d'électricité et d'ingénierie... ou répondre aux exigences particulières d'un emplacement.

Quels que soient vos besoins, quel que soit le type de système d'ordinateurs, ayez recours aux experts pour l'agencement global de votre salle d'ordinateurs... ou pour des solutions "à la carte" à vos problèmes spécifiques.

Pour de plus amples renseignements, communiquez avec le bureau régional de Control Data Canada, Ltée, 2020, University, Montréal H3A 2A5, Tél. (514) 845-4201 ou adressez-vous à la Division des installations, de la planification et de la construction, au 50, Place Hallcrown, Willowdale, Ont. M2J 1P7, Tél. (416) 492-4000.

GD
CONTROL
DATA



MAI/JUIN 1977
No 319
63^e année

L'INGÉNIEUR

NORANDA
RESEARCH CENTRE

AUG 12 1977

MÉTRO 2

LIBRARY DIVERS ASPECTS DE LA CONSTRUCTION

ADMINISTRATION ET RÉDACTION

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

COMITÉ ADMINISTRATIF

Jean-Caude NEPVEU, ing.
président
Claude BRULOTTE, ing.
Jacques DE BROUX, ing.
Roger FYEN, ing.
André-A. LOISELLE, ing.
Michel ROBERT, ing.
Michèle THIBODEAU-DEGUIRE, ing.

SECRÉTAIRE ADMINISTRATIVE

Yolande GINGRAS

RÉDACTRICE

Madeleine G. LAMBERT

COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION

Marcel FRENETTE, ing.
directeur
Thomas AQUIN, ing.
André BAZERGUI, ing.
Bernard BÉLAND, ing.
Gérald BÉLANGER, ing.
Guy DROUIN, ing.
André MAISONNEUVE, ing.
Normand McNEIL, ing.
Thomas J.F. PAVLASEK, ing.
Robert G. TESSIER, ing.
Clément VIGNEAULT, ing.
Charles VILLEMAIRE, ing.

PUBLICITÉ

JEAN SÉGUIN & ASSOCIÉS INC.
Courtiers en publicité
601, Côte Vertu, St-Laurent, Québec H4L 1X8
Téléphone : (514) 748-6561

ÉDITEURS :

Association des Diplômés de Polytechnique
En collaboration avec l'École Polytechnique de
Montréal, la Faculté des Sciences et de Génie de
l'Université Laval et la Faculté des Sciences appli-
quées de l'Université de Sherbrooke. Publication
bimestrielle. — 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. — Engineering
Index, Biol., Chem., Sci. Abstracts, Periodex et
Radar signalent les articles publiés dans L'IN-
GÉNIEUR — ISSN — 0020-1138 — Dépôt légal —
Bibliothèque nationale du Québec.

Tirage certifié : membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau



Coordonnateur

du présent numéro : *M. Serge Melançon, ing., est diplômé de l'École Polytechnique de Montréal, promotion 1963, option génie civil. Il occupe actuellement les fonctions d'ingénieur chef d'équipe à la division Construction du Bureau de Transport Métropolitain de la Communauté urbaine de Montréal.*

ARTICLES

3 LA GÉOLOGIE ET LA CONSTRUCTION DU MÉTRO par Marc Durand, Dr-Ing., ing.

La nature des formations recoupées par les tracés des tunnels et des tranchées du Métro constitue un des paramètres importants qui affectent le coût et le déroulement des travaux de construction. De plus, les tunnels excavés offrent au géologue une occasion unique d'obtenir des données de grande valeur et plus précises que celles fournies par les études en surface.

13 LA CONSTRUCTION DU MÉTRO par Serge Melançon, ing.

Bien que le métro de Montréal soit construit dans 80% des cas en tunnel dans le roc, d'autres méthodes ont également été utilisées comme la tranchée ouverte dans la terre ou le roc et, plus rarement, le tunnel dans la terre.

25 LES STATIONS DE MÉTRO par Normand Nadeau, ing.

Cet article résume les principes qui président à la conception et à la réalisation des stations de métro. Il décrit brièvement les principales méthodes et techniques utilisées pour la construction des stations, définit les exigences visant ce genre d'ouvrage et présente les solutions aux problèmes d'architecture, de structure et d'équipements des stations.

33 LA SÉCURITÉ DANS LA CONSTRUCTION DU MÉTRO par André Pilon, ing.

Le Bureau de Transport Métropolitain croit qu'un effort collectif de tous les intéressés dans l'industrie de la construction est indispensable afin d'améliorer la sécurité de cette industrie.

RUBRIQUES

- 20 DISCUSSION : nouvelle chronique
- 37 LE MOIS : chroniques mensuelles
- 40 RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

COUVERTURE

Copie modifiée d'un dessin conçu par monsieur J. St-Aubin du Bureau de Transport Métropolitain de la Communauté urbaine de Montréal et non de la Commission de Transport tel que mentionné dans la publication de L'INGÉNIEUR — janvier/février 1977.



JENKINS S'Y CONNAÎT EN VALVES

**les
grosses
et les petites**

Jenkins Bros. Limited, Lachine, Qué.
Bureaux de vente: Halifax, Québec, Lachine, Toronto,
Burlington, Winnipeg, Edmonton, Vancouver.

JENKINS
Le spécialiste en valves



LA GÉOLOGIE ET LA CONSTRUCTION DU MÉTRO

par Marc Durand, Dr-Ing., ing. *

Sommaire

La nature des formations recoupées par les tracés des tunnels et des tranchées du Métro constitue un des paramètres importants qui affectent le coût et le déroulement des travaux de construction. De plus, les tunnels excavés offrent au géologue une occasion unique d'obtenir des données de grande valeur et plus précises que celles fournies par les études en surface.

Introduction

Dans le coût de construction du métro, une part importante provient des travaux d'excavation des tunnels et tranchées ; il est donc normal de discuter de la géologie du roc et des dépôts meubles recoupés par les travaux.

Les facteurs géologiques affectent les travaux de construction du métro sous plusieurs aspects : la nature du roc, la densité, l'orientation de la fracturation naturelle et l'attitude du litage ont une influence sur l'efficacité du sautage du front de taille et sur les hors-profils qui en résultent.

La stabilité naturelle des parois d'excavation, spécialement dans le cas des voûtes de grande portée dans les stations, dépend aussi de l'épaisseur moyenne du litage.

Dans les zones de faille, où l'on rencontre du roc très fracturé et très souvent altéré, les parois doivent être stabilisées par un soutènement efficace jusqu'à ce que le revêtement définitif de béton soit mis en place. Les travaux d'excavation dans le roc peuvent à l'occasion recouper des venues d'eau importantes dans des chenaux de dissolution et, plus rarement, des venues de gaz à proximité des zones de faille. Ces deux problèmes

sont peu gênants pendant la phase de construction en raison de l'utilisation de pompes et de conduits de ventilation. Cependant, ces venues d'eau et de gaz demeurent présentes après la mise en place du revêtement de béton et créent des problèmes d'entretien à long terme.

La nature des dépôts meubles détermine leur stabilité et leur perméabilité. Ces paramètres ne prennent une importance déterminante que dans le cas des stations et tunnels réalisés en tranchée. Dans la mesure où la chose est possible, les projeteurs évitent cette solution qui implique trop d'occupation de terrain en surface (voir l'article traitant de la construction dans ce même numéro de L'INGÉNIEUR).

Étude géotechnique des tracés

En général, les conditions géologiques influencent fortement le choix des tracés de tunnels en dehors des milieux urbains, car on recherche avant tout l'économie et les conditions optimales de réalisation des travaux. Pour les tunnels urbains comme ceux du métro, le tracé général est déterminé par d'autres critères reliés à l'occupation en surface du terrain, ce qui fait qu'il ne rencontre pas toujours sous terre des conditions idéales. Bien que l'on dispose des moyens techniques de résoudre toutes les difficultés d'excavation et de soutènement, les risques d'accidents et les coûts d'excavation sont plus élevés.

La figure 1 montre les tracés proposés en 1971 pour les prolongements du métro sur une carte géologique simplifiée. Les lettres C, D, M et T identifient respectivement quatre regroupements de formations géologiques où se mêlent des roches carbonatées et des interlits plus minces de shale (C = Chazy, D = Trenton inférieur et Black River, M = formation de Montréal, T = formation de Tétreauville). Les shales d'Utica (U) moins résistants et plus schisteux se retrouvent en bordure du fleuve.

Ces séries sédimentaires d'âge Ordovicien (450 millions d'années) sont faiblement plissées et n'ont que rarement des pendages supérieurs à 10° ; ces séries ont été recoupées par la suite de nombreux intrusifs, dont

* L'auteur :

M. Marc Durand, Docteur-ingénieur, est professeur au département des sciences de la terre à l'Université du Québec à Montréal.

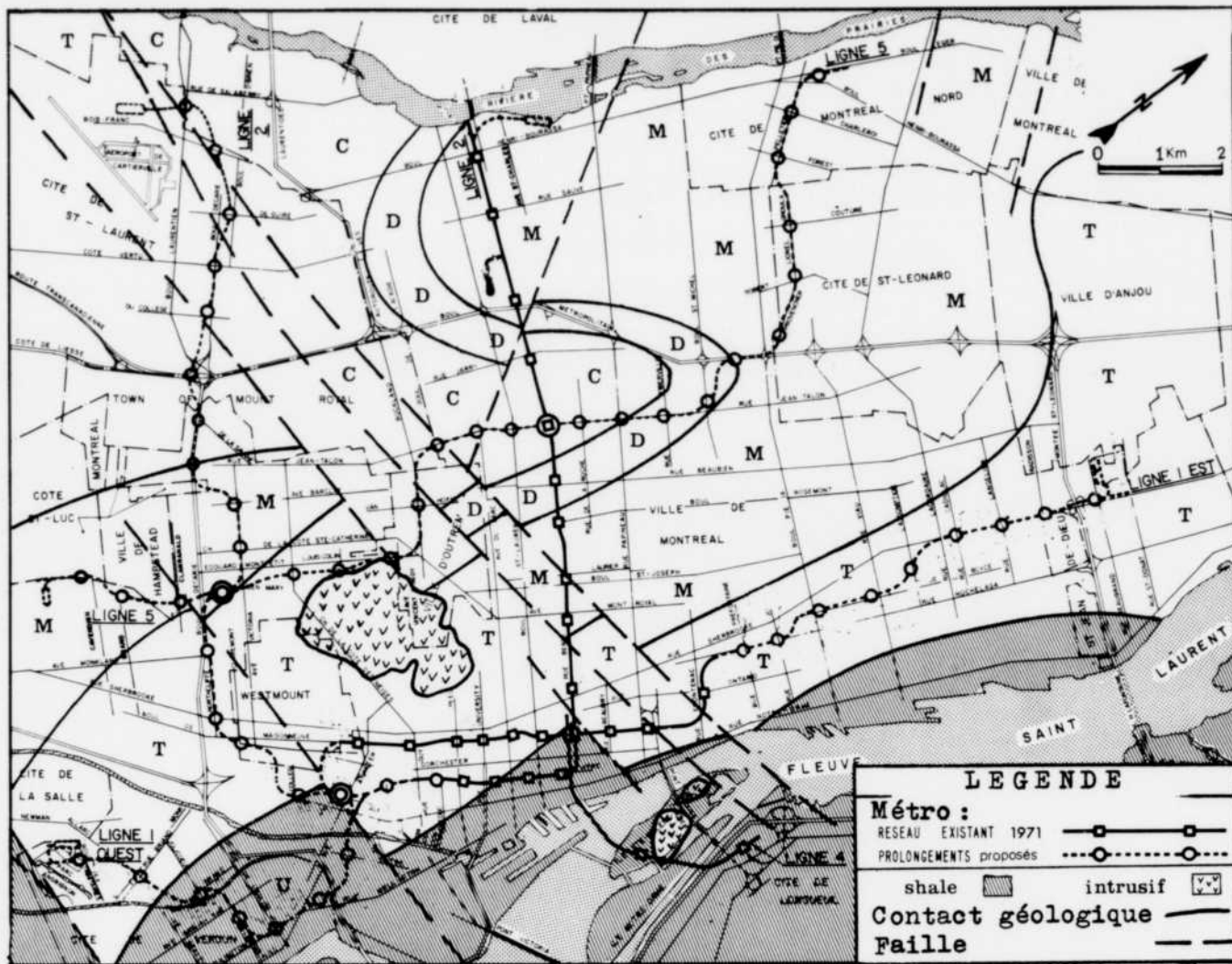


Figure 1 — Carte géologique de Montréal et les prolongements du Métro proposés en 1971. (C, D, M et T réfèrent à des groupes de roches carbonatées décrites dans le texte).

les deux principales masses (I) affleurent au Mont-Royal et à l'île Ste-Hélène.

Les traits gras tiretés identifient les zones de failles majeures (Clark, 1972).

On peut constater que le prolongement vers l'est de la ligne 1 se trouve situé entièrement dans les calcaires réguliers de Tétéreauville. Le prolongement à Verdun de cette même ligne fut excavé en partie dans le Tétéreauville et en partie dans les shales du groupe d'Utica. Les shales offrent une résistance plus faible que les calcaires ; les intrusifs ont de plus fracturé plus densément les shales dans le secteur Verdun.

La ligne 2 ouest et la nouvelle ligne 5 ont des tracés qui recoupent l'importante série de failles de l'Île-Bizard, du Rapide-du-Cheval-Blanc et d'Outremont. L'extrémité nord-ouest de la ligne 2 à Cartierville intersecte particulièrement ces failles d'orientation est-ouest avec un angle faible, ce qui aura pour effet d'augmenter la longueur du tunnel excavé dans chacune des zones de faille. Ces deux lignes recoupent des formations diverses et variées (T, M, D et C) (figure 1).

Les travaux de reconnaissance sur les tracés retenus comportent des forages carottés à des intervalles de 100 à 200 pieds (30 à 60 mètres), visant à établir le profil du roc, sa nature et celle des dépôts meubles. Le Laboratoire de Contrôle et de Recherches de la Ville de Montréal compile les données de ces forages sur des coupes géologiques (exemple sur la figure 2). Deux valeurs numériques, le pourcentage de récupération à droite et le paramètre RQD* à gauche de chaque forage donnent des indices sur la qualité mécanique du roc, notamment sur la fracturation et l'altération. Le laboratoire conserve les carottes pour une période supérieure à la durée des travaux. Les entrepreneurs peuvent ainsi les réexaminer en tout temps.

Quoiqu'une étude détaillée des forages révèle plusieurs données sur la nature pétrographique des massifs recoupés, sur la présence d'intrusifs, sur l'altération, sur l'épaisseur des couches et leur pendage, elle ne peut

* RQD : Rock Quality Designation, indice de récupération où l'on ne compte que la longueur des carottes non fracturées plus longues que 10 cm.

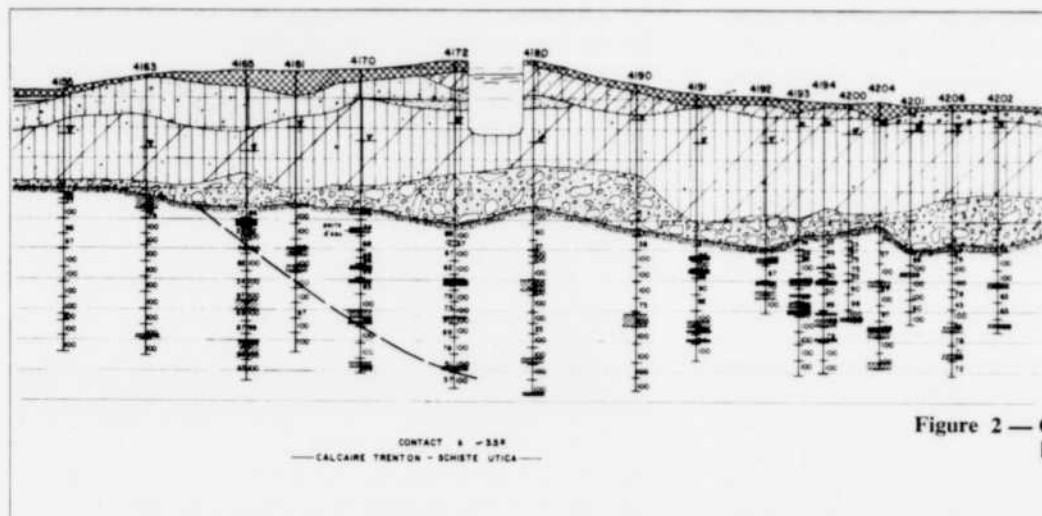


Figure 2 — Coupe géotechnique établie le long d'un tracé.

préciser avec certitude l'ensemble des facteurs que nous avons mentionnés au début de cet article.

Les forages verticaux ne peuvent donner d'informations valables, ni sur la densité du réseau de diaclases, ni sur leur orientation, car celles-ci sont sub-verticales. Cependant, des forages inclinés, dans un secteur où l'on connaît déjà le pendage des lits, peuvent permettre de les préciser. Les venues d'eau dans des chenaux de dissolution et la plupart des failles ont des largeurs très faibles comparativement à l'espacement moyen des forages. Dès que les relevés préliminaires mettent en évidence une anomalie dans le profil du roc, le laboratoire peut commander de nouveaux forages dans le même secteur à un espacement de quelques dizaines de pieds parfois. Mais on ne peut pas logiquement recourir systématiquement à des espacements faibles sur tout le tracé.

Dans les formations des groupes C, D et M, et plus difficilement dans le Tétreauville (T), il est possible d'établir des corrélations stratigraphiques de forage en forage qui indiquent la présence ou l'absence de continuité dans la structure. Dans le cas de discontinuité brusque entre deux forages on peut suspecter l'existence d'une faille dont le rejet vertical juxtapose deux massifs stratigraphiques distincts. La grandeur du rejet, quand on peut l'évaluer, donne un indice de l'importance de la faille.

En dehors de la fracturation et des failles, la stabilité de la voûte des tunnels peut être mise en danger par une épaisseur insuffisante de recouvrement de roc. Entre les stations, le tunnel descend à des profondeurs qui assurent un recouvrement de plusieurs mètres sur presque tous les tracés. À chaque station cependant la profondeur du tunnel sous la surface diminue afin de minimiser principalement les coûts de construction et d'opération de la station. Il devient alors très important d'évaluer avec précision l'épaisseur du recouvrement rocheux au-dessus de l'excavation projetée. Les forages évidemment ne fournissent qu'une donnée ponctuelle et l'interpolation entre deux forages ne garantit pas l'exactitude du profil obtenu. Dans la région, on a observé au cours de travaux d'excavation un certain nombre de cas de dépressions d'étendue limitée, qui

peuvent s'intercaler entre deux forages trop espacés. La majorité de ces creux dans le substratum sont des dépressions allongées qui suivent la position des zones de broyage de failles ou le tracé de chenaux pré- et post-glaciaires.

Il y a un autre phénomène qu'il est bon de se rappeler dans les études géologiques des tracés lorsque l'épaisseur de recouvrement est faible : les premiers mètres du substratum rocheux sont plus fracturés et plus perméables. Les parois des fractures ont subi une altération chimique qui diminue l'angle de frottement. La cohésion entre les lits tombe quelques fois à zéro en raison de l'altération des deux ou trois premiers interlits. L'épaisseur de cette tranche altérée se maintient à une valeur inférieure à un mètre dans la majorité des cas. Mais exceptionnellement cette épaisseur peut atteindre plusieurs mètres là où les glaciations ont engendré des décollements du substratum (Durand et Ballivy, 1974), ainsi que dans les secteurs où les petits intrusifs plus altérables sont abondants.

L'examen des données de forage fournit parfois assez de précisions sur la position et la qualité du roc pour que des modifications soient apportées au tracé ou au design avant les appels d'offres. En évitant les trop mauvaises conditions géologiques mises en lumière par les relevés préliminaires, on épargne tant sur le coût d'exécution que sur le temps de réalisation des tunnels.

Étude géologique des excavations

Les tunnels percés dans le roc offrent aux géologues une occasion unique de faire des observations de grande valeur. Les dizaines de kilomètres de tunnels qui restent à construire recoupent les failles et les formations les plus importantes de l'Ordovicien. Contrairement aux études de cartographie géologiques d'affleurements, on a en tunnel une exposition continue des formations.

L'observation du roc exposé dans les excavations permet également de vérifier in situ les évaluations faites à partir des forages ; à long terme, ce contrôle améliore l'interprétation et la réalisation des relevés préliminaires. Par exemple, la cartographie en tunnel

d'un tronçon recoupé par une faille permet d'évaluer l'étendue et l'importance de la fracturation et de l'altération qui caractérisent cette faille. Le roc altéré fracturé est toujours mal récupéré par le carottage habituel. Le relevé préliminaire permet de suspecter la présence de ce type de massif quand les forages fournissent des récupérations inférieures à 100% ; mais ce renseignement n'est pas sûr et on ne peut que faire des suppositions sur la partie du roc qui n'a pas été carottée.

Il n'y a que dans l'excavation que l'on peut observer les corrélations qui existent entre les caractéristiques géologiques et le comportement de l'ouvrage, comme par exemple l'apparition de hors-profil dans les parois recoupées à un angle faible par des diaclases ou des joints de litage (exemple figure 3). La figure 4 donne un autre exemple de hors-profil créé très localement par la fracturation dense et l'existence de deux dykes altérés.



Figure 3 — Hors-profil dans la paroi au nord de la station Jolicœur. Le roc est formé par les shales d'Utica recoupés juste en bas du hors-profil par un filon-couche épais de 30 cm.



Figure 4 — Hors-profil créé par un éboulis mineur au coin nord-est de la station Lionel Groulx. Calcaires de Tétreauxville fracturés recoupés au centre de la photo par deux dykes altérés.

La proximité ou le passage dans une zone de faille amène en tunnel de nombreux problèmes qui sont plus ou moins liés les uns aux autres. La fracturation plus dense donne au massif une perméabilité accrue ; la topographie du substratum rocheux marque très souvent un surcreusement dû à l'érosion plus importante dans les zones de roc très fracturé : les venues d'eau en tunnel se concentrent donc dans ces secteurs. Nous avons remarqué, en compilant les relevés en tunnel, qu'au voisinage des zones de faille les intrusifs sont à la fois plus abondants et plus altérés ; la figure 5 montre l'effet de l'existence d'un intrusif un peu altéré à la voûte du tunnel de la ligne 2 au sud de la station Snowdon.

Les calcaires des groupes C, D, M et T ne se présentent pas toujours de façon très différente dans les tunnels du métro étant donné que les paramètres structuraux sont partout les mêmes. Cependant, le comportement du roc varie un peu pour chaque groupe. La figure 6 montre, dans la station Langelier de la ligne 1 est, une coupe typique du Tétreauxville : les lits sont réguliers et peu épais (10 cm environ) ; la formation conserve un caractère homogène sur toute son épaisseur (125 m).



Figure 5 — Intrusif un peu altéré remontant de droite à gauche pour passer au-dessus de la voûte dans un massif très fracturé au voisinage de la faille de West-mount.

La formation de Montréal montre des couches d'épaisseur variable, moins régulières (figure 5) ; la composition de la roche demeure à peu près identique au Tétreauxville.

Dans les groupes D et C, on rencontrera à la fois des variations d'épaisseur de lits et des variations importantes de composition (calcaires cristallins, shales, grès, calcaires dolomitiques).

Ce n'est cependant qu'en considérant les shales d'Utica (en gris sur la fig. 1), ou les intrusifs que l'on observe les plus grandes distinctions. Dans l'Utica, le litage existe mais est peu marqué (exemple figure 3). Les surfaces de discontinuité les plus apparentes proviennent de la fissilité de certains horizons. Selon le degré de développement de cette fissilité, le roc des parois des excavations apparaît ou massif, ou feuilleté.

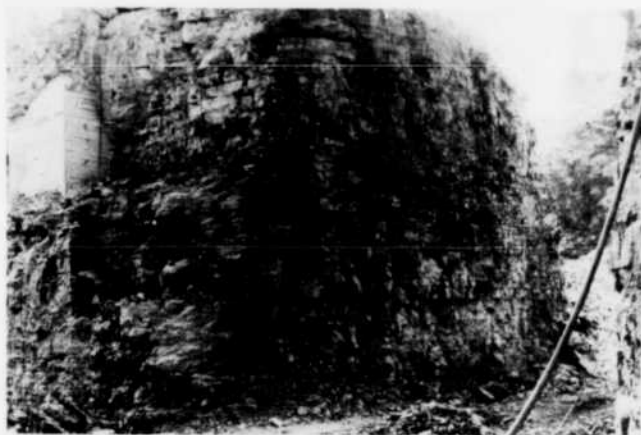


Figure 6 — Calcaire de Tétreauville dans la station Langelier. Au tiers supérieur de l'éperon, une zone plus fracturée a été consolidée à l'aide d'un appui de béton (à gauche) et des boulons (au centre).

Les intrusifs rencontrés dans les tunnels ont des compositions apparentées aux massifs de l'Île Ste-Hélène et du Mont-Royal (masses identifiées par des crochets sur la figure 1), mais leur volume limité et le refroidissement plus rapide qu'ils ont subi après leur mise en place leur donne une texture différente, à grain beaucoup plus fin. La roche encaissante fracturée au contact de la plupart des intrusifs favorise l'altération chimique de ces derniers. C'est ainsi qu'on retrouve en tunnel des dykes ou des filons-couches qui, au lieu

d'être plus durs que le calcaire, sont partiellement ou complètement altérés en une argile molle. En plus de causer des hors-profil, ces bandes ramollies ont créé certains ennuis dans les fondations de structures exerçant de fortes poussées sur le roc; par endroits elles constituent un danger très grand de chute de bloc qui doit être éliminé par un soutènement temporaire.

Conclusion

Cet exposé n'a présenté que quelques-uns des aspects de la géologie des excavations du Métro. L'auteur poursuit un programme de recherche (subvention CNRC, A 9148) qui englobe également les autres grands travaux d'excavation dans la région de Montréal (Aqueduc de la Ville de Montréal, collecteurs de l'usine d'épuration, etc.). L'intérêt grandissant des ingénieurs civils pour la géologie locale ouvre la porte à une collaboration plus étroite entre les divers exécutants de grands travaux et les géologues, qui de plus en plus découvrent à Montréal des sujets d'intérêt. ■

RÉFÉRENCES

- CLARK, T. H. 1972. Région de Montréal. Rapport géologique no 152, Ministère des Richesses naturelles du Québec, 244 p.
- DURAND, M. et BALLIVY, G. 1974. Particularités rencontrées dans la région de Montréal résultant de l'arrachement d'écaïlles de roc par la glaciation. *Revue Can. de Géotech.* Vol. 11, no 2, pp. 302-306.
- Laboratoire de Contrôle et de Recherche de la Ville de Montréal, 1971 à 1977. Rapports d'Étude du sous-sol des divers tronçons des prolongements du métro.

Vous connaissez déjà la qualité York... faites maintenant connaissance avec la qualité de nos nouveaux modèles compacts pour toits.

La nouvelle gamme compacte de modèles de chauffage et climatisation de 15 et 20 tonnes "Sunline" à montage sur toit sont jusqu'à 35% plus petits que les modèles concurrents.

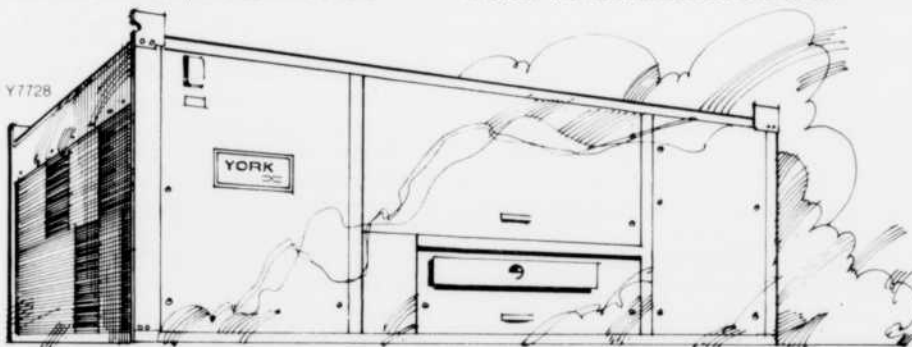
Toute la gamme des nouveaux modèles Sunline de York a été améliorée. Une qualité supérieure et des caractéristiques comme dura-

bilité, construction à l'épreuve des fuites... deux systèmes de réfrigération indépendants qui réduisent le coût d'énergie grâce à un fonctionnement efficace à demi-charge... une option "économique" qui offre un "refroidissement gratuit" lors de température modérée à fraîche, offrant ainsi une économie d'énergie et prolongeant la durabilité du compresseur... ainsi que des compresseurs avec protecteurs de moteur transistorisés et des radia-

teurs de carters offrant le mieux possible sur le plan de la durée et de la fiabilité.

Bien entendu, notre importante réduction de format représente une manutention et une mise en place plus facile. Par exemple, notre modèle de 20 tonnes ne mesure que 110" de long, 92" de large et 48" de haut! Un poids réduit permet à notre gamme "Sunline" d'être installée sur des bâtiments plus anciens qui, auparavant, ne pouvaient supporter la charge imposée par les modèles conventionnels à montage sur toit.

Mais ceci n'est qu'un petit détail de l'histoire. Renseignez-vous sur tous les détails de l'histoire dès maintenant. Appelez le bureau ou le distributeur York le plus proche.



YORK **BORG** **WARNER**
 YORK DIVISION DE BORG-WARNER (CANADA) LTD.
 326 REXDALE BLVD. REXDALE, ONTARIO
 (416) 743-7701

VANCOUVER • CALGARY • EDMONTON • REGINA • WINNIPEG • THUNDER BAY • LONDON • TORONTO • MONTREAL • QUEBEC • MONCTON • DARTMOUTH

Nos groupes électrogènes de secours se cachent sur les toits. Et se font oublier.



Vos clients ne peuvent pas se passer d'un groupe électrogène de secours. Fort bien, mais faut-il pour autant qu'il fasse sans cesse sentir sa présence?

La question est réglée si vous installez sur le toit un groupe électrogène de secours à turbine à gaz Solar®. Invisible, mais toujours prêt.

Il est facile d'installer un groupe Solar là-haut: les turbines à gaz Solar sont bien moins encombrantes et bien plus légères que les systèmes diesels. (Un groupe de 900 kW pèse 11,500 lbs. soit moins de la moitié de ce que pèse un groupe diesel comparable, sans même avoir le tiers de sa grosseur.)

Les groupes électrogènes à turbine à gaz Solar fonctionnent pratiquement

sans vibrations. Donc pas de base lourde et coûteuse à installer.

Pas besoin non plus de les faire souvent tourner à pleine charge, comme les diesels, pour les tenir prêts.

Bien plus, pendant que votre client voit monter le groupe électrogène à turbine à gaz, il voit baisser ses frais généraux car il évite un investissement majeur pour la surface de plancher qu'il faudrait autrement. Mais si l'appareil doit aller au sous-sol ou sur un étage, son faible encombrement permet de l'installer rapidement et facilement dans un espace restreint. Et Solar offre un contrat d'inspection-service qui soulage de toutes les opérations de contrôle et d'entretien.

Ainsi, le groupe électrogène à turbine à gaz Solar ne se contente pas de disparaître de la vue; il peut se faire oublier complètement.

Plus de 2,000 groupes électrogènes de secours à turbine à gaz Solar sont en service. Bon nombre sont "oubliés" sur le toit ou ailleurs, car leurs propriétaires savent qu'ils peuvent compter sur eux.

Réglez les problèmes de pannes de courant une fois pour toutes. Ecrivez à Solar, International Harvester Canada, Département Z-162, 1 Place du Commerce, Montréal, Qué. H3E1A2. Vous recevrez une documentation complète sur des groupes électrogènes de secours qui savent se faire oublier.



Turbines à gaz Solar

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that proper record-keeping is essential for the integrity of the financial system and for the ability to detect and prevent fraud.

2. The second part of the document outlines the specific procedures for recording transactions. It details the steps involved in the accounting cycle, from identifying the transaction to posting it to the appropriate ledger account.

3. The third part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

4. The fourth part of the document outlines the specific procedures for recording transactions.

5. The fifth part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

6. The sixth part of the document outlines the specific procedures for recording transactions.

7. The seventh part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

8. The eighth part of the document outlines the specific procedures for recording transactions.

9. The ninth part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

10. The tenth part of the document outlines the specific procedures for recording transactions.

11. The eleventh part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

12. The twelfth part of the document outlines the specific procedures for recording transactions.

13. The thirteenth part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

14. The fourteenth part of the document outlines the specific procedures for recording transactions.

15. The fifteenth part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions.

16. The sixteenth part of the document outlines the specific procedures for recording transactions.



La Mercury Grand Marquis

Avant d'acheter une «grosse» Buick ou Oldsmobile Elle est restée une gr



**La Mercury Marquis 1977
n'a pas perdu un pouce:
elle vous offre encore la
douceur de roulement,
le luxe et le confort
qui en ont fait une
grande voiture.**

La Mercury Marquis n'a pas renoncé à transporter six passagers confortablement, et à vous faire bénéficier d'améliorations importantes.

Dès le premier coup d'oeil, vous constaterez que c'est une voiture chic, raffinée et vraiment professionnelle.

Un roulement doux et confortable est une des bonnes raisons de préférer une grande voiture. Et le roulement Mercury a une solide réputation, tant chez les conducteurs que chez

les fa
Mer

larg
Mai
ques
de d
ann
assu
men



mobile «rapetissée», voyez la Mercury Marquis 1977. une grande voiture.

les fabricants de voitures. « Le roulement Mercury » est synonyme d'excellence technique.

Bien sûr, le long empattement et la voie large de la Marquis y jouent un rôle important. Mais le reste relève de tours de force mécaniques: la suspension, les systèmes de freinage et de direction, et les raffinements que seules des années de recherche et de mise au point peuvent assurer. Le résultat: un roulement remarquablement silencieux et confortable.

L'espace est une autre raison de choisir une grande voiture. La Marquis n'a pas rapetissé. Son rapport habitacle/empattement accorde amplement d'espace à la tête, aux hanches et aux jambes.

La Marquis prend vie lorsque vous prenez le volant. Vous verrez immédiatement qu'on ne peut remplacer le roulement, la sécurité, la spaciosité et le luxe qu'offre une vraie grande voiture.

La Mercury Marquis 1977. Son cara



L'intérieur de la Mercury Grand Marquis

La Mercury Grand Marquis. Un intérieur luxueux, élégant, silencieux.

Prenez place dans l'intérieur magnifique de la Grand Marquis et vous verrez comme elle flatte les sens. La douce odeur de riches cuirs sélectionnés. La caresse des fonds de sièges en velours pelucheux. L'agréable harmonie des aménagements généreux, chacun ajoutant sa note de confort ou de commodité. La montre à affichage numérique, les courroies de maintien dans les portes, la lampe à deux faisceaux pour cartes routières, le miroir au pare-soleil et beaucoup d'autres détails sont inclus.

L'intérieur est si silencieux qu'il semble y avoir un secret entre vous et le monde extérieur. Plus de 100 livres d'insonorisant à des endroits aussi importants de la carrosserie que le toit, le plancher, les ailes, les montants du toit, les auvents, le capot, l'arrière du siège arrière et le coffre à bagages rendent chaque randonnée encore plus paisible, pour arriver à destination frais et dispos. Le système d'aération électrique maintient le « beau fixe », quel que soit le temps à l'extérieur.

La Mercury Grand Marquis vous offre un confort et un luxe sans compromis. Avec tout cela, vous aurez peine à croire que la Marquis est encore une voiture à prix moyen.



De l'espace pour la détente.

Le siège arrière est très spacieux, même pour les hanches, et vos passagers pourront se détendre confortablement.

Les sièges de la Mercury vous offrent de la douceur où il en faut, de la fermeté où il en faut. Le secret : le système de ressorts des sièges, calibrés pour fléchir de façon contrôlée, et ainsi offrir le maximum de confort en route.



Un coffre vraiment grand.

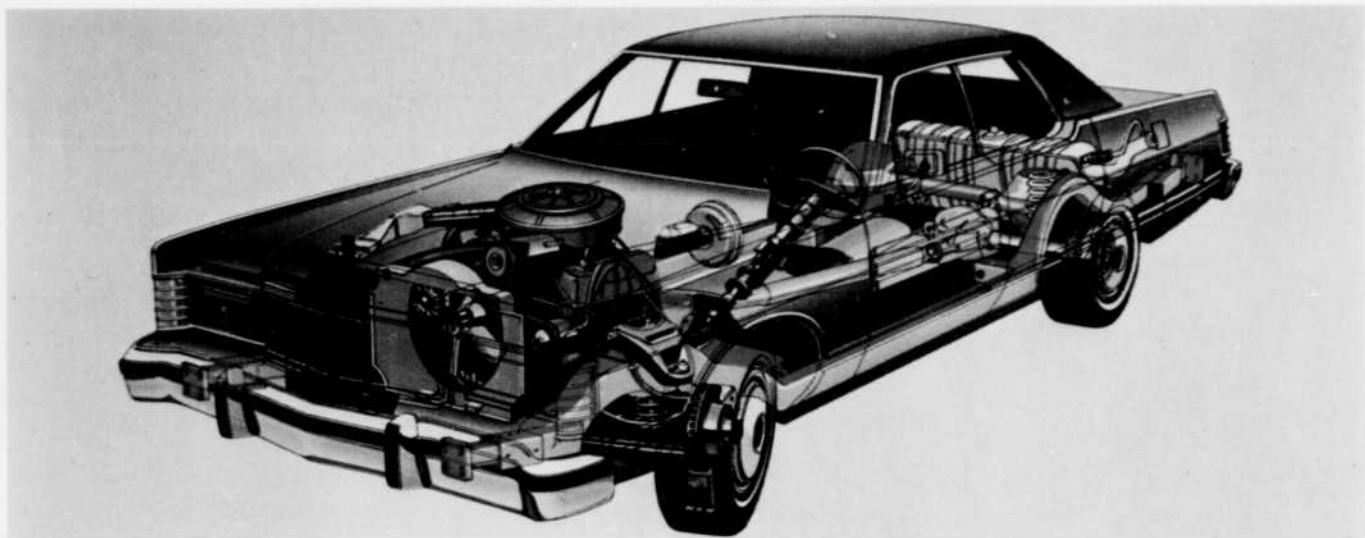
Une voiture qui peut transporter six personnes en tout confort doit aussi pouvoir transporter leurs bagages. Avec un coffre à bagages de près de 23 pieds cubes, la Marquis s'en charge.

MERCURY MARQUIS



Certains des accessoires illustrés sont offerts en option moyennant supplément.

Caractère: chic, raffiné, professionnel.



Une construction solide.

Claquez les portes et voyez comme la Marquis est solide. Une voiture six places comme la Marquis vous offre une impression de robustesse sans égale.

La carrosserie est forte et rigide, grâce à son châssis à boîte de couple qui aide à réduire les chocs, les bruits et les vibrations de la route. Depuis le panneau en caisson du toit jusqu'au plancher renforcé, la carrosserie est soudée pour former une coque solide.

Mercury vous protège avec le SYSTÈME DURAGARDE de Ford.

Le SYSTÈME DURAGARDE est intégré à toutes les Mercury Marquis 1977. Il fait partie de l'équipement standard de chaque modèle et



constitue le système anti-rouille le plus perfectionné que nous ayons jamais offert. Ce système comporte sa propre garantie spéciale, pour vous protéger encore mieux. Il s'agit d'une garantie de 36 mois, sans frais et sans limite de millage, contre les perforations par la rouille. Votre concessionnaire vous donnera tous les détails.



La wagonnette Mercury Colony Park



La Mercury Marquis Brougham 2 portes avec peinture spéciale 2 tons, en option

Vous méritez une grande voiture, une Marquis.

La Marquis vous offre un grand choix de modèles. Choisissez la Grand Marquis, la Marquis Brougham, la Marquis ou la Marquis Meteor. Elles vous sont offertes en modèles à 2 ou 4 portes. Et, bien sûr, il y a deux superbes wagonnettes: la Marquis Colony Park et la Marquis. Essayez une Marquis. Elle vous ira comme un gant. Chaque Marquis est chic, raffinée, professionnelle. Voyez votre concessionnaire Mercury dès aujourd'hui.

[Faint, illegible text covering the majority of the page, possibly bleed-through from the reverse side.]

LA CONSTRUCTION DU MÉTRO

par Serge Melançon, ing. *

Sommaire

Bien que le métro de Montréal soit construit dans 80% des cas en tunnel dans le roc, d'autres méthodes ont également été utilisées comme la tranchée ouverte dans la terre ou le roc et, plus rarement, le tunnel dans la terre.

Introduction

La publication dans les journaux d'un appel d'offres public en vue d'un contrat de construction du métro constitue, pour le public en général, une certaine indication de la progression des travaux de prolongement du métro.

Pour les entrepreneurs spécialisés dans ce type de travail, c'est le point de départ d'une longue étude qui amènera à produire sur papier le cheminement des opérations impliquées en vue d'en déterminer l'ampleur et le coût. Dans leur cas, le fruit de ce labeur peut éventuellement se concrétiser par l'octroi du contrat désiré si leur offre se révèle la plus basse soumission conforme.

Pour le Bureau de Transport Métropolitain, c'est la naissance d'une nouvelle phase de son échéancier en vue de réaliser les prolongements du réseau du métro. Cette phase s'identifie à la « période de construction » proprement dite, succédant de fait aux phases des avant-projets (implantation des lignes et des structures) et des projets (design des structures et aménagement de surface).

*

L'auteur :

M. Serge Melançon, coordonnateur du présent numéro (voir notice biographique en page sommaire).

Un contrat de construction de métro

« Le propre des constructions souterraines, c'est d'être parfaitement ingrates à l'égard de leurs auteurs ; il est rigoureusement vrai de dire que, si la difficulté y a été complètement vaincue, l'ouvrage achevé ne doit plus en porter la trace et force est aux hommes qui l'ont surmontée de demander qu'on les croie sur parole. »

(F. Bienvenue)

De façon générale, un contrat-type de construction du métro comporte une station encadrée de chaque côté d'une partie d'interstation auxquelles sont rattachés des ouvrages accessoires tels que postes d'épuisement et de redressement, cheminées de ventilation, galeries de câbles, etc...

Dépendant de la nature du sol ainsi que de l'encombrement de la surface, les ouvrages du métro doivent être réalisés selon l'une des méthodes suivantes :

- en perçant un tunnel dans le roc ;
- en perçant un tunnel dans la terre ;
- en pratiquant une tranchée dans la terre ;
- en pratiquant une tranchée dans le roc.

Ouvrage en tunnel dans le roc

Cette méthode de construction est appliquée dans environ 80% des cas pour des raisons d'ordre pratique et économique. Le sous-sol de l'île de Montréal est principalement constitué de roc (shistes et calcaires) dont la profondeur n'est jamais très grande. Les qualités mécaniques de ces formations rocheuses les rendent très favorables à la construction de tunnels : en effet, elles sont à la fois assez friables pour se briser facilement à l'explosif et assez denses pour se supporter elles-mêmes, la plupart du temps sans blindage onéreux.

En prenant possession du terrain mis à sa disposition pour la réalisation d'un contrat, l'entrepreneur

procède à l'implantation des premières installations (clôtures, locaux et baraques temporaires, compresseurs) puis s'attaque directement à la couche du sol qui le sépare de sa future galerie de travail. Il se fraye ensuite un chemin jusqu'au tunnel à construire à l'aide d'un puits vertical ou d'une rampe d'accès. Les tunnels de métro sont forés un peu comme des galeries de mine ou des tunnels de dérivation pour les barrages : le forage du roc s'effectue suivant un diagramme bien défini au moyen de foreuses à articulations multiples montées sur des « Jumbos » souvent motorisés. Lorsqu'un front d'attaque est entièrement foré sur une profondeur variant habituellement de 7 pieds (2 m) à 10 pieds (3 m), les trous sont chargés de dynamite, puis c'est l'explosion ! Grâce à des plans de tir habilement mis au point, l'explosion laisse une section qui ressemble déjà à un tunnel de métro. Un chargeur à bascule latérale entasse la roche fracturée dans des camions ou bennes qui la transportent hors-chantier. Et le cycle forage-dynamitage-déblaiement se continue, de sorte que l'excavation du tunnel se fait au rythme moyen de 20 pieds (6 m) par jour et par front d'attaque.

Il importe de souligner que, généralement, l'entrepreneur vise à travailler sur deux fronts d'attaque simultanés de façon à faire alterner ses opérations de forage et de déblaiement ; pendant qu'on fore un front d'attaque, on procède au déblaiement de l'autre front déjà dynamité.

Dans tous les tunnels forés dans le roc, l'entrepreneur doit supporter la voûte de l'excavation au moyen de boulons à roc de 8 pieds (2,4 m) de longueur (figure 1). Il s'agit de tiges d'acier de $\frac{3}{4}$ pouce (19 mm) de diamètre, munies à une extrémité d'une douille extensible et à l'autre d'une plaque d'acier. Mis en ten-

sion, ces boulons ont pour but de stabiliser la voûte des tunnels en conservant les efforts internes du rocher et en limitant les mouvements qui pourraient y intervenir.

Dans les cas où cette méthode s'avère inadéquate pour stabiliser la paroi rocheuse, on a recours à un support additionnel : une structure d'acier de soutien appelée « cintre métallique ». Cette structure consiste en une membrure d'acier en arche (8 WF 28) s'appuyant sur le roc à la base ainsi qu'à la naissance de la voûte à l'aide de béton à prise rapide. La partie voûtée du cintre est bloquée au roc au moyen de pièces et de coins de bois dur, dans le but d'assurer une distribution uniforme des efforts. D'autres méthodes, telles que celle du béton projeté, sont également utilisées dans certains cas.

Après l'excavation des tunnels pratiqués dans le roc et avant l'érection des coffrages, l'entrepreneur s'assure, à l'aide d'un gabarit, que les dimensions minimales demandées aux plans et devis sont respectées. Si tel n'est pas le cas, il doit alors exécuter de l'écaillage, c'est-à-dire enlever toute partie de roc en saillie des lignes prescrites.

Toujours dans le cas d'ouvrages souterrains construits en tunnel, le béton qui forme le parement du gros œuvre est placé à l'aide de pompes à piston. Ces dernières pompent réellement le béton comme s'il s'agissait d'un fluide sur des distances pouvant atteindre jusqu'à 1 500 pieds (457 m) horizontalement et 300 pieds (91 m) verticalement. Grâce à la pompe, le béton coule presque de façon continue dans les coffrages, assurant un produit fini plus homogène en évitant la ségrégation.

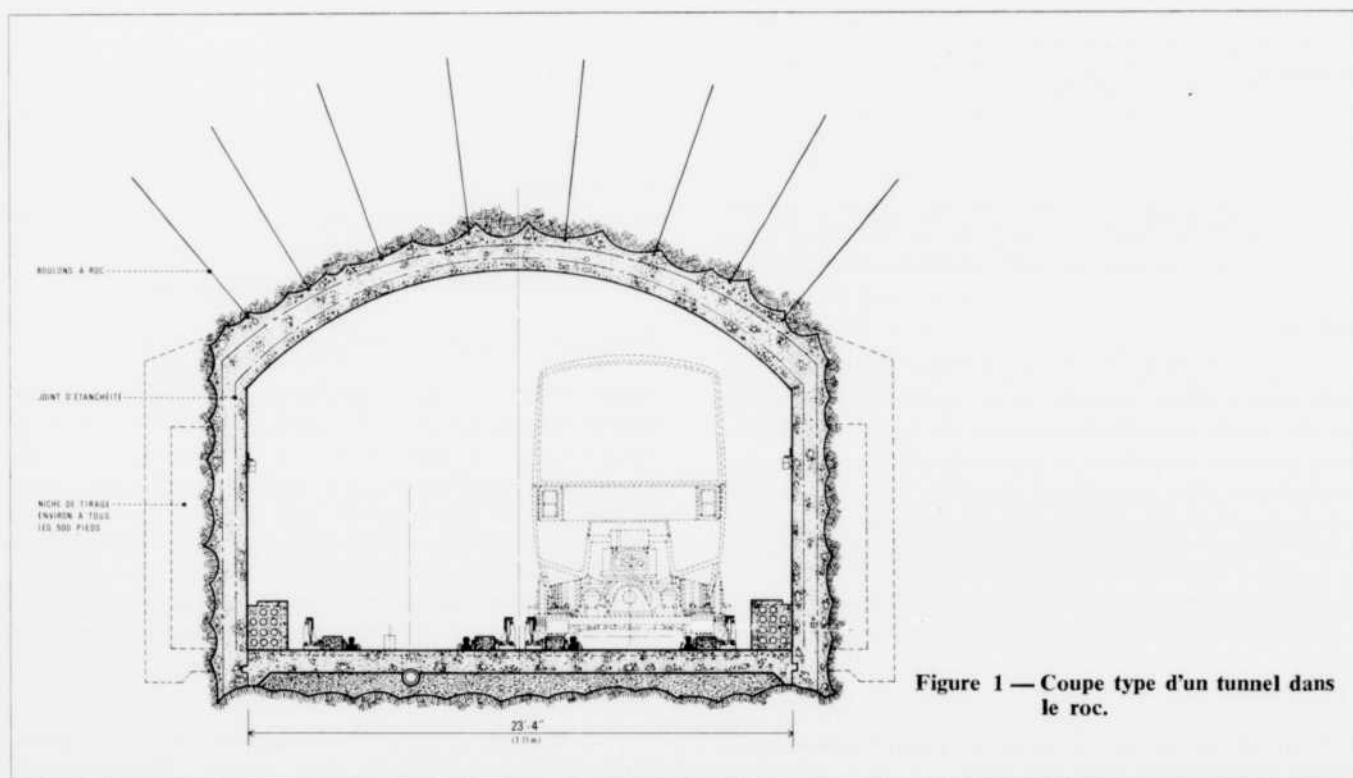


Figure 1 — Coupe type d'un tunnel dans le roc.

Les coffrages utilisés consistent en d'imposantes structures d'acier montées sur roues que l'on avance progressivement à chaque coulée (figure 2). Les coulées atteignent de 12 à 24 pieds (3,6 à 7,3 m) en station et de 40 à 80 pieds (12 à 24 m) en tunnel de voie courante. Dans les deux cas, le coffrage moule en une seule opération les murs et le plafond voûté.



Figure 2 — Unité de coffrage métallique.

Le béton requis pour la grande majorité des structures doit atteindre 4 000 lb/po² (27,58 MPa) comme résistance à la compression à 28 jours. Fait intéressant à noter, le béton qui forme le revêtement des ouvrages voûtés construits en tunnel dans le roc ne contient pas d'acier d'armature ; l'effet de voûte permet d'exploiter à fond la résistance à la compression du béton, tout en limitant au minimum les contraintes qu'il doit subir en tension.

Le radier des ouvrages construits en tunnel est coulé après les murs et la voûte. Habituellement d'une épaisseur de 12 pouces (30 cm) et non armé, le radier repose sur un lit de pierre concassée qui reçoit un système de drainage. Ce dernier a pour but d'intercepter les eaux d'infiltration, soulageant ainsi la structure des pressions hydrostatiques.

Ouvrages en tunnel dans la terre

Cette méthode constitue l'exception et n'est employée qu'en dernier recours à cause des difficultés qu'elle comporte et de son coût élevé.

De façon générale, des plaques de blindage en acier doivent être installées dans les tunnels percés dans la terre afin de supporter les surfaces exposées à mesure que l'excavation se poursuit. Ces plaques de blindage sont boulonnées les unes aux autres et reposent sur une structure d'acier de soutien. Là où une trop

grande quantité de terre a été enlevée, les espaces libres entre les plaques de blindage et le sol sont immédiatement remplis et consolidés à l'aide d'un coulis de ciment liquide injecté sous pression ou d'un autre matériau de bourrage.

L'excavation doit être pratiquée avec de multiples précautions pour éviter les pertes de terrain. Contrairement à l'excavation en tunnel dans le roc, l'entrepreneur ne peut utiliser la méthode d'excavation à plein front ; il doit plutôt avoir recours à d'autres méthodes telles que des galeries d'avancement latérales, des galeries d'avancement multiples, une attaque par gradins, etc. Il choisira habituellement un procédé dont la souplesse lui permettra de s'adapter facilement aux conditions de stabilité du terrain rencontré. Pour des raisons évidentes de sécurité, la longueur des excavations est limitée et le bétonnage de l'ouvrage doit suivre de très près.

Un béton armé de 4 000 lb/po² (27,58 MPa) sera utilisé pour la construction des murs et voûtes, et la mise en place se fera d'une façon similaire au bétonnage du tunnel percé dans le roc.

Structure construite en tranchée dans la terre

Lorsque le niveau du roc est trop bas et que l'aménagement de surface le permet, sans trop d'obstacles et de frais, les structures du métro sont érigées à ciel ouvert dans la terre.

Si les limites d'excavation indiquées aux plans sont serrées à cause de la proximité de structures existantes ou de la grande profondeur de l'ouvrage à construire, l'entrepreneur doit recourir à des parois temporaires pour soutenir les terres.

Lorsqu'une partie de l'excavation est terminée jusqu'au niveau du radier, la structure du métro progresse, comme dans le cas d'un édifice courant : érection des coffrages, pose de l'acier d'armature et coulée du béton (figure 3).



Figure 3 — Structure construite en tranchée dans la terre.

Les sections de voie courante du métro en tranchée peuvent épouser la forme d'une arche ou celle d'un cadre rectangulaire, mais elles contiennent, en tout temps, de l'acier d'armature à cause des charges vives appliquées ultérieurement. À cause de leur proximité de la surface, on retrouve lors de la coulée de ces structures les méthodes habituelles de transport et de mise en place du béton : manutention par bennes soulevées, par convoyeurs, par goulottes, à l'aide de trompes d'éléphant et de chutes conventionnelles.

Finalement, la structure doit être recouverte afin de rétablir le profil original du terrain. Les matériaux de remblai et la nature de ceux-ci varient selon l'utilisation ultérieure du terrain, c'est-à-dire selon qu'il deviendra une rue pavée, un terre-plein ou un terrain hors rue.

Cette méthode d'excavation à ciel ouvert présente cependant l'inconvénient de perturber le réseau souterrain des utilités publiques. On n'a qu'à fouiller une intersection de rues pour constater jusqu'à quel point les ramifications des services souterrains sont nombreuses et complexes : les services du téléphone, les tuyaux d'aqueduc, les conduites d'égout, les conduites de la Commission des services électriques, de l'Hydro-Québec et du gaz se côtoient, s'entrelacent et se suivent selon un arrangement peu commun.

Les excavations sous ces utilités ou même à leur proximité nécessitent plusieurs interventions : il faut, en effet, les dévier, les suspendre ou même les abandonner dans des cas où, de toute façon, une modernisation du réseau avait été prévue. Il est à noter que les projets de métro nécessitent une étroite collaboration entre le Bureau de Transport Métropolitain et les divers services publics, qui doivent continuer de satisfaire leurs abonnés. Les travaux de métro ont ainsi souvent contribué indirectement à moderniser certains services.

Structure construite en tranchée dans le roc

Même si cette méthode fait l'objet d'un chapitre distinct, il est plutôt rare qu'une structure soit construite en tranchée exclusivement dans le roc. En effet, le roc existe rarement jusqu'en surface et, lorsque ce cas se présente, la méthode d'excavation en tunnel devient généralement plus avantageuse.

Il est donc plus exact de parler de structure construite en partie dans la terre et en partie dans le roc. Les sections traitées selon ce procédé interviennent surtout à proximité des stations.

La profondeur des structures du métro est établie en recherchant le meilleur prix de revient de l'ouvrage, compte tenu de la nature du sol ainsi que des obstacles rencontrés. Ainsi, les interstations sont conçues le plus souvent possible en tunnel dans le roc. Par contre, il devient économique pour les stations d'être situées près du niveau du sol, ce qui permet un accès plus agréable, une ventilation plus facile et des remontées plus courtes pour les voyageurs. Ces considérations conduisent inévitablement à la construction de la station, partiellement sinon totalement, à ciel ouvert. Il reste donc à raccorder une station en tranchée avec un

tunnel dans le roc ; ce raccordement se fera habituellement selon la méthode combinée décrite auparavant, soit celle à ciel ouvert dans la terre et le roc.

Après s'être débarrassé de la couche superficielle de terre, l'entrepreneur perce généralement le roc verticalement à l'aide de foreuses montées sur wagonnets. Dans le but de minimiser les bris hors-profil, on prévoit souvent, au pourtour de l'ouvrage, un forage à trous serrés (« close drilling ») qui délimitera un contour plus précis. Cette opération éliminera, dans plusieurs cas, l'emploi de coffrages extérieurs sans pour autant augmenter de façon trop exagérée les quantités théoriques de béton.

Les stations de métro

Jusqu'ici, il a été question des structures de métro en général sans aborder de façon spécifique le sujet des stations. Ces dernières constituent cependant le noyau des contrats de construction, de par leur complexité et la multiplicité des techniques impliquées.

Chaque station est conçue par un architecte différent, lui conférant ainsi un cachet bien personnel. La réalisation des stations suppose donc des méthodes, des techniques et des matériaux différents. La construction du réseau initial du métro avait mis en lumière le génie créateur de nos architectes et de nos ingénieurs québécois. Les stations prévues pour les prolongements ne semblent pas vouloir déroger à cette politique.

Même si le béton s'implante comme matériau de premier choix par sa grande maniabilité, par ses qualités structurales et par son économie, d'autres matériaux seront utilisés habilement par les architectes, comme l'acier, le verre et le bloc architectural.

De façon générale, une station de métro mesure 500 pieds (152 m) de long sur 44 pieds (13 m) de large et occupe un volume supérieur à 1 000 000 pieds cubes (28 300 m³) avec ses édicules. En résumé, on retrouve trois (3) méthodes différentes de construction pour les stations :

- un tunnel percé dans le roc ;
- une tranchée pratiquée dans la terre ou dans le roc ;
- construction partiellement en tranchée et partiellement en tunnel dans le roc, en combinant les deux méthodes précédentes.

C'est cette dernière méthode que l'on vise généralement car elle allie les avantages du tunnel pour une section (figure 4), à ceux de la tranchée pour l'autre section devant desservir les accès proprement dits, c'est-à-dire les corridors et couloirs qui joignent la station aux entrées de surface.

Comme, généralement, le profil du chemin de roulement remonte quelque peu aux stations, il arrive souvent que l'épaisseur de roc ne soit plus suffisante pour permettre l'excavation en tunnel. Il faut alors opter directement pour la méthode de construction en tranchée dont nous avons parlé précédemment.

Contrairement aux structures de voie courante, les stations construites en tranchée sont recouvertes d'une

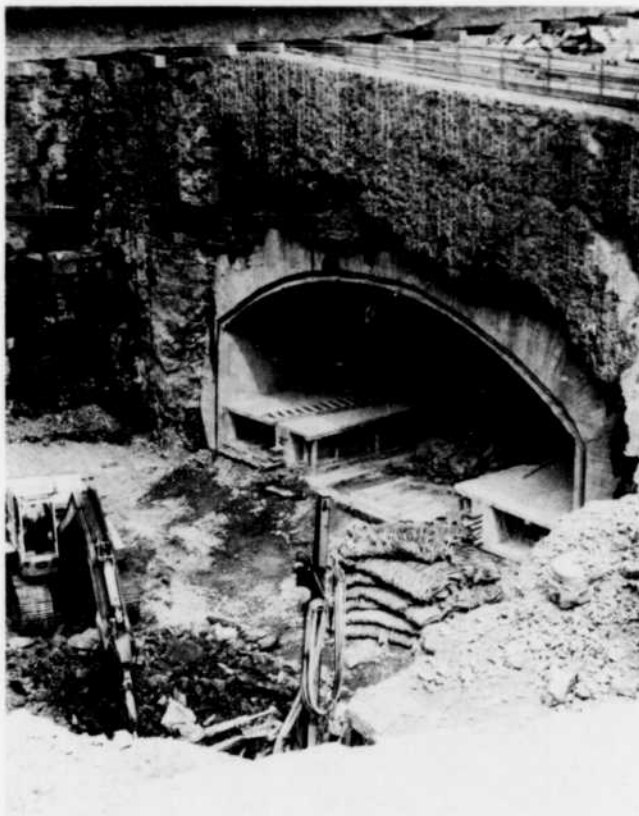


Figure 4 — Extrémité d'une station construite en tunnel dans le roc.

membrane hydrofuge. Le type de ces dernières peut varier d'une station à une autre, mais leur but reste essentiellement le même : retenir les eaux souterraines à l'extérieur des structures.

La présence des services publics lors de la construction d'un ouvrage à ciel ouvert a été discutée précédemment. Dans le cas d'une station, structure plus volumineuse qu'une section de voie courante, cette présence devient beaucoup plus évidente. L'entrecroisement des services se métamorphose ici en un fouillis inextricable. De plus, les stations sont normalement implantées à une intersection de rues : il faut alors envisager une solution de rechange visant à assurer la libre circulation et à empêcher la fermeture totale des voies publiques. Généralement, la circulation des automobiles, aussi bien que celle des piétons, est maintenue grâce à des voies de détournement temporaire exigées sur les plans du contrat.

Les contrats de construction englobent sommairement les travaux de gros œuvre et de finition de la station proprement dite ainsi que des structures accessoires comme les corridors, les édicules, les cheminées de ventilation et autres structures connexes. On retrouve lors de la réalisation d'une station la plupart des corps de métiers spécialisés de l'industrie et de la construction : maçons, menuisiers, poseurs de carrelage et de céramique, ferblantiers, vitriers, électriciens, plombiers et peintres œuvrent côte-à-côte, selon les exigences d'un échancier rigoureux.

Progression des travaux de prolongement

Le 6 juin 1976, le prolongement vers l'est de la ligne de métro no 1 était mis en service. Neuf (9) stations réparties sur 4.7 milles (7,56 km) étaient alors ouvertes au public, à temps pour la tenue de la XXI^e Olympiade.

Actuellement, les travaux progressent normalement sur le prolongement vers l'ouest de la ligne no 1. Cette section de 5.2 milles (8,37 km) devrait être en opération au printemps 1978, ajoutant huit (8) nouvelles stations au réseau.

La Communauté urbaine de Montréal a également décidé de prolonger sur 10.2 milles (16,42 km) la ligne no 2 vers l'ouest, implantant ainsi seize (16) stations additionnelles. Soixante pour cent (60%) de ce programme en est actuellement à la phase de construction tandis que quarante pour cent (40%) demeure au niveau des études.

Les études se poursuivent également au sujet de la toute nouvelle ligne no 5 qui atteindrait une longueur de 12.8 milles (20,60 km). Les sondages ainsi que les travaux d'arpentage sont pratiquement terminés. L'expropriation pour sa part est à demi complétée.

Comme on peut le constater, la construction du métro se poursuit à un rythme encourageant, selon les derniers échanciers visant à doter la Communauté urbaine de Montréal d'un système de transport en commun des plus efficaces et au meilleur coût possible. ■



MESSAGE AUX INTÉRESSÉS

GOLF — TOURNOI ANNUEL

Association des Diplômés de Polytechnique

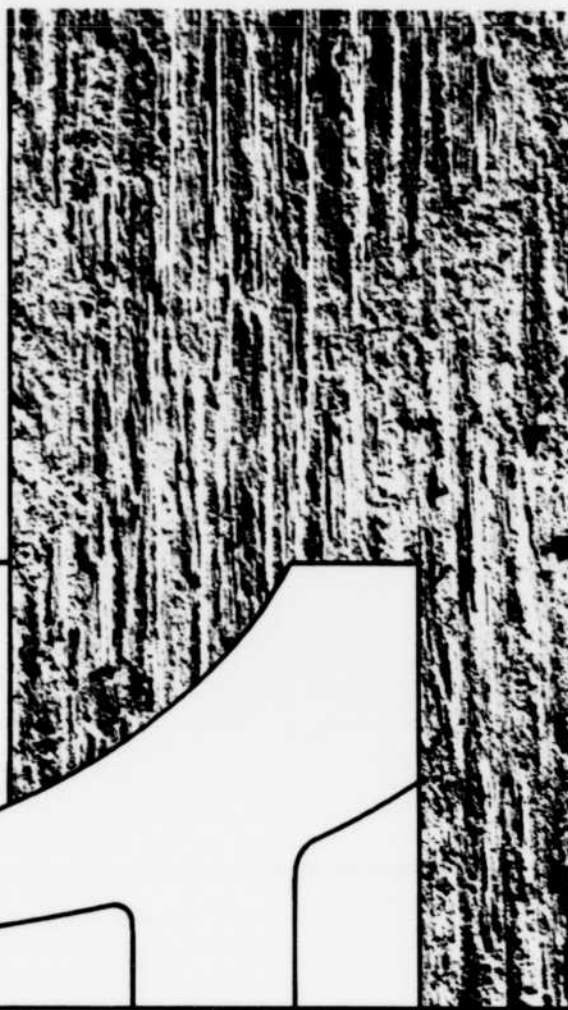
Club de Golf Lachute

Vendredi, 5 août 1977

Notes :

- Les formules d'inscription seront adressées au début de juillet à tous les diplômés en règle avec l'Association.
- Les diplômés qui désirent offrir un prix peuvent le faire parvenir au Secrétariat de l'A.D.P., bureau C-243, École Polytechnique — téléphone : 344-4764.

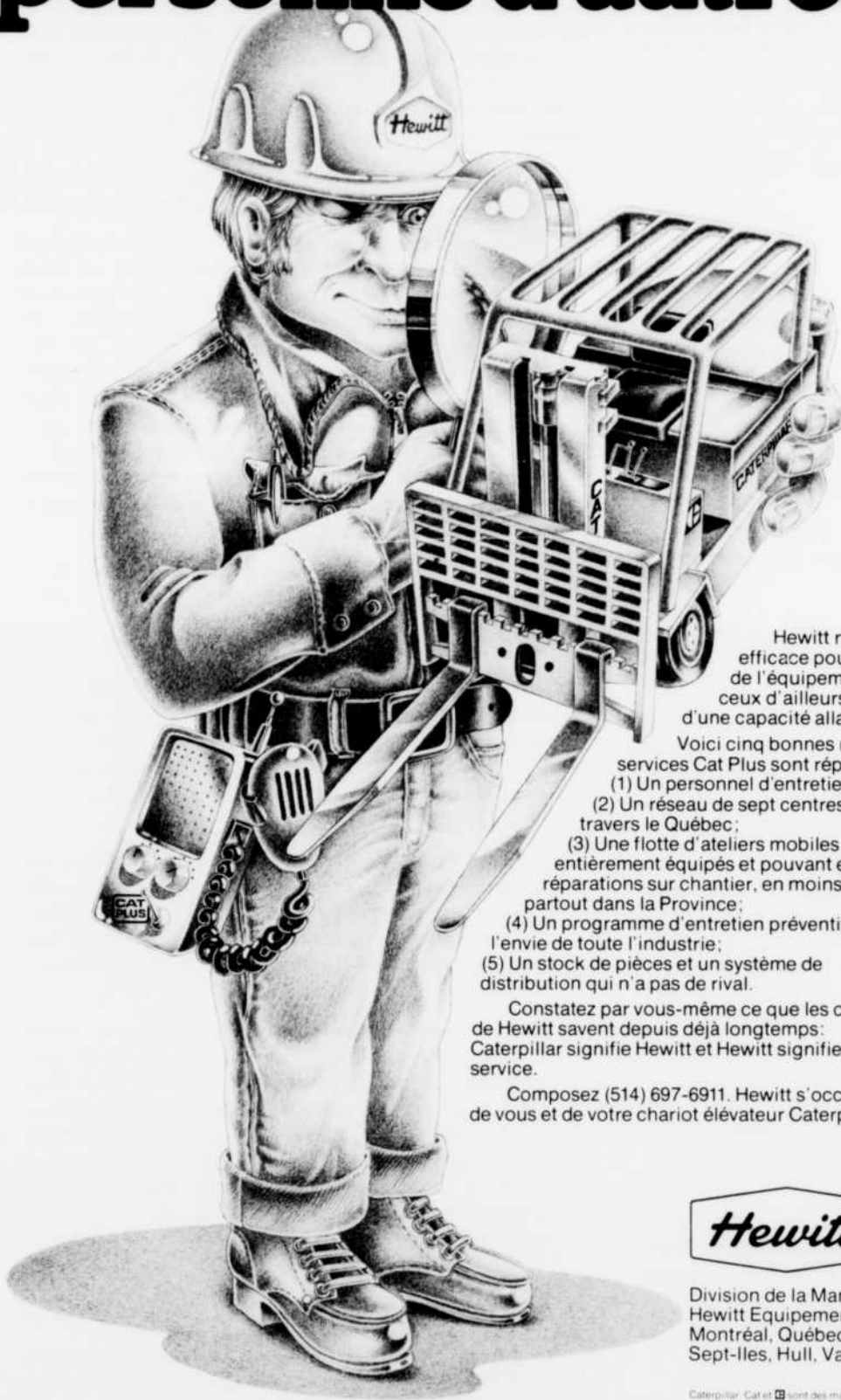
Des produits
indispensables
à la construction
sous toutes
ses formes



CIMENTS ST-LAURENT

une grande entreprise • un nom prestigieux

Hewitt a l'oeil sur votre chariot Cat comme personne d'autre.



Hewitt reconnaît l'importance d'un entretien efficace pour la productivité et la longévité de l'équipement de manutention, comme ceux d'ailleurs qui achètent nos chariots Cat d'une capacité allant de 2,000 à 60,000 lb.

Voici cinq bonnes raisons pour lesquelles les services Cat Plus sont réputés les meilleurs:

- (1) Un personnel d'entretien hautement qualifié;
- (2) Un réseau de sept centres d'entretien à travers le Québec;
- (3) Une flotte d'ateliers mobiles avec radio, entièrement équipés et pouvant effectuer des réparations sur chantier, en moins de 24 heures, partout dans la Province;
- (4) Un programme d'entretien préventif qui fait l'envie de toute l'industrie;
- (5) Un stock de pièces et un système de distribution qui n'a pas de rival.

Constatez par vous-même ce que les clients de Hewitt savent depuis déjà longtemps: Caterpillar signifie Hewitt et Hewitt signifie service.

Composez (514) 697-6911. Hewitt s'occupera de vous et de votre chariot élévateur Caterpillar.



CONCESSIONNAIRE
CATERPILLAR
DEALER

Division de la Manutention,
Hewitt Equipement Limitée,
Montréal, Québec, Chicoutimi,
Sept-Îles, Hull, Val d'Or, Baie James.

DISCUSSION

Cette nouvelle chronique s'adresse à tous les lecteurs désireux de discuter ou de commenter les articles publiés dans *L'Ingénieur*. Les textes d'une longueur maximum de 200 mots seront reçus au secrétariat de *L'Ingénieur* au plus tard trois mois après la parution de la publication. Les lecteurs et les auteurs auront donc, le cas échéant, l'occasion d'échanger leurs points de vues par l'entremise de ce courrier.

L'INGÉNIEUR

no 316 novembre/décembre 1976

Article : « Nouvelle méthode de mesure de la perméabilité des mélanges bitumineux »

Commentaires de M. Marcel Frenette, D.Sc., ing., professeur agrégé au Département de génie civil de l'Université Laval.

Les auteurs décrivent une méthodologie pour mesurer la perméabilité des mélanges bitumineux au moyen de perméamètres fonctionnant à l'air. Il importe donc de bien fixer le cadre d'opération d'un tel perméamètre par rapport à celui de Darcy, perméamètre conventionnel, fonctionnant à l'eau.

Ainsi, lorsque les auteurs soulignent que, pour répondre à la loi de Darcy, un perméamètre doit satisfaire à quatre conditions, à savoir : écoulement laminaire, écoulement stable, saturation à 100% et aucun changement de volume, ils oublient l'exigence la plus fondamentale qui est l'utilisation de l'eau comme fluide. Alors, le perméamètre à l'air ou tout autre appareil fonctionnant avec un fluide autre que l'eau devient une adaptation du perméamètre de Darcy et les lois qui en dérivent en sont assujetties. Cela impose donc une série de corrections dans les mesures, ce que d'ailleurs les auteurs proposent.

En deuxième lieu, puisque l'eau est exclue des expériences, il faudrait aussi y exclure les termes qui s'y rattachent. Par exemple, comment justifier le terme gradient hydraulique (qui se rapporte exclusivement à l'eau) dans un système fonctionnant à l'air ; le terme gradient de pression ou, mieux encore, gradient de charge, serait plus approprié... et ainsi de suite.

Il est à noter que ces commentaires ne mettent pas en doute les résultats mêmes de l'étude, que j'ai lue avec beaucoup d'intérêt, et j'en profite pour féliciter les auteurs.

Réponse des auteurs, M. Pierre Gilbert, M.Sc.A., ing., et M. Nay Sour Var, M.Sc.A., ing.

Dans l'appréciation de notre article, vous soulevez deux questions fondamentales et très pertinentes ayant trait à la mesure de la perméabilité. Votre critique est très constructive et reflète, sans aucun doute, l'esprit d'un chercheur chevronné et soucieux de la précision et du détail.

Aux deux questions que vous soulevez, nous tenterons de répondre avec le plus de précision possible.

1. Vous mentionnez que nous avons oublié l'exigence la plus fondamentale qui est l'utilisation de l'eau comme fluide. Bien que Darcy^{1,2} ait démontré expérimentalement que le taux d'écoulement de l'eau (q) au travers d'un milieu poreux de section (A) était proportionnel au gradient de pression imposé (i), cette démonstration ne restreignait d'aucune façon l'utilisation d'un autre fluide² y compris l'air, en autant que les conditions d'essai y soient identiques, à savoir : écoulement laminaire, écoulement stable, saturation à 100% et aucun changement de volume.

De toute façon, quel que soit le fluide utilisé, il est bien entendu que des corrections s'imposent pour tenir compte de la viscosité du fluide en fonction de la température d'essai.

De plus, puisque l'air est utilisé comme fluide, nous apportons aussi des corrections de changement de volume en appliquant la loi de Boyle ; d'où la formule exprimée à l'article 4.1 de la méthode d'essai publiée en appendice dans la revue *L'Ingénieur* no 316.

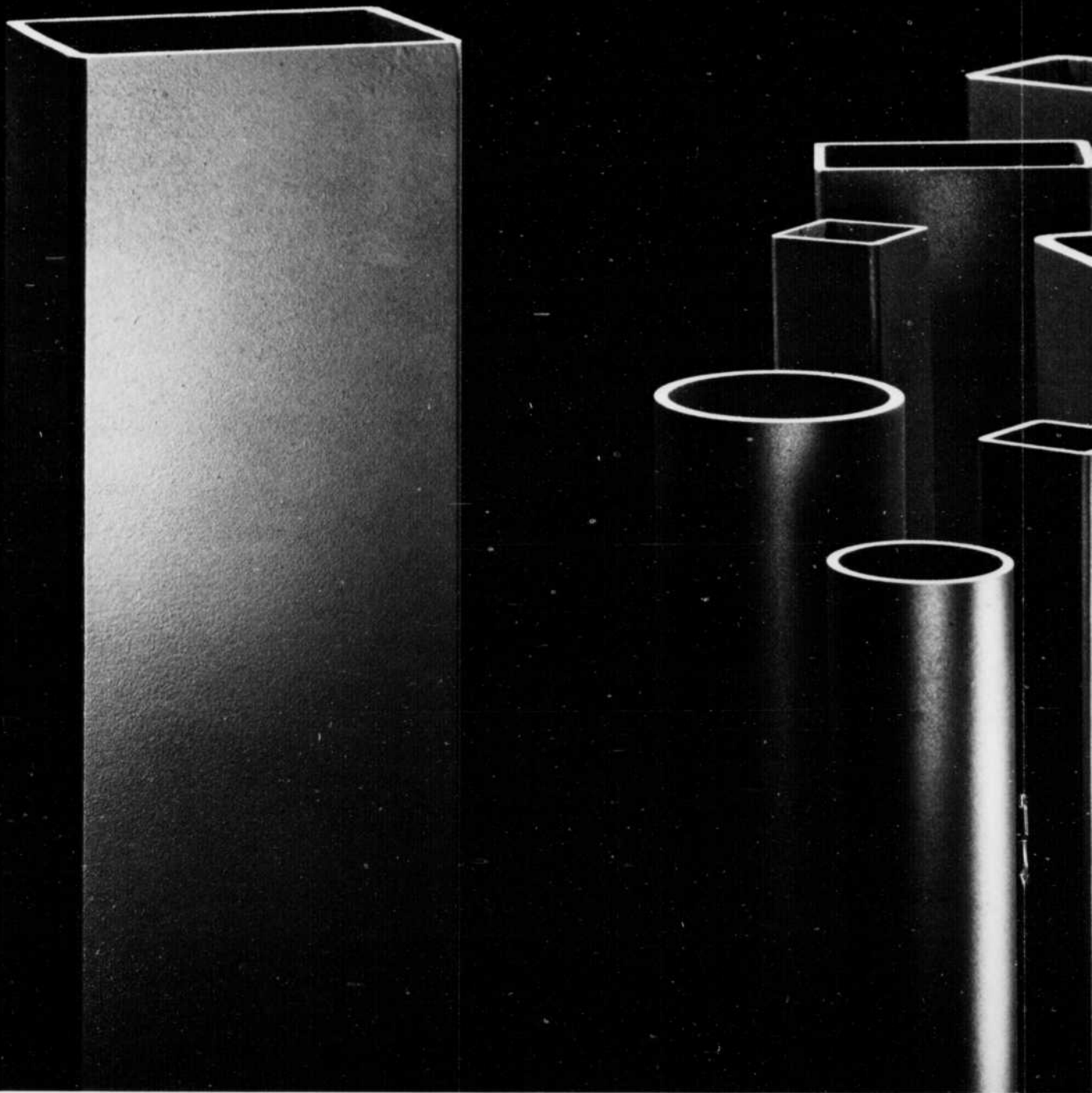
2. Vous discutez du terme gradient hydraulique qui se rapporte exclusivement à l'eau. Sur ce point, vous avez parfaitement raison. Toutefois, l'essai s'effectuant sous une pression de 0.25 po d'eau, nous avons utilisé l'expression « gradient hydraulique ».

Enfin, nous convenons avec vous que le terme « gradient de charge » serait définitivement plus approprié et soyez assuré, Dr Frenette, que nous donnerons suite à votre suggestion puisque la méthode que nous proposons a déjà été approuvée par le comité D04.23 de l'ASTM en septembre 1976 et qu'elle est présentement sous la responsabilité d'un comité d'édition et de révision de l'ASTM.

1. Daugherty R.L. and Ingersoll A.C., « *Fluid Mechanics with Engineering Applications* », McGraw Hill, 1954.

2. Lambe T.W., « *Soil Testing for Engineers* », John Wiley & Sons, 1958.

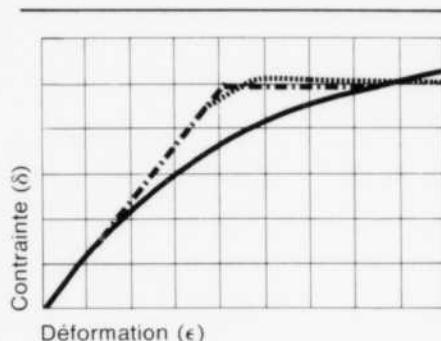
Stelco Classe H



Une classe à part!

Les profils creux de construction classe H de la Stelco, les HSS dotés d'une importante particularité. Conformés aux normes ACNOR G40.20 et G40.21, les HSS classe H de la Stelco sont formés à chaud ou à froid et ultérieurement relaxés. Ces techniques donnent un produit avec de faibles contraintes résiduelles; résultat, la résistance et le rendement sont améliorés.

Les HSS classe H sont des éléments de construction hautement efficaces de formes carrée, rectangulaire ou ronde. Belle apparence et rendement supérieur sont les avantages de la classe H, le HSS de la Stelco.



Contrainte (σ)

Déformation (ϵ)

- HSS Stelco formé à froid, relaxé — classe H
- HSS formé à chaud — classe H
- HSS formé à froid — classe C

Comparaison typique des courbes de tronçons courts pour HSS fabriqués selon trois méthodes. Notez la supériorité du produit de la classe H.

Expédier à: The Steel Company of Canada, Limited
Department "A"
Stelco Tower, 100 King Street W.
Hamilton, Ontario L8N 3T1

Prière de m'envoyer la documentation technique suivante sur les HSS:

- Implications de la norme ACNOR G40.20 sur la fabrication des profils de construction creux
- HSS Types T and A — weldable, low temperature
- Profils de construction creux. Dimensions et propriétés des profils
- HSS Design Manual for Connections
- HSS Design Manual for Columns and Beams

Nom / titre _____

Compagnie _____

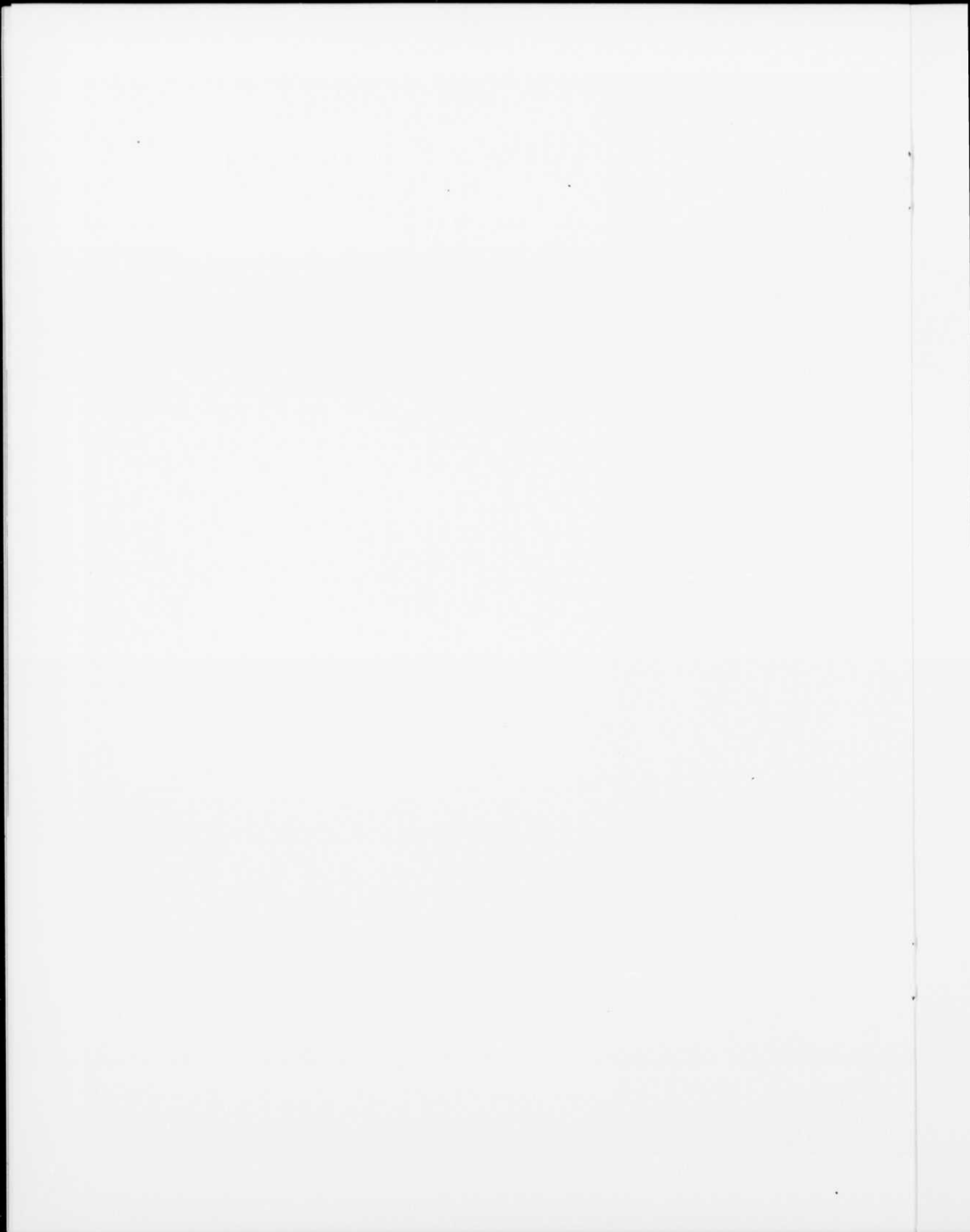
Adresse _____

7601 6F

stelco

The Steel Company
of Canada, Limited

Société canadienne ayant usines et bureaux
par tout le Canada et des représentants
sur les principaux marchés du monde.



LES STATIONS DE MÉTRO

par Normand Nadeau, ing. *

Sommaire

Cet article résume les principes qui président à la conception et à la réalisation des stations de métro. Il décrit brièvement les principales méthodes et techniques utilisées pour la construction des stations, définit les exigences visant ce genre d'ouvrage et présente les solutions aux problèmes d'architecture, de structure et d'équipements des stations.

Introduction

Les stations sont, par définition, les lieux où le voyageur a accès au train pour être transporté d'un point à un autre. Nécessairement les stations sont des points de correspondance entre les transports de surface et le réseau souterrain de métro (Métro de Montréal).

Trois types de stations sont utilisés :

- stations avec mezzanine au niveau du sol ;
- stations avec mezzanine enterrée et construites en tranchées ;
- stations construites en tunnel dans le roc avec accès construits en tranchée (figure 1).

Trois aspects des stations seront étudiés :

- l'architecture des stations ;
- la structure des stations ;
- les équipements des stations.

Architecture des stations

À partir des directives architecturales jusqu'à l'élaboration finale du projet, beaucoup de consultations sont engagées entre l'ingénieur et l'architecte. Tous les collaborateurs du projet n'ont qu'un objectif en tête : que le séjour du passager lui procure une expérience agréable

*

L'auteur :

M. Normand Nadeau est ingénieur chef d'équipe à la division Construction (section finition) du Bureau de Transport Métropolitain de la Communauté urbaine de Montréal.

et stimulante. La conception de la station, par l'aménagement des circulations et des lieux d'attente, par l'impression de sécurité que donnent les équipements, doit inviter le public à utiliser le transport en commun. Pour que chaque station ait son architecture propre, le Bureau de Transport Métropolitain a affecté un architecte différent à chaque station, afin que celui-ci apporte une contribution personnelle, en dépit des contraintes techniques parfois très astreignantes imposées par la construction en sous-sol.

Intégration de la station à l'environnement physique

EXIGENCES

Comme la station se situe dans un milieu habituellement déjà urbanisé, la *forme* des édifices doit s'harmoniser avec les formes déjà existantes des bâtiments adjacents.

Comme la station doit occuper un espace parmi les bâtiments existants, cet espace doit être évalué soigneusement afin de ne pas démolir une partie du quadrilatère où s'érigera la future station.

SOLUTIONS

Grâce à la consultation des différents services, le service d'urbanisme de la Ville de Montréal, le service de la planification de la Communauté urbaine de Montréal, qui participent au choix des systèmes proposés, la solution envisagée reflète l'image du quartier.

Intégration de la station à l'ensemble du réseau de transport en commun

Station de correspondance avec le réseau d'autobus

EXIGENCES

— Il faut que la station permette un *dégagement* facile de la station et donne accès à l'autobus.

— Il faut que la station permette la *répartition* entre les voyageurs locaux et les voyageurs de correspondance.

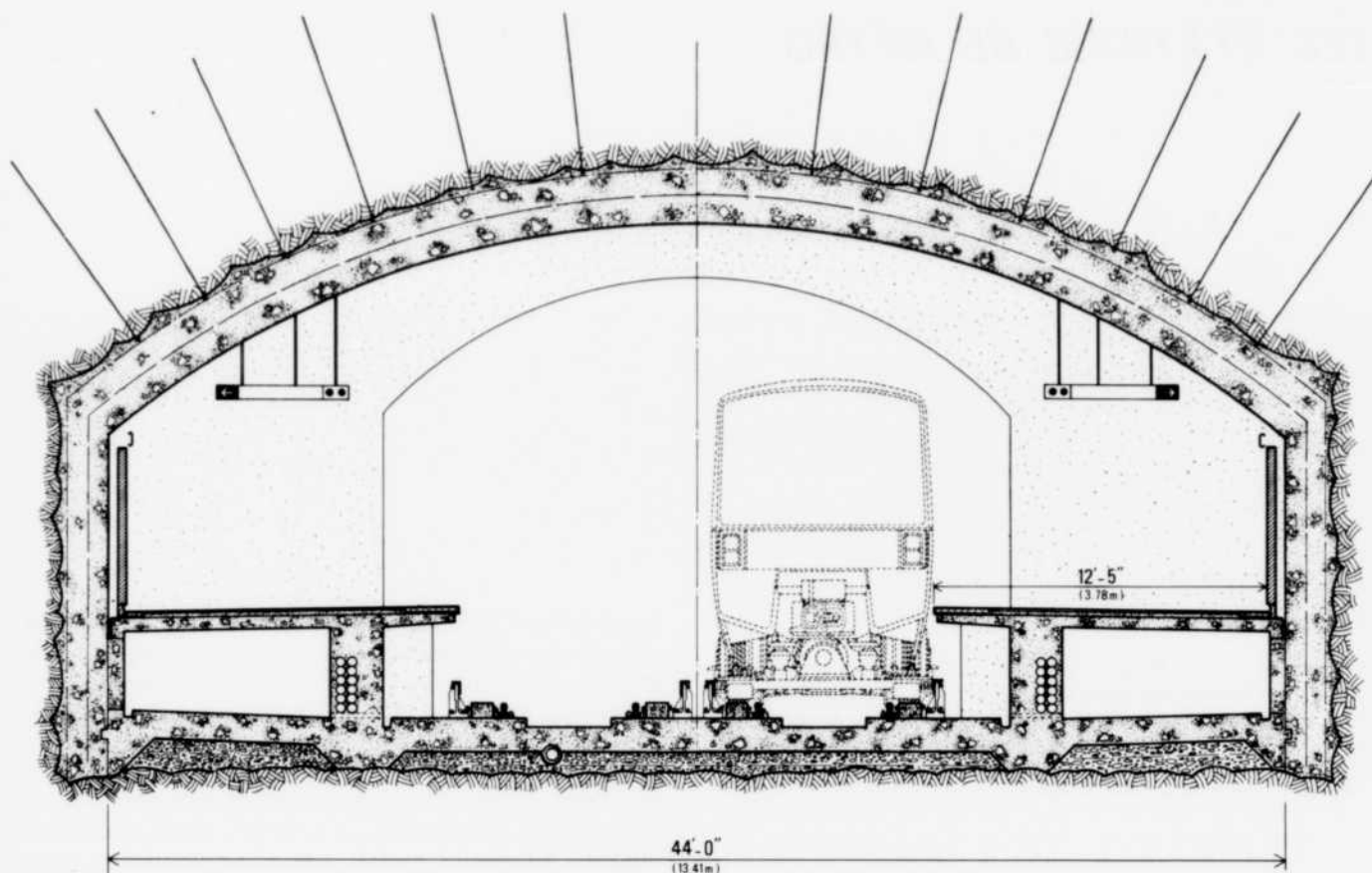


Figure 1 — Coupe type d'une station dans le roc.

SOLUTIONS

— Par la disposition et l'aménagement extérieur, certains édicules sont vraiment des édicules-terminus. Par le rabattement des lignes d'autobus sur ces stations, les voyageurs ont accès directement au réseau de métro.

— L'aménagement d'aires d'attente à l'abri des intempéries permet aux usagers de dégager l'intérieur des stations.

— Lorsque l'expropriation le permet, les édicules sont positionnés sur les coins des quadrilatères pour permettre un accès plus facile aux autobus.

— Des accès aux bouches de métro sont aménagés de telle sorte qu'ils permettent aux automobilistes de descendre leurs passagers directement à la porte de l'édicule.

Station de correspondance entre deux lignes de Métro

EXIGENCES

L'architecte vise à diminuer la distance que doit parcourir le voyageur pour passer d'une ligne à l'autre.

SOLUTIONS

Afin de diminuer le temps de correspondance, il a été décidé d'amener les trains au même niveau.

Utilisation de la station par le public voyageur

PERCEPTION DES ESPACES

EXIGENCES

Comme le but premier du voyageur est de se transporter du point « X » au point « Y », de la façon la plus rapide, avec le plus de sécurité et de confort possible, il doit, par une vision globale à sa sortie du train, percevoir en peu de temps et avec peu d'effort la voie qu'il lui faudra suivre.

SOLUTIONS

L'architecte, par un agencement des volumes et par le dégagement des couloirs d'accès sur la passerelle, permet au voyageur de cheminer directement vers la sortie.

En permettant à la lumière naturelle de pénétrer jusqu'aux quais, par un puits de lumière, le voyageur perçoit visuellement sa position par rapport à la surface (figure 2).

ORIENTATION DU VOYAGEUR

EXIGENCES

Le débit de voyageurs à chaque station est estimé en tenant compte des points de correspondance des auto-



Figure 2 — Station Angrignon
(par J.L. Beaulieu, architecte au B.T.M.)

Lumière naturelle pénétrant jusqu'au niveau du quai.

bus, des heures d'affluence, de la situation de la station par rapport aux lieux de rassemblement :

Exemples :

- Station Atwater par rapport au Forum.
- Station Pie IX par rapport au stade olympique.

SOLUTIONS

Par l'agencement des voies de circulation, couloir en palier, escalier à la montée, escalier à la descente, escalier mécanique, les nœuds de circulation intérieurs sont clairement identifiés en fonction des mouvements des voyageurs (figure 3).

SÉCURITÉ DU VOYAGEUR

EXIGENCES

Tout lieu public, comme le métro, accueille sans distinction le public en général. La station est donc sujette à des abus et à des maladroites de la part des citoyens.

La station ne doit pas comporter d'éléments dangereux qui éventuellement, en cas d'accidents, feraient l'objet de poursuites civiles contre la Commission de Transport de la C.U.M.

Lorsque l'architecte ne peut éliminer complètement le danger, il le souligne par un avertissement.

SOLUTIONS

En ce sens, tout matériau dangereux est éliminé. D'autres matériaux, souvent deux à trois fois plus dispendieux, doivent être utilisés. Aux endroits présentant un danger, le verre est stratifié, comme le vitrage surplombant les escaliers, les quais, la voie... Les portes et les vitrines des concessions sont munies de main courante de protection ou de dessins gravés au jet de sable.

À deux pieds du nez du quai, une bande orangée constitue une ligne d'arrêt pour les voyageurs attendant le train.



Figure 3 — Station Radisson
(par P.G.L., architectes)

Agencement des voies de circulation.

Les portes « papillon » comportent un mécanisme de sécurité, permettant l'évacuation des voyageurs en cas de panique.

TRANSPORT DU VOYAGEUR À LA VERTICALE

EXIGENCES

En plus des escaliers fixes qui permettent au voyageur de passer du niveau du quai au niveau de la rue, l'architecte doit prévoir des équipements mécaniques pour déplacer le voyageur verticalement.

SOLUTIONS

L'utilisation d'escaliers mécaniques ou de tapis roulants requièrent des salles de machinerie, situées à l'étage supérieur et inférieur, ainsi que des espaces latéraux réservés à l'entretien.

DURABILITÉ DES MATÉRIAUX

EXIGENCES

Comme les surfaces de circulation sont soumises à des conditions sévères d'usure, les matériaux utilisés sont de première qualité.

Les revêtements de planchers doivent être antidérapants, faciles d'entretien et de réparation.

L'architecte doit quelquefois vérifier la performance des matériaux, à l'aide d'essais sur échantillons.

L'architecte doit prévoir que les métaux ne se détrioreront pas sous les conditions d'humidité.

SOLUTIONS

En plus de considérer l'apparence des finis de plancher, l'architecte étudie la durabilité des matériaux et, finalement, optera pour des revêtements comme le granit ou tuiles de grès cérame.

Les bétons peints ont été éliminés en raison des difficultés d'entretien surtout durant les heures d'exploitation.

Les cadres et portes, donnant sur un espace public, sont en acier inoxydable. Les autres éléments, hors de la vue du public, sont en acier galvanisé peint.

Fonctionnement physique de la station imposé par les services essentiels

VENTILATION

EXIGENCES

— Assurer le confort du voyageur à l'intérieur de la station.

— Intégrer le système à l'architecture de la station.

— Atténuer l'effet piston produit par le déplacement des trains.

— Rendre salubres les conditions de travail des préposés à la station.

SOLUTIONS

L'architecte pourra utiliser :

— soit une ventilation naturelle, au moyen d'ouvertures permettant l'évacuation ou l'addition de l'air à l'intérieur de la station ;

— soit une ventilation forcée, en utilisant des ventilateurs.

ÉLECTRICITÉ

EXIGENCES

— Maintenir un niveau d'éclairage minimal de 25 pieds bougie (269 lx) à tout endroit et un niveau considérable supérieur aux points de repère des circulations.

— Installer des appareils d'éclairage de toute sécurité et anti-vandalistes.

— Intégrer à l'architecture les systèmes de signalisation et de télécommunication.

SOLUTIONS

L'architecte pourra utiliser :

— soit les tubes à nu, permettant un nettoyage facile ;

— soit un appareil permettant l'intégration de l'éclairage ordinaire, l'éclairage d'urgence, les haut-parleurs et les conduits d'alimentation.

— Les niches d'urgence, où l'on retrouve le téléphone, relié directement au poste central de communication, et un rupteur de courant de traction, sont intégrées aux finis des murs de quais.

— Les luminaires de queue de trains indiquent aux voyageurs la longueur du quai où ils pourront avoir accès aux trains.

— Pour les grands volumes, l'architecte pourra utiliser des appareils au mercure.

PLOMBERIE

EXIGENCES

En plus des services usuels qu'on retrouve dans tout bâtiment public, l'architecte doit prévoir un système spécial de protection en cas d'incendie.

SOLUTIONS

Un cabinet à incendie fut conçu de telle façon que la porte d'accès au cabinet entraîne, en s'ouvrant, un rupteur de courant de traction et, par ce fait, élimine tout danger d'électrocution.

Ces cabinets à incendie sont reliés à l'aide de conduites sèches à un raccord siamois situé en surface à l'extérieur de l'édicule.

CHAUFFAGE

EXIGENCES

— Comme les trains dégagent suffisamment de chaleur, aucun chauffage n'est requis à l'intérieur de la station.

— Par contre, toutes les salles où le personnel d'entretien séjourne sont chauffées.

SOLUTIONS

— Afin d'assurer la sécurité du voyageur, aux accès des édicules, deux choix s'offrent au concepteur :

— un système d'air chaud
ou

— un système de treillis chauffant incorporé dans la dalle.

L'aménagement est conçu de façon à permettre le bon fonctionnement de la station (figure 4).

Structure des stations

Sur les esquisses de l'architecte, l'ingénieur est consulté afin de trouver des solutions structurales. Souvent l'architecte doit renoncer, parfois à regret, à la conception initiale pour des raisons de coûts engendrés par des réalisations de structures extravagantes. Comme l'implantation du réseau de Métro nécessite des crédits importants des organismes publics, architectes et ingénieurs recherchent la solution la plus économique. Préalablement à toute décision sur les systèmes structuraux, l'ingénieur en structure fait appel à des sondages, afin d'établir le profil stratigraphique du sous-sol, à des essais pressiométriques ou à des essais perméométriques. Toutes ces données lui permettront de choisir le meilleur système structural, compte tenu des exigences architecturales.

Murs de soutènement et supports des utilités publiques

Les stations de métro sont situées habituellement dans l'emprise des rues. Comme le réseau de métro dessert nécessairement des secteurs fortement urbanisés, l'ingénieur en structure doit protéger les bâtiments adjacents à la future station.

Les nombreux services publics en place, services d'égouts, d'aqueduc, de gaz, téléphone, distribution d'électricité, imposent une étude sérieuse des solutions envisagées, car la construction d'une station ne peut en aucun cas justifier l'interruption des services essentiels.

EXIGENCES

Considérant tous ces faits, l'ingénieur doit présenter une solution qui évitera d'avoir des conséquences fâcheuses sur les bâtiments voisins. Le mur de soutènement devra répondre aux exigences suivantes :

- la nappe phréatique doit être maintenue à son niveau initial pendant toute la durée de la construction, si les bâtiments adjacents à la tranchée risquent de s'affaisser par un rabattement de la nappe phréatique. Des essais de perméabilité du sol, pour déterminer l'importance du volume d'eau et sa vitesse de récupération, influenceront le choix du mur de soutènement ;
- la granulométrie des matériaux influencera le choix de l'ingénieur car la perte de matériaux fins des sols ainsi retenus peut causer des affaissements aux bâtiments voisins ;
- la rigidité du mur de soutènement utilisé doit minimiser les déplacements horizontaux des terres soutenues afin de ne pas déplacer les conduites des services adjacents ou des structures situées à proximité de l'excavation ;
- la grandeur du terrain disponible déterminera en certains cas le genre de soutènement requis.

SOLUTIONS

Plusieurs types de murs de soutènement sont utilisés :

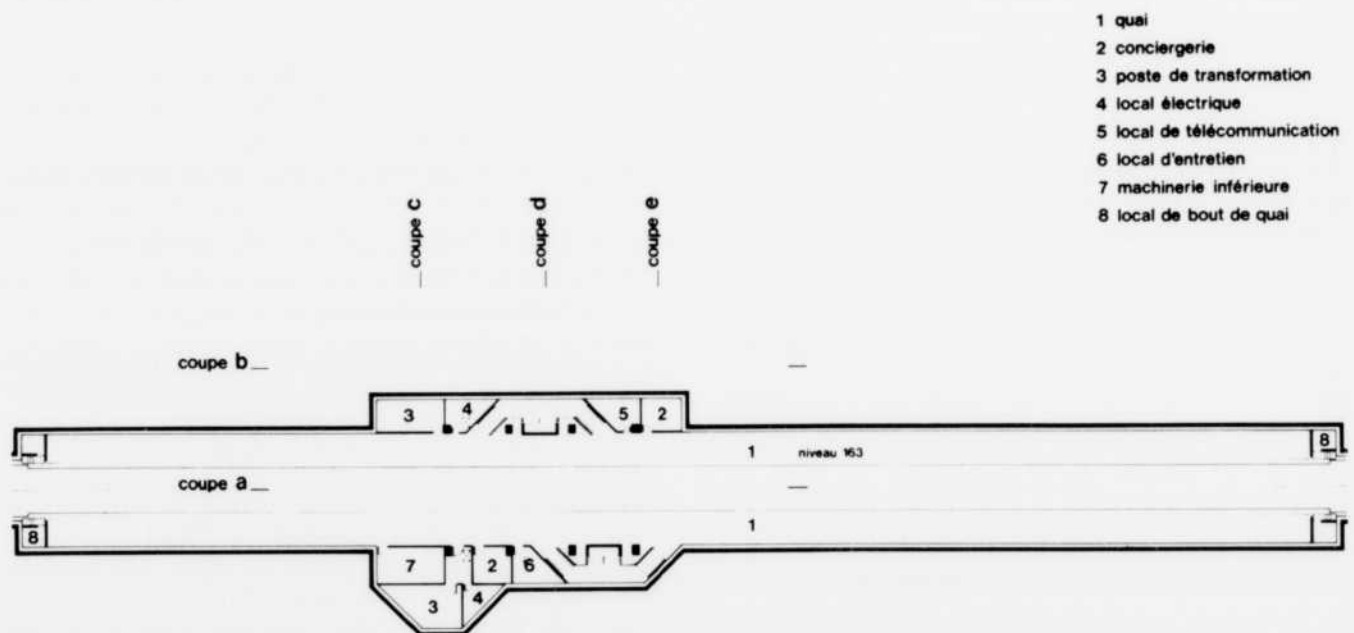


Figure 4 — Station Côte Ste-Catherine — Plan du quai 10.

- le mur constitué de pieux H en acier avec un blindage de bois ;
- le mur constitué de pieux tubés et de blindage de bois ;
- le mur constitué de pieux forés et de paroi moulée ;
- le mur de béton moulé dans le sol.

Quant aux utilités publiques, des structures temporaires sont érigées afin de supporter les conduites ou masses de béton au-dessus des tranchées. Ces structures doivent être solidement ancrées pour résister aux vibrations générées par les dynamitages.

Éléments structuraux des stations

Plusieurs systèmes structuraux s'offrent à l'ingénieur, mais finalement peu nombreuses sont les solutions qui répondent à toutes les exigences précitées. Toutes les structures souterraines sont nécessairement en béton.

Station en tunnel

Lorsque le couvert de roc est suffisant et de bonne qualité, la structure de tunnel-station standard, composée d'une arche de béton non armée reposant sur deux pieds-droits, est utilisée.

Station en tranchée

Lorsque les conditions l'imposent, la station est construite en tranchée ; les deux types de structure les plus utilisés sont la structure voûtée armée et le cadre rigide armé. Les éléments structuraux ont alors des dimensions physiques plus grandes que les éléments où l'effet voûte est utilisé.

Structure principale

L'étude du profil de la voie a démontré que le profil « en cuvette » était le plus économique (figure 5) ; ce profil utilise une pente de 6% au départ de la station, permettant alors de diminuer la demande d'énergie à l'accélération et permettant à l'inverse une décélération à l'aide d'un freinage plus doux. La station se situe donc aux points hauts sur le profil de la voie. Étant située plus près de la surface, les coûts d'excavation sont diminués d'autant.

Compte tenu du niveau et de la qualité du roc, du niveau de la nappe phréatique ainsi que de son débit, l'ingénieur choisira un système structural approprié à la conception architecturale.

- a) Le toit et les murs de la station doivent supporter les pressions d'eau et de terre en plus des charges vives appliquées par la circulation.
- b) La mezzanine, les escaliers, les quais doivent résister, en plus de leur poids-mort, aux charges vives suggérées par les codes de construction.
- c) Le radier, en plus du poids-mort des équipements et des pressions d'eau, ne doit subir aucune déflexion pour demeurer une piste offrant un maximum de sécurité.

- d) Les puits de ventilation doivent résister aux pressions des terres et de l'eau.
- e) Les édicules, étant des bâtiments en surface, doivent résister aux charges de neige et aux charges vives suggérées par les codes de construction.

Équipements des stations

Même si l'architecte et l'ingénieur ont conçu un beau et solide bâtiment, et même si toutes les dispositions ont été prises pour que le voyageur soit transporté confortablement et en sécurité, le but principal ne sera pas atteint si le train n'arrive pas à la station à des intervalles réguliers.

L'opération du service représente l'activité primordiale, d'où l'importance de l'installation des équipements.

Afin de permettre au train de remplir sa fonction, la station doit comporter :

- des équipements de voie pour permettre au train d'y accéder ;
- des équipements électriques pour alimenter le train et la station ;
- des équipements de signalisation et télécommunications pour signaler au train son trajet et établir les communications.

Équipements de voie

Dans le système adopté par le Métro de Montréal, la voie joue un rôle primordial : elle supporte le train et le guide, elle alimente le train pour la traction, elle permet d'établir la communication téléphonique, le contrôle de la vitesse ainsi que le pilotage automatique. La voie est constituée de trois (3) éléments principaux : le rail, la piste de roulement et la barre de guidage avec isolateur.

- Le rail (70 lb/vg ou 35 kg/m) sert de conducteur de retour du courant de traction et aussi des courants de signalisation.
- Le rail, en cas d'urgence (i.e. défaillance d'un pneu porteur ou de guidage), permet de supporter et guider le train à l'aide de roue métallique.
- Le rail sert, évidemment, comme piste de roulement lors de la construction.

La piste de roulements (éléments préfabriqués en béton armé de 6 po x 10 po ou 15 cm x 25 cm) supporte le train roulant sur pneumatiques. La barre de guidage (cornière de 6 po x 4 po ou 15 cm x 10 cm) située à 7 pouces (18 cm) au-dessus de la piste, sert de guide aux roues latérales du train et sert de conducteur pour la ligne téléphonique reliant le poste de contrôle centralisé aux trains en ligne. Un isolateur en polyester renforcé de fibres de verre supporte la barre de guidage. Il faut remarquer que la voie est directement reliée au radier de béton, sans l'usage de ballast. Des aiguillages permettent aux trains de changer de voies.

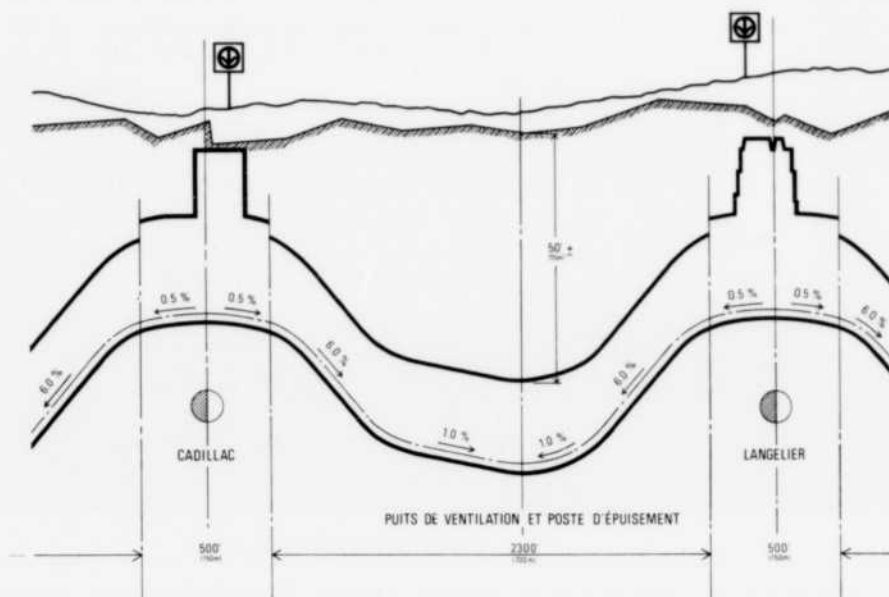


Figure 5 — Profil en cuvette.

Équipements électriques

L'alimentation en énergie de traction se fait à partir des postes de redressement, qui sont alimentés par des postes de district. Les postes de redressement d'une puissance de 2 500 kW transforment le courant alternatif de 12 000 volts en courant continu de 750 volts. Des mécanismes, détectant les sur-intensités et les courts-circuits, assurent la protection du système.

L'alimentation en énergie d'éclairage-force de chacune des stations se fait à partir de deux (2) postes secondaires de distribution pour chaque station. Chaque poste de distribution, à l'intérieur de la station est équipé d'un transformateur 12 000 volts-600 volts. Chacun des deux postes de distribution est alimenté par un câble différent. Chaque poste fournit la moitié de l'énergie requise par l'éclairage, la force motrice et les autres services ; ce qui permet de pallier une défaillance partielle de l'alimentation d'un des deux postes. En cas de défaillance totale, un réseau électrique d'urgence alimenté par des batteries d'accumulateurs et par des groupes électrogènes fournit suffisamment d'énergie pour maintenir une opération provisoire.

Équipements de signalisation et télécommunication

À chaque extrémité de segment de voie (circuit de voie) un signal est émis et reçu à l'autre extrémité ; sa réception alimente un relais qui allume un voyant vert et éteint un voyant rouge : c'est le cas de l'absence de train sur ce circuit de voie. Lorsqu'un train s'engage sur ce circuit de voie, il court-circuite le signal qui n'est pas reçu par le récepteur, le relais n'étant plus alimenté, le voyant rouge s'allume et le vert s'éteint signalant ainsi la présence du train sur ce segment de voie.

Les pilotes automatiques installés à bord des trains recevront leurs consignes à partir de signaux émis dans chaque circuit de voie. Toutefois, des contrôles de vitesse et d'arrêt automatiques assurent la sécurité des voyageurs.

Plusieurs systèmes de télécommunication sont utilisés dans le Métro, tels :

- Un réseau de communications verbales groupe :
 - une centrale téléphonique privée à l'usage des divers services ;
 - une centrale téléphonique d'urgence ;
 - une centrale téléphonique de manœuvres réunissant les appareils téléphoniques affectés au contrôle des manœuvres de trains ;
 - un système de radio-téléphone reliant les trains en service au centre de contrôle ;
 - un système de sonorisation permettant d'adresser des messages aux employés et aux voyageurs à l'intérieur des stations.
- Un groupe d'ordinateurs assure la bonne opération du réseau en programmant les départs et en réglant la vitesse des trains.
- Des tableaux de contrôle optiques informent les régulateurs de trafic.
- Un réseau de télétransmission achemine toutes les informations au centre de contrôle (informations sur ventilation, alimentation électrique, manœuvres...).

Conclusion

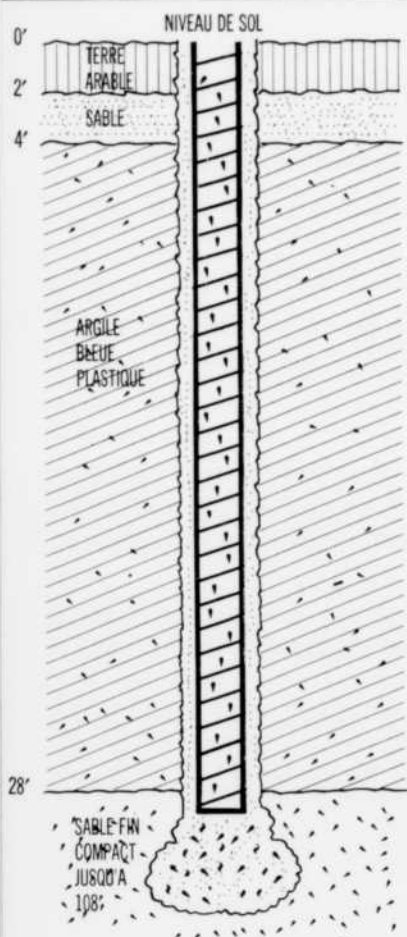
Enfin, tous ces efforts sont vains, si le public n'utilise pas ce service de transport. Il appartient d'une part à la Commission de Transport de l'exploiter, de le mettre en valeur, de l'améliorer afin qu'il réponde à ses objectifs premiers ; d'autre part, il appartient au public voyageur de s'en servir fréquemment pour rentabiliser ce service de transport. ■



VUE AÉRIENNE DU MONASTÈRE AUJOURD'HUI



LE MONASTÈRE ÉRIGÉ EN 1933-34



PROFIL TYPIQUE ET PIEU FRANKI

UN SECOND REGARD SUR UNE PREMIERE FRANKI

*La première fondation en pieux Franki
exécutée à Berthierville, Québec en 1933
pour le Monastère des Moniales Dominicaines.*

PROBLÈME

Le site du Monastère des Moniales Dominicaines construit à Berthierville, Québec en 1933 présentait un problème de fondation délicat dû à l'existence d'une couche épaisse d'argile bleue sensible surplombant une couche compacte de sable fin; de lourds édifices avoisinants subissaient des affaissements depuis plusieurs années. On considéra l'installation de caissons ouverts et de différents types de pieux conventionnels.

SOLUTION

Les pieux Franki furent finalement choisis pour trois solides raisons: leur grande capacité portante, leur coût relativement bas et aussi l'assurance qu'ils pouvaient être foncés au travers de l'argile jusqu'à la couche de sable.

Les pieux furent formés à l'aide d'un tube d'acier de 21" de diamètre d'une épaisseur de 1½" foncé au travers de l'argile et dans la couche de sable à l'aide d'un mouton de 3 tonnes damant sur une couche de béton frais à l'intérieur du tube. Des coups de 150,000 pi./lbs. furent employés pour fonder le tube et pour former la base élargie.

Bien que les pieux ne devaient être soumis qu'à des charges axiales verticales de 45 tonnes, des essais de charge à 200 tonnes furent exécutés sous la surveillance des ingénieurs conseils; l'affaissement maximum observé sous la charge fut de 0.178" (4.5 mm) lequel rebondit à 0.035" (0.9 mm) quand la charge fut enlevée.

DE NOUVEAU EN 1950

Le Monastère fut construit par étapes selon les besoins. Les premiers pieux Franki devaient supporter l'édifice de façade dont une partie fut construite en 1933-34 et parachevée en 1941. De nouveau en 1950, la société Franki Canada Limitée fut demandée pour installer les pieux qui devaient supporter deux ailes adjacentes, la première érigée en 1950 et la seconde en 1963.

**ENCORE AUJOURD'HUI COMME EN 1933, LE PIEU FRANKI DEMEURE
L'ÉLÉMENT DE FONDATION LE PLUS PRATIQUE QUI SOIT.**

CRÉDITS

Architecte: J. Albert Larus

Ingénieurs conseils: Beaulne & Léonard

Entrepreneur général: Mousseau & Tellier

Entrepreneur en pieux: Franki

FRANKI

CANADA LIMITEE

Bureau-chef: 1320 BOUL. GRAHAM, MONTRÉAL, P.Q. H3P 2C4
QUÉBEC OTTAWA TORONTO EDMONTON VANCOUVER

De la littérature sur les différents systèmes de fondation Franki et les publications périodiques "FAITS DIVERS FRANKI" vous seront envoyées sur demande. Écrivez à Franki Canada Limitée, 1320, boulevard Graham, Montréal P.Q. H3P 2C4.

FRANKI / Le spécialiste mondial
à l'échelle internationale



LA SÉCURITÉ DANS LA CONSTRUCTION DU MÉTRO

par André Pilon, ing. *

Sommaire

Le Bureau de Transport Métropolitain croit qu'un effort collectif de tous les intéressés dans l'industrie de la construction est indispensable afin d'améliorer la sécurité de cette industrie.

Dans un projet d'envergure comme celui de la construction du Métro, la sécurité joue un rôle d'importance primordiale. En effet, une partie appréciable du budget est affectée à la protection de l'ouvrier et du public. On a d'ailleurs souvent eu l'occasion de constater que le rendement de l'ouvrier est amélioré par l'application de mesures de sécurité. De plus, l'économie directe et indirecte résultant d'un travail sans accident fait plus que compenser et justifier les dépenses qu'entraînent ces mesures. La perte résultant d'un accident est bien plus importante que celle qui découle des grèves ou de mauvaises méthodes de travail, car elle est définitive et sans retour. Pour les hommes, c'est la souffrance, le deuil, parfois l'incapacité permanente. Pour l'entreprise, c'est le taux des cotisations augmenté et une responsabilité personnelle qui entraîne des poursuites judiciaires et des mesures punitives parfois fort coûteuses.

C'est à tort que l'on minimise souvent le coût indirect de ces accidents. Des études faites aux États-Unis, en Suède, en Allemagne, en France ont abouti à considérer le coût indirect comme étant quatre à cinq fois supérieur au coût direct, c'est-à-dire aux charges supportées par les bénéficiaires sociaux, au titre du remboursement des frais médicaux, pharmaceutiques et des indemnités pour pertes de salaires. Ce coût indirect

comprend le temps perdu par les camarades de travail, par les supérieurs immédiats, par la direction et par les services administratifs chargés des formalités relatives aux enquêtes, de la rédaction des rapports et de tous autres documents requis.

Que dire aussi de la perturbation causée au niveau de l'organisation de la production, du remplacement subit de l'ouvrier manquant, du changement possible de méthode, etc.

Trop nombreux sont encore les entrepreneurs qui ne se représentent pas clairement l'impact économique des accidents de travail. Ils sont souvent enclins à considérer l'accident comme un mal inévitable et un risque inhérent au travail.

Le législateur fédéral, provincial et municipal s'est préoccupé d'aider les chefs d'entreprise à résoudre leurs difficultés au mieux de l'intérêt général par de nombreuses mesures telles que les lois et règlements se rapportant à la sécurité sur les chantiers. Cependant, trop nombreux sont encore ceux qui ignorent ces lois et règlements. Beaucoup de petites et moyennes entreprises doivent encore être convaincues qu'il en coûte moins cher de prévenir le risque que de réparer les dommages après l'accident. L'expérience démontre que la prévention relève surtout de l'employeur. Quand celui-ci fait de la sécurité préventive et veille à l'application des mesures de sécurité, les ouvriers collaborent facilement avec lui.

La sécurité, c'est cependant l'affaire de tous. Qu'il s'agisse du contremaître, de l'ouvrier ou du chef d'entreprise, il faut que chacun soit convaincu de sa nécessité et de son importance comme une discipline rigoureuse.

Les causes d'accident sont de deux ordres :

- les causes techniques dues à la défaillance ou à la défectuosité du matériel ;
- les causes psychologiques imputables aux facteurs humains, c'est-à-dire à la négligence, la maladresse, l'inattention, l'indiscipline, la fatigue, etc...

*

L'auteur :

M. André Pilon est ingénieur chef d'équipe à la division Construction (section gros-œuvre) du Bureau de Transport Métropolitain de la Communauté urbaine de Montréal.

On s'accorde généralement pour reconnaître que les causes humaines (distraction, négligence) sont cinq fois plus fréquentes que les causes techniques sur les chantiers de construction. On doit donc constater, une fois de plus, que la sécurité c'est l'affaire de tout le monde.

Il ne suffit donc pas de faire appliquer les lois et les règlements concernant la sécurité, mais c'est un véritable « esprit de sécurité » qu'il faut inspirer à chaque intéressé.

L'application des normes de sécurité sur les chantiers de construction relève de l'Office de la Construction du Québec. Cependant, la Communauté urbaine de Montréal, en sa qualité de propriétaire, a sa part de responsabilité dans l'application des normes de sécurité. La division de la construction du Bureau de Transport Métropolitain, qui a des représentants permanents sur tous les chantiers de construction du Métro, s'occupe très activement de la prévention des accidents et de l'application des règlements et des lois en vigueur en rapport avec la sécurité.

Pour chaque contrat où l'excavation se fait à l'aide d'explosifs, l'entrepreneur doit exiger que la compagnie d'assurance, qui a assumé les risques inhérents à l'exécution des travaux, fasse, au préalable, une inspection détaillée de chaque édifice ou structure situé à proximité du parcours des travaux dans le but d'en déterminer l'état. Cette inspection préalable est faite dans le but de déterminer avec le plus d'exactitude possible l'état réel des propriétés avant que les travaux débutent. Ces renseignements sont transmis à l'entrepreneur afin qu'il prenne les mesures qui s'imposent dans le cas des structures sensibles aux faibles vibrations.

L'entrepreneur doit également soumettre au propriétaire, pour information, le diagramme des charges et les caractéristiques de tous les explosifs qu'il se propose d'utiliser. Ce diagramme devra porter l'approbation d'un expert reconnu en dynamitage et comprendre, pour chaque type de tir utilisé, les données suivantes :

- poids total des explosifs utilisés ;
- nombre et type de chaque période utilisée ;
- poids maximal d'explosifs par période ;
- nombre, diamètre et profondeur des trous forés.

Il doit, à l'aide de formules fournies par le Bureau de Transport Métropolitain, préparer un rapport sur chaque dynamitage effectué. Une copie de ces rapports est reçue chaque jour par un représentant du Bureau qui les vérifie et peut, au besoin, ordonner les modifications qui s'imposent, afin de minimiser les dangers possibles aux structures existantes du voisinage.

L'entrepreneur doit, au moyen d'un sismographe, appareil destiné à l'enregistrement de l'amplitude des mouvements du sol, utilisé par un spécialiste dans ce domaine, procéder à une étude continue des vibrations occasionnées par tous les dynamitages.

Pour chaque sautage susceptible d'être entendu par le public, l'entrepreneur doit avertir par un signal convenu en utilisant le code de dynamitage suivant :

- douze coups rapides
- pause de deux minutes
- explosion
- coup prolongé, quand on peut assurer de nouveau la sécurité sur les lieux du dynamitage.

Ce code est écrit en évidence, à la vue du public, sur tous les chantiers où la dynamite est utilisée. L'entrepreneur doit donc se conformer rigoureusement aux lois et règlements existants concernant les explosifs.

Les clôtures ceinturant tous les chantiers du Métro sont de rigueur depuis le début jusqu'à la fin des travaux. Les dangers qu'offrent les chantiers de construction, pour les enfants surtout, commandent que l'accès en soit interdit au public. C'est pourquoi la Communauté urbaine de Montréal exige que l'entrepreneur ait, en tout temps, pendant toute la durée des travaux, un nombre suffisant de gardiens, le jour et la nuit, de façon à protéger efficacement le public ainsi que les travaux en voie d'exécution.

Dans les travaux de percement des tunnels dans le roc, le soutien des voûtes se fait à l'aide d'un minimum de boulons à roc, afin de stabiliser la voûte des tunnels. Ce minimum exigé de boulons de 8 pieds (2,4 m) placés à tous les 4 pieds (1,2 m) centre à centre convient pour du rocher de bonne qualité.

Lorsque le rocher est de qualité moindre, l'entrepreneur reçoit l'ordre soit d'augmenter le nombre de boulons à roc, d'allonger les boulons ou de placer un treillis à mailles de chaîne ancré auxdits boulons à roc, de façon à éviter les chutes de blocs de rocher.

De plus, si les conditions le justifient, la pose de béton projetée sera ordonnée. Il s'agit là de béton transporté dans un boyau flexible et projeté à haute vitesse sur une surface au moyen d'air comprimé. Le béton lui-même consiste en un mélange sec préparé à l'avance. L'eau est ajoutée au gicleur fixé à l'extrémité du boyau. Cette méthode de consolidation du rocher est particulièrement recommandable pour un rocher qui s'altère et se désagrège à l'air dans les sections voûtées.

Dans la formation rocheuse superficielle de l'île de Montréal, nous rencontrons ordinairement du calcaire et du schiste. À certains endroits, les conditions du rocher, à cause de sa pauvre qualité, exigent que le soutien des voûtes se fasse à l'aide d'acier de structure.

Cette méthode fort coûteuse, cependant, s'avère quelquefois la seule qui puisse assurer la solidité requise de la voûte et la sécurité des ouvriers jusqu'au temps de la mise en place du revêtement permanent de béton. Tous les travaux de soutien de la voûte du tunnel sont surveillés étroitement par les représentants de la division de la construction du Bureau de Transport Métropolitain afin que les normes sévères de soutien soient observées en tous points et en tout temps.

Dans le cas de travaux exécutés en tranchée, l'entrepreneur doit faire tout le blindage et le soutènement nécessaires aux excavations en conformité avec les lois et règlements existants, en vue d'assurer la protection adéquate des ouvriers et des structures en place.

Les pièces de blindage et d'étaçonnement sont installées au fur et à mesure que l'excavation progresse, de façon à éviter tout mouvement de terre au-delà du blindage. L'entrepreneur doit soumettre, pour approbation, un plan détaillé de la méthode de soutènement et des matériaux qu'il entend utiliser pour soutenir les terres, à moins que cette méthode soit imposée par les plans et autres documents du contrat. Les coffrages, leur étaieement ainsi que tous les matériaux utilisés pour leur confection sont sujets à une étroite surveillance de la part de nos ingénieurs.

Les documents du contrat exigent une ventilation adéquate dans les tunnels, et nos ingénieurs inspectent les échelles d'accès, les escaliers, les rampes, les échafauds, les garde-corps, les installations électriques, les équipements de construction, la machinerie et toutes les installations utilisées au cours de l'exécution des travaux.

La sécurité touche toutes les activités de la construction. Il est impossible d'énumérer ici tous les travaux de surveillance exécutés par le personnel de la Construction du Bureau de Transport Métropolitain. On peut affirmer sans crainte que l'ingénieur est bien conscient des dangers d'accident dans l'industrie de la construction et qu'il s'efforce, non seulement de faire appliquer les normes élémentaires de la sécurité, mais qu'il travaille également à créer un esprit de sécurité et à en propager la philosophie autour de lui.

Si ces quelques lignes traitant de sécurité font réfléchir le lecteur sur sa propre sécurité et celle de son entourage, le but de cet exposé aura été atteint.

**LA SÉCURITÉ, C'EST L'AFFAIRE DE TOUS!
C'EST NOTRE AFFAIRE...
C'EST AUSSI VOTRE AFFAIRE...**

CARMEL, FYEN, JACQUES & ASSOCIÉS
INGÉNIEURS - CONSEILS

Fondations & Structures
Études techniques - Expertises
Plans - Devis - Surveillance

Tél. : 274-5671

700 ouest, boul. Crémazie, Suite 100, Montréal H3N 1A1



Contrôle Technique Appliqué Ltée

Services de consultation
Études géotechniques
Contrôle qualitatif des matériaux
Évaluation • Expertises
Essais nondestructifs par radiographies,
ultrasons, infra-rouge

128 rue Elmslie, Montréal, P.Q. H8R 3T7
Téléphone (514)365-3111



Warnock Hersey Services Professionnels Ltée

Services de consultation
Études géotechniques
Métallurgie et analyses chimiques
Essais physiques • Expertises
Contrôle qualitatif des matériaux

Vancouver Regina Winnipeg Hamilton
Toronto Montreal Saint John Halifax
États-Unis Amérique du Sud Europe Asie

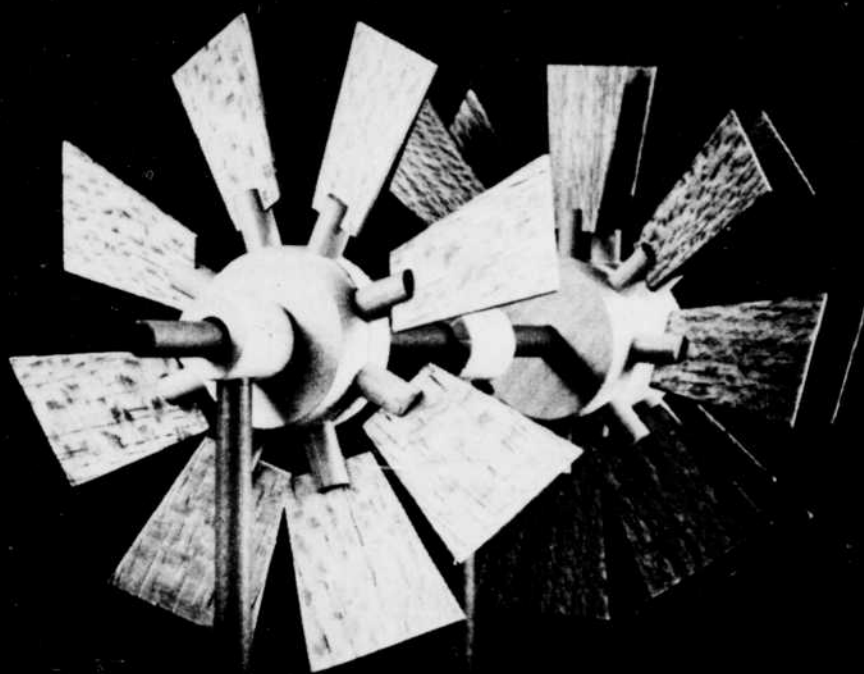


QUÉFORMAT LTÉE

981 PIERRE-DUPUY
LONGUEUIL
QUÉBEC J4K 1A1
674-4901

FORAGES
ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
CONTRÔLE DES MATÉRIAUX

Puissance de secours: une solution toute simple



Les groupes électrogènes de secours à turbine à gaz Solar sont plus simples que les groupes diesel. Ayant beaucoup moins de pièces sujettes à défaillance, ils sont plus sûrs aussi. Comme on peut le voir avec ce modèle-jouet, les composants sont simples et peu nombreux — un compresseur à droite et une turbine à gauche, le tout monté sur le même arbre pour filer sa puissance en douceur comme un rouet.

Maintenant, avec un jeu de construction, montez les parties électrogènes d'un moteur diesel: vous obtenez un modèle de complexité . . . et vous verrez plus clairement notre

point de vue.

Si vous croyez qu'un groupe électrogène de secours qui ne démarre pas est un mauvais placement, la turbine à gaz Solar est sûrement un excellent placement.

La simplicité des turbines à gaz Solar signifie aussi moins d'entretien. Et point n'est besoin d'effectuer, suivant un calendrier compliqué, des tests fréquents de démarrage et de pleine charge comme avec les diesels. Ni de payer un personnel de techniciens hautement qualifiés pour s'en occuper.

Bien plus, les groupes électrogènes à turbine à gaz Solar

sont beaucoup plus petits, beaucoup plus légers et beaucoup plus faciles à transporter et à monter que les groupes diesels comparables.

De fait, vous pourriez probablement faire installer sur votre toit un groupe électrogène à turbine à gaz Solar de 900 kW ou de 3000 kW sans avoir à renforcer le bâtiment ni à installer une lourde base. Pour obtenir tous les détails sur les générateurs de secours fiable par excellence, écrivez à Solar, International Harvester Canada, Dept. Z-189, 1 Place du Commerce, Montréal, Québec H3E 1A2.



Turbines à Gaz Solar

LE

MOIS

OFFRES D'EMPLOI

ÉVÉNEMENT À VENIR

OFFRES D'EMPLOI

— **AIGLE D'OR CANADA LIMITÉE** (M. Gilles Martin, directeur du personnel) case postale 2055, St-Romuald, Québec G6W 5M4. Tél. : (418) 837-3641, poste 203.

Ingénieur en mécanique

Cette entreprise est à la recherche d'un ingénieur, membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec, spécialisé en mécanique et possédant un minimum de deux (2) années d'expérience dans l'industrie chimique ou pétrolière. Lieu de travail : St-Romuald — Conditions salariales : à discuter. Prière de communiquer directement avec M. Martin.

— **ATLAS CHEMICAL INDUSTRIES, CANADA, LTD.** (M. Charles Ghoche, directeur des ventes) 2525, rue J.B. Deschamps, Lachine, Québec. Tél. : (514) 631-4125.

Représentant technique des ventes

Filiale de Imperial Chemical Industries et fournisseur de produits chimiques spécialisés et de résines polyester utilisées dans les plastiques renforcés. Cette entreprise est à la recherche d'un ingénieur chimiste ou métallurgiste bilingue possédant de deux (2) à cinq (5) années d'expérience industrielle. Très bonnes conditions salariales. Prière de communiquer avec M. Ghoche pour rendez-vous.

— **BEAUCHEMIN - BEATON - LAPOINTE INC.** (M. Gilles Hébert, directeur des Ressources humaines) 1134 ouest, rue Ste-Catherine, Montréal, Québec H3B 1H4. Tél. : (514) 871-9555.

Concepteur — génie mécanique

Ce bureau d'ingénieurs consultants est à la recherche d'un(e) candidat(e) diplômé(e) en génie mécanique, membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec, possédant une expérience d'au moins sept (7) années dans un bureau d'ingénieurs-conseils. Les candidats(es) devront être spécialisés en chauffage, ventilation et air climatisé de type commercial et institutionnel. Une expérience en mécanique industrielle serait un atout. Prière de communiquer directement avec M. Hébert avec référence au dossier 000-630.

— **BECHTEL QUÉBEC LIMITÉE** (Mlle Noëlla Poulain, représentant du personnel) 1400, rue Metcalfe, suite 200, Montréal, Québec H3A 1X4. Tél. : (514) 844-3741 poste 1317.

Spécialiste en documents d'appel d'offres pour contrats divers (Montréal)

Exigences : Parfaitement bilingue, diplôme d'ingénieur ou baccalauréat en administration ou l'équivalent, minimum de dix (10) années d'expérience, dont au moins cinq (5) années en administration des contrats ou en rédaction de documents d'appel d'offres. Prière de communiquer directement avec Mlle Poulain.

— **DROUIN, PAQUIN & ASSOCIÉS LTÉE** (M. Jacques Truchon) 2 Place Québec, suite 536, Québec.

Directeur de production

Pour une petite entreprise spécialisée dans la fabrication de pièces métalliques de haute précision, ce bureau de conseillers est à la recherche d'un ingénieur bilingue, diplômé en génie mécanique, possédant de sept (7) à dix (10) ans d'expérience dans la supervision d'opérations en usine, en vue d'assumer la direction des opérations de production. Travail : Québec. Salaire : \$25,000 à \$35,000 selon les qualifications. Prière de communiquer avec M. Truchon en référant au dossier PD238MA.

— **STEINBERG LIMITÉE** (Mme Barbara Werner Steinberg, service d'embauche) 1500, avenue Atwater, bureau 1105, Montréal, Québec H3Z 1Y3. Tél. : (514) 931-3538.

Ingénieur électricien — \$18,568 / \$23,210

La Division Développement et Expansion de cette entreprise est à la recherche d'un ingénieur bilingue, membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec, possédant au moins cinq (5) années d'expérience dans un bureau d'ingénieurs-conseils ou chez un entrepreneur de travaux électriques, pour prendre la responsabilité de la coordination générale des travaux d'électricité. Prière de communiquer avec Mme Steinberg.

— **UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL** (a/s Directeur, Service du personnel) case postale 6128, Montréal, Québec.

Adjoint au directeur (propriétés physiques) Service des bâtiments et terrains

Ce service est à la recherche d'un ingénieur civil ou industriel, possédant environ cinq (5) années d'expérience, avec minimum de deux (2) années dans le génie civil appliqué à la construction ou à la gestion de bâtiments, pour y occuper un poste d'administrateur senior. Prière de faire parvenir curriculum vitae a/s du directeur du personnel.

— **WOODS, GORDON & CIE**, conseillers en administration, 630 ouest, boulevard Dorchester, suite 2000, Montréal, Québec H3B 1T9.

Adjoint à l'ingénieur en chef

Pour une entreprise spécialisée dans la fabrication d'acier de structure, ce bureau recherche un(e) candidat(e) bilingue, diplômé en génie civil et possédant de trois (3) à cinq (5) années d'expérience dans le domaine du génie conseil ou dans la fabrication d'acier de structure. Prière de faire parvenir curriculum vitae en référant au dossier 1020.

Tout ingénieur qui acceptera un des postes offerts dans cette liste est prié d'en avvertir le directeur général de l'Association des Diplômés de Polytechnique, Mme Yolande Gingras, téléphone : (514) 344-4764

Les "presqu'ordinateurs" de Hewlett-Packard

HP-97



\$891

HP-67



\$540

Qu'est-ce qui peut exécuter des programmes de 224 étapes comportant 3 niveaux de sous-routines, des branchements conditionnels, des adressages indirects, etc., qui possède 26 mémoires adressables, une lectrice de cartes magnétiques pouvant enregistrer les programmes et le contenu des mémoires, ainsi qu'une imprimante contrôlable par le programme en cours ou l'opérateur? Un ordinateur; mais s'il fonctionne sur piles c'est le HP-97.

Quant au HP-67, de format de poche, il possède toutes les caractéristiques du HP-97 sauf l'imprimante. Puisqu'ils parlent le même langage, chacun peut utiliser les programmes et les cartes magnétiques de l'autre.



Pourquoi payer plus cher dans un grand magasin, ou ailleurs? Venez nous voir ou commandez par la poste (frais d'expédition de \$5.00 et taxe provinciale en sus).

COOPERATIVE ETUDIANTE DE POLYTECHNIQUE

Ecole Polytechnique, local C-136
Campus de l'Université de Montréal
C.P. 6079, Succ. "A", Montréal

Téléphone: (514) 344-4841

ÉVÉNEMENT À VENIR

QUATRIÈME COLLOQUE AUGUSTIN-FRIGON

Ecole Polytechnique de Montréal
27 et 28 octobre 1977

THÈME: « LES MATÉRIEAUX DE
CONSTRUCTION »

Le quatrième colloque Augustin-Frigon aura lieu les 27 et 28 octobre prochains à l'École Polytechnique de Montréal. Regroupées sous le thème « Les matériaux de construction », les trois sessions s'intitulent respectivement « Horizons », « Quoi de neuf ? » et « Que fait-on ? ». Les conférences prévues porteront sur les sujets suivants :

HORIZONS

- Les problèmes relatifs aux matériaux de construction
- Vision de l'avenir dans le secteur de la construction
- Matériaux isolants de demain
- Aluminium as a Building Material
- Nouveaux matériaux de construction en Europe

QUOI DE NEUF ?

- Innovations et applications nouvelles de matériaux dans les grands projets
- Innovation et implantation de nouveaux matériaux
- Steel Lightweight Building Components
- Glass Reinforced Plastics Composite Materials in Construction
- Utilisation de nouveaux matériaux au stade olympique

QUE FAIT-ON ?

- Codes, normes et devis
- Sécurité-incendie : évolution et tendances
- Structures autoportantes en plastiques renforcés de fibres de verre
- La fibre de verre et l'industrialisation du bâtiment

À l'occasion du colloque, monsieur Bernard LANDRY, ministre d'État au développement économique du gouvernement du Québec, prononcera une allocution lors d'un déjeuner au Centre communautaire de l'Université de Montréal, le vendredi 28 octobre 1977.

Monsieur Michel RIGAUD, professeur au département de Génie métallurgique, est le coordonnateur de ce quatrième colloque. Pour de plus amples renseignements, s'adresser à madame Liliane BENOIT-DUFOUR, relationniste, au numéro 344-4915.

L'INGÉNIEUR



Juste pour vous mettre au courant...

Montel a installé un sectionneur télescopique dans le métro de New York.

Il ne faut se surprendre car Montel s'y connaît en matière d'appareillages et de produits électriques et ceci est le résultat d'une technique et d'une capacité de fabrication éprouvées. Ses prix sont compétitifs et Montel peut rencontrer les exigences les plus technologiques et rigoureuses.

D'un océan à l'autre, l'équipement électrique de Montel a fait ses preuves de précision et d'efficacité dans des projets tels que le métro de Toronto, Jetty Services à Halifax (Ministère de la Défense Nationale), l'aéroport Mirabel, le Stade Olympique de Montréal, Manic 5, L'Hydro-Québec, la Place Desjardins, Hydro Manitoba, Hydro Toronto, Saskatchewan Power et plusieurs autres.

Outre-mer, Montel est rapidement devenu exportateur d'équipement de plusieurs millions destiné à des projets érigés jusqu'en Amérique du Sud et Formose. Et ce, malgré la compétition internationale des prix et des compétences.

Grâce à son association avec des manufacturiers européens aussi réputés que Sprecher & Schuh (Suisse), Balteau et EIB (Belgique) et Heafely (Suisse), Montel peut profiter des expériences de leurs laboratoires hautement équipés ainsi que sur les siens pour la recherche et le développement.

S'il s'agit de disjoncteurs 25 ou 36 Kv, de transformateurs de courant ou de tension, de sectionneurs télescopiques, de parafoudres, de sous-stations type intérieures et extérieures, de tableaux de commande, de centres de distribution, de canibars, Montel s'y connaît. Écrivez ou téléphonez, s'il s'agit d'électricité, Montel peut vous mettre au courant!



MONTEL INC.

Siège social et usine:

225, 4e Avenue
Case postale 130
Montmagny, Québec
G5V 3S5
Tél.: (418) 248-0235
Télex: 051-3419

Bureaux de vente:

Montréal
515, boul. Lebeau
St-Laurent, Québec
H4N 1S2
Tél.: (514) 332-9110
Télex: 05-826550

Toronto
105, Davenport
Toronto, Ontario
Tél.: (416) 964-6325

**Halifax, St-John, Fredericton, Québec, Montréal,
Toronto, Regina, Winnipeg, Calgary, Vancouver.**



Géotechnique
Géologie
Mécanique des Roches
Contrôle des matériaux
Contrôle de la pollution

1470 rue mazurette, montréal, qué. h4n 1h2 tél. (514) 382-5110



**COMPAGNIE NATIONALE
DE FORAGE ET SONDRAGE INC.**
1130 OUEST, RUE SHERBROOKE
MONTREAL H3A 2R5
TÉL. : (514) 288-1177

Études géotechniques
Sondages et forages
Contrôle qualitatif des sols, du béton et de l'asphalte
Laboratoires de sols et matériaux
Laboratoire des eaux

Fondée en 1937



ÉTUDES GÉOTECHNIQUES — CONTRÔLE DES MATÉRIAUX

Sondages — Forages Sols — Béton — Asphalte

ENVIRONNEMENT

76, 12e Avenue Sud
SHERBROOKE J1G 2V4
TÉL. 819-669-9051

945 Taschereau
LONGUEUIL J4K 2X2
TÉL. 514-527-3881

Répertoire des Annonceurs

- 35 Carmel, Fyen, Jacques & Associés
- 18 Ciments St-Laurent
- 40 Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc.
- C II Control Data Canada, Ltée
- 35 Contrôle Technique Appliqué Ltée
- 38 Coopérative Étudiante de Polytechnique
-
- 40 Desjardins + Sauriol & Associés
-
- 9-10-11-12 Ford du Canada Limitée
- 32 Franki (Canada) Limitée
-
- 19 Hewitt Équipement Limitée
-
- 8-36 International Harvester Co. of Canada, Ltd. (Solar)
-
- 2 Jenkins Bros. Limited
-
- C III KeepRite Products Limited
-
- 40 Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc.
- 40 Labo S.M. Inc.
-
- 39 Montel Inc.
- 40 Mon-Ter-Val Inc.
-
- 35 Quéformat Ltée
-
- 22-23 The Steel Company of Canada Limited
-
- 35 Warnock Hersey Services Professionnels Ltée
-
- 7 York Borg-Warner



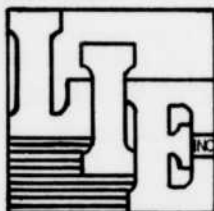
**Desjardins+Sauriol
& Associés**

Ingénieurs-conseils

1200 OUEST, BOUL. ST-MARTIN, LAVAL H7V 2E4 (514) 384-5660

**LABORATOIRE
D'INSPECTION
& D'ESSAIS INC.**

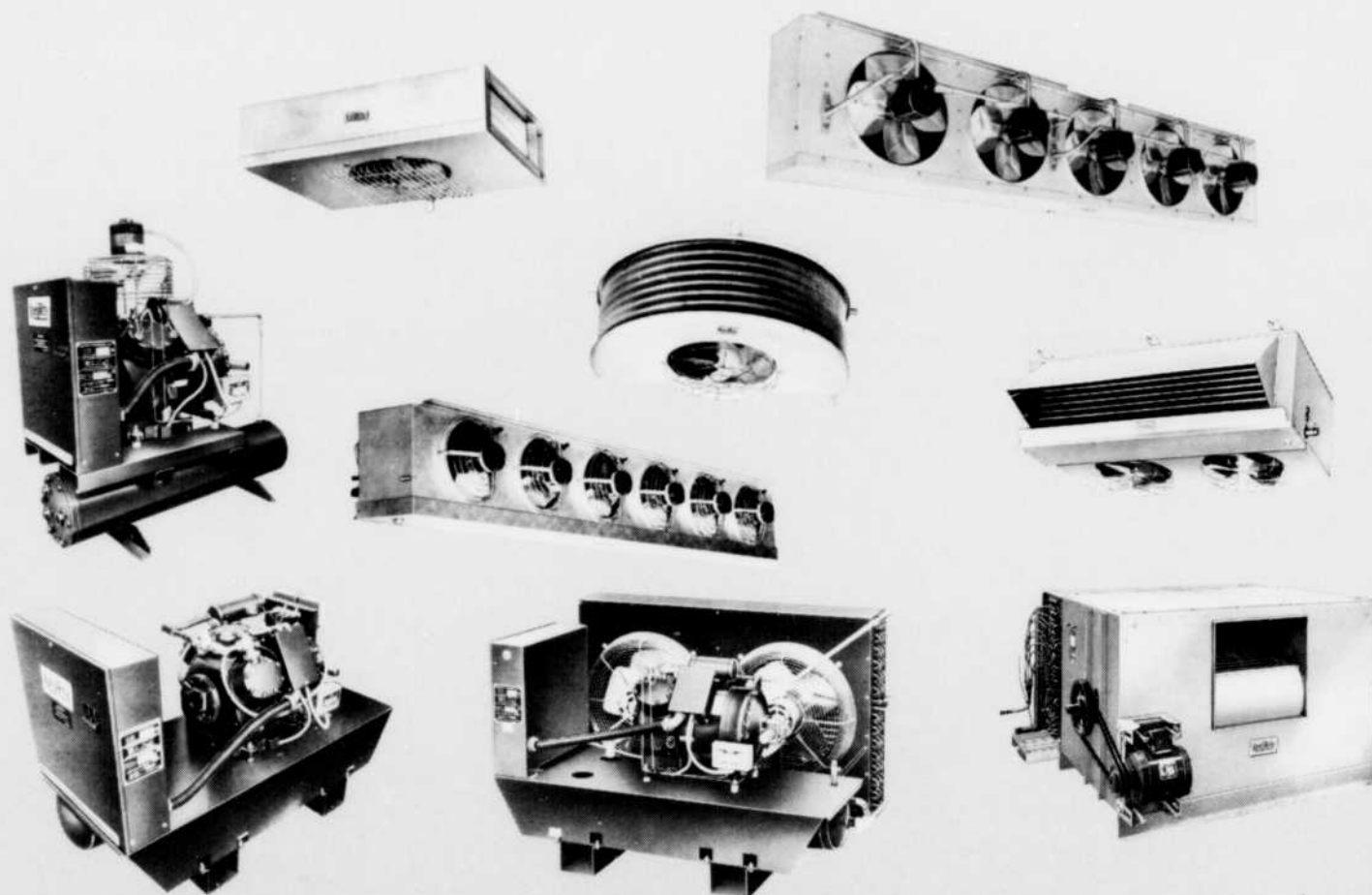
Géotechnique / Contrôle Qualitatif
SONDAGES-ÉTUDES / SOLS-BÉTON-ASPHALTE-ACIER



6775, rue Bombardier
C.P. 310, Succ. St Michel
Montréal, H1P 2W2
Tel : (514) 326-0130

2660 Chemin Ste-Foy
C.P. 9220, Ste Foy
Québec 10 G1V 4B1
Tél : (418) 653-8704

Chaque appareil KeepRite vous offre:



une technologie systématique

Une technologie systématique veut dire que chaque appareil KeepRite, du groupe de condensation commercial de 2 c.v. à l'évaporateur industriel de 30 tonnes, est étudié par des ingénieurs, en fonction du système d'ensemble dans lequel cet appareil devra fonctionner. Ceci n'implique pas seulement des capacités égales mais aussi des appareils correspondants qui fonctionnent au

même niveau de grande efficacité. KeepRite offre une gamme complète de produits de réfrigération parfaitement adaptés les uns aux autres et bien coordonnés. En choisissant KeepRite pour tous vos produits, vous créez un système de réfrigération qui fonctionnera avec une efficacité supérieure. Vous aurez la performance que seule une technologie systématique peut apporter.

Si vous voulez savoir pourquoi c'est à votre avantage de spécifier KeepRite pour votre prochaine installation, entrez en contact avec votre représentant KeepRite. Pourquoi ne pas le faire aujourd'hui?



KeepRite Products Limited, C.P. 460,
Brantford, Canada N3T 5P4
Division Unifin, London, Canada

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



TECHNOLOGIE SYSTEMATIQUE EN EQUIPEMENT DE REFRIGERATION, DE CLIMATISATION ET DE CHAUFFAGE

