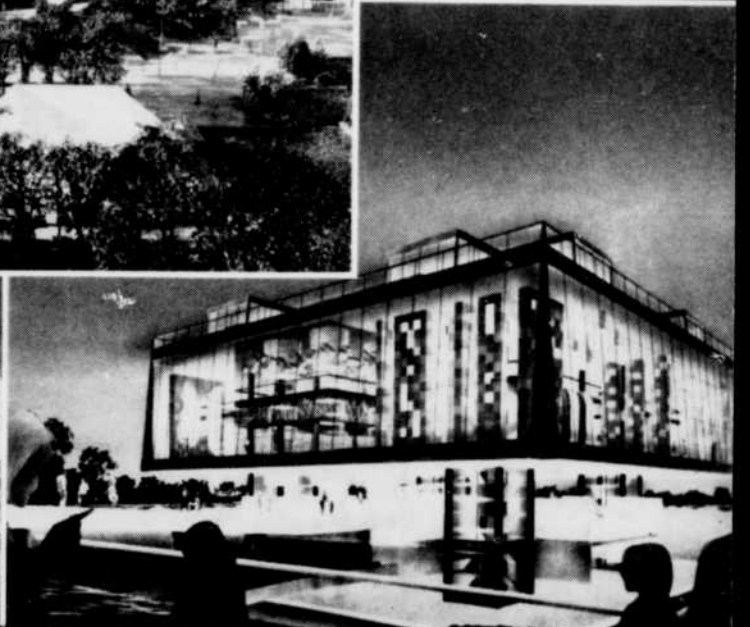
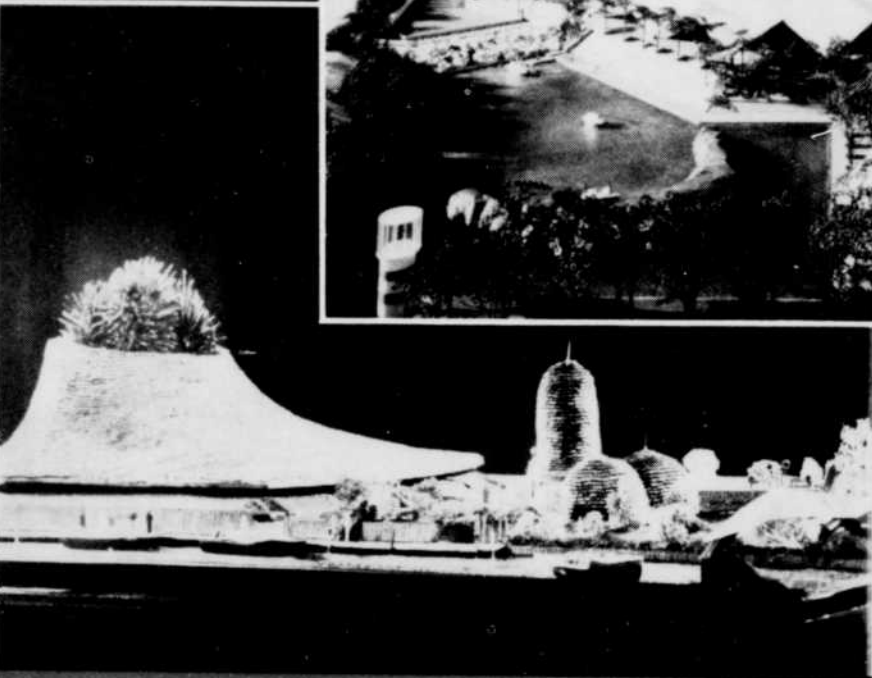
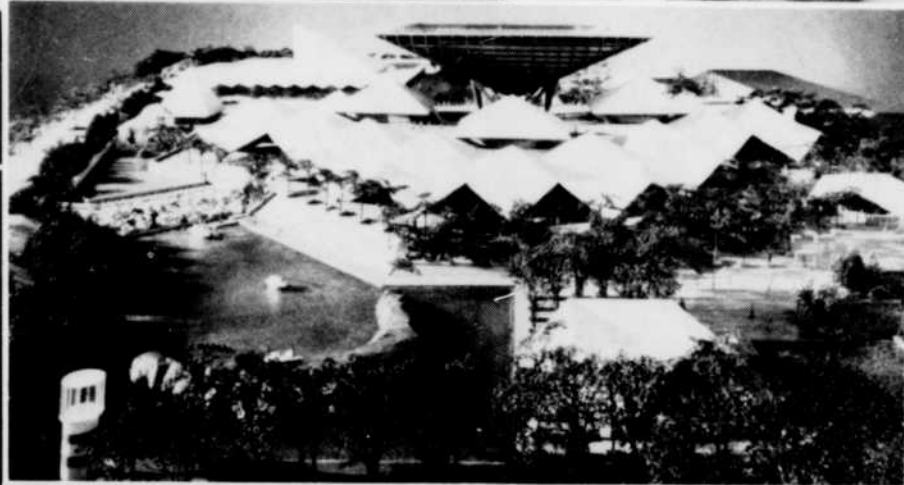
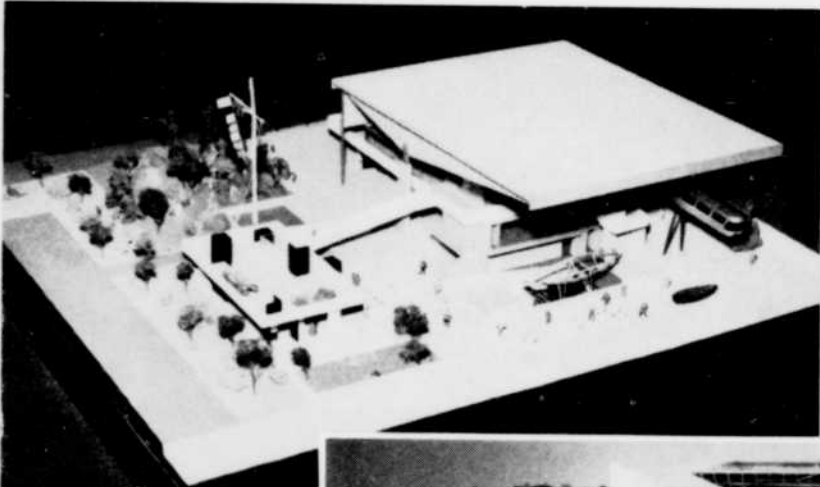


AVRIL 1967
VOLUME 53 - No 217

M. Clément Crépin, Ing. P.,
27 ave des Rapides,
Québec 5, Qué.

L'INGÉNIEUR

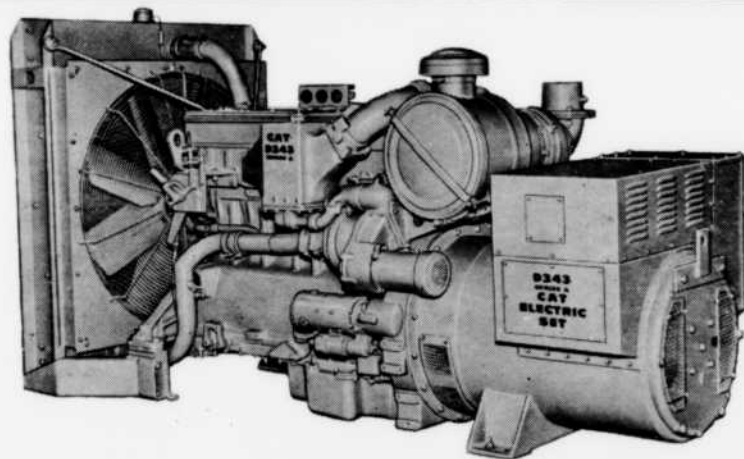
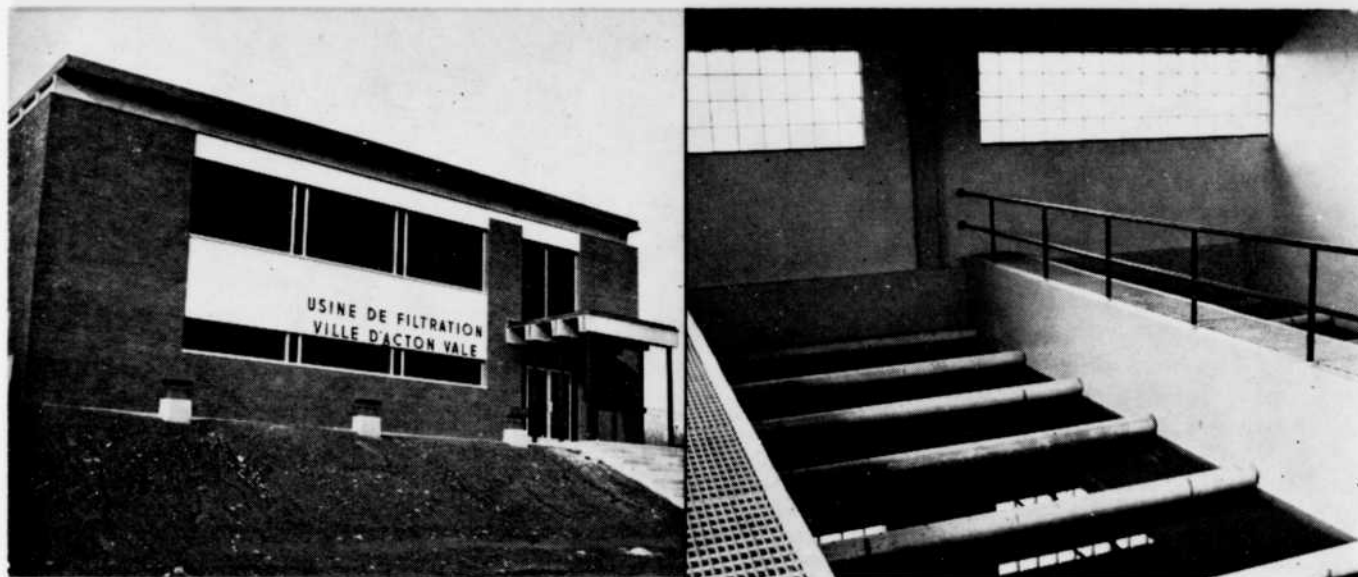
REVUE PROFESSIONNELLE D'INFORMATION



L'INGÉNIEUR

L'INGÉNIEUR

UN GROUPE ÉLECTROGÈNE CAT D 343 ASSURE UNE PLEINE PUISSANCE POUR LA NOUVELLE USINE DE FILTRATION D'ACTON VALE, QUÉ., EN CAS DE PANNE DE COURANT



CAT D343

Groupe Electrogène

Ce groupe électrogène Cat répondra en effet à une "demande maximum" éventuelle de la part de cette usine de filtration en cas de panne du secteur. Il "s'entraîne" automatiquement lui-même chaque semaine, à un moment et pour une durée prédéterminés. Il est conçu pour surveiller et compléter le niveau d'énergie requis de l'Hydro et — en cas de défaillance ou de besoin, toute demande excédentaire sera automatiquement compensée par le groupe électrogène — assurant ainsi une énergie maximum à un prix minimum, et évitant les indemnités pour non fourniture de quantité d'énergie requise.

La nouvelle usine d'Acton Vale produit 850,000 gallons d'eau par jour, pour une population de 5,000 habitants, et répond aux besoins industriels et commerciaux présents et futurs.

Votre
 Concessionnaire
 Caterpillar*
 et Towmotor*
 au Québec



*Cat, Caterpillar et Towmotor sont les marques déposées

MONTRÉAL:	Tél. (514) 697-6911
QUÉBEC:	Tél. (418) 529-1381
SEPT-ÎLES:	Tél. (418) 962-3848
VAL-D'OR:	Tél. (819) 824-2783
SHERBROOKE:	Tél. (819) 569-8744
NEW CARLISLE:	Tél. (418) 752-3206

VISITEZ LE PAVILLON DES NATIONS UNIES
 à l'Expo67



CO-SPONSOR—PAVILION ON THE UNITED NATIONS
 at Expo67

L'INGÉNIEUR

REVUE PROFESSIONNELLE D'INFORMATION

SOMMAIRE

Vol. 53 - No 217
AVRIL 1967

ADMINISTRATION ET RÉDACTION:
2500, avenue Marie-Guyard, Montréal
26, Tél. 739-2451.

ERNEST LAVIGNE, ing.
secrétaire délégué

RENÉ SOULARD
administrateur

NAPOLÉON LETOURNEAU, ing.
rédacteur en chef

LOUIS TRUDEL, ing.
rédacteur-conseil

ÉDITEURS: L'Association des Diplômés de Polytechnique, en collaboration avec l'Ecole Polytechnique de Montréal, la Faculté des Sciences de l'Université Laval et la Faculté des Sciences de l'Université de Sherbrooke. Publication mensuelle. — Imprimeur: Pierre Des Marais Inc — Abonnements: Canada et Etats-Unis \$5 par année, autres pays \$6. — Le Ministère des Postes, à Ottawa, a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de la deuxième classe de la présente publication.

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 Chemical Abstracts signalent les articles publiés dans L'INGÉNIEUR.

Tirage certifié: membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau

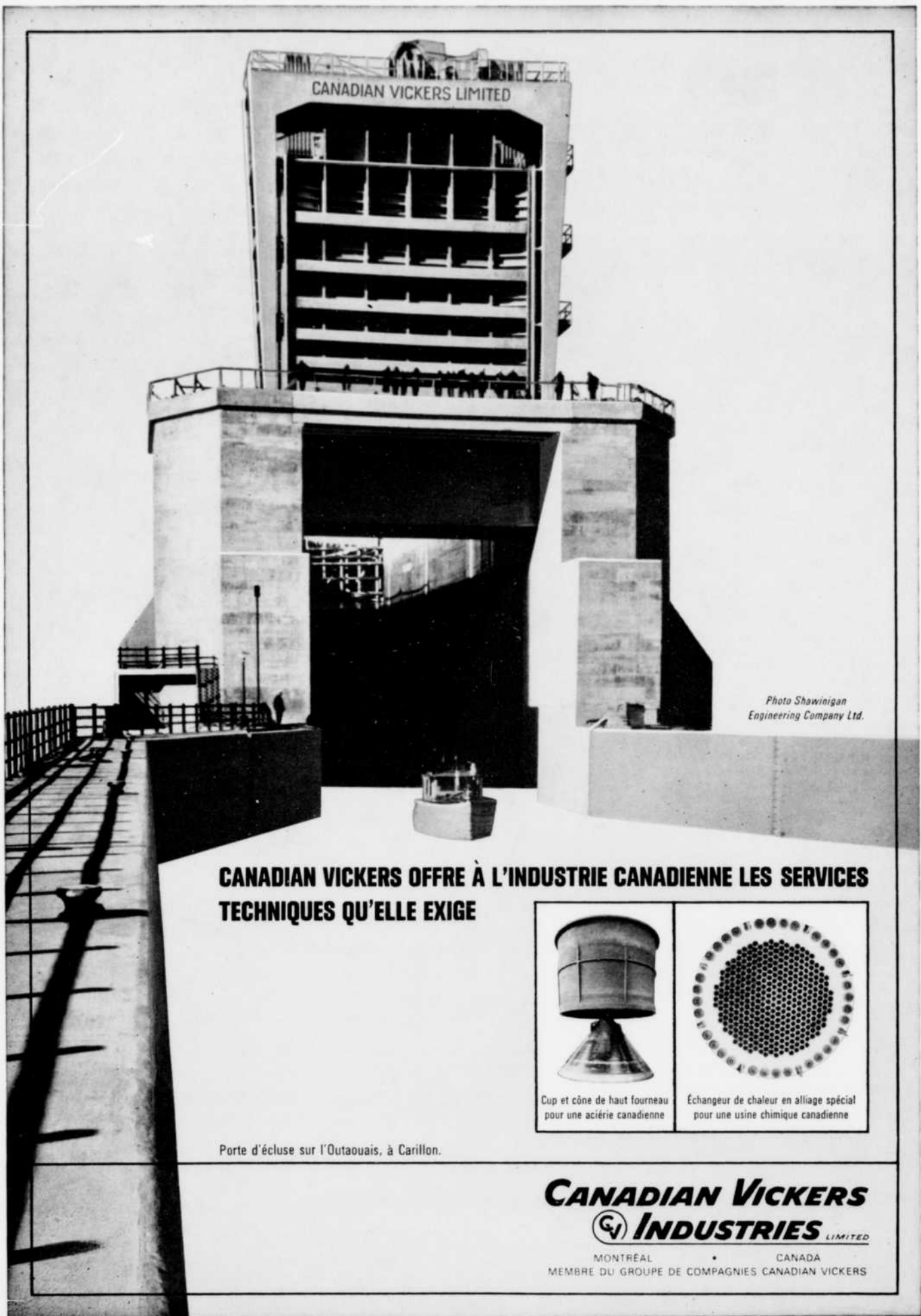
CCAB

TERRE DES HOMMES ET COMPÉTENCE	3
LA RÉTROSPECTIVE DES TRAVAUX par <i>Edward Churchill</i>	6
LE SITE GÉOTECHNIQUE par <i>Georges Seaden</i>	10
LES PARCS DE STATIONNEMENT par <i>André Gauthier et D. A. N. Scott</i>	14
LE PROBLÈME DES VOIES D'ACCÈS par <i>Luc Deslauriers</i>	18
LE RÉSEAU DE GAZ par <i>Laurent Hudon</i>	20
LA LIGNE No 4 DU MÉTRO par <i>Dominique Beaudin</i>	24
LE MINIRAIL par <i>T. Zsenaty</i>	28
HABITAT 67 par <i>Moshe Safdie</i>	34
LE PONT DE LA CONCORDE ET LE PONT DES ÎLES par <i>Gérard Beaulieu</i>	40
LE PAVILLON DU QUÉBEC par <i>Michel Boucher</i>	46
LE PAVILLON DES ÉTATS-UNIS par <i>Simpson Gumpertz</i>	50
LE PAVILLON DE L'U.R.S.S. par <i>Alexandre N. Kondratiev</i>	54
LES PAVILLONS THÉMATIQUES par <i>Ralph Leibe</i>	58
LA PASSERELLE DU COSMOS par <i>Raymond Bertrand</i>	62
LE GYROTRON par <i>J. Tomaka</i>	66
LES SYSTÈMES DE HAUT-PARLEURS par <i>N. E. Rudback</i>	72
LES SYSTÈMES SONORES DU JARDIN DES ÉTOILES par <i>J. O. Fortier</i>	77

Toute reproduction des articles ci-dessus est interdite
sans autorisation expresse.

PHOTO DE COUVERTURE

Le Canada sera représenté à l'Expo 67 par un pavillon (au centre) dont la partie principale sera une immense pyramide renversée. De leur côté les provinces canadiennes y auront aussi quatre pavillons. Dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, on peut voir: le pavillon des provinces de l'Atlantique, le pavillon des provinces de l'Ouest, le pavillon du Québec et le pavillon de l'Ontario.



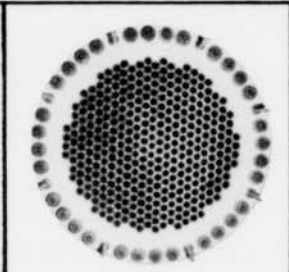
CANADIAN VICKERS LIMITED

*Photo Shawinigan
Engineering Company Ltd.*

**CANADIAN VICKERS OFFRE À L'INDUSTRIE CANADIENNE LES SERVICES
TECHNIQUES QU'ELLE EXIGE**



Cup et cône de haut fourneau
pour une aciérie canadienne



Échangeur de chaleur en alliage spécial
pour une usine chimique canadienne

Porte d'écluse sur l'Outaouais, à Carillon.

CANADIAN VICKERS
 **INDUSTRIES** LIMITED

MONTREAL • CANADA
 MEMBRE DU GROUPE DE COMPAGNIES CANADIAN VICKERS

Terre des hommes et compétence

S'il est un mot que le cours des siècles n'a pu altérer, et que rien ne saurait changer, parce qu'il fait partie de l'univers personnel autant des grands que des petits, le mot compétence reste toujours l'apanage de ceux qui recherchent la perfection, une satisfaction et une garantie dans l'évaluation de leur potentiel humain. La compétence n'est ni l'effet du hasard, ni d'un risque calculée, elle cause le succès d'un acte humain.

L'un des buts poursuivis par l'Histoire a consisté à souligner le rôle prédominant de ces hommes capables d'accomplir des tâches où leur compétence, que ce soit dans l'art de gouverner, faire la guerre, écrire, composer de la musique, peindre, construire et même s'amuser, s'avéra une leçon dont l'Humanité toute entière devait bénéficier.

La compétence n'est ni ancienne ni moderne, c'est un présent perpétuel. Tout le monde, du gouvernant au simple journalier, se targue de la posséder dans sa discipline ou son activité quotidienne. Cependant, la société à laquelle nous appartenons ne se satisfait pas de cette évaluation personnelle; qui, en effet, n'a jamais évalué la compétence de son voisin à travers les actions qu'il accomplit ?

En présentant ce numéro spécial, consacré à divers travaux de génie réalisés sur la Terre des Hommes, la revue L'Ingénieur veut souligner les réalisations des ingénieurs et architectes canadiens et étrangers qui, durant les six prochains mois, vont livrer au monde entier le fruit de leur travail qui a duré plus de trois ans.

Leur collaboration à la rédaction de ce numéro manifeste de façon probante l'enthousiasme et la confiance motivée avec laquelle ils ont réalisé cet oeuvre gigantesque. Ce ne sont pas des héros, ni des gagnants de prix Nobel, ce sont des ingénieurs et des architectes qui ont domestiqué les biens de la nature, les ont mis au service de la société et qui partant ont réalisé la fin de leur profession.

Leur travail est maintenant terminé; le succès de cette entreprise, de cette Terre des Hommes, ne dépend plus que de la compétence avec laquelle ils ont construit ce monument de terre, de béton, d'acier et de bois.

Plusieurs millions de gens qui visiteront notre Expo 67 vont évaluer leur compétence. Pour certains, ce sera beau, très beau, merveilleux, sans plus. Mais autant l'artiste sera sévère du point de vue esthétique, plus encore sera le jugement porté par le médecin, le comptable, sans doute aussi le confrère ingénieur, qui le regardera du simple point de vue fonctionnel, agrément, détente, ambiance, etc. C'est un jugement sans appel, porté au hasard du moment, au hasard d'une conversation, dans le bruit trépidant de la foule qui grouille, s'agite, mais il restera toujours qu'on aura évalué la compétence de ces ingénieurs et de ces architectes, et cette évaluation spontanée fera leur renommée. L'Histoire n'aura pas à prouver qu'ils furent compétents, c'est déjà fait.

L. Nap. Letourneau, ing.

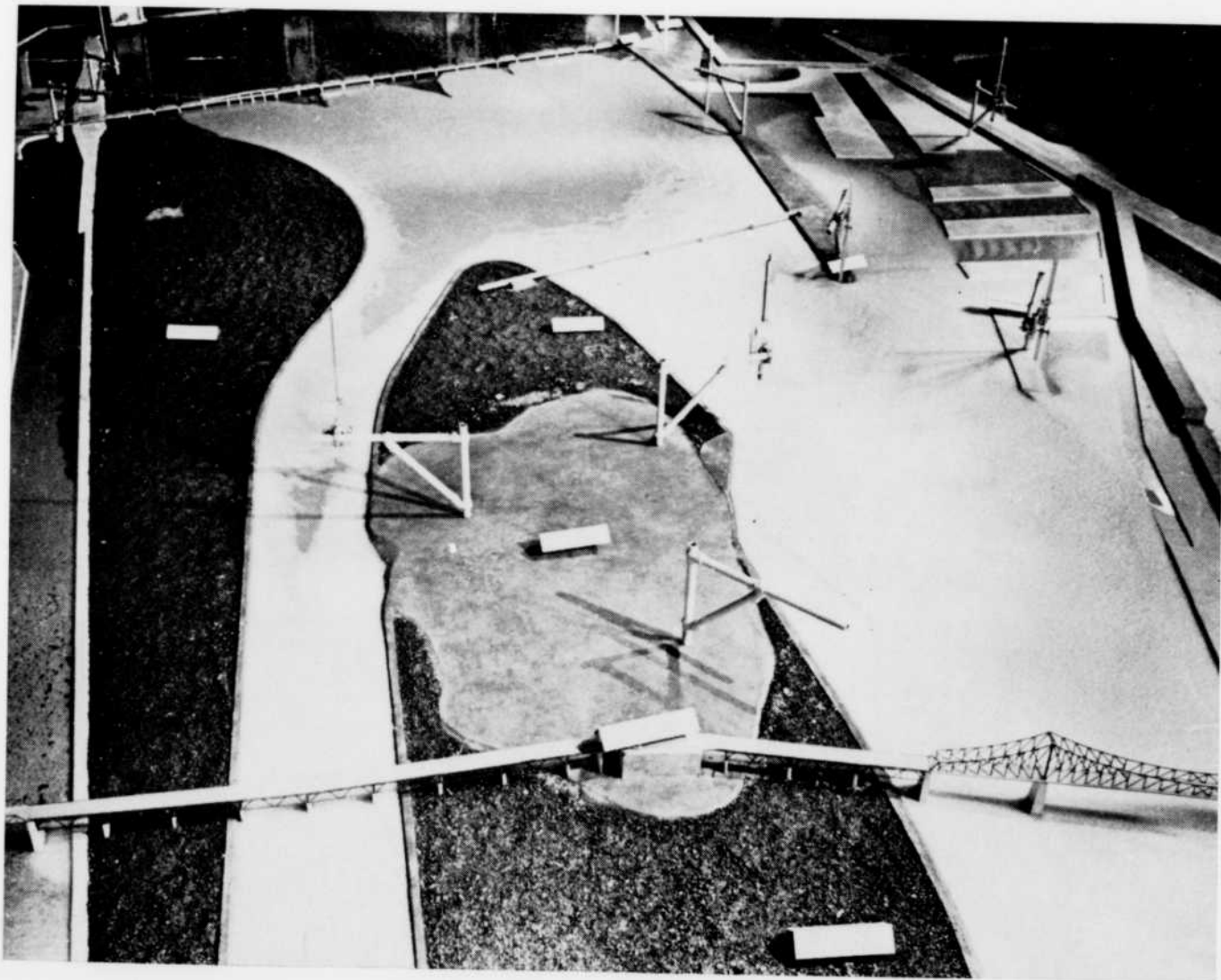
LABORATOIRE D'HYDRAULIQUE
LaSalle

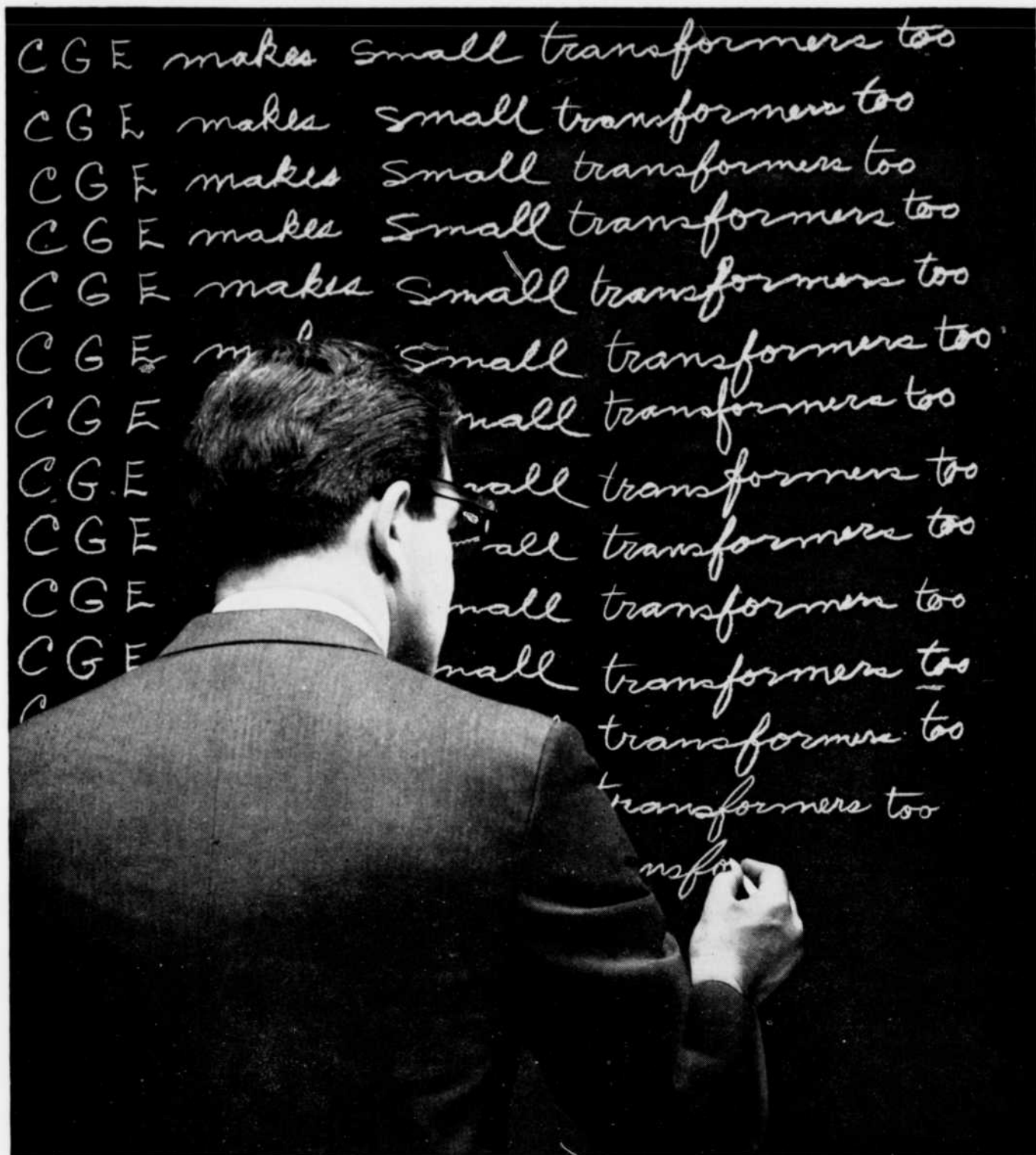
0250, rue St-Patrick, LaSalle, Qué., 366-2970

Nous sommes fiers d'avoir contribué à Expo 67 en prouvant la possibilité de créer l'île Notre-Dame et d'agrandir l'île Ste-Hélène sans aggraver les phénomènes d'embâcles de glaces. Cette étude, qui nous a été confiée par la Ville de Montréal, a permis d'établir

les formes et surfaces des îles. Elle a été faite en partie sur un modèle réduit, où pour la première fois, l'évolution des couverts de glace a été scientifiquement reproduite.

Vue du modèle — de droite à gauche, la voie maritime du St-Laurent l'île Notre-Dame, le bras sud du St-Laurent, l'île Ste-Hélène et le port de Montréal.





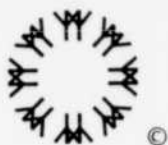
N'oubliez pas s'il vous plaît

Les gens voient nos transformateurs géants et, dès lors, ils ne peuvent plus penser à autre chose. Ils oublient que nous sommes les plus grands fabricants de petits transformateurs de courant au Canada. Ils oublient que nous pouvons fournir n'importe quel genre de petit transformateur pour n'importe quelle application. Mais, qui sait, les gens ont-ils meilleure mémoire? L'an

dernier 144 personnes nous ont acheté 206 transformateurs pour un total de 517, 304 kVA. Et cette année, les ventes de nos petits transformateurs continuent de monter. Donc, la prochaine fois que vous aurez une petite installation en projet, n'oubliez pas de vous souvenir de nous. Appelez ou écrivez à: Power Transformer Sales, Canadian General Electric, Guelph, Ontario. 9204-4507F



CANADIAN GENERAL ELECTRIC



La rétrospective des travaux

par le colonel EDWARD CHURCHILL

Introduction

À certains égards, l'Exposition universelle et internationale qui doit se tenir à Montréal du 28 avril au 27 octobre 1967 impliquait la réalisation de travaux d'une plus grande diversité et d'une plus grande envergure que ceux que l'on entreprend généralement, avec des délais très "serrés", en prévision d'expositions universelles. La préparation de l'Expo 67 présentait une véritable gageure, en ce sens que les ingénieurs-conseils, les concepteurs et les ouvriers ne disposaient que de trois ans et demi, c'est-à-dire d'un laps de temps des plus courts, pour mener à bien leurs tâches de planification, de conception, d'organisation et de construction. Dans la plupart des cas, on commence à préparer une exposition universelle de quatre ans et demi à neuf ans avant son inauguration.

C'est le gouvernement fédéral qui a pris la décision de demander au Bureau international des expositions de l'autoriser à organiser une exposition universelle au Canada. Le gouvernement fédéral, le gouvernement du Québec et la ville de Montréal ont financé en commun les travaux à effectuer sur les terrains de l'Expo, en prenant respectivement à leur charge 50%, 37½% et 12½% des dépenses. Les trois organismes tuteurs ont convenu de confier l'exécution des travaux à la Compagnie canadienne de l'Exposition universelle de 1967, société de la Couronne dont les responsabilités et les pouvoirs font l'objet d'une loi organique spéciale. Cette décision a rendu possible l'une des principales réalisations de la Compagnie de l'Expo 67.

Les sociétés et les bureaux d'études techniques qui désirent que leurs projets réussissent ont besoin de

temps pour sélectionner leur personnel, s'organiser, établir un système complexe de liaison entre les différents services de l'entreprise et créer une équipe, dans toute l'acception du terme. Après tout, c'est l'élément humain qui se trouve à la base de toute entreprise et de tout effort. Les Canadiens peuvent s'enorgueillir à bon point de ce que les centaines de spécialistes nécessaires aient été réunis en une équipe organisée et efficace, dans les délais impartis. Les membres du personnel ont fait preuve d'un très grand enthousiasme et ce sont consacrés de façon remarquable à la réalisation des objectifs que la Compagnie s'était fixés.

Dans d'autres domaines d'importance primordiale, il a fallu également tenir compte du facteur-temps. Lorsqu'il a été décidé de créer de toutes pièces, au milieu du Saint-Laurent, des terrains convenant parfaitement à l'aménagement de l'Expo, on a dû faire face à certains problèmes majeurs, notamment en ce qui concerne les voies d'accès et la programmation des travaux. À cet égard, les travaux n'ont pu débiter sur les terrains insulaires que le 1er juillet 1964. Les délais à respecter se sont révélés encore plus "serrés" lorsque les concepteurs ont tenu compte, lors de la planification des travaux, du déroulement des manifestations du centenaire du Canada et de la participation importante des gouvernements de pays étrangers.

C'est pourquoi les dirigeants de la Compagnie de l'Expo ont entrepris de très importants travaux sur des terrains vierges et aménagés de toutes pièces. En outre, ils ont obtenu des trois organismes tuteurs l'autorisation de construire de nombreux pavillons spéciaux. La réalisation de ces pavillons, c'est-à-dire les pavillons thématiques devant abriter les présentations thématiques, constituait une tâche des plus vastes et des plus ardues à entreprendre au Canada, où les techniques et méthodes spéciales qu'elle impliquait n'en étaient qu'à l'état embryonnaire.

Bien que s'étant révélées satisfaisantes, certaines décisions n'ont pas été des plus faciles à appliquer dans les délais impartis. Dès le début, les planificateurs de



Le colonel Edward Churchill est natif de Winnipeg et gradué en génie civil de l'Université du Manitoba. Officier en charge de la construction des aéroports et autres bâtiments durant la guerre, il s'est vu depuis confier les principaux travaux de construction de l'Armée Canadienne d'un océan à l'autre. Maintenant Directeur de l'Aménagement de la Corporation Canadienne de l'Exposition Universelle, il y apporte sa vaste expérience des grands chantiers de construction.

l'Expo avaient décidé de créer un comité spécial de l'esthétique qui serait chargé de fixer des normes rigoureuses en ce qui concerne l'aspect des terrains et la conception de l'Expo 67 en général. Ainsi, le dit comité devrait donner son approbation préalable relativement à tous les éléments d'exposition, qu'ils soient conçus par la Compagnie ou par un concessionnaire.

De plus, les dirigeants de l'Expo se sont préoccupés particulièrement de l'orientation des visiteurs sur les terrains et ont estimé indispensable qu'il y ait une certaine harmonie entre les différents secteurs de l'Expo. Ces questions ont paru d'une importance primordiale, d'autant plus qu'il avait été décidé, dès le début, qu'il fallait absolument faire bon accueil aux visiteurs et assurer leur bien-être. C'est à l'intention des visiteurs qu'ont donc été créés les services suivants : système de réservation permettant de réduire au minimum les périodes d'attente; troupes de "bateleurs" ambulants chargés de divertir les visiteurs faisant la queue (files d'attente); kiosques de renseignements en grand nombre et tableaux d'affichage électronique destinés à informer les visiteurs de tout ce qui se passe à l'Expo.

Ce qui a, semble-t-il, incité les réalisateurs de l'Expo à oeuvrer "comme un seul homme", c'est leur désir commun et sincère d'illustrer de façon concrète le thème "Terre des hommes". Il était évident que le thème et son interprétation par les dirigeants de l'Expo influeraient grandement sur l'aménagement même des terrains. À l'origine, il avait été prévu que les pavillons thématiques servent à harmoniser les différents secteurs de l'Expo et à leur conférer une certaine unité quant à l'aspect. Il ne semble pas que le problème ait été résolu de façon très satisfaisante à l'occasion des expositions universelles précédentes.

D'autre part, il a été décidé de fixer l'emplacement des lots des participants sans tenir compte de l'importance de tel ou tel pays, du point de vue politique ou économique. C'est ainsi que des lots situés aux extrémités des secteurs d'implantation ont été attribués à des pavillons susceptibles d'attirer le grand public, de façon que les personnes allant et venant entre ces pôles d'attraction puissent visiter également d'autres pavillons.

On peut dire que l'Expo constitue le premier projet d'envergure pour la réalisation duquel tous les architectes, ingénieurs et entrepreneurs ont dû obligatoirement se conformer aux méthodes de gestion établies par ordinateurs. La méthode de programmation des travaux ("méthode de cheminement critique"), que l'on ne connaissait peut-être pas parfaitement en 1963, est maintenant un instrument pratique dont la plupart des ingénieurs et des entrepreneurs comprennent l'utilisation. Peut-être leur compréhension est-elle attribuable au fait que cette technique ait été utilisée énormément à l'Expo 67.

Travaux effectués sur les terrains

Il a fallu, bien sûr, entreprendre certains travaux sans retard. Il s'agissait, dans la généralité des cas, de travaux d'amélioration des voies d'accès aux terrains, dont l'exécution impliquait de longs délais, c'est-à-dire les ponts jetés sur le Saint-Laurent pour relier la Cité du havre (ancienne "Jeté MacKay") à l'île Sainte-Hélène et sur le Chenal Lemoyne, pour relier l'île Notre-Dame à La Ronde. On ne saurait trop insister sur l'importance de ces voies d'accès aux îles. Lors des expositions universelles précédentes, il y avait jusqu'à trente points d'accès aux terrains et, en général, jamais moins de sept entrées. Comme l'Expo 67 devait avoir trois entrées, il a été absolument indispensable de construire des ponts afin que les travaux puissent être mis en train le plus tôt possible sur les terrains insulaires. En conséquence, pour pouvoir établir le tracé des ponts, il fallait établir en toute hâte le tracé des réseaux de transport et du réseau routier, ainsi que le plan d'implantation des lots. Au cours des deux premières semaines de décembre 1963, on a effectué des sondages, grâce auxquels on a pu, dès la première semaine de décembre, entreprendre les études techniques. C'est en mars 1964 qu'a été adjugé le contrat de construction du pont de la Concorde, sur le Saint-Laurent. Il s'agit d'un pont de type orthotropique dont la construction a pu se poursuivre sans interruption pendant l'hiver. De ce fait, le pont a été prêt à être utilisé en juin 1965.

Au cours de cette même période, il a fallu également établir le tracé de la Cité du havre. Les travaux d'agrandissement de cette ancienne jetée brise-lames ont été effectués pendant toute l'année 1964. On a étudié de façon approfondie la question de l'enlèvement des déblais. Il a été décidé de commencer le plus tôt possible le creusement de tranchées pour les canalisations souterraines ainsi que le creusement de canaux et l'aménagement des assises de routes, de façon que ces travaux soient terminés en grande partie avant que ne commence le creusement des fondations des pavillons. On trouvera dans d'autres documents toutes les caractéristiques concernant le réseau de transport d'énergie électrique à haute tension, le réseau d'adduction d'eau, les égouts, les routes et les conduites de gaz. Il convient peut-être de mentionner tout particulièrement la construction, sur les terrains, de deux usines d'épuration des eaux usées, l'une se trouvant dans l'île Notre-Dame et l'autre étant située sur le terrain de stationnement (parc-autos) avoisinant le pont Victoria. Il s'agit des deux premières grandes installations d'épuration secondaire situées au Québec. C'est pourquoi leur importance est évidente, à une époque où la pollution des eaux représente un problème des plus préoccupants.

Parallèlement à l'aménagement de nouveaux terrains, il fallait concevoir et mettre en place les services

publics, ainsi qu' "aménager le paysage" et embellir les terrains. C'est pour cela qu'a été adjugé, au début de 1964, un contrat concernant la fourniture de mottes de gazon devant être installées sur une superficie de quelque 200 acres. D'après le cahier des charges, les mottes de gazon devaient être un peu plus épaisses qu'à l'ordinaire, de façon qu'elles "profitent" bien. Ce projet a été couronné de succès, en ce sens que la quasi-totalité des mottes de gazon ont été mises en place avant la première chute de neige, en 1966.

Du fait des délais à respecter, nous avons décidé de construire les routes et de procéder à l'aménagement paysager le plus tôt possible, tout en sachant bien que les dégâts seraient inévitables. Au mois de mars 1967, il semble que les travaux de réfection ne seront pas trop importants.

Bâtiments et ouvrages

De nombreux pavillons de l'Expo seront décrits dans d'autres articles. Ceux qui les liront se rendront peut-être compte que l'on s'est conformé aux principes établis par les concepteurs pour réaliser les bâtiments et les ouvrages. Il est de tradition que les expositions universelles servent de terrains d'expérience pour les nouvelles réalisations architecturales et techniques. Nous avons tenu absolument à ce que la configuration des bâtiments et des ouvrages soit élégante et digne d'intérêt, mais nous avons également incité les réalisateurs à utiliser de nouveaux matériaux, de nouvelles méthodes et de nouvelles techniques en matière de construction et de conception architecturale.

On constatera, en voyant l'ensemble thématique "l'Homme dans la Cité", situé à la Place des Nations, et la passerelle pour piétons (Passerelle du Cosmos) jetée sur le chenal Lemoyne, que l'on a utilisé du bois de charpente sous forme de poutres lamellées de très grandes dimensions. Il s'agit là d'un excellent exemple des utilisations multiples d'un matériau traditionnel du Canada.

En ce qui concerne la construction de l'entrepôt situé sous le pont Jacques-Cartier, on a employé des méthodes originales pour établir des contrats "intégrés" et réduire les délais. Les travaux de construction de l'entrepôt ont commencé en novembre 1966 et ont pris fin à la fin de janvier 1967. Le coût des travaux a été évalué à \$375,000 environ.

Pendant toute la période de construction des bâtiments et des ouvrages de la Compagnie, on a noté sur les graphiques de programmation la désignation des matériaux difficiles à obtenir rapidement ou des matériaux produits de temps à autre par les usines, puis on a acheté ceux-ci avant de lancer l'appel d'offres concernant le contrat principal. Cette méthode de pré-achat

des matériaux a entraîné des résultats impressionnants : dans bien des cas, l'entrepreneur a pu travailler à plein rendement dans la semaine suivant l'adjudication du contrat, en ayant à sa disposition tous les matériaux nécessaires. En général, il n'y a pas eu de retards de livraison en ce qui concerne l'acier d'armature, les transformateurs, les tableaux de distribution, les pompes, les moteurs électriques et autres accessoires. C'est ainsi que les travaux de construction du Pavillon de l'administration, ouvrage permanent de 210,000 pi. car., d'un coût de 5 millions de dollars, ont commencé en septembre 1965 et ont pris fin à la mi-avril 1966.

Conclusion

À ma connaissance, il n'existe pas d'autre projet qui ait permis à de jeunes techniciens d'acquérir une aussi grande expérience en aussi peu de temps, tout en ayant l'occasion d'étudier autant de solutions diverses à des problèmes de mise au point et de mise en oeuvre.

Les techniciens des bureaux d'études n'ont pas été les seuls à acquérir davantage d'expérience. Les ingénieurs et les contremaîtres (conducteurs de travaux) employés par les entrepreneurs, qui étaient pour la plupart jeunes et inexpérimentés, ont bénéficié également d'une période de formation accélérée. Il en a été de même pour les concepteurs chargés d'appliquer les techniques d'esthétique industrielle et pour les concepteurs-réalisateurs chargés des éléments d'exposition des pavillons. On peut dire que, dans ce domaine, l'Expo a véritablement donné naissance à une spécialité professionnelle des plus intéressantes. Peut-être ne sait-on pas suffisamment qu'il a fallu, pour mettre au point les présentations (éléments d'exposition), recourir dans une très grande mesure aux connaissances scientifiques de professeurs d'universités. Les membres des comités consultatifs ad hoc ne se sont pas bornés à aider les employés de la Compagnie à mettre au point les présentations thématiques; ils ont aussi collaboré étroitement avec les concepteurs, afin d'assurer le respect des normes scientifiques lors de l'établissement des plans.

Je vous ai donné un bref aperçu de certains des aspects de l'Expo 67. Naturellement, le tableau que j'ai brossé n'est pas complet. Quoi qu'il en soit, je puis affirmer catégoriquement que l'expérience qu'ont acquise les Canadiens en préparant et en organisant une exposition universelle de l'envergure de l'Expo 67, compte tenu des délais très serrés qu'il leur fallait respecter, a eu pour effet d'asseoir de façon indéniable la réputation de la technique canadienne auprès des techniciens étrangers. L'occasion est créée. À présent, il suffit de faire fond sur le capital de bonne volonté que l'Expo a suscité dans tous les pays du monde et de profiter de l'occasion pour exporter les méthodes et le savoir-faire technique des Canadiens. ■

**“Qui appelez-vous
pour les
condenseurs à
évaporation?”**

**“KeepRite!...
Imbattables en ce
domaine-là aussi.”**

Il n'y a là rien de vraiment étonnant. Comme Keeprite est passé maître dans le domaine des condenseurs à refroidissement par air, on peut s'attendre qu'il en soit de même pour les condenseurs à évaporation. Et c'est le cas. Ecrivez dès aujourd'hui pour recevoir les catalogues No 6102 et HT2-SB

KeepRite

**PRODUCTS LIMITED,
Brantford, Ontario**

101-716

BUREAUX DE VENTE:
HALIFAX, MONTREAL, OTTAWA,
TORONTO, HAMILTON, LONDON
ET VANCOUVER.

Entreprise canadienne d'étude et de fabrication d'appareils de réfrigération, de climatisation et de chauffage.



Le site géotechnique

par GEORGES SEADEN

Géologie du site

La principale formation géologique dans le bassin du fleuve St-Laurent consiste en schiste argileux Utica, une roche sédimentaire tendre avec une stratification horizontale prononcée dont la couleur est gris foncé et qui contient des lentilles de silt argileux. Les résultats des essais en compression mono-axiale varient de 1000 lbs/po.² à 10,000 lbs/po.² avec une valeur moyenne de 4000 lbs. Cette roche a la propriété caractéristique de s'exfolier en petites particules plates lorsqu'elle est exposée à l'air. Cependant aucune évidence de propriété plastique n'a été observée dans ce schiste désagrégé.

En conséquence de l'activité ignée Montérégienne pendant la période Tertiaire, un réseau de filons s'est établi dans la zone et les affleurements importants qui existaient sous forme des îles Moffat ont formé par la suite le noyau de l'île Notre-Dame.

Cette roche ignée, la syenite, est d'une couleur gris pâle avec une structure porphyrique. Une carrière a été établie à l'endroit des affleurements, dont les produits ont servi surtout à constituer les perrés de la digue de ceinture de la nouvelle île pour la protéger contre l'érosion et l'action des glaces.

L'autre aspect géologique intéressant de cette zone est l'existence des affleurements de la brèche de l'île Ste-Hélène et de l'île Ronde. Cette roche dont la texture est semblable au béton est un produit de l'action explosive et elle possède d'excellentes propriétés mécaniques (compression mono-axiale de l'ordre de 20,000 lbs/po.²). Les digues de ceinture de la nouvelle île Ronde ont été construites avec cette roche en provenance d'une carrière qui a été ouverte dans l'affleurement.



Monsieur Georges Seaden a terminé un cours en génie civil à l'Université McGill en 1958 et il a ensuite suivi un cours de perfectionnement en France. De 1962 à 1967, il agit comme ingénieur-conseil dans les problèmes géotechniques et routiers; il est aussi vice-président de la compagnie Trémont Inc., spécialisé en essais techniques. Monsieur Seaden est membre de l'American Society of Civil Engineers, de l'Institution of Civil Engineers (G.-B.), du Comité de CSA et d'autres sociétés techniques.



Vue de l'île Ste-Hélène et de l'île Moffat avant l'aménagement

Création des terrains

Le programme général de la constitution des terrains qui deviendront l'île Verte, l'île Ronde et l'île Notre-Dame commença par la création d'une digue de ceinture assise sur le fond du fleuve. Cette digue était en général composée de schiste argileux avec un perré de roche ignée déversée par des camions lourds transportant à partir des carrières établies sur les lieux mêmes. Ces carrières qui dans plusieurs cas se trouvaient sous le niveau du fleuve St-Laurent étaient protégées par des batardeaux en terre composée de moraine alluvionnaire venant du fond du fleuve, contenant environ 35% de matériaux fins.

Tout le site étant entouré de cette façon, le plan initial était de remplir à l'intérieur par dragage hydraulique avec des matériaux provenant du fond du fleuve. Ces matériaux consistaient en un mélange de gravier, sable fin et silt. En se servant de l'eau comme moyen de transport, les dragues pompaient les mélanges qui contenaient 12 à 22% de solides à travers des tuyaux d'acier de 36" de diamètre joints avec des accouplements flexibles et supportés par des flotteurs entre la zone de dragage et les îles. Deux dragues électriques étaient utilisées dans cette opération, "le Canadien" et "l'Hydro-Québec", ayant une capacité de draguer jusqu'à une profondeur de 55 pieds.

Les produits de dragage déchargés à la sortie des tuyaux formaient un delta dans lequel les particules les plus grosses se déposaient immédiatement tandis que les particules plus fines (silt, argile) allaient se déposer vers l'intérieur de la zone à remplir. En déplaçant fréquemment la bouche de sortie des tuyaux, un terrain ayant une stratification oblique a été créé. Cependant les particules d'argile avaient tendance à rester en suspension suffisamment longtemps pour être transportées à travers les digues perméables et immigrer dans le fleuve. Les précipitants chimiques (sulfate d'aluminium, sulfate de fer, chlorure de fer) ont été essayés expérimentalement afin de réduire des pertes qui étaient de l'ordre de 1½ à 2½ % de solides afin de réduire la contamination du fleuve, et leur emploi s'est avéré économiquement justifiable.

On a découvert que vers la fin des opérations de dragage, les digues s'étant alors progressivement colmatées, des poches de matériaux très fins s'étaient créées, dont le drainage très lent a causé des problèmes deux ans après la fin des dragages.

Les opérations de dragage ont débuté en été 1963 et ont continué jusqu'à la prise des glaces en hiver 1964. Dans cette période, près de 1,600,000 vg cu. ont été déposées de cette façon. Étant donné que 13,000,000 vg cu. étaient requises pour le 1er juillet 1964, il est devenu évident que le dragage hydraulique seul ne serait pas suffisant pour achever la construction du site.



Opération de dragage. Ile Ronde partiellement remblayée. L'opération s'est poursuivie sur l'île Verte. Sols fins en suspension visibles dans l'eau du fleuve.

La source des matériaux de dragage était très dense et la nature des sols était tellement abrasive que l'équipement hydraulique se trouvait continuellement avarié et nécessitait des arrêts de travail très fréquents. En même temps, à la recherche des zones de sol moins compact, les dragues s'éloignaient du site, allongeant la ligne des tuyaux d'amenée. Ceci a nécessité l'installation de pompes de reprise flottantes qu'on a dû construire spécialement à cette occasion. Cette méthode, après une difficile période de rodage, a été continuée et a fourni au total 4,000 vg cu.

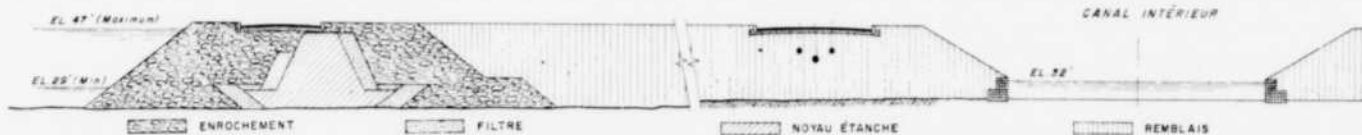
En parallèle, un énorme programme de remplissage par des méthodes conventionnelles a débuté en automne 1963.

Le matériau qui provenait de différents emplacements de la région métropolitaine, devait satisfaire aux exigences suivantes : nature essentiellement granulaire, un maximum de 25% passant le tamis 200, et pas plus de 5% d'argile. Des quantités considérables de matériau ont également été fournies par les excavations du Métro qui était en construction à ce moment-là. Il a été estimé que pendant les périodes de l'hiver et au printemps 1964 un camion de 50 tonnes entrainait sur le site toutes les 30 secondes, 24 heures par jour, 6 jours par semaine.

De plus certains contracteurs ont batardé des zones peu profondes du fleuve autour du site, dans lesquelles des carrières ont été ouvertes ! En se servant d'équipement extrêmement lourd, combiné avec des



Vue de l'île Notre-Dame. La carrière est remplie d'eau, dont la profondeur est de 50 à 60 pieds.



Ile Notre-Dame. Coupe-type montrant le noyau étanche ainsi que les détails des canaux intérieurs.

distances des transports très courtes, un moyen très économique de remblayage a été établi avec des matériaux qui consistaient surtout du schiste argileux. L'expérience antérieure avec ce type de roche indiquait que des déversements en couches épaisses auraient comme résultat des tassements importants pendant une période de temps assez longue, ce qui était incompatible avec la mise en utilisation quasi-immédiate des zones créées. Il a été décidé de déverser la roche en couches minces (12 à 18 po.) et de la compacter avec des rouleaux vibrants. En plus de cela les couches étaient inondées avec de l'eau qui avait comme résultat de faire pénétrer la poussière de pierre qui se formait en surface à la suite du compactage et qui exposait une surface fraîche, contribuant ainsi à obtenir une bonne compacité.

Les proportions et quantités de l'eau en rapport avec le volume de roche déposé, ont été établies à partir de pistes d'essai, de même que les types d'équipement de compactage ainsi que le nombre de passages requis pour obtenir la densité voulue qui était établie à 85% de la densité solide de la roche.

Cette méthode, appliquée à l'agrandissement de la jetée MacKay, a donné d'excellents résultats avec un tassement total n'excédant pas 0.5% de la hauteur du remblai.

En résumé le remblai posé par la Ville de Montréal a consisté en 4,000,000 vg cu. déversées par dragage hydraulique et 10,800,000 vg cu. transportées par camion. Ceci a été complété par la Compagnie Canadienne de l'Exposition Universelle de 1967 par des remblais de 2,500,000 vg cu. sur la Jetée MacKay, 500,000 vg cu. sur les îles et 1,000,000 vg cu. qui servirent à couvrir le dépotier municipal à côté du pont Victoria afin de créer un immense terrain de stationnement. Le volume total du remblai utilisé dans la création de l'Exposition a donc été de l'ordre de 19,000,000 vg cu.

Problèmes géotechniques

Deux facteurs prédominants ont influencé l'élaboration des plans pour les services et les fondations des structures au site de l'Exposition :

1) La zone ayant été remblayée avec grande rapidité, la densité initiale des sols était telle qu'un tas-

sement de l'ordre de 1 à 3% de la hauteur du remblai pouvait en résulter. De plus, ce tassement était distribué d'une façon hétérogène sur l'ensemble du site vu la nature variable du matériel importé et les méthodes de remblayage.

2) La plupart des constructions étaient d'une nature temporaire et devaient être construites de la façon la plus économique possible et néanmoins sécuritaire.

Afin de déterminer les caractéristiques des sols un programme d'analyses a été établi qui incluait des forages, essais des plaques, essais pressiométriques ainsi que tous les essais standard. Il eut pour résultat la formulation d'un barème d'application des charges; le cas des structures qui ne pouvaient pas tolérer des tassements différentiels a été traité par des fondations sur pieux tandis que des bâtiments légers ont été construits sur des semelles carrées ou filantes.

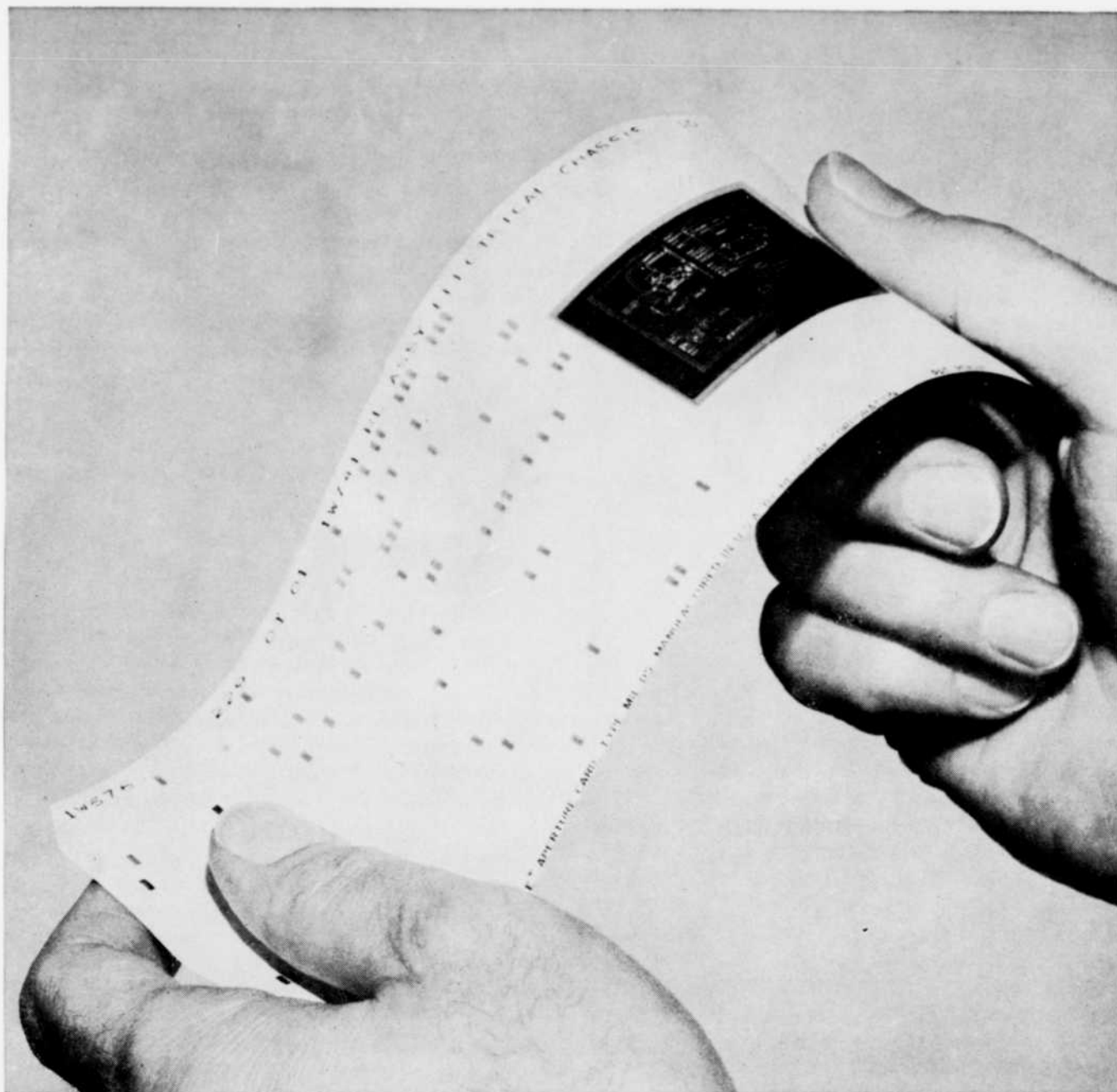
La charge unitaire maximum admise sur ces sols variait de 1 à 3 tonnes/pi. ca.

Les pieux en majorité étaient du type à bout portant, battus à refus sur le socle rocheux qui s'est trouvé entre 20 et 40 pi. de la surface.

Un problème particulier se présenta sur le grand terrain de stationnement avoisinant le pont Victoria qui était antérieurement le dépotier de la Ville de Montréal. Il était nécessaire de recouvrir cette zone avec une couche de 18" de sol granulaire, sol qui permettrait au gaz de décomposition (méthane) de s'échapper. Puis il fut recouvert de 6" de pierre concassée. Avec des engins de compactage très importants, on a réussi à obtenir une bonne surface de roulement.

Les routes présentaient aussi le problème d'offrir rapidement une surface carrossable avec des moyens économiques. Il a été décidé de se servir d'une base de 4 à 8" de sol-ciment recouvert d'une couche de bitume.

En conclusion tout visiteur sur le site de l'Expo peut constater qu'en l'espace de moins de 4 ans il a été créé un site dont les conditions géotechniques sont comparables à celles de tout autre site sur l'île de Montréal et que les méthodes utilisées pour la création des terrains peuvent produire des zones qui sont économiquement justifiables. ■



Aucun risque de chute...

LE MICROFILM TIENT BON!

Recordak présente d'importantes améliorations dans la perforation des cartes. Mais le plus étonnant de tout, c'est la carte elle-même... elle supporte les manipulations quotidiennes sans "lâcher" son microfilm. Fabriquée avec précision, conformément aux normes du Ministère de la Défense nationale du Canada, la nouvelle carte perforée haute précision Micro-File Recordak, Type Mil-DS, utilise un adhésif agissant sous l'effet de la chaleur sans risque de se dédoubler, de filer ou de "mottonner".

Le microfilm peut être collé instantanément à l'aide du nouvel appareil de montage Recordak. Aucun délai de sé-

chage nécessaire comme avec les adhésifs agissant sous pression... dure indéfiniment dans les archives. Le nouveau système de cartes perforées haute précision Recordak peut aisément être adapté à vos besoins. Vous pouvez perforer les cartes dans vos propres locaux avec le coupe-cartes haute précision Recordak... ou encore commander les cartes toutes prêtes chez Recordak.

Des échantillons de la nouvelle carte Recordak, type Mil-DS vous seront soumis sur demande. Appelez le représentant Recordak de votre localité ou écrivez à Recordak, 4988 Place de la Savane, Montréal, P.Q.



RECORDAK OF CANADA LTD.

Kodak
TRADEMARK



Les parcs de stationnement

par ANDRÉ J. GAUTHIER et D. A. N. SCOTT

Les terrains de stationnement qui ont été construits pour l'usage des visiteurs de l'Expo 67, par la Compagnie Canadienne de l'Exposition Universelle de 1967, sont : l'Autoparc Jacques-Cartier et l'Autoparc Victoria.

Choix des emplacements

Dans les délibérations et les considérations qui ont mené au choix final du site de l'Exposition Universelle de 1967 qui devait se tenir à Montréal, plusieurs facteurs sont entrés en ligne de compte, dont entre autre le stationnement, item qui a dû être étudié de façon plus approfondie immédiatement après que le choix du site eut été définitivement fixé.

L'ère à laquelle nous vivons peut être à juste titre surnommée l'ère de la mécanisation ou, plus spécifiquement en ce qui nous concerne, l'ère de l'automobile. De nos jours, la possession d'une automobile n'est plus un luxe, mais bel et bien une nécessité. Considérant que la grande majorité des Nord-Américains utilisent l'automobile comme mode de transport dans les voyages qu'ils entreprennent au cours de leurs vacances annuelles, nous étions donc en droit de croire que l'automobile serait encore le moyen de locomotion préféré d'un grand nombre de visiteurs de l'Expo "67" et qu'il fallait prévoir des terrains de stationnement

capables de recevoir les visiteurs automobilistes sans trop d'inconvénients pour le stationnement de la région métropolitaine.

Il n'est pas nécessaire d'entreprendre une étude très approfondie pour comprendre que l'état actuel du stationnement à Montréal est tel, qu'il est à peu près impossible de compter sur les stationnements existants pour stationner les véhicules des visiteurs. En scrutant la carte de Montréal et des environs, afin de trouver des espaces libres où pourraient être aménagés des grands parcs de stationnement à proximité du site de l'Expo "67", il sauta aux yeux que la Rive Sud offrait de très grandes possibilités le long de la voie maritime du St-Laurent, sous le pont Jacques-Cartier (Autoparc Jacques-Cartier) tandis que, sur l'Île de Montréal, le seul endroit disponible, suffisamment grand et suffisamment près du site de l'Expo "67" était aussi situé en bordure du fleuve St-Laurent, entre le pont Victoria, le pont Champlain et la cour de triage de la Compagnie des Chemins de fer nationaux, (Autoparc Victoria). Ces deux emplacements et celui de l'Autoparc Jacques-Cartier, et celui de l'Autoparc Victoria présentaient tous deux de sérieux inconvénients.

Autoparc Jacques-Cartier

En effet, l'aménagement d'un terrain de stationnement sur la Rive Sud signifiait problèmes de transport, car il fallait transporter les visiteurs depuis ce terrain de stationnement et le site de l'Expo "67" et inversement. Le problème était d'autant plus critique que le transport des visiteurs en autobus via le pont Jacques-Cartier était tout à fait impensable car, comme on le sait, la circulation sur le pont Jacques-Cartier est déjà à son maximum aux heures de pointes. Il fallait à tout prix éviter que les visiteurs mettent trop de temps à se déplacer d'abord du stationnement au site de l'Expo "67" et, ensuite, du site de l'Expo "67" à leur automobile stationnée dans l'Autoparc Jacques-Cartier.

Une solution à ce problème de transport devait donc être apportée rapidement sans quoi il aurait été à peu près impossible de maintenir le choix de la



Monsieur André J. Gauthier est diplômé en génie civil de l'École Polytechnique de Montréal en 1962. Il est à l'emploi du bureau d'ingénieurs-conseil Beauchemin, Beaton et Lapointe où il travaille principalement à la préparation de plans et devis de projets de voirie ainsi qu'à l'élaboration d'études de transport et de circulation.



Monsieur D.A.N. Scott est un gradué en génie civil de l'Université Cape Town (Afrique du Sud) en 1951. Son travail le conduisit successivement en Afrique du Sud, en Angleterre et en Irak. Immigré au Canada en 1959, il travailla dans les provinces Maritimes et à Toronto avant de rejoindre le bureau d'ingénieurs-conseil Beauchemin, Beaton et Lapointe, à Montréal. Il fut engagé par la C.C.E.U. comme Chef au Bureau de Contrôle du Projet.

Rive Sud comme emplacement d'un terrain de stationnement pour l'Expo.

Le Métro de Montréal était alors en voie de construction et un embranchement traversant à Longueuil étant déjà prévu, il était donc tout à fait normal de chercher à tirer avantage de ce moyen de transport de conception tout à fait moderne. Des négociations, qui ont eu un dénouement heureux, furent donc entreprises auprès des administrateurs des villes de Longueuil et de Montréal afin d'obtenir l'assurance que le Métro de Montréal puisse être mis en service jusqu'à Longueuil pour l'ouverture officielle de l'Expo "67". Ceci réglait automatiquement le problème du transport des visiteurs entre le stationnement éventuel de la Rive Sud et le site de l'Expo "67", puisque le Métro de Montréal allait se rendre jusque sur la Rive Sud, à la station de Longueuil, en passant par l'Île Ste-Hélène où une station devait aussi être construite.

Le stationnement de l'Expo "67" situé sur la Rive Sud se compose de deux sections dont l'une se trouve dans Longueuil, à la station de Métro, et l'autre dans St-Lambert. La capacité totale des deux sections de l'Autoparc Jacques-Cartier peut être évaluée à 10,000 automobiles. La station de Métro de Longueuil desservira donc directement les visiteurs stationnés dans la section de Longueuil tandis qu'un service d'autobus spécial amènera à la station de Métro de Longueuil les visiteurs stationnés dans la section de St-Lambert.

Autoparc Victoria

L'Autoparc Victoria, pour sa part, posait des problèmes de sols. L'emplacement était de tout premier choix, mais la nature du sol laissait à désirer. Ce terrain en bordure du fleuve était en grande partie composé de remblais de déchets de toutes sortes. L'idée de construire sur des remblais de déchets aussi récents n'avaient pas encore été expérimentée ici au Canada. Des recherches furent faites afin de profiter d'expériences déjà tentées ailleurs. Pendant ce temps, le Conseil des Ports Nationaux projetait le prolongement de la rue University jusqu'au pont Champlain. Ce projet devint réalité et la nouvelle route (Boulevard Bonaventure) fut construite sur une nouvelle jetée construite en bordure du fleuve St-Laurent. Entre temps, les remblais de déchets étaient effectués au rythme de 24 heures par jour et des soumissions furent demandées pour le remblayage des points bas.

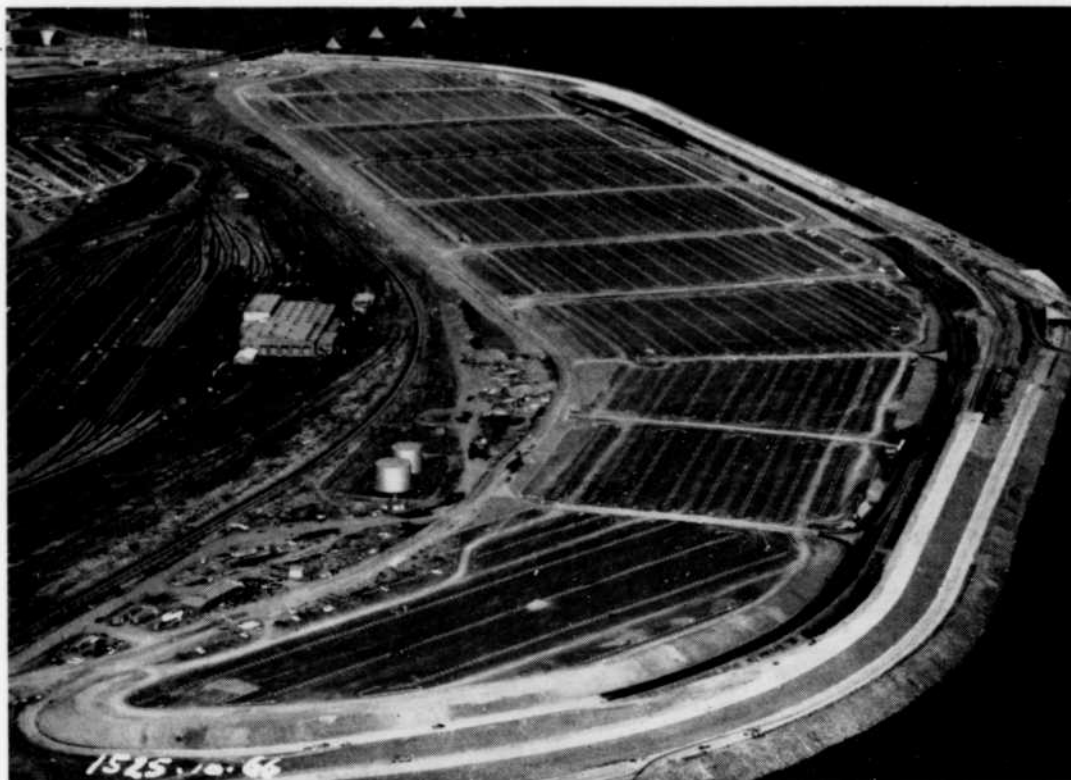
Chaque contrat donné sur ce terrain, cette "dompe" récente en maints endroits, a concouru à faire surgir les problèmes les uns après les autres sans arrêt. Les responsables de ces travaux sont allés de surprises en surprises. Ainsi, à mesure que des remblais de terre étaient placés dans les zones de dépression, on observa que les zones supérieures avaient



Autoparc Jacques-Cartier.

tendance à s'élever davantage tandis que les endroits remblayés n'accusaient qu'un léger rehaussement. Ce phénomène fut attribué au caractère spongieux des remblais hétérogènes. Afin d'éviter que ce phénomène se reproduise à nouveau, il fut donc décidé de procéder au nivellement des déchets en même temps que les remblais de terre étaient effectués, ce qui avait pour résultat d'appliquer une pression uniforme sur les déchets ainsi nivelés.

Ce phénomène de rehaussement ne fut pas le seul problème auquel il a fallu faire face au cours de la conception et de la construction de l'Autoparc Victoria. Une étude de la composition des couches du sol existant démontra, comme il fallait s'y attendre, que le sous-sol était composé de matériaux organiques de toutes sortes. Cette étude révéla aussi que la décomposition des déchets n'en était qu'au stade initial et que des vides allaient se produire au fur et à mesure que la décomposition progresserait, d'où la prévision d'affaissements possibles venant compliquer la situation. Ces affaissements étaient susceptibles de se produire sur d'assez grandes superficies, menaçant ainsi l'efficacité des travaux de drainage. De tels affaissements auraient pu causer de graves dégâts en tordant, brisant et obstruant les conduites de drainage qui auraient pu être enfouies dans le sol à ces endroits, sans compter les risques de voir des étendues d'eau stagnantes ici et là, rendant inutilisables ces espaces inondés.



*Autoparc
Victoria*

En somme, tout ceci conduisit à la décision de ne pas paver ce terrain de stationnement. Finalement, après l'exécution des premiers travaux de terrassement, la fondation granulaire fut prévue comme suit : une couche de 18 pouces de pierre concassée recouverte d'une couche de 6 pouces de poussière de pierre stabilisée au moyen du chlorure de calcium. Seules les routes furent recouvertes de bitume.

La décision de ne pas paver s'imposait d'autant plus qu'il fut découvert que les déchets en décomposition généraient des gaz. La décomposition des déchets forment toujours des gaz, mais ces gaz ne sont pas inflammables (ils sont surtout composés d'azote) et proviennent de la digestion dite aérobie. Mais, l'addition d'eau amène une digestion anaérobie produisant dès lors entre autres gaz du méthane. Une forte concentration de ce gaz emprisonnée sous un revêtement imperméable pourrait amener de graves ennuis s'il venait à s'échapper par une fissure dans le revêtement imperméable. Cependant, l'évaporation de ces gaz par toute la surface à travers un revêtement perméable ne devrait causer aucun inconvénient. Des expertises furent faites pendant une période de 9 mois et les relevés ont prouvé qu'il n'y avait en effet aucun danger. Il est intéressant de noter ici que des lectures de détection de gaz inflammables prises à 6 pouces d'un tuyau d'échappement d'une automobile montrent qu'il y a danger, alors qu'aucune des lectures prises à 1 pouce au-dessus du sol n'ont enregistré quoi que ce soit qui puisse être dangereux.

Le stationnement Victoria couvre une superficie de 6,000 pieds de long sur une profondeur de 800 pieds et a une capacité de 13,000 automobiles. Les visiteurs stationnés dans l'Autoparc Victoria bénéficieront d'un service d'autobus depuis le stationnement jusqu'à la Place d'Accueil et vice-versa.

Fonctionnement

Des postes de péage ont été construits à toutes les entrées des autoparc Jacques-Cartier et Victoria et un nombre suffisant de kiosques de perception y ont été placés de sorte que les visiteurs puissent avoir accès aux stationnements sans attendre la plupart du temps.

Une fois passé le poste de péage, des préposés dirigeront les automobilistes directement vers les espaces de stationnement disponibles. Chaque secteur de stationnement est identifié par un animal et chaque rangée du secteur par un numéro afin d'aider le conducteur à localiser son automobile.

Deux séries de panneaux de signalisation ont été prévues, l'une à l'adresse des piétons pour les diriger dans les terrains de stationnement, l'autre à l'intention des automobilistes, les orientant à l'intérieur ou vers l'une ou l'autre des sorties des stationnements.

Et enfin, les sorties des stationnements ont été disposées de façon à ce que les automobilistes puissent prendre la direction de leur choix sans détour.

En somme, rien n'a été négligé afin de faire des Autoparc Jacques-Cartier et Victoria, des stationnements pouvant jouer pleinement leur rôle. ■

On a choisi l'acier de qualité Algoma pour le nouvel édifice Manufacturers Life

Les poutrelles soudées à larges ailes Algoma laissent plus de liberté à la création architecturale et rendent possible la réalisation d'intérieurs spacieux. De plus, l'absence de colonnes permet une utilisation plus fonctionnelle des superficies et facilite les transformations et les réaménagements. En plus d'être un matériau de construction incomparable, l'acier n'est généralement pas affecté par les mauvaises conditions climatiques au cours des travaux d'érection. Les structures d'acier étant érigées plus rapidement, l'édifice est terminé plus tôt et les investissements rapportent plus vite. Bâissez pour l'avenir, bâtissez avec l'acier de qualité Algoma.



Architectes: Marani, Rounthwaite & Dick, Toronto.

Ingénieurs: C. D. Carruthers & Wallace Consultants Ltd., Toronto.

Fournisseur et entrepreneur pour la structure: York Steel Construction Ltd.



THE ALGOMA STEEL CORPORATION, LIMITED

SAULT-SAINTE-MARIE, ONTARIO • BUREAUX DE VENTE RÉGIONAUX À SAINT JOHN, MONTRÉAL, TORONTO, HAMILTON, WINDSOR, WINNIPEG, VANCOUVER



Le problème des voies d'accès

par LUC DESLAURIERS

La décision de tenir l'Exposition Universelle et Internationale de 1967 sur les îles du Saint-Laurent n'a pas été sans soulever de nombreux commentaires tous plus élogieux les uns que les autres. Cependant la nécessité de rendre les îles "habitables" et "accessibles" a posé de nombreux défis aux dirigeants d'Expo '67 et aux différentes organisations qui ont participé à son édification. Nous nous proposons dans cet article d'exposer quelques aspects du problème des voies d'accès et plus particulièrement de rendre compte d'une étude faite au début de 1964 sur les prévisions de la circulation engendrée par le prolongement de la rue Université au pont Champlain. Cette route, connue aujourd'hui comme la route Bonaventure, desservirait la Place d'Accueil.

But

Un des buts de cette étude était de prévoir l'intensité de la circulation engendrée par l'Expo '67 afin de déterminer la capacité de la route proposée.

Méthodes

Pour évaluer la circulation sur la route, il est nécessaire de considérer la situation dans son ensemble, i.e. le mouvement de tous les visiteurs se rendant à l'Expo et ensuite d'isoler la partie utilisant la route. Pour ce faire il faut d'abord déterminer le chiffre de l'assistance pour un jour-modèle, soit 270,000 visiteurs, puis déterminer tous les moyens d'accès prévus et enfin



L'auteur est diplômé de l'Ecole des H.E.C. où il a obtenu sa licence, option mathématiques appliquées. Au sortir des H.E.C. Monsieur Deslauriers s'est joint à une firme de conseillers en gestion où il a participé à plusieurs études notamment dans le domaine du transport en commun et du contrôle de la circulation.

établir une répartition des visiteurs en fonction de ces différents moyens.

Moyens de transport et voies d'accès

À l'époque de l'étude les moyens de transport suivants étaient considérés :

- Le Métro; des stations de Montigny et Longueuil à l'Expo.
- Les autobus; vers la Place d'Accueil.
vers la station de Métro de Longueuil.
vers l'Île Ronde via le pont Jacques-Cartier.
- Transport en commun hors-rue, de la gare centrale à la Place d'Accueil. (À l'état de projet).
- Automobiles; 6 places de stationnement étaient prévus.
- Taxis; à la Place d'Accueil et à la station Longueuil.
- Funiculaire; du terrain de stationnement de Radio Canada dans l'est à l'île Ronde. (À l'état de projet).

Il était aussi question de trois entrées à l'Expo '67, les deux plus importantes étant la Place d'Accueil sur la jetée MacKay et la station de Métro de l'Île Sainte-Hélène; la troisième était sur la Ronde, accessible via le pont Jacques-Cartier.

Origine et destination des visiteurs

Pour fin de distribution des visiteurs on a établi 10 zones d'origine dans la région métropolitaine. À partir d'études antérieures concernant la densité de la population, l'emplacement des hôtels et motels actuels et prévus, le nombre moyen de visites par les gens de la région métropolitaine, etc., on a établi le nombre de visiteurs venant de chaque zone pour un jour modèle. Ce nombre a ensuite été réparti selon les moyens de

transport prévus en tenant compte de plusieurs facteurs et sur la base de certaines hypothèses à savoir : les voitures du secteur nord de Montréal, de Ville St. Laurent, de Ville de Laval, suivraient l'autoroute Décarie pour se rendre aux voies d'accès du Pont Champlain : les visiteurs de la région Repentigny utiliseraient le Pont Boucherville et de ce fait arriveraient par la Rive Sud. Plusieurs autres hypothèses ont été faites tout en gardant toujours à l'esprit que la qualité du service ainsi que la nouveauté de certains moyens de transport pourraient modifier sensiblement l'utilisation prévue. (À cette époque il était fortement question d'un monorail modifié qui utiliserait le pont Jacques-Cartier; ce moyen de transport, par la vue extraordinaire qu'il aurait fournie aux visiteurs, aurait pu modifier toute la distribution des visiteurs).

Voici en résumé la distribution des visiteurs d'un jour modèle selon l'origine et les moyens de transport dans l'hypothèse où l'origine du réseau de transport interne (i.e. l'Expo-Express) est à la Place d'Accueil et non à la Gare Centrale.

A. Visiteurs utilisant le transport	
en commun :	145,100
Visiteurs en automobile :	124,900
	<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
	270,000
B. 1. Visiteurs par autobus, via Université	
à la Place d'Accueil :	25,600
Visiteurs par autobus via Pont	
Champlain à la Place d'Accueil :	19,800
Visiteurs en taxi vers la Place	
d'Accueil :	23,000
	<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
	68,400
Soit environ 47% des visiteurs	
utilisant le transport en commun.	
2. Visiteurs en auto aux parcs près	
de la Place d'Accueil :	
	76,600
Soit environ 61% des visiteurs	
venant en automobile.	

Nombre de véhicules sur la route

Une fois établies l'origine des visiteurs et leur distribution selon les différents moyens de transport, on a établi le nombre de véhicules utilisant la route afin d'en déterminer la capacité. La circulation sur la route variera considérablement durant la période de l'Expo '67. Cependant il a été établi que la circulation de

pointe va se manifester entre 10:00 et 11:00 p.m. Au cours de cette période d'une heure jusqu'à 23% de l'assistance journalière quittera l'emplacement de l'Exposition, soit 62,100 personnes pour un jour-modèle. À partir de la distribution mentionnée précédemment et en tenant compte du sens de la circulation il a été possible d'établir le nombre de visiteurs quittant la Place d'Accueil durant cette période en fonction des moyens de transport prévus. Le tableau suivant indique ces résultats :

Circulation sur la Route :

Heure de Pointe d'un jour Modèle

	<i>Visiteurs en Auto</i>	<i>Visiteurs en Taxi</i>	<i>Visiteurs en Autobus</i>
PDA → C - V	5,520	3,200	5,890
PDA → CHAMP	12,100	2,070	4,550

Pour convertir le nombre de visiteurs en nombre de véhicules, les facteurs suivants ont été utilisés :

1 voiture particulière = 4 personnes, chauffeur inclus.

1 taxi = 2.9 personnes, chauffeur inclus. (Données de Seattle).

1 autobus = 50 personnes, chauffeur inclus.

Il en résulte que le nombre de véhicules utilisant la route sera 2,608 et 3,820 respectivement sur les tronçons Place d'Accueil-Centre-Ville et Place d'Accueil-Pont-Champlain.

Conclusion

À la lumière des connaissances acquises dans le domaine du transport, il a été recommandé de construire une route à trois voies dans chaque direction. En effet les normes généralement acceptées spécifient un nombre de véhicules variant entre 1,000 et 1,500 par heure par voie de circulation.

Ces quelques pages n'avaient que pour but d'illustrer les étapes conduisant à la solution d'un problème assez complexe où les données de base sont surtout faites d'hypothèses et où l'expérience passée est très limitée et sujette à caution. L'étude dont il est fait mention ici a porté sur plusieurs autres aspects notamment sur les besoins post-Exposition de la route Bonaventure envisagée à partir de différentes hypothèses sur l'utilisation future du site et des édifices qui demeureront après l'Expo '67.



Le réseau de gaz

par LAURENT HUDON

À l'automne 1964, alors que les îles de l'Expo n'étaient encore qu'un vaste chantier de remblayage, Architectes et Ingénieurs s'affairaient déjà à la préparation des plans de détails de cette entreprise gigantesque et fantastique que devait être l'Expo '67.

Aujourd'hui, il est possible d'apprécier, même à distance, les réalisations fantasques d'une architecture futuriste et l'aspect d'homogénéité que présente cet ensemble dont les éléments sont des plus hétérogènes.

On a décrit ailleurs le travail de planification, de programmation et de coordination qui a permis de créer de toutes pièces et en si peu de temps bien plus qu'un ensemble d'édifices de toutes grandeurs et de toutes formes, une ville toute entière. Car c'est bien une ville avec ses rues, ses parcs, ses carrefours et ses services d'utilité publique, une ville qui offrira bientôt à sa population flottante de plus de 300,000 personnes tous les avantages et tout le confort de la vie moderne.

Aussi le sous-sol de l'Expo est-il un immense complexe de réseaux divers, électricité, communications, eau, égouts, et gaz.

Durant l'hiver 1965, des études comparatives faites par le Service du Génie rejetaient la possibilité d'une, ou plusieurs, centrale d'Énergie destinée à fournir aux divers édifices, chauffage, climatisation et énergie électrique, en raison du trop grand nombre de facteurs encore inconnus. Il était alors impossible de prévoir avec quelque exactitude que seraient le nombre de pays participants, le nombre d'industries participantes, leurs besoins et leur choix.

Monsieur Laurent Hudon est un gradué en Génie métallurgique de l'Université Queen's, à Kingston, Ontario. Il travailla pour l'Alcan au traitement de la bauxite pendant cinq ans; il prit la direction des études, l'Enseignement technique, pendant huit ans, puis il s'occupa de consultation à l'Industrie pendant dix ans. Il fut engagé par la C.C.E.U. en janvier 1964 en tant qu'assistant à l'Ingénieur en chef; il fut co-ordonnateur des installations de gaz et chargé de la vérification des installations mécaniques.

Le facteur temps jouait d'ailleurs à l'encontre de ce projet en ce que les chances de le terminer à temps étaient déjà trop minces.

Une seconde étude devait faire le joint entre l'électricité comme seule source d'énergie et un tandem électricité-gaz. Le facteur déterminant en faveur du tandem a été la différence dans le coût d'installation des réseaux de distribution, le rapport étant de l'ordre de 1 à 4.

Une dernière étude comparative conduisait au choix du gaz naturel de préférence au gaz propane pour sa densité, son degré de toxicité et la facilité de canalisation en sous-sol à partir d'une ligne à haute pression traversant l'emplacement tout près du centre.

Données de base

Très peu de facteurs étaient connus au moment où la décision fut prise de construire un réseau de distribution de gaz naturel sur les îles de l'Expo, soit :

- a) Un plan d'ensemble montrant la répartition probable du terrain en lots de diverses grandeurs, le réseau probable des rues, et l'utilisation probable des espaces demeurés libres.
- b) La division définitive de l'emplacement en quatre secteurs principaux soit :

Île Verte, ou extension sud de l'Île Ste-Hélène, Île Notre-Dame,

La Ronde, ou extension nord de l'Île Ste-Hélène, Cité du Havre.

Verte et Notre-Dame seraient des secteurs d'Exposition pour les pays participants.

La Ronde serait un vaste parc d'amusement.

Cité du Havre serait le site de l'Habitat '67 en plus d'être la porte d'entrée principale de l'Expo.

- c) Les règlementations générales aux participants limitant l'utilisation des terrains à plus de 40%, et à moins de 60%.

Calculs et plans

À partir des quelques données connues, d'une étude des statistiques d'expositions précédentes, et d'une enquête chez les usagers locaux, il devenait possible de déterminer de façon empirique la demande maxima possible dans chacun des divers secteurs de l'emplacement.

On a pour ce faire imaginé un édifice type de deux étages dont la hauteur serait 40 pieds et la superficie 20,000 pds. car.

En supposant une proportion 60-40, verre à matériaux solides, des conditions climatologiques moyennes, et une température moyenne de 72°F. à l'intérieur, on a déterminé que la demande de climatisation égalerait celle du chauffage et serait de l'ordre de 2.5 pi. cu de gaz par pied carré d'édifice.

On a ensuite réparti au pro-rata des surfaces de pavillons, quelque 40,000 sièges de restaurants ou comptoirs à des taux de demande variant de 0.7 à 7 p.c. de gaz par personne par heure.

De là on a tiré un facteur de demande globale de 0.052 pi. cu. de gaz par pied carré de terrain, établissant la demande maxima possible à :

Verte et Notre-Dame : 375,000 pi. cu/hre

La Ronde : 150,000 pi. cu/hre

Cité du Havre : 80,000 pi. cu/hre

La Corporation de gaz Naturel du Québec fut alors engagée à la préparation de plans et cahiers de charge, et à la construction d'un réseau de distribution qui répondrait aux besoins prévus.

Shawinigan Engineering Co. fut en même temps chargée de la revision des études, de la revision du concept et des plans, ainsi que de la surveillance des travaux de construction.

En raison de la nature du sol et des conditions particulières à une exposition, les normes de A.G.A., C.G.A. et A.P.I. furent considérées comme strict minimum et des mesures spéciales furent appliquées pour assurer un maximum de sécurité aux millions de visiteurs de l'Expo.

Description

Le réseau de distribution du gaz naturel à l'Expo s'approvisionne à même une ligne à haute pression, de 20 pouces de diamètre, qui longe le pont Jacques-Cartier de Montréal vers Longueuil.

Deux lignes parallèles de 6 pouces de diamètre, A.P.I. — 5L, classe B, épaisseur 0.280 pouces, amènent

le gaz sous une pression de 350 livres au pouce carré jusqu'aux postes de détente situés à l'arrière du Restaurant Hélène de Champlain, Île Ste-Hélène.

À ce point, la pression est réduite à 60 lbs au po. car., pression de distribution à travers les îles.

Les postes de détente ont été jumelés afin d'éviter toute interruption et assurer le maximum de sécurité. Quatre pilotes réglés respectivement à 60, 50, 55 et 45 lbs/po. car. entrent successivement en action, automatiquement, au moindre signe d'irrégularité dans la pression de débit.

De là, l'île Verte est desservie par une ligne de 8 pouces de diamètre, A.P.I. — 5L, classe B, épaisseur 0.322 pouces; l'île Notre-Dame par deux lignes de 6" de diamètre qui traversent sous les eaux du chenal Lemoyne où elles sont jumelées.

Selon la demande anticipée, la distribution à travers les îles est faite par des lignes bouclées de gros-seurs variées.

La distribution à La Ronde se fait à partir d'un branchement jumelé aux lignes à haute pression de 6 pouces jusqu'à un poste de détente identique à celui de l'île Ste-Hélène, d'où le gaz est canalisé à la pression normale de 60 lbs au po. car. par une ligne bouclée de 4 po. de diamètre, A.P.I. — 5L, classe I, épaisseur 0.237 pouce.

Afin d'éviter la traversée du fleuve par le pont de la Concorde, en raison du type de sa charpente, on a jugé bon d'approvisionner la Cité du Havre à partir d'une ligne à basse pression, 10 lbs/po. car., en passant par les rues Bridge, Forfar et Université. La distribution est faite par une ligne simple de 8 pouces.

Toute la tuyauterie est d'acier à joints soudés. Recouverte d'un enduit anti-rouille et anti-corrosif, elle repose sur un fond d'au moins 6 pouces de poussière de pierre et les 12 premiers pouces de remblai sont du même matériau.

Toute la tuyauterie a été nettoyée et vérifiée sous pression selon les méthodes standard.

70% de tous les joints en sous-sol ont été radiographiés.

Les entrées de service aux édifices sont aussi d'acier à joints soudés et varient en diamètre selon la demande. Elles comportent un appareil de seconde détente qui porte la pression de débit aux appareils à 6 pouces, colonne d'eau.

Chaque installation a son compteur, chaque usager traitant directement avec la Corporation de gaz naturel du Québec pour ce qui a trait à sa consommation.

Construction

La construction du réseau a débuté le 8 juin 1965. La programmation en était fonction directe de celle de la construction des réseaux d'égouts et d'aqueduc puis-que circulant dans le même droit de passage à un niveau supérieur.

La construction du réseau principal était terminée en septembre 1966 de sorte que l'ensemble était en fonctionnement sur toute son étendue le 25 octobre 1966. On avait installé alors :

Verte et Notre-Dame :	28,000 pds.
Ronde :	8,000 pds.
Cité du Hâvre :	8,000 pds.

L'installation des entrées de service s'est faite à mesure que la demande ferme en était faite. On a ainsi installé quelque 12,000 pieds de lignes de service et, à deux mois de l'ouverture quelque 25 entrées de service restent à compléter.

Capacité

À la lumière de nouveaux éléments connus au moment de la construction, la capacité maxima du réseau a été rajustée de façon à suffire à la demande sans toutefois être excessive.

Capacité réelle :

Île Verte et Notre-Dame : ...	375,000 pi. cu/hre
La Ronde :	80,000 pi. cu/hre
Cité du Hâvre :	70,000 pi. cu/hre

Au 8 juin 1965 :

Demande totale anticipée : ...	200,000,000 pi. cu.
Demande de pointe anticipée :	300,000 pi. cu/hre

Au 1er janvier 1967 :

Demande totale anticipée : ...	300,000,000 pi. cu.
Demande de pointe anticipée :	260,000 pi. cu/hre

Utilisation

En regard des dates d'ouverture et de fermeture de l'Expo, le chauffage n'a de réelle importance que dans la période d'hiver pré-Expo.

Les usages du gaz sont :

- Chauffage
- Climatisation
- Eau chaude
- Cuisines
- Effets spéciaux

70% des édifices utilisent le gaz pour le chauffage, la climatisation et l'eau chaude.

99% des restaurants et comptoirs se servent du gaz pour la cuisson et l'eau chaude.

Certains effets spéciaux comptent parmi les plus importants usages :

- Torche symbolique, Place des Nations.
- U-Ki, monstre marin, Pavillon du Canada.
- Torche multiple, Pavillon du Canada.
- Fontaines lumineuses, Centre de l'hospitalité.

Inspection et Service

À l'automne 1966, sur recommandations de spécialistes de la Northwestern Utilities Ltd, l'élévation des lignes a été vérifiée sur tout le parcours en vue de déterminer les effets de tassements possible du terrain. Les déplacements à ce point de vue ont été trouvés négligeables.

Durant la période intensive de construction des pavillons le réseau était maintenu sous pression d'air afin de permettre la détection immédiate de bris et d'établir un dossier permanent de l'état de la tuyauterie.

Depuis le début de son fonctionnement une patrouille surveille constamment le réseau pour la prévention de bris par des tiers et pour hâter les mesures d'urgence en tels cas.

Un système de service jour et nuit sur les lieux est en voie d'organisation pour permettre une action immédiate en cas de danger sans égard aux conditions de disponibilité ou de circulation hors des îles.

Toutes les installations sont allumées par des spécialistes de la Corporation de gaz naturel du Québec après vérification et approbation par la Régie de l'Électricité et du gaz de la Province de Québec.

Une équipe de détection des fuites vérifie le réseau et chaque installation après l'allumage, à chaque semaine.

GAZ PROPANE

Il y aura sur l'emplacement quelques installations au gaz propane pour desservir certains édifices ou restaurants trop éloignés pour être servis économiquement par le réseau de gaz naturel.

Au cours de l'hiver 66-67, quelque 45 installations temporaires au gaz propane fournissaient le chauffage à autant d'édifices en construction.

Ces installations sont soumises aux mêmes réglementations et à la même surveillance que celles au gaz naturel.

Remarquons en terminant, qu'en mettant le gaz à la disposition de ses participants, l'Expo met en lumière une autre de nos abondantes richesses naturelles. ■

LE GAZ NATUREL FOURNIT PLUS DE 89% DU COMBUSTIBLE À L'EXPO 67

96% de la cuisson
est faite au gaz naturel,
90% du chauffage
est assuré par le gaz naturel,
82% du chauffage de l'eau
est fait au gaz naturel.



On a choisi le gaz naturel sur les terrains de l'Expo 67 parce qu'il offre des avantages sans égal: efficacité, propreté, rapidité, souplesse.

Le gaz naturel, serviteur de la Terre des Hommes, est déjà le serviteur de plus de 55% des foyers montréalais.

GAZ NATUREL 
CORPORATION DE GAZ NATUREL DU QUÉBEC

La ligne no 4 du Métro

par DOMINIQUE BEAUDIN

Ce n'est qu'à la fin de 1962 que fut prise la décision ferme de tenir l'Exposition internationale universelle à Montréal en 1967. Plusieurs mois devaient encore s'écouler avant le choix définitif du site : île Sainte-Hélène à agrandir et île Notre-Dame encore inexistante.

Or, l'inauguration officielle des premiers travaux du Métro avait eu lieu le 23 mai 1962 sur la rue Berri au sud de la rue Jarry et il n'était aucunement question alors d'un prolongement vers les îles et la rive sud du Saint-Laurent. Le réseau initial comprenait trois lignes d'une longueur totale de 21 milles dont la ligne no 3, formée des voies du Canadien National sous le Mont-Royal, vers Cartierville au nord-ouest et vers l'avenue Papineau au nord-est, réclamait à elle seule plus de 11 milles avec 15 stations.

En avril 1967, la ligne no 3 a gardé son numéro, mais, en dépit des études et des négociations, elle appartient toujours aux projets futurs. La ligne no 4 (ou Montréal-Longueuil) à laquelle personne ne semblait penser voilà 5 ans, l'a supplantée et vient d'être mise en service. L'Expo '67 lui a conféré un droit de priorité et, en partant de Montréal, à la station Berri-de Montigny, ou de Longueuil, à la station du même nom, on se rendra à la pointe ouest de l'ancienne île Sainte-Hélène. De là on pourra correspondre avec les moyens de transport organisés par l'administration de l'Expo. Ou encore le voyageur commencera sa visite par là, car



Tranchée ouverte sur l'île Ste-Hélène

la station du Métro est à deux pas des grands pavillons, dont ceux des États-Unis et de la Russie.

La ligne Montréal-Longueuil du Métro doit l'existence à un heureux concours de circonstances. La tenue de l'Exposition universelle dans les îles du Saint-Laurent est évidemment, dans sa construction, le facteur déterminant. Toutefois, si l'aménagement de la ligne no 3 sous le Mont-Royal et vers Cartierville avait été entamé en 1962 et si le percement du tunnel dans le roc sous la rue Berri avait été beaucoup plus dispendieux, on aurait sans doute renoncé à la traversée du Métro sous le "fleuve géant". Le coût relativement bas de la percée du tunnel dans le roc a poussé à la construction de la ligne no 4 du Métro. C'est ainsi que les circonstances influent sur la marche de l'histoire... et des transports.

Tel qu'entrée dans le réel, le réseau du Métro de Montréal a une longueur totale de 16 milles en incluant les raccordements des lignes entre elles et avec les ateliers d'entretien Youville. Pour sa part, la ligne no 4 dépasse légèrement 3 milles. Elle partage la station Berri-de Montigny avec les lignes est-ouest et nord-sud, tandis que deux autres stations lui appartiennent en propre sur les 26 du réseau : celles de l'île Sainte-Hélène et de Longueuil. L'idée d'une station dans l'île Notre-Dame, envisagée tout d'abord, fut ensuite abandonnée, parce que la distance entre son site éventuel et la rapide plongée sous le canal du Saint-Laurent était trop faible.

Percer un tunnel de Métro sous la rue Berri ou sous la rue de Montigny apparaît au profane comme une opération ordinaire. Forer un tunnel identique sous le lit du Saint-Laurent lui semble une aventure autrement périlleuse et romanesque. Toute la masse d'eau du fleuve inépuisable pourrait s'y engouffrer et ce serait l'irréparable catastrophe. Sans minimiser le danger d'infiltrations considérables, l'ingénieur réaliste n'a vu là qu'un problème de plus à résoudre et les entrepreneurs, de même.

La construction a été précédée de forages dans le lit du fleuve. Sondages et examens de laboratoire ont

révélé sous les eaux une couche assez uniforme de schiste d'Utica. Il s'agit là d'une roche sédimentaire qui se fissure une fois exposée à l'action successive de l'air et de l'humidité. C'est pourquoi le bétonnage a suivi de façon presque immédiate la percée du tunnel. On avait eu soin, d'autre part, de conserver une couverture de roc de 40 pieds en moyenne sous le lit du fleuve. Des sondages systématiques précédaient le creusage afin de dépister toute faille du roc et, en conséquence, toute intrusion massive des eaux.

Des difficultés particulières, inhérentes au milieu de travail, se sont présentées. Dans un article écrit pour une revue de France, M. Jacques Gaston, ingénieur en chef de la Régie autonome des Transports parisiens et conseiller technique au Métro de Montréal, signale ce qui suit : "Dans la traversée sous-fluviale, une zone de 500 pieds fut assez difficile à franchir, car les infiltrations venant du fleuve étaient très nourries et les chutes de pierres, fréquentes. La profondeur du fleuve à cet endroit était d'environ 33 pieds et l'épaisseur du rocher au-dessus du l'extrados de l'ouvrage, de 36 pieds. Après de longs travaux délicats et dangereux, l'entrepreneur en est venu à bout sans prendre trop de retard. À cet endroit, furent placés des portiques, des coffrages métalliques, du béton projeté. De multiples injections furent effectuées afin de diminuer à une valeur raisonnable les infiltrations".

Des 16,000 pieds que compte la ligne no 4 du Métro, près des deux tiers ont été construits dans le roc et l'autre tiers, en tranchée ouverte. La ligne va de la rue Ontario à Montréal jusqu'à l'île Sainte-Hélène en cheminant sous la rue Saint-Denis, la rue Bonsecours, les quais et le fleuve. Toute cette partie, en incluant la station sous la rue Saint-Denis, a été déblayée dans le roc à grande profondeur. De l'île Sainte-Hélène à Longueuil, on a construit le souterrain du Métro en tranchée ouverte à l'exception du passage sous la voie maritime du Saint-Laurent. Le bras sud du fleuve a été endigué pendant l'été et l'automne de 1965 et l'entrepreneur a construit à sec, entre deux digues, le tunnel conduisant de l'île Sainte-Hélène à l'île Notre-Dame.

La mise en place du tunnel de la ligne no 4 a fait l'objet de trois contrats inégaux.

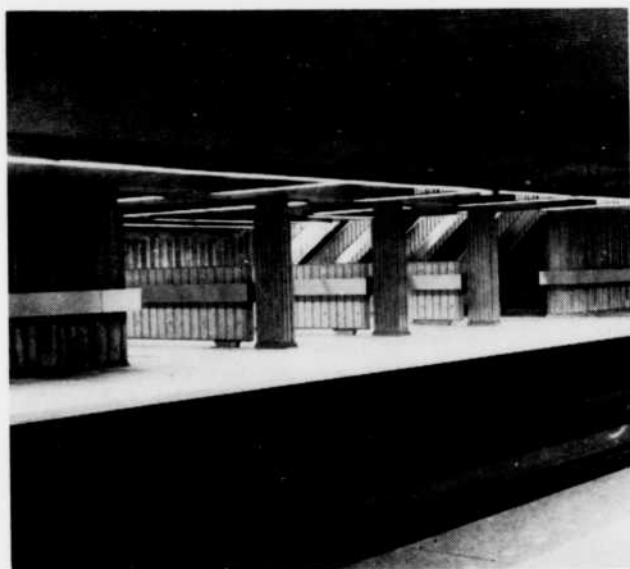
De la rue Ontario à l'île Sainte-Hélène, — une longueur de 9,778 pieds, — le contrat a été accordé le 28 juillet 1964 à Henry J. Kaiser Co. & Mannix, au prix soumis de \$4,720,330. Le même jour, Peter Kiewitt Sons Co. & Albert Deschamps obtenaient le contrat de construction du tunnel depuis l'île Sainte-Hélène jusqu'à la rive sud du Saint-Laurent à Longueuil, une longueur de 4,050 pieds : le prix soumis était de \$2,574,340. Il restait un dernier tronçon de part et d'autre de la station de Longueuil qui fut construit par Spino Construction pour le prix de \$787,300.



Une image imposante des travaux du Métro à travers l'île Ste-Hélène



Le tunnel, servant de passage au Métro, est mis en place et puis la tranchée se referme



La station de l'île Ste-Hélène

La ligne no 4 compte trois stations en tout. Cette partie de la station Berri-de Montigny qui lui est affectée sous la rue Saint-Denis faisait partie du contrat accordé à Henry J. Kaiser Co. & Mannix. À 90 pieds sous terre, cette station est la plus profonde du réseau. Au contraire, les stations de l'île Sainte-Hélène et de Longueuil se rapprochent de la surface du sol et se passent d'escaliers mécaniques. La première a été construite par B.G.L. Ingénieurs et Constructeurs, Limitée, au coût de \$1,494,500. La deuxième a échu à Vermont Construction Inc. au prix de \$1,048,916. Les plans des stations de l'île Sainte-Hélène et de Longueuil ont été préparés par des architectes du Service des Travaux publics de Montréal et plus précisément par M. Jean Dumontier, assistant de l'architecte du Métro, M. Pierre Bourgeau.

Ces deux stations sont très vastes. La mezzanine, dans les deux cas, est hors du sol. Après l'Expo, l'île Sainte-Hélène sera rendue à sa destinée de grand parc montréalais et c'est pourquoi sa station s'harmonise avec le caractère champêtre des lieux. Le béton imite des planches de bois vieilli en deux teintes. Quant à la station de Longueuil, elle a une particularité : la perception des billets se fait sur les quais et non pas à la mezzanine. Un vaste stationnement l'entoure et les automobilistes pourront laisser là leur véhicule pour continuer vers Montréal leur voyage en métro. Ce sera aussi le point de départ ou d'arrêt d'un grand nombre d'autobus. De la sorte, la ligne no 4 contribuera à dégager quelque peu le pont Jacques-Cartier. Il est de haute convenance de mentionner que la ville de Longueuil a fourni une exemplaire collaboration à la ville de Montréal dans la construction du Métro et qu'elle a fixé sa quote-part à \$3,300,000.

Tout en étant la plus courte des 3 lignes présentement en service, la ligne no 4 détient de nombreux "records".

Pour la construction du tunnel, le tronçon le plus long et le plus coûteux : 9,778 pieds pour \$4,720,330.

Pour la profondeur du souterrain par rapport à la surface du sol : 180 pieds sous la rue Bonsecours à l'intersection de la rue Notre-Dame.

Pour la profondeur des quais d'une station par rapport à la surface, 90 pieds sous la rue Saint-Denis, (station Berri-de Montigny).

Pour la pente maximale des voies : 6.3% aux abords de la station de l'île Sainte-Hélène.

Pour les interstations, les deux plus longues de tout le réseau : 8,250 pieds entre la station Berri-de Montigny et la station de l'île Sainte-Hélène, puis 5,658 pieds, entre cette dernière et Longueuil.

La distance entre stations fait aussi que la vitesse commerciale ou de rendement sur la ligne no 4 sera la plus élevée. Le voyage de Montréal à Longueuil par

le Métro se fera en 5 minutes, ce qui paraît incroyable aux usagers du pont Jacques-Cartier, du moins !

Les pessimistes craignaient qu'en dépit de toutes les promesses contraires la ligne no 4 ne pût être mise en service pour l'ouverture de l'Expo. Or, dès la fin de décembre, on pouvait faire rapport au Conseil municipal de Montréal que la pose des voies était achevée. Les voitures qui devaient être affectées à la ligne no 4 avaient été commandées, en même temps que celles qui parcourent les lignes no 1 et no 2, chez Canadian Vickers le 6 août 1963. On précisait dès lors que 54 voitures ou 9 trains desserviraient la ligne no 4. On sait que la capacité de transport d'une ligne de métro, basée sur le passage des trains toutes les 90 secondes, est de 60,000 à l'heure dans une seule direction. L'achèvement de la ligne no 4 vient donc à son heure et permettra à un grand nombre de voyageurs d'atteindre les terrains de l'Expo dans un minimum de temps.

Quant à dire dès maintenant en chiffres précis combien de voyageurs emprunteront la ligne no 4 du Métro pour visiter l'Expo, c'est une spéculation qu'il vaut mieux abandonner aux prophètes de la statistique. Ceux-ci pensent que l'Expo '67 attirera d'ici et de l'étranger 30 à 35 millions de visiteurs. Ce chiffre étant posé, certains estiment que 40 pour cent d'entre eux emprunteront la ligne no 4 du Métro pour prendre possession de l'île Sainte-Hélène : ces calculs sur l'avenir donneraient de 12 à 15 millions de passagers. Ce qui favorise le Métro, c'est qu'on peut partir en autobus de tout point de Montréal pour se rendre dans l'île Sainte-Hélène. La ligne no 4 du Métro sera donc nourrie, comme le fleuve, par de nombreux confluent. Déjà, d'après les chiffres de la Commission de Transport, les lignes no 1 et no 2 du Métro transportent, dans une journée normale, de 350,000 à 380,000 personnes.

Il est à noter, d'autre part, que les portes d'entrée immédiates de l'Expo '67 ne sont que bien peu nombreuses. Il y a le Centre d'Accueil de la Cité du Havre, ancienne jetée MacKay; et malheureusement le pont des Peuples a négligé de relier l'île Notre-Dame à la rive sud. Il y a le pont Jacques-Cartier pour amener un nombre limité d'autobus et enfin le Métro qui recevra les voyageurs de la rive sud comme de Montréal. S'il faut s'attendre à une invasion formidable de voyageurs de partout, les moyens de transport vers les îles de l'Expo n'auront pas à redouter la concurrence; ils devront plutôt conjuguer leurs efforts pour donner à tous un service adéquat.

Inauguré le 31 mars 1967, mise en service régulier le 3 avril suivant, la ligne no 4 du Métro n'aura pas perdu toute utilité quand l'Exposition universelle de Montréal sera devenue en novembre 1967 une glorieuse page d'histoire. C'est alors que cette nouvelle route rapide entre Montréal et Longueuil assumera sa vocation normale. ■



à l'expo67 **MANIC 5**

télévisé en direct, en couleur
sur grand écran au
Pavillon des Industries du Québec.

La modification du réseau hertzien de
l'Hydro-Québec, afin de permettre la
transmission d'images, est une réalisation
de ses services de télécommunications.



Hydro-Québec

Le minirail

par T. ZENATY

En jetant un rapide coup d'oeil sur le plan de l'Expo, le lecteur sera sans aucun doute convaincu qu'il importe fort d'aménager un réseau efficace de moyens de transport en commun.

Le principal réseau de transport des visiteurs entre les quatre grands secteurs de l'Expo, c'est-à-dire la Cité du Havre, l'Île Sainte-Hélène, l'Île Notre-Dame et La Ronde, est l'Expo-Express, chemin de fer électrique ayant deux stations dans la Cité du Havre et une station dans chacun des autres secteurs. Comme les véhicules particuliers — à l'exception des véhicules de secours — ne pourront avoir accès aux terrains au cours de l'Expo, il a fallu envisager l'utilisation d'autres moyens de transport permettant de compléter le réseau "Expo-Express" et de faciliter le déplacement des visiteurs dans l'enceinte de l'Expo.

Il a été décidé que l'on ne devrait envisager que l'utilisation de réseaux de transport secondaire à niveaux séparés, afin d'assurer la libre circulation des piétons, sauf dans la Cité du Havre. Étant donné la configuration spéciale de la Cité du Havre, on a estimé qu'il était possible d'utiliser de petits trains (à moteurs et à remorques) dans ce secteur, sans gêner la circulation des piétons.

À l'origine, la C.C.E.U. avait envisagé que les réseaux de transport secondaires des trois autres secteurs soient fournis et exploités par des concessionnaires mais elle a repoussé, après les avoir examinées, toutes les offres qu'elle avait reçues, étant donné leur manque d'intérêt du point de vue économique. Après avoir étudié divers moyens de transport, la C.C.E.U.



Monsieur T. Zsenaty, né en Hongrie, obtint en Génie mécanique à l'Université Technique de Budapest, en 1951. Il travailla ensuite sur différents projets au Département des Transports Publics de cette ville. À son arrivée au Canada, en 1957, il fut employé par Wiggs Wallford, Frost & Lindsay et ensuite par Huza & Thibault, Ingénieurs-conseil, à Montréal. Il s'est joint, au début de l'année 1964, à la C.C.E.U., où il est l'adjoint du chef de la Division du Transport en Commun, Section du Minirail.

a passé un contrat avec les Ateliers de constructions mécaniques Habegger, une entreprise suisse, pour la fourniture de trois réseaux de monorail, désignés sous le nom de réseaux "Minirail", devant être installés dans les deux secteurs internationaux et dans le parc d'attractions de La Ronde.

On a établi les tracés des voies de façon à permettre aux passagers d'avoir une très belle vue des secteurs de l'Expo desservis par les réseaux et à satisfaire aux besoins des visiteurs en matière de transport. La voie, surélevée le plus souvent, passe au-dessus des terres et des eaux; elle passe autour des pavillons et les traverse. Au niveau du sol, la voie est protégée par des clôtures qui empêchent les visiteurs de s'approcher des rames en mouvement et des rails sous tension. Les rames, de belle apparence, sont actionnées par l'électricité et sont complètement automatisées. Elles circulent sans fumée et avec un minimum de bruit. Ainsi, ces réseaux ne gêneront aucunement les piétons et constitueront de véritables "éléments d'exposition" mobiles. On a établi les capacités de transport en fonction des estimations d'affluence et d'après l'expérience acquise lors d'expositions similaires organisées à l'étranger. Les emplacements des stations ont été fixés de telle façon que les visiteurs ne soient pas obligés à franchir à pied une distance de plus de 1200 pieds (beaucoup moins en pratique) pour pouvoir arriver à l'une quelconque des stations situées dans les trois secteurs desservis par les réseaux de Minirail.

Deux sortes de réseaux de Minirail sont utilisés à l'Expo '67 : d'une part, le "petit" Minirail, installé dans l'île Sainte-Hélène et dans le parc d'attractions de la Ronde, qui avait été conçu et construit à l'origine pour l'Exposition de la Ronde, qui avait été conçu et construit à l'origine pour l'Exposition nationale suisse de Lausanne (1964) et qui a été remis entièrement à neuf par le fabricant; d'autre part, le "grand" Minirail, installé dans l'île Notre-Dame, qui a été mis au point et construit pour l'Expo '67. La même entreprise (Habegger) a installé un réseau du



Figure 1

même type (à grande capacité de transport) dans le parc des expositions de Munich, en Allemagne de l'ouest, à l'occasion de l'Exposition internationale des transports (1965).

Réseau de minirail de l'île Sainte-Hélène

La voie est surélevée le plus souvent, sauf à la station "Place des Nations". Elle atteint une hauteur maximum de 35 pieds. Elle décrit une boucle fermée dans l'île, sur une distance de 6000 pieds environ. Deux stations sont situées sur le tracé de la voie; l'une se trouve au niveau du sol, au-dessous de la station de l'Expo-Express appelée "Place des Nations", et l'autre est surélevée et située à proximité du Métro. Cette dernière station est reliée au minirail de l'île Notre-Dame et permet donc d'assurer facilement la correspondance des passagers entre les deux réseaux. Le Minirail de l'île Sainte-Hélène sert également de moyen de transport entre les stations de l'Expo-Express et du Métro situées dans ce secteur. Ce Minirail surélevé permettra aux visiteurs de faire rapidement (de 12 à 15 minutes) le tour de l'île Sainte-Hélène, afin d'avoir un aperçu du panorama d'ensemble.

Toutes les stations situées dans l'île Sainte-Hélène et l'île Notre-Dame (à l'exception de la station aménagée à niveau) sont à ciel ouvert. L'entrée, le guichet de contrôle des billets et les postes de transformation sont situés au niveau du sol. Les quais d'entrée et de sortie se trouvent à la hauteur de la voie, c'est-à-dire de 12 à 15 pieds au-dessus du sol. Les deux niveaux sont reliés par des rampes (pour la montée) et des escaliers (pour la descente), ainsi que le montre la figure 1 qui représente une station-typique. En période de pointe, une rame passera aux stations toutes les 60 ou 80 secondes. Il importe donc au plus haut point que les visiteurs puissent monter dans les voitures et en descendre rapidement et sans heurt, de façon à assurer l'exploitation efficace du réseau et à

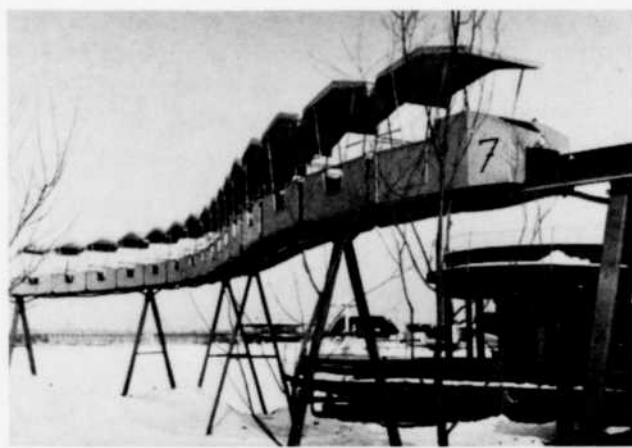


Figure 2

satisfaire les visiteurs. Ceux-ci monteront dans les voitures d'un côté et en descendront de l'autre, étant donné qu'il y a deux quais distincts. Ainsi, les passagers monteront et descendront plus facilement et sans interruption et l'arrêt des rames sera relativement bref, soit de 20 à 25 secondes. En raison de la courte période d'attente, il n'a pas été jugé nécessaire de recouvrir les stations de toitures.

On a prévu d'utiliser, sur le réseau de l'île Sainte-Hélène, douze rames dont dix circuleront en permanence, les deux autres restant à l'atelier, aux fins d'entretien et de révision périodiques. Sur la figure 2, on peut voir une rame et la structure de soulèvement de la voie. Le réseau est conçu pour pouvoir transporter 2400 personnes à l'heure, compte tenu des arrêts aux stations. Les rames circulent à la vitesse maximum de 7 milles à l'heure, elles peuvent gravir des pentes de 7 pour cent et s'inscrire en courbes de 50 pieds de rayon. Chaque rame se compose de 16 voitures, c'est-à-dire d'une motrice contenant le groupe convertisseur Ward-Léonard et les appareils de commande et de propulsion, et de 15 voitures disposant chacune de 4 places. Tous les passagers sont assis.

Les voitures sont du type ouvert. Les caisses sont en acier, les superstructures sont en tôle d'aluminium et les capotes sont en matière plastique légère. Ainsi, les passagers peuvent admirer le paysage à loisir. Les sièges à armature tubulaire et à cordelettes en matière plastique de différentes couleurs assurent le confort des passagers et peuvent être nettoyés et entretenus facilement. Les voitures reposent deux par deux sur un bogie commun, à moteur d'entraînement et à deux roues et les voitures de tête et de queue sont munies de bogies supplémentaires non entraînés. La puissance provenant des bogies entraînés (dynamos à courant continu, de 2 c.v. environ) est transmise aux roues tractives à bandages pleins, par l'intermédiaire d'un engrenage réducteur. La figure 3 montre la disposition schématique de ces bogies. Il y a, outre les

deux roues tractives, deux grandes roues stabilisatrices qui sont placées des deux côtés de la voie et deux roues, plus petites, placées entre les deux profilées en U. Toutes les roues sont munies de bandage en caoutchouc plein et de paliers antifricition.

Chaque rame a environ 105 pieds de long et 4 pieds 2 pouces de large. Elle peut transporter 60 personnes au maximum. Le courant alternatif alimentant les bogies est converti en courant continu par le groupe Ward-Léonard de la voiture de tête et transmis à chaque dynamo (moteur d'entraînement). Le réglage de la vitesse (de la vitesse maximum à l'arrêt complet) se fait sans à-coups, au moyen du groupe convertisseur. Pour arrêter les rames en cas d'urgence ou de panne de courant, on utilise simplement un freinage à solénoïde.

La voie est constituée par deux profilés en acier laminé, de 12 pieds x 3 1/2 pouces, adossés l'un à l'autre. Ainsi que l'indique la figure 3, la voie est montée sur des supports en pyramide (en "A") fabriqués avec des tubes d'acier de 7 7/8 pouces x 2 3/4 pouces. Les supports en "A" entrecroisés prennent eux-mêmes appui sur des massifs d'ancrage comprenant chacun deux traverses de chemin de fer, sur une assise de pierres concassées de 6 pouces d'épaisseur. Les traverses sont posées en général à 2 ou 3 pieds au-dessus du niveau du sol. En certains endroits, on utilise un seul support en acier, au lieu de supports en "A". Les supports sont espacés de 33 pieds environ, sur les lignes droites, et de 23 pieds dans les courbes.

Pour la manoeuvre des rames entre la voie principale et l'atelier d'entretien, situé au niveau inférieur de la station "Métro" du minirail, on utilise des aiguilles de type rotatif à commande électrique, pivotant sur un axe horizontal.

Réseau du minirail de La Ronde

Ainsi qu'il a été indiqué plus haut, la moitié du matériel de l'Exposition de Lausanne est utilisée pour ce réseau. Le principe fondamental, la capacité de transport et le matériel roulant de ce réseau sont les mêmes que pour le réseau de l'île Sainte-Hélène.

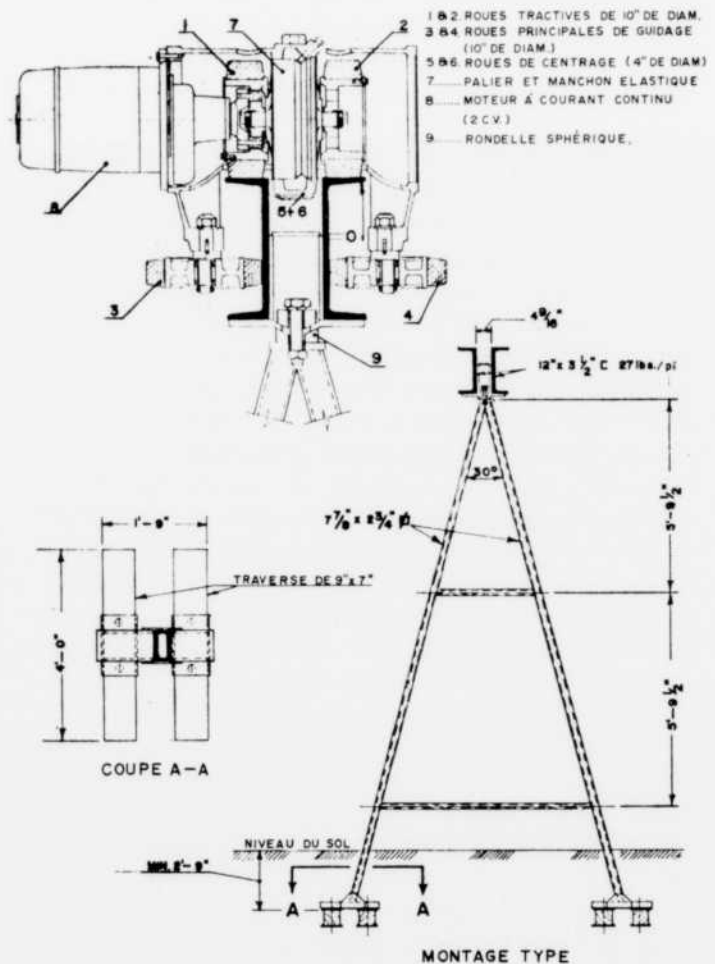
Dans ce secteur, le tracé est légèrement plus long. La voie, de 7000 pieds de long, est surélevée partout, de 8 à 35 pieds au-dessus des terres et des eaux. Les deux stations, surélevées, sont situées à "Pioneer Land" et au "Village", deux éléments caractéristiques du parc d'attractions. La première de ces stations se trouve tout près du terminus de l'Expo-Express. Ainsi, les visiteurs qui arrivent à cet endroit et qui désirent se

rendre commodément à l'extrémité du parc d'attractions, en observant la foule animée ou les manèges, peuvent monter dans une rame du Minirail à la station "Pioneer Land". Bien que toutes les stations des réseaux de Minirail soient construites sensiblement de la même façon, les stations du réseau de La Ronde diffèrent nettement, par leur aspect, des stations construites dans les autres secteurs. Le style architectural de ces stations se marie harmonieusement avec le paysage environnant. Par ailleurs, elles sont recouvertes de toitures. L'ensemble récréatif de La Ronde a été conçu pour demeurer, après l'Expo, en tant que parc d'attractions permanent.

Douze rames circuleront sur le réseau de La Ronde. Les caractéristiques techniques, la voie et les supports sont les mêmes que pour le réseau des autres secteurs de l'île Sainte-Hélène.

Minirail de l'île Notre-Dame

Dans cette île, on a installé un réseau de minirail plus important et de plus grande capacité, pouvant transporter quelque 6000 personnes à l'heure dans



un sens, sur un parcours de 22,000 pieds environ. Le circuit complet dure 35 minutes environ. Les usagers de ce réseau peuvent admirer les panoramas les plus divers; les rames franchissent le chenal Lemoine, en passant au-dessus de la passerelle du Cosmos, réservée aux piétons, et arrivent dans l'île Ste-Hélène où elles décrivent une boucle à travers le pavillon des États-Unis, de forme sphérique, et autour de la station de métro. Les réseaux de Minirail de l'île Sainte-Hélène et de l'île Notre-Dame se joignent à la station située à proximité du Métro. À l'exception d'un tronçon de quelques centaines de pieds de long, la voie est surélevée et atteint une hauteur maximum de 40 pieds en certains endroits. Les rames passent autour du pavillon du Québec, sous un tunnel et une chute d'eau (situés dans le même secteur) et enfin sous la toiture du pavillon de l'Ontario. Les passagers pourront contempler à loisir la quasi-totalité des pavillons et des éléments d'exposition. Nous sommes certains que toutes les personnes qui désirent photographier les merveilleux paysages de l'Expo emprunteront les rames Minirail.

À part la station de correspondance de l'île Sainte-Hélène, on trouve sur ce réseau (île Notre-Dame) trois

stations surélevées, deux de celles-ci étant réservées à la circulation des rames dans les deux sens et l'autre à la circulation dans un seul sens. La figure 1 représente une station-type de ce réseau.

Trente-deux rames, comprenant chacune une motrice et huit voitures, seront utilisées sur ce réseau. Les voitures de tête portent le groupe convertisseur et l'appareillage de commande, et six personnes peuvent s'y asseoir. Dans chacune des autres voitures, il y a douze places assises. Ce circuit comprend des dénivellations atteignant 10 pour cent. Les rames peuvent circuler à la vitesse maximum de 10 milles à l'heure et s'inscrire en courbes de 50 pieds de rayon. Les voitures, de type ouvert, sont munies de capotes (dais) qui protègent quelque peu les passagers du soleil ou de la pluie. Une toile de polyéthylène recouvrira le wagon afin d'assurer une meilleure protection aux passagers durant les périodes froides.

Les bogies sont sensiblement du même type que ceux utilisés sur les voitures du "petit" Minirail. Les roues tractives sont munies de pneumatiques gonflés à l'azote et sont entraînées par un moteur à courant continu, de 7½ c.v., par l'intermédiaire d'un engrenage différentiel, actionné par courroie.

Quatre roues de guidage, disposées à l'horizontale et deux roues de guidage disposées à la verticale, assurent la stabilité voulue aux voitures. Ces roues sont munies de bandages en caoutchouc plein. En cas de crevaison des pneumatiques, deux autres roulettes (galets de secours) s'abaisseront au niveau des patins supérieurs des rails (profilés). La figure 4 montre la disposition schématique de ces bogies.

Chaque rame a 125 pieds de long et 5 pieds 9 pouces de large. Elle peut transporter 102 personnes assises. Les visiteurs ne seront pas autorisés à se tenir debout dans les voitures.

On utilise les mêmes supports en "A" et les mêmes massifs d'ancrage (à traverses de bois) que pour les petits réseaux de Minirail, avec des poutrelles d'acier de 12 pouces × 6½ pouces WF (wide flange : à patin large). La voie consiste en deux longerons d'acier (à patin large), de 21 pouces × 8¼ pouces. (cf. figure 4). On utilise également un seul support, aux croisements et dans les courbes. Les supports et les rails étant plus solides, on a augmenté la portée entre les supports, à savoir 50 pieds sur les lignes droites et 35 pieds dans les courbes.

Alimentation électrique et entraînement automatique

Tous les réseaux de Minirail sont alimentés en énergie (440 volts, courant triphasé, 60 périodes) par

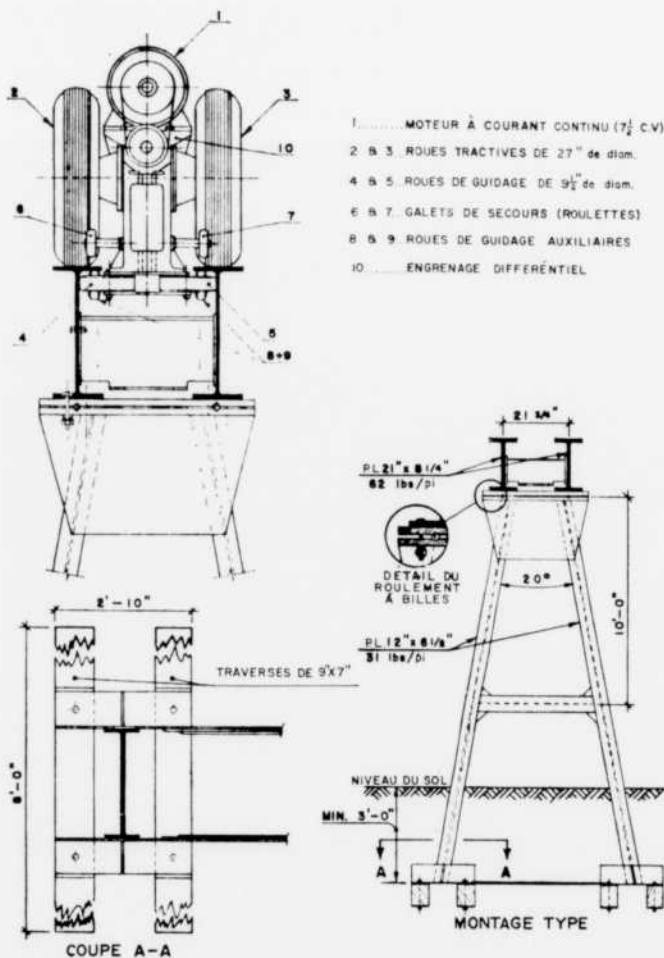


Figure 4

des postes de transformation installés au niveau inférieur de toutes les stations. Le courant arrive par des câbles souterrains ou aériens attachés sous la voie et reliés aux rails conducteurs, à des endroits précis. Les rames sont électrifiées au moyen de rails conducteurs en acier galvanisé, en forme de U, isolés au caoutchouc qui sont fixés à la voie. Pour plus de sûreté, on peut couper le courant électrique, à n'importe quel point des voies, à partir des pupitres de commande situés sur les quais de toutes les stations.

Les trois réseaux de Minirail sont conçus pour fonctionner de façon entièrement automatique, sans conducteur dans les voitures de tête. On peut également passer sans difficulté de l'automatisation à la conduite manuelle. En temps normal, l'employé en service sur le quai d'arrivée de chaque station mettra la rame en marche en appuyant sur un bouton marqué "GO". Dès cet instant, la rame sera télécommandée et avancera automatiquement jusqu'à ce qu'elle s'arrête à la prochaine station. En cas d'urgence, l'employé pourra arrêter toute rame se dirigeant vers la station ou en partant, en appuyant sur un autre bouton. Sur tout le parcours, des impulsions "préprogrammées" provenant d'un rail régulateur spécial, permettent de régler la vitesse de la rame, selon qu'elle gravit ou descend une pente, qu'elle passe dans des courbes ou à des endroits d'un intérêt particulier. L'appareillage de régulation permet de maintenir la distance entre deux rames et de modifier les impulsions préprogrammées en fonction de l'intervalle libre — dûment mesuré — entre les rames. Les rames commencent à ralentir lorsque l'intervalle correspond à deux longueurs de rames et demie environ, et elles s'arrêtent complètement lorsque l'intervalle entre les rames correspond à peu près à la longueur d'une rame. Le système de freinage permet également d'arrêter une rame automatiquement, en cas de panne ou en cas d'urgence.

Sur le réseau de l'île Notre-Dame, dont le tracé est le plus long et le plus complexe, un "bloc-système" (cantonnement) sera utilisé pour limiter le nombre de rames circulant sur un tronçon donné, de telle sorte que les rames soient réparties uniformément sur l'ensemble du circuit. L'appareillage de commande se trouve dans un bâtiment spécial (surélevé) de l'île Notre-Dame, à peu de distance de l'atelier d'entretien du Minirail. C'est à partir de ce bâtiment que l'on procède, par télécommande, à la manœuvre des rames entre le circuit principal et l'atelier d'entretien.

Système d'aiguillage, dépôt et atelier d'entretien

Chacun des réseaux de Minirail dispose de son propre atelier d'entretien où les rames seront constituées

et où seront effectuées les révisions périodiques et les petites réparations au cours de la période d'exploitation. L'atelier d'entretien du réseau de Minirail de l'île Sainte-Hélène est situé au niveau inférieur de la station "Métro"; celui du réseau de La Ronde est situé au niveau inférieur de la station "Le Village" et celui du réseau de l'île Notre-Dame constitue un bâtiment spécial. Dans les ateliers, les caisses des voitures reposent sur plusieurs galets, disposés tout autour des rails. Cela permet de dégager complètement les bogies, aux fins d'examen et de réparation.

Des aiguilles de type rotatif (cf. réseau de l'île Sainte-Hélène) facilitent la manœuvre des rames entre les circuits principaux et les ateliers d'entretien et dépôts. Toutes les aiguilles sont actionnées électriquement, au moyen de boutons-poussoirs, à l'exception des deux aiguilles du réseau de l'île Notre-Dame, commandées à distance.

Sur le réseau de l'île Notre-Dame, on a installé deux voies d'évitement le long du tracé, sur lesquelles on pourra diriger les rames en cas de panne. Ainsi, on ne sera pas obligé de les remorquer, sur une longue distance, vers le dépôt.

Sur les réseaux de la Ronde et de l'île Notre-Dame, on utilise un dispositif spécial d'aiguillage, à commande électrique, appelé chariot transbordeur, qui reçoit une rame complète et la fait passer latéralement d'une voie d'évitement à la voie principale, ou bien de la voie de triage à l'atelier ou au dépôt du secteur.

Bureaux d'ingénieurs-conseils

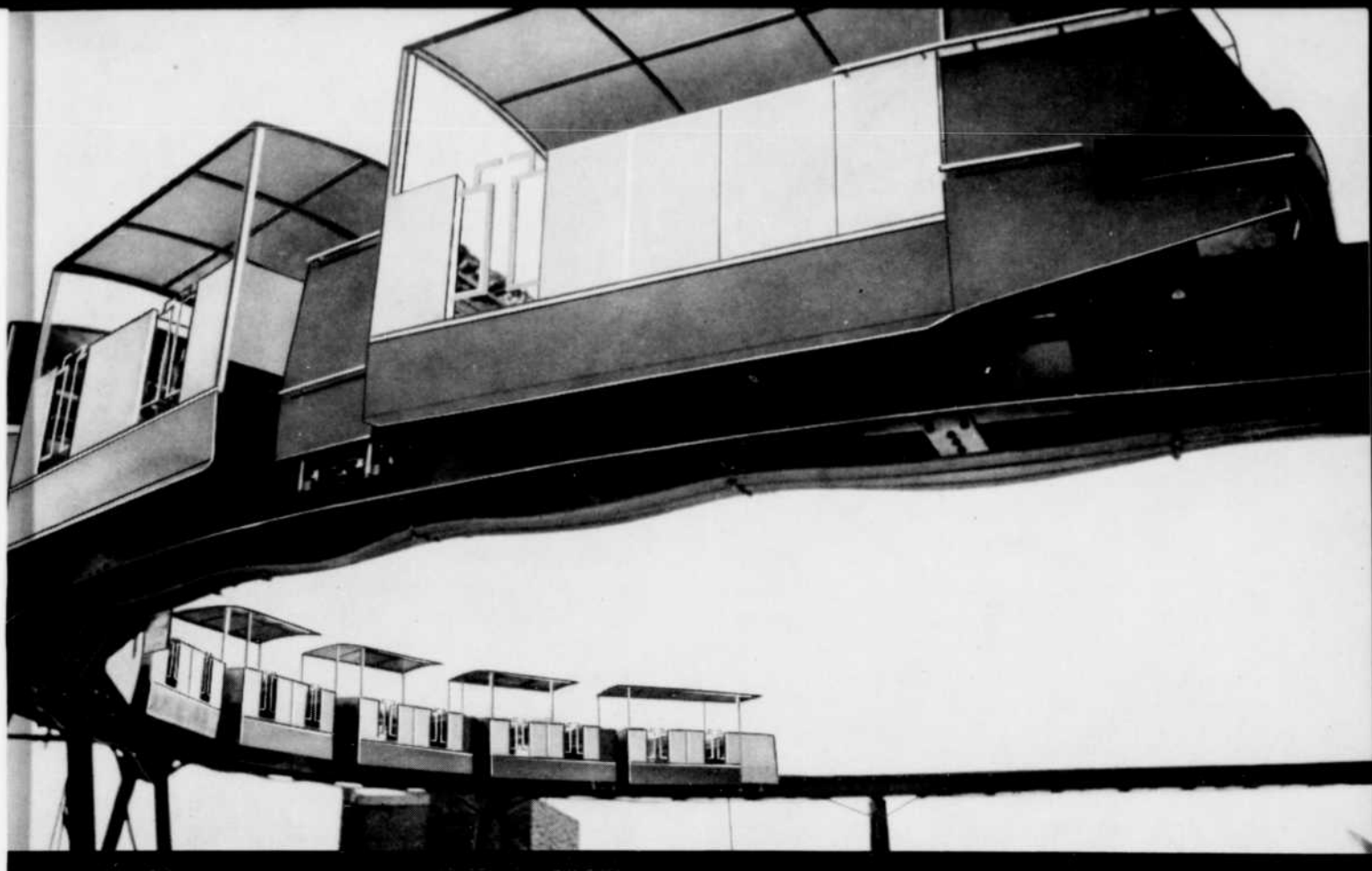
En dehors des études effectuées par les ingénieurs de la C.C.E.U., avec l'aide du constructeur, en ce qui concerne le matériel et l'ingénierie, il convient de souligner le rôle important joué par les bureaux d'ingénieurs-conseils ci-après :

MM. Hurter, Todd & Meyer, ingénieurs-conseils, Montréal : levé du terrain, établissement des tracés, alimentation en énergie électrique, construction des stations, installations mécanique et électrique, surveillance des travaux de montage des charpentes métalliques.

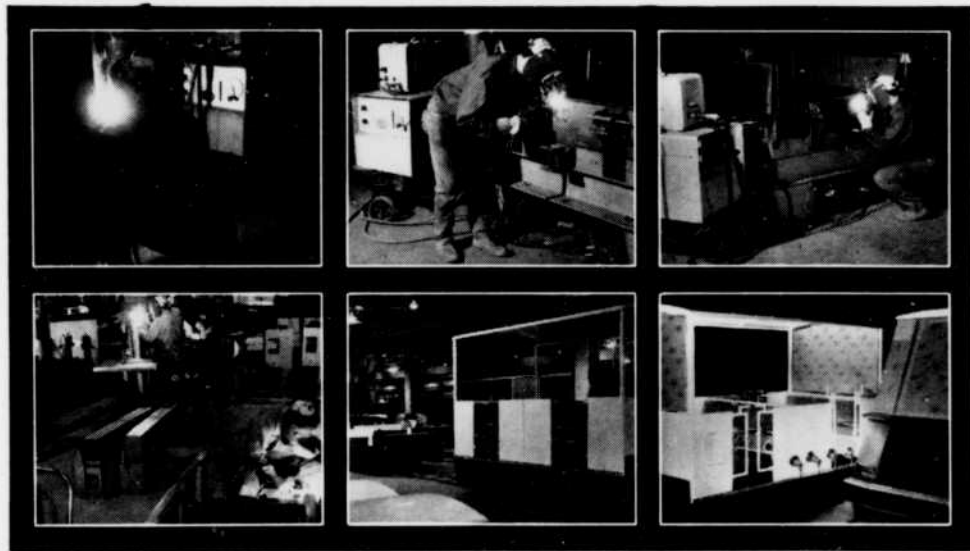
M. Hart Massey, architecte, Ottawa : stations de Minirail de l'île Sainte-Hélène et de l'île Notre-Dame.

MM. Poulin, Ayotte, Vincent, Derome, architectes, Montréal : stations "Le Village", La Ronde.

M. E. J. Gaboury, architecte, Winnipeg : station "Pioneer Land", La Ronde. ■



L'ensemble de soudure Dip-Transfer AIRCO a été choisi par la Division TRUSCON de Dosco Industries pour les wagons du minirail de l'expo67...



Renseignez-vous auprès de Truscon. On vous donnera trois raisons spécifiques qui ont motivé leur choix de l'ensemble de soudure Dip-Transfer AIRCOMATIC... outillage, fils de soudure et gaz protecteur... pour souder les 288 wagons du minirail rapide de l'EXPO. 1. La soudure Dip-Transfer est le procédé le plus efficace pour ce genre de travail, soudant l'acier de calibre 16 jusqu'à $\frac{3}{8}$ ". 2. L'emploi du gaz protection AG25 offre de la souplesse pour l'assemblage des joints ouverts, en minimise les onéreux nettoyages des soudures. 3. L'entraînement des opérateurs compétents était accompli en quelques heures seulement grâce à l'assistance du représentant technique AIRCO.

Consultez AIRCO:
Le représentant technique
des ventes vous fournira
tous les renseignements.



MONTRÉAL Tél. (514) 744-4961
905, rue Hodge, Montréal 9, P.Q.
TORONTO Tél. (416) 249-8101
172 Belfield Road, Rexdale, Ont.



AIR REDUCTION CANADA LIMITED

MONTRÉAL

Distributeurs d'un océan à l'autre

TORONTO

Habitat 67

par MOSHE SAFDIE

Plutôt que de m'attarder sur l'aspect technique de la préfabrication de l'Habitat 67, j'ai préféré laisser ce soin à l'entrepreneur chargé de la préfabrication et au conseiller technique de la construction pour ce projet qui s'en acquitteront mieux que moi. J'aborderai la question de l'Habitat en donnant à ce concept le sens très large de système de construction.

Pour obtenir des renseignements techniques plus détaillés, on pourra consulter les diverses publications dont la liste figure à la suite de cet exposé.

L'Habitat 67 est un système de construction à trois dimensions capable de s'adapter à une grande variété de terrains. Cette initiative de l'Habitat s'efforce de souligner les faiblesses des structures actuelles de l'industrie de la construction et indique dans quelle direction l'évolution devrait se faire.

L'Habitat nous montre donc l'incidence particulière que peuvent avoir sur le bâtiment et la construction les méthodes de montage. Toute chaîne de montage nécessite l'utilisation d'éléments qui se répètent et dont l'ensemble constituera le produit final. Plus les quantités produites sont importantes, plus il y a de chance d'avoir un grand nombre d'éléments qui se répètent. Prenons les automobiles par exemple. Fabriquées par millions, elles sont le résultat de l'assemblage de milliers de pièces semblables. Par contre, le montage d'un grille-pain pourra n'en comporter que 20 ou 30.

Dans la construction d'un milieu habitable, le problème que pose la fabrication en grande série est celui de savoir comment on pourra parvenir à diversifier les espaces que nécessitent l'aménagement de la cité; comment on pourra parvenir à diversifier les types d'habi-

tation et comment enfin on pourra parvenir à diversifier la configuration et la disposition des diverses parties de la ville afin d'éviter la monotonie sans sacrifier pour autant la nécessité devant laquelle on se trouve d'avoir à utiliser constamment des éléments similaires.

Avec l'Habitat, nous abordons deux de ces problèmes. Un seul élément préfabriqué à trois dimensions servira d'élément de construction modulaire qui se répètera. Des combinaisons de un, deux ou trois éléments formeront quinze types d'habitation différentes. L'élément modulaire fait partie de la charpente; il n'est pas haubané et soutient les autres blocs placés au-dessus de lui; il limite l'espace réservé à l'habitation et forme la partie extérieure de la maison. Leurs dimensions permettent d'effectuer les opérations préliminaires de finition pour tous les éléments secondaires grâce à une chaîne de montage installée au sol. Ainsi se trouvent éliminés les travaux accessoires habituellement faits "sur place" se rapportant aux installations de plomberie, chauffage, aux installations électriques, etc.

L'assemblage des blocs peut former des ensembles de tailles diverses d'une hauteur de deux à vingt-cinq étages selon les conditions du terrain, la densité recherchée et le budget du programme.

L'élément modulaire est installé en combinaison avec d'autres éléments également standardisés dont la fabrication ne diffère pas de celle des réfrigérateurs ou des automobiles. Les divers éléments tels que les salles de bain, les cuisines, les penderies, les canalisations de chauffage et de plomberie, les appareils de réfrigération et de chauffage arrivent sur la chaîne de montage où ils sont montés en série à la manière des voitures automobiles dont les diverses pièces sont fabriquées dans différentes usines avant d'être assemblées à l'usine de voitures.

La fabrication en grande série et la mécanisation d'opérations qui normalement auraient exigé une grande somme de travail manuel ont permis à l'industrie de réaliser des économies. Mais ce n'est pas une simple question d'économie de main-d'oeuvre. Par l'analyse de chaque stade de la production, la chaîne de montage



Monsieur Moshe Safdie est né à Haïfa, Israël. Il est venu s'établir au Canada en 1957 et étudia l'architecture à l'Université McGill, laquelle institution lui décernait un diplôme en 1961. Il travailla à Montréal pour van Ginkel et Associés et pour Louis I. Kahn à Philadelphie. Il revint à Montréal en 1963 et entre à la C.C.E.U. où il s'occupe du plan directeur. Il s'est vu confier la conception et la mise en oeuvre de l'Habitat 67.

permet d'apporter de nouveaux perfectionnements sous la forme d'économies supplémentaires réalisées grâce à l'organisation minutieuse de chacun de ces stades de fabrication.

La construction reste peut-être aujourd'hui la seule industrie à ne pouvoir appliquer les méthodes d'organisation du travail. Il nous suffira de comparer un chantier de construction habituel et une usine de produits manufacturés de type classique : le long de la chaîne de montage d'une fabrique de réfrigérateurs, chaque ouvrier monte une pièce préparée à l'avance de façon à satisfaire à des conditions données. Chaque stade de la fabrication est envisagé en relation avec les stades suivants. Dans une fabrique de ce genre, on ne voit jamais les ouvriers désœuvrés. Et jamais un travail n'est à recommencer pour ne pas avoir tenu compte des autres éléments ou pour n'avoir pas prévu une certaine marge de tolérance.

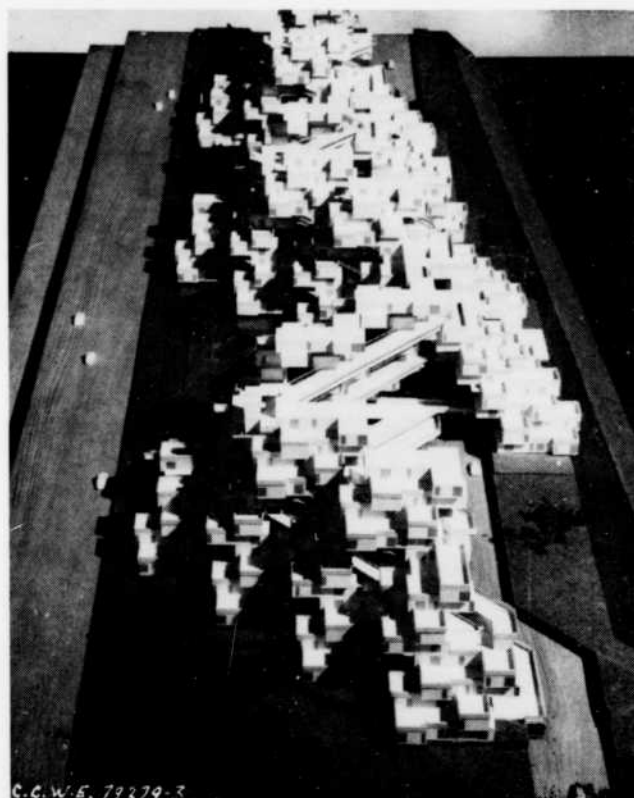
Au contraire, sur les chantiers de construction de type traditionnel nous reconstruisons une foule d'hommes désœuvrés : des monteurs-régulateurs attendant le montage d'une pièce; des ouvriers transportant équipement ou matériaux entre les nombreux étages de la construction; des ouvriers accélérant les travaux pour laisser la place à d'autres corps de bâtiment; des plombiers gênant le travail des menuisiers ou des maçons. Il y a aussi des éléments à modifier parce qu'ils ne s'adaptent pas à la charpente. Enfin, on utilise la main-d'œuvre pour une multitude d'opérations se rapportant à la construction, depuis la préparation du coffrage pour béton jusqu'à l'ajustage et au cintrage des conduites et tuyaux. Tout ceci est une preuve de gaspillage et de rendement insuffisant.

Avec l'Habitat 67, nous avons essayé de démontrer qu'il n'y avait aucune raison de ne pas adopter dans la construction toutes les méthodes utilisées dans les autres industries.

Considérant l'Habitat 67 comme un système de construction, nous avons essayé de tenir compte de l'expansion des travaux actuels d'urbanisme et des projets à venir. L'Habitat offre en effet une alternative à la fois au développement de la banlieue, aux tours imposantes à usage d'habitation qui surgissent dans les villes et aux projets de rénovation urbaine. Il constitue une tentative pour donner à la population compacte d'un grand ensemble les commodités qui ne se trouvent actuellement qu'en banlieue. Ce sont les commodités auxquelles aspire toute famille : intimité, un jardin et de l'espace vert, le sentiment de l'identité et la possibilité de rencontrer des gens tout en préservant l'intimité du foyer, ce que ne peut offrir la banlieue.

Pour l'utilisation du terrain, nous sommes partis du principe, avec l'Habitat 67, qu'il est plus rentable de réunir dans un seul ensemble toutes les fonctions de

l'agglomération : résidentielle, commerciale ainsi que les services publics et les espaces verts plutôt que de les faire communiquer l'un l'autre en les juxtaposant comme c'est le cas actuellement dans les villes à deux dimensions. Au lieu d'avoir des zones résidentielles avec centres d'achats, parcs, hôpitaux, écoles, etc. . . juxtaposés, on les groupe selon un plan vertical en les insérant dans un ensemble architectural à trois dimensions. Les maisons forment la paroi extérieure exposée aux regards et à la lumière solaire, l'intérieur étant constitué par un réseau ininterrompu de parcs de verdure. Dans les limites de l'ensemble, le réseau routier et les services publics (installations d'eau, de gaz et d'électricité) sont indépendants du réseau de circulation des



Habitat 67

piétons. Certains ensembles construits actuellement peuvent atteindre une densité de 300 personnes par acre mais il faut leur adjoindre une zone de surface équivalente pour les diverses installations à l'usage de la collectivité.

Dans l'Habitat, la densité de population est de l'ordre de 150 à 200 personnes par acre mais toutes les fonctions (commerciales et de loisirs) s'exercent à l'intérieur de cette zone, ce qui double la densité effective et augmente les commodités.

Description du projet

Ce système de construction utilise des éléments modulaires de grande taille en forme de cube. Ces cu-

LES CONSTRUCTIONS D'AVANT-GARDE

En un coup d'oeil sur le terrain de l'Expo et ses environs, on peut constater la souplesse unique du béton. D'abord, un réseau d'autoroutes, de routes élevées et d'échangeurs conduit aux îles de l'Expo. Sur l'île Ste-Hélène, on peut admirer l'amphithéâtre accueillant de la Place des Nations, l'imposant Aquarium et le bassin réservé aux dauphins, les colonnes élancées et les toits aux contours gracieux de nombreux pavillons. Sur la jetée Mackay, on trouvent Habitat 67, un nouveau concept de l'habitation urbaine, le Labyrinthe en béton monolithique au style exceptionnel et le pavillon démonstratif des Jeunesses Musicales Canadiennes en béton préfabriqué.

LE BÉTON À L'EXPO 67

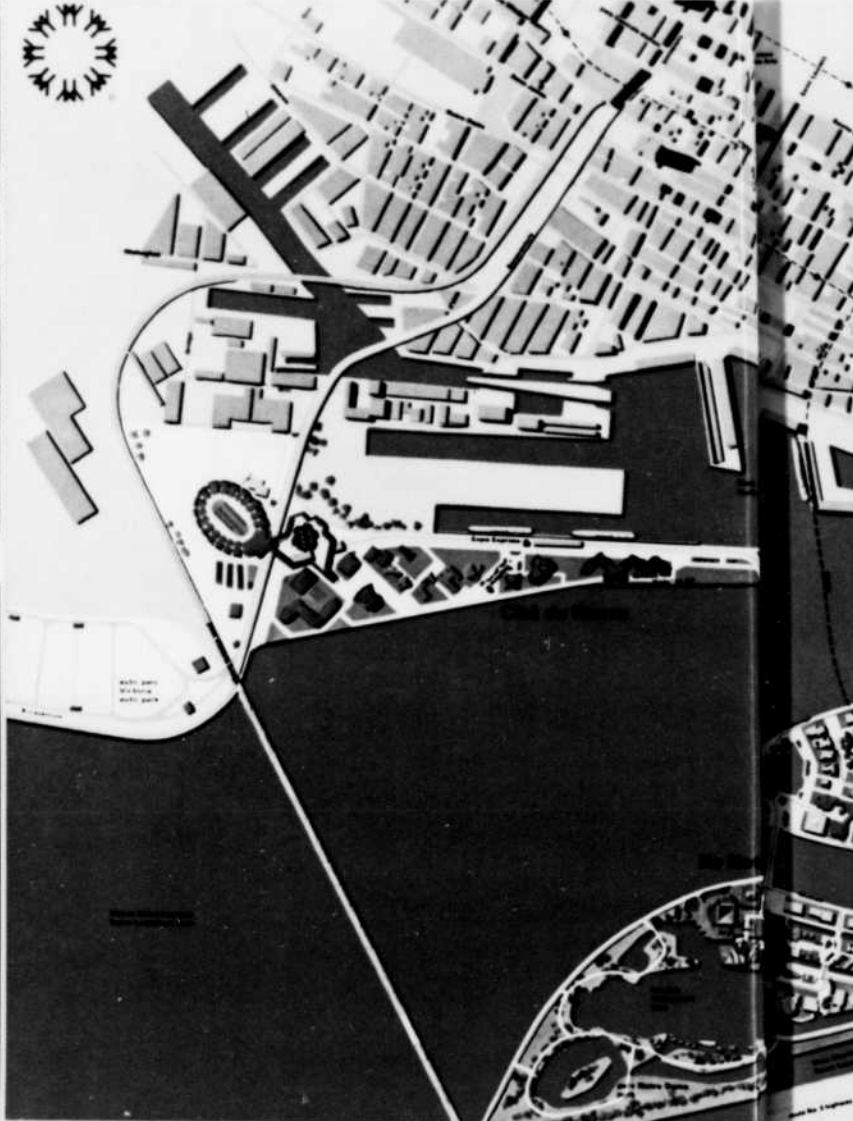
Le stade de 25,000 places tout en béton préfabriqué.



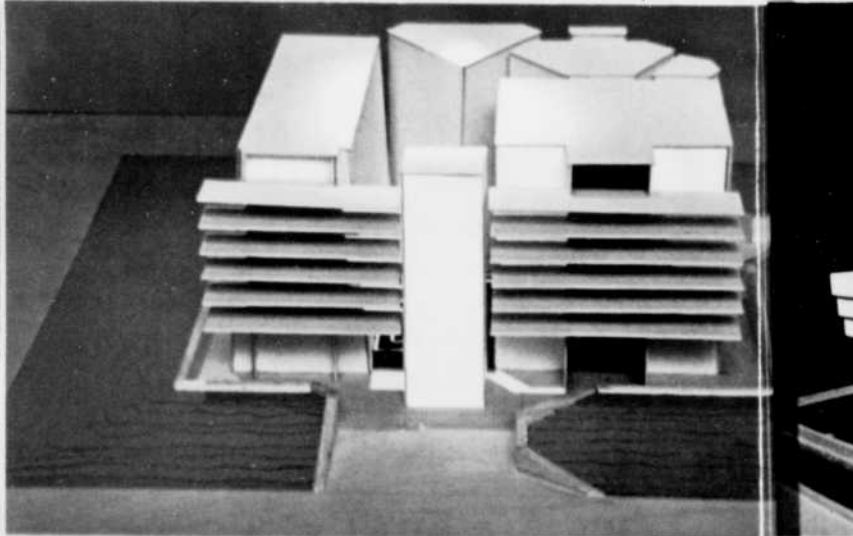
Habitat 67, une idée audacieuse réalisée en béton.



Le pavillon "L'homme et la musique", commandité par l'Industrie du Ciment au Canada, en béton préfabriqué.



Le Labyrinthe, édifice de cinq étages en béton monolithique.



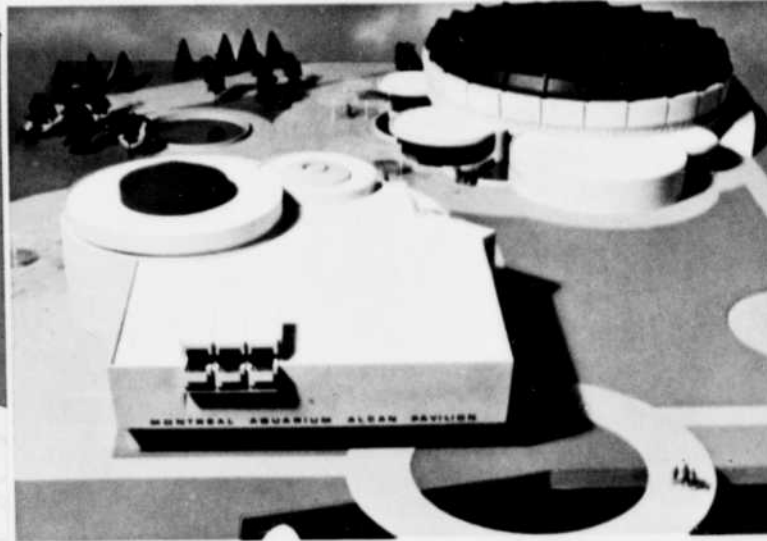
...RÉALISENT EN BÉTON CIMENT CANADA

de toutes ces réalisations en béton mettent en valeur les plus récentes conceptions du génie et de l'architecture. A l'Expo 67, plusieurs édifices et immenses pavillons sont construits en béton fait de ciment "Canada", un produit canadien fabriqué par une entreprise appartenant à des Canadiens. Fondée en 1909 par le groupement des premiers manufacturiers de ciment Portland, la Compagnie de Ciment Canada, Limitée est le pionnier de l'industrie mondiale du ciment au Canada. Veuillez communiquer avec un de nos bureaux des ventes pour vos besoins de ciment, ou pour de la documentation gratuite et des renseignements techniques.

La Place des Nations met en évidence une variété de finis en béton.

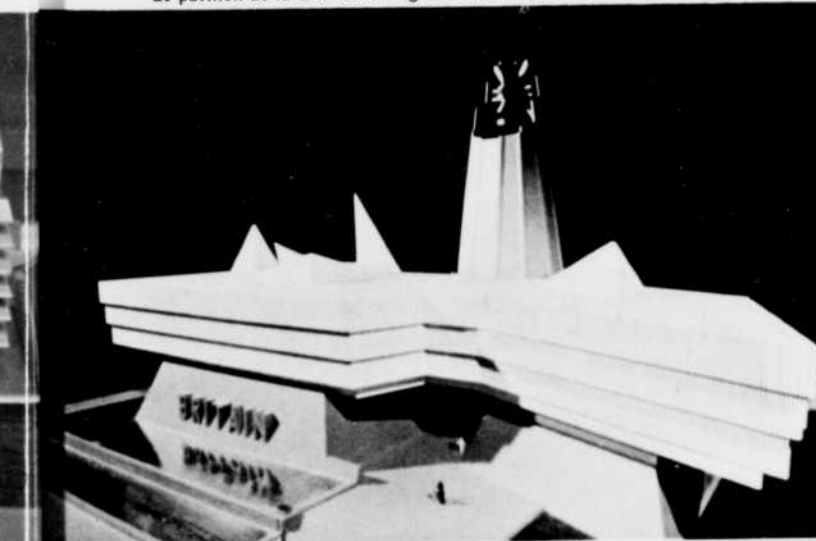


L'Aquarium de Montréal comprend le pavillon de l'Alcan et la piscine des dauphins.



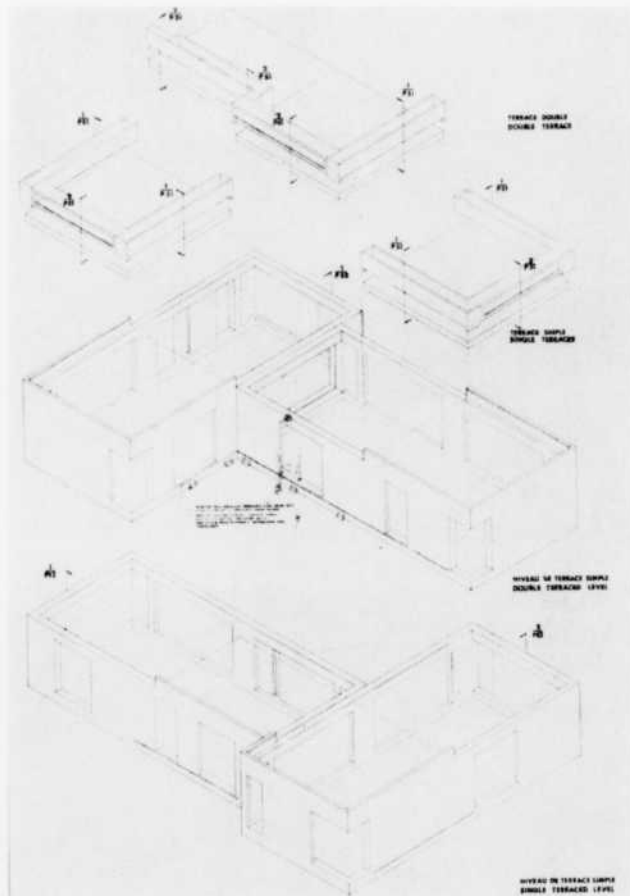
Le pavillon de la France nécessita 234,000 pieds carrés de dalles de béton.

Le pavillon de la Grande-Bretagne au fini de ciment amiante.



bès mesurent 17' 6" × 38' 6" × 10' de hauteur. Ils sont préfabriqués à l'aide de moules d'acier (béton, 5,000 lb.) et traités à la vapeur. Après l'opération de moulage, ces blocs sont amenés sur le chantier où s'effectuent les travaux de finition. C'est là que toutes les pièces, les raccords de tuyauterie et les revêtements sont assemblés au moyen de la chaîne de montage. Les cuisines, salles de bain, châssis de fenêtre, calorifuges, etc. . . sont installés dans le bloc qui est prêt alors à être monté. Une fois terminé, ce bloc est amené vers la grue et hissé. À ce moment-là, le poids des blocs varie entre 70 et 90 tonnes. Les traitements subis au cours de la préfabrication et en usine ont donné une bonne couche de revêtement qui permettra l'exposition au soleil. L'intérieur des blocs est tapissé de matières isolantes et d'enduits muraux. La majorité des éléments sont préfabriqués (salles de bain, cuisines) et forment un tout. Ils sont installés dans le bloc avant la pose du toit. Les blocs s'incorporent à la construction de telle manière que les murs, planchers et plafonds soient nettement séparés de ceux des maisons voisines, ce qui élimine les vibrations et permet d'obtenir une parfaite insonorisation.

La disposition des blocs est telle que le toit de la maison placée en contrebas forme un jardin. Toutes les maisons en ont au moins un; les plus grandes en ont deux. Les plus grands jardins mesurent 17' × 36'.



Détails de boîtes, vue isométrique projetée

D'autres éléments de la construction tels que des "rues" pour les piétons, des cages d'ascenseur, des escaliers sont également préfabriqués sur le chantier et hissés au moyen de la grue. Celle-ci est constituée d'un mât reposant sur un socle de 70' × 70' qui à son tour se déplace sur des rails dont l'écartement est de 70'.

Système de construction

Les blocs sont dits "porteurs". Placés les uns au-dessus des autres, ils porteront la majeure partie de la charge au moyen de murs et de pilastres. Les "rues" horizontales consolideront encore l'édifice. Ces rues ont 10 pieds de hauteur et abritent dans leur partie inférieure les installations de plomberie et chauffage central. La partie supérieure est réservée à la circulation des piétons. Une partie de la charge est transmise des cubes aux rues horizontales, aux cages d'ascenseurs et d'escaliers. En outre, l'action combinée des unités de logement et des rues garantit une grande stabilité générale contre les effets du vent et des secousses telluriques. Les blocs sont reliés les uns aux autres par des tirants et par boulonnage. Les rues elles-mêmes sont formées de sections assemblées en un seul élément au moyen de tirants.

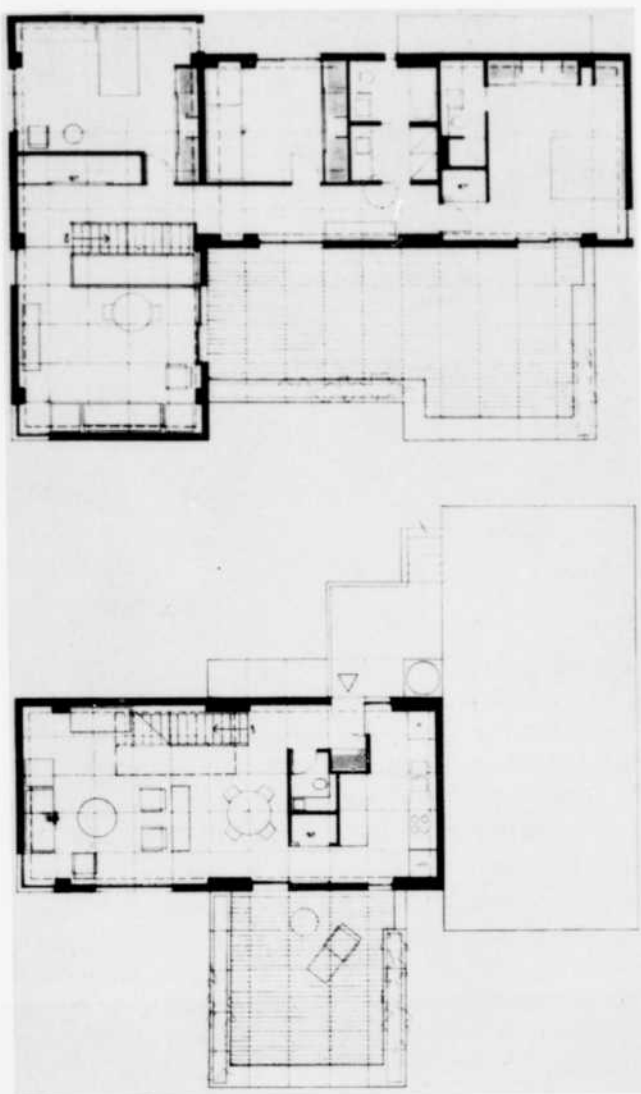
Choix des matériaux nécessités par la mise en oeuvre du projet

De nombreuses études ont été consacrées au choix des matériaux de base utilisés dans la construction. C'est ainsi que des études ont été menées conjointement par le Steel Institute of Canada et la Commission de la Cement Company afin de déterminer la valeur relative des différents matériaux. On a utilisé le béton car il permettait au bloc de servir d'armature, de délimiter un espace tout en servant de paroi extérieure. De plus, c'est un matériau ignifuge.

La solution qui aurait consisté à construire une grande charpente et d'y incorporer des éléments modulaires ne faisant pas partie de l'armature, n'a pas été acceptée. On a fait valoir que cette façon de procéder se traduirait par une armature qui ferait double emploi. Il aurait fallu alors avoir une charpente assez puissante pour soutenir les blocs qui eux-mêmes sont pesants. Devant être eux aussi ignifuges, on ne pouvait les construire à partir de matériaux légers comme la tôle ou le plastique.

La superficie minimum que doit avoir le bloc pour permettre les travaux de pré-finition se situe aux alentours de 600 pieds carrés.

Comme le béton est la matériau utilisé, nous avons des éléments dont le poids est de l'ordre de 80 tonnes. Ceci représente une charge considérable qu'il faudra réduire si l'on veut réaliser une économie substantielle. L'Habitat 67 utilise le béton qui, dans le cadre des



Plan d'ensemble d'un logement (étages 1 et 2)

techniques actuelles, est le matériau le plus économique en matière de construction. Le constructeur d'avion commence par poser le problème et s'efforce ensuite de trouver le matériau pour la mise en oeuvre de son projet. Il en va de même dans le domaine de la construction. Nous recherchons les matériaux qui nous permettront de résoudre nos problèmes de la façon la plus satisfaisante. L'idéal serait un matériau relativement léger, doué d'une grande capacité de traction et de compression et dont la surface serait imperméable à l'humidité. Un tel matériau n'a pas encore été mis au point. À mon sens, il est très important de ne pas perdre de vue que ces propriétés des matériaux de construction sont de la plus haute importance, d'où la nécessité d'un service de recherche fondamentale dans l'industrie de la construction.

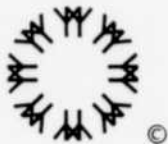
Dans d'autres industries, les grandes compagnies sont en mesure d'avoir un important service de recherche fondamentale. Ils y investissent des millions ou des milliards de dollars, sommes qu'ils récupèrent en mettant dans le circuit commercial un produit donné pen-

dant un certain nombre d'années. Qui plus est, ces industries sont à même de mettre au point des prototypes, de les mettre en chantier et de rentrer dans leurs frais en organisant le marché sur une vaste échelle. C'est ainsi que Dupont, s'étant rendu compte qu'il existait une demande pour le simili-cuir, dépensa des millions pour découvrir une matière synthétique. Autre exemple : la Grande-Bretagne et la France sont en train de dépenser un milliard de dollars pour la conception et la construction du premier prototype d'avion de tourisme supersonique. Or, dans chacun de ces deux cas, il existe un rapport moins étroit entre le coût des travaux d'études et de conception et le produit final obtenu que dans la construction. En partant de la fabrication des principales pièces et matières premières pour arriver jusqu'à l'entrepreneur et aux sous-traitants et jusqu'aux architectes et ingénieurs, nous nous apercevons que l'industrie de la construction est très morcelée et que chaque groupe travaille en vase clos. Il est impensable qu'on puisse supposer que chaque individu aimerait avoir une voiture faite spécialement pour lui car sur le plan économique, ce serait manquer de réalisme. Pourtant, la plupart des gens s'attendent à avoir une maison spécialement conçue à leur intention et qui leur donne entière satisfaction et cela pour 5% du prix de revient. L'industrie de la construction doit pouvoir être en mesure de produire les principales matières premières dont elle a besoin et de concevoir entièrement de grands ensembles. Peut-être que, grâce à de nouvelles et importantes compagnies qui se consacreront à la fabrication de grands ensembles de construction, grâce à l'association de ces compagnies avec les services du gouvernement qui s'occupent du problème de logement ou peut-être grâce à un plus grand nombre de fabricants de matières premières dans le domaine de la construction de grands ensembles, cela sera-t-il possible.

Les rapports de l'architecte, de l'ingénieur de la construction, de l'ingénieur chargé des installations (plomberie, chauffage central, climatisation), etc. . . , avec l'entrepreneur, tels que nous les connaissons aujourd'hui, évolueront et je pense que ce sera un changement constructif, un changement qui se traduira par une amélioration de l'environnement.

Bibliographie

- Heavy Construction News*, MacLean-Hunter, Toronto, avril 22/66
- Engineering News Record*, McGraw Hill, New-York, avril 22/65
- Progressive Architecture*, Reinhold, New-York, novembre 64, oct. 66
- Kenticku*, Japon, mai 1965
- Architectural Design*, The Standard Catalogue, Angleterre, décembre 64
- Baumeister*, Allemagne, janvier 65



Le pont de la Concorde et le pont des Îles

par GÉRARD O. BEAULIEU

Le pont de la Concorde et le pont des Îles se trouvent situés vis-à-vis le port de Montréal, en plein coeur du site de l'exposition universelle et internationale de 1967. Tous deux construits sur le fleuve St-Laurent, le premier le traverse entre la Cité du Havre, sise sur une langue de terre à l'extrémité sud de l'Île de Montréal, et l'Île Ste-Hélène, le second le franchit entre l'Île Ste-Hélène et l'Île Notre-Dame.

À ces endroits, les eaux du St-Laurent atteignent une vitesse de 12 milles à l'heure et subissent une variation de niveau allant de 17.0 à 33.3 en période d'eau libre, à un maximum de 45.0 en période de glace.

Devant ces conditions et le danger d'exhaussement des niveaux maxima des eaux dans le port de Montréal, il fut jugé nécessaire de faire des études sur modèle réduit afin de déterminer le nombre limite de piles qui pourraient être utilisées et d'en établir leur direction.

Les mesures furent effectuées au Laboratoire hydraulique Lasalle Limitée sur le modèle qui avait été spécialement construit pour l'étude des effets du remblayage des Îles Ste-Hélène et Notre-Dame. À la lumière des études, des essais et des résultats, il fut alors admis par les parties intéressées qu'il n'y aurait pas plus de quatre piles à l'endroit du pont de la Concorde et une seule à l'endroit du pont des Îles.

Pont de la Concorde

Le pont de la Concorde est de type poutre continue. Il consiste en un tablier à plaque orthotrope intégré à un caisson porteur.

Le caisson a une longueur de 2,255 pi. et 9 $\frac{3}{4}$ po., mesurée entre les centres des appuis aux culées sur l'axe central du pont. Il se compose de cinq travées

dont trois ont des portées de 525 pi. et celles aux extrémités, des portées de 340 pi. et de 340 pi. et 9 $\frac{3}{4}$ po.

La largeur du tablier est de 94 pi. Elle comprend deux trottoirs de six pieds, deux voies de roulement de 39 pi. pour six camions H25-S20 et une berme centrale de 6 pi. Toutefois, pour la durée de l'Expo '67, la berme centrale a été omise, et l'espace libre entre les chaînes des trottoirs a été consacré à trois passages protégés par deux bandes de sécurité : un de 10 pi. pour les piétons, et un de 32 pi. pour les voies ferrées des trains de l'Expo-Express et le troisième pour une voie de roulement de 36.5 pi.

Une coupe transversale de la superstructure montre que géométriquement elle est composée d'un caisson trapézoïdal à trois cellules avec consoles latérales. Le caisson a une largeur de 65 pi. au niveau des consoles qui mesurent 14.5 pi. et une largeur de 57 pi. à la base. En hauteur, le caisson maintient une dimension constante de 16 pi. entre les piles #1 et #4, et à partir de celles-ci il diminue graduellement vers les culées à une dimension de 14 pi.

La coupe transversale montre en plus que la plaque du tablier, qui sert d'élément porteur aux voies de roulement et aux trottoirs, est raidie sous les voies de roulement par des nervures en caisson à base circulaire et sous les trottoirs par des nervures en demi-fer té, et qu'elle travaille comme membrure supérieure des poutrelles et du caisson.

La combinaison de la plaque, des nervures longitudinales et des poutrelles forment l'unité appelée "tablier à plaque orthotrope". Le mot orthotrope est le diminutif d'orthogonal et d'anisotrope, et qualifie une plaque dont les propriétés élastiques sont différentes suivant les axes X et Y.

De façon générale, les calculs ont été faits selon les normes prescrites dans les devis "AASHO-1961 Standard Specification for Highway Bridges". La plaque orthotrope a été calculée en utilisant la méthode des ingénieurs allemands W. Pelikan et M. Esslinger et les tables contenues dans "AISC Design Manual for Orthotropic Steel Plate Deck Bridges". La théorie de Moisseiff et Lienhard formulée dans "Theory of Elastic



Monsieur Gérard O. Beaulieu a obtenu son diplôme en Génie civil de l'École Polytechnique de Montréal en 1936. Après avoir travaillé pour la compagnie Dominion Bridge, il fonde un bureau d'ingénieur-conseil, d'abord seul 1945-49, ensuite sous la raison sociale Beaulieu & LeBel 1949-54, et finalement sous celle de Beaulieu, Trudeau & Associés en 1954. Le pont de la Concorde a mérité à Beaulieu, Trudeau & Associés un prix d'excellence lors du concours Design-Canada 66 et le pont des Îles leur a valu une mention honorable lors de ce même concours.



Les deux ponts vus de l'île Notre-Dame

Stability applied to Structural Design" a servi de base à l'étude du flambement des âmes du caisson et au calcul des raidisseurs verticaux et longitudinaux.

Telle que calculée la plaque des voies de roulement a une épaisseur de 7/16 po. allant à 1 po. au-dessus des piles #1 et #4. Les nervures ont une profondeur de 13 po., un espacement de 24 po. entre les axes et une épaisseur de 5/16 po. La plaque des trottoirs a une épaisseur de 5/16 po. et est raidie par des nervures en demi-fer té ST-8 WF espacées à 18 po. Les poutrelles ont une âme de 5/16 po. et une semelle inférieure de 10 po. par 1/2 po.; elles ont une profondeur de 30 po. et sont espacées à 15 pi. L'épaisseur des âmes et de la membrure inférieure du caisson varie respectivement de 1/2 po. à 3/4 po. et de 1/2 po. à 1 3/4 po. à l'endroit des piles. Les âmes sont raidies par des nervures verticales en demi-fer té et par des nervures longitudinales en fer angle, et la membrure inférieure par des nervures transversales et des nervures longitudinales en demi-fer té, ces dernières travaillant intégralement avec la plaque.

Le matériau utilisé pour le tablier, y compris les nervures, les âmes des poutres transversales et la partie des âmes du caisson s'y rattachant, est un acier canadien à grain fin de nuance G40.8, qualité B, auquel on a fait subir un recuit de normalisation pour en augmenter la résilience à basse température. Cet acier a une bonne soudabilité à la rupture fragile. Les autres parties de la superstructure furent fabriquées avec de l'acier G40.8, qualité A et qualité B, tel que sorti des laminiers.

Le travail en atelier a consisté en la fabrication de panneaux entièrement soudés, dont les dimensions

de 18 pi. par 45 pi. pour les plus grands, sont celles issues des restrictions imposées à la longueur des plaques à recuire et à la largeur des pièces à transporter au chantier. L'obtention de ces dimensions qui convenaient aussi à la méthode de montage envisagée, fut acquise en divisant la superstructure en sections d'une longueur de 45 pi. et en décomposant les sections en douze panneaux dont la largeur n'excède pas 18 pi.

Pour être sûr que les panneaux d'une section soient parfaitement agencés entre eux et avec les panneaux des sections adjacentes, ils furent assemblés à l'atelier préalablement à leur expédition au chantier.

La nécessité de faire le montage en un temps restreint, partie en hiver et partie en période où les eaux sont rapides et charient la glace, détermina le choix



Le pont de la Concorde

d'une méthode à haubans, dont le processus consiste à monter des sections en porte-à-faux et à les supporter par des haubans fixés à un pylone étayé. Le montage a été réalisé en commençant à la fois à chaque culée et en avançant simultanément vers le milieu. Des pylones furent d'abord installés sur les rives à l'arrière des culées, et les travées de bout furent mise en place par l'intermédiaire d'une unité de haubans arrière et de trois unités de haubans avant. Les pylones furent ensuite déménagés aux piles #1 et #3. Durant ce temps le montage des travées avoisinantes continua en porte-à-faux sur une distance de 217.5 pi. et à partir de là fut terminé avec l'aide de trois unités de haubans avant et d'une unité ancrée aux culées. La travée centrale fut montée uniquement en porte-à-faux à partir des piles #2 et #3, et il ne fut fait usage de haubans que pour aider à la réunion des encorbellements.

Les joints de montage furent boulonnés par boulons à haute résistance, excepté au niveau du tablier où ils furent rivés par rivets à tête fraisée et à haute résistance.

La protection du tablier contre la corrosion est assurée par un revêtement de résine epoxy au goudron, qui fut appliqué directement sur l'acier venant d'être sablé à blanc. La résine epoxy des trottoirs a une coloration grise et elle fut recouverte de gros sable à grain dur d'un diamètre de 1/16 po. pour lui conférer une surface antidérapante. Sur la résine epoxy de la chaussée, on a ajouté des cailloux à angles vifs d'une grosseur de 3/16 po. dans le but d'augmenter l'adhérence et d'empêcher le glissement de la couche de béton bitumineux d'une épaisseur de 2 po., qui agira comme surface d'usure et amortisseur de chocs.

Les appuis de la superstructure sont mobiles aux culées et aux piles #1 et #4 et semi-fixes aux piles #2 et #3. Cet arrangement offre l'avantage d'avoir des jeux de dilatation identiques aux extrémités et de faire reprendre les poussées horizontales longitudinales par deux piles. Les appuis semi-fixes se composent

chacun de quatorze blocs de caoutchouc synthétique encastés dans une boîte d'acier. Les appuis mobiles sont à berceaux.

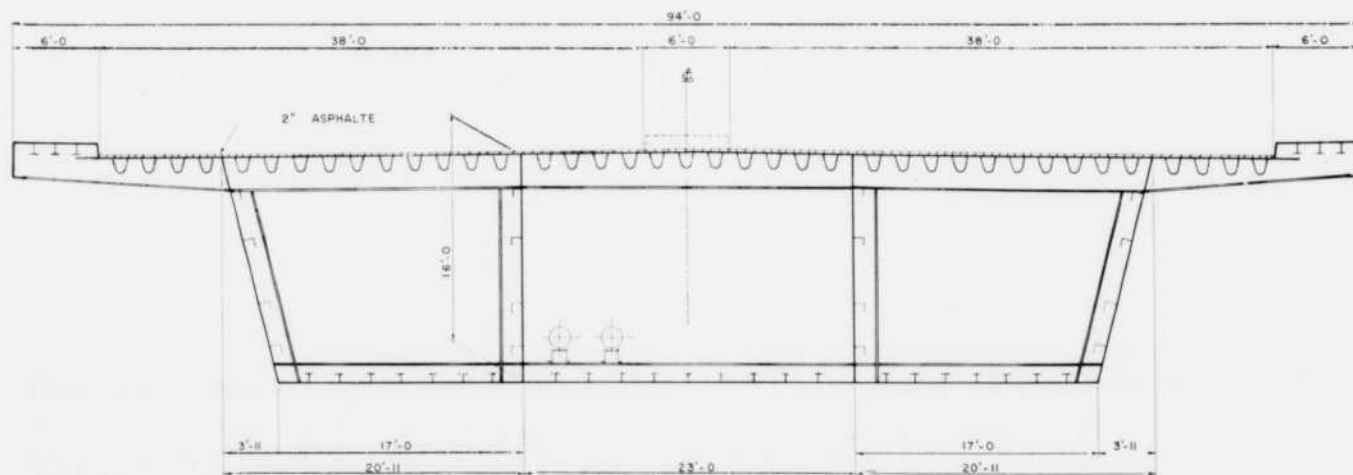
Les culées et les piles sont ancrées à une profondeur de quatre pieds dans le roc, un schiste de formation Utica, dont le profil montre qu'il est situé à l'élévation moins 13 à la culée de la Cité du Havre et qu'il va en remontant vers la culée de l'Île Ste-Hélène où il est trouvé à l'élévation plus 20.

La culée de la Cité du Havre et les trois piles avoisinantes ont été construites à l'aide de caissons à air comprimé, alors que la pile #4 et la culée de l'Île Verte ont été réalisées à l'intérieur de batardeaux. Le batardeau de la culée était monté en terre et celui de la pile était formé de palplanches métalliques et protégé en amont par un brise-lames en roche et gravier qui lui servait également de chemin d'accès.

Une attention particulière a été portée au système d'ancrage des caissons préalablement à leur submersion. Les premières études de laboratoire avaient révélé que les courants d'eau frappaient chaque pile suivant un angle différent. De nouvelles études furent faites pour établir la quantité d'ancrages, leur situation et la force de traction exercée sur chacun d'eux.

Les caissons des piles furent mis et retenus en place à l'aide de deux lignes d'ancrage avant fixées à leur proue et par deux lignes latérales dont une fixée à leur proue et l'autre à leur poupe. Les lignes avant faisaient un angle d'écartement de 15° et étaient reliées chacune à un treuil de 100 tonnes monté sur une barge retenue par un ancrage fixé dans le roc. La ligne latérale de la proue était reliée à un treuil de 100 tonnes situé sur la rive de la Cité du Havre et la ligne latérale arrière à un treuil de 75 tonnes situé sur la même rive.

Les travaux de construction de l'infrastructure furent exécutés par la compagnie Dufresne Engineering Limitée et les travaux de fabrication et de montage de la superstructure furent réalisés par la compagnie Dominion Bridge Limitée.



Coupe transversale du pont de la Concorde

Pont des Îles

Le pont des Îles a une longueur de 688 pi. mesurée entre les centres des appuis aux culées. Son tablier a la même largeur que celui du pont de la Concorde, et comprend pour la durée de l'Expo une voie de roulement de 24 pi., un passage de 32 pi. pour les trains de l'Expo-Express et une promenade de 32 pi.

Le pont est de type poutres haubanées. Il consiste en deux travées simples et identiques, suspendues à leur mi-longueur par des câbles d'acier fixés à deux pylones isolés en béton armé situés au milieu du fleuve. L'emploi de deux travées simples au lieu d'une travée continue a été fait dans le but de maintenir les moments dans les pylones à un juste minimum. Sous l'influence de charges non balancées, la continuité dans les travées aurait produit un accroissement de moment dans les pylones par suite de la déformation élastique négative de la travée non chargée.

À notre connaissance, ce pont est unique en son genre. Sa conception est le fruit de l'observance de restrictions imposées. Le niveau inférieur du pont ne pouvait être plus bas que l'élévation 57 et le niveau du tablier ne devait pas être plus haut que l'élévation 67. Une seule pile était admissible dans le fleuve, et, en plus, placée au centre. Et finalement, il y avait objection à l'emploi de pylones ou autres structures plus hautes que le tablier du pont, soit près des culées ou combinés avec celles-ci.

Chacune des deux travées du pont est composée de deux caissons longitudinaux et d'un platelage constitué par une dalle de béton armé solidement liaisonnée avec les poutrelles du tablier. Les caissons sont sup-

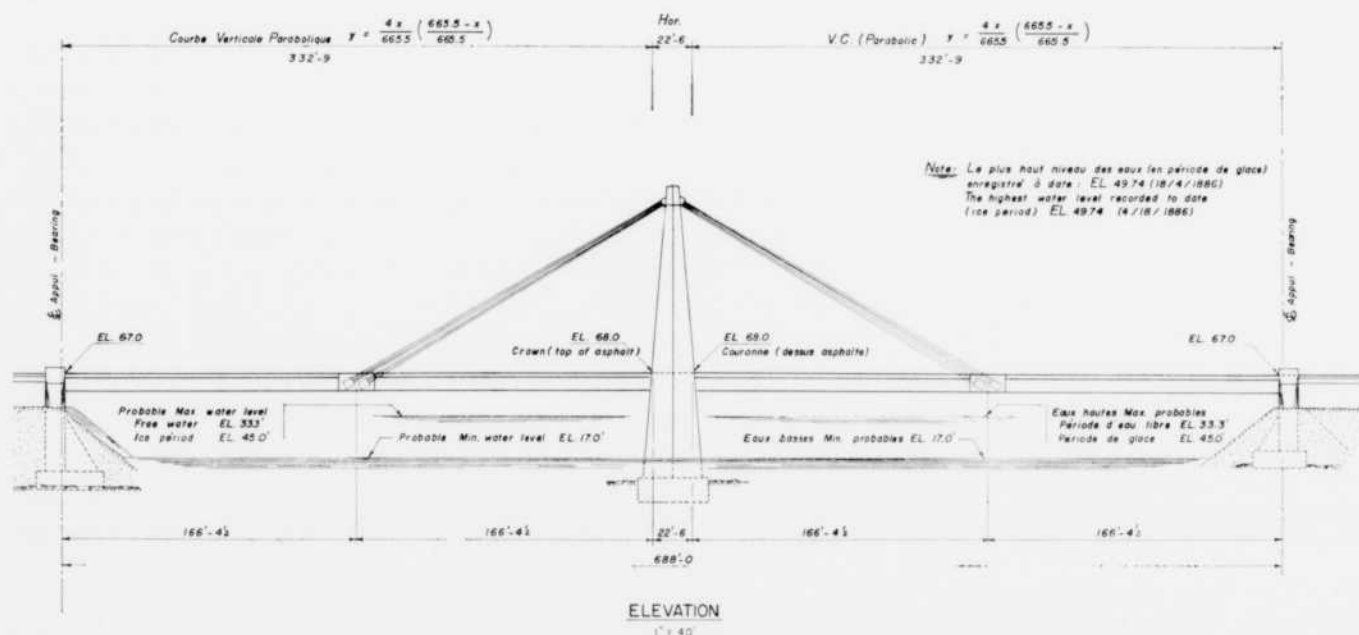


Le pont des Îles

portés à leur centre par un caisson transversal dont les extrémités sont reliées chacune à un dispositif de haubanage isolé. Les travées reposent sur des appuis mobiles aux culées, et aux pylones, en plus de reposer sur des appuis fixes, ils s'appuient sur des butoirs auxquels ils transmettent les composantes horizontales des forces agissant sur les câbles.

Les caissons longitudinaux ont une profondeur de 9 pi., une largeur de 8 pi. et sont espacés à 56 pi. Les âmes sont munies de raidisseurs verticaux en demi-fer té et de deux raidisseurs longitudinaux en fer plat pleine longueur. Augmentés à quatre au droit du caisson transversal, les fers-plats s'allient à la tôle de l'âme pour résister à la flexion latérale. Les semelles sont aussi munies de raidisseurs longitudinaux en fer plat pleine longueur qui travaillent intégralement avec les plaques et de raidisseurs transversaux en ligne avec les poutrelles.

Les poutrelles s'étalent entre les caissons et se prolongent en porte-à-faux au-delà de ceux-ci sur une longueur de 15 pi. Elles sont espacées à 10.42 pi. et sont constituées par trois plaques formant un I dont la profondeur au centre du pont est de 42 pi. et celle au bout du porte-à-faux de 9 po.

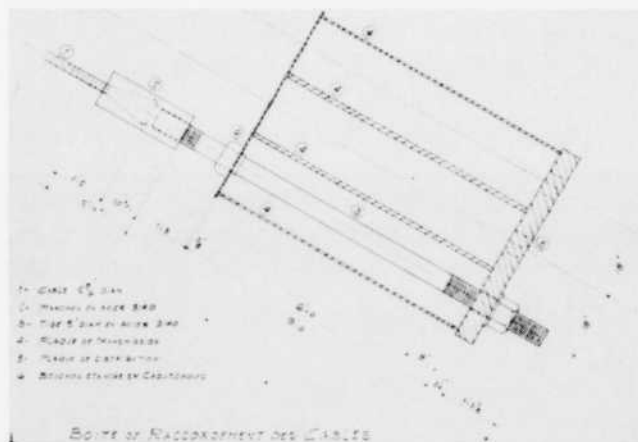


Vue en élévation du pont des Îles

Les caissons transversaux ont une largeur de 20.25 pi. et une profondeur intérieure nominale de 9.0 pi., et comme les poutrelles, ont des consoles d'une longueur de 15 pi. Au bout de celles-ci se trouvent logées deux boîtes de raccordement pour les câbles.

Les boîtes excèdent les consoles de 4 pi. et mesurent à l'intérieur 4.5 pi. par 6.0 pi. Elles transmettent chacune les charges à 9 câbles.

Pour résister aux efforts provenant à la fois des charges verticales et des charges horizontales, les âmes et les semelles des caissons transversaux ont une épaisseur qui demeure constante à 1 3/4 po. Elles sont en outre munies de raidisseurs verticaux et longitudinaux en demi-fer té. Les raidisseurs longitudinaux ont la même longueur que les plaques des âmes et des semelles et participent avec elles à la résistance des efforts. De plus, dans le but d'empêcher toute transmission de flexion latérale aux caissons longitudinaux, les caissons transversaux sont retenus à leur mi-longueur par le centre d'un système d'entretoises en croix. Les entretoises s'étendent de chaque côté aux troisièmes poutrelles et intéressent au système les caissons longitudinaux et les troisièmes poutrelles, en plus des caissons transversaux.



Boîte de raccordement des câbles

Le matériau utilisé pour l'exécution des caissons transversaux et une partie des caissons longitudinaux est un acier faiblement allié à haute résistance de nuance A441. Les autres pièces ont mis en oeuvre des aciers de nuance G 40.8, qualités A et B, en petite quantité, un acier de nuance A 36.

Le dispositif de haubanage du pont est en forme de V renversé et comporte de chaque côté du pylone un faisceau de 18 câbles, qui sont disposés en six rangées superposées et dont l'espacement autant horizontal que vertical est de 4 po. au pylone et de 18 po. aux caissons transversaux.

Les câbles sont immuablement fixés au sommet des pylones par l'intermédiaire d'une selle d'appui. Au niveau du tablier, chaque câble est encastré dans un

manchon en acier dans lequel pénètre une tige de réglage venant des boîtes de raccordement logées à l'extrémité des caissons transversaux

Les tiges sont en acier, ont un diamètre de 5 po. et sont filetées à leurs extrémités. Elles sont reliées à l'extérieur des boîtes qu'elles traversent par des écrous, dont la fonction est de faire transmettre une charge identique à chacun des câbles, en plus de leur servir d'ancrage.

Les câbles ont un diamètre nominal de 29/16 po. et possèdent une résistance minimum à la rupture de 400 tonnes. Leur facteur de sécurité minimum est égal à 2.58 sous une charge maximum prévisible de 155 tonnes. Préalablement à leur livraison au chantier ils furent pré-tendus sous une charge égale à 50% de leur résistance à la rupture.

La mise en place de la superstructure a été facilitée par la construction d'une digue en terre sous le pont. Le processus de montage a dès lors consisté à ériger de fausses charpentes en acier pour supporter les caissons transversaux, et, à partir de ceux-ci, à monter les caissons longitudinaux en se dirigeant à la fois vers les culées et le pylone. Les câbles furent installés dans les selles d'appui durant ces opérations, et dans les boîtes de raccordement durant le coulage du béton du tablier. La transmission aux câbles des charges portées par les fausses charpentes a été faite par le vissage des écrous sur les tiges de réglage. En prenant ainsi graduellement leurs charges, les câbles ont soulevé les poutres transversales et les ont amenées à leur élévation définitive. La vérification de l'effort de traction dans chacun des câbles n'indiquera pas d'écart supérieur ou inférieur à 2%.

Tous les joints d'assemblage exécutés en atelier sont soudés. Au montage sur chantier les joints d'assemblage des caissons ont été réalisés par la soudure et ceux des autres parties du pont par boulons à haute résistance.

Un contrôle radiographique sévère a été effectué sur toutes les soudures des joints bout-à-bout des plaques soumises à des tensions. Les soudures en angle furent examinées par la méthode des particules magnétiques.

Les travaux de fabrication et de montage de la superstructure furent réalisés par la compagnie Canadian Bridge Division of Dosco Industries.

Les travaux de construction de l'infrastructure furent confiés à la compagnie Walsh Canadian Construction Limitée. Ils furent exécutés à l'intérieur d'une cale sèche formée par les rives des îles et par deux digues en terre dont une existait en aval au moment de la construction et dont la seconde fut construite en amont à l'intention des travaux. ■

AAF CANADA
présente...

LE NOUVEAU FILTRE À AIR

Roll-O-MATIC TYPE G

*Un appareil qui se prête
à une multitude d'usages*

C'est le dernier-né des Roll-O-Matic, le plus réussi des filtres à air inventés jusqu'à ce jour. Lancé d'abord en 1954, le Roll-O-Matic, qui se nettoie automatiquement tout en nettoyant l'air, a révolutionné les méthodes de filtration. L'entretien est limité à de rares changements du rouleau — aussi simple que de changer la pellicule dans une caméra.

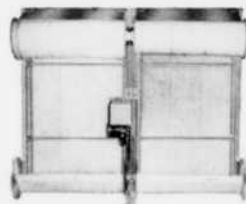
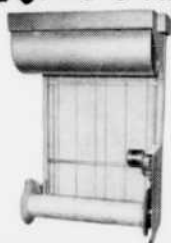
Le Roll-O-Matic AAF fournit de l'air propre dans des milliers d'installations totalisant un demi milliard de PCM, et les perfectionnements nouveaux, tout comme l'équipement facultatif disponible, font du Type G un appareil accessible à un nombre encore plus grand d'usages.

Pour obtenir tous les renseignements concernant le Roll-O-Matic Type G, communiquez avec votre représentant AAF ou écrivez à : American Air Filter of Canada Ltd., 400, boul. Stinson, Montréal 9, Qué.



Roll-O-Matic AAF
Type G, modèle 1

Un plus grand nombre d'usages pour le **Roll-O-MATIC** grâce à cet équipement facultatif.



Le Roll-O-Matic Type G se présente en plusieurs modèles pour répondre à tous les besoins.



American Air Filter
OF Canada LTD.

Usine et bureaux : 400, BOUL. STINSON, MONTRÉAL 9, QUÉ.
Bureaux de ventes d'un océan à l'autre.

L'utilisation du C.P.M. au Pavillon du Québec

par MICHEL BOUCHER

Introduction

La théorie servant à élaborer la "Méthode du Cheminement Critique" a été expliquée à plusieurs reprises dans diverses revues et notre intention ici n'est pas de revenir sur cet aspect mais plutôt sur son application à un cas concret tel que pour le Pavillon du Québec à l'Expo 67 en discutant ses avantages, ses difficultés d'application, sa valeur en tant qu'outil de contrôle et, d'une façon générale, son coût d'application.

Élaboration des Diagrammes pour le Pavillon du Québec

Le budget autorisé par le gouvernement était de six millions de dollars, ceci comprenant la construction du Pavillon lui-même ainsi que l'aménagement de ses exhibits, des salles et des bureaux. Le projet a été confié aux architectes montréalais, Papineau, Gérin-Lajoie, LeBlanc et Luc Durand Associés, qui ont dû le réaliser en moins de deux ans.

La responsabilité du projet, au niveau du gouvernement relevait du point de vue architectural du Ministère des Travaux Publics représenté par M. François St-Louis, architecte, directeur des projets pour la région de Montréal et pour les unités d'exposition, la réalisation relevait du Ministère de l'Industrie et du Commerce représenté par M. Jean Oceau Commissaire du pavillon et M. Pierre Perreault directeur de l'aménagement.

Dès que, à la suite d'un concours, le choix des architectes a été fait et qu'une idée d'ensemble du pro-



Monsieur Michel Boucher a obtenu son diplôme en Génie mécanique à l'École Polytechnique de Montréal en 1961. Il est depuis un an à l'emploi de la Société de Recherches Economiques et Scientifiques (Sorès Inc.) de Montréal.

jet fut disponible, il s'agissait à l'aide de ceux-ci de décomposer le travail en différentes étapes et d'en délimiter les dates. De par leur nature, les travaux ont été divisés comme suit :

1. Excavation, drainage, fondation
2. Superstructure, acier
3. Construction générale
4. Mur Rideau
5. Électricité
6. Mécanique
7. Ascenseurs
8. Exhibits

La réalisation de chacune de ces étapes nécessitait au préalable l'élaboration des dessins et des devis, une période d'approbation et une période de demande de soumission par les autorités du gouvernement provincial et de l'Expo. Dans certains cas, la réalisation était suivie d'une période de rodage, comme pour les exhibits, ou d'aménagements, comme pour les bureaux, la cuisine, etc. On ne disposait que d'environ 350 jours ouvrables avant l'ouverture de l'Expo et à partir des informations énumérées précédemment, il fallait réaliser un diagramme d'ensemble des principales étapes avec les temps de réalisation de chacune d'elles (voir figure 1.)

À partir de ce diagramme d'ensemble, il s'agissait d'établir pour chacun de ces étapes, un diagramme détaillé pour la réalisation de celles-ci et pour effectuer par la suite le contrôle de l'avancement des travaux. La plupart des informations requises pour l'élaboration de ces diagrammes ont été communiquées soit par l'entrepreneur général pour la construction soit par les fournisseurs, fabricants d'unités d'exposition ou autres spécialistes concernant les unités d'exposition qui devaient se conformer aux dates du diagramme d'ensemble. Ces informations couvraient en général l'achat, la réalisation ou la fabrication, la livraison et l'installation des composantes à l'intérieur du pavillon.

D'après le diagramme d'ensemble, il fallait procéder au plus tôt avec les opérations d'excavation, de

drainage et de fondation. Un diagramme préliminaire fut tracé et au fur et à mesure que les travaux progressaient il était possible d'élaborer pour les étapes à venir et de corriger la logique ou la durée des activités.

Au début, la date limite de ces travaux avait été fixée au 19 novembre afin d'éviter les intempéries des mois d'hiver mais en pratique les fondations devaient être prêtes à recevoir le 22 mars l'acier de la superstructure. On a réalisé une bonne partie des travaux durant l'hiver mais déjà au 22 mars, l'installation de l'acier accusait quelques jours d'avance.

Le même procédé fut suivi pour les autres étapes sauf que dans certains cas plusieurs d'entre elles furent regroupées sur un même diagramme et quelquefois réalisées en parallèle. Ainsi les diagrammes détaillés regroupaient les étapes suivantes :

1. Excavation, drainage, fondation
2. Superstructure, acier
3. Construction générale — mur rideau
Électricité — Mécanique — Ascenseurs
4. Exhibits

D'une façon générale, les dates de chacune de ces étapes ont été respectées ou tout au moins les travaux assez avancés pour permettre à l'étape suivante de débiter sans retard. Certains travaux du contrat général par exemple se sont échelonnés sur toute la durée du projet et ont été retardés pour faciliter la réalisation des autres travaux spécialisés.

Valeur d'un C.P.M.

Il se trouve dans des projets que les mêmes travaux apportent des retards et l'usage d'un C.P.M. aide

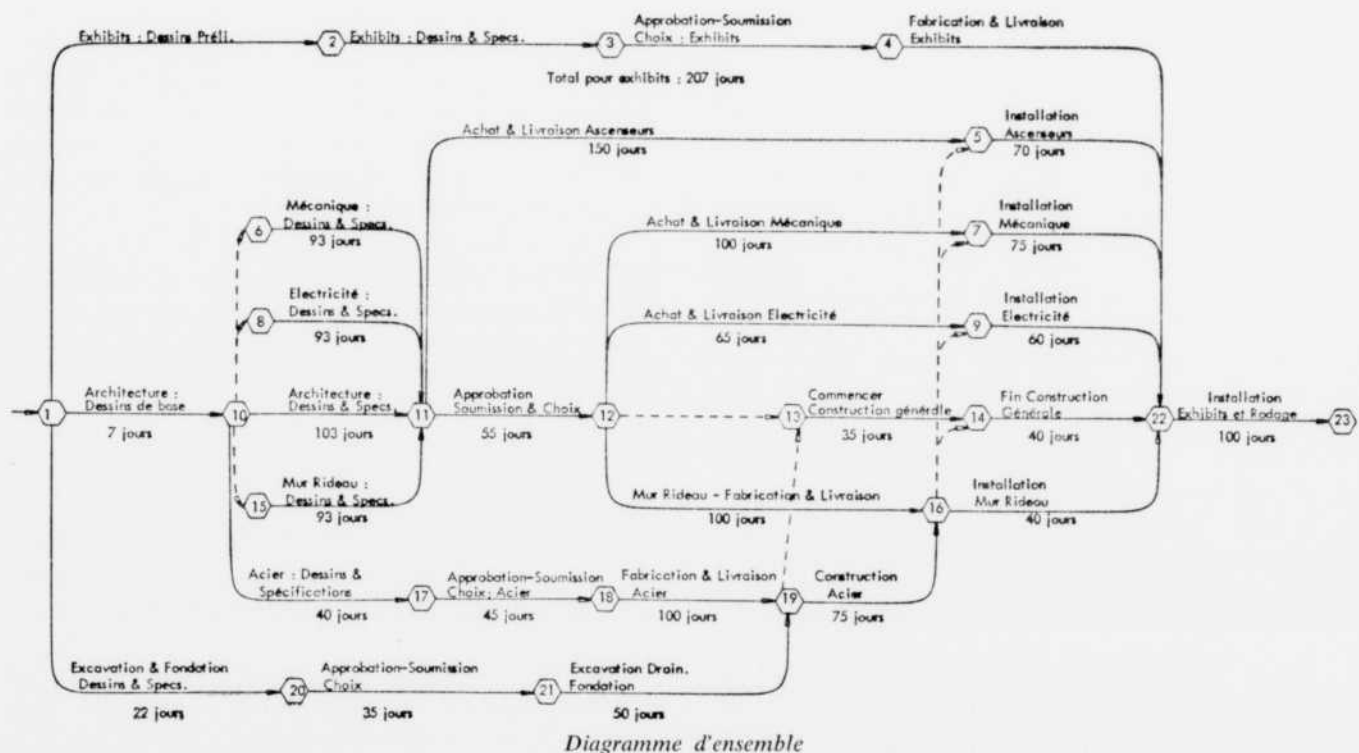


Pavillon du Québec

à découvrir et minimiser l'effet des retards qui pourraient survenir.

La valeur d'un diagramme C.P.M. repose sur l'exactitude des informations utilisées pour son élaboration et l'analyste qui monte un diagramme ne fait que traduire et intégrer toutes ces informations. Un diagramme est également plus utile pour suivre la bonne marche des travaux lorsque la durée des activités ne dépasse pas cinq jours. Cependant, il est souvent difficile au début d'un projet de détailler jusqu'à ce point les différentes activités et il est préférable à ce moment de réviser sommairement la cédule au fur et à mesure que les problèmes se définissent et de concrétiser ces changements, après un certain temps, dans une révision complète du diagramme.

Au début des travaux du Pavillon du Québec, la méthode C.P.M. n'avait été utilisée que par un groupe



limité de personnes et malheureusement était peu connue des gens de métier qui de ce fait ne pouvaient utiliser cet outil avec plein profit.

Ce manque de familiarité avec cette méthode se reflétait quelquefois dans les informations qu'ils nous communiquaient. Certains de plus étaient réticents à fournir le détail de leurs activités craignant d'être par la suite blâmés des retards qui pourraient survenir. Or, le but premier d'un diagramme C.P.M. au Pavillon n'était pas tellement pour déceler les erreurs passées comme de prévoir et de corriger les problèmes qui pouvaient survenir lors de la réalisation d'un projet et de s'assurer que la date limite serait respectée. Par la suite tous, à quelques exceptions près, ont réalisé que la méthode C.P.M., lorsque bien utilisée, pouvait leur être d'un grand secours.

En général, les retards occasionnés par des méthodes de travail ou des conditions de chantier sont corrigés assez facilement mais les retards de livraison de pièces importantes occasionnent souvent des retards coûteux et difficiles à rattrapper. Pour remédier à ce problème surtout pour du matériel qui vient de l'extérieur, il est préférable d'obtenir des garanties que les dates promises seront respectées et même d'avoir dans les bons de commande certaines clauses tels que : pénalité pour livraison tardive, annulation des commandes après une date limite etc.

Difficultés d'application

Du point de vue architectural, le Pavillon du Québec représentait de par sa conception un aspect particulier qui rendait difficile sa réalisation dans le laps de temps disponible. Le pavillon repose sur quatre colonnes qui se baignent dans un bassin et le tout est relié à la terre ferme par un pont. Les quatre faces du bâtiment sont fermées par un mur rideau pleine grandeur offrant ainsi un aspect de transparence et de légèreté. L'élaboration des diagrammes pour la construction n'a pas causé de problèmes particuliers et n'a nécessité qu'un nombre limité de révisions.

Par contre la réalisation, la production et l'installation des unités d'Exposition ont posé des problèmes plus difficiles à contourner. La plupart des travaux étaient extrêmement spécialisés et de nombreux facteurs intangibles ou hors de contrôle en régissaient l'élaboration. Pour donner quelques exemples, citons les photographes et les cinéastes qui devaient traduire un scénario malgré les saisons et les intempéries, le compositeur des effets sonores qui devait réaliser une trame sonore pour un spectacle encore en ébauche et ainsi de suite pour plusieurs autres spécialistes.

Une première approche consistait à regrouper pour chaque thème à l'intérieur du pavillon toutes les spécialités qui y entraient. Cette méthode cependant

ne permettait que de contrôler les grandes lignes du projet. Une deuxième approche regroupait les activités d'une même spécialité pour tous les thèmes à la fois. Cette dernière approche s'est avérée satisfaisante pour la réalisation et la production en atelier des unités d'exposition mais lorsqu'il s'est agi d'en faire l'installation à l'intérieur du pavillon, on a dû alors en revenir à un regroupement des deux méthodes énumérées précédemment. Ceci permettait de suivre à la fois la marche des travaux à l'intérieur d'un thème et également de suivre l'avancement des différentes spécialités.

Coût d'application

Le coût d'application de la méthode C.P.M. varie en général suivant l'envergure du projet, sa durée, sa nature et le degré de contrôle requis. On peut estimer ce coût à 0.1 à 0.5% du coût total du projet. Cet investissement est largement comblé par les économies de temps, d'argent et de main-d'oeuvre. Ces trois qualités étaient vitales pour la réalisation des Pavillons à l'Exposition, pouvant à l'avance planifier les divers besoins de main-d'oeuvre et de matériaux.

Les coûts d'application se partagent entre les phases suivantes : l'étude et l'analyse des diagrammes, le dessin et le calcul des diagrammes, le contrôle de la marche des travaux et les révisions à la logique. Le degré de contrôle et le nombre de révisions sont deux des facteurs influençant le plus le coût d'application de cette méthode.

Moyen d'application

Pour retirer pleinement les avantages que cette méthode offre, il est important que toutes les parties impliquées dans ce projet en connaissent tout au moins le but et les principes de base et qu'ils participent plus ou moins directement à l'élaboration des diagrammes. Le responsable de l'application de cette méthode doit relever le plus directement possible du directeur du projet et avoir pleine autorité pour recueillir les informations nécessaires.

En faisant appel à un organisme extérieur pour l'élaboration d'un C.P.M., le directeur du projet profite de l'expérience et de moyens plus poussés, ceci lui permet de limiter son personnel, et dans l'ensemble de réaliser des économies appréciables.

Conclusion

La réalisation d'un pavillon posait des problèmes particuliers et l'utilisation du C.P.M. s'est avérée d'un grand secours. Cependant, l'ampleur et la complexité des projets requièrent aujourd'hui des investissements considérables et chaque journée de retard dans la fin de ces projets représente des pertes se chiffrant par milliers de dollars. Quelle que soit l'ampleur du projet les économies réalisées ont justifié chaque fois l'utilisation de ce moyen de contrôle. ■

Les pompes de Darling Brothers sont à l'oeuvre dans 29* constructions d'expo 67. Ces pompes fonctionnent continuellement, silencieusement et efficacement pour aider à assurer le succès de la plus grande exposition universelle jamais vue

Darling Brothers fabricants de pompes de la "Terre des Hommes"

* Aquarium de Montréal (Alcan) / pavillon de l'Autriche / Autostade / kiosque à musique / banques (2) / pavillon de la Grande-Bretagne / pavillon du Canada / pavillon de Radio-Canada / pavillon de Ceylan / pavillon de la Tchécoslovaquie / pavillon de la France / Jardin des Étoiles / pavillon de l'Allemagne / Habitat 67 / pavillon de l'Hospitalité / pavillon des Indiens du Canada / pavillon de l'Iran / pavillon de la Jamaïque / Labyrinthe / L'Homme et la Mer / Port Sainte-Hélène / pavillon de l'Ontario / pavillon du Québec / station de pompage pour eaux d'égout / station d'épuration des eaux d'égout / pavillon thématique



DARLING BROTHERS LIMITED

Succursales et agences de vente d'un océan à l'autre

140, rue Prince, Montréal

Le Pavillon des États-Unis

par SIMPSON GUMPERTZ & HEGER, ing.-cons.

Le pavillon des États-Unis se compose d'un pareciel géodésique en forme de bulle, mesurant 76 mètres de diamètre et 61 mètres de haut. L'espace intérieur de la bulle a 190,000 mètres cubes et la superficie de celle-ci est de 13,000 mètres carrés. La conception de l'armature est le résultat d'essais continuels et d'améliorations constantes visant à obtenir une ossature légère et un minimum d'obstruction visuelle.

La charpente est tri-dimensionnelle, à double revêtement, et les éléments sont disposés en trois couches : couche extérieure, couche intérieure et couche intérieure et extérieure reliées par des membrures d'âme. Les membrures de la couche extérieure sont reliées en triangle, et les membrures de la couche intérieure en hexagone. Les membrures d'âme se trouvent dans des plans passant par les rais des hexagones intérieurs et complètent la disposition triangulaire de l'assemblage intérieur. On a eu recours aux principes géométriques établis par R. Buckminster Fuller pour mettre au point les dispositions d'ensemble des triangles et des hexagones au-dessus de l'équateur de la coupole. Au-dessus de cet équateur se trouvent des triangles isocèles et des hexagones disposés en anneaux réguliers de dimensions décroissantes.

Dimensions de l'assemblage géométrique

Les dimensions de l'assemblage géométrique sont fonction des caractéristiques du voile de fibre acrylique. Le voile est fixé aux hexagones de la couche intérieure et forme une poche à base hexagonale dans chaque hexagone. Le voile est constitué de feuillets en fibre acrylique de 12 pi., dont les dimensions varient de 8' x 10' à 10' x 12' (suivant les dimensions maximales disponibles). Ainsi, les dimensions des hexagones intérieurs sont fixées de façon à correspondre aux dimensions maximales des feuillets de fibre acrylique de 12 pi. De plus, elles influent plus ou moins sur les dimensions des triangles de la couche extérieure et des membrures d'âme.



Le pavillon des États-Unis

Éléments de construction

La couche extérieure est constituée de tubes de 3 1/2" de diamètre extérieur. Les tubes disposés à la partie supérieure de la coupole sont de poids courant, alors que ceux qui se trouvent près de la base sont de type extra-fort (double). La couche intérieure et les membrures d'âme sont formées de tubes de 2 7/8" de diamètre extérieur, qui sont de poids courant à la partie supérieure de la coupole et de type extra-fort (double) à la base. Des profilés en "T", dont la surface plane permet la fixation des panneaux de fibre acrylique, sont soudés dans les tubes de la couche intérieure. Les profilés en "T" sont crénelés de façon à diminuer leur propre poids et à alléger l'ensemble.

La longueur maximum entre les jointures est d'environ 10 pi. pour les éléments de la couche extérieure et d'environ 7 pi. pour les membrures d'âme ou les éléments de la couche intérieure.

"Moyeux" (montures en étoile)

Les tubes sont assemblés à l'aide de moyeux en acier coulé, et chaque moyeu est constitué par un cylindre central monobloc en acier, muni de pattes rectangulaires permettant de raccorder chacun des éléments. Sur la couche extérieure, les moyeux compren-

nent 6 pattes (rais) destinées aux éléments extérieurs et 6 pattes destinées aux membrures d'âme, ce qui fait 12 pattes au total pour chacun des moyeux. Sur la couche intérieure, les moyeux comptent 3 pattes destinées aux éléments intérieurs et 3 pattes destinées aux membrures d'âme. Il y a deux moyeux intérieurs pour chaque moyeu extérieur. On a utilisé quelques 5,900 moyeux des deux types. Compte tenu de l'agencement géométrique de l'ensemble, il a fallu environ 83 assemblages en étoile distincts (43 à l'intérieur et 39 à l'extérieur).

Montage à pied d'oeuvre

Sur le chantier, on a raccordé les tubes aux montures à moyeux en soudant les pattes sur les rainures situées aux extrémités des tubes.

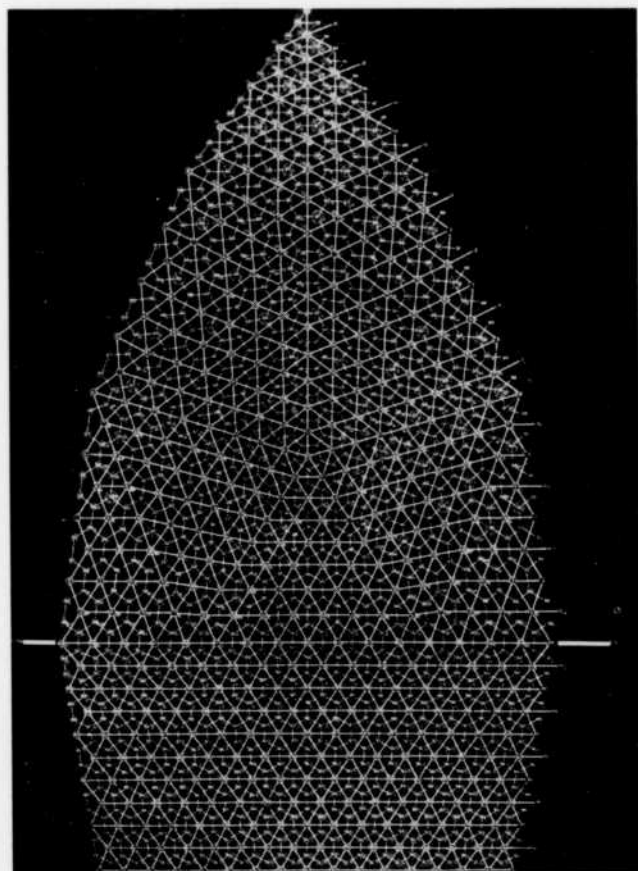
Poids des éléments en acier

tubes : 600 tonnes
moyeux : 120 tonnes

En moyenne, chaque pied carré de surface de la coupole supporte 10 lbs d'acier environ.

Préfabrication et montage

A) Les travaux suivants ont été effectués en atelier, c'est-à-dire, en dehors des chantiers de l'Expo :



Cette photographie représente développé 1/3 du dôme

- 1) soudage des empattements;
- 2) coulage des moyeux;
- 3) perçage d'un orifice (pour le montage) dans chacune des pattes des moyeux;
- 4) tronçonnage des tubes à la longueur désirée;
- 5) entaillage (rainure destinée à chaque patte de moyeu) et perçage d'un orifice à l'extrémité de chaque tube;
- 6) soudage des profilés en "T" sur les éléments tubulaires intérieurs;
- 7) marquage de toutes les pièces.

Il n'a pas été nécessaire d'établir de plans d'atelier, sauf en ce qui concerne les empattements à souder et quelques éléments de portes. On a fabriqué tous les tubes et tous les moyeux en fonction du plan d'agencement établi par les architectes. L'utilisation d'un ordinateur électronique a permis de calculer les dimensions et d'établir les figures géométriques. Le bureau d'ingénieurs-conseil Simpson, Gumpertz & Heger Inc. a mis au point le programme de calcul en collaboration avec les architectes du pavillon qui ont déterminé les principes de base de la disposition géométrique de l'ensemble.

B) Sur le chantier, les travaux de préfabrication ont été effectués en deux étapes.

1er étape

Pour la réalisation des pré-assemblages, on a utilisé l'un des deux gabarits installés près de la base de la coupole. Les gabarits (tréteaux de montage) consistaient simplement en des surfaces sphéro-concaves rigides (profilés et tôles d'acier) de 30' x 50' environ. On a posé les moyeux extérieurs sur le tréteau de montage pour mettre les tubes en place en utilisant un seul boulon pour chaque patte et pour les moyeux intérieurs aux extrémités des tubes. Puis, on a soudé partiellement les divers éléments. Grâce à l'utilisation du tréteau sphérique, on a pu automatiser le processus de montage dès le début. La plupart des soudures des pré-assemblages étaient terminées lorsque ceux-ci furent retirés des tréteaux.

2ième étape

L'utilisation d'une grue facilita la mise en place des pré-assemblages de grandes dimensions (50 pi. au maximum) et on fixa les éléments de raccordement à l'interface des moyeux au moyen de boulons.

C) Les travaux d'assemblage et de mise en place effectués à pied d'oeuvre ont demandé 5 mois environ. Les travaux avancèrent beaucoup plus rapidement vers la fin, du fait de la normalisation des méthodes et de la mise en courant progressive des monteurs.

Le processus d'assemblage et de mise en place des éléments n'a pas entraîné de grosses difficultés.

D) On a examiné les soudures quant à l'aspect extérieur et vérifié leur résistance par ultra-sons.

Calculs de la construction

Pour les calculs concernant la construction de la coupole, on a procédé en trois étapes, à l'aide d'un ordinateur :

1) On a admis par hypothèse que la coupole constituait un ensemble isotrope. La résistance des membranes fut calculée en établissant la charge due au vent, la charge statique, la charge due à la neige (équilibrée et non équilibrée) et la charge dynamique (surcharge) due à la suspension des éléments d'exposition.

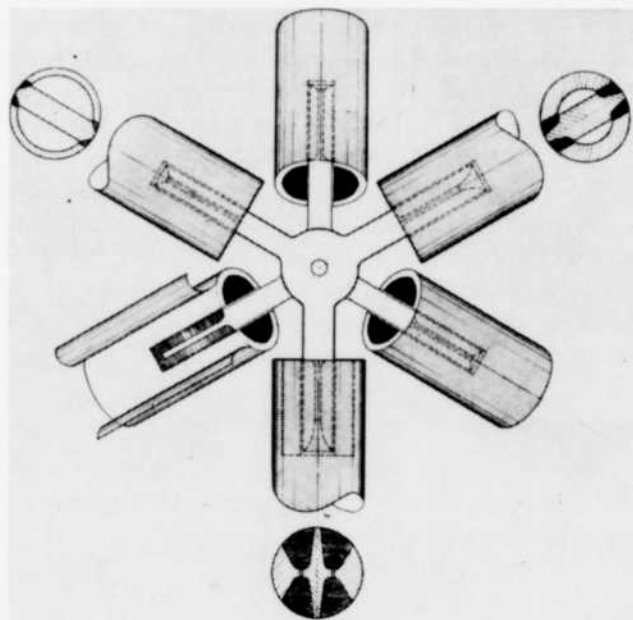
2) En raison de la disposition géométrique différente des éléments de la couche extérieure et ceux de la couche intérieure, on procéda à des calculs de construction (par ordinateur) pour une certaine partie de la charpente tridimensionnelle afin de définir la répartition des forces entre la couche intérieure et extérieure et les divers éléments. Comme il y avait trop de jointures et d'éléments, on a pas jugé nécessaire d'utiliser cette méthode pour toute la charpente.

Pour ces calculs, les ingénieurs du bureau d'études Simpson, Gumpertz & Heger ont employé une méthode de programmation désignée sous le nom de MAST. Cette méthode de programmation par ordinateur a permis d'établir des calculs exacts relativement aux charpentes tridimensionnelles (barres ou treillis) assemblées par des chevilles.

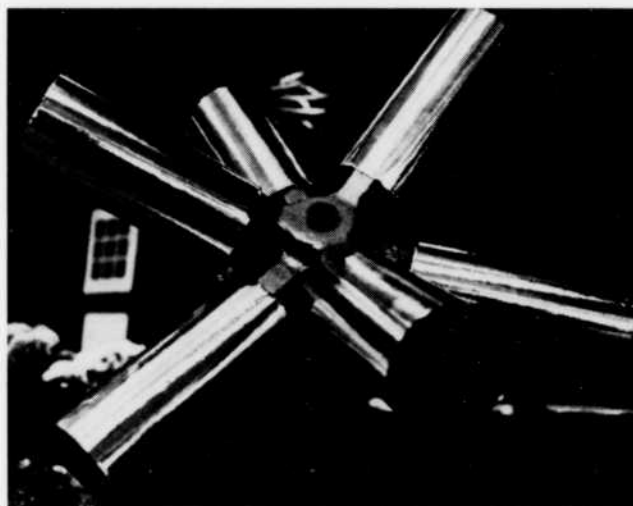
3) On effectua des calculs spéciaux (par ordinateur) pour évaluer les efforts subis par certains éléments de charpente situés à l'emplacement du portail et au passage du "Minirail", ainsi que pour déterminer les modifications du niveau des fondations à la base de la coupole. Pour ces calculs, on employa également les méthodes de programmation MAST.

Fondation de la coupole

On décida d'établir la base de la coupole à 3 niveaux distincts, sur le pourtour de celle-ci, pour trois raisons : utilisation fonctionnelle, esthétique et mise en valeur du terrain. Deux des points de rupture du niveau des fondations ont permis de fixer l'emplacement des ouvertures à pratiquer (pour les portails) dans l'ossature de la coupole. Les fondations de la coupole sont constituées par un mur d'enceinte en béton armé, de deux pieds d'épaisseur. Toutefois, en raison des modifications apportées au niveau des fondations, les poussées des fondations de la coupole ne se compensent pas de façon circulaire. Le mur d'enceinte et tous les murs intérieurs reposent sur le roc qui se trouve près de la surface du terrain du pavillon des États-Unis. Les dal-



Montage en étoile — schéma

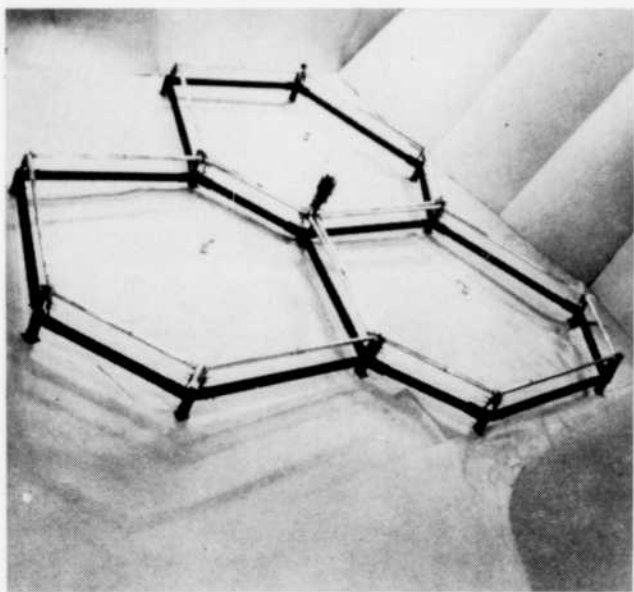


Montage en étoile — réel

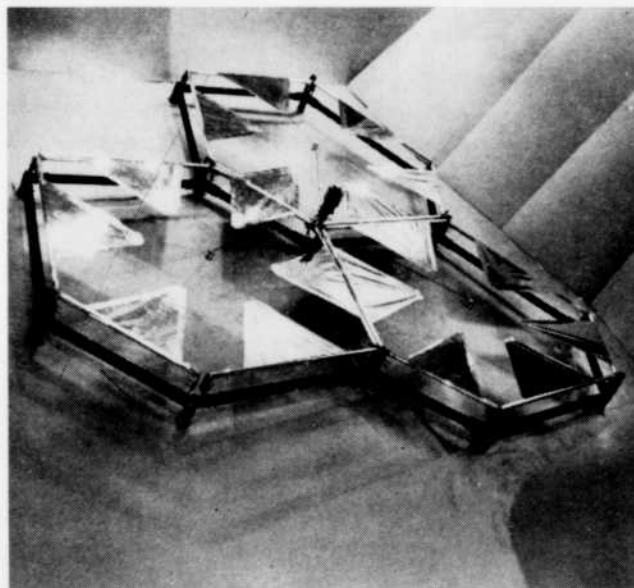
les des planchers intérieurs et les murs de refend en béton armé permirent de transférer les poussées latérales non équilibrées de la base de la coupole au massif rocheux. Pour contrebalancer les efforts de soulèvement dus au vent, il a fallu enfoncer des goujons dans le roc.

Pare-soleil

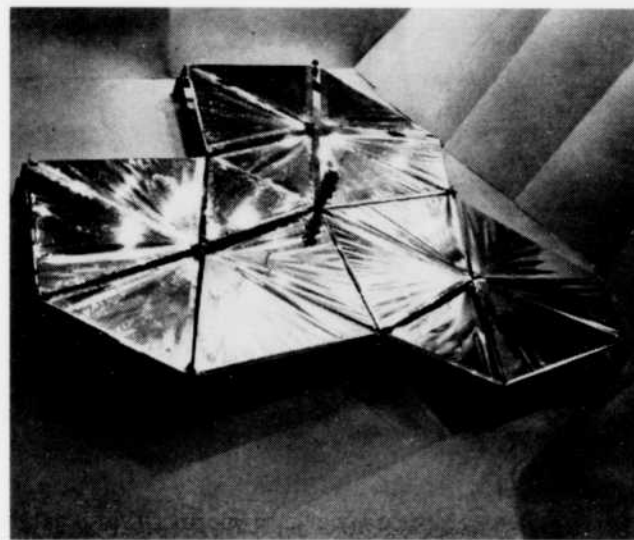
Des pare-soleil de forme hexagonale sont disposés sur la face interne de certains hexagones, au-dessus de la surface intérieure de la coupole. On peut ouvrir ou fermer les pare-soleil (feuilles triangulaires) au moyen d'un moteur. Le bureau d'ingénieurs mit à la disposition des architectes, chargés de la construction de la coupole, un ingénieur-conseil qui prépara les programmes de calcul en vue d'obtenir une bande de contrôle perforée servant à établir l'ordre de fermeture et d'ou-



pare-soleil — étape 1



pare-soleil — étape 2



pare-soleil — étape 3

verture des pare-soleil. Grâce à ce système de programmation, les emplacements des divers éléments d'exposition seront toujours ombragés, la plupart des pare-soleil étant ouverts. La disposition des pare-soleil change toutes les 20 minutes en fonction du déplacement des rayons solaires.

Aménagement intérieur

1 — Éléments principaux

À l'intérieur du pavillon se trouvent quatre plate-formes de grandes dimensions et trois grands promenoirs situés aux trois niveaux de fondation de la coupole. Les bureaux, les zones de service et les installations mécaniques sous les deux promenoirs surélevés.

Les plate-formes se composent de poutrelles d'acier laminé et reposent sur des colonnes d'acier constituées par des tubes de 30 pouces de diamètre. La plate-forme la plus élevée se trouve à 82 pi. au-dessus du plancher de promenoir principal.

2 — Résistance aux tremblements de terre (séismes, secousses telluriques)

Les plate-formes surélevées sont conçues pour résister aux poussées latérales produites par les séismes, conformément au code du bâtiment de la C.C.E.U. La résistance aux séismes est fournie par les contre-fiches des cages d'escalier et par les poutres des escaliers roulants. Les poussées latérales se reportent sur la roche de fondation grâce à la résistance des murs de soubassement des cages d'escalier, en béton armé, et des murs de soutènement des promenoirs, qui sont fixés à la roche par des goyjons de renfort en acier.

3 — Poutres de grande dimension (escalier mobile)

L'escalier roulant situé à l'entrée principale, qui permet aux visiteurs de se rendre du deuxième promenoir à la plate-forme la plus élevée a une portée nette (ouverture libre) de 123 pi. et une flèche verticale de 68 pi. 7 po. L'escalier roulant est supporté par une poutre disposée en porte-à-faux.

4 — Poutrelles de soutien de la voie du minirail

Le réseau minirail, qui permet aux visiteurs de se déplacer d'un bout à l'autre de l'Expo, passe à travers le pavillon des États-Unis à proximité de l'une des plate-formes d'exposition principales et à une hauteur de 36 pi. au-dessus du promenoir principal. Les poutrelles de soutien de la voie du minirail reposent elles-mêmes sur des poutrelles disposées en porte-à-faux par rapport à la plate-forme. ■

expo67



Le Pavillon de l'Union Soviétique

par ALEXANDRE N. KONDRATIEV

Le Pavillon de l'URSS, l'un des plus grands à l'Expo 67, est situé dans l'Île Notre-Dame, près de la passerelle du Cosmos qui relie cette île à l'île Sainte-Hélène. Le volume du pavillon est de 157000m² et sa façade principale est orientée vers le sud.

Le bâtiment a deux étages principaux : le rez-de-chaussée, au niveau du sol, et le premier, 23,3 pieds au-dessus de celui-là. Deux mezzanines s'élèvent à 15,2 et 28,2 pieds respectivement au-dessus du premier étage.

On a aménagé une salle d'exposition de 14,500 pieds carrés, une salle de cinéma de 600 places et un restaurant de 1,100 places au rez-de-chaussée du pavillon. La dénivellation du terrain vers la partie arrière du pavillon a permis de créer trois niveaux dans l'espace prévu pour le restaurant : le café libre-service est situé au premier niveau, la salle principale du restaurant au deuxième et les salles de banquet au troisième.

La salle principale d'exposition, ayant une superficie de 64,500 pieds carrés occupe le premier étage. C'est à cet endroit que le public commence la visite du pavillon.

On a aménagé une salle du cosmos, spécialement destinée à présenter l'exploration spatiale, au niveau de la mezzanine supérieure du premier étage; elle est formée de deux demi-sphères réunies ayant un diamètre de 72 pieds et une hauteur de 36 pieds. On y procédera à un vol simulé dans l'espace extra-terrestre.

Tous les étages et les mezzanines sont reliés par des escaliers roulants et par des escaliers ordinaires.

Deux supports en forme de "V" soutiennent en quatre points la couverture dont les dimensions sont de l'ordre de 220,3 x 448,5 pieds. Des murs en verre, les planchers des étages et la salle du cosmos sont suspendus à la couverture. Tel est le schéma de la structure du pavillon. La distance entre les supports en forme de "V" est de 141,4 pieds. Ils ont été posés sur des fondations en béton armé monolithe qui reposent à leur tour sur la base rocheuse située à 20 pieds

de la surface du sol. Afin d'assurer la fixité du système entier de la charpente, on a joint les branches inclinées postérieures des supports en "V" à des montants verticaux qui reposent également sur des fondations de béton armé plantées sur le roc. Ces montants résistent aux forces de compression et de distension de l'ordre de ± 1000 tonnes. Afin de faire face aux forces de distension, les fondations des montants ont été ancrées dans le roc au moyen de 8 câbles qui passent dans les ouvertures forcées dans la base rocheuse sur une profondeur de 25 pieds. Ces ouvertures ont été remplies de ciment. Chaque câble a été soumis à l'épreuve d'arrachage au moyen d'un vérin dont la force de tension était de 120 tonnes.

Les planchers entre les étages qui ont été suspendus au toit le long du périmètre du pavillon reposent ailleurs sur des colonnes. On a posé les fondations en béton armé de ces colonnes sur le sol remblayé.

Tout les éléments de la structure du bâtiment sont faits en acier faiblement allié (ST 52) dont la limite de fluage est de 36 kg/mm²; la résistance à la traction de cet acier correspond aux normes canadiennes — 2200 kg/cm².

La couverture à laquelle on a imprimé une courbure dynamique, allant de l'arrière vers la façade, repose sur les traverses principales ayant 448,5 pieds de longueur. Ces traverses reposent en deux points sur les supports en forme de "V", à 265,5 pieds de distance. Elles ont deux extrémités en porte-à-faux, de longueur presque égale.

Les traverses ont une forme à courbe afin de diminuer de 50% les charges de flexion dues aux forces qui s'exercent verticalement et cela grâce aux forces de tension (de l'ordre de 2500 tonnes) qui y apparaissent. On peut donc classer cette structure parmi celles du type à suspension et haubanées, à fil rigide, capable de subir des flexions dues à des forces non-symétriques sans altération de la forme.

La couverture à courbure permet l'évacuation rapide des précipitations atmosphériques; elle donne

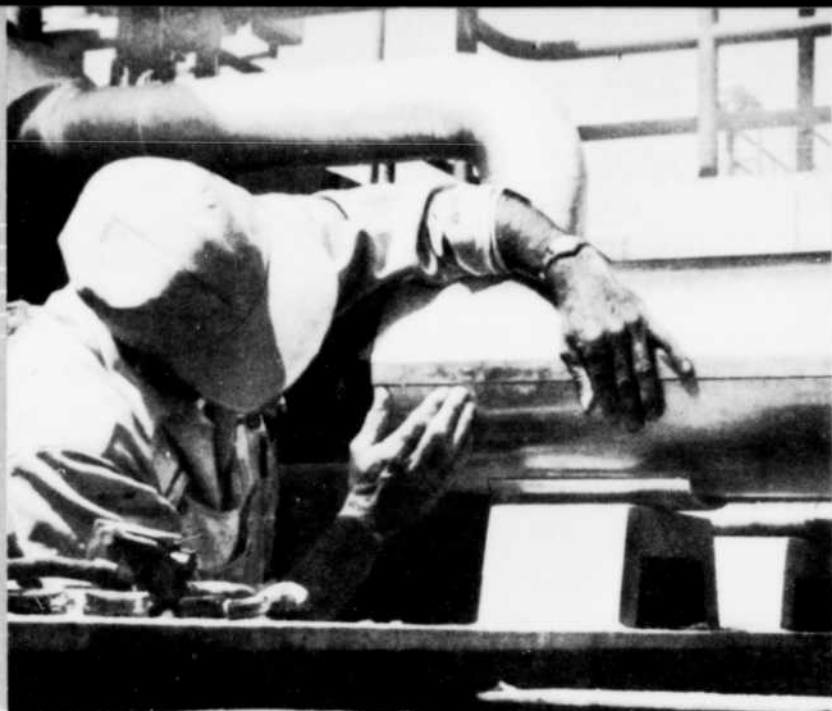
Johns-Manville

+ 3000°F
ISOLATION

DONNÉES TECHNIQUES

- 400°F

type: pour tuyaux
limite: 1200°F



METAL-ON* J-M Isolant pour tuyauteries

■ **DESCRIPTION:** L'isolant Metal-On J-M est composé d'un isolant pour tuyaux Thermobestos pour hautes températures recouvert à l'usine d'une gaine d'aluminium de haute qualité posée sur un feutre d'isolement. Chaque section de Metal-On, complète en elle-même, s'enclenche fermement en place sur le tuyau et, en assurant une parfaite étanchéité contre les intempéries, protège l'isolant d'une façon permanente. Les joints sont scellés par des manchons retenus en place par des cercles métalliques ordinaires. Aucune vis à métal n'est utilisée. La gaine est faite d'un alliage d'aluminium spécialement choisi pour sa grande résistance à la corrosion et sa robustesse.

■ **FORMES DISPONIBLES:** Livré comme calorifuge pour tuyauteries seulement, en sections de 36" et tous diamètres jusqu'au tuyau 24" et épaisseur 3".

■ **EMPLOIS:** Particulièrement conseillé pour les usines de production d'énergie, les industries de produits chimiques, de pétroles et autres analogues, utilisant des températures jusqu'à 1200°F, surtout dans les installations extérieures.

■ AVANTAGES

**Installation
économique**

Le calorifuge et sa gaine forment une unité complète, installée en une seule opération.

**Excellente protection
contre les intempéries**

Cette construction tient l'isolant au sec durant la pose, évitant la corrosion par électrolyse de l'aluminium par contact direct avec l'isolant humide, si commune lorsque la gaine est installée séparément.

**Epaisseur correcte
de la gaine**

La gaine est conçue pour assurer, au meilleur marché, un aspect attrayant, la rigidité voulue, la facilité de manœuvre, la résistance aux chocs.

**Feutre d'isolement
incorporé**

Fourni à même; constitue la barrière appropriée entre la gaine et l'isolant.

Démontage facile

S'enlève vite et aisément pour les réparations et l'entretien.

Pour les données techniques complètes, y compris propriétés physiques et thermiques, épaisseurs conseillées, conformité aux cahiers des charges, etc. voir la brochure IN-169A sur le Thermobestos.

*Marque déposée

METAL-ON

Détails de la pose



Section d'isolant Metal-On ouverte en longueur, ajustée sur le tuyau, et refermée fermement en place . . . d'un seul mouvement.



Cercle serré en place avec clé à cercler J-M, assurant protection entière du joint contre humidité et intempéries. Temps de pose requis; quelques minutes.



Cercle aluminium monopièce, garni de composé à scellement, en place autour du joint. (Un papier protecteur, qu'on enlève, conserve le composé jusqu'à usage.)



Scellements à onglet (Miter-Seals) Metal-On; se font aisément pour coudes, courbes, pièces de jonction angulaires ou arrondies.



Le couteau J-M pour Metal-On est spécialement construit pour couper aisément à la main la gaine d'aluminium seulement.



La coupe est commencée en pressant la pointe du couteau dans le métal avec la paume de la main.

EXEMPLE DE SPÉCIFICATION

CONDUITS DROITS

Toute la tuyauterie sera isolée de calorifuge de silicate de calcium enrobé d'aluminium (Metal-On Johns-Manville) aux épaisseurs recommandées.

Le calorifuge sera installé sur des tuyaux secs et propres avec tous joints aboutés fermement ensemble. Une double épaisseur, où il y a lieu, sera posée par-dessus, à coupes chevauchées, l'épaisseur interne étant assujettie avec collets de fil de fer à tous les 12" (maximum), et l'épaisseur externe posée comme l'installation à simple épaisseur. Le silicate de calcium (Thermobestos) sera enveloppé d'une gaine d'aluminium d'épaisseur minimum .016". Une barrière contre l'humidité sera installée entre le silicate de calcium (Thermobestos) et l'enrobage aluminium (Metal-On). L'isolant et l'aluminium (Metal-On) seront retenus en place par un joint continu, type friction, assurant un scellement positif contre les intempéries, tout le long de l'enrobage aluminium. Ensuite, un collier tout fait en aluminium .016", avec agrafe, 2" de

large et contenant un plastique permanent à l'épreuve du temps, sera centré et solidement posé sur chaque joint circonférentiel.

NOTE SPÉCIALE:

Le collier 2" de large est calculé pour suffire à l'expansion normale d'une section 3' de Metal-On; néanmoins, sur conduits à haute température, on doit prévoir spécialement pour une expansion uniforme de l'enrobage en aluminium, afin d'éviter l'ouverture des joints.

RACCORDS

Tous les coudes, angles, courbes et inflexions seront isolés au moyen de sections taillées en onglet de calorifuge de silicate de calcium (Metal-On) avec enrobage d'aluminium. Les joints seront fermés et scellés au moyen de bandes d'aluminium faites d'avance (J-M Miter Seals).

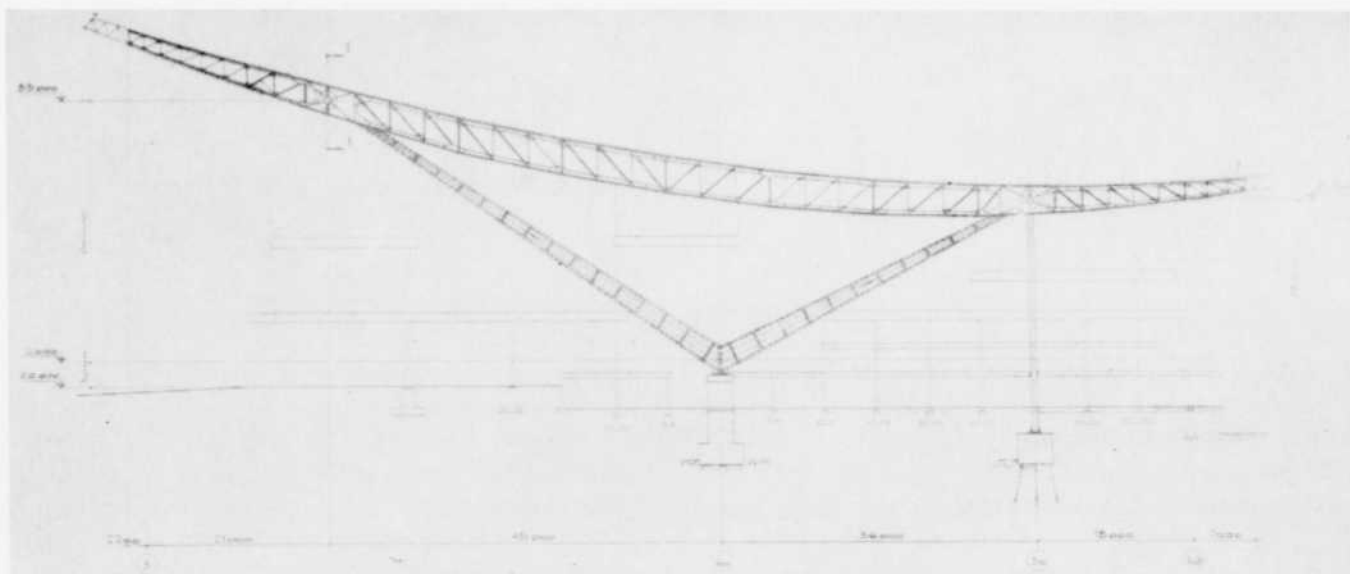


Schéma des principales structures d'appui du bâtiment

également une forme satisfaisante à l'intérieur du pavillon. Cette forme en selle du plafond principal est une réussite du point de vue de l'acoustique. L'élan de la couverture confère à l'ensemble du pavillon un dynamisme architectural.

Des fermes et des poutrelles longitudinales et transversales réunies en un disque rigide au moyen d'un système de joints forment la couverture. Des feuilles en aluminium gaufrées sont posées sur les poutrelles.

Un système de poutres principales et secondaires qui reposent sur des colonnes dans le secteur central du pavillon forment le système des planchers entre les étages. L'écartement entre celles-ci est de 19,6 x 23,6 et 39,3 x 47,2 pieds. Le long du périmètre du pavillon, les poutres des planchers sont suspendues aux fermes de la couverture au moyen de bandes d'acier placées dans les conducteurs des vitres extérieures.

Afin d'assurer la libre rotation de ces poutres, en cas de déformation de la couverture due aux charges temporaires, leurs points d'appui sont articulés. Les poutres principales des planchers sont jointes rigidement aux colonnes; ceci crée une structure spatiale capable de résister aux charges horizontales dues aux vents ou aux tremblements de terre, tant dans le sens longitudinal que latéral.

Tous les joints de la structure de soutien ont été effectués au moyen de boulons à haute solidité qui ont été serrés sous pression contrôlée et qui réagissent aux tensions par des forces de friction.

La force du vent fléchit les bandes de suspension; les planchers qui y sont suspendus les distendent. Les forces de distension diminuent l'étendue de la flexion ce qui permet d'utiliser des bandes à section compacte malgré les distances considérables entre les joints

d'appui qui peuvent atteindre 55 pieds. Les bandes de suspension sont revêtues de bandes d'aluminium laminé dans lesquelles sont fixées les vitres des murs extérieurs.

Des plafonds à suspension, en bandes d'aluminium formées à froid et peintes, ont été aménagés dans toutes les salles du pavillon. Les parois, faites de plaques minces d'acier entre lesquelles on a disposé de la laine de verre, sont démontables.

Après que l'Exposition à Montréal aura fermé ses portes, le pavillon de l'URSS sera démonté et transporté à destination de Moscou où il sera réassemblé et utilisé en tant que salle d'exposition permanente. C'est en tenant compte de ces considérations que l'on a employé des joints démontables pour la structure, en utilisant principalement des boulons. Les auteurs du projet ont, par conséquent, opté pour l'emploi des matériaux durables et plus chers — contrairement aux besoins d'un pavillon prévu pour un usage ne dépassant pas six mois.

Le projet du pavillon de l'Union Soviétique a été élaboré à Moscou par un groupe de travail comprenant :

l'architecte en chef Mikhail V. Possokhin
l'architecte Achot A. Mndoyants
l'architecte Boris I. Thor
l'ingénieur Alexandre N. Kondratiev
et le concepteur Roudolf R. Kliks.

Les travaux de construction du pavillon ont été exécutés par la société italienne FEAL (Milan). L'équipement du pavillon (escaliers roulants, transformateurs électriques, matériel de restaurant), une partie des matériaux (verre, aluminium et bois) ainsi que le mobilier ont été fournis par l'URSS. ■

Les pavillons thématiques

par R. LEIBE

Deux des pavillons thématiques de l'Expo 67, à savoir "L'homme interroge l'univers" et "L'homme à l'oeuvre", situés respectivement sur l'île Verte et l'île Notre-Dame, de chaque côté du chenal Lemoyne, sont de conception architecturale exceptionnelle.

Les dirigeants de la Compagnie Canadienne de l'Exposition Universelle de 1967 ont demandé que les deux pavillons soient conçus de telle façon qu'ils se complètent mutuellement quant à l'aspect extérieur. Il fallait que les deux pavillons constituent des pôles d'attraction pour les visiteurs de l'Expo et qu'ils soient de caractère provisoire.

Pour ce qui est des caractéristiques de construction, on avait prévu des portées de 100 pi. et une charge vive de 125 lbs/pi.car. Les deux pavillons sont de construction identique, quoiqu'il ait fallu adopter des conceptions architecturales distinctes, du fait de la grande diversité des terrains. Le pavillon thématique situé sur l'île Verte comprend trois bâtiments distincts disposés tout autour d'une plaza et reliés par des passerelles (Fig. 1). Le pavillon thématique situé sur l'île Notre-Dame se compose aussi de trois bâtiments partiellement reliés et disposés comme suit : le bâtiment central permet aux visiteurs de se rendre d'un bâtiment latéral à l'autre. Un pont, à partir de la station de l'Expo-Express située à proximité, fournit l'accès à ce bâtiment. Un canal traversant ce pavillon lui confère un intérêt particulier au niveau du sol.

Mise au point du projet

Au cours de la phase préparatoire, il a été convenu que l'on essaierait d'utiliser un système structural modulaire, c'est-à-dire un élément de construction pour l'ensemble de la construction des pavillons. Il fut



Figure — 1

Vue aérienne de l'île Verte montrant les trois édifices du Pavillon Thématique 'L'Homme Interroge l'Univers'.

espéré que la configuration finale des bâtiments pourrait être modifiée jusqu'au dernier moment, c'est-à-dire lorsque l'on connaîtrait de façon plus précise les intentions des concepteurs chargés de la partie thématique proprement dite. Au cours des études préliminaires, on a envisagé l'utilisation de divers éléments modulaires. On finit par choisir un tétraèdre régulier aux arêtes arasées, ce qui a donné une forme géométrique à huit faces, quatre hexagones et quatre triangles, toutes les arêtes étant d'égale longueur (Fig. 3). En emboîtant les éléments les uns sur ou à côté des autres de telle façon que les triangles et les hexagones soient disposés en alternance, on peut remplir l'espace entre deux plans parallèles (Fig. 4). Cela permet de constituer des murs, des planchers et des toitures en utilisant ces tétraèdres tronqués comme l'élément de construction universels. Les murs étant inclinés à un angle de $70^{\circ} 32'$ à partir de l'horizontale, au même angle que celui des faces d'un tétraèdre régulier, certains des éléments constituent à la fois le plancher et le mur au point d'intersection du plancher et du mur (Fig. 5).

À l'origine il avait été prévu de fabriquer en série des éléments cellulaires identiques, de les entreposer sur le chantier et de les assembler de différentes manières, lorsque l'on connaîtrait les exigences des concepteurs chargés de la partie thématique. Toutefois, on s'est rapidement rendu compte qu'il ne serait pas rentable d'utiliser des éléments cellulaires dont toutes les faces seraient identiques, à cause de l'emploi inefficace des matériaux.

Pour obtenir la configuration voulue, l'une des solutions consistait à réaliser un élément cellulaire en

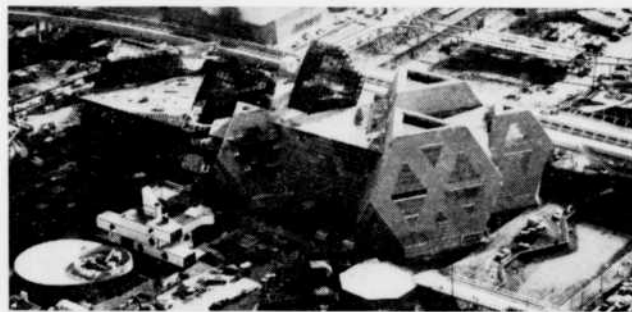


Figure — 2

Vue aérienne de l'île Notre-Dame montrant le Pavillon Thématique 'L'Homme à l'Oeuvre' adjacent à la station de l'Expo-Express.

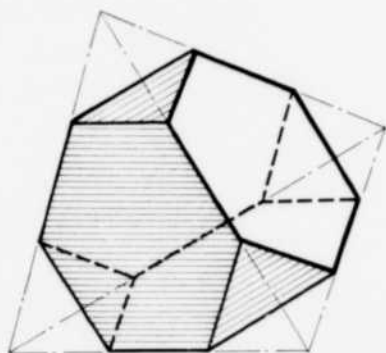


Figure — 3
"Élément de construction"
— Tétraèdres Tronqués.

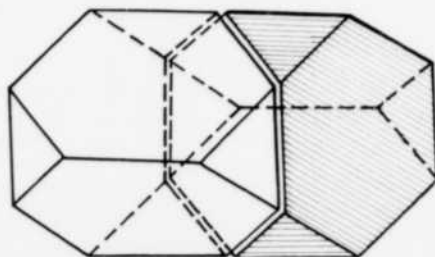


Figure — 4
Tétraèdres Tronqués nichés.

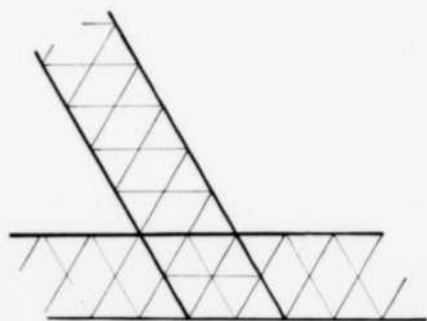


Figure — 5
Coupe d'un croisement Mur-Plancher

soudant l'une à l'autre quatre plaques hexagonales. Cette solution, peu économique, étant donné qu'il n'y avait qu'un quart du matériel au bon endroit à pouvoir résister le mieux possible aux efforts de flexion. D'autre part, il était très difficile de relier les éléments cellulaires l'un à l'autre. Une autre solution consistait à placer une pièce de charpente le long de chacune des arêtes des éléments cellulaires. L'utilisation de pièces de charpente était préférable à l'utilisation de plaques, puisque la moitié du matériel pouvait maintenant résister aux efforts de flexion. C'est alors que l'on a décidé de ne pas utiliser d'éléments cellulaires, et conservant le principe, on les remplaça par des éléments espacés. Il ne s'agissait plus de fabriquer des éléments cellulaires, mais plutôt des pièces de charpente. On procéda à des études techniques concernant une structure entièrement soudée, c'est-à-dire avec des pièces de charpente soudées directement les unes aux autres, et également une structure à boulons avec des pièces de raccordement disposées à l'intersection des pièces de charpente. La construction soudée était plus économique (moins de matériaux), mais on préféra en définitive la construction boulonnée, compte tenu des frais de fabrication et de montage trop élevés. Pour supprimer les contraintes secondaires on installa des étréssillons dans la plupart des éléments hexagonaux (Fig. 6 & 7).

On utilisa différentes qualités d'acier, ASTM A-36, CSA -G40-12 et ASTM A-441, ayant respectivement



Figure — 6
Charpente de Plancher Typique.

des limites d'élasticité de 36,000, 44,000 et 50,000 lbs par po. car., et des boulons à haute résistance, ASTM-A325 et ASTM-A490, de $\frac{3}{4}$ de po. de diamètre, d'une résistance au cisaillement (cisaille unique) de 6,600 et 10,000 lbs respectivement. Les éléments sont constitués pour la plupart par des plaques cintrées de $\frac{3}{16}$ de po., d'une largeur suffisante pour ménager un minimum de jeu aux boulons d'assemblage. La membrure de plus petite dimension comprend deux de ces éléments ($3'3''$ de longueur) fixés à la pièce de raccordement par trois boulons A-325 à chaque extrémité. Le plus petit entretoisement en diagonale consiste en une plaque cintrée de $\frac{3}{16}$ de po. (de $6'6''$ de longueur) relié par deux ou quatre boulons A-325 à chaque extrémité. La capacité des cordes varie de 40,000 à 320,000 lbs et celle des diagonales de 13,000 à 80,000 lbs. Les efforts extrêmes des cordes se produisent dans les parties basses des murs, où elles servent surtout de colonnes.

La construction de ces éléments espacés est beaucoup plus complexe que celle des éléments de ce genre réalisés jusqu'ici (Fig. 8). Les planchers et les murs de tous les bâtiments sont disposés en continu, ce qui évite en partie que les planchers ne pivotent sur leurs appuis. En dehors des efforts de flexion des planchers, il y a des contraintes axiales causées par les murs inclinés. Dans certains bâtiments, il y a jusqu'à cinq planchers asymétriques. Pour la conception et l'analyse

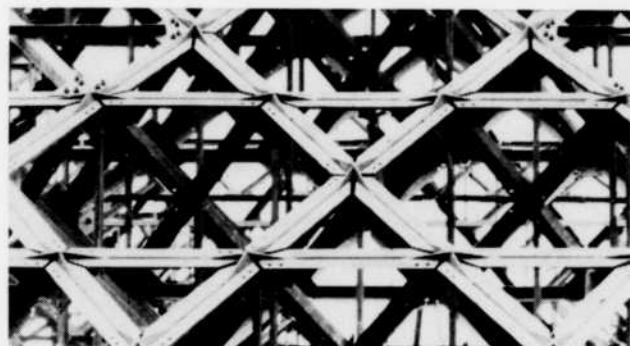


Figure — 7
Section de plancher typique montrant les cordes en angles doubles et les plaques de raccords.

approximative de la superstructure, on utilisa des matrices de raidissement et on procéda à des calculs approximatifs à l'aide d'un ordinateur IBM 7044.

Construction

Les bâtiments situés sur les deux îles reposent sur des pieux creux (tubes d'acier) enfoncés jusqu'au roc de fond. Comme il n'existe pas de murs verticaux, de fortes poussées horizontales se produisent à la partie supérieure des chapeaux de pieux. Pour résister à ces poussées, on se sert de tirants d'acier qui exercent une pression de sol passive sur les chapeaux de pieux et les murs d'ancrage. Les planchers situés au-dessus du niveau du sol se composent de dalles de béton coulé en place, de 3" d'épaisseur, reposant sur des pièces de charpente métallique aux points d'intersection.

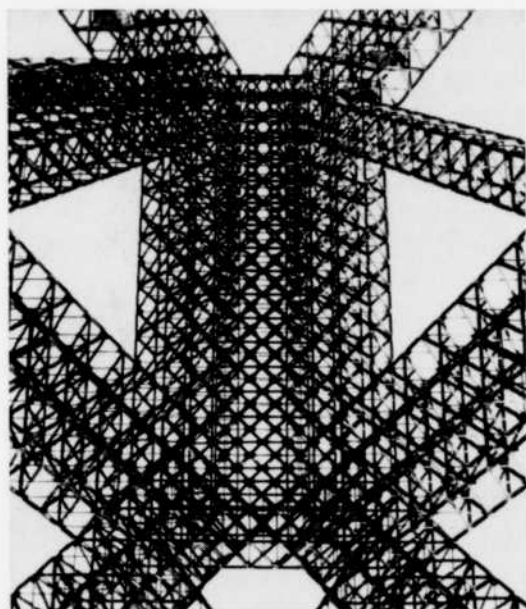


Figure — 8

Une vue de l'intérieur d'un des édifices de l'île Verte montrant un croisement de deux murs.

Chaque dalle de béton est renforcée par une épaisseur de treillis métallique soudé, à mi-hauteur de la dalle. En guise de coffrage et qui sert aussi de plafond d'insonorisation, on utilisa des panneaux de fibrociment d'une épaisseur de 2". On procéda à l'étude technique de ces bâtiments à l'automne 1964 et au printemps 1965. Pour gagner du temps la C.C.E.U. décida de lancer des appels d'offres distincts pour les charpentes métalliques avant de signer le maître d'oeuvre (entrepreneur général) chargé de chaque pavillon. Les plans contractuels, notamment les plans d'encombrement (planchers), les élévations des murs et les détails sur les pièces de charpente et de raccordement, afin d'indiquer la complexité dans la fabrication étaient prêts en juin 1965. Les soumissions concernant le contrat de fourniture d'acier comprenaient des prix unitaires calculés d'après un certain tonnage estimatif d'acier, le prix de revient définitif

étant ajusté en fonction du poids réel, supérieur ou inférieur au poids estimatif.

La fabrication des pièces d'acier de charpente a commencé à l'automne 1965, à l'usine de la compagnie Dominion Bridge située à Lachine, à quelque quinze milles de distance du chantier. À la même période, les entrepreneurs généraux des deux pavillons ont commencé le battage des pieux et le creusage des fondations. On automatisa au maximum la fabrication en atelier en raison de l'uniformité d'une grande partie des 600,000 pièces d'acier nécessaires au montage des bâtiments. Les pièces préfabriquées furent transportées jusqu'à un atelier provisoire situé à proximité de l'île Verte où le montage put se poursuivre sans interruption. Sur le chantier, les pièces de charpente et les goussets furent placés dans l'un des trois têtreaux de

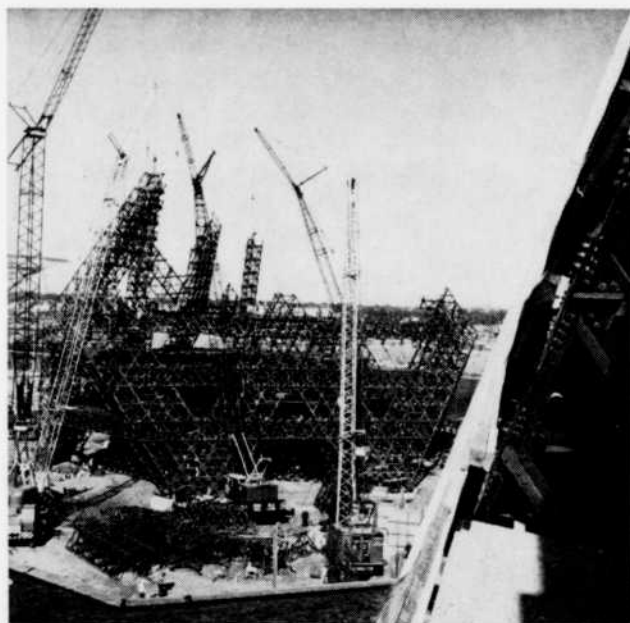
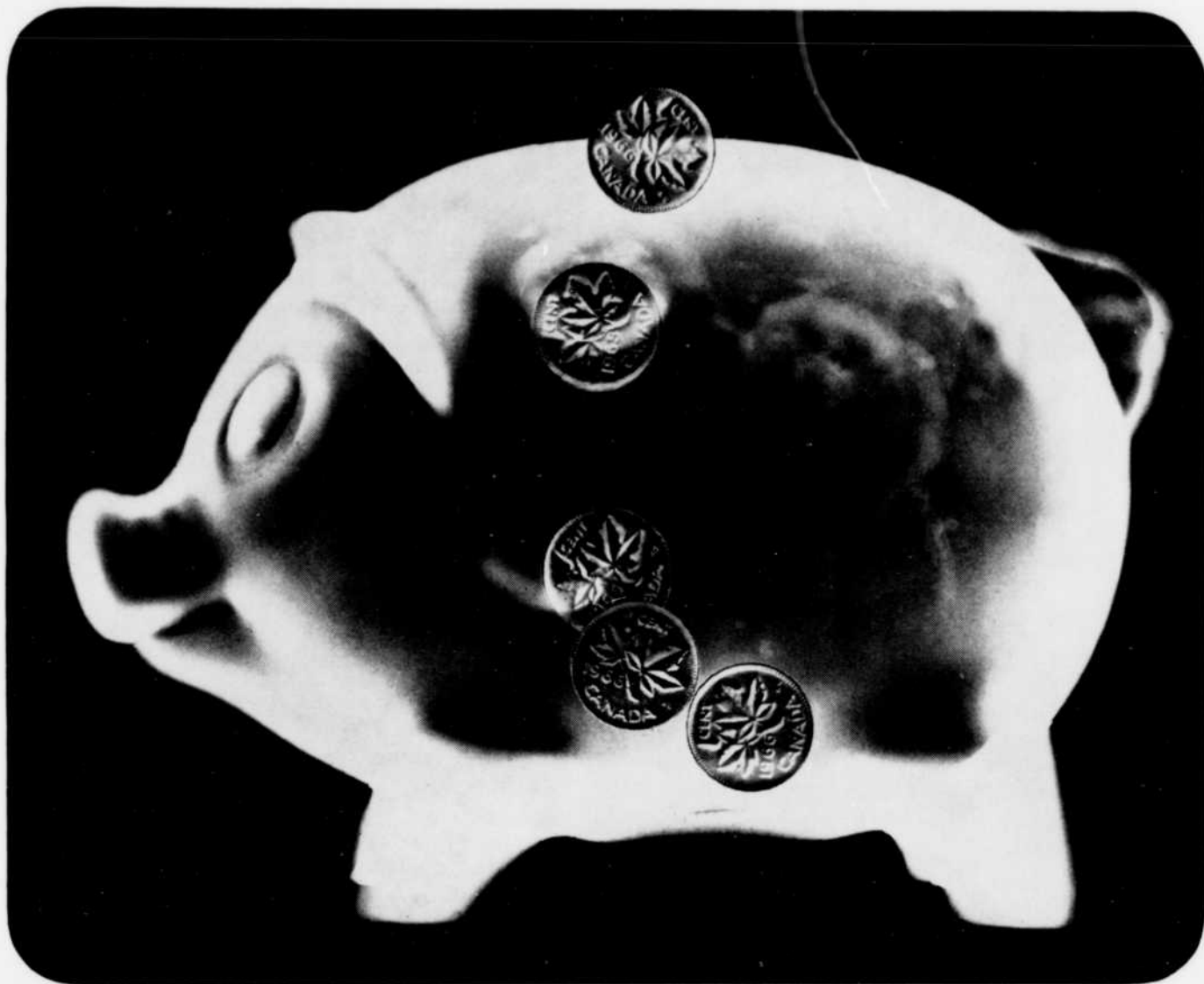


Figure — 9

Une vue d'un des édifices de l'île Verte durant la construction.

montage et furent joints par des boulons pour former des "sous-ensembles" au nombre de 1,500. Leurs dimensions maximales étant de 8' x 40' environ, on pouvait les soulever sans difficulté à l'aide d'une grue (Fig. 9). Ces éléments furent transportés par camions jusqu'au chantier et mis en place à l'aide de boulons. Les travaux de montage ont été organisés de telle façon qu'il n'a pas été nécessaire d'avoir recours à des échafaudages provisoires.

Grâce à une excellente organisation, on procéda simultanément aux études de conception des bâtiments, à l'établissement de quelques 500 dessins d'exécution, au creusage des fondations, à la fabrication et au montage des charpentes métalliques, ainsi qu'à la mise en place des dalles de béton. De même, il fut possible de terminer le montage de ces éléments fort complexes un peu plus d'un an après avoir commencé les dessins d'exécution. ■



**En économisant quelques cents
sur une feuille de film
vous risquez de perdre des
dollars sur une radiographie.**

A combien revient une radiographie? \$10? \$20? \$35? Sans doute dans ces prix-là, après calcul des frais de personnel, frais généraux, temps de manipulation, d'exposition, développement, examen, avantages sociaux et autres facteurs.

Vous pouvez toujours économiser quelques cents en achetant un film à bas prix dont les normes de qualité peuvent être douteuses. Mais si qualité douteuse signifie que vous devez faire une autre radiographie de temps en temps, son prix de revient doublera sans compter la perte de temps et le manque de confiance

dans le résultat final. Cela vaut-il donc la peine d'économiser quelques cents sur un film alors que vous risquez de perdre des dollars sur une radiographie?

Pour de la qualité comme pour des standards uniformes, demandez les films Radiographiques Industriels Kodak.

Voyez votre fournisseur de films Radiographiques Kodak ou écrivez à

CANADIAN KODAK CO., LIMITED
Toronto 15, Ontario

Kodak
MARQUE DÉPOSÉE

expo67



La passerelle du Cosmos

par R. BERTRAND



1867



1967

L'objectif

La passerelle du Cosmos a été conçue pour enjambrer le chenal LeMoynes, et former une voie d'accès aux piétons, entre l'Île Ste-Hélène et l'Île Notre-Dame sur le site de l'Expo 67. Son emplacement tel qu'indiqué au plan général est situé à proximité du pavillon de la Russie sur l'Île Notre-Dame, et le pavillon des Etats-Unis sur l'Île Ste-Hélène. C'est entre ces deux pavillons que l'on prévoit une concentration intense de piétons.

Divers matériaux et types de construction furent considérés pour la construction de cette passerelle, le choix a été porté sur une structure de bois lamellé, pour les avantages suivants :

- Cette passerelle est conçue comme structure temporaire.
- Une haute rançon est prévue dans l'emploi du bois lamellé.



Monsieur Bertrand est gérant des ventes des Industries TPL Ltée (anciennement Les Structures Lamellées Ltée). Il est gradué du Collège Loyola (B.Sc. 1955) et du Nova Scotia Technical College (B. Eng. Civil 1958). Il est présentement président de la Section associée du chapitre de Montréal de l'Institut canadien des Ingénieurs ainsi que président du comité de Relations externes de la Corporation des Ingénieurs du Québec.

- Le bois est l'industrie première au Canada.
- La beauté esthétique et la plaisante ambiance du bois lamellé se marient très bien au thème de l'Expo, "Terre des Hommes".
- La passerelle en bois lamellé est une des structures les plus légères pour ce genre de construction.
- La fabrication minutieuse et complète à l'usine a facilité et accéléré l'érection.
- L'économie.

Le calcul

L'étude de la passerelle du Cosmos, fut confiée à Swan Wooster Engineering, par la Corporation Canadienne de l'Exposition Universelle 1967, sous la surveillance de monsieur S. Y. Tang, ingénieur en chef du projet.

Une charge vive et uniforme de 100 livres par pied carré de piétons a été utilisée pour le calcul de cette structure, en plus d'une charge de camion concentrée de 27 kips, pour services d'urgence et d'entretien. La longueur totale de la passerelle est de 675' de culée à culée, répartie en 5 parties égales de 135'. Les contraintes unitaires permises pour le bois lamellé et le bois de sciage sont indiquées à la table I.

Les poutres maîtresses de 14½" x 84½" ont une section module de 17,256 pouces cubes. La déflexion de la poutre sous la charge vive totale est de

5¼". La déflexion de la charge morte est de 3¼". Les poutres fabriquées avec une cambrure de 6½", développèrent une déflexion net de 2" sous la charge totale, pour une portée libre de 135'.

Coût

Les propriétaires, C.C.E.U. ont fait des demandes séparées de soumissions pour l'infrastructure et la superstructure, excluant le monorail. Le coût de l'infrastructure (caissons) fut de \$380,000 et le coût de la superstructure de \$365,000, représentant un coût total de \$745,000. (voir table II)

La fabrication

La fabrication de la passerelle de bois lamellé fut entreprise par les Industries TPL Ltée, dans leur usine de New Westminster, C.B. La fabrication a été

exécutée dans une usine certifiée par la C.S.A. sous un contrôle minutieux de la qualité, d'après les normes de la C.S.A. 0177-1965.

Les dessins d'atelier indiquant les détails et tolérances précis de fabrication ont été préparés par le département de Génie des Industries TPL Ltée, et soumis à Swan Wooster Engineering et aux ingénieurs de la C.C.E.U. pour approbation et autorisation de la fabrication.

Chaque lamelle individuelle de 1½" d'épaisseur a été produite à une longueur de 136' par éléments à bouts dentelés (finger end joint) collés à la melamine et mûris dans une presse du type R.F. (radio frequency press) et blanchis en une seule opération continue.

Ces lamelles de 136' furent introduites dans un applicateur de colle à la résorcine (à l'épreuve de l'eau)

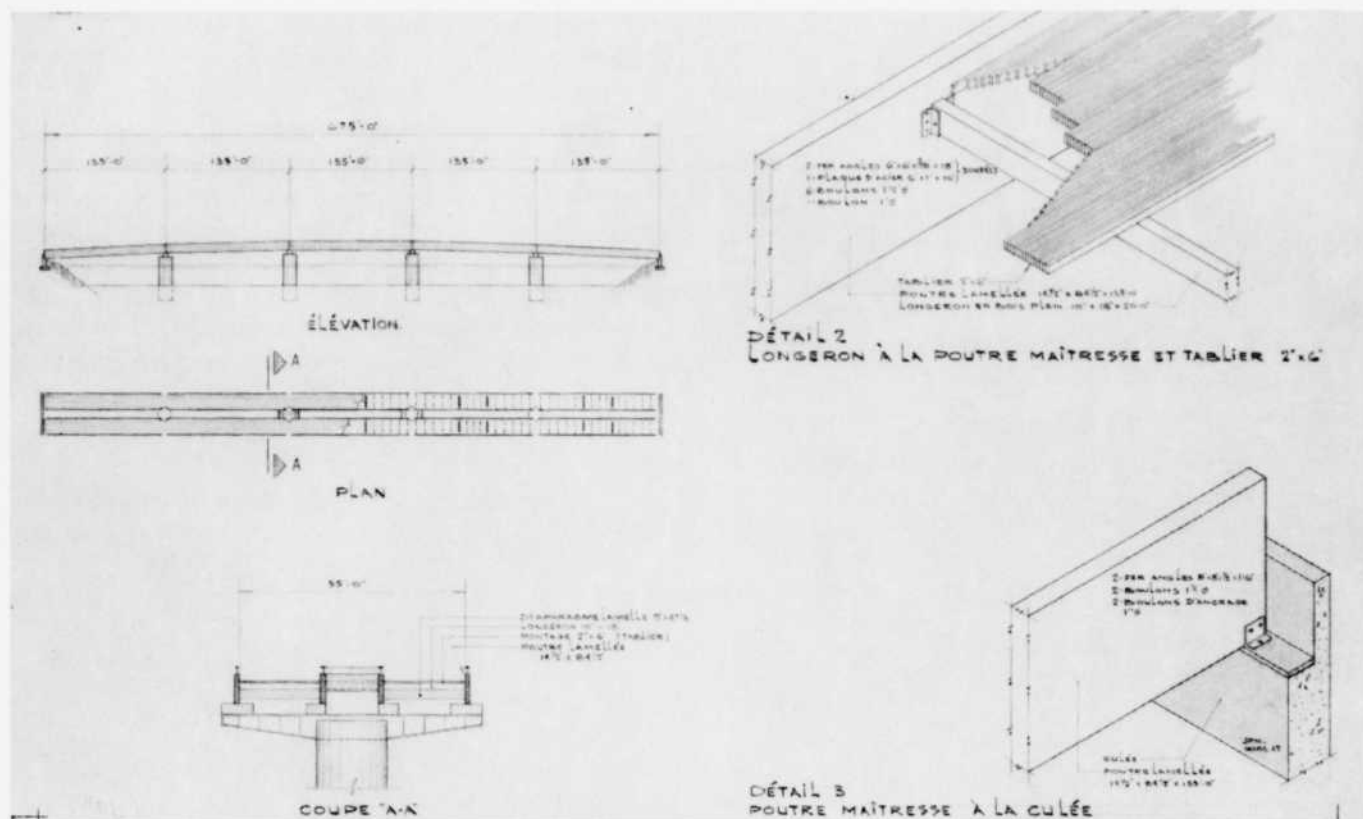
TABLEAU I

		Contraintes Unitaires Permissibles ⁽²⁾							
Condition de service	Qualité de contrainte CSA	Flexion (psi)		Compression (psi)		Tension (psi)		Module d'élasticité (psi)	
		Contrainte à la fibre extrême	Scissaillement longitudinal	au grain	au grain	au grain	au grain		
BOIS LAMELLE Humide (extérieure)	24f Sapin Douglas Groupe Ib	2150*	145	1200	325	1600	55	1.7 × 10 ⁶ *	
		Majoration de 15% de contraintes pour chargement de courte durée (CSA 0122-1969) ⁽¹⁾							
		Contraintes permissibles	2470*	167	1380	374	1840	63	1.7 × 10 ⁶ *
* indique une condition de service moyenne entre sèche et humide									
BOIS DE SCIAGE Pruche de l'ouest Groupe Ic	Système de partage des charges	1650	110	1210	400	1650	—	1.5 × 10 ⁶	
		Majoration de 15% de contraintes pour chargement de courte durée (CSA 086-1959) ⁽⁴⁾ Diminution de 10% de contraintes pour condition de service semi-humide (CSA-1959) ⁽⁴⁾							
		Contraintes permissibles	1725	115	1270	460	1740	—	1.5 × 10 ⁶

TABLEAU II

	Montant du contrat	Superficie de la passerelle pi. car.	Coût pi. car.
INFRASTRUCTURE (caissons)	\$380,000		
SUPERSTRUCTURE	\$365,000	27,000	\$13.50
COÛT TOTAL (monorail exclus)	\$745,000	27,000	\$27.60

Note : coûts approximatifs à base de contrats octroyés.



et empilées dans un gabarit à pression, 35 lamelles de profondeur, produisant une poutre de $14\frac{1}{2}$ x $56\frac{7}{8}$ ". Le gabarit a été pré-ajusté pour permettre une cambrure de $6\frac{1}{2}$ " et ces poutres mûrirent pour une période de 12 heures à une température de 100°F . sous une pression uniforme de 100 livres par pouce carré de superficie de contact entre chaque lamelle.

Les Poutres maîtresses ont été retirées du gabarit et blanchies dans une raboteuse ayant une capacité de 16 x 60 ". La poutre blanchie avait une dimension de $14\frac{1}{2}$ x 56 ". Les poutres furent replacées dans le gabarit pour recevoir 17 lamelles additionnelles produisant une profondeur de poutre totale de $84\frac{1}{2}$ ". Ces poutres mûrirent par le même procédé mentionné ci-haut. Le rabotage des lamelles additionnelles fut complété à l'aide de raboteuses portatives mécaniques. Les diaphragmes et poutres secondaires furent fabriqués de la même façon.

Par la suite les poutres maîtresses et diaphragmes furent coupés de longueur précise, perforés et entaillés pour recevoir les ferrements d'assemblage, tel qu'indiqué aux détails de connections typiques 2 et 3, le tout se conformant aux dessins d'atelier approuvés. Chaque morceau reçut une couche de bouchepores pour être ensuite emballé individuellement avec un polythène pour fin de protection durant le transport et l'érection.

L'expédition et l'érection

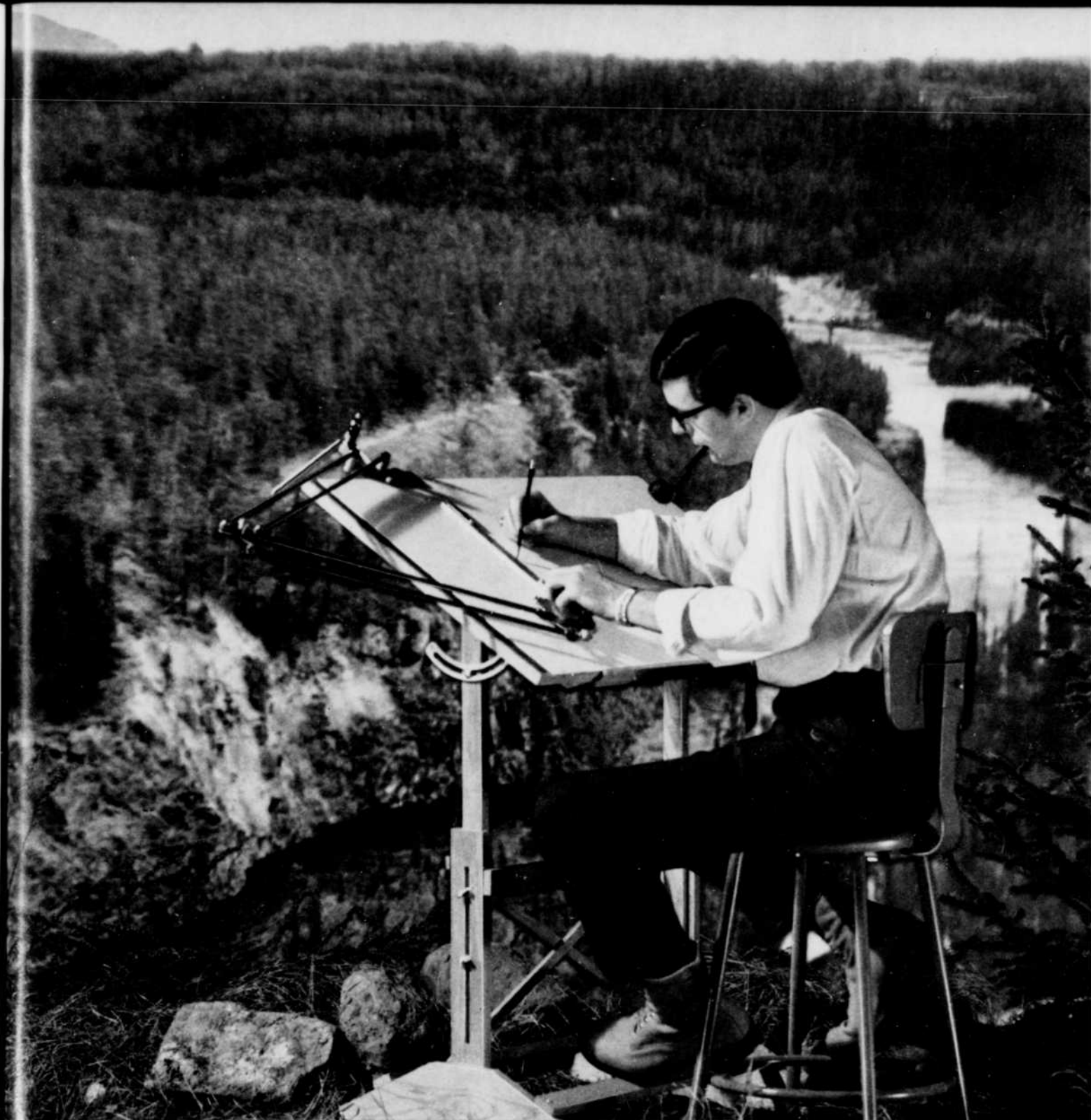
Les poutres maîtresses furent expédiées par chemin de fer de New Westminster, C.B. à une voie d'évi-

tement à St-Lambert, Qué. L'expédition des poutres de $135'$ a nécessité l'usage de 3 wagons en plate-forme, celui du milieu agissant comme flâneur. Le poids des poutres fut transmis au premier et troisième wagon par l'intermédiaire d'un raccord orientable, permettant aux trois wagons d'obéir aux courbes de chemin de fer.

De la voie d'évitement les poutres furent transportées au chantier par camion, chaque poutre ayant une pesanteur de 39,000 livres. Au chantier elles furent déposées sur la grève à quelques pieds au-dessus du niveau de l'eau et soulevées au moyen d'une grue montée sur une barge, laquelle à l'aide de câbles et treuils mécaniques s'orientait entre les piliers pour y déposer les poutres maîtresses sur l'infrastructure. Les diaphragmes et longerons furent installés de façon semblable. Les détails 2 et 3 indiquent la facilité d'installation et la facilité de raccordement des membres de bois lamellé. La structure étant complète, un tablier 2 x 6 " (mill floor) en pruche de l'ouest fut appliqué sur les longerons et diaphragmes. La longueur minimum permmissible de ces 2 x 6 " était de 12 pieds avec disposition variée. Deux couches de vernis clair furent appliquées à la structure.

Conclusion

Il se dit à juste titre que les raisons principales de l'usage du bois lamellé pour la passerelle du Cosmos sont l'économie, l'apparence esthétique, la valeur de rachat, ainsi que la facilité d'érection. ■



Voici le moment de faire appel à Allis-Chalmers

Pourquoi? La raison en est bien simple. Le plus tôt vous nous appelez en consultation, le plus nous pouvons contribuer à un projet. Considérez les raisons suivantes:

- Nous consulter à l'époque où vos travaux sont dans leur phase initiale vous permet de créer dès maintenant au lieu d'adapter plus tard.
- Allis-Chalmers est établie au Canada, donc vous bénéficiez pleinement de notre expérience et de nos connaissances des exigences Canadiennes.

- Des innovations telles que l'assurance qualité et les programmes de production établis par ordinateurs nous permettent de *nous* maintenir en avance sur *vos* prévisions.

Il est donc logique de nous consulter très tôt . . . avant même que vos dessinateurs se mettent à l'œuvre. Canadian Allis-Chalmers Limited, C.P. 37, Montreal, Que.

 expo67
Rendez-nous visite au
Pavillon des Industries du Québec

 **CANADIAN
ALLIS-CHALMERS**



Le gyrotron

par J. TOMAKA

Description de la construction

Le gyrotron se compose de deux constructions reliées l'une à l'autre par un pont. La plus importante des deux, appelée pyramide à cause de sa forme, a une hauteur de 215 pieds et permet l'installation nécessaire au programme d'exploration de l'espace. La plus petite a une hauteur de 113 pieds et on l'appelle le volcan; le caractère de son utilisation est évident.

La forme définitive de la construction a été subordonnée dans une large mesure au choix que l'on a fait d'un octaèdre symétrique dont l'axe de symétrie pointe vers le haut. À cause de ce choix, on a dû donner aux parois latérales une inclinaison d'environ 54° et, aux sections horizontales traversant la construction, une forme rectangulaire.

En charpente, la forme géométrique de l'octaèdre est stable; à tout système en équilibre de forces extérieures appliqué à un noeud résistent de simples forces axiales des éléments de la construction.

Comme les charges appliquées à la charpente sont surtout de compression, on a choisi des éléments tubulaires en vue d'une efficacité maximale, et cela, malgré la difficulté bien connue de réaliser des assemblages simples et économiques aux extrémités d'éléments de ce genre.

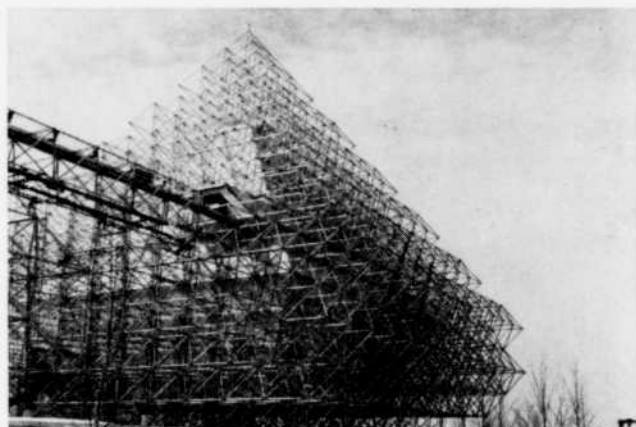
Cette méthode n'a subi qu'une seule exception, alors qu'on a utilisé des profilés en U et des poutres en I pour les éléments portant le plancher, les toits et les murs enfermant l'espace intérieur.

On a adopté une longueur de 16 pieds pour un élément. C'est une longueur plutôt exceptionnelle mais elle offre certains avantages.

Comme disposition architecturale, cela produit un réseau ouvert, formé d'éléments, qui offre un large champ de vision et donne aussi l'impression de légèreté qu'il convient de trouver dans un cadre tridimensionnel.

Il devient plus économique d'utiliser des éléments longs, car, pour une construction donnée il en faut moins et les points de jonction sont moins nombreux.

Le fait d'enlever un petit nombre d'éléments produit des ouvertures assez grandes pour le passage des voitures du monorail.



Vue partielle du gyrotron montrant la pyramide

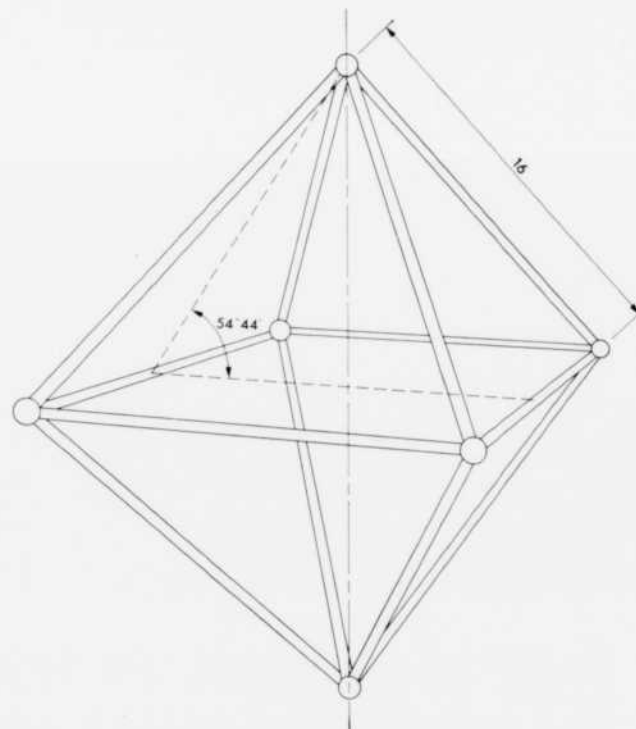


Figure — 1
Disposition octaédrique

La construction est enfermée du côté intérieur, en sorte qu'il est possible de voir la charpente qui entoure l'espace.

Les devis exigeaient que le recouvrement fut étanche à la lumière, à l'épreuve des intempéries et, jusqu'à un certain degré, isolant des bruits de l'exté-

rieur. Ce sont les panneaux sandwich, offerts par Panelex Ltd., de Montréal, qui furent à la hauteur de ces exigences et, pour le prix le plus bas. Ces panneaux sont formés de parements d'aluminium en feuille contreplaqué sur une âme cellulaire de papier imprégné de résine et sont bordés par un cadre en pin blanc séché (KD) de 1 3/4".

Les panneaux formant le mur de pourtour ont une épaisseur de 4", une largeur de 4' 0" et une portée de 13' 10 1/4". Le parement en aluminium Alcan 3003 a .040". La charge permmissible pour laquelle le manufacturier s'est porté garant est de 30 livres au pied carré. À l'essai, de échantillons de panneaux ont résisté jusqu'à un chargement de 70 livres au pied carré.

Ces panneaux du mur sont assujettis aux éléments horizontaux en forme d'U de la charpente tridimensionnelle, de même qu'à leurs points de jonction de la façon indiquée aux figures 3 et 4.

Les panneaux du plancher et ceux du toit ont 4' de largeur sur 16' de portée. Ils ont une épaisseur de 5" et leur parement de surface en a .051. Cela permet une charge admissible excédant 50 livres au pied carré qui peut adéquatement tenir compte des charges dues

au plancher en utilisation et à la neige du toit. Ces panneaux s'appuient sur des poutres en I de 8 x 4, en aluminium.

Les panneaux du plancher comme ceux du toit s'aboutent rive à rive laissant un vide de 1/4" qui est scellé, à l'intérieur comme à l'extérieur du parement des panneaux, au moyen d'un composé élastique de calfeutrage.

L'élasticité du composé est telle, qu'un déplacement relatif minime des panneaux soit possible sans que l'étanchéité du joint soit mise en danger.

Fondations

Les fondations sur lesquelles reposent les constructions consistent en pieux de béton dont l'extrémité inférieure est épanouie et qui sont disposés en carrés. Ces pieux sont à 16 pieds d'axe en axe afin d'être dans le prolongement des noeuds de la charpente tridimensionnelle du premier rang de tubes qui sont boulonnés à des plaques d'appui en acier galvanisé sur la calotte des pieux.

Les calottes de pieux sont reliées entre elles par un treillis de poutres en béton armé au ras de terre dont

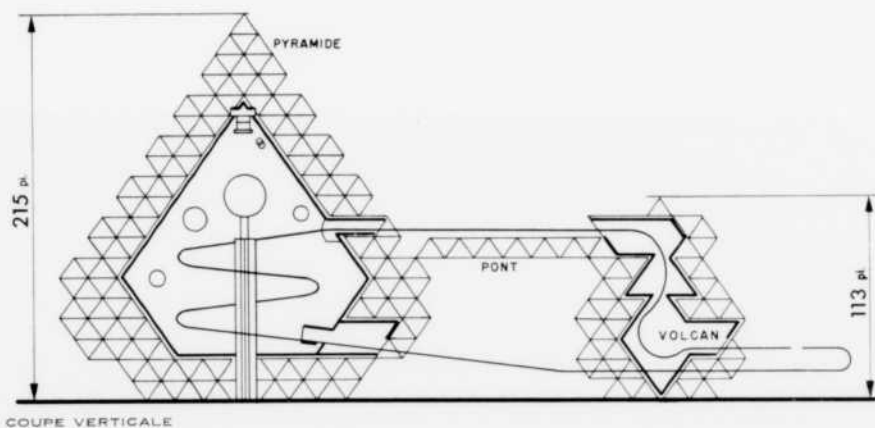
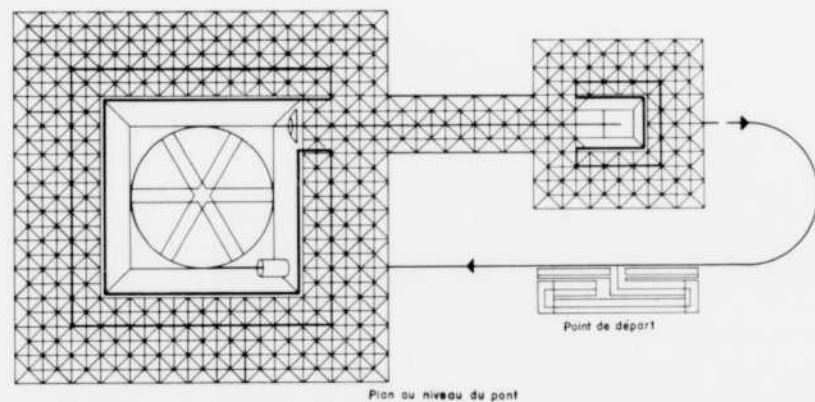


Figure 2

Disposition générale du gyrotron montrant une coupe verticale et un plan au niveau du pont.



la fonction est de transmettre au sol la poussée horizontale due à l'action du vent.

La pyramide repose sur 60 pieux et le volcan, sur 25.

Étude analytique

Les charpentes du gyrotron doivent résister aux charges provenant de leur propre poids, de l'action du vent et du poids de la neige et de la glace.

Comme il n'existe aucune documentation d'expérience antérieure sur le comportement de charpentes de ce genre, on a jugé qu'une étude analytique étendue s'imposait.

Il y a, dans la pyramide, environ 7,100 éléments et 1,520 points de jonction. Dans le volcan, il y a 1,310 éléments et 310 points de jonction.

Quoique le choix définitif de la grosseur des éléments devait dépendre des résultats obtenus de l'ordi-

naire établi pour le projet et fixé à 4 mois de la date de la signature du contrat, le début du montage des charpentes.

Afin de remplir cette obligation, il était nécessaire de commander les matériaux et de commencer la fabrication avant même d'avoir obtenu les résultats de l'analyse par ordinateur, analyse qui devait demander environ 3 mois de travail.

Les calculs relatifs aux éléments et à leurs points de jonction pour commander les matériaux devaient donc, de toute nécessité, s'appuyer sur les résultats d'une étude analytique préliminaire.

Analyse par ordinateur

Comme les deux charpentes sont grandement indéterminées et qu'elles renferment un très grand nombre d'éléments et de joints, une analyse "exacte", imposant des charges à chaque élément, ne pouvait se faire au-

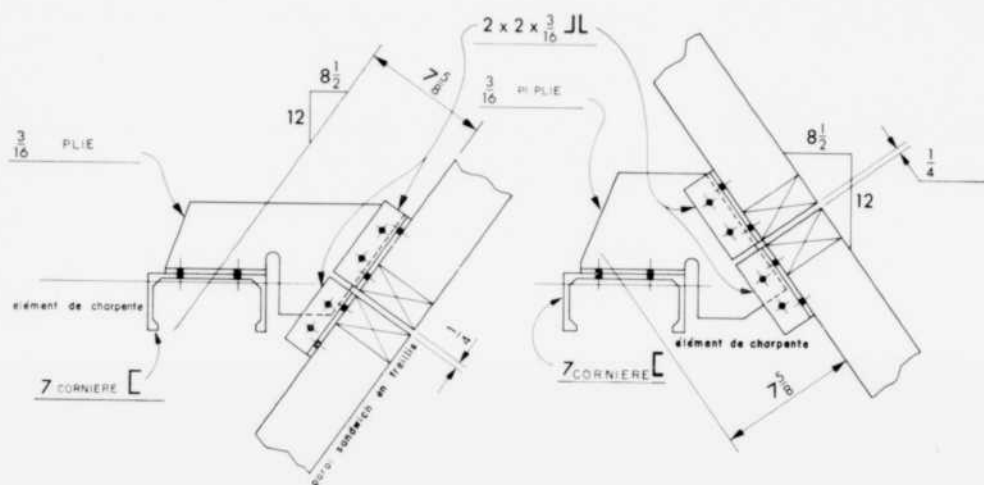


Figure 3

Joint entre panneau et élément en U

matrice, il a fallu effectuer un calcul préliminaire des charges appliquées aux éléments et cela, pour deux raisons :

1. Dans le cas d'une structure hyperstatique, la distribution des sollicitations ne dépend pas uniquement de sa forme géométrique, mais aussi de la rigidité relative de chaque élément. Toute modification apportée à la structure à la suite d'une analyse "exacte" par ordinateur enlève donc de la valeur, jusqu'à un certain point, à l'analyse même dont elle découle.

Quoique, dans la plupart des cas, cet effet sur l'analyse ne soit que d'importance secondaire, il est préférable que les données fournies à l'ordinateur s'approchent de ce que sera la structure définitive d'après les résultats obtenus d'une analyse préliminaire.

2. À cause des retards survenus au stade de la demande d'offres, on a dû tasser le programme ho-

trement qu'à l'aide d'une ordinateur. M. B. Auger, ingénieur conseil, confia ce travail à la firme Engineering Computations, de Londres, Angleterre.

La forme géométrique des structures et la grosseur approximative des éléments, trouvées par l'analyse préliminaire, furent communiquées à Engineering Computations, et les charges furent transformées en sollicitations concentrées aux noeuds de la charpente tridimensionnelle.

Un examen des programmes disponibles d'ordinateurs révéla qu'aucun d'eux ne pouvait se charger économiquement, et dans le temps voulu, d'une charpente de cette envergure. Pour surmonter cet inconvénient, Engineering Computations mit au point un nouveau programme s'appuyant sur une technique de relaxation donnant la sollicitation des éléments par un procédé d'approximations convergentes plutôt que par une solution directe des équations d'équilibre. On donna à ce programme le nom de "Star", sigle de "Space Truss Analysis by Relaxation".

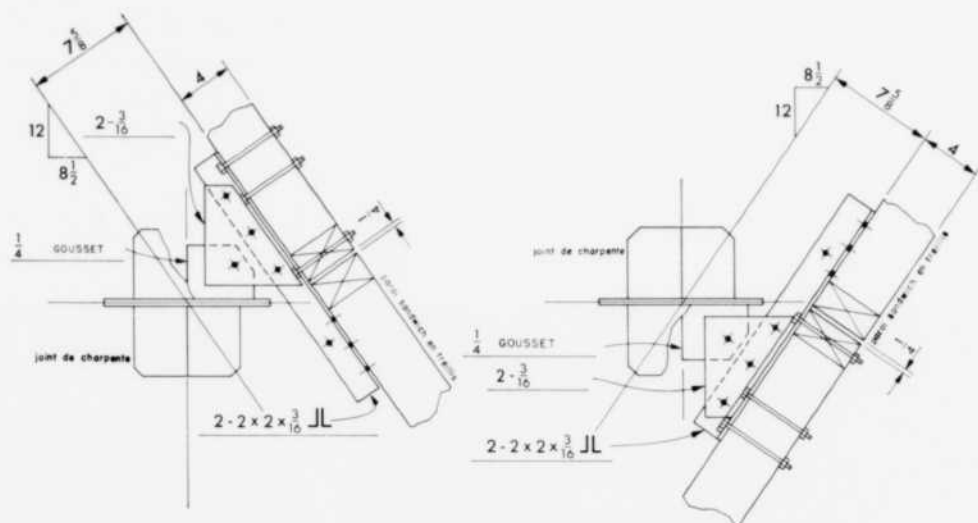


Figure 4

Joint entre panneau
et joint de charpente

Pour les fins de l'analyse, on considéra la structure comme un ensemble d'éléments à joints articulés. Cette méthode, qui ne tient pas compte des contraintes secondaires de flexion, est généralement suivie dans l'étude analytique de charpentes purement triangulaires et, dans le cas présent, à cause du genre de joint adopté, elle permet d'avoir une idée du comportement de la structure assez près de la réalité.

Dans l'ensemble, l'ordinatrice a confirmé les résultats obtenus par l'analyse préliminaire. Elle indiqua cependant que là où, par exemple, on avait prévu des charges égales sur une rangée d'éléments semblables, lors de l'analyse préliminaire, il existait en réalité une distribution inégale sur cette rangée, les éléments extrêmes étant plus chargés que les éléments intermédiaires. Il fut donc nécessaire d'utiliser un petit nombre de tubes plus gros que ceux que le calcul préliminaire avait demandés.

L'analyse par ordinateur fit voir également qu'il était possible d'utiliser des joints glissants plus compacts à l'extrémité du pont touchant à la Pyramide. Il fallut prévoir ces joints afin de tenir compte du mouvement différentiel possible entre la charpente de la Pyramide et celle du Volcan.

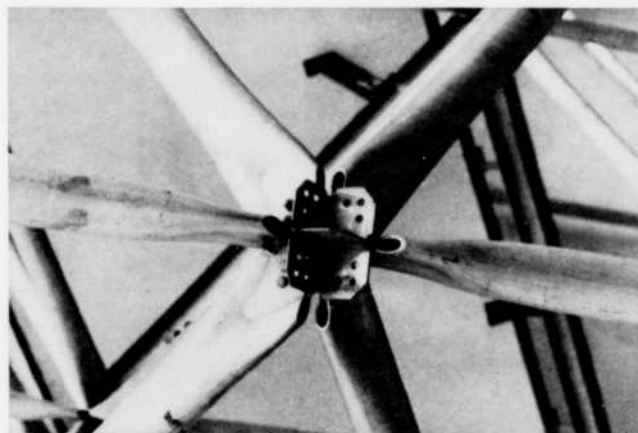


Figure 5
Joint de gyrotron

Les ouvrages identifiés par les références 1 et 2 renferment une description plus en détail de l'analyse par ordinateur.

Étude

Joints

Pour réaliser, là où sont les noeuds de la charpente, l'assemblage de tubes dont le nombre peut aller jusqu'à douze, on a eu recours au joint de la figure 5. Ce dispositif rendait possible l'enlèvement de n'importe lequel tube, ce qui est une nécessité dans le cas d'une structure tridimensionnelle où, à cause de la légèreté relative, il peut arriver qu'un élément soit accidentellement endommagé.

On eut d'abord l'idée d'utiliser un joint d'aluminium coulé, mais comme le temps nécessaire à sa mise au point manquait, on eut recours à des joints soudés de tôle d'acier (ASTM-A36) galvanisée.

Tubes

L'analyse préliminaire donna un charge de tube maximale de 18,000 livres, en compression, à la base de la structure, cette charge diminuant progressivement vers la hauteur.



Figure 6
Extrémité de tube

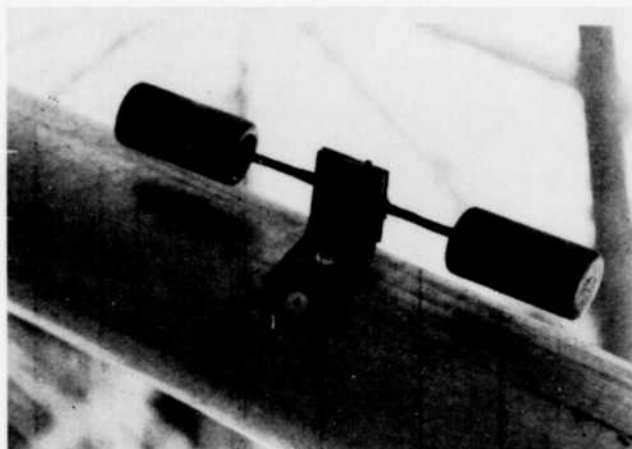
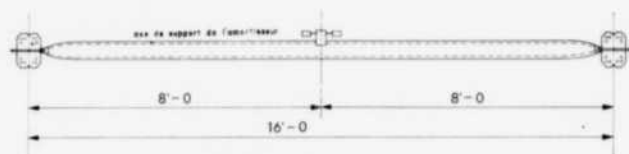


Figure 7

Axe de l'emplacement de l'amortisseur Stockbridge

Les charges ultimes furent calculées en assimilant les tubes à des éléments comprimés appuyés aux joints, d'axe en axe, et en utilisant les courbes de flambage appropriées données dans "Strength of aluminum". Pour obtenir les charges admissibles qui précèdent, on utilisa un facteur de sécurité de 2.0.

Extrémités des tubes

La figure 6 montre la forme de l'extrémité d'un tube. Elle fut mise au point par Aluminum Laboratories Ltd., le centre de recherches d'Alcan, à Kingston, Ontario. Cette forme particulière fut adoptée en tenant compte des exigences suivantes : a) il fallait qu'elle fut peu coûteuse à réaliser, et b) la résistance des extrémités au flambage devait être supérieure à celle de l'élément entier. La forme définitive fut obtenue par une simple compression entre matrices.

Questions de comportement

Au moment d'écrire ces lignes, la seule question d'importance qu'il nous a fallu régler dans le comportement de la structure du gyrotron a été celle de la vibration imprimée aux éléments tubulaires par le vent. Toute section transversale, à contour irrégulier, d'un élément en travers du vent, favorise la formation de tourbillons, de chaque côté alternativement. Une section transversale de forme circulaire, quoique idéale au point de vue résistance, présente également le meilleur contour apte à produire des tourbillons du même genre que les précédents. Comme la formation de tourbillons se fait en même temps qu'agissent sur l'élément des forces dues au vent, également parallèles et perpen-

diculaires à la direction du vent, l'élément est soumis à des charges de pulsation, dont la fréquence dépend de la vitesse du vent. Si cette fréquence coïncide avec la fréquence naturelle de l'élément, une oscillation se produira qui, par fatigue, amènera la défaillance de l'élément. Des couples alternatifs de tourbillons produisent des oscillations transversales au vent et qui se manifestent à une fréquence de :

$$N = V/5 D$$

où N = nombre d'oscillations en une seconde

V = vitesse du vent en pieds seconde

D = diamètre du tube en pieds

Des tourbillons individuels produisent des fluctuations dans la force de traînée et stimulent la production d'oscillations sous forme de courant à une fréquence de :

$$N = V/2.5 D$$

qui représente le double de la fréquence des oscillations transversales. Cette stimulation est bien inférieure à celle qui agit en travers et ne devrait pas normalement se manifester, du fait que l'amortissement naturel dû aux joints et à d'autres facteurs devrait l'empêcher. Ainsi dans l'étude des éléments entrant dans le gyrotron, on s'est appliqué tout spécialement à éliminer la production d'oscillations transversales en s'arrangeant pour que la fréquence naturelle affectant les tubes soit supérieure à celle de la formation des tourbillons (donnée par la relation 1) provenant de vents apparaissant normalement. (Pour des vents de grande vitesse, à cause de la turbulence qui prévaut, ce phénomène a tendance à ne pas se produire). Ce n'est qu'une seule fois que des oscillations transversales ont été notées, et cela pendant une période de grands vents; ce qui indique un certain succès dans le règlement de cette difficulté. Toutefois, il s'est souvent produit une oscillation sous forme de courant, ce qui laisse croire que l'amortissement naturel est plus faible que prévu pour un unique élément isolé, probablement à cause de la continuité des éléments provoquant une oscillation de 180° hors-phase dans les éléments voisins, imprimant une rotation aux joints. Quelle que soit la raison ultime, on a dû empêcher les oscillations de se produire et, après avoir envisagé plusieurs correctifs, on a trouvé que l'attachement d'un amortisseur Stockbridge sur tous les éléments susceptibles d'entrer en vibration, était la solution adéquate. Environ 80%, en tout, des éléments entrant dans le gyrotron sont munis d'amortisseurs et aucune oscillation subséquente, de quelque nature que ce soit, n'a été notée.

Bibliographie

- (1) *An aluminum space frame construction*
B. Auger etc. Int. conf. on space structures 1966
- (2) Solomon, E. W., S.T.A.R., Londres
Engineering Computations 1966
- (3) *Strength of Aluminum*, publication d'Alcan, 2ème édition

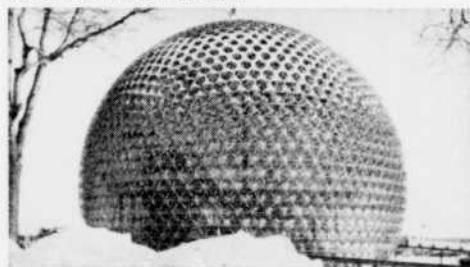


LES EXTRUSIONS D'ALUMINIUM REYNOLDS à l'expo67!

Pour faire face aux besoins courants et particuliers de l'industrie, Reynolds dispose de plus de 2,000 matrices à extruder que l'on peut mettre immédiatement au service de la clientèle et ce, sans frais d'outillage. Reynolds peut vous fournir à peu près tous les profilés usuels et de nombreux profilés spéciaux, moyennant un très bref délai de livraison.

Dites à votre ingénieur responsable des travaux ou à votre préposé aux achats de nous consulter.

Dans le pavillon de la France, par exemple, Raymond Manufacturing a posé des fenêtres de conception Ray-Mar construites en profilés extrudés Reynolds; il en résulte une parfaite isolation thermique. Des profilés compliqués, conçus en collaboration avec Reynolds, furent également mis en oeuvre dans les murs-rideaux.



Dans le dôme géodésique du pavillon des États-Unis, d'un diamètre de 250 pieds, 2,200 panneaux Plexiglas sont assujettis à l'aide de profilés extrudés Reynolds.



LA COMPAGNIE DE PROFILÉS REYNOLDS LIMITÉE

630 OUEST, BOUL. DORCHESTER, MONTRÉAL, P.Q.
435-6551, P.O. Box 150, STE. THÉRÈSE, P.Q. 925-2158, 1155 Simcoe Street South, DSHAWA, Ont.



Les systèmes de haut-parleurs

par N. E. RUDBACK

Le plan initial prévoyait un seul système de haut-parleurs devant servir à diffuser la musique d'ambiance et les appels sur toute l'étendue du site d'Expo '67. Le système devait être relié à une centrale de commande placée sous la juridiction de la Compagnie Canadienne de l'Exposition Universelle. Il appartenait ainsi à cette dernière de diriger les appels, les annonces et les sélections musicales. Toutefois, des études plus approfondies du plan initial nous amenèrent à conclure que deux fonctions séparées et distinctes étaient préférables à l'intégration de plusieurs fonctions dans un même système.

La première de ces fonctions se rapporte aux appels d'urgence. Ces appels doivent être de nature strictement urgente afin d'éliminer les dérangements qu'occasionnaient les multiples appels de personnes égérées ainsi que les annonces commerciales. Il fut décidé que ces appels et annonces deviendraient une fonction intégrée à une autre de moindre importance.

La seconde fonction consiste à diffuser la musique d'ambiance à certains exhibits ainsi que sur toute l'étendue du parc d'amusement "La Ronde". De plus, des appels et annonces de nature générale tel que l'annonce d'attractions spéciales etc. doivent aussi être diffusés dans ce parc d'amusement. Soit dit en passant, La Ronde est strictement un parc d'amusement par opposition au reste de l'emplacement d'Expo '67 qui est une exposition internationale.

Ces deux fonctions nous décidèrent donc à construire deux systèmes de haut-parleurs indépendants l'un de l'autre mais pouvant quand même être reliés l'un à l'autre pour fins d'urgence. Une condition essentielle pour tout système de son est l'apparence; spécialement

en ce qui a trait aux haut-parleurs ainsi qu'à leurs montures. Tous les haut-parleurs et leurs montures devaient donc être intégrés aux édifices et accessoires du site, si possible. Dans les autres cas, des boîtes à haut-parleurs et des montures spéciales devaient être réalisées et approuvées par la Corporation Canadienne d'Expo '67.

Système de haut-parleurs pour appels d'urgence

Le système de haut-parleurs pour appels d'urgence est dirigé d'un poste de commande placé dans l'édifice de la sécurité d'Expo '67. Au début des travaux de génie effectués sur ce système, un problème se posait; à savoir, de quelle façon diffuser effectivement les appels d'urgence sur une si vaste étendue. Vu qu'il s'agit seulement d'appels d'urgence, il fut décidé que la qualité du rendement pouvait être quelque peu sacrifiée pourvu qu'un niveau suffisant d'intelligibilité soit maintenu. L'on s'accorda donc à utiliser un nombre minimum nécessaire de haut-parleurs d'appel à haute puissance placés à une distance moyenne de 500 pieds les uns des autres. Le site fut subdivisé en 14 secteurs pouvant être dirigés soit individuellement, soit en groupes. Ce zonage se conforme aux divisions naturelles, intégrales au site. De cette façon, l'officier de sécurité peut s'adresser à la foule occupant un secteur sans alarmer les autres visiteurs.

Une analyse préliminaire des coûts révéla que la majeure partie des dépenses capitales de ce système servirait au câblage et gainage des fils reliant les haut-parleurs au poste de commande. Afin de réduire ces dépenses, il parut d'abord plausible de se servir des câbles téléphoniques installés par la Compagnie de Téléphone Bell. Après étude faite, cependant, cette idée s'avéra impossible du fait que les câbles téléphoniques ne peuvent supporter des niveaux supérieurs à -8dbm et que le niveau des câbles de haut-parleurs est de +45dbm. Le coût du système fut quand même réduit en plaçant un amplificateur de puissance à chaque haut-parleur. Ceci est réalisable grâce aux amplificateurs à transistors. Ces amplificateurs sont relativement petits et ne dégagent pas beaucoup de chaleur.



N. Edward Rudback a obtenu son diplôme d'ingénieur de l'Université technologique de la Nouvelle-Ecosse en 1960. Sa carrière professionnelle débuta avec la Cie Bell du Canada où pendant quatre ans il travailla dans le domaine de la téléphonie interurbaine. En 1965 il fut engagé par N.J. Pappas et Associés pour participer à la conception de projets couvrant des systèmes de radio, télévision, cinématographie et de systèmes de son. Il a participé à la préparation technique des systèmes de son de l'Expo 67 à celui du Centre National des Arts, et d'autres centres culturels au Canada et outre-mer.

A) Montures des haut-parleurs

Environ cent montures de haut-parleurs sont employées sur l'étendue du site d'Expo '67. Chaque monture supporte trois haut-parleurs d'appel à haute puissance ainsi qu'un amplificateur d'une puissance de 35 watts. Ces haut-parleurs qui sont du type "flûte à retrait" sont placés à une hauteur de quinze pieds du sol. De plus, un téléphone placé à la base de chaque monture de haut-parleurs permet de communiquer avec le poste de sécurité d'Expo '67 pour fins d'urgence. Les haut-parleurs ont une impédance de 45 ohms chacun et sont branchés en parallèle de sorte que l'impédance totale d'un groupe de trois haut-parleurs s'adapte à l'impédance de sortie de 16 ohms des amplificateurs. Les amplificateurs sont tous pourvus de fiches de connexion facilitant ainsi leur entretien. Vu que les haut-parleurs faisant partie du système d'appel d'urgence sont très en évidence, ils furent conçus spécialement pour ce projet et leur apparence est tout de même agréable.

B) Poste de commande

Un panneau de commande miniature pourvu des manettes nécessaires à l'opération du système d'appel d'urgence est placé sur le pupitre de l'officier de sécurité d'Expo '67. Ce panneau mesurant 12 pouces de largeur, 5 pouces de hauteur et 8 pouces de profondeur est relié à des préamplificateurs et des circuits de branchage placés dans une salle distante du bureau de l'officier de sécurité. Des amplificateurs individuels sont employés pour chacun des 14 secteurs. Des circuits de branchage à résistance sont utilisés afin de maintenir l'isolation entre les lignes de haut-parleurs. Une ligne est requise pour chaque monture.

C) Communication conjuguée

Le système de haut-parleurs pour appels d'urgence est relié au système de haut-parleurs pour musique d'arrière-plan tel que décrit ci-dessous et peut, de plus, dominer ce dernier. Ainsi, tout haut-parleur servant à diffuser la musique d'ambiance dans les 14 secteurs comprenant les haut-parleurs d'appels d'urgence diffuseront automatiquement, eux aussi, les appels d'urgence de pair avec les haut-parleurs servant à cet effet.

Système de haut-parleurs pour musique d'ambiance

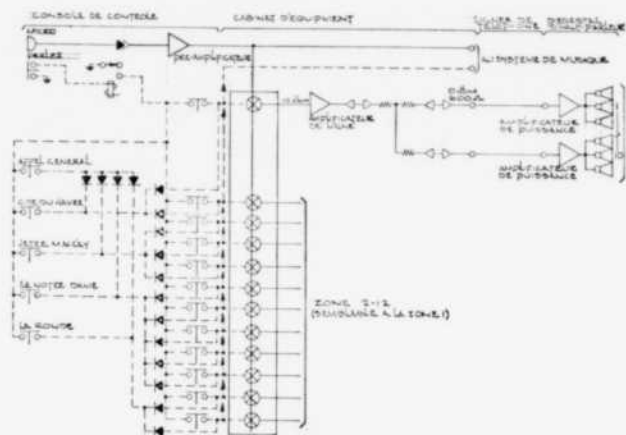
Tel que préalablement mentionné, la fonction principale de ce système est de fournir une musique d'ambiance à certains exhibits du site d'Expo '67. Ce système doit aussi servir pour fins d'annonce dans le parc d'amusement La Ronde. La Corporation Canadienne d'Expo '67 a fait enregistrer des sélections musicales spéciales à leur intention plutôt que de diffuser les émissions provenant d'organisations commerciales. La programmation des émissions musicales pour les exhibits provient du poste de la Ronde. Le fait que certaines pièces d'équipement peuvent être partagées en commun

résulte en une réduction substantielle du coût capital de ce système.

D) Programmation et commandes

Les programmes sont acheminés au système de haut-parleurs par l'entremise de l'équipement suivant :

- Cinq reproducteurs magnétophoniques long-jeu de qualité "radio-diffusion".
- Un magnétophone à bobine.



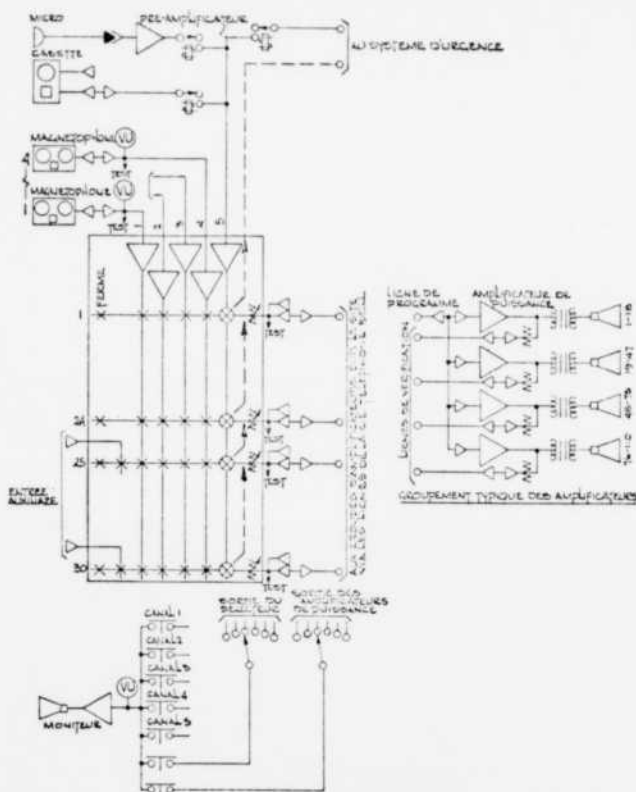
Systeme d'urgence
Schéma typique



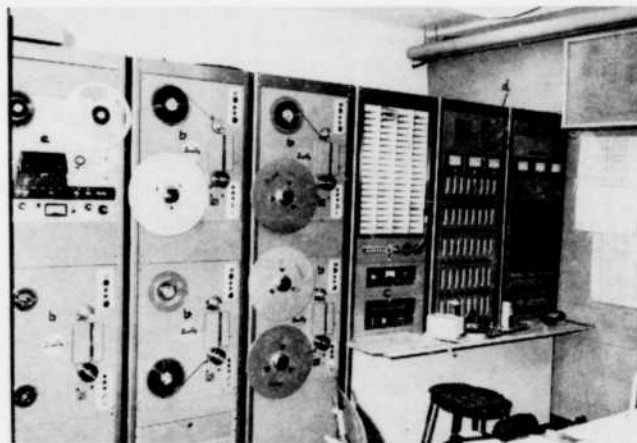
Systeme d'urgence
Salle de contrôle

- Un microphone.
- Une entrée du système d'appel d'urgence.

Le système d'appel d'urgence a priorité et domine toute autre programmation qu'elle soit branchée ou non. Les magnétophones sont du type long-jeu (bobine N.A.B. de 14 pouces) à deux voies et réversibles. Leur temps entre les répétitions est de 16 heures à 3¼ pps ou 8 heures à 7½ pps. Le magnétophone enregistreur/reproducteur est branché de manière à enregistrer certains événements et faits ayant lieu dans divers secteurs du site d'Expo '67. Dans de telles circonstances, des microphones et préamplificateurs doivent être placés dans ces secteurs. Les appels et annonces devant se



Système de musique
Schéma typique



Système de musique
Salle de contrôle

répéter plusieurs fois seront enregistrés et reproduits sur le magnétophone à cartouche.

Le centre nerveux de ce système est le panneau de commande. Ce panneau possède cinq fiches de programmation principales, seize sous-canaux et une possibilité de quarante sorties simultanées. Chaque fiche de programmation principale est reliée à son propre amplificateur; la sortie de cet amplificateur étant divisée en quarante branches se trouve réduite de 33 db. Un atténuateur variable ayant une perte nominale de 6 db est branché sur chacune des lignes de sortie du panneau permettant ainsi de commander à distance les amplificateurs de puissance placés dans les divers secteurs du site. Ce réseau de distribution résulte en une isolation de 45 db entre chaque canalisation de sortie.

TABLEAU II
STANDARDS D'OPÉRATION

1. ENDROITS CRITIQUES

- Réponse de Fréquence : 50 à 15,000 c/s \pm 1 db
- Distortion harmonique : n'excédera pas 1% de 50 à 15,000 c/s
- Signal/bruit : supérieur à 65 db
- Signal/diaphonie : supérieur à 60 db
- Signal/transistoire : supérieur à 60 db
- Distortion d'intermodulation : n'excédera pas 2%

2. ENDROITS NON-CRITIQUES

- Réponse de fréquence : 100 à 7,500 c/s \pm 2 db
- Distortion harmonique : n'excédera pas 3% de 100 à 7,500 c/s
- Signal/bruit : supérieur à 55 db
- Signal/diaphonie : supérieur à 55 db
- Signal/transistoire : supérieur à 55 db
- Distorsion d'intermodulation : n'excède pas 5%

Vérification des systèmes de haut-parleurs

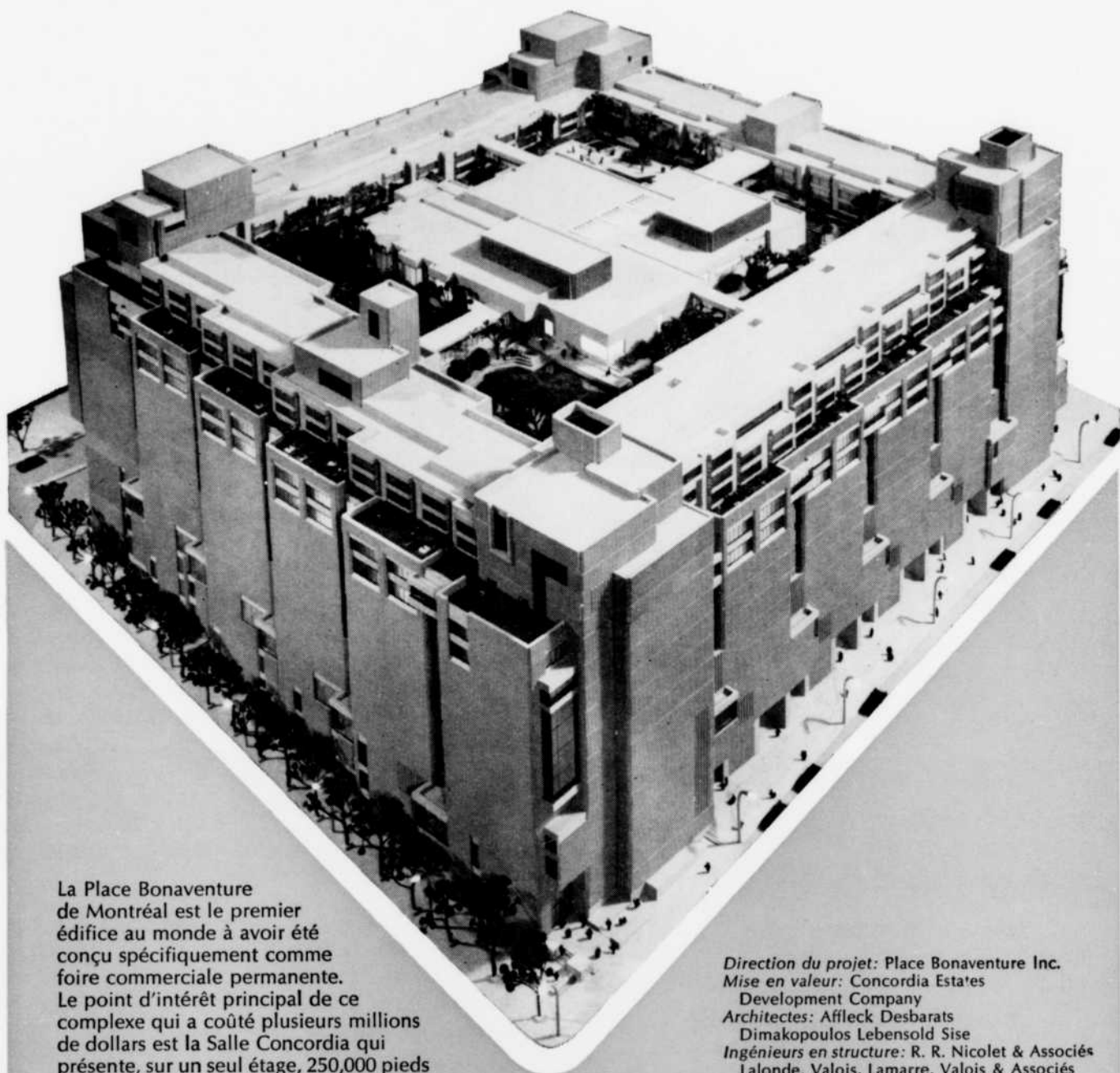
Afin de permettre une vérification simple, rapide et complète de ces systèmes, ces derniers sont pourvus des circuits nécessaires à cet effet. Les opérateurs peuvent, en effet, vérifier en tout temps la programmation et la sortie des postes de commande ainsi que le fonctionnement des amplificateurs placés dans les divers secteurs du site.

Les amplificateurs sont placés dans des stations par groupes de six, facilitant ainsi leur entretien. Un réseau de communication téléphonique a aussi été établi pour permettre aux équipes d'entretien de demeurer en contact avec le poste de commande principal durant l'ajustement ou la réparation des amplificateurs.

Conclusion

Les critères de ces systèmes de haut-parleurs furent basés sur un compromis. Ces systèmes, devant servir durant une période de six mois seulement, on se devait de compromettre quelque peu la qualité des systèmes pour des raisons d'ordre économique. La conception de ces systèmes n'en demeure cependant pas moins un exemple typique d'application logique et fonctionnel du génie. ■

Place Bonaventure



La Place Bonaventure de Montréal est le premier édifice au monde à avoir été conçu spécifiquement comme foire commerciale permanente. Le point d'intérêt principal de ce complexe qui a coûté plusieurs millions de dollars est la Salle Concordia qui présente, sur un seul étage, 250,000 pieds carrés de superficie pour les exposants.

Sous cette salle, la Place Bonaventure offre également un cinéma, quatre grands restaurants et cent boutiques pour attirer les acheteurs les plus raffinés. Et, au-dessus de tout ça, on retrouve l'Hôtel Bonaventure et ses 400 chambres, son jardin sur le toit, sa piscine extérieure, ses restaurants et ses lieux d'amusement.

Dans l'architecture, le génie et les matériaux, on a recherché les techniques les plus avancées. Et l'on a choisi bien sûr, les soupapes Jenkins pour la plomberie, le chauffage et la climatisation. Jenkins Bros. Limited, Lachine, Qué.

Direction du projet: Place Bonaventure Inc.
Mise en valeur: Concordia Estates Development Company
Architectes: Affleck Desbarats Dimakopoulos Lebensold Sise
Ingénieurs en structure: R. R. Nicolet & Associés
Ingénieurs en électricité et en mécanique: Jas. P. Keith & Associés
Entrepreneurs généraux: Concordia Construction Inc.
Entrepreneurs en mécanique: S. Engel and Son Ltd.

EN VENTE PARTOUT CHEZ LES PRINCIPAUX DISTRIBUTEURS

JENKINS
LOOK FOR THE JENKINS DIAMOND
VALVES





Le système sonore du Jardin des Étoiles

par J. O. FORTIER

Le Jardin des Étoiles est un centre de divertissements qui servira à de multiples usages : le matin il servira de salle de réunion à des groupes de visiteurs; en fin d'avant-midi, on y présentera des spectacles pour enfants; en fin d'après-midi, il deviendra le rendez-vous des adolescents "dans le vent", pour se transformer après 9 heures du soir en boîte de nuit où se produiront des artistes populaires de calibre international. Cet édifice, érigé à proximité du Lac des Dauphins, dans La Ronde, le parc d'attractions de l'Expo 67, a été conçu par la firme d'architectes montréalais Max W. Roth. L'architecte chargé de ce projet à l'Expo était George Pollowy.

Un tel projet nécessite des systèmes sonores très perfectionnés. Ils se divisent de la façon suivante :

- A. Système d'Amplification Sonore.
- B. Système Télé-avertisseur pour le régisseur.
- C. Système d'intercommunication pour le régisseur.

Description sommaire du système

Le système d'amplification sonore comprend des haut-parleurs de colonne pour desservir les principaux secteurs de places assises, des ensembles de haut-par-



Monsieur J. O. FORTIER, B.Sc.A., Laval 1958 se joignit en septembre 1964 à la C.C.E.U. comme Ingénieur Chargé de Projets, accomplissant la liaison avec les experts-conseils, les manufacturiers et les entrepreneurs pour toutes les structures de la C.C.E.U., des Participants et des Exposants, re : communications. Il a été récemment promu en charge de la Section des Communications. Durant l'Exposition '67, M. Fortier sera l'Ingénieur en Chef pour le Festival Mondial de la Compagnie de l'Expo '67.

leurs côneiques montés sur les balustrades pour desservir le secteur des tables entourant le périmètre extérieur du plateau et trois haut-parleurs coaxiaux de 15" dissimulés pour desservir le plateau. En outre, un ensemble de haut-parleurs dissimulés dans les plafonds du casse-croûte et des loges d'artistes permettent d'y suivre les programmes.

Les haut-parleurs de colonne desservant le secteur des places assises fonctionnent selon le principe de la ligne-source; ils sont conçus de manière à assurer un balayage uniforme et à maintenir les caractéristiques directionnelles tout au long des écarts de fréquence. De par leur disposition, les haut-parleurs préservent le réalisme directionnel de la plupart des représentations données sur le plateau et portent l'intelligibilité au maximum en permettant au son amplifié et au son naturel de parvenir presque simultanément aux oreilles de l'auditeur.

Les caractéristiques directionnelles des haut-parleurs minimisent la réverbération; ces caractéristiques alliées à la réponse uniforme des microphones et des haut-parleurs, et à un stabilisateur de rétroaction par glissement de fréquence, limite la rétroaction.

Les prises de microphone peuvent servir dans un grand nombre de situations, notamment la prise de son sur le plateau, au-dessus de l'orchestre et sur le podium des chanteurs.

L'atténuation sélective et le mixage de toutes les entrées de microphone sont effectués à partir d'un pupitre de commande où se trouvent des préamplificateurs interchangeables spécialement conçus pour simplifier le problème des écarts de projection sonore dans la mesure du possible.

La sélection des secteurs que les haut-parleurs doivent desservir se fait au moyen de commutateurs placés dans le pupitre de commande.

Microphones et accessoires

Tous les microphones ont des sorties de 150-250 ohms, équilibrées par rapport à la prise de terre. Tous les câbles de microphones spécifiés sont terminés par des fiches "Amphenol 94-503".

(1) Microphone unidirectionnel

Ce type de microphone a une caractéristique directionnelle cardioïde avec une discrimination supérieure à 10 db de l'avant à l'arrière, sur une gamme de fréquence de 100 à 8,000 Hz (cps) et une réponse de fréquence sur l'axe (incidence perpendiculaire) entre ± 2.5 db de 50 à 10,000 Hz (cps). La sensibilité varie entre -60 dbm et -50 dbm. Chaque microphone est muni d'un support inclinable et de toutes les pièces nécessaires au montage au sol ou sur table, ainsi que de 15 pieds de câble flexible de microphone. Microphone employé : AKG D24E avec Shock Mount. Quantité : Seize (16).

(2) Installation du Système de microphones et accessoires

a. Les prises de microphone sont disposées conformément aux figures 1 et 2. Des anneaux protecteurs pouvant être vissés à la place des couvercles de boîtier et dépassant d'au moins $\frac{3}{4}$ " le niveau du sol sont fournis afin d'assurer une protection réelle aux fiches de microphone. Toutes les prises de microphone sont reliées, par des lignes individuelles, au panneau de commutation de la cabine de contrôle. Quantité : Treize (13).

b. Raccordements flexibles pour la ligne du microphone

Des câbles d'interconnexion flexibles, de longueur appropriée, sont installés dans les lignes des microphones raccordant les prises installées dans le plancher des plateaux qui sont actionnés par des leviers mécaniques. Ces câbles permettent l'utilisation des prises malgré les variations de hauteur du plateau (approx. 5' -0").

Matériel de commande

Le matériel de commande du système comprend un tableau de commande, un stabilisateur de rétroaction par glissement de fréquence, et un retardateur à bande magnétique, l'ensemble monté sur un pupitre de commande situé au niveau du parterre.

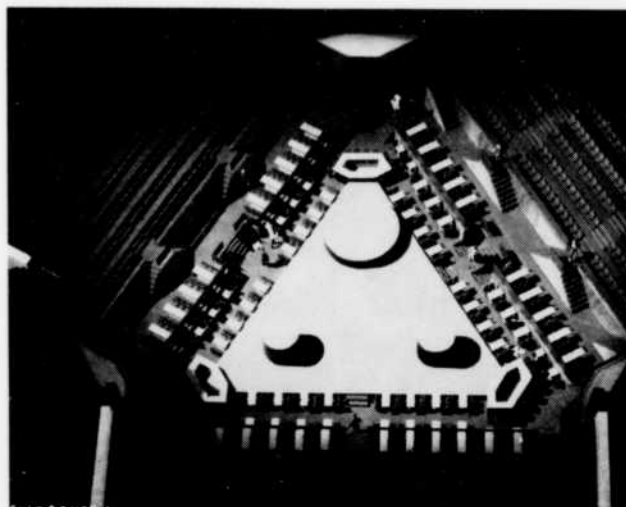
Pupitre de commande.

(1) Le pupitre de commande comprend un total de huit (8) commandes de mixage pour les entrées de microphone et une (1) commande de mixage pour les entrées de niveau élevé. Un bouton de sélection des niveaux élevés permet les connexions requises de sources de niveau élevé (orgue, magnétophone, table tournante). Toutes les commandes sont identifiées, selon leur fonction, par un code de couleurs.

(2) Les caractéristiques relatives au fonctionnement sont les suivantes :

(a) Intensité : 95 db au minimum, aux entrées de microphone; 55 db au minimum, aux entrées de niveau élevé.

(b) Niveau de sortie : -8 dbm à moins de $\frac{1}{2}\%$ thd, 100-1,500 Hz (cps).



Le Jardin des Étoiles

(c) Réponse de fréquence : -5 db, 30-15,000 Hz (cps).

(d) Impédance de la source :
150 ohms aux entrées de microphone
600 ohms aux entrées de niveau élevé.

(e) Impédance de charge : 600 ohms.

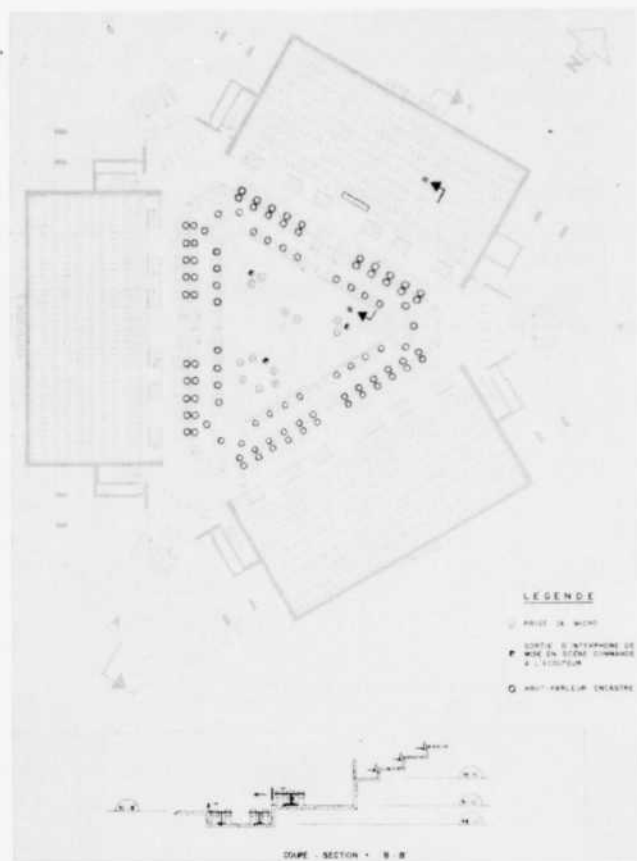
(f) Niveau du bruit : 68 db sous 18 dbm de sortie (le mélangeur et les commandes principales ajustées pour une intensité nette de 68 db).

(g) Courant : 117 volts, 60 périodes.

(3) Éléments du pupitre de commande.

(a) Préamplificateur

McCurdy Radio Industries AT220



Disposition du système sonore au niveau du parterre

(b) *Amplificateur (intermédiaire)*

McCurdy Radio Industries AT218 avec transformateur 804

(c) *Amplificateur de Ligne*

McCurdy Radio Industries AT305. Quantité : Trois (3)

(d) *Atténuateurs Verticaux*

Des atténuateurs verticaux sont fournis pour chaque canal et pour le réglage principal d'amplification. Les atténuateurs ont au moins 30 échelons. L'augmentation de l'atténuation ne dépasse pas 1½ db par échelon dans le champ de fonctionnement normal et la courbe de l'atténuation se termine à l'infini.

Langevin SMX-113-600/600. Quantité : Onze (11).

(e) *Égaliseur à commutateur pour parole*

Un égaliseur à commutateur pour parole est fourni afin d'améliorer l'intelligibilité de la parole. Dans la position "parole" l'égaliseur assure une atténuation d'au moins 12 db par octave sous 300 Hz (cps) au moyen d'un filtre type HML-200. L'égaliseur sera réglé

sur "parole" lorsque le système sonore sera utilisé pour améliorer la parole prise en direct, et sur "rectiligne" pour toutes les présentations enregistrées. L'égaliseur comporte deux positions supplémentaires pour permettre un jeu de 6 db sur bande d'octave 200 Hz (cps) et sous 300 Hz (cps). Ces deux positions peuvent être utilisées au cours de l'amplification des voix de solistes donnant des représentations sur scène.

Amplificateur de puissance et appareillage monté sur supports

Les supports d'appareillage se trouvent dans une pièce située près du lieu de commande. Ils contiennent huit amplificateurs de puissance et les interrupteurs nécessaires au branchement de l'amplificateur de secours no. 8 en cas de panne, ainsi que des modulomètres permettant de contrôler les sorties des amplificateurs.

(1) *L'amplificateur de puissance doit fournir au moins*

70 watts de puissance de sortie à n'importe quelle fréquence entre 50 et 10,000 Hz (cps) sans que la distorsion harmonique totale ne dépasse 2%. La réponse de fréquence à 70 watts de sortie doit être de 50 à 10,000 Hz (cps), — 2 db. Lorsque l'entrée est court-circuitée, le niveau sonore du ronflement et du bruit doit être inférieur d'au moins 80 db à la sortie de 70 watts. L'impédance de source est de 500/600 ohms sans mise à la terre.

RCA type SA-1000 (MI-38194)

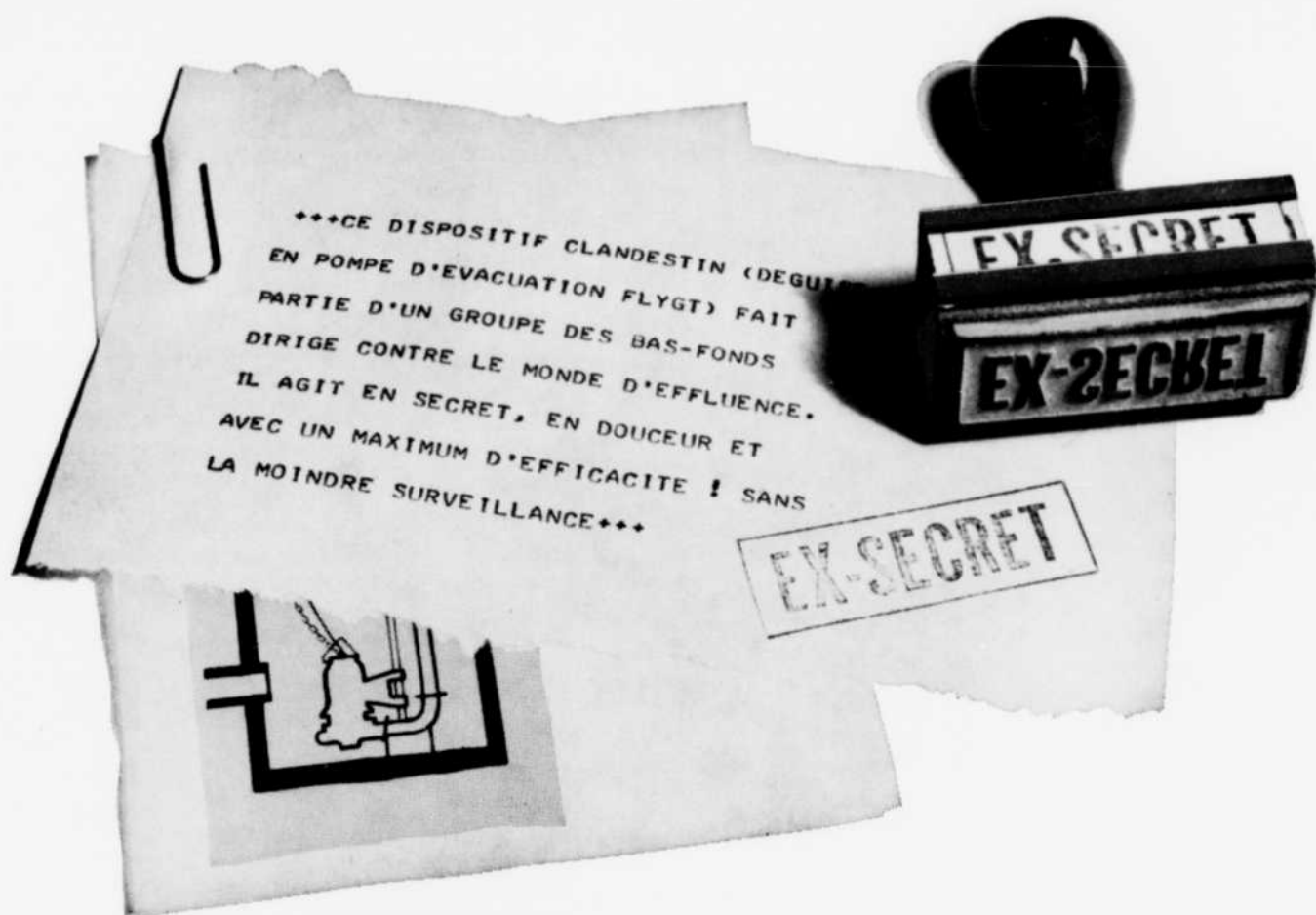
découplé selon les recommandations du fabricant afin d'obtenir une réponse de fréquence rectiligne. Quantité : Cinq (5).

(2) *Panneaux de commutation*

Des panneaux de commutation et des cordons de renvoi blindés sont fournis pour satisfaire les exigences du système. Les prises indiquées comme voisines sur le schéma de fonctions le sont également sur le panneau de commutation. Les prises à "acheminement normal" sont verticalement voisines. Les bandes d'identification sont légèrement colorées pour permettre de différencier les fils de microphone, les entrées de préamplificateur, les sorties d'enregistrement et les entrées d'amplificateur de puissance. Des cordons de renvoi blindés sont fournis.

(3) *Stabilisateur de réaction par glissement de fréquence*

Le dispositif de glissement de fréquence provoque un glissement uniforme de 5 Hz (cps) sur toute la gamme de fréquence. Le glissement de fréquence requis s'effectue par la méthode de



8173 -OK-

Toute bouche d'égout peut être transformée instantanément en station de pompage des eaux-vannes, par l'adjonction d'une pompe submersible électrique Flygt.

La pompe Flygt, à moteur et turbine combinés, est amenée dans l'eau en glissant sur deux tiges-guides, lesquelles, avec le raccord et la canalisation de refoulement, sont les seules pièces posées à demeure.

Lorsque la pompe est abaissée, son poids assure l'étanchéité du raccord de refoulement. Il est dès lors très aisé de sortir la pompe de son logement et de l'y replacer pour effectuer l'entretien semestriel; celui-ci s'effectue en effet *au niveau du sol*, par un seul préposé muni d'un petit palan à chaîne.

Les pompes d'évacuation Flygt peuvent fonctionner en permanence ou par intermittence lorsqu'elles sont dotées des régulateurs de niveau automatiques Flygt; ceux-ci sont des flotteurs spéciaux résistant aux eaux-vannes et sans pièces mobiles.

Les pompes submersibles Flygt sont disponibles en différentes puissances motrices (vs) pour les modèles portatifs ou à fonctionnement souterrain permanent.

Téléphonez ou écrivez pour obtenir les renseignements complets et une démonstration sur place.

Confiez vos problèmes de pompage à



FLYGT CANADA LIMITED

6448 Côte de Liesse, Dorval, Québec • 540 Cleveland Crescent S.E., Calgary, Alta.
1269 ouest, boul. Charest, Québec, Québec • 1711 Franklin St., Vancouver, B.C.

Service de vente, d'entretien et de location d'un océan à l'autre.
Distributeurs dans les villes les plus importantes.

Si vous avez
un problème
spécial avec les
**JOINTS
D'HUILE**

Ces compagnies
Canadiennes ont résolu
leurs problèmes

Outboard Marine Corporation
Canadian Westinghouse
John Deere
Cockshutt Farm Equipment
Fairgrieve & Sons

Voici ce que vous
pouvez faire . . .

Communiquez avec nous.
Nous mettrons au point avec
votre service technique
ou de recherche, un joint
meilleur qui pourra aussi vous
faire économiser !



CHICAGO RAWHIDE
BRANTFORD

modulation de bande latérale unique, par laquelle la fréquence du signal est d'abord déplacée vers le haut d'environ 20,000 Hz (cps) et ensuite déplacée vers le bas de 19995 Hz (cps); il en résulte un glissement net de 5 Hz (cps). Le dispositif comporte des oscillateurs commandés par cristaux pour en assurer la stabilité à une fraction de Hz (cps) près. Ce dispositif est destiné à maintenir une intelligibilité et un réalisme de direction de premier ordre dans la section des places assises. Il ne sera normalement utilisé qu'au cours de l'amélioration du son des représentations sur scène où il y aura une forte rétroaction aux microphones.

Altec-Lansing modèle 443-A avec deux bobines de répétition 15036.

(4) *Retardateur à bande magnétique bouclée*

Le retardateur à bande magnétique fonctionne avec une bande courante de 1/4" de largeur. Le retard requis pour la mise en marche des haut-parleurs installés dans la section des tables est d'environ 50 milli-secondes. Le dispositif comporte dix rubans bouclés de rechange.

Audio Instrument Co., Inc., Modèle 300 ou un équivalent approuvé.

**Écouteur de contrôle auditif
pour le chef d'orchestre**

Rallonge d'écouteur

Les écouteurs sont conformes au type spécifié plus loin et dotés en outre d'une rallonge flexible de 15 pieds munie des connecteurs convenables. La prise de la rallonge est identique à celle des écouteurs mais *différente* de celle utilisée pour le microphone.

Quantité : une (1).

Prise pour écouteur

La prise pour écouteur est située à l'endroit où se tient le chef d'orchestre sur le plateau. Le fil de la prise n'emprunte pas la même canalisation que les fils de microphone.

Haut-parleurs et matériel connexe

Systèmes de haut-parleurs montés sur colonnes

(1) Chaque système de haut-parleurs monté sur colonne comprend 7 haut-parleurs de 8" montés sur un même écran acoustique en contreplaqué de 3/4". Un tampon conique en fibre de verre ayant une densité de 0.6 lb./pi.cu., est placé devant les haut-parleurs aux extrémités de la colonne. Les haut-parleurs sont cachés par une garniture non réfractaire au son. Tous les haut-

parleurs sont branchés de façon à fonctionner en phase.

- (2) Éléments des systèmes de haut-parleurs de colonnes.

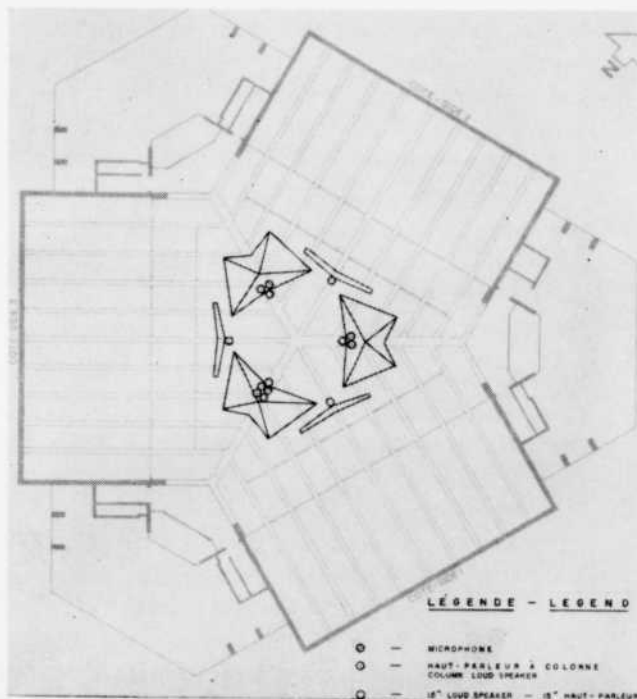
Haut-parleurs de 8" : Jensen Modèle K-950
Quantité : vingt et un (21) (sept par système).

et

Altec Lansing Modèle 15066
Quantité : neuf (9) (trois par système)
ou un équivalent approuvé.

Haut-parleurs supplémentaires pour la section des tables

Des haut-parleurs supplémentaires sont fournis pour desservir la section des tables. Ces haut-parleurs fonctionnent à retardement.



*Disposition du système sonore
Plan réfléchi du plafond*

- (1) Haut-parleur de 4"

Les haut-parleurs de 4" ont une sensibilité sur l'axe (EIA) de 45 db. La réponse de fréquence sur l'axe, en prenant un son pur continu pour base de mesure, est inférieure à 5 db (+ 2.5 db) de 400 à 6000 Hz (cps). La différence entre la réponse à 45 degrés hors axe et la réponse sur l'axe au delà de cette gamme de fréquence est inférieure à 4 db. La capacité réceptrice de puissance doit permettre une entrée d'onde sinusoïdale continue de 3 watts à toutes les fréquences comprises dans cette gamme sans que cela provoque la rupture du cône, des vibrations, etc.

KLH Research and Development, Modèle 12.5.
Quantité : quatre-vingt-dix-sept (97).

VOICI 1843

... le dernier cri en papier Linagraph de Kodak, haute vitesse, ne passe pas, parfait pour les appareils à écriture directe, équipé de sources lumineuses à haute intensité tungstène.

LE PAPIER LINAGRAPH KIND 1843 DE KODAK se distingue par:

- Développement de photos rapide
- (image "pop-up")
- Haute vitesse d'écriture
- Grande latitude d'exposition
- Stabilité d'image supérieure (même à la lumière ambiante d'une pièce)
- Tolérance de la lumière solaire pour enregistrement à l'extérieur

De plus, vous apprécierez son contraste marqué—tracé foncé sur fond clair. Ce papier a une base d'épaisseur standard—légère, et sa sensibilité à la couleur varie de 360 à 620 mu. Que voulez-vous de plus?

LE PAPIER LINAGRAPH
KIND 1843 DE KODAK
est disponible dès maintenant!

*Voyez votre représentant technique
Kodak ou écrivez à:*

CANADIAN KODAK CO., LIMITED
Toronto 15, Ontario

*Votre
entreprise
est-elle prête
à prendre
de l'expansion?*



Les prêts de la BEI ont servi à donner de l'ampleur et à moderniser les installations de milliers d'entreprises canadiennes afin qu'elles puissent satisfaire à la demande de produits et de services. Nous vous invitons à discuter des besoins financiers de votre entreprise avec nous.

bei **BANQUE
D'EXPANSION
INDUSTRIELLE**

FINANCEMENT À TERME POUR LES ENTREPRISES CANADIENNES

MONTREAL, P.Q.—110 OUEST, BOUL. CRÉMAZIE—TÉL.: 382-2891
901 CARRÉ VICTORIA —TÉL.: 866-2701
OTTAWA, ONT.—350, AVENUE KING EDWARD—TÉL.: 232-5789
QUÉBEC, P.Q.—925, CHEMIN ST-LOUIS—TÉL.: 681-6341
RIMOUSKI, P.Q.—133, RUE ST-GERMAIN—TÉL.: 724-4461
SHERBROOKE, P.Q.—31 OUEST, RUE KING—TÉL.: 562-2261
TROIS-RIVIÈRES, P.Q.—550, RUE BONAVENTURE—TÉL.: 375-1621

D'AUTRES SUCCURSALES DE LA BANQUE SONT SITUÉES À TRAVERS LE PAYS

(2) *Transformateurs d'adaptation de haut-parleurs*

Les transformateurs d'adaptation de haut-parleurs doivent avoir une perte par insertion n'excédant pas 1.2 db à travers toute la gamme de fréquence entre 200 et 6000 Hz (cps) et doivent introduire moins de 1% de distorsion harmonique à n'importe quelle fréquence de cette gamme lorsque l'on tirera 4 watts de la ligne distributrice de puissance des haut-parleurs. Les transformateurs sont branchés de façon à ne consommer que 1 watt de la ligne distributrice de puissance des haut-parleurs.

Altec Lansing 15074 ou un équivalent approuvé.
Quantité : quatre-vingt-dix-sept (97).

(3) *Boîtiers pour haut-parleurs de la section des tables*

Les haut-parleurs départis dans la section des tables sont montés dans des boîtiers ayant un volume intérieur minimum de 0.12 pi. cu. Les boîtiers sont construits solidement avec du bois épais et tous les joints sont étroitement collés et vissés. L'intérieur est garni de fibre de verre d'une densité de 2 à 3 livres/pi.cu. Quantité : quatre-vingt-dix-sept (97).

Haut-parleurs de scène

(1) *Haut-parleur de 15"*

Le haut-parleur de 15" emploie des cônes haute fréquence et basse fréquence séparés ainsi que des bobines mobiles avec transition à 1600 Hz (cps). La sensibilité (EIA) sur l'axe ne doit pas être inférieure à 48 db. La réponse de fréquence sur l'axe doit être entre ± 4 db de 100 à 6000 Hz (cps). La différence entre la réponse à 45 degrés hors axe et la réponse sur l'axe doit être inférieure à 10 db au delà de cette gamme de fréquence. La capacité réceptrice de puissance ne doit pas être inférieure à 25 watts. Altec Lansing 615A. Quantité : Trois (3)

(2) *Boîtier pour haut-parleur de 15"*

Le haut-parleur de 15" est monté dans un boîtier ayant un volume intérieur minimum de 6 pi.cu. Le boîtier est construit solidement avec du contreplaqué de $\frac{3}{4}$ " et tous les joints sont soigneusement vissés et collés. Toutes les surfaces intérieures sont recouvertes d'un revêtement de fibre de verre de 1" d'épaisseur et d'une densité de 2 à 3 livres/pi.cu. Quantité : trois (3)

(3) *Transformateur d'adaptation pour haut-parleur de 15"*

Le transformateur d'adaptation du haut-parleur doit avoir une perte par insertion n'excédant pas 1.2 db, à travers toute la gamme de fréquence

entre 200 et 6,000 Hz (cps) et devra introduire une distorsion harmonique totale inférieure à 1% à n'importe quelle fréquence de cette gamme lorsque l'on tirera 32 watts de la ligne de distribution de puissance du haut-parleur. Quantité : trois (3). RCA MI-9472A.

- (4) Réglages de volume à autotransformateurs dans les lignes de 70 volts.

Certains groupes de haut-parleurs sont munis de réglages de volume branchés sur les lignes de 70 volts. Ces réglages de volume sont montés dans les compartiments abritant les amplificateurs de puissance, et fixés au moyen de verrous à tige. Jensen Type LVP-75. Quantité : deux (2)

et

Jensen Type LVP-35. Quantité : un (1)

et

Jensen Type LVP-10. Quantité : un (1)

Haut-parleurs de 8"

- (1) Les haut-parleurs de 8" emploient des cônes haute fréquence et basse fréquence séparés ainsi que des bobines mobiles avec transition à 2000 Hz (cps). La sensibilité (EIA) sur l'axe ne doit pas être inférieure à 45 db. La réponse de fréquence sur l'axe doit se situer entre ± 4 db de 200 à 6000 Hz (cps). La différence entre la réponse à 45 degrés hors axe et la réponse sur l'axe doit être inférieure à 10 db au-delà de cette gamme de fréquence. La capacité réceptrice de puissance doit être d'au moins 16 watts.

Jensen K-950. Quantité : vingt-six (26) (Quinze (15) pour le casse-croûte et onze (11) pour les loges d'artistes).

- (2) Montage des haut-parleurs de 8" dans le casse-croûte et les loges d'artistes

Les haut-parleurs de 8" sont fixés sur des écrans acoustiques plats en métal perforé montés dans des boîtiers en "cuvette" (high hat) classiques, et situés dans le casse-croûte et dans les loges d'artistes. Les boîtiers sont garnis de fibre de verre à fibre longue d'une densité de 1.5 à 3 livres/pi.cu. Le boîtier est en acier d'une épaisseur minimale de 22.

Boîtier Lowell CP-87 avec écran acoustique RS-8-A. Quantité : vingt-six (26).

Ligne de distribution de puissance des haut-parleurs

La puissance destinée aux haut-parleurs de colonne et aux haut-parleurs de 15" est acheminée par des fils de 14 (AWG).

VOYEZ À PLACER CE FILTRE AUTO-KLEAN



dans votre nouvel outillage et vous en assurez la protection... pour toujours!



POUR LA DURÉE DE VOTRE OUTILLAGE

Votre client obtient un écoulement comble d'un liquide filtré en tournant tout simplement une manette de temps à autre pour nettoyer le filtre.

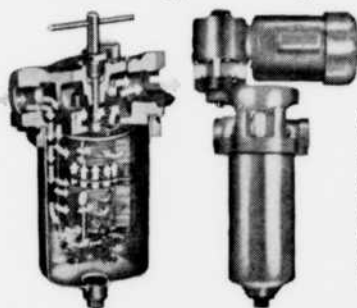
Votre produit obtient la protection d'un filtre permanent auto-nettoyant. Votre réputation est sauvée avec un filtre qui donne un plein rendement pour toute la durée de votre produit, sans nécessité de rechange.

Voyez à utiliser un Auto-Klean pour les lubrifiants, les combustibles, les fluides hydrauliques, les refroidisseurs, les huiles isolantes et les liquides de transformation. Vous pouvez obtenir une filtration soit à pression, soit à vide de 40 microns à .062".

VOUS POUVEZ:

- Intégrer un filtre complet en le raccordant tout simplement à votre système.
- Monter une tête et une cartouche dans votre cuvette d'égouttage ou réservoir.
- Intégrer un Auto-Klean motorisé pour assurer un auto-nettoyage continu.

Nous pouvons filtrer tout ce qui se pompe!



Ce filtre tout métal, de forme tranchante, se nettoie en tournant la monture de la cartouche contre des lames nettoyantes. Filtre complet ou montage de tête et cartouche seulement, manuels ou motorisés, Auto-Klean à étage simple ou Super Auto-Klean à deux étages.

Pour tous renseignements veuillez communiquer avec

PEACOCK

BROTHERS LIMITED

C.P. 1040, MONTRÉAL
MONTRÉAL - TORONTO - CALGARY - VANCOUVER

La puissance destinée aux haut-parleurs situés dans le casse-croûte, aux tables, au bar et dans les loges des artistes est acheminée par des fils de 18 (AWG).

Toutes les lignes de distribution de puissance aux haut-parleurs se composent de fils torsadés en paires renfermés dans des canalisations.

Équipements divers

Appareillage de commutation

Le système comprend tout l'appareillage de commutation nécessaire pour accomplir les fonctions requises.

Transformateurs basse fréquence

Tous les transformateurs basse fréquence, utilisés dans ce système, ont un rapport d'impédance approprié et une capacité réceptrice de puissance adaptée à leur fonction, et, à moins d'indication contraire, leur réponse de fréquence doit se situer entre ± 1 db de 30 à 15,000 Hz (cps).

Écouteurs

Des écouteurs haute impédance sont fournis pour permettre de donner le signal de départ lorsque des enregistrements devront être joués et de suivre un signal à travers le système. Les écouteurs sont munis d'un casque, d'un cordon et d'une fiche correspondant aux

prises des écouteurs de contrôle auditif situées sur l'appareillage de niveau d'entrée élevé. Les écouteurs également comprennent un adaptateur permettant le branchement sur le panneau de commutation. Clevite-Brush BA-200B. Quantité : deux (2).

Étiquettes

Toutes les désignations figurant sur le matériel doivent être en français et en anglais.


Système télé-avertisseur pour le régisseur

Les devis pour ce système ainsi que pour le système d'intercommunication ont été préparés par les ingénieurs Mondel, Brasloff, Lassman & Sidler. Les travaux d'installation furent exécutés par Astro Electronics Corporation de Montréal.

Description du système

Le système télé-avertisseur est à sens-unique ayant son origine dans le tableau du gérant de la scène. Le tableau permet la sélection des zones suivantes :

- a. Circuit #1 Toutes les loges d'artistes
- b. Circuit # 2 Bureau du gérant
- c. Circuit #3 Salle de réception
- d. Circuit #4 Loge d'habillage
- e. Circuit #5 Arrière-scène et corridor



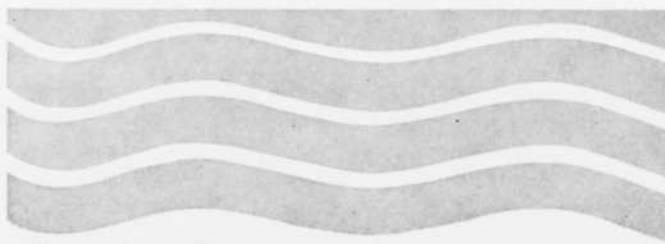
Comment
L'Homme
Construisit
Son Univers
en 34 MOIS

Une Introduction
Cinématographique
à la méthode CPM
"Le Cheminement Critique"

- 28 min.
- 16mm
- en couleurs

Narrateur :
Col. Ed. Churchill
Expo '67

Production et réalisation :
JEAN-CLAUDE HUOT, ing.
App. 10 - 2247 ave Maplewood
Montréal — 731-0547



Un système efficace et rapide pour solutionner vos problèmes de traitement d'eaux résiduares domestiques et industrielles.

Oxycontact

Un traitement biologique par bassins combinés.



Pour brochures illustrées et informations, écrivez à

 **Degrémont**

Montréal: 2015, rue Drummond, Téléphone 845-1136
Toronto: 1885 Wilson Ave., Téléphone 248-8310

- f. Circuit #6 Cabine près de l'entrée des artistes
- g. Circuit 7 Sélection pour appel général.

Microphone

Le microphone est un Shure modèle 404B avec contrôle "push to talk" et câble de 12 pieds. Impédance : 150-250 ohms. Niveau de la puissance : 55.5 db.

Amplificateur

L'amplificateur a une puissance à la sortie de 30 watts, avec une puissance de sommet de 50 watts. Réponse de fréquence ± 2 db de 20-20000 cps. C'est un Bogen M-330A.

Haut-parleurs

Les haut-parleurs sont des Marsland Pacer 8 fixés au plafond, aux endroits suivants :

- a. Dans les six loges d'artistes.
- b. Dans le bureau du gérant.
- c. Dans la salle de réception.
- d. Dans la loge d'habillage.
- e. À l'arrière-scène (2 haut-parleurs dans le couloir).
- f. Dans la cabine située près de l'entrée des artistes.

Le système d'intercommunication pour le régisseur consiste en un système "va-et-vient" permettant la conversation dans les deux sens avant son point de contrôle au tableau du régisseur. Ce tableau permet la sélection des endroits suivants :

- a. Circuit # Toutes les plateformes des projecteurs de poursuite (3 emplacements).
- b. Circuit #2 Tableau de commande de l'éclairage.
- c. Circuit #3 Cabine de commande du son.
- d. Circuit #4 Scène No 1
- e. Circuit #5 Scène No 2
- f. Circuit #6 Scène No 3
- g. Circuit #7 Orgue
- h. Circuit #8 Appel de conférence.

Équipement

Les composantes de ce système sont de la Compagnie Northern Electric, utilisant une unité 24A KTU pour chacune des 10 stations. Dix casques téléphoniques sont fournis avec corde et fiche. Le tableau de commande contient les clefs à levier pour la sélection des postes désirés plus les clefs à levier associées au système de télé-avertisseur pour le régisseur. ■

**À peuple
dynamique...**



**banque
dynamique**

RYTHME DE CROISSANCE RECORD

■ L'actif de la BCN a presque doublé au cours des 12 dernières années — il dépasse largement le milliard.

■ Par l'ouverture de nouvelles succursales, l'éventail complet des services bancaires de la BCN s'étend à toute la population.

■ La BCN atteint de nouveaux sommets, symbolisés par l'érection du nouveau siège social : un immeuble moderne de 32 étages à la Place d'Armes, à Montréal.

■ "Après 91 ans d'activité, la Banque Canadienne Nationale, l'institution financière la plus importante du Canada français, 'taille dans du neuf' avec grand enthousiasme. Cette pittoresque expression française résume bien le rythme dynamique établi par cette banque..."

(Burroughs Clearing House, livraison de novembre 1966)



Banque Canadienne Nationale

la banque qui compte le plus grand nombre de succursales au Québec.

N.B. Procurez-vous vos passeports pour l'EXPO de votre succursale BCN... Vous économiserez



BEAUCHEMIN - BEATON - LAPOINTE

Ingénieurs-conseils

J.-A. BEAUCHEMIN
W. H. BEATON
H. LAPOINTE
ROGER-O. BEAUCHEMIN
PAUL-T. BEAUCHEMIN

6655, Côte-des-Neiges, Suite 410 Montréal 25
Téléphone 731-8521

BEAULIEU, TRUDEAU ET ASSOCIÉS

Ingénieurs-Conseils

Gérard O. Beaulieu, Ing. Gilles Gascon, Ing.
Marc R. Trudeau, Ing. Yvon Delisle, Ing.
Pierre G. Beaulieu, Ing. Jean-Marie Maccabée, Ing.
J.-René Lalancette, Ing. Louis-Aimé Lehoux, Ing.
Robert Morissette, Ing.

6650, ave Darlington, Montréal 26 / Tél. 737-3628

Bureau de Montréal
1425, RUE DE LA MONTAGNE

Téléphone :
(514) 849-5733

GEO. DEMERS

INGÉNIEUR CONSEIL

Bureau de Québec
845, ST-CYRILLE O.

Téléphone :
(418) 681-7324

Tél. 288-1246-7

LES INGÉNIEURS ASSOCIÉS LTÉE

Bureau fondé en 1928

H. Labrecque
L. Gagnon, A.G.
P. Neugebauer

Ingénieurs-conseils

10 ouest, rue St-Jacques, Montréal 1

Lalonde, Girouard & Letendre

Ingénieurs-conseils

8790, avenue du Parc — Tél. 384-6410
MONTRÉAL 11, QUÉ.

LALONDE, VALOIS, LAMARRE, VALOIS & ASSOCIÉS

Ingénieurs-conseils

615, rue Belmont Montréal 3

MARTINEAU, SAMSON & ASSOCIÉS

Ingénieurs-conseils en structure

6655, Côte-des-Neiges, Bureau #300
Montréal 26 — 739-2265

MONTI, LAVOIE, NADON

Ingénieurs-conseils

Génie civil, mécanique et industriel
Pâtes et papiers

1253 MCGILL COLLEGE, MONTRÉAL — 878-9543

Lucien Perrault, Ing., B.A., B.Sc. A.
Président

849-6191

Les Laboratoires Industriels & Commerciaux Ltée

INSPECTION — ESSAIS — ANALYSES

1449, rue Crescent

Montréal 25

COMPAGNIE NATIONALE DE FORAGE ET SONDAGE INC. (1937)

615, rue Belmont, Montréal 3

Spécialistes en Géotechnique



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

Tél. : 866-2433

JEAN-CLAUDE HUOT,

INGÉNIEUR CONSEIL

- Programmation
- Systèmes et procédures
- Recrutement
- Contrôle des coûts
- Expertises industrielles

731-0547

1, Place Ville-Marie
Bureau 2315

861-6588

Télex 01-2283

En donnant votre souscription à

LA FONDATION DES DIPLÔMÉS DE POLYTECHNIQUE

vous aidez un étudiant pauvre
à poursuivre ses études d'ingénieur



SONDAGES
CONTRÔLE
DES
MATÉRIAUX

TESTS DE FONDATION INC. FOUNDATION TESTING INC.

435 BOULEVARD DÉCARIE, MONTRÉAL 9

TÉL. : 744-2866

LES LABORATOIRES VILLE MARIE INC.
400 BOLS. LABELLE, LAVAL, QUÉ. 688-0242



- Forages et relevés géophysiques
- Études géotechniques
- Contrôle de sol, béton,
asphalte et acier

MONTEL INC.

au service de la

"TERRE DES HOMMES"

Avec l'installation de ses commandes pour le chauffage à l'électricité dans l'estacade MONTEL INC. a été au service de "Terre des Hommes". L'estacade, construite en amont des îles de l'Expo, a pour fonction de retenir les glaces à la dérive.

L'ouvrage est fait de 72 piliers de béton munis de rainures dans lesquelles sont insérées les poutrelles d'acier tenues à la surface de l'eau pour retenir les glaces.

Les rainures des piliers sont chauffées à l'électricité et les poutrelles par des lampes à infrarouge installées sur le tablier d'entretien. Quinze disjoncteurs STOPARC protègent l'alimentation des piliers 12KV-600 amp.-600MVA. Des MT1 protègent contre les surcharges et des fusibles contre les court-circuits.



MONTEL INC.

Siège social et usine :
C. P. 130,
MONTMAGNY, QUÉ.
TÉL. : 248-0235

Succursale :
Edifice Fides
235 est, Dorchester
MONTRÉAL 18, QUÉ.
TÉL. : 861-7445

INDEX DES ANNONCEURS

	Page		Page
Air Reduction Canada Ltd.	33	Ingénieurs Associés Ltée, Les	86
Algoma Steel Corp. Ltd., The	17	•	
American Air Filter of Canada Ltd.	45	Jenkins Bros. Ltd.	75
•		•	
Banque Canadienne Nationale	85	KeepRite Products Ltd.	9
Banque d'Expansion Industrielle	82	•	
Beauchemin, Beaton, Lapointe	86	Laboratoire d'Hydraulique LaSalle	4
Beaulieu, Trudeau & Associés	86	Laboratoires Industriels & Commerciaux Ltée, Les	87
•		Laboratoires Ville-Marie Inc., Les	87
Canada Cement Co. Ltd.	36-37	Lalonde, Girouard & Letendre	86
Canadian Allis-Chalmers Ltd.	65	Lalonde, Valois, Lamarre, Valois & Associés	86
Canadian General Electric Co. Ltd.	5	Lord & Cie Ltée	88
Canadian Johns-Manville Co. Ltd.	55-56	•	
Canadian Kodak Co. Ltd.	61-81	Martineau, Samson & Associés	86
Canadian Vickers Industries Ltd.	2	Montel Inc.	87
Chicago Rawhide Products Canada Ltd.	80	Monti, Lavoie, Nadon	86
Cie de Profilés Reynolds Ltée	71	•	
Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc.	87	Peacock Bros. Ltd.	83
Corporation de Gaz Naturel du Québec	23	Powerlite Devices Ltd.	C III
•		•	
Darling Brothers Ltd.	49	Recordak of Canada Ltd.	13
Degrémont Canada Ltée	84	•	
Demers, Geo.	86	Tests de Fondation Inc.	87
•		•	
Flygt Canada Ltd.	79	Volcano Ltée	C IV
•			
Hewitt Equipment Ltd.	C II		
Huot, Jean-Claude	84-87		
Hydro-Québec	27		

LORD & CIE LTÉE

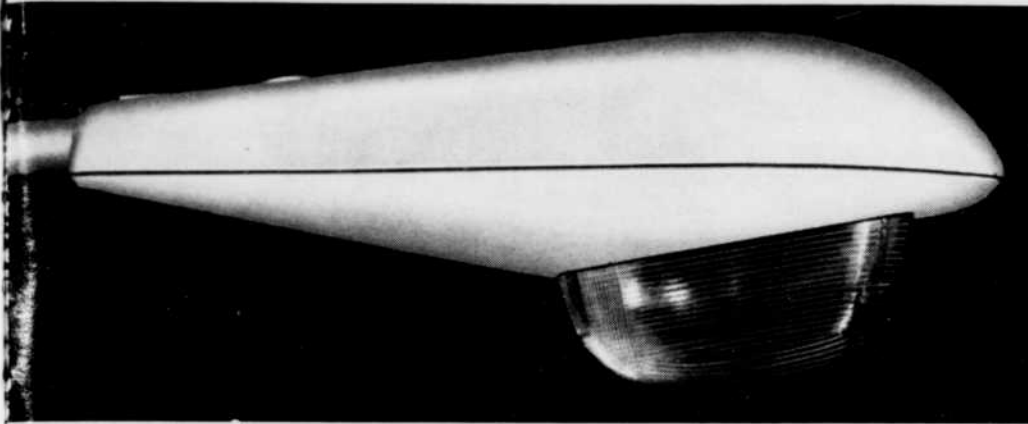
a fourni
la charpente métallique
ou
les panneaux Lordeck
pour les pavillons de

Pavillon du Québec
 Pavillon de Monaco
 Pavillon de la Birmanie
 Pavillon Chrétien
 Pavillon des Arts
 Pavillon Polaire
 Pavillon des Etoiles
 Pavillon du Téléphone Bell
 Pavillon de la Tchécoslovaquie
 L'Homme et l'Alimentation
 La Marina
 L'Autostade
 Centre de Contrôle
 Sermon de la Science

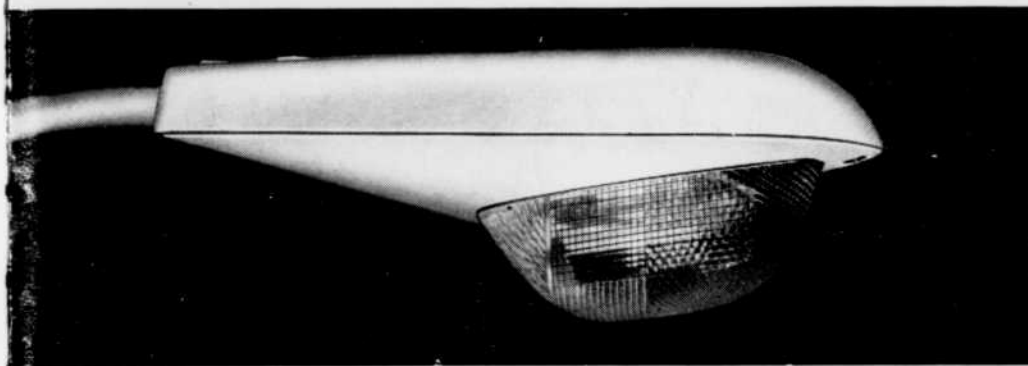
EXPO '67

Powerlite vous offre...

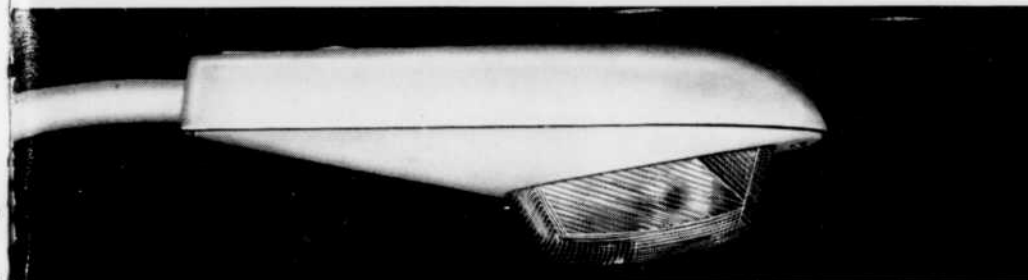
une série d'élégants



luminaires



répondant à toutes les exigences



de l'éclairage des rues.

Un rendement maximum pour tous les genres d'éclairage des voies publiques.

Routes à grande circulation, grandes artères, rues commerçantes ou résidentielles, toutes sont parfaitement éclairées grâce aux luminaires Powerlite. Comme Powerlite fournit aussi des lampadaires et des consoles élégamment assortis, les appareils d'éclairage de votre municipalité sont aussi attrayants le jour qu'efficaces la nuit!

Chaque modèle de cette série de luminaires assortis, d'une réputation solidement établie, conserve un rendement permanent grâce à l'étanchéité du système optique qui est à l'épreuve de la poussière, des insectes et de l'humidité.

De plus, la simplicité de construction Powerlite réduit l'entretien au minimum... l'intérieur et les bornes sont facilement accessibles, le réflecteur et le verre s'enlèvent sans difficulté, la fermeture est absolument sûre.

Chacun de ces luminaires peut être fourni avec ballast incorporé convenant aussi bien pour une lampe Metalarc Sylvania que pour une lampe au mercure de même wattage. La lampe Metalarc donne un rendement de 50% supérieur et un meilleur rendement des couleurs que n'importe quelle lampe au mercure.

Egayez l'aspect de votre municipalité, nuit et jour; informez-vous dès aujourd'hui de tous les avantages qu'offre Powerlite, auprès du bureau Powerlite ou Northern Electric le plus proche.

Powerlite

A member of the Sylvania Group

POWERLITE DEVICES LIMITED

3050, RUE SARTELON • MONTRÉAL 9

Bureaux: Montréal • Toronto • Ottawa • Vancouver

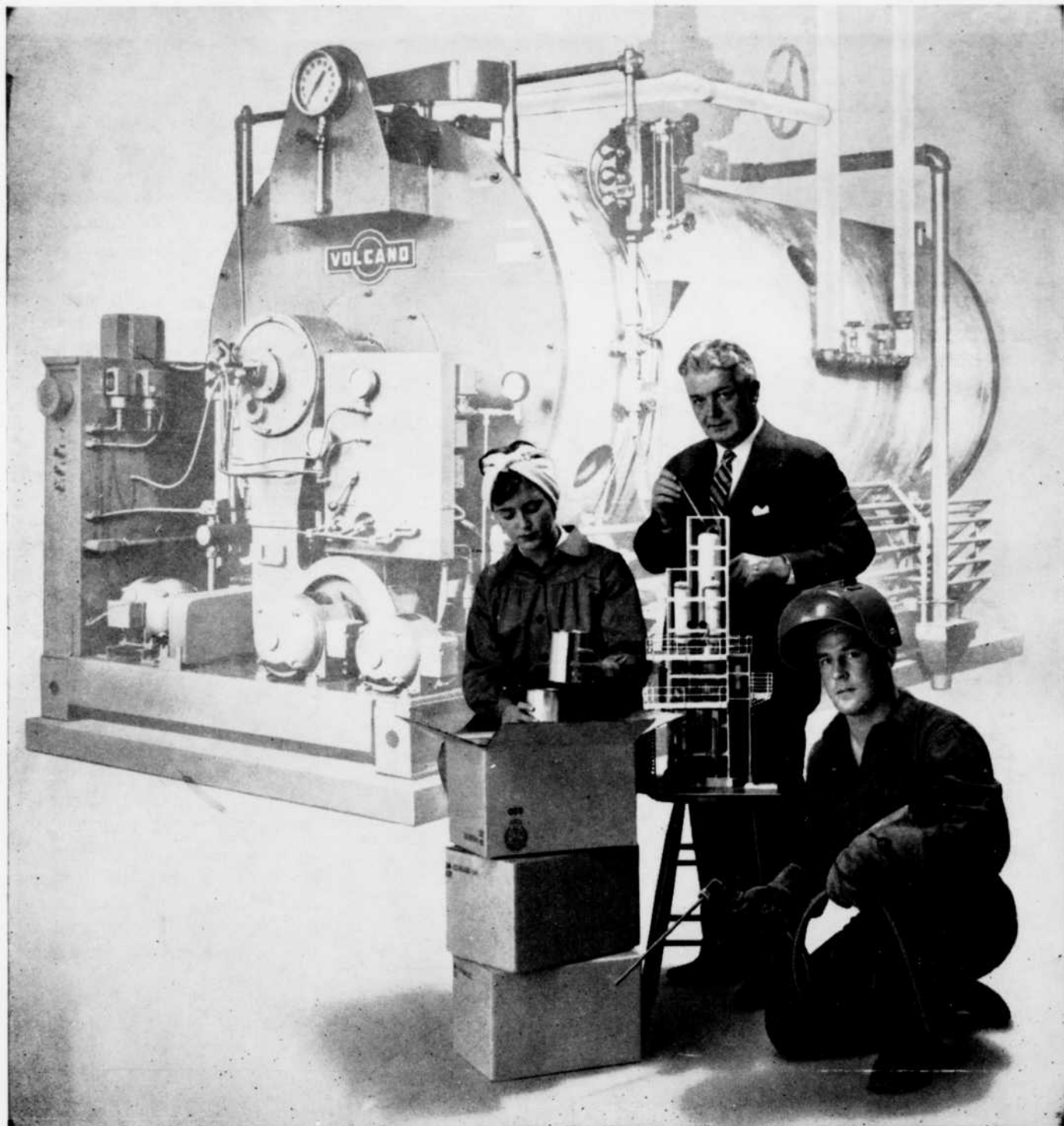
Dépositaire exclusif: Northern Electric Company Limited

L'expérience de la maison Volcano est la garantie de satisfaction qu'on recherche quand vient le temps de choisir des appareils de chauffage automatiques. Le rendement des chaudières Volcano installées dans des usines et immeubles de tous genres résulte, de fait, de la supériorité acquise par cette compagnie au cours d'au-delà d'un siècle, dans ce domaine hautement spécialisé. Au moment de la livraison, l'appareil

D'UN OcéAN À L'AUTRE VOLCANO SERT L'INDUSTRIE

est complet, prêt à être raccordé. Des techniques perfectionnées assurent un rendement sûr, efficace et économique, année après année. Vous pouvez en outre faire appel à nos spécialistes pour l'étude de tous vos besoins en chauffage. Communiquez avec le

distributeur Volcano de votre localité. Les CHAUDIÈRES AUTOMATIQUES "STARFIRE" — appareils de 5 à 500 c.v., à l'huile, au gaz ou combinés.



VOICI UNE LISTE PARTIELLE DES ENTREPRISES QUI ONT CHOISI DES CHAUDIÈRES VOLCANO POUR LEURS USINES : ANSCO — ALCAN — CANADA DRY — CANADAIR — CHRYSLER — CNR — CPR — COCA-COLA — CONSUMERS GAS — FIRESTONE TIRE & RUBBER — FORD — FOUNDATION COMPANY — GATTUSO — GENERAL ELECTRIC — GENERAL MOTORS — IRON ORE COMPANY — IRVING OIL — JOHNS-MANVILLE — KELLOGG — MCCOLL-FRONTENAC — PARKE-DAVIS — RCA — SHAWINIGAN ENGINEERING — SINGER — SYLVANIA — WESTINGHOUSE.