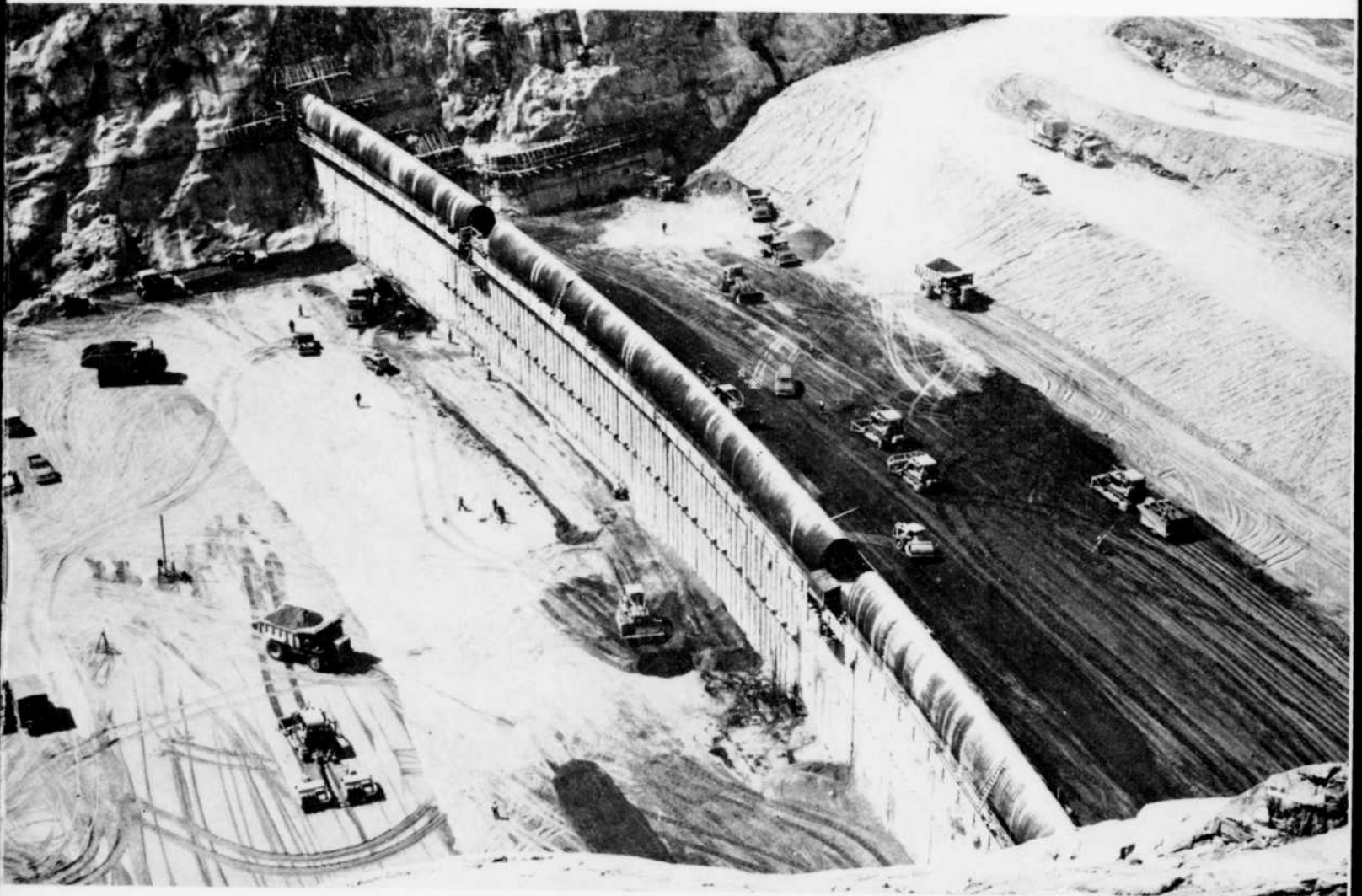




NOVEMBRE 1973  
No 295  
59<sup>e</sup> ANNÉE

# INGÉNIEUR



**pöly**  
1873 1973

Permis No H-23  
Affranchissement en numéraire au tarif de la troisième classe  
Port de retour garanti : 2500, avenue Marie-Guyard, Montréal 250

R. Clément Ouellet, Ing. P.É.  
27 ave des Rapides,  
Québec 5, Qué.

# Descente du coût de vos problèmes d'égout

Les stations de pompage d'égout Flygt sont conçues à satisfaire une grande variété d'exigences de dessin et de capacités de pompage.

Le système Flygt pour la manutention des eaux d'égout peut être installé dans les puisards en béton précoûlé ou coulé sur place, ou bien fourni déjà installé dans des stations en plastique renforcé de fibre de verre ou préfabriquées en acier soudé enduit d'époxy. Le cœur du système Flygt est la pompe submersible électrique Flygt et son raccord de refoulement qui élimine le besoin de vider le puisard ou d'y pénétrer. Les inspections périodiques ou l'entretien sont très simples — la pompe est remontée et redescendue à l'aide de barres-guides sur le raccord de refoulement automatique — est c'est ça! Les régulateurs de niveau Flygt contrôlent automatiquement le niveau liquide avec un système d'arrêt et de départ. Grâce à toutes ces caractéristiques combinées, ces stations de pompage d'égout souterraines sont entièrement automatiques et pratiquement sans entretien.

## **FLYGT CANADA LIMITED**

### Siège social:

Dorval, Québec.

### Succursales:

Vancouver, C.-B.,  
Calgary et Edmonton, Alb.,  
Québec et Sept-Îles, Québec,  
Moncton, N.-B.,  
St. John's, T.-N.,

### Distributeurs:

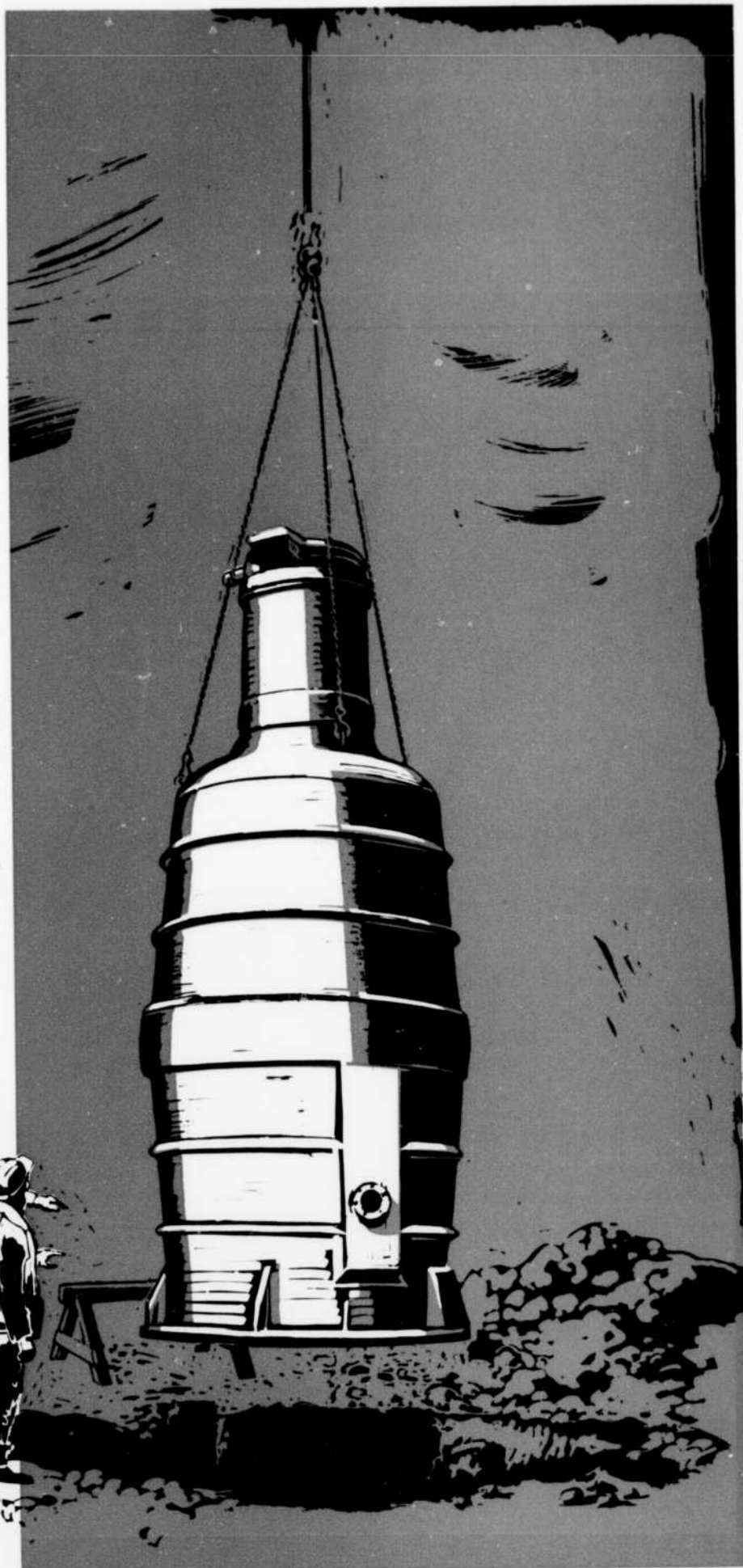
Power & Mine Supply Co. Ltd., Winnipeg,  
Man.,  
G. F. Seeley & Son Ltd., Toronto, Ottawa  
et Hamilton, Ont.

### Aux E.-U.:

Flygt Corporation,  
Norwalk, Conn.



**FLYGT**



**ADMINISTRATION  
ET RÉDACTION**  
2500, avenue Marie-Guyard  
Montréal 250, Tél. : 344-4764

**COMITÉ ADMINISTRATIF**  
Yvan HARDY, ing.  
président  
René DUFOUR, ing.  
Claude BRULOTTE, ing.  
André LOISELLE, ing.  
Michel ROBERT, ing.  
Michèle THIBODEAU-DEGUIRE, ing.  
Émeric-G. LÉONARD, ing.

**SECRÉTAIRE ADMINISTRATIVE**  
Yolande GINGRAS

**REDACTRICE**  
Madeleine G. LAMBERT

**COMITÉ CONSULTATIF  
DE RÉDACTION**  
Jacques DE BROUX, ing.  
directeur  
Thomas AQUIN, ing.  
André BAZERGUI, ing.  
Bernard BÉLAND, ing.  
Pierre BELLEAU, ing.  
Lionel BOULET, ing.  
Jean CHARTRAND, ing.  
Marcel FRENETTE, ing.  
Joseph HODE KEYSER, ing.  
Robert MORISSETTE, ing.  
Thomas J. PAVLASEK, ing.  
Robert G. TESSIER, ing.  
Jean-Charles TREMBLAY, biochim.

**PUBLICITÉ**  
JEAN SEGUIN & ASSOCIÉS INC.  
Courtiers en publicité  
3578, rue Masson, Montréal 405, Qué.  
Téléphone : 729-4387

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

**ABONNEMENTS :**  
Canada — \$5.00 par année  
Autres pays \$6.00

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

Tirage certifié : membre de la  
Canadian Circulation Audit Bureau

**ccab**

NOVEMBRE 1973  
No 295  
59<sup>e</sup> ANNÉE

# L'INGÉNIEUR

## SOMMAIRE

### ARTICLES

#### 3 MANICOUAGAN - 3 COUPURE ÉTANCHE DE LA FONDATION

par Oscar Dascal, ing.

La présence d'un sillon, dépassant 400 pieds (120 m) de profondeur et rempli d'un matériau granulaire perméable, a imposé la construction d'une coupure (diaphragme) d'étanchéité sous le barrage principal Manic-3, en vue d'empêcher les infiltrations à travers la fondation. La coupure réalisée à l'aide de deux (2) murs, constitués de pieux et de panneaux moulés dans le sol, représente un exploit tout à fait particulier, en tenant compte de sa profondeur et des caractéristiques des matériaux traversés. Les caractéristiques techniques de cette coupure, les problèmes posés par sa construction ainsi que les performances obtenues sont discutés dans le présent rapport.

#### 17 LEVÉS AÉROMAGNÉTIQUES ET APPLICATIONS À DES CAS SPÉCIFIQUES

par Dr Maurice K. Seguin

### RUBRIQUES

24 LE MOIS : Chronique mensuelles

28 RÉPERTOIRES DES ANNONCEURS

### NDLD

En effet, depuis quelques années l'administration de L'INGÉNIEUR a dû subir des augmentations importantes des coûts du papier, de l'impression et des tarifs postaux. Elle se voit donc contrainte de hausser les tarifs d'abonnement à sa revue et ce, à compter du 1er janvier 1974.

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

### PHOTO COUVERTURE

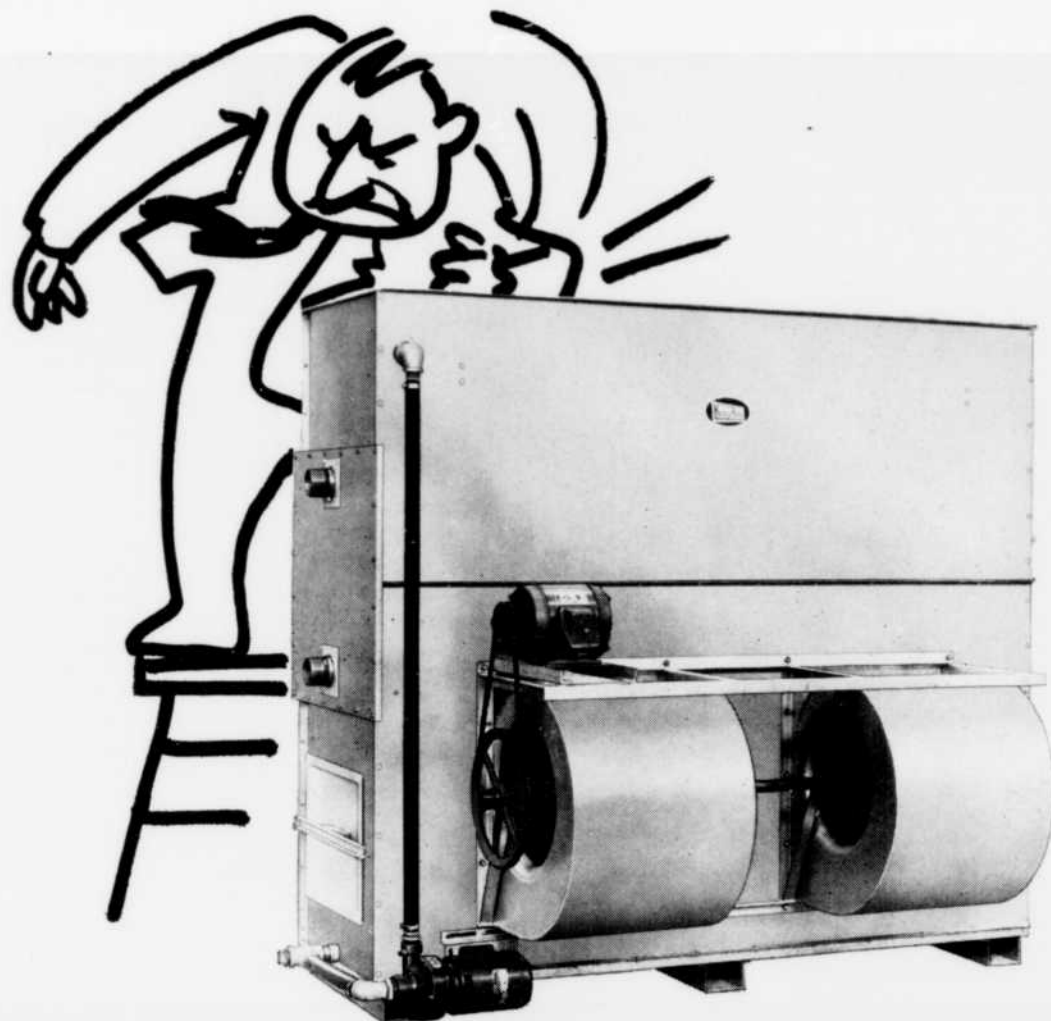
#### BARRAGE MANICOUAGAN - 3

(gracieuseté du service de géologie et mécanique des sols de l'Hydro-Québec)

Vue aérienne du barrage en construction montrant le diaphragme en béton moulé pour l'étanchéité de la fondation — au-dessus de ce mur, on aperçoit clairement le tunnel d'inspection.

Les travaux de ce mur d'étanchéité ont été complétés à la fin de l'année 1972.

# Nous insistons fortement sur leur solidite...



## Nous utilisons de l'acier tres epais.

Les évaporateurs KeepRite ont une enveloppe en tôle d'acier galvanisée au trempé, protégée, par surcroît, contre les intempéries et la corrosion par un revêtement de peinture aluminium et vinyle. Dans les modèles de 20 à 100 tonnes, l'emploi d'attaches permanentes et d'un produit d'étanchéité efficace garantit une étanchéité absolue pendant toute la durée de l'appareil. Les modèles plus gros, allant jusqu'à 300 tonnes, ont une enveloppe

entièrement soudée, d'une robustesse à toute épreuve.

Mais la qualité n'est pas uniquement superficielle. Tous les organes internes sont soigneusement assortis pour assurer le rendement maximum.

Chaque condenser KeepRite a évaporatif une assise formée de longerons en U galvanisés au trempé. Par conséquent, l'emploi de poutres en "I" pour le montage n'est pas nécessaire.

Il vous faut savoir pourquoi les

appareils KeepRite seront plus avantageux pour votre prochaine installation. Prenez contact avec le représentant KeepRite. Pourquoi pas aujourd'hui même?



UNE TECHNIQUE SYSTÉMATIQUE AU SERVICE DE LA RÉFRIGÉRATION, DE LA CLIMATISATION ET DU CHAUFFAGE.

# KeepRite

KeepRite Products Limited—Brantford (Ontario)

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

Division Unifin: London (Ontario).

# MANICOUAGAN-3

## COUPURE ÉTANCHE DE LA FONDATION

par Oscar Dascal, ing.

### Notice biographique :

*M. Oscar Dascal est diplômé en génie minier de l'École Polytechnique de Bucharest, promotion 1951. Travaillant plusieurs années dans le domaine de mécanique de sols et travaux de fondation au niveau de la recherche et de l'industrie, en 1966, il entre au service de l'Hydro-Québec comme ingénieur spécialiste, devenant par la suite le chef de la division Mécanique des Sols dans le cadre du service Géologie et Mécanique des Sols. Ainsi, il a participé entre autres aux aménagements de la rivière des Quinze, aux réalisations d'Outardes 3, Outardes 4 et Manicouagan 3 et à l'étude des rivières de la Baie James. L'auteur est membre de la Corporation des Ingénieurs du Québec et de plusieurs associations professionnelles, entre autres : Société Canadienne de Géotechnique, American Society of Civil Engineers, Société Internationale de Mécanique des Sols et travaux de fondations.*

### I — Introduction

Le projet hydro-électrique Manicouagan 3 (Manic - 3), actuellement en construction par l'Hydro-Québec, exige l'érection d'un barrage principal en terre d'environ 350 pi (107 m) de hauteur, reposant sur un sillon alluvionnaire d'environ 420 pi (126 m) de profondeur.

La présence d'une fondation granulaire perméable et très compressible (les alluvions étant constituées en majeure partie d'un sable fin lâche), remplissant un sillon particulièrement profond avec des parois rocheuses très raides, a imposé l'adoption de solutions tout à fait particulières tant en ce qui concerne l'infiltration à travers la fondation que la fissuration éventuelle du noyau, due aux tassements différentiels de la fondation.

Étant donné la nature des alluvions et la hauteur du barrage, l'infiltration à travers la fondation représente un problème important tant au point de vue économique (pertes d'eau) qu'au point de vue sécurité de l'ouvrage (développement éventuel des « renards »). Ainsi la nécessité d'une coupure étanche jusqu'au rocher, sous le noyau de l'ouvrage, est nécessaire. Un double diaphragme de pieux et panneaux en béton moulés dans le sol, surmonté d'une galerie, est prévu à cet effet.

Les caractéristiques techniques de ce diaphragme, les problèmes posés par sa construction ainsi que les performances obtenues sont discutés dans la présente communication.

### II — Caractéristiques de conception du barrage

Le projet d'aménagement hydro-électrique Manic - 3 est situé sur la rivière Manicouagan à 55 milles (88 km) au nord de son embouchure dans le fleuve St-Laurent, et à environ 350 milles (560 km) au nord-est de Montréal.

Manic - 3 est la dernière des 4 centrales prévues pour l'exploitation du potentiel hydro-électrique de la rivière et représente environ 30% de celui-ci. La centrale Manic - 5, bien connue avec son barrage à voûtes multiples, se trouve à environ 78 milles (125 km) en amont, tandis que les centrales Manic - 2 et Manic - 1 se trouvent en aval à 45 milles (72 km) et 57 milles (91 km) respectivement.

Au site Manic - 3, la vallée de la rivière se rétrécit ; la rive droite devient très escarpée alors que la rive gauche, moins abrupte, est formée d'un dôme rocheux séparant la vallée principale d'une vallée secondaire située à l'est.

Cette caractéristique topographique a déterminé le choix d'aménagement, illustré sur la figure 1, où la vallée principale est coupée à l'aide d'un barrage en terre de grande hauteur tandis que les autres ouvrages permanents sont situés dans la vallée secondaire.

L'aménagement comprend les structures principales suivantes :

- Un barrage principal en terre s'élevant à 250 pi (107 m) au-dessus du lit de la rivière, ayant une longueur en crête de 1180 pi (360 m) ; il est complété par une coupure verticale étanche (murs de pieux de béton) à travers la fondation alluvionnaire jusqu'au rocher, sur une profondeur maximale d'environ 420 pi (126 m).

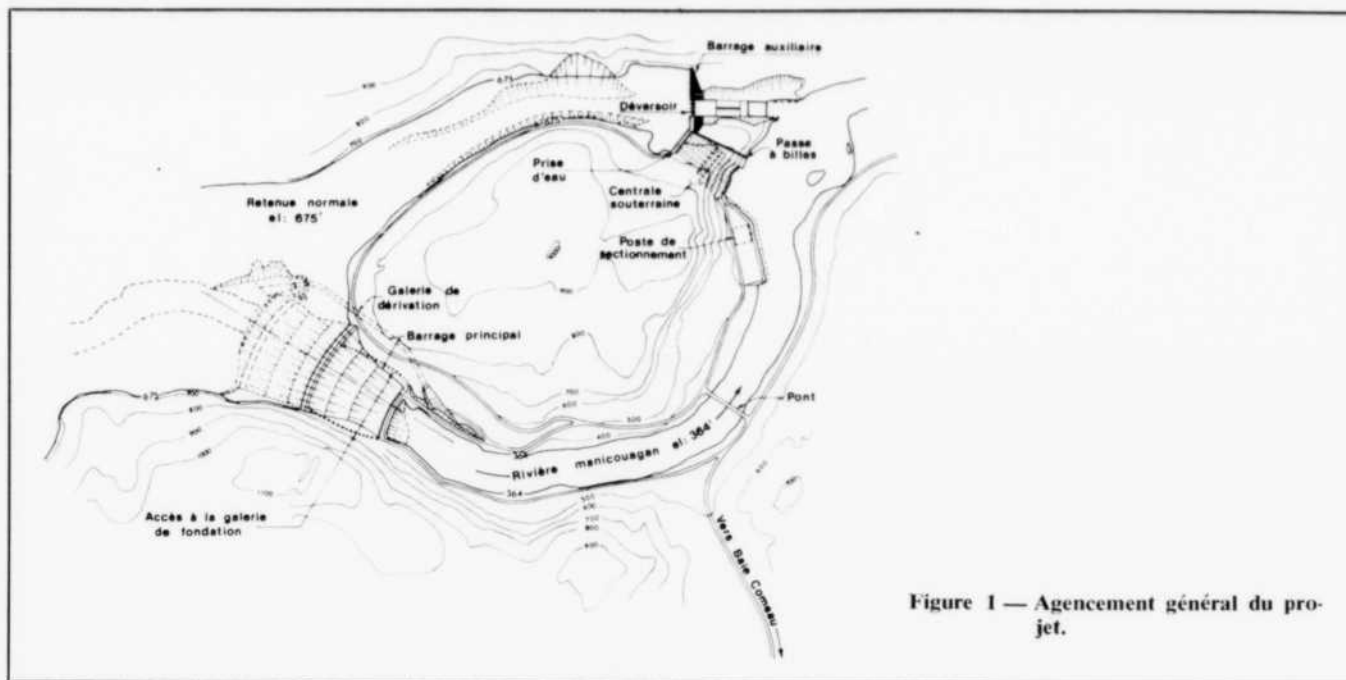


Figure 1 — Agencement général du projet.

- un barrage en béton de 240 pi (72 m) dans la vallée secondaire, comprenant un déversoir de 130,000 pcs (3500 m<sup>3</sup>s). La prise d'eau de la centrale est adjacente à cette structure.
- une centrale souterraine de 580 pi (174 m) de longueur, de 125 pi (32.5 m) de hauteur et de 74 pi (22.2 m) de largeur, logeant 6 groupes pour une puissance totale installée de 1,600,000 CV (1200 MW) sous une hauteur de chute de 305 pi (93 m).

#### a) Traits géologiques principaux

La vallée de la rivière, probablement d'âge pliocène, recoupe une pénéplaine rajeunie dont l'élévation est d'environ 1150 pi (350 m). La partie supérieure de la vallée est en forme de U (vallée glaciaire) au fond de laquelle le cours d'eau a creusé un V (sillon sub-glaciaire) de près de 200 pieds (60 m) de profondeur. Le fond du sillon varie entre les cotes -30 pi (-9 m) et +16.5 pi (5 m). La cote moyenne du lit de la rivière est de 345 pi (104 m) alors que celle du plan d'eau est d'environ 370 pi (112 m).

Le rocher d'âge précambrien est constitué d'un complexe d'anorthosite et d'anorthosite gabbroïque généralement sain et recoupé de nombreux dykes de roches plus ou moins basiques.

La rivière coule sur un lit d'alluvions d'environ 400 pi (122 m) d'épaisseur. Ces alluvions se composent de sédiments dont la granulométrie varie d'un sable fin silteux à de gros cailloux et des blocs. Les éléments grossiers sont généralement localisés dans le fond et sur les flancs rocheux de la vallée, mais on en trouve une couche de très faible épaisseur au niveau du fond de la rivière tandis que les matériaux fins se trouvent répartis erratiquement au centre. Ces alluvions ont été déposées dans des conditions semblables à celles accompagnant la formation des deltas. Ainsi les matériaux sont déposés en lentilles, chacune d'elles ayant une composition granulométrique différente.

Le coefficient de perméabilité de ces alluvions, déterminé par des essais ponctuels dans les forages, varie de  $10^{-5}$  cm/s à  $10^0$  cm/s.

Dans les 100 à 130 premiers pieds (30 à 40 m) des matériaux comblant le sillon, d'importants horizons de sable fin, uniforme et lâche ont été trouvés. La conception de l'ouvrage de retenue doit particulièrement tenir compte de ces horizons car toute secousse sismique peut se traduire par un accroissement de la pression interstitielle qui peut occasionner une liquéfaction locale. Dans ces zones de sable, le coefficient d'uniformité varie entre 2 et 4, la densité relative entre 40% et 80% et l'indice des vides entre 0.59 et 0.76.

En ce qui concerne les matériaux d'emprunt, plusieurs dépôts de sable, gravier et cailloux situés en aval de la structure proposée présentent des caractéristiques acceptables et des quantités suffisantes pour la construction des transitions et des épaulements.

Le matériau imperméable, pour sa part, est un sable silteux relativement uniforme dont l'indice de plasticité varie entre 1 à 10% et dont la teneur en eau naturelle varie entre 8 et 18% avec une moyenne de 12%, soit environ 1% au-dessus de la teneur en eau optimum. Le haut pourcentage de particules fines, l'uniformité de la granulométrie et le manque de particules grossières n'en font pas un matériau idéal et son exploitation et sa mise en place poseront certainement de nombreux problèmes.

#### b) Conception du barrage principal

Plusieurs types de barrages ont été étudiés. La construction d'un barrage en béton aurait nécessité l'excavation en fouilles libres de 4.6 millions de verges cubes (3.5 millions de mètres cubes) de matériaux ainsi qu'un traitement d'étanchéité sous les batardeaux ou encore une excavation en fouilles blindées. Le choix d'un barrage en terre avec traitement des alluvions a été jugé plus économique. Initialement, un noyau incliné avec coupure à l'amont avait été envisagé à cause d'une

exigence moins sévère de la cédure de construction et pour éviter d'avoir les tassements maximaux au droit de la coupure. Cependant, l'absence de matériau imperméable répondant aux exigences plus strictes pour un tel type de noyau a amené au choix d'un noyau central utilisant le till d'un banc d'emprunt situé à 2 milles (3.2 km) en aval du site du barrage.

Tenant compte de la faible plasticité et de l'absence de grains grossiers du till, le noyau central choisi est symétrique et assez large (le rapport largeur — hauteur de charge hydraulique est d'environ 0,8). De plus l'axe du barrage est courbé suivant un rayon de 2000 pi (600 m) et est situé à un endroit où les plans de ces deux appuis rocheux convergent vers l'aval. Ces deux derniers choix ont pour but d'induire des contraintes de compression dans le noyau.

Le noyau du barrage est protégé par une large zone de transition et des épaulements sont constitués de matériaux granulaires (sable-gravier) avec une pente extérieure moyenne de 3:1. Ces pentes plutôt douces ont été adoptées pour tenir compte de la possibilité de liquéfaction locale du sable fin lâche de la fondation par des secousses sismiques. La figure 2 montre la coupe transversale du barrage principal.

Pour assurer la stabilité de l'ouvrage, en raison de la perméabilité des alluvions, l'infiltration sous le barrage à travers la fondation doit être contrôlée.

En éliminant les deux solutions suivantes :

- excavation totale de la fondation et son remplissage avec un matériau imperméable à cause de son coût prohibitif et du délai nécessaire pour la construction.
- voile d'injection à cause de la difficulté d'injecter des sables fins dont la perméabilité naturelle est de l'ordre de  $10^{-3}$  cm/s et aussi à cause de la difficulté d'obtenir après traitement une perméabilité partout inférieure à  $10^{-4}$  cm/s et enfin à cause de doutes sur la permanence d'un tel traitement.

Les autres solutions possibles étaient :

- tapis imperméable amont étendu sur une longueur suffisante pour réduire le gradient hydraulique à travers la fondation à une limite acceptable.
- coupure étanche verticale jusqu'au roc sous le noyau.

La première solution a dû être abandonnée à cause des difficultés dans la construction du tapis sur les terrasses de la rivière et, en particulier, à cause du manque de matériau imperméable adéquat. Par conséquent, la deuxième solution a été retenue.

Tenant compte de la nature sans précédent d'une telle coupure en ce qui concerne sa profondeur et ses conditions de chargement, le contrôle de l'infiltration à travers la fondation ne doit pas être basé uniquement sur cette coupure. Par conséquent, des mesures supplémentaires ont été incorporées dans le projet du barrage. Ainsi, un tapis de 30 pi (9 m) d'épaisseur, reliant le noyau avec la coupure partielle du batardeau amont, et un drain horizontal à la base de l'épaulement aval viennent constituer des lignes de défense supplémentaires.

### III — Coupure étanche de la fondation

Le choix de ce type de coupure, réalisé à l'aide de pieux et panneaux jointifs de béton, moulés dans le sol, entraîne un certain nombre de problèmes qui peuvent être résumés comme suit :

- pour assurer l'efficacité d'une coupure de plus de 400 pi (une telle coupure n'a jamais été réalisée auparavant), il faut que les pieux et les panneaux soient parfaitement jointifs. Il est à noter que la profondeur maximale atteinte avec une coupure similaire a été de 250 pi (76 m), exécutée pour le batardeau amont du barrage Manic-5. Le problème de la déviation, qui augmente avec la profondeur, et la difficulté de forage deviennent donc primordiaux dans le cas de Manicougan-3.

- l'efficacité de la coupure est influencée par son comportement sous l'effet des charges complexes produites par le remblai du barrage et le réservoir. En effet, la charge hydrostatique différentielle s'exerçant entre les deux faces de la coupure tend à déplacer celle-ci vers l'aval. Cependant, à cause de la nature granulaire des alluvions et tenant compte de la courbure de l'écran ce mouvement sera très faible et aura tendance à resserrer les joints entre les pieux. Par ailleurs, la topographie particulière du socle rocheux (parois raides, changement brusque des pentes) favorise le développement de tassements différentiels, donc une concentration de contraintes, imprimant aux sommets des pieux une tendance à se déplacer vers l'axe du sillon, ce qui pourrait

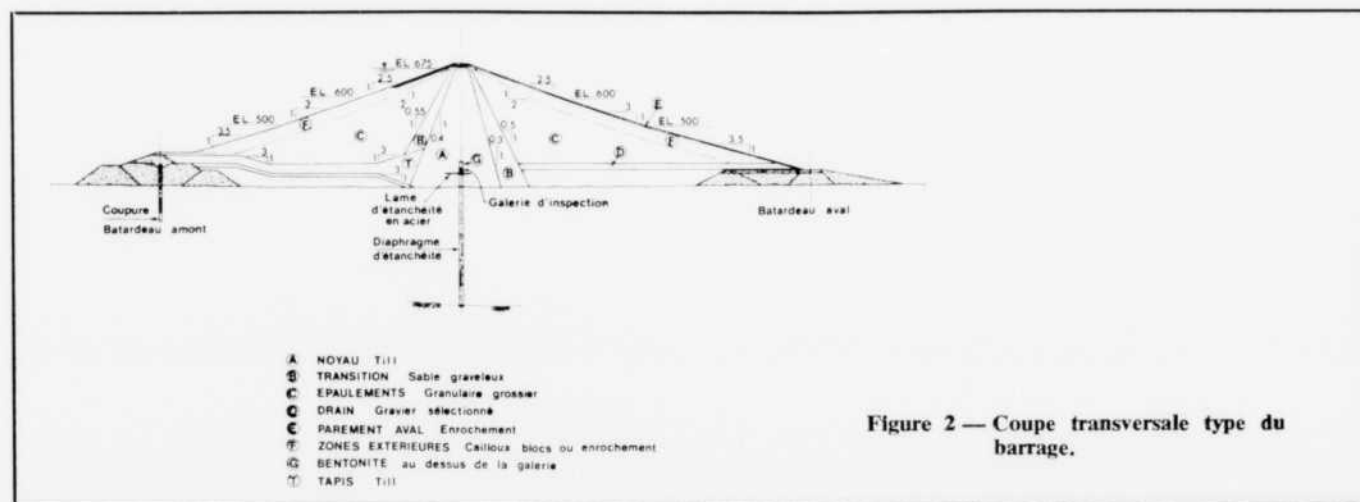


Figure 2 — Coupe transversale type du barrage.

entraîner une ouverture des joints. Enfin, sous le poids du remblai, les matériaux alluvionnaires de fondation vont subir des tassements importants (jusqu'à 5-6 pi (1.5-1.8 m)) transmettant à l'écran des contraintes importantes dues au frottement négatif, en plus du chargement propre du poids du remblai agissant sur la galerie. Ces deux charges peuvent produire soit la rupture de l'écran (béton) soit le poinçonnement du noyau du barrage, entraînant une fissuration dangereuse de celui-ci.

#### a) Caractéristiques de construction de la coupure

La coupure est constituée de deux murs parallèles de 2 pi (0.6 m) d'épaisseur et d'environ 625 pi (187.5 m) de longueur à leur niveau supérieur. Les deux murs sont espacés de 10 pi (3 m) centre à centre et sont ancrés d'au moins 2 pi (0.6 m) dans le socle rocheux.

Les murs sont formés de pieux et panneaux de béton jointifs, coulés en place dans des trous excavés à l'aide d'un équipement spécial, en utilisant la boue de bentonite comme élément de soutènement des parois de l'excavation. L'excavation est réalisée à partir d'une plate-forme de travail d'environ 100 pi (30 m) de largeur (remblai) mise en place à travers la rivière (figure 3).

Deux murs transversaux de 2 pi (0.6 m) d'épaisseur relient les deux murs principaux. Ces deux murs transversaux divisent la coupure en 3 zones : panneaux — pieux — panneaux.

La figure 4 illustre la configuration des murs et leurs caractéristiques techniques. Chacun étant constitué de 76 pieux primaires, 77 pieux secondaires et 29 panneaux.

Les pieux primaires, de forme circulaire de 2 pi (0.6 m) de diamètre, sont espacés de 4 pi (1.20 m) centre à centre. Les pieux secondaires enveloppants, de forme biconcave et de même diamètre, sont creusés dans l'espace laissé entre les pieux primaires.

Les panneaux de 2 pi (0.6 m) d'épaisseur ont une longueur ne dépassant pas 14 pi (4.20 m) et sont prévus d'un joint semi-circulaire-concave.

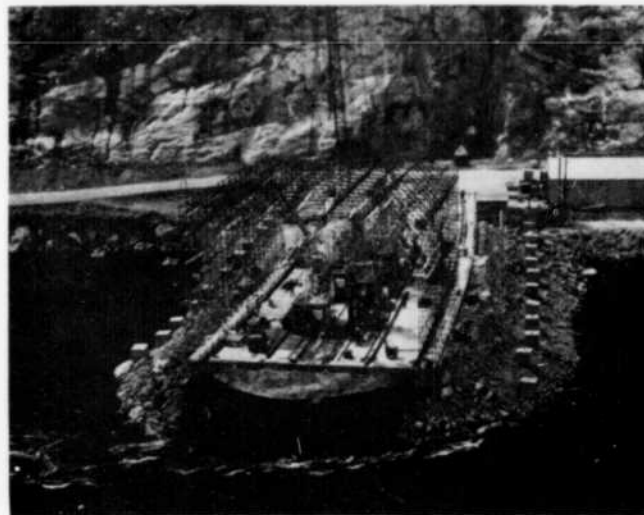


Figure 3 — Plate-forme de travail à travers la rivière.

Tel que mentionné précédemment, les pieux et les panneaux sont encastrés dans le rocher, sur une profondeur minimale de 2 pi (0.6 m). Un voile d'injection a été exécuté à travers des tubes de 4 po (100 mm) de diamètre installés dans les pieux avant le bétonnage (espacement 8 pi (2.40 m)) sur une profondeur de 25 pi (7.5 m) dans le rocher, à l'exception de 175 pi (52.5 m) du mur amont, où la profondeur du voile est augmentée graduellement jusqu'à 100 pi (30 m). Une injection de contact est aussi réalisée à travers des tubes similaires (espacement 8 pi (2.40 m)) placés alternativement à mi-distance des tubes du voile.

Une galerie d'inspection surmonte le sommet des deux murs et est accessible des deux rives. Cette galerie permettra de surveiller le comportement de la coupure et de réaliser au besoin des injections entre les deux murs.

Les murs ont la même courbure que le barrage et le noyau (rayon = 2000 pi (600 m)).

La galerie de 8 pi (2.4 m) de largeur et 10 pi (3 m) de hauteur intérieure est en forme de fer à cheval et ses parois sont constituées de deux plaques d'acier espacées de 2 pi (0.6 m), l'espace entre les plaques étant rempli de béton.

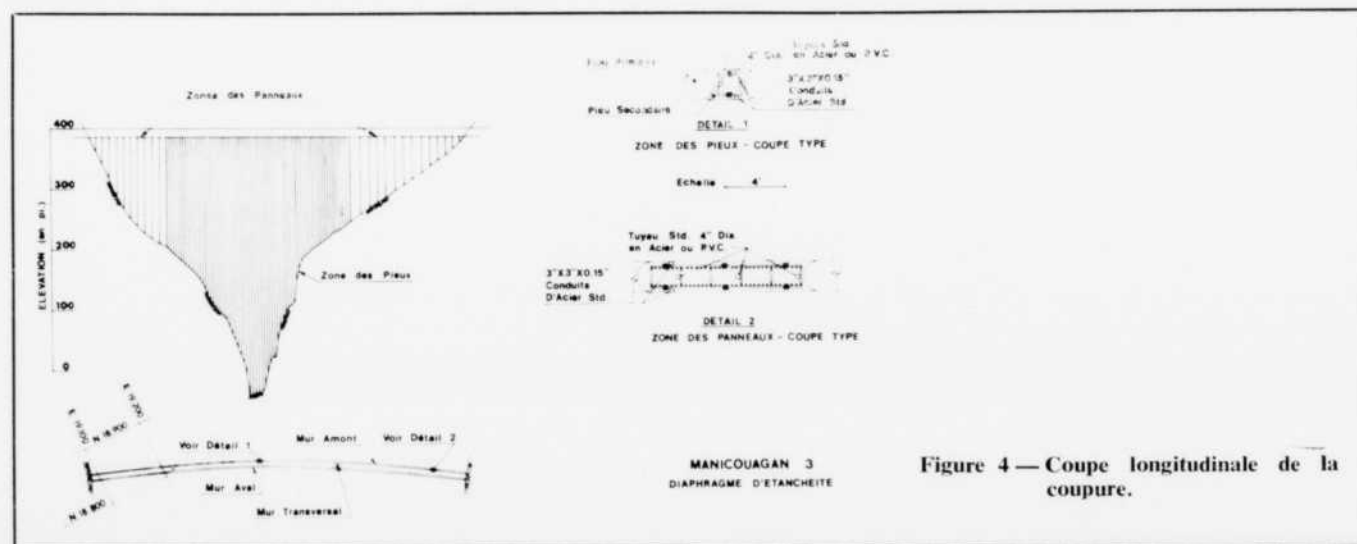


Figure 4 — Coupe longitudinale de la coupure.

Les concentrations de contraintes sur cette galerie sont éliminées par un coussin de bentonite pure placé au-dessus de celle-ci, dans un état plastique (teneur en eau au-dessus de la limite de plasticité). La présence de ce coussin a aussi pour but d'éviter le poinçonnement du noyau par la structure rigide de la coupure par suite des tassements de la fondation.

La compressibilité élevée de ce coussin doit suffire à prévenir la concentration de contraintes sur la galerie. Cependant, comme mesure de sécurité supplémentaire, une série de tuyaux de refoulement ont été placés sur le toit de la galerie ; la bentonite pourra être expulsée ou extraite pour réduire les contraintes. D'autre part, l'installation de deux diaphragmes d'acier, 50 pi (15 m) en amont et 30 pi (9 m) en aval, au niveau des têtes des pieux et liés au revêtement d'acier de la galerie constitue une mesure de sécurité supplémentaire en augmentant le chemin de percolation, en cas de formation de fissures autour de la galerie.

#### b) Construction de la coupure

Les pieux (primaires et secondaires) sont excavés à l'aide d'une installation à percussion utilisant des trépan de formes et caractéristiques adéquates (figure 5). L'excavation des panneaux est réalisée à l'aide de benes preneuses.

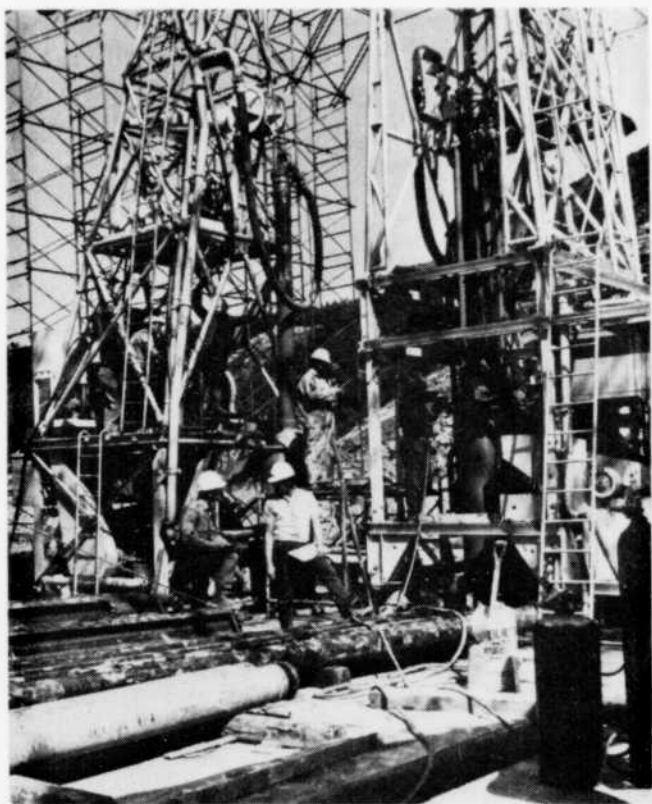


Figure 5 — Installation de forage par percussion.

Après l'installation de murettes guides et d'un tuyau guide (26 po), l'excavation des pieux primaires est réalisée à l'aide d'un trépan circulaire composé de deux éléments : un trépan pilote de 10 po (250 mm) de diamètre et 14 pi (4.20 m) de longueur. Le trépan est attaché à un train de tuyau de 10 po (250 mm) de diamètre, les mouvements (de percussion) sont réalisés

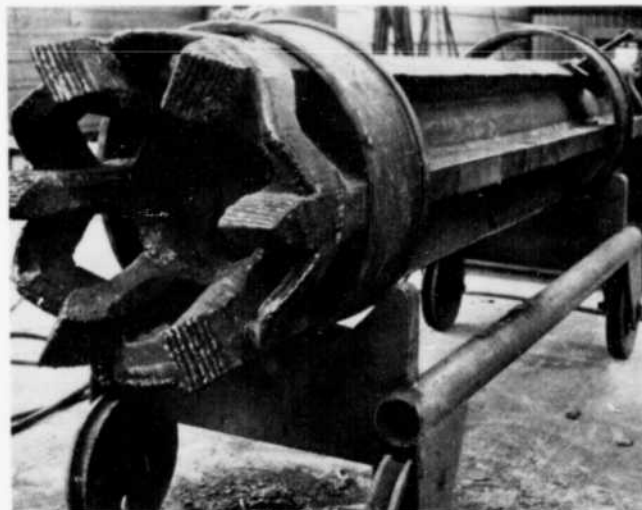


Figure 6 — Trépan pour l'excavation des pieux primaires.

à l'aide d'un treuil actionné manuellement. Le deuxième trépan (figure 6) pour élargir le trou à 2 pi (0.60 m) de diamètre à 8 pi (2.40 m) de longueur, pèse 3 tonnes et glisse le long des tuyaux de 10 po (250 mm) de diamètre mentionnés précédemment. Les mouvements de percussion de ce deuxième trépan sont réalisés par un dispositif hydraulique ; la hauteur de chute est d'environ 2 pi (0.6 m). Les deux trépan peuvent travailler simultanément ; cependant, le trépan pilote devance le deuxième normalement d'environ 10 pi (3.0 m). Pendant le forage la circulation de la boue de bentonite se fait par ces tuyaux de 10 po (250 mm) ressortant à l'extrémité du trépan pilote pour remonter le débris de perforation par l'espace annulaire (parois d'excavation — tuyaux). La boue s'achemine vers la surface et est dirigée vers un tamis vibrant et un cône séparateur pour désablage, et retourne ensuite dans le circuit de forage. Cette circulation continue, réalisée à l'aide d'un système de pompage, assure le nettoyage du trou, le refroidissement du trépan ainsi que la stabilité des parois d'excavation.

Pour l'excavation des pieux secondaires, un trépan spécial, de forme biconcave est utilisé. Ce trépan est actionné de la même façon que pour les pieux primaires. Après l'excavation du forage, un deuxième trépan biconcave expansif, supporté par une série de tuyaux de type A.P.I. de 4 po (100 mm) de diamètre, est utilisé pour racler et nettoyer la surface de contact avec les pieux primaires. Le trépan expansif est actionné par un système hydraulique, pouvant développer des pressions jusqu'à 1000 lb/po<sup>2</sup> (70 kg/cm<sup>2</sup>) sur les lames de raclage pressées contre les pieux primaires. Le trépan peut atteindre 48 po (122 cm) de largeur à son expansion maximale (figure 7).

La benne preneuse utilisée pour l'excavation des panneaux est de 11 pi (3.3 m) de longueur et 2 pi (0.6 m) de largeur (figure 8). L'excavation des panneaux débute par deux trous exécutés par percussion aux deux extrémités, ensuite le sol est enlevé entre les deux trous à l'aide de la benne. Le joint semi-circulaire concave est réalisé à l'aide d'un tuyau de 2 pi (0.60 m) de diamètre placé verticalement à un bout du panneau avant le bétonnage et retiré seulement après la prise du béton.

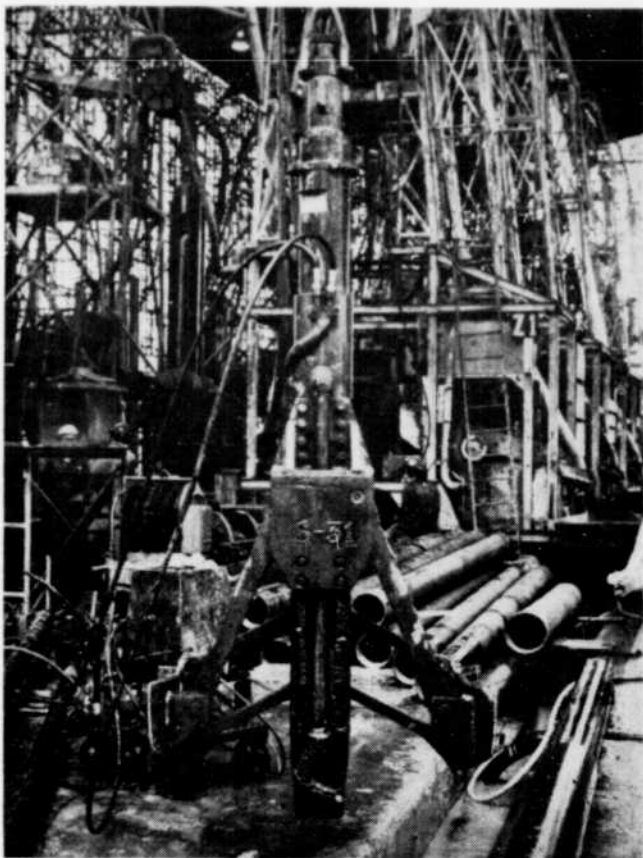


Figure 7 — Trépan biconcave pour l'excavation des pieux secondaires.

Le contrôle de la verticalité, tel que mentionné au début, est très important pendant le forage. En conformité avec les exigences du devis technique, la déviation des trous des pieux primaires en aucun cas ne doit pas dépasser 6 po (150 mm). Par conséquent ce contrôle est effectué le plus fréquemment possible. En effet, chaque fois qu'un tuyau de 10 po (250 mm) est ajouté, un crochet s'attachant automatiquement au bout du trépan pilote est introduit à travers les tuyaux à l'aide d'un câble de haute résistance de 1/4 po (6 mm) de diamètre. Sur le câble mis en tension (effort égal au 2/3 de la résistance à la rupture) un dispositif (4 po = 1000 mm long.) pour mesurer la verticalité (2 petits niveaux orientés à 90°) est installé. À l'aide de deux vis d'ajustement montées à angle droit, au sommet de l'installation de forage, le câble est ramené à la position verticale. La déviation est mesurée directement par la distance entre l'axe du câble et l'axe théorique du trou (figure 9).

Une fois l'excavation du pieu terminée (ancrage au rocher inclus), le trou est préparé pour le bétonnage. Le bétonnage du pieu est précédé d'une opération de nettoyage. Celle-ci est exécutée à l'aide d'un racleur, constitué de deux tubes d'acier de 13 po (325 mm) de diamètre et de 9 pi (2.7 m) de longueur, muni de deux anneaux de plastique rigide de 23 po (575 mm) de diamètre espacés de 5 pi (1.50 m) l'un de l'autre. Le racleur effectue un mouvement ascendant et descendant, actionné par le même dispositif que celui utilisé pour le trépan de creusage et guidé par le tube de 8 po (200 mm) de la trémie de bétonnage. Par ces mouvements le « cake » de bentonite formé sur la paroi du

trou est enlevé et la circulation de boue de bentonite, pompée à travers les tuyaux de 8 po (200 mm), assure le transport des débris du « cake » à la surface. L'opération du nettoyage est suivie immédiatement par le bétonnage. L'extrémité du tuyau de trémie est descendue à 6 po (15 cm) du fond du trou et ensuite une boule de ciment (agissant comme un piston) est placée dans le tuyau avant de couler le béton pour minimiser le mélange entre le béton et la boue de bentonite. Le bout du tuyau est relevé successivement en le maintenant cependant toujours de 10 à 15 pi (3.0 - 4.5 m) sous la surface du béton. La boue de bentonite est expulsée au fur et à mesure que le béton est mis en place. Un pieu de 400 pi (120 m) de largeur demande de 50 à 70 v<sup>3</sup> de béton (dépendamment de la surexcavation) et requiert de 2 à 3 heures pour sa mise en place. Le béton utilisé pour la construction des pieux et des panneaux est constitué d'un mélange agrégat sable de grain max. de 1 po, ayant une consistance telle qu'il puisse être placé facilement dans les coins, autour des armatures, des tuyaux et des conduits pour instrumentation (affaissement de 7 à 8 po) et présentant une résistance à l'écrasement de 5000 lb/po<sup>2</sup> à 28 jours. Un agent retardant est aussi ajouté au béton pour permettre la mise en place facile, même pour les pieux profonds (dépassant 350-400 pi).

Les panneaux ainsi que les parties supérieures des pieux secondaires sont renforcés à l'aide d'armatures d'acier. L'acier d'armature est conforme à la norme CSA 630.1.

#### IV — Instrumentation de la coupure

Tenant compte de ces difficultés topographiques et géologiques du site et vu les solutions originales adoptées,

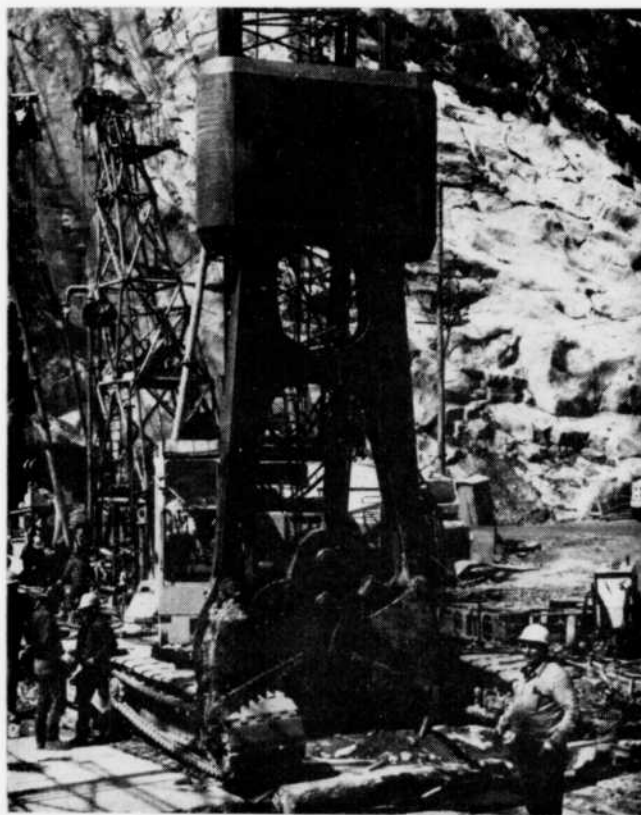


Figure 8 — Benne preneuse.

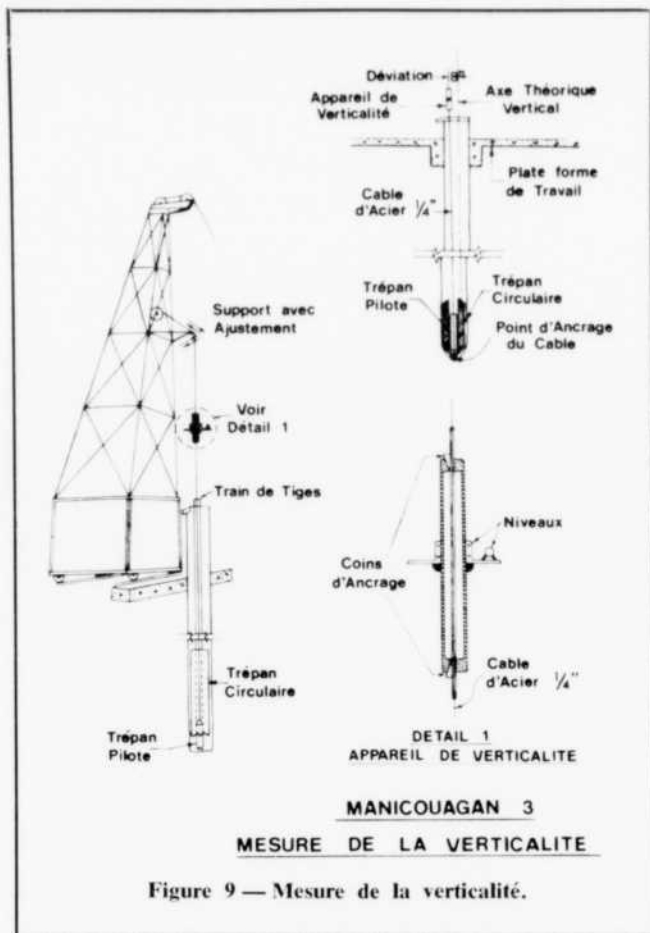


Figure 9 — Mesure de la verticalité.

la surveillance du comportement de l'ouvrage, pendant la construction et ensuite durant l'exploitation, est assurée par un système complexe d'auscultation comprenant l'installation d'un nombre important d'instruments, de points de repères et bornes dans la fondation, dans le système de coupure et dans le barrage. Le nombre de lectures à prendre et la nécessité de connaître les résultats dans le plus court délai possible ont nécessité l'automatisation des lectures et leur traitement par ordinateur.

La surveillance du comportement du barrage et la vérification des critères de conception constituent le but principal de l'installation du système d'auscultation.

Tel que mentionné déjà, les facteurs principaux pouvant influencer le comportement sécuritaire du barrage se résument comme suit :

- l'infiltration sous le barrage à travers la fondation.
- fissuration du noyau par poinçonnement de la structure rigide de la coupure.
- fissuration du noyau par suite des tassements différentiels dus à la topographie du socle rocheux.
- instabilité du remblai par suite du développement d'une pression interstitielle trop élevée.
- instabilité du barrage par suite de la liquéfaction locale de la fondation due à une secousse sismique.

En ce sens, le système d'auscultation a été divisé en trois groupes :

- auscultation de la coupure
- auscultation de la galerie d'inspection
- auscultation du remblai du barrage.

L'auscultation de la coupure étanche est réalisée à l'aide des instruments suivants (figure 10) :

- 50 — piézomètres scellés, de type Maihak à corde vibrante.
- 5 — piézomètres hydrauliques.
- 81 — extensomètres avec jauge de mesure de 10 pieds de type Carlson (jointmeter).
- 141 — extensomètres avec jauge de mesure de 5 pieds de type Carlson.
- 2.000 — pieds (600 m) d'inclinomètre de type Digitilt (Slope — Indicator).
- 155 — détecteurs de cisaillement de 3 pieds de longueur chacun, de type Terrametries.
- 4 — repères de déformation (extensomètres à cadran mécanique).

Tous les instruments d'auscultation sont installés à l'intérieur des tubes et conduits prévus à cette fin dans les murs (pieux, panneaux) du diaphragme d'étanchéité. Les fils conducteurs où les tubes sont amenés aux boîtes de raccordement ou aux tableaux de lecture installés (pour les instruments hydrauliques) dans la galerie d'inspection, les appareils de lecture sont installés dans la chambre de contrôle située dans l'appui rocheux, rive gauche et ils sont branchés aux boîtes de raccordement à l'aide des fils multiconducteurs.

Les lectures des instruments sont réalisées par des appareils programmables et les résultats sont automatiquement inscrits sur un ruban perforé.

Un lecteur de ruban-perforateur des cartes (IBM) transfère les résultats sur cartes perforées, et ensuite ils sont transmis par un terminal IBM — 2780, installé à Manic — 3, à l'ordinateur (IBM — 370 — 155) de l'Hydro-Québec à Montréal.

Un programme spécial a été élaboré par l'Hydro-Québec pour le stockage et le traitement des données brutes d'auscultation. Le programme permet l'obtention rapide des résultats sous forme de tableaux ou graphiques pour chaque instrument ou groupe d'instruments en fonction du temps, de la position géographique, etc...

Les tableaux des résultats sont immédiatement retransmis au terminal de Manic — 3, tandis que les graphiques qui sont tracés à Montréal sont envoyés périodiquement au chantier par la poste.

## V — Exécution des travaux

Suivant le programme d'équipement de l'Hydro-Québec, la mise en marche de la centrale Manic — 3 est prévue pour le 4<sup>e</sup> trimestre de 1975. En vue de réaliser cet objectif, le calendrier des travaux doit assurer la construction de la coupure en 1971-1972, laissant ainsi trois saisons disponibles pour la mise en place du remblai du barrage. En effet, à cause des conditions climatiques (pluie, neige, gel, etc.) environ 60 à 70 jours ouvrables seulement sont disponibles par année pour le placement du till pour le noyau. Ainsi, un délai dans la réalisation de la coupure peut entraîner la perte partielle ou totale d'une saison, ce qui se traduit par un délai dépassant éventuellement un an.

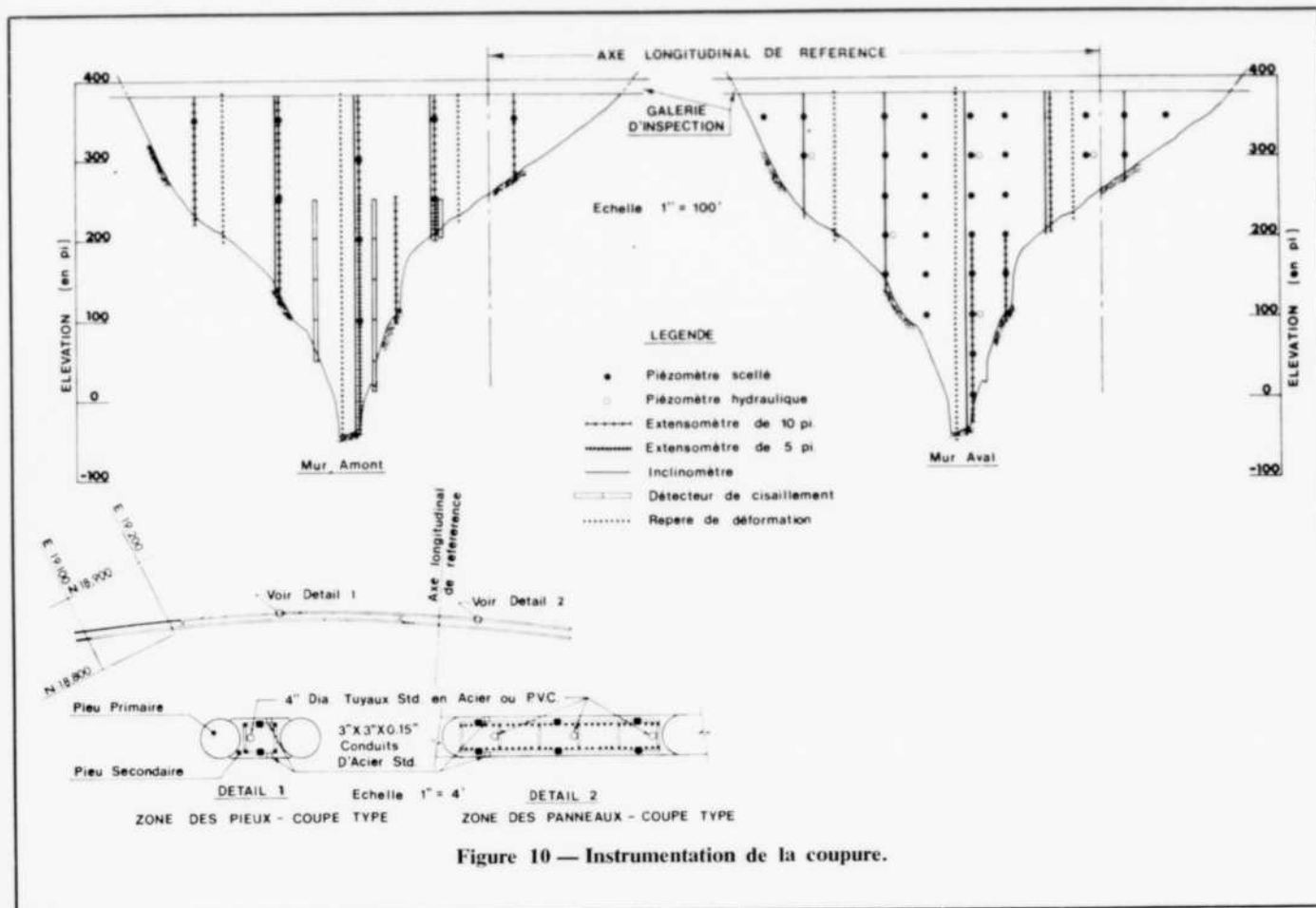


Figure 10 — Instrumentation de la coupure.

En ce qui concerne le calendrier d'excavation pour la coupure, l'analyse a indiqué que, pour la construction de 160,970 pi<sup>2</sup> de mur constitué de pieux et de 62,994 pi<sup>2</sup> de mur constitué de panneaux, un nombre maximal de 15 à 16 appareils de perforation (pour l'excavation) pourront être utilisés simultanément. L'analyse a révélé aussi que l'excavation des pieux profonds (au-dessus de 300 pi de profondeur) devient le cheminement critique. En se basant sur les rendements obtenus à l'occasion des essais effectués à Manic-3 en 1969 le programme des travaux stipule que la période du 1<sup>er</sup> mai 1971 - 1<sup>er</sup> novembre 1972 est consacrée à l'excavation et au bétonnage des éléments de la coupure. Durant cette même période sont prévus les travaux d'injection du rocher de fondation, injections exécutées à travers les pieux et les panneaux.

La coupure, d'une surface totale évaluée à 223,000 pi<sup>2</sup>, est exécutée en deux étapes. Dans une première étape, environ 190,000 pi<sup>2</sup> sont excavés à partir de la plate-forme de travail érigée en rive droite et recouvrant environ les  $\frac{2}{3}$  de la coupure. Cette plate-forme permet aussi l'excavation des pieux les plus profonds. La première étape est exécutée durant la période du 1<sup>er</sup> juin 1971 au 1<sup>er</sup> octobre 1972. À partir de mars 1972, la deuxième étape est commencée par la prolongation de la plate-forme de travail en rive gauche. Les 33,000 pi<sup>2</sup> de coupure impliqués dans cette étape ont été complétés en octobre 1972. Un abri constitué d'une charpente métallique, recouvert d'un revêtement plastique (PVC), chauffé à l'intérieur, a été construit pour permettre le travail durant l'hiver.

## VI — Conclusion

Au fur et à mesure du développement des sites plus favorables pour les centrales hydro-électriques et par suite des demandes de plus en plus fortes d'énergie, les ingénieurs doivent se tourner vers les sites moins favorables.

Le développement de ces sites nécessite souvent des innovations ou des améliorations importantes de techniques utilisées jusqu'alors. La construction du barrage Manic-3 peut être considérée comme un cas typique à ce point de vue; le traitement d'une fondation d'une telle profondeur, jamais réalisé auparavant, représente une amélioration considérable des techniques connues et expérimentées jusqu'à ce jour. ■

## BIBLIOGRAPHIE

- BENOIT, M., CRÉPEAU, P.M., LAROCQUE, G.S. « Influence des fondations sur la conception du barrage Manicouagan-3 » 9th International Commission on Large Dams, Istanbul 1967, Vol. 1, Q. 32, R. 48.
- DREVILLE, F., PARÉ, J.J., CAPELLE, J.F., DASCAL, O., LAROCQUE, G.S. « Diaphragme en béton moulé pour l'étanchéité des fondations du barrage Manicouagan-3 » 10th International Commission on Large Dams, Montreal 1970, Vol. 11, Q. 37, R. 34.
- PARÉ, J.J., CIURLI, S. « The Manicouagan-3 Cut-off Walls » CANCOLD Annual General Meeting, Vancouver, Oct. 29, 1971.
- PIGEON, Y. « Manic 3 — Foundations » Canadian Electrical Association — Hydraulic Power Section — Spring Meeting 1972.

DASCAL, O. « Manicougan-3 — Auscultation du barrage principal » 25e Congrès canadien de géotechnique, Ottawa 7-8 déc. 1972.

#### REMERCIEMENTS

Le projet est réalisé avec la participation des ingénieurs-conseils Asselin, Benoit, Boucher, Ducharme et Lapointe de Montréal et aussi avec la participation d'un comité d'experts-conseils présidé par le professeur A. Casagrande et comprenant Dr F.A. Nickell, M. F.B. Slichter et le regretté M. R. Peterson.

Les travaux de construction pour le barrage sont exécutés par la direction Construction de centrales — Hydro-Québec, tandis que la cie ICANDA Canada agit comme sous-traitant pour la réalisation de la coupure étanche dans la fondation du barrage.

L'auteur remercie l'Hydro-Québec pour l'autorisation à publier cet article.

### « CONCERT ANNUEL »

Chœur Polytechnique de Montréal

direction / Marcel Laurencelle

**DIMANCHE, 16 DÉCEMBRE 1973 — 20 h 30**

Centre Communautaire Ste-Angèle

5275 Lavoisier, St-Léonard

Admission : \$2.50

661-7090 ou 321-1510

## Urwick, Currie & Associés Ltée



Jacques A. Drouin

Monsieur Jacques E. Daccord, président, Urwick, Currie & Associés Ltée, a le plaisir d'annoncer la nomination de monsieur Jacques A. Drouin au poste de directeur de la région du Québec. Monsieur Drouin sera responsable de tous les services de la firme dans la province de Québec. Il est déjà associé et directeur de cette société de conseillers en administration depuis 1971. Monsieur Drouin est diplômé en génie de l'École Polytechnique et détient une maîtrise en gestion des entreprises de l'Université McGill. Il est membre de l'Institut des Conseillers en Administration du Québec, de la Corporation des Ingénieurs du Québec et de l'Institut Canadien des Ingénieurs.

**Les généraux ne sont pas tous des terriens...  
Le commandement du "Général Tremblay"  
s'exerce en mer!**



Notre drague suceuse "Général Tremblay" de 36 po. de conduite de déversement peut faire face à presque n'importe quelle situation d'excavation maritime. Cet engin robuste est l'une des plus grosses dragues suceuses au monde et peut gruger la plupart des sols sous-marins, y compris la moraine. Telle qu'équipée actuellement, la "Tremblay" peut creuser à une pro-

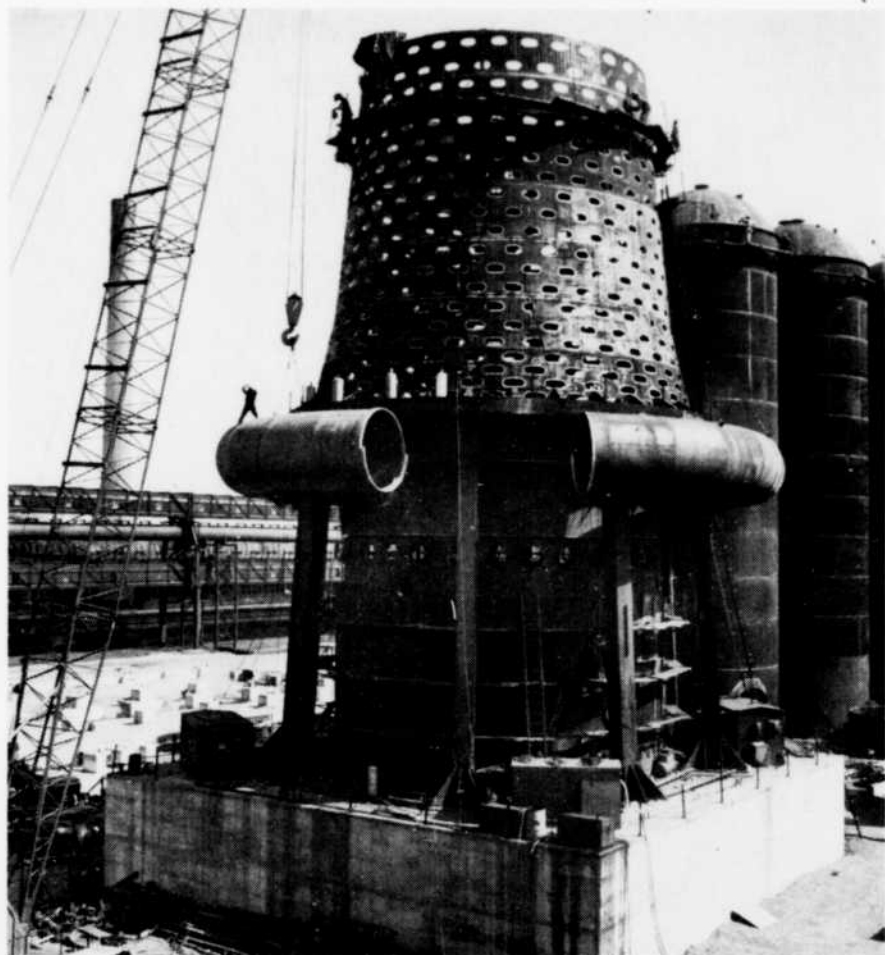
fondeur de 90 pieds sous le plan d'eau. La "Général Tremblay" est pourvue d'une pompe à déblais de 8000 chevaux-vapeur et peut refouler les matériaux excavés jusqu'à une distance de un mille et demi. Lorsqu'il faut refouler plus loin, nous pouvons également fournir une pompe de surpression flottante, "Le Pélican", qui a une puissance de 15,000 chevaux-vapeur à la pompe.



### SOCIETE DE DRAGAGE RICHELIEU INC.

Siège Social: 1010 ouest, rue Ste-Catherine, Montréal 110, P.Q. Tél.: (514) 866-5335  
Succursale: Chemin St-Ours, Sorel, P.Q. Tél.: (514) 742-5648

# On construit actuellement le plus grand haut fourneau du Canada.



Le haut fourneau n° 7 d'Algoma pourra produire 5,000 tonnes de fonte chaque jour.

Un prolongement du programme d'expansion actuel d'Algoma.

Pour fabriquer plus d'acier, nous devons d'abord produire davantage de fonte. C'est pourquoi nous construisons le haut fourneau n° 7, qui augmentera de 5,000 tonnes par jour notre capacité de production de fer. Ce haut fourneau sera le plus grand du Canada; sa hauteur totale sera de 316 pieds et son creuset mesurera 35 pieds de diamètre. Le fourneau et ses installations annexes pour la protection du milieu et la manutention des matériaux ont nécessité un investissement de

plus de \$50 millions. L'ensemble, dont la construction devrait être terminée vers la fin de 1974, comprendra un système de manutention entièrement automatique, commandé par ordinateur.

Notre aciérie à l'oxygène à sole basique n° 2 fonctionne à plein rendement.

Notre deuxième aciérie à l'oxygène à sole basique a commencé à produire de l'acier en avril 1973. Son importante production a permis d'augmenter à plus de 4 millions de tonnes par an la production d'acier brut d'Algoma. Cette deuxième

aciérie possède deux cuves de 250 tonnes. Grâce à un contrôle perfectionné de la qualité et à son fonctionnement commandé par ordinateur, 45 minutes suffisent à cette usine pour transformer en acier la fonte du haut fourneau. Son coût est d'environ \$50 millions.

D'autres constructions d'importance sont en bonne voie.

Nous procédons actuellement à la construction d'une usine de moulage de brames en continu, à deux coulées. Nous avons aussi commandé une nouvelle batterie de fours à coke (n° 9), afin de pouvoir augmenter suffisamment notre production de coke pour alimenter le haut fourneau n° 7 illustré à gauche. Ces travaux d'expansion devraient être terminés en 1975.

Notre seul but: produire davantage d'acier à l'usage du Canada.

Le Canada a de plus en plus besoin d'acier. Le programme d'expansion actuel d'Algoma a été



conçu pour répondre aux besoins de plus en plus grands de ses clients en matière de produits d'acier laminé.

The Algoma Steel Corporation, Limited  
Sault Ste-Marie, Ontario.

*Hewitt*

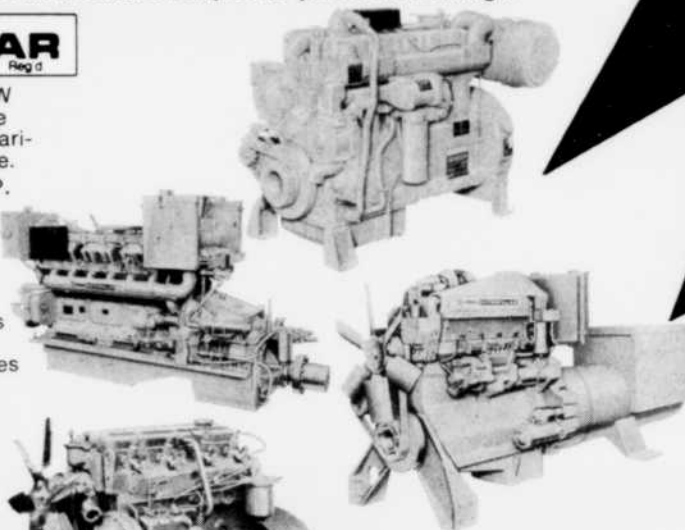
# L'ENERGIE.

## ÇA NOUS CONNAIT...

Nous vous offrons une gamme complète de moteurs Diesel pour l'industrie de la construction, des mines et des chantiers maritimes. Hewitt offre également un excellent service après-vente et un inventaire complet de pièces de rechange.



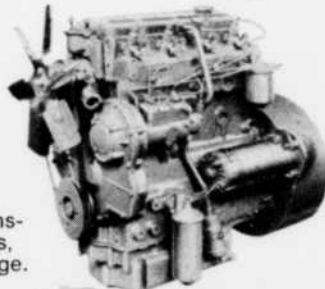
**CATERPILLAR**



- a. **Groupes électrogènes** 50 à 900 kW équipés d'une armoire de contrôle pour applications industrielles, maritimes ou comme source d'urgence.
- b. **Moteurs marins** — 125 à 1125 H.P. au volant en service continu — pour la propulsion et groupes auxiliaires.
- c. **Moteurs industriels** — pour la construction, les opérations forestières, les concasseurs et les usines d'asphalte. Ils servent aussi comme moteurs stationnaires ou moteurs de remplacement.

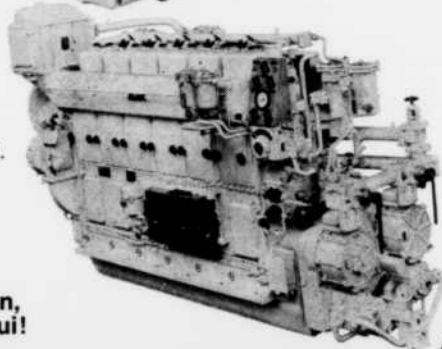
### **MOTEURS PERKINS**

- a. **Groupes électrogènes** — de 20 à 70 kW.
- b. **Moteurs marins** — de 50 à 185 H.P.
- c. **Moteurs industriels** — pour la construction, les opérations forestières, l'industrie minière et le camionnage.



### **MAK**

- a. **Moteurs marins** — de 300 à 10,000 H.P. à un régime de 425 à 900 T.P.M.
  - b. **Groupes électrogènes** — de 1,000 à 7,000 kW.
- Moteurs de propulsion et groupes auxiliaires.



**Peu importe l'application, appelez-nous aujourd'hui!**

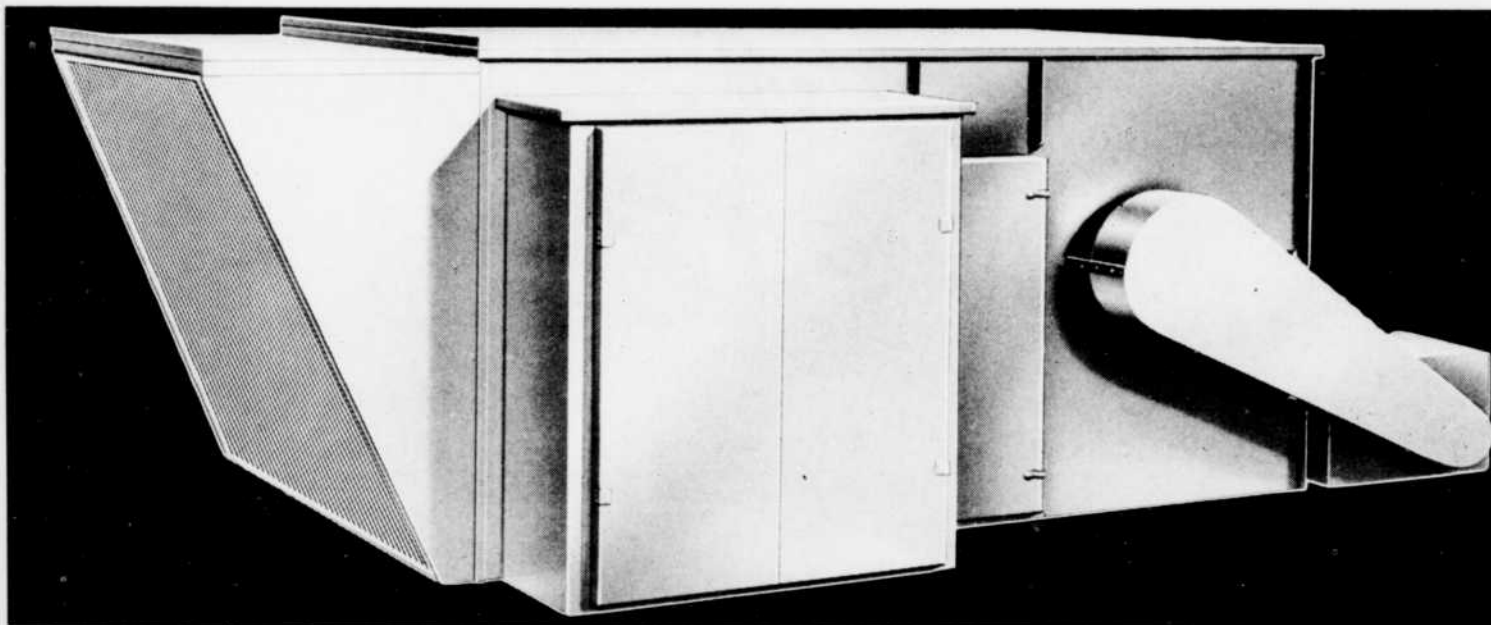
 **CATERPILLAR**

*Hewitt*

TOTAL  
**SERVICE**  
COMPLET 

MONTREAL • QUEBEC • SEPT-ILES • VAL-D'OR • MATAGAMI • HULL • BAIE JAMES

# Élément d'air d'appoint à feu continu Trane



## Voici enfin un élément d'air d'appoint résistant aux intempéries et intégrant déjà les caractéristiques populaires

Le nouvel élément d'air d'appoint à feu continu TRANE appelé "Direct-Fired Torrivent®" est destiné au chauffage d'appoint des édifices commerciaux et industriels.

Montable sur le rebord du toit, cet élément fut dessiné de fond en comble pour résister aux intempéries, s'installer rapidement et simplement, et à faciliter la maintenance. Il peut aussi être installé à l'intérieur.

Les éléments sont disponibles en 7 grandeurs, de 3,500 à 80,000 pi.cu./mn et à entrée de 550 à 11,550 MBH. Les éléments standard sont alimentés au gaz naturel avec option d'alimentation au gaz propane directement ou en attente.

Ces éléments "Direct-Fired Torrivent" offrent en équipement standard les caractéristiques populaires.

**Système de commande TRANE** destiné à offrir un maximum de sécurité et de fiabilité d'emploi jour après jour. On y est arrivé en plaçant les contacts de relais de surcharge du moteur triphasé (un disjoncteur de sécurité de basse température pour la protection contre le gel) et le commutateur

de circulation d'air en série dans le circuit primaire de commande de sécurité. Les relais de circuit secondaire sont ainsi éliminés.

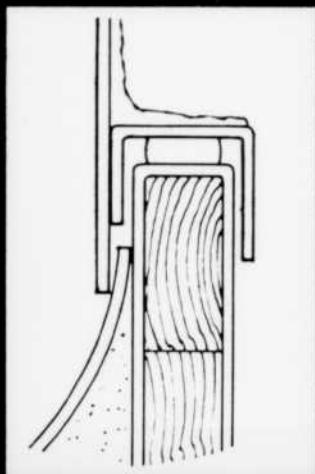
Si la flamme ou si l'une quelconque des commandes de sécurité vient à s'ouvrir, la combustion et l'éventail s'arrêtent et ne recommencent pas à fonctionner tant que le système n'a pas été réenclenché à la main.

Ses autres caractéristiques standard comprennent un panneau de commande à distance verrouillable avec sélecteur de température de décharge, lampes de fonctionnement et commutateur marche/arrêt. Les commandes de fonctionnement sont dédoublées au panneau de commande de l'élément. Le passage du "chauffage" à la "ventilation seulement" se fait automatiquement.

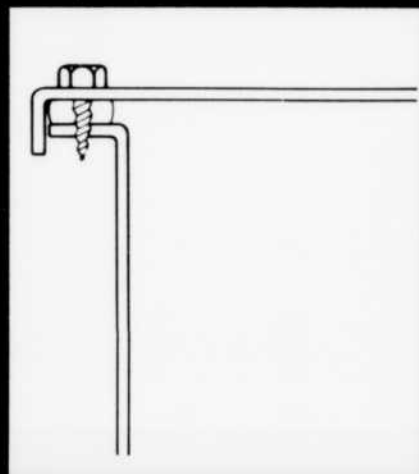
**Installation rapide et à peu de frais.** L'assemblage et le câblage en usine de toutes les pièces et options standard et l'installation sur rebord de toit TRANE éliminent une grosse partie de la main-d'oeuvre sur place.

**Résistance aux intempéries.** Les éléments "Direct-Fired Torrivent" ont une construction entièrement soudée et l'étanchéité de tous les joints est faite de l'intérieur avec un mastic au caoutchouc.

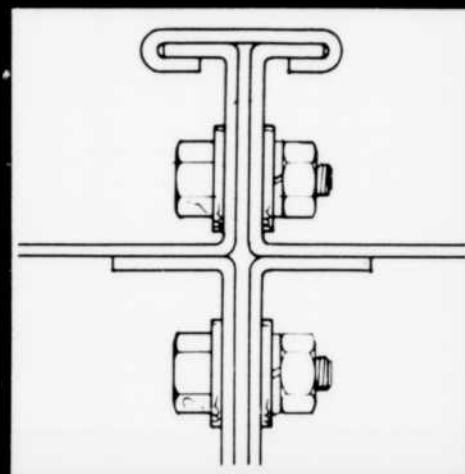
Cinq grandeurs d'éléments "Direct-Fired Torrivent" TRANE sont livrés entièrement assemblés, câblés, soudés et scellés pour installation immédiate sur le rebord du toit. Les deux plus gros modèles sont expédiés en deux morceaux.



La base profilée rigide et la garniture s'accouplent au rebord du toit pour former un joint étanche.



La toiture de l'élément est accouplée au rebord des panneaux latéraux avec une garniture et visée avec des vis guidées plaquées cadmium. Le mastic à l'intérieur et le rebord à l'extérieur protègent le joint étanche.



Des joints de toiture étanches accouplent les deux sections des deux plus gros modèles. Boulonnés pour la rigidité, ils sont munis d'une garniture et d'un couvre-joint pour prévenir les fuites.

**Fiabilité, durabilité.** Surtout dus aux matériaux résistant à la corrosion, aux roulements choisis pour une durée moyenne de 200,000 heures, et à la haute qualité du brûleur Maxon fourni en équipement standard.

**Entretien facile.** Des portes d'accès montées sur pentures permettent d'accéder facilement à l'intérieur pour le nettoyage et l'entretien. Les commandes électriques et de gaz sont à portée de la main. Le moteur et l'unité d'entraînement sont placés à l'extérieur de l'élément. Le logement en tôle de jauge 14 galvanisée et peinte est entièrement soudé.

**Assortiment d'air d'appoint.** Ce nouveau produit vient s'ajouter à l'assortiment TRANE bien connu pour la vapeur et l'eau chaude. Torrivents pour applications d'air d'appoint. Un autre nouveau produit TRANE pour l'extérieur, l'unité climatique Penthouse peut aussi être utilisée avec les systèmes centraux pour satisfaire les exigences d'air d'appoint chauffé et/ou refroidi.

**Vaste assortiment pour l'extérieur.** Le "Direct-Fired Torrivent" TRANE est un autre nouveau produit destiné à être installé de façon étanche sur le rebord du toit. Cet assortiment de produits TRANE comprend aussi les unités climatiques Penthouse, les unités de chauffage/climatisation sur toit Single Zone et les unités sur toit Multizone.

**Service local.** Il y a 19 bureaux de vente TRANE à travers le pays pour veiller à un service rapide.

Pour plus de renseignements sur les éléments d'air d'appoint "Direct-Fired Torrivent" TRANE, appelez le bureau de vente TRANE ou écrivez nous.

**TRANE Company of Canada, Limited, 401 Horner Avenue, Toronto, Ontario M8W 2A5.**

Bureaux de vente et service TRANE à travers tout le pays:

St-Jean, T.-N., Saint-Jean, N.-B., Halifax, Québec, Montréal, Ottawa, Sudbury, Kirkland Lake, Toronto, Hamilton, Kitchener, London, Windsor, Winnipeg, Regina, Saskatoon, Calgary, Edmonton, Vancouver.

**TRANE**  
AIR CONDITIONING

# Copies d'épures sans ammoniacque

**PD80-copies jusqu'à 45 pouces de largeur  
Gamme de vitesse-15 pieds à la minute**

**PD600-copies jusqu'à 50 pouces de largeur  
Gamme de vitesse-26 pieds à la minute**



## grâce à ces pratiques copieurs industriels

*Nos nouveaux copieurs d'épures PD n'exigent pas d'ammoniacque. Donc pas de vapeurs ni d'odeurs désagréables, pas de conduits de ventilation, pas de plaintes des usagers.*

*Avec les nouveaux PD, il n'y a pas de mélanges de solutions chimiques à préparer, pas de nettoyage quotidien à faire. Rien à vider, rien à nettoyer. Que vous les utilisiez toute la journée ou périodiquement, vos nouveaux PD sont toujours prêts à travailler quand vous l'êtes. Vous n'avez qu'à les mettre en marche, faire vos copies puis les arrêter.*

ils sont aussi pratiques que vos copieurs ordinaires. Même si leurs formats permettent de les poser sur une table, les nouveaux PD peuvent faire des copies d'une largeur atteignant jusqu'à 50". C'est pourquoi ils sont idéaux pour les épures d'architectes et d'ingénieurs et pour les épures de vérification.

Pour des renseignements complets, écrivez à Division Bruning, Addressograph Multigraph du Canada Limitée, 42 Hollinger Road, Toronto, Ontario M4B 3G6. Ou appelez le représentant Bruning de votre localité.

*Bruning — pour tous genres de copies*



**ADDRESSOGRAPH MULTIGRAPH DU CANADA LIMITÉE**

*Division Bruning*

*...vous aide à communiquer*

# LEVÉS AÉROMAGNÉTIQUES ET APPLICATIONS À DES CAS SPÉCIFIQUES

par Dr Maurice K. Seguin

## Notice biographique :

M. Maurice K. Seguin obtint, en 1965, son Ph.D. en sciences de l'Université McGill, Montréal. Durant les années 1965, 66 et 67, il était associé de recherche à l'Institution de Géodésie de l'École Polytechnique Royale de Stockholm, Suède. Il occupe actuellement le poste de professeur agrégé au département de géologie et au programme de génie physique de la Faculté des Sciences de l'Université Laval.

## Historique

Les méthodes magnétométriques au sol semblent avoir été utilisées pour la première fois comme outil de prospection géophysique par les mineurs suédois vers les années 1650. L'appareil permettant de mesurer non seulement la direction du champ magnétique terrestre mais aussi les intensités des composantes de ce champ a reçu le nom de magnétomètre ; le premier instrument de ce genre a été réalisé en 1879. En 1915, Adolf Schmidt a mis au point le premier magnétomètre de haute précision ( $\pm 2$  gammas ( $\gamma$ ) avec  $1\gamma = 10^{-5}$  Gauss). Au cours des années 1930-35, les physiciens H. Aschenbrenner et G. Goubau conçurent et mirent au point le premier magnétomètre électronique à sursaturation pour fin de levés magnétiques terrestres. Durant la seconde guerre mondiale, des hommes de science au service des armées allemandes et alliées ont perfectionné un magnétomètre électronique à sursaturation aéroporté dans le but de détecter les sous-marins ennemis. La précision de cet appareil est d'environ  $\pm 1\gamma$  et comme l'instrumentation est essentiellement électronique et non pas mécanique, il peut être utilisé aussi bien en position stable sur le terrain que dans des véhicules en mouvement (e.g. avions et hélicoptères). C'est vers les années 1943 et avec ce type de magnétomètre (Texas Gulf Oil Mark III) que débutèrent les levés magnétiques aéro- et héliportés qui amenèrent à leur tour d'importantes découvertes de richesses naturelles très variées. L'introduction en 1954 des magnétomètres à précession nucléaire dont la précision est de l'ordre

de  $\pm 0.5\gamma$  et des magnétomètres à pompage optique (précision :  $\pm 0.02\gamma$ ) permettent aujourd'hui l'exécution des levés aéro-magnétiques de très grande précision surtout au-dessus de grandes étendues d'eau (grands lacs, golfes, mers, etc.).

Historiquement, les premiers levés aéro-magnétiques effectués au Canada l'ont été au cours des années 1947, 1948 et 1949 par la firme privée Dominion Gulf Company de Toronto, Ontario. Ces levés survolés dans la région de l'Abitibi (nord-est de la province d'Ontario et nord-ouest de la province de Québec) et de Chibougamau (centre du Québec) n'indiquaient que l'intensité relative du champ magnétique terrestre. Vers la fin de l'année 1947, la Commission Géologique du Canada relevant alors du ministère des Mines et des Relevés Techniques (maintenant ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources) publia une compilation des premières cartes aéro-magnétiques en provenance d'une agence gouvernementale. Le survol effectué dans le sud-est de l'Ontario fut donné à contrat à des firmes spécialisées comme il est encore aujourd'hui coutume. L'ajustement des données magnétiques enregistrées aux valeurs absolues du champ observées à des observatoires géomagnétiques rapprochés a alors permis l'obtention de cartes aéro-magnétiques dont l'intensité du champ est donnée en valeur absolue. Depuis le milieu des années 1960, la réalisation des levés aéro-magnétiques s'effectue sur une base d'entente entre les gouvernements fédéral et provinciaux. À la fin de 1972, plus de la moitié de la superficie du territoire canadien a été couverte par des levés aéro-magnétiques. Jusqu'au milieu des années 1950, la hauteur de survol était de l'ordre de 500 pieds (150 m). Depuis, la hauteur de survol pour les levés du gouvernement a été fixée à 1 000 pieds (300 m). Au tout début des levés aéro-magnétiques, l'espacement entre les lignes de survol variait entre  $\frac{1}{4}$  de mille (0.4 km) et 1 mille (1.6 km). Depuis, on a standardisé la distance de séparation à  $\frac{1}{2}$  mille (0.8 km) lorsque le survol est effectué au-dessus du sol et à 1 mille (1.6 km) lorsque le survol est au-dessus de grandes masses d'eau. Pour fins de loca-

lisation, on a surtout employé le système de navigation Decca au-dessus des grandes nappes d'eau et des photos aériennes déjà existantes ou obtenues en cours de vol au-dessus des terres.

### Utilité, besoin et but

Les levés aéromagnétiques contribuent à la mise en valeur des ressources minières et énergétiques canadiennes de diverses façons. En exploration pétrolière, les levés aéromagnétiques sont surtout utiles pour déterminer l'épaisseur de la couche sédimentaire, pour délimiter la structure du socle (cartographie de la topographie du socle) ou encore déceler les accidents structuraux des horizons sédimentaires faiblement aimantés. On arrive ainsi à une étude détaillée de bassins sédimentaires permettant la cartographie de structures susceptibles de favoriser la déposition et la concentration d'hydrocarbures. En exploration minière, on utilise les levés aéromagnétiques directement dans la recherche de gisements de fer ou de nickel magnétiques, mais plus couramment de façon indirecte dans la recherche de minéraux ou d'éléments (e.g. or, gisements de sulfures disséminés de type « porphyry copper », etc.) dont les associations lithologiques ou minéralogiques présentent des patrons d'anomalies magnétiques bien caractéristiques. Enfin, les cartes aéromagnétiques sont très souvent utilisées au cours de la cartographie géologique superficielle dans les régions couvertes de mort-terrain ou encore à divers niveaux sous la surface de la terre.

### Les diverses étapes d'un levé

Avant de pouvoir dégager convenablement les renseignements géologiques que recèle une carte aéromagnétique, il convient de se familiariser avec les diverses étapes de sa réalisation. Les plus importantes sont : l'acquisition, la correction et réduction, la compilation et la mise en plan, le traitement des données. La compréhension des techniques d'analyse et l'interprétation des données sont essentielles si l'on désire obtenir le maximum de renseignements des cartes aéromagnétiques.

### L'acquisition des données

L'acquisition des données aéromagnétiques se fait au moyen d'une sonde véhiculée à bord d'un avion ou à sa remorque. Les dimensions physiques d'une sonde aéromagnétique typique sont variables, mais une longueur de 3 pieds (1 m) et un diamètre de 1 pied (0.3 m) (poids : 25-50 lb) sont courants. Les systèmes d'amplification et de contrôle, l'enregistrement sur papier, sur ruban ou disque magnétique (digitalisé ou analogue) et autres pièces électroniques accessoires sont installés dans la carlingue de l'avion. Avant de survoler une région avec un magnétomètre, il est nécessaire d'indiquer la position des lignes de vol sur une carte de sorte que le pilote puisse survoler dans la bonne direction et à la bonne location en se référant à des cartes topographiques ou à une mosaïque de photos aériennes

\* *Système hyperbolique de localisation faisant appel à des mesures de différence de phase entre trois ondes électromagnétiques de fréquences différentes émises par trois stations radiophoniques situées à des endroits fixes et dont la position est connue.*

de la région. L'altitude de vol est fixée et enregistrée sur une charte indépendante au moyen d'un altimètre et la position aux points de mesure est également enregistrée par une caméra 35 mm à défilement continu au-dessus des terres ou d'un système de navigation (e.g. Decca \*) au-dessus des grandes nappes d'eau. En pratique, les opérations immédiates, i.e. contemporaines au levé aéromagnétique, consistent à vérifier le bon fonctionnement de l'instrumentation électronique en opération, à développer la bande de films obtenus en cours de vol, à vérifier les lignes de vol correspondant à la position de celles que l'on avait planifiées, à étudier de façon qualitative les résultats obtenus sur les profils magnétiques et à vérifier si les variations diurnes ne sont pas trop considérables. L'espacement entre les lignes de survol est fixé suivant les besoins du levé.

### Corrections et réductions

La correction qui s'impose en premier lieu a pour but d'éliminer l'effet de la dérive instrumentale. On effectue les ajustements d'une série de lignes de vol subparallèles grâce à une ligne de vol de raccordement orientée à peu près perpendiculairement aux précédentes. Parmi les variations magnétiques, on compte les variations normales, séculaires, diurnes et enfin les orages magnétiques. Il faut effectuer une réduction pour chacune des variations précitées. Les variations normales sont fonction de la longitude et de la latitude et la réduction correspondante est relativement simple à effectuer. Lorsqu'on effectue un levé aéromagnétique dans une région adjacente à une superficie antérieurement couverte par des levés aéromagnétiques, il est nécessaire de faire une réduction pour la variation séculaire qui est une dérive souvent forte et parfois irrégulière des éléments magnétiques à des époques successives. Un champ supplémentaire, plus ou moins instantané, s'ajoute constamment au champ moyen séculaire. Il est la résultante de champs à variations pseudo-périodiques tels que le champ de variations diurnes qui provoquent des mouvements lents et de peu d'amplitude et de champs, difficilement prévisibles, à fortes variations irrégulières allant, dans les cas extrêmes, jusqu'aux tempêtes magnétiques d'origine solaire. Les réductions relatives aux variations diurnes sont communément effectuées grâce aux lectures continues comparatives du champ enregistrées sur un magnétomètre témoin situé au centre de la région du levé. Lorsqu'on observe la présence d'orages magnétiques, on interrompt temporairement la production du levé jusqu'à ce que les conditions redeviennent normales.

### Compilation et mise en plan

La compilation des données consiste d'abord à faire coïncider les segments de films photographiés au moyen de la caméra 35 mm avec les positions correspondantes sur la mosaïque. De cette façon, on peut ensuite transposer un nombre fini de points à partir des données magnétiques analogues ou digitales enregistrées sur les lignes de vol et ensuite relier les points d'isointensité, soit manuellement, soit par calculatrice électronique avec traçeuse automatique, pour établir une carte de contour magnétique finale. Lorsque le document de base qu'est la carte de contour d'isointensité aéro-

magnétique est complète, on peut procéder à l'interprétation qui peut être d'ordre strictement qualitatif ou semi-quantitatif selon le temps et l'argent que l'on désire investir pour le traitement des données.

### L'interprétation qualitative

L'interprétation qualitative des données aéromagnétiques est surtout importante pour l'identification des divers types de roches et pour délimiter leur distribution spatiale, i.e. pour la cartographie géologique (lithologie) et en partie du moins dans l'analyse structurale (géologie structurale). La plupart des types de roches contiennent un pourcentage plus ou moins élevé de minéraux ferromagnétiques (e.g. magnétite, ilménite, chromite et pyrrhotine). La susceptibilité ferromagnétique volumétrique est la plus significative des propriétés magnétiques des roches. Elle dépend de plusieurs caractéristiques des minéraux ferromagnétiques présents dans la roche et dont le plus universel est la magnétite. Ces facteurs sont, entre autres, la composition, le pourcentage volumétrique, l'intensité du champ magnétique ambiant, l'état d'aimantation et la grosseur des grains et enfin la distribution des grains (texture) dans la roche. Pour les roches ignées, le contenu en magnétite et la susceptibilité ferromagnétique sont plus élevés dans les roches basiques à ultrabasiques que dans les roches intermédiaires à acides. Généralement, la susceptibilité magnétique est plus uniforme à l'intérieur des masses intrusives qu'elle ne l'est pour les roches extrusives (volcaniques) et en particulier les pyroclastiques. La susceptibilité magnétique est très variable dans le domaine spatial en ce qui a trait aux roches métamorphiques. La complexité des roches hautement métamorphosées et à caractère acide de la province Grenville est un exemple typique. Il en va de même des roches serpentinisées issues de masses intrusives ultrabasiques (péridotites) du complexe ophiolitique des Appalaches. Les roches sédimentaires, par contre, sont caractérisées par des susceptibilités magnétiques faibles; les formations de fer d'origine sédimentaire sont une exception notoire. La forme générale et l'intensité des anomalies magnétiques de même que la distribution des patrons de plus petites anomalies à l'intérieur d'un bloc anomalique suffisent le plus souvent en tant que critères permettant de cartographier les unités lithologiques et d'inclure ces dernières dans une des catégories générales précitées.

Lorsque la distribution et la limite des unités géologiques les plus évidentes ont été établies, il est alors possible d'extraire les éléments structuraux les plus saillants tels que l'orientation des formations géologiques, l'emplacement des plis, la trace de failles ou de discordances, etc. Une telle étude qualitative n'est cependant que partielle car la géologie structurale comporte un aspect géométrique, donc mathématique. Une analyse à caractère semi-quantitatif s'impose donc ici si l'on désire obtenir des renseignements sur les dimensions, la forme (géométrie) et autres paramètres spatiaux de la masse aimantée.

\* Unité électromagnétique centimètre-gramme-seconde.

### Exemple d'interprétation qualitative des données aéromagnétiques

À titre d'exemple, on a choisi une mosaïque de cartes aéromagnétiques (18 au total) couvrant un secteur important de la fosse du Labrador, dans la région des lacs Griffis, Willbob et Thompson, dont une portion seulement est reproduite à la figure 1. On a fondé notre choix sur trois points en particulier, à savoir la grande dimension de superficie couverte, la vaste richesse des renseignements géologiques facilement extraits de ces cartes aéromagnétiques et, enfin, le fait que cette mosaïque soit inédite. Les données aéromagnétiques peuvent être comparées avec les cartes géologiques de la région (voir Dimroth, 1970).

En première analyse, on constate que l'on peut obtenir une idée qualitative de la forme des masses aimantées enfouies dans le sous-sol et de certaines structures géologiques telles que failles et plis en examinant attentivement la mosaïque aéromagnétique. Le contexte géologique de la région considérée se résume à un ensemble complexe des strates sédimentaires et des couches de roches extrusives du groupe Knob Lake ayant une épaisseur totale de plus de 20 000 pieds (6100 m). Ces roches, dont l'âge est Protérozoïque inférieur (Aphébien), reposent en discordance angulaire sur le socle granitique Archéen (Ashuanipi) qui affleure sur le versant ouest de la fosse du Labrador. Les roches sédimentaires se composent principalement de schistes argileux, d'ardoises, de grauwackes, de quartzites et de conglomérats, tandis que les roches ignées (surtout effusives) comprennent des coulées basaltiques et andésitiques avec ou sans coussinets, cinq différents types de gabbros (normal, à quartz, à olivine, gloméroporphyrétique et à texture à léopard), quelques péridotites et des roches pyroclastiques basiques (brèches volcaniques, tufs et agglomérats tuffacés). Les susceptibilités ferromagnétiques sont inférieures à  $4 \cdot 10^{-5}$  u.é.m.cgs \* pour les sédiments, entre  $10^{-4}$  et  $2 \cdot 10^{-3}$  pour les méta-andésites ainsi que quelques tufs et roches pyroclastiques, entre  $8 \cdot 10^{-3}$  et  $6 \cdot 10^{-2}$  pour les métagabbros et les metabasalts, entre  $2 \cdot 10^{-2}$  et  $9 \cdot 10^{-2}$  pour les roches ultrabasiques (surtout des péridotites et quelques serpentinites) et au-dessus de  $8 \cdot 10^{-2}$  pour les formations de fer à magnétite.

Toutes les régions de faible intensité magnétique (i.e. où les lignes de contour d'isointensité sont éloignées les unes des autres) correspondent à des unités sédimentaires, les formations de fer exceptées (figure 1). Les grandes bandes d'anomalies de forte intensité magnétique (i.e. où les lignes de contour d'isointensité sont très rapprochées les unes des autres) uniforme rencontrées dans le secteur centre-nord sont caractéristiques de sills de gabbros normaux. Les bandes discontinues d'intensité moyenne et uniforme présentes dans le secteur est et au sud de la mosaïque correspondent généralement à des coulées locales de méta-andésite. Les anomalies de forte intensité situées dans le secteur central-est de l'aire étudiée et qui présentent de grandes hétérogénéités magnétiques perpendiculaires à l'orientation générale nord-ouest des formations (patron d'anomalies linéaires subparallèles) sont caractéristiques des coulées volcaniques basiques (metabasalts) plissées de la région étudiée. Enfin, les anomalies de forte intensité

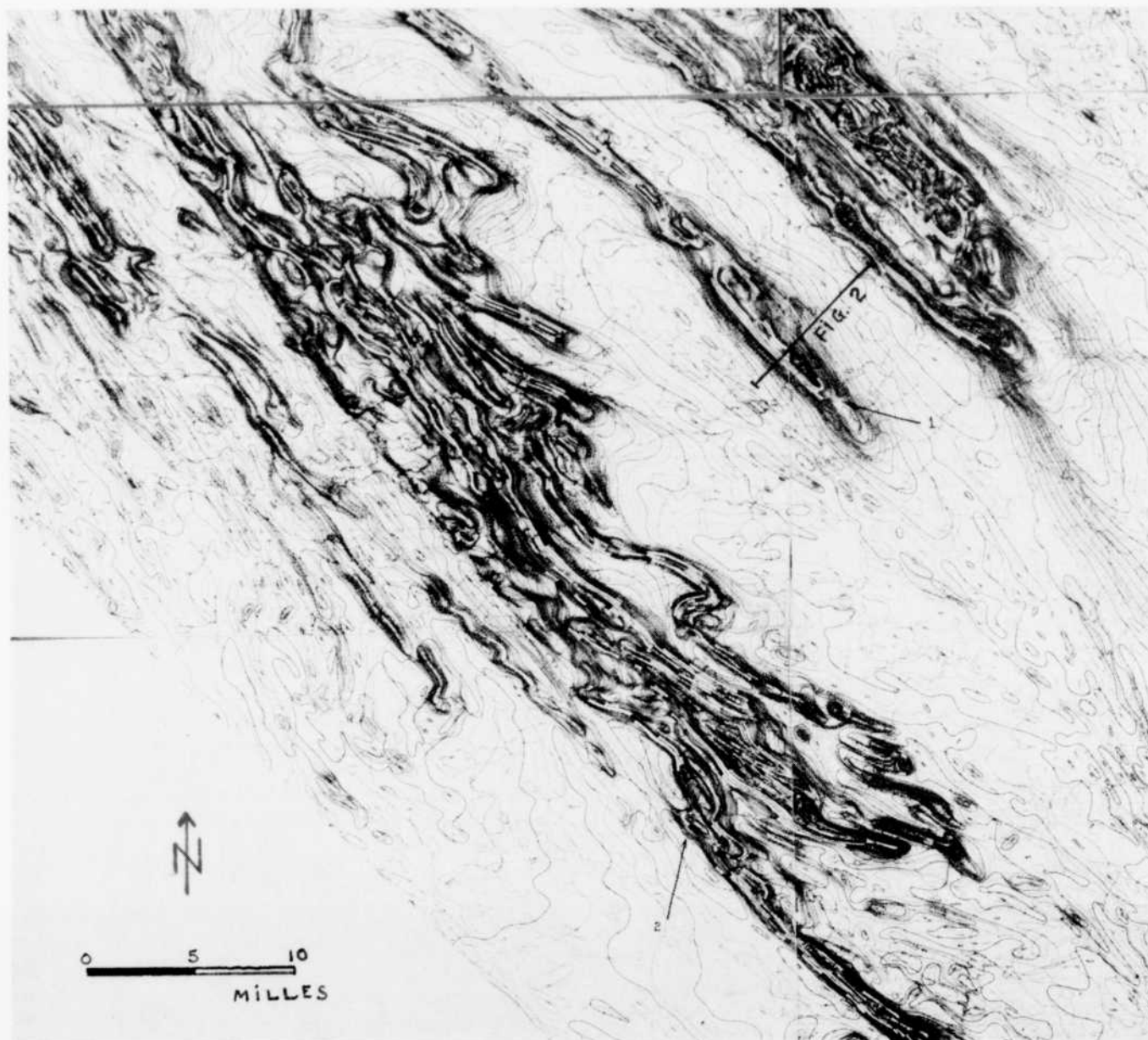


Figure 1

sité localisées dans la portion centrale-ouest et faisant voir de fortes hétérogénéités magnétiques tant en travers que suivant l'orientation des formations (patron polygonal d'anomalies) sont représentatives des roches pyroclastiques (en majorité des tufs et des agglomérats) de la superficie considérée.

Plusieurs éléments structuraux sont facilement identifiables sur la mosaïque magnétique. Les plus évidentes sont, par exemple, la longue coupure (faille) orientée NNO et située près de la bordure ouest de la mosaïque aéromagnétique précitée (élément linéaire de la région 2 sur la figure 1) ou la faille orientée N-S parallèlement à la bordure est. Au même titre, les nombreux plis au centre de la mosaïque sont des structures géologiques tout à fait évidentes sur les cartes aéromagnétiques.

#### Interprétation semi-quantitative

Une méthode d'interprétation semi-quantitative statistique valable consiste à digitaliser les données aéromagnétiques à des intervalles spatiaux adéquats (généralement équidistants), à effectuer une transformée de

Fourier en deux dimensions (i.e. passer du domaine spatial au domaine du nombre d'onde) et à calculer un spectre d'énergie magnétique (logarithme du module de l'intensité au carré) *versus* la longueur ou le nombre d'onde. De cette façon, on peut utiliser des filtres numériques bande haute, basse ou passante et séparer le bruit géologique ou instrumental pour en extraire le signal (i.e. les anomalies magnétiques), puis déterminer les profondeurs d'enfouissement et les dimensions moyennes des masses aimantées. En plus des méthodes d'analyse spectrale et de filtrage adaptable, d'autres techniques telles que le prolongement vers le haut ou le bas du champ magnétique, les dérivées verticales première et seconde, la réduction des données au pôle magnétique sont disponibles pour le traitement semi-quantitatif des données aéromagnétiques. Les transformations précitées que l'on fait subir aux valeurs observées et réduites du champ magnétique permettent de faire ressortir suivant le cas certains caractères superficiels ou de relativement grande profondeur des sources aimantées.

Ainsi, le filtrage adaptable est effectif pour la résolution de structures enfouies en éliminant les grandes amplitudes d'anomalies superficielles ou pour la résolution de structures géologiques locales en éliminant les grandes anomalies régionales suivant la fonction mathématique opératoire du filtre. Le prolongement vers le bas et la dérivée verticale seconde du champ magnétique accroissent le pouvoir de résolution et délimitent les traces superficielles d'anomalies causées par des structures profondes. La réduction au pôle magnétique simplifie les patrons anomalies à de faibles latitudes. Les diverses opérations mentionnées précédemment nécessitent l'utilisation d'un ordinateur.

Comme les patrons d'anomalie magnétique pour un même corps aimanté varient suivant l'inclinaison du champ magnétique terrestre, il faut procéder par la méthode du potentiel inverse si l'on désire étudier de la façon semi-quantitative la plus parfaite possible les anomalies individuelles d'une région donnée. Il s'agit alors de comparer les courbes observées avec des courbes théoriques construites pour des modèles géométriques donnés d'après la théorie du potentiel magnétique dipolaire. En superposant les courbes observées sur une série d'abaques théoriques, on parvient à obtenir une ou un nombre restreint de solutions. Il n'existe donc pas d'interprétation strictement quantitative donnant une solution analytique unique. Il est alors possible de déterminer des paramètres tels que la longueur, la largeur ou l'extension vers le bas, l'épaisseur, le pendage, la profondeur d'enfouissement au sommet et le contraste de susceptibilité magnétique d'un corps. Grâce au dernier paramètre, on arrive à connaître le type de roche et/ou de minéralisation le plus probable, soit par méthode directe soit par méthode indirecte en exploration minière ou par la profondeur et la forme d'un bassin sédimentaire en exploration pétrolière. Dans tous les cas, on suppose que l'intensité du magnétisme rémanent naturel est négligeable par rapport à la composante de l'aimantation induite et que le facteur de désaimantation est petit.

### Exemple d'interprétation semi-quantitative de données aéromagnétiques

À titre d'exemple, on a effectué une interprétation semi-quantitative détaillée d'une anomalie magnétique individuelle, soit la région 1 sur la carte du lac Griffis, Labrador (figure 1). Les calculs basés sur les paramètres d'estimation représentés sur la figure 2 indiquent qu'il s'agit d'un feuillet épais et très allongé dont le pendage  $p$  est de l'ordre de  $65^\circ$  NE. La profondeur d'enfouissement  $h$  du dipôle magnétique supérieur est de l'ordre de 400 pieds (120 m), l'épaisseur  $e$  de 1 200 pieds (350 m), l'extension vers le bas de 10 000 pieds (3 300 m) et la susceptibilité ferromagnétique volumétrique de  $6.0 \times 10^{-2}$  u.e.m.cgs. La traduction géologique de ces résultats numériques se résume au flanc nord-est d'une structure anticlinale plongeant vers le sud et constituée d'une couche tabulaire de composition basaltique.

Le rapport du module des pentes maximales (SP et SN) observées sur les flancs d'une anomalie aéromagnétique, de même que le rapport de la distance horizontale ( $W_{1/3}$ ) entre les flancs au tiers de l'amplitude

## LAC GRIFFIS — LABRADOR

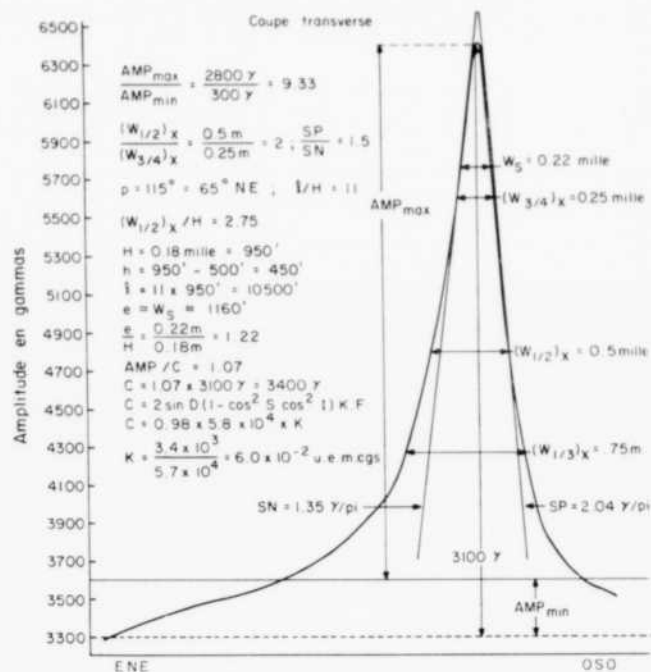


Figure 2

maximale sur la distance correspondant aux points d'inflexion ( $W_s$ ) permettent de déterminer le pendage ( $p$ ) et le rapport de l'épaisseur apparente ( $e$ ) sur la profondeur d'enfouissement au sommet ( $h$ ) (Martin, 1966 ; Aero Service, 1968). Pour une inclinaison ( $I$ ) et une déclinaison ( $D$ ) du champ magnétique terrestre par rapport à l'orientation d'une formation géologique, le rapport de la distance horizontale correspondant aux deux tiers de l'amplitude maximale ( $W_{2/3}$ ) est alors connu et les valeurs de la profondeur d'enfouissement au sommet et de l'extension vers le bas d'une couche géologique tabulaire sont déterminées (Grant et West, 1965 ; Seguin, 1972).

### Conclusion

Dans le présent article, on procède à une revue concise des techniques récentes utilisées dans les levés aéromagnétiques et on indique leurs applications à certains cas spécifiques. Après avoir tracé l'historique des levés aéromagnétiques, on a établi la procédure à suivre lors d'un levé aéromagnétique et en particulier le mode d'acquisition des données. L'application des corrections et réductions ainsi que la compilation et la mise en plan sont discutées succinctement. L'interprétation qualitative des données obtenues est surtout utile pour fins de cartographie géologique et d'analyse structurale ou pour localiser des masses aimantées susceptibles de contenir des minéraux ferromagnétiques d'intérêt économique (e.g. magnétite, ilménite, pyrrhotine, etc.). Des exemples d'interprétation qualitative de données magnétiques sont présentées et sommairement étudiées. L'interprétation semi-quantitative peut être effectuée soit dans le domaine spatial, soit dans le domaine des fréquences. Ce genre d'analyses permet d'obtenir un nombre restreint de solutions en ce qui a trait aux modèles géométriques et aux valeurs des propriétés fer-

romagnétiques postulées. Il n'existe cependant pas à strictement parler de solution analytique unique. Un exemple d'interprétation semi-quantitative des données aéromagnétiques est incorporé dans le texte.

Les levés aéromagnétiques contribuent à la mise en valeur des ressources minières et énergétiques mondiales et plus particulièrement québécoises. En plus d'être des outils indispensables en prospection minière et pétrolière, les cartes aéromagnétiques, une fois interprétées de façon semi-quantitative, permettent dans plusieurs cas de produire des cartes géologiques en trois dimensions. ■

#### BIBLIOGRAPHIE

- MUFFLY, G., (1946) — "The Airborne Magnetometer" Geophysics, Vol. 11, pp. 321-334.
- WYCKOFF, R.D. (1948) — "The Gulf Airborne Magnetometer" Geophysics, Vol. 13, pp. 182-208.
- BALSLEY, J.R. Jr., (1946) — "The Airborne Magnetometer" USGS Geophysical Investigation, Preliminary Report 3.
- LUNDBERG, H., (1947) — "Magnetic Surveys from a Helicopter" Geophysics, Vol. 12, p. 487 (Abstract).
- JENSEN, H., (1961) — "The Airborne Magnetometer" Sc. Amer. Vol. 204, pp. 151-162.
- JENSEN, H., (1965) — "Instrument Details and Application of a New Airborne Magnetometer" Geophysics, Vol. 30, pp. 875-882.
- GIRET, R.I., (1965) — "Some Results of Aeromagnetic Surveying with a Digital Caesium-vapor Magnetometer" Geophysics, Vol. 30, pp. 883-890.
- GIRET, R.I. et MALNAR, L., (1965) — « Un nouveau magnétomètre aérien — le magnétomètre à vapeur de caesium » Geophys. Prosp., Vol. 13, pp. 225-239.
- HERBERT, R. et LANGAN, L. (1965) — "The Airborne Rubidium Magnetometer" Varian Assoc. Geophys. Tech. Mem. No. 19, 6 pp.
- HOOD, P.J., (1970) — "Magnetic Surveying Instrumentation" A review of recent advances. Mining and Groundwater Geophysics, 1967. Economic Geology Report No. 26, Canada, pp. 3-31.
- HOOD, P.J. et Ward, S.H. (1969) — "Advances in Geophysics", Vol. 13 — Airborne Geophysical Methods, Academic Press, New York and London, pp. 1-41.
- REFORD, M.S. et SUMMER, J.S. (1964) — "Aeromagnetism" Geophysics, Vol. 29, No. 4, pp. 482-516.
- DIMROTH, E., BARAGAR, W.R.A., BERGERON, R. et JACKSON, G.D., (1970) — "The Filling of the Circum-Ungava Geosyncline" Geological Survey of Canada, Paper 70-40, pp. 45-142.
- SEGUIN, M.K., (1971) — « La Géophysique et les propriétés physiques des roches » Les Presses de l'Université Laval, 562 pp.
- SEGUIN, M.K., (1972) — « Rapports de Laboratoire de Géophysique Appliquée » Les Presses de l'Université Laval, 316 pp.
- GRANT, F.S. et WEST, G.F., (1965) — "Interpretation Theory in Applied Geophysics" McGraw-Hill Book Company, 584 pp.
- MARTIN, L., (1966) — "Manuals of Magnetic Interpretation — Total Field Characteristics" Computer Applications and Systems Engineering (CASE), Toronto, Ontario, Canada.
- Aero Service, Division of Litton Industries, 4219 Van Kirk Street, Philadelphia, Pa. 19135, U.S.A. "Magnetic Fields and Gradients over Vertical Prisms and Dipping Sheets".

## BOUTHILLETTE & PARIZEAU

INGÉNIEURS-CONSEILS  
Mécanique - Électricité

9825, rue VERVILLE

Montréal 357 — 387-3747

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

JEAN-LOUIS BOURRET, ING.  
ROBERT MORISSETTE, ING.  
CLÉMENT VIGNEAULT, ING.

## Trudeau, Gascon, Lalancette et Associés

Ingénieurs-Conseils

PLACE DU CANADA, SUITE 2220, MONTRÉAL 101 / 866-2471



Un diplômé universitaire qui veut servir son pays en s'enrôlant dans les Forces armées canadiennes entreprend une belle carrière : fonctions responsables à l'intérieur de structures administratives modernes ; bonne rémunération ; travail des plus intéressants.

Se dévouer à la cause de la paix tout en servant son pays est une tâche qui en vaut la peine.

Examinez ces diverses fonctions d'officier :

**INGÉNIEURS : MILITAIRE, MATÉRIELS TERRESTRES,  
MATÉRIELS AÉROSPATIAUX, MATÉRIELS MARITIMES**

Le conseiller en carrière militaire à l'adresse inscrite sera heureux de vous donner tous les détails et de vous fixer rendez-vous au moment qui vous conviendra le mieux.

Pourquoi ne pas consulter un membre des Forces canadiennes ?

Montréal :  
1254, Bishop — 283-6518

Trois-Rivières :  
1285, Notre-Dame — 374-3510

Québec :  
1048, St-Jean — 694-3636

Chicoutimi :  
200 est, Racine — 543-1880

Sherbrooke :  
50, Couture — 565-4949

Rimouski :  
5 est, St-Germain — 723-5271



**LES FORCES  
ARMÉES CANADIENNES**

# Le coût des combustibles monte en flèche. Le rendement thermique est devenu une priorité.

Nous devons bientôt faire face à une crise de l'énergie et il est un point sur lequel tous les "experts" s'entendent: le coût des combustibles grimpe en flèche. Selon le rapport intitulé "Politique canadienne de l'énergie", publié par le gouvernement, le coût de l'huile et du gaz aura plus que doublé d'ici 1990.

De toute évidence, le rendement thermique deviendra un facteur primordial de toute nouvelle construction. L'un des moyens les plus sûrs d'assurer ce rendement est d'augmenter la quantité d'isolation.

Nous savons que les acheteurs n'aiment pas les frais cachés tels que ceux de l'isolation. Il vous est sans doute arrivé qu'un client modifie vos devis en ce qui a trait à l'isolation, le faible coût des combustibles l'incitant à négliger la perte de chaleur.

Cependant, nous pouvons vous aider à gagner la lutte en faveur du rendement thermique.

Nous avons d'abord lancé une campagne de publicité à l'adresse des membres de l'industrie de la construction et du grand public, afin de faire connaître comment une isolation accrue peut réduire la consommation de combustible.

Deuxièmement, nous mettons nos techniciens à votre disposition pour vous aider à résoudre certains problèmes particuliers d'isolation.

Enfin, nous avons constitué le "Dossier critique" qui réunit les plus récents articles parus dans les journaux au sujet de la crise de l'énergie, ainsi que des renseignements de base qui vous aideront à émettre les recommandations qui s'imposent... et à les faire accepter.

Nous avons posté ce "Dossier critique" à tous les membres de votre profession que nous avons pu joindre. Si vous ne l'avez pas reçu, il vous suffit de remplir le coupon ci-joint.

Notre seul but est de vous aider. Ne

fabriquons-nous pas des produits susceptibles de réduire la consommation de combustibles? A nous tous, nous pourrions peut-être réussir à vaincre la crise de l'énergie.

Fiberglas est une marque déposée.

Poster à: Fiberglas Canada Ltée  
1855, 52<sup>e</sup> Avenue  
Lachine, Québec

J'aimerais recevoir le "Dossier critique" et toute la documentation à venir:

NOM

FONCTION

COMPAGNIE

ADRESSE

VILLE

PROVINCE

CODE

**FIBERGLAS CANADA** LTÉE

1855, 52<sup>e</sup> AVENUE, LACHINE, QUÉBEC

Le pétrole est là, plusieurs le cherchent mais il n'a pas encore jailli à profusion

La sécurité de l'approvisionnement en pétrole dans l'Est inquiète

La crise énergétique pourrait faire de Québec la province la plus riche

Une politique de l'énergie

L'énergie, les USA et nous

Ottawa entend tirer plus de profits du gaz et du pétrole  
Les Maritimes en quête de pétrole



Coût de la mise en valeur des ressources énergétiques au pays durant la décennie:  
**De \$42 à \$68 milliards**

Essence et huile à chauffage

Le marché sera servi le

En attendant une politique

Une analyse exhaustive de la situation énergétique

Face à la crise énergétique

Les tarifs seront remis graduellement, partant de 1981, pour atteindre jusqu'à 1984 des niveaux de 1978. La Commission nationale de l'énergie au Canada a cependant réduit les tarifs d'exportation de moitié pour ce qui est de l'énergie à destination des États-Unis, ce qui est un geste de bienvenue pour les producteurs américains des produits pétroliers, mais qui n'affecte pas les consommateurs américains. Ainsi, sans les restrictions imposées par la CNE, on peut penser que les exportations de pétrole au Canada seraient plus élevées.

Le Canada nucléaire géométrique serait destinée

Les Canadiens paient l'énergie entre deux fois plus cher en

Coût de la mise en valeur des ressources énergétiques au pays durant la décennie:

De \$42 à \$68 milliards

Le coût de la mise en valeur des ressources énergétiques au pays durant la décennie:

De \$42 à \$68 milliards

De \$42 à \$68 milliards

De \$42 à \$68 milliards

LE

MOIS

## OFFRES D'EMPLOI

### CARNET / DÉCÈS

## OFFRES D'EMPLOI

— **ADMINISTRATION DE LA VOIE MARITIME DU ST-LAURENT** (M. G.A. LaRue, agent de l'emploi) 202, rue Pitts, Cornwall, Ontario, K6J 3P7.

Cet organisme est à la recherche d'un ingénieur bilingue, diplômé en génie mécanique, ayant 3 années ou plus d'expérience.

Le candidat choisi travaillera à la section (maintenance) de Montréal, sous les directives de l'ingénieur à l'entretien. Il sera appelé: a) à développer et à implanter des méthodes d'entretien pour tout le matériel et l'équipement de la société; b) à coordonner les activités des membres de la section; c) à collaborer avec toutes les divisions du génie. Salaire: \$14,000/année et plus d'après qualifications.

Note: Les postulants au poste sont priés de faire parvenir curriculum vitae à M. LaRue.

— **AIR CARE COMPANY LIMITED** (M. René Dansereau, ing.) 8180, chemin Devonshire, suite 5, Ville Mont-Royal 307, Québec. Tél.: (514) 735-5174.

Cette entreprise, qui fabrique des ventilateurs, des climatiseurs, des échangeurs de chaleur et de l'équipement de distribution d'air, est à la recherche d'un ingénieur qui aurait des aptitudes pour faire de la représentation et de la vente.

Le salaire de base est fixé à \$10,000, plus commission et dépenses d'automobile. Il peut s'élever à \$18,000 et même à \$22,000 d'après les qualifications et l'expérience.

Note: Les candidats intéressés sont priés de communiquer avec M. Dansereau.

— **LE BUREAU DE PLACEMENT DE L'A.D.P.** est à la recherche de plusieurs ingénieurs, entre autres:

a) un ingénieur d'usine bilingue, diplômé en génie mécanique, ayant 5 années d'expérience. Lieu de travail: Candiac, Québec.

b) un ingénieur de projets bilingue, diplômé en génie mécanique, ayant 1 année ou plus d'expérience. Lieu de travail: Candiac, Québec.

c) un ingénieur, diplômé en génie mécanique ou industriel, ayant 2 années ou plus d'expérience dans un contexte industriel. Le candidat choisi prendra la responsabilité du service de l'entretien. Bilinguisme non de rigueur. Lieu de travail: Gentilly, Québec.

Note: Prière de s'adresser à M. Didace Beaulieu, ing., directeur du Bureau de Placement de l'A.D.P. au numéro (514) 344-4764.

— **GREAT LAKES CARBON CORPORATION (CANADA) LTD.** (M. Alain Blais, administrateur du personnel) casier postal 50, Berthierville, Québec, J0K 1A0. Tél.: (514) 836-3705.

Ce manufacturier de graphite est à la recherche:

#### a) Ingénieur des ventes

Le candidat, raisonnablement bilingue, doit être diplômé en génie métallurgique, électrique ou chimique, quoique d'autres options peuvent être considérées, et posséder 2 années d'expérience dans l'industrie de l'acier ou dans le domaine de la vente.

Le candidat choisi travaillera sous les directives du gérant des ventes et recevra un entraînement complémentaire. Le salaire sera proportionnel aux qualifications et à l'expérience et des dépenses d'affaires sont aussi prévues.

#### b) Assistant ingénieur d'usine

Le candidat, raisonnablement bilingue, doit être diplômé en génie mécanique et posséder 3 années d'expérience comme ingénieur de projets ou l'équivalent.

Le candidat choisi travaillera sous les directives de l'ingénieur d'usine, aura la responsabilité de superviser directement le travail d'un groupe de dessinateurs et de jeunes ingénieurs. Le salaire sera proportionnel aux qualifications et à l'expérience.

Note: Les candidats intéressés à ces deux postes devront communiquer avec M. Blais.

— **LES DÉVELOPPEMENTS DU NORD-EST LIMITÉE** (M. Réjean Gilbert, ing.) 8955, rue Meilleur, Montréal 354. Tél.: (514) 384-3450.

Cette compagnie est à la recherche de deux (2) ingénieurs:

a) un ingénieur, bilingue, diplômé en électricité industrielle: moteurs, commandes électriques, etc., qui prendra la responsabilité du travail se rapportant aux soumissions. Le candidat devra posséder 2 à 5 années d'expérience.

b) un ingénieur civil, bilingue, pour travaux de chantiers. Il agira comme gérant de projets (terrassement, pose de béton, etc.). Travail à Montréal.

Note: Les candidats sont priés de communiquer avec M. Gilbert.

— **PEPSI COLA CANADA LTÉE** (M. Guilbert Lortie, ing., directeur des opérations) Division de Montréal, 4900 ouest, rue Jean-Talon, Montréal 308, Québec. Tél.: (514) 735-4311.

Cette compagnie est à la recherche d'un jeune ingénieur bilingue, diplômé en génie mécanique ou industriel pour occuper les fonctions d'assistant surintendant de l'usine de Montréal.

Note: Les candidats intéressés sont priés de communiquer avec M. Lortie.

**Tout ingénieur qui acceptera un des postes offerts dans cette liste est prié d'en avvertir le Directeur du Bureau de placement des Diplômés, M. Didace Beaulieu, ing., téléphone: 344-4764**

— M. RÉAL ARSENAULT (conseiller)  
50 ouest, Place Crémazie, suite 1210,  
Montréal 354. Tél.: (514) 387-7112.

Ce conseiller est à la recherche, pour un client, d'un jeune ingénieur, diplômé en génie mécanique, chimique ou industriel, qui au départ sera responsable de la mécanique d'une boulangerie. Il pourra éventuellement accéder au poste de surintendant.

Les candidats devront comprendre l'anglais. Lieu de travail: Alexandria, Ontario.

— HATCH, OUELLETTE & ASSOCIÉS, Ingénieurs-conseils (M. Robert Ouellette) 1224 ouest, rue Ste-Catherine, suite 500, Montréal 107. Tél.: (514) 861-0583.

Ce bureau est à la recherche d'ingénieurs civils, possédant 2, 5 ou 10 années d'expérience pour travaux de structures.

Note: Les candidats sont priés de communiquer avec M. Ouellette.

— PACIFIC MOBILE CORPORATION (M. Réjean Malenfant) casier postal 128, St-Germain de Grantham, comté de Drummond, Québec. Tél.: 861-5063 (ligne directe avec Montréal).

Cette compagnie est à la recherche de deux (2) ingénieurs:

a) Un ingénieur civil, bilingue, possédant un minimum de 2 années d'expérience en structure (acier, bois), pour occuper le poste de chef de projets. Il aura la responsabilité du département de recherches en rapport avec maisons mobiles.

Bon salaire, bénéfices marginaux, etc. Travail à St-Germain de Grantham.

b) Un ingénieur diplômé en génie mécanique ou industriel, bilingue, possédant un minimum d'une (1) année d'expérience. Il sera responsable de l'entretien des usines, ainsi que du contrôle de qualité, systèmes et méthodes.

Note: Les candidats intéressés à ces postes sont priés de communiquer avec M. Malenfant.

## CARNET

AUBIN, Roland, Poly '63, a été nommé récemment au poste de directeur technique pour la Division Amsco Joliette des Industries Abex Ltée. M. Aubin est au service d'Amsco Joliette depuis le début de sa carrière d'ingénieur et, avant cette récente nomination, il occupait le poste de directeur du contrôle de la qualité.

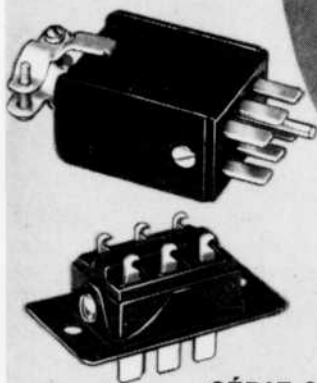
BÉIQUE, Charles, Poly '48, a été élu récemment membre du conseil d'administration de la compagnie Hercules Canada Limitée. M. Béique s'est joint à cette entreprise en 1968 et il occupe actuellement les fonctions de directeur de la division des revêtements et produits spéciaux.

(suite page 26)

# CONNEXIONS JONES

## Boîte de jonction et panneau- Câble à câble

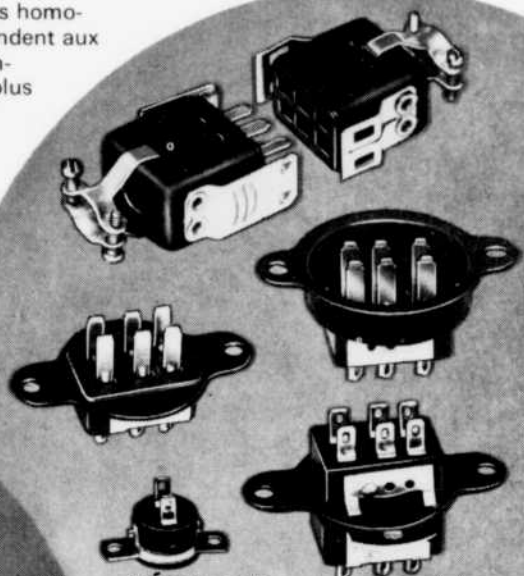
Les prises de courant Jones homologuées par l'ACNOR répondent aux normes de fiabilité, de commodité et d'économie les plus élevées. Fabriquées au Canada, en différents types et dimensions, elles sont vendues par les meilleurs distributeurs d'appareils électroniques. Catalogue C-1 sur demande.



### SÉRIE 2400

Montage sur couvercle ou panneau (Service intensif) 1700 volts de tension nominale RMS\*  
\*La tension nominale est le 1/2 de la tension de rupture.

10 ampères d'intensité.  
Contact de 2500 watts maximum.



### SÉRIE 300

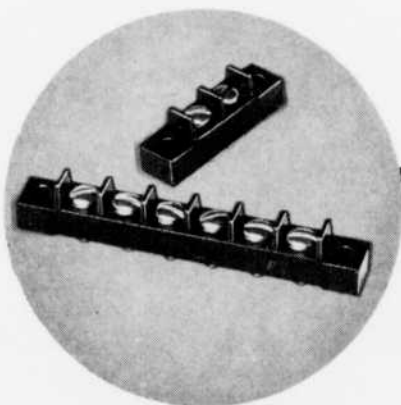
Montée sur couvercle ou panneau (Service moyen ou modéré)  
730 volts de tension nominale RMS\*

\*La tension nominale est le 1/2 de la tension de rupture.

2 à 12 contacts avec courant nominal de 7.5 ampères. (Contact de 1875 watts)  
13 à 33 contacts avec courant nominal de 4.5 ampères. (Contact de 1125 watts)

### Avantages particuliers des prises de courant Jones

- Contacts des prises au bronze-phosphore, languettes en laiton, ces deux pièces étant cadmiées.
- Fiche à double surface de contact sur les deux côtés de la prise.
- Couvercles métalliques et doublures isolantes assurant robustesse et isolation électrique.
- Languettes polarisées assurant un engagement sûr et efficace.
- Dispositifs de blocage assurant une robuste connexion mécanique.



### Blocs de jonction barrière pour circuits imprimés.

Pour les jonctions, les bornes des planches de circuits imprimés sont montées en un isolateur monobloc. Existente avec 2 ou 10 bornes pour planches de 1/16" et 1/8". Bulletin "Cinch" PBC-170 sur demande.

UNITED-CARR DIVISION OF TRW CANADA LIMITED

Bureau de ventes du Québec — 3901 Jean Talon W., Montréal

# MONTEL

## outil

de grandes réalisations



Stadium du Parc Jarry, Montréal



La Cité des Jeunes, Rivière-du-Loup



Place de la Justice, Montréal



Hôpital Youville, Rouyn



Grand Théâtre de Québec



La Cité d'Alma

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

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

Voyez une installation MONTEL. Vous conviendrez de sa qualité.



**MONTEL** INC.

### Siège social et usine:

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

### Bureaux de ventes:

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



CENTRE DE RECHERCHES  
POUR LE DÉVELOPPEMENT  
INTERNATIONAL

## Bourses d'associé de recherche

Le Centre de recherches pour le développement international offre pour 1974-75 dix bourses de formation, de recherche ou d'étude à des professionnels canadiens ayant dix ans d'expérience dans leur domaine.

### La bourse

Traitement jusqu'à \$17,500  
Frais de recherche ou de formation jusqu'à \$ 2,000  
Frais de voyages aller-retour au lieu de la recherche pour le candidat et sa famille et frais de voyages du candidat durant sa bourse.  
Dans certains cas, cette bourse peut être renouvelée pour une année.

### Le candidat

- 1- Le professionnel dont l'expérience reconnue peut s'appliquer aux problèmes des pays en voie de développement et qui désire consacrer une année pour étudier, faire des recherches ou autres travaux scientifiques en développement international avant d'orienter sa carrière dans cette voie.
- 2- Le professionnel déjà engagé dans le développement international qui désire se perfectionner ou poursuivre des recherches.
- 3- Le candidat doit avoir environ dix ans d'expérience professionnelle.
- 4- Tout candidat doit être citoyen canadien ou immigrant reçu ayant trois années de résidence au Canada.

### Les domaines de recherche ou de formation

Les domaines d'intérêt, bien que non restreints, peuvent comprendre: l'agriculture, les sciences des plantes et des animaux, les pêcheries, le génie forestier, la nutrition humaine, l'information et bibliothéconomie, les communications, la population et la santé, les aspects biologiques de la reproduction et du contrôle des naissances, le planning familial, les programmes de santé destinés surtout aux ruraux, la dynamique rurale-urbaine, les politiques scientifiques, le transfert de la technologie, l'administration du développement, le droit et le développement, l'éducation, le génie.

### La demande

Toutes les demandes doivent parvenir au Centre avant le 28 février 1974.

On peut se procurer une formule de demande de bourse en s'adressant directement au Centre: Bourse d'associé de recherche Division des sciences sociales et ressources humaines

Centre de recherches pour le développement international  
Casier postal 8500  
Ottawa, Ontario, CANADA  
K1G 3H9

Le Centre de recherches pour le développement international a été créé par une loi du Parlement canadien en 1970. Le Centre offre aussi deux autres bourses. L'une est destinée aux étudiants gradués canadiens qui entreprennent leur thèse de doctorat et l'autre aux jeunes professeurs canadiens des universités.

**DUBUC, Gilles, Poly '62**, a quitté le Canada pour se rendre au Niger où il occupe le poste de premier secrétaire à l'Ambassade du Canada à Niamey.

**FRÉGEAU, Jean-Claude, Poly '63**, a été nommé récemment, par la compagnie Diamond Canapower Ltd., représentant technique pour la province de Québec et l'est du Canada. M. Fréreau a une vaste expérience dans le domaine du traitement des eaux usées.

**LAFLAMME, Jacques L., Laval '59**, auparavant ingénieur en chef, Automatismes, chez SNC Inc., devient vice-président, Ingénierie, de cette entreprise. Il est également administrateur et membre du comité de gestion.

M. Laflamme apporte à l'exercice de ses nouvelles fonctions une expérience considérable du génie minier, de la construction industrielle et des installations d'énergie nucléaire, notamment en ce qui touche l'étude des procédés.

**LALANCETTE, Jean-Claude, Poly '62**, a été nommé récemment au poste de vice-président — Ingénierie de Radiomutuel. M. Lalancette est entré à l'emploi de CJMS en tant que directeur technique, en 1963, et occupait la fonction de directeur technique du réseau Radiomutuel depuis 1969.

**LAPORTE, Lucien A., Poly '67**, est à l'emploi de Quebec Iron & Titanium Company à Havre St-Pierre comme surintendant — Entretien.

**LEMIEUX, Jean-Pierre, Poly '64**, a été nommé directeur de la Production chez Casavant & Frères à Saint-Hyacinthe.

**ROY, Léo, Poly '30**, conseiller spécial auprès de la Commission de l'Hydro-Québec, s'est vu décerner le titre de « Fellow » par l'Institut canadien des Ingénieurs lors de son assemblée annuelle tenue à Montréal au début d'octobre 1973.

**ST-JACQUES, Robert G., Poly '67**, qui a poursuivi des études de grades supérieurs en matériaux à l'Université de la C.B. (M.Sc.A.) et à l'Université Laval (D.Sc.), a effectué un stage post-doctoral au Centre d'Études Nucléaires de Saclay (France).

M. St-Jacques est maintenant professeur adjoint à l'Institut National de la Recherche Scientifique (INRS-Énergie) à Varennes, Québec.

## CARNET

(Suite)

**BOYD, Robert-A., Poly '43**, président de la Société d'Énergie de la Baie James et commissaire de l'Hydro-Québec, a reçu le titre de membre honoraire de l'Institut canadien des Ingénieurs. Cet honneur lui a été décerné à l'occasion de l'assemblée annuelle de cet organisme.

**DE GUISE, Yvon, Poly '37**, commissaire de l'Hydro-Québec, a été porté à la présidence du Comité national canadien de la Commission internationale des grands barrages, lors de l'assemblée générale de cet organisme qui s'est tenue en septembre dernier à Québec.

## DÉCÈS

**RACICOT, Félix, Poly '37**, architecte et ingénieur, est décédé à l'Hôpital Hôtel-Dieu de Sorel, le 18 septembre 1973, à l'âge de 70 ans.

Originaire de Saint-Robert, comté de Richelieu, M. Racicot fit ses études au Collège de St-Jean, à l'École des Beaux-Arts de Montréal et à l'École Polytechnique de Montréal.

Tout au cours de sa carrière d'architecte et d'ingénieur, il réalisa de nombreux projets, entre autres: le Collège de St-Jean, le Monastère des Pères Bénédictins, l'Hôpital Général de Sorel, l'église St-Dominique et beaucoup d'autres.

# Le révolutionnaire robinet deux pièces<sup>†</sup> Emco assure une installation sans dommage.

Le couvercle chromé  
se bloque en place une  
fois le serrage effectué.

Les filets permettent  
de l'adapter à toutes les  
épaisseurs de murs.

La base non métallique  
élimine les dépôts et  
la corrosion.

Les pans de serrage  
facilitent  
l'installation.

Le régulateur assure  
un jet continu sans  
éclaboussure.

Le couvercle ABS<sup>\*</sup> résistant,  
plaqué chrome, ne se corrode  
pas. Ses deux pièces en  
facilitent l'installation sans  
l'endommager et le couvercle  
se bloque en place sans  
difficulté. Pour vous, c'est  
pratique et économique; pour  
vos clients, c'est du style et de  
la classe.

\* Acrylonitrile-butadiène-styrène  
un matériau rigide, thermoplastique  
et chimiquement inerte.

<sup>†</sup>Brevets en  
instance d'acceptation.

EM-42F

L'INGÉNIEUR

## EMCO LIMITED

Box 5300, London, Ontario, N6A 4N7



Les fluides, on les enrobinette!

NOVEMBRE 1973 — 27

## OFFRE D'EMPLOI

### - INGÉNIEUR CIVIL -

Possédant 5 à 8 ans d'expérience en génie municipal

Envoyer curriculum vitae complet à :

**Tremblay, Rinfret, Tremblay, Boulianne,**  
ingénieurs-conseils  
393 est, rue Racine,  
Chicoutimi, P.Q.

a/s M. Pierre Tremblay, ing.

Salaire à discuter selon qualifications

## Répertoire des annonceurs

- 16 Addressograph-Multigraph of Canada Ltd.
- 12 Algoma Steel Corporation Ltd., The
- 22 Bouthillette & Parizeau
- 28 Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc.
- 27 Emco Limited
- 23 Fiberglas Canada Ltée
- C II Flygt Canada Limited
- 13 Hewitt Équipement Limitée
- 26 International Development Corporation
- C IV Jenkins Bros. Limited
- C III Johnson Controls Ltd.
- 2 KeepRite Products Limited
- 28 Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc.
- 28 Laboratoires Ville Marie Inc., Les
- 22 Les Forces armées canadiennes
- 26 Montel Inc.
- 11 Société de Dragage Richelieu Inc.
- 14-15 Trane Company of Canada Limited
- 28 Tremblay, Rinfret, Tremblay, Boulianne
- 22 Trudeau, Gascon, Lalancette et Associés
- 25 United-Carr Division of TRW Canada, Limited
- 11 Urwick Currie & Associés Ltée
- 28 Warnock Hersey International Limited

### COMPAGNIE NATIONALE DE FORAGE ET SONDRAGE INC. (1937)

615, rue Belmont, Montréal 101

#### Spécialistes en Géotechnique

Sondages et forages ;

Essais en laboratoire ;

Rapports complets et  
recommandations.



Tél. : 871-1117

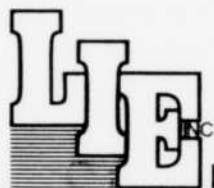


### DIVISION DES SERVICES PROFESSIONNELS WARNOCK HERSEY INTERNATIONAL LIMITED

#### Services de consultation

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

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



### Géotechnique / Contrôle Qualitatif

SONDAGES-ÉTUDES / SOLS-BETON ASPHALTE-ACIER

8594 LAFRENAIE  
MONTREAL 458  
TEL (514) 325 3040

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

335 ST HUBERT  
JONQUIERE  
TEL (418) 547 5719

LABORATOIRE D'INSPECTION ET D'ESSAIS INC.



### LES LABORATOIRES VILLE MARIE INC.

1875, BOULEVARD INDUSTRIEL, LAVAL

QUÉBEC

Société d'études de sols — Laboratoire de matériaux



# Les humidificateurs Dri-Steem® rendent désuets tous les autres humidificateurs.

Jamais n'a-t-on vu un humidificateur plus perfectionné que le nouveau modèle Dri-Steem de Johnson. Grâce à un séparateur fait d'acier inoxydable plutôt que de fonte, son fonctionnement est immédiat... il n'y a aucune période d'attente. De plus, cet appareil léger et à l'épreuve de la rouille est très durable et requiert peu d'entretien.

De conception perfectionnée, l'humidificateur Dri-Steem assure la séparation de la vapeur et de l'eau de condensation par action centrifuge, ce qui est beaucoup plus efficace que la méthode de ré-évaporation, permettant une meilleure capacité de retenue et éliminant les blocages. Le tube de dispersion est entièrement protégé par une chemise, ce qui produit une vapeur plus sèche. Sa section transversale circulaire lui donne sa rigidité et réduit au minimum la transmission de chaleur, ce qui permet un réglage précis. Tous les humidificateurs Dri-Steem sont munis de soupapes Johnson à pourcentage égal reconnues comme les plus efficaces pour ce qui est du réglage entièrement proportionnel.

Les appareils Dri-Steem existent en plusieurs modèles, adaptés à tous les besoins; ils sont équipés et installés par Johnson, les spécialistes de l'automatisation, qui en assurent la qualité.

Renseignements sur demande.

**JOHNSON  
CONTROLS LTEE.**



441 BOUL. LEBEAU, MONTRÉAL 379, QUÉ.



Le plan  
n'en parle pas;  
le losange Jenkins  
en dit tout:

**la qualité...**

ce principe indicible dans chaque  
valve Jenkins que vous achetez.

Jenkins Bros. Limited, Lachine, Qué.

**JENKINS**

Le spécialiste en valves



*Jenkins Bros*