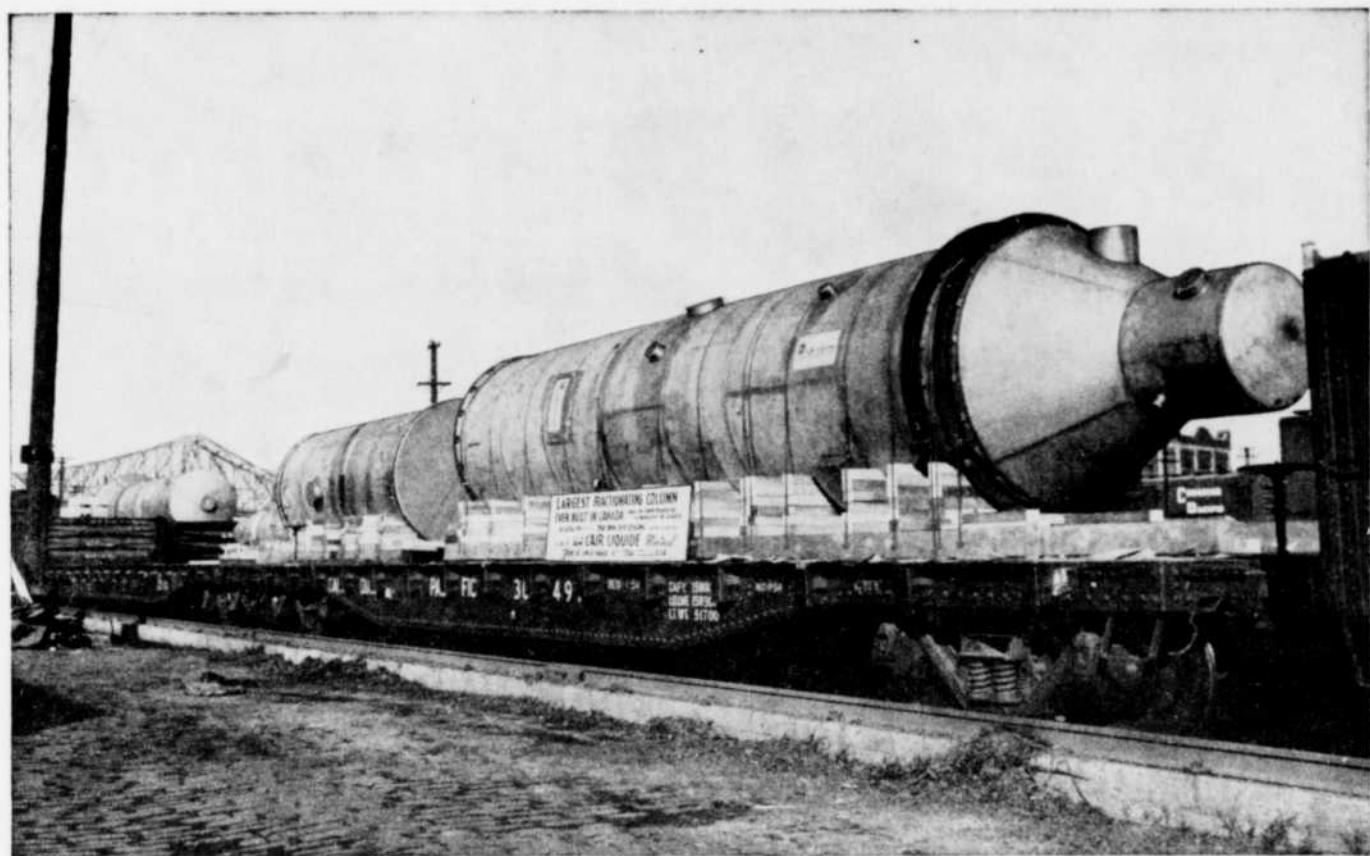


# INGÉNIEUR

AUTOMNE 1957 • 43ÈME ANNÉE • NO 171



REVUE TRIMESTRIELLE CANADIENNE



## Le plus important appareil de fractionnement construit au Canada pour la séparation du gaz à basse température

La photo ci-dessus représente une partie d'un appareil de fractionnement expédié récemment à une compagnie chimique américaine par L'Air Liquide, Montréal, filiale de Canadian Liquid Air pour les constructions mécaniques. Le transport de cet appareil a nécessité l'utilisation de deux wagons plate-forme et d'une plate-forme roulante.

*Ces appareils de fractionnement*, entièrement soudés à l'acier inoxydable, forment la partie essentielle d'une très importante usine de fractionnement d'air spécialement conçue par L'Air Liquide afin de produire 300 tonnes d'oxygène et 140 tonnes d'azote pur par jour. Pour atteindre ce rendement l'usine devra traiter 1,675,140 pieds cubes d'air par heure. Les appareils de fractionnement comprennent quatre

chambres : une colonne à haute pression, de 24 pieds de longueur et de 8½ pieds de diamètre; une colonne à basse pression, de 48 pieds sur 9 pieds; un vaporisateur de 34 pieds sur 6 pieds, et un échangeur de 19 pieds sur 3½ pieds.

Le procédé mis au point par L'Air Liquide permet de séparer les gaz de l'atmosphère à une température voisine de moins 300 degrés Fahrenheit, point de liquéfaction de l'air. Ce procédé est couramment employé dans l'industrie pétrolière pour séparer les gaz d'hydrocarbures.

L'Air Liquide, Montréal, a conçu et construit des installations de séparation à basse température pour toutes sortes d'entreprises métallurgiques, chimiques et pétro-chimiques au Canada et aux Etats-Unis.

**Canadian LIQUID AIR Company**  
LIMITED

SUCCURSALES, USINES, ENTREPÔTS ET DÉPOSITAIRES DANS LES PRINCIPALES VILLES DU CANADA.

**SCIENCES**  
**ARTS**  
**ECONOMIE**  
**CULTURE**



# INGÉNIEUR

REVUE TRIMESTRIELLE CANADIENNE

AUTOMNE 1957

VOLUME 43 — No. 171

**CONSEIL DE  
L'ASSOCIATION DES DIPLÔMÉS  
DE POLYTECHNIQUE**

**Officiers :**

MM. J. G. Chênevert, Ing. P., président  
Henri Gaudefroy, D.Sc., Ing. P., 1er vice-président  
Lucien Perrault, Ing. P., 2ème vice-président  
Jacques Laurence, M.Sc., Ing. P., secrétaire-trésorier

**Directeurs :**

MM. J.-C. Chagnon, Roger Charland, René Dansereau,  
Jean Dussault, Guy Dionne, Léo Roy, Jean Barcelo,  
E. Bouchard, Guy L. Blain, Yvon Gariépy, C.-R.  
Laberge, Conrad Laverdure.

**Directeurs ex-officio :**

MM. Léon A. Duchastel de Montrouge,  
Maurice Gérin, Philippe A. Dupuis.

**Représentants :**

MM. Léopold Fontaine et René Rioux, section de Québec  
François-J. Leduc, section Ottawa-Hull  
Jacques Limoges, section du Nord de Québec et  
Ontario  
Henri Gaudefroy, Corporation de l'École Polytech-  
nique  
Gabriel Meunier, Association des étudiants de  
Polytechnique.

**COMITÉ D'ADMINISTRATION  
DE L'INGÉNIEUR**

MM. Philippe A. Dupuis, Ing. P., président  
Ernest Lavigne, D.Sc., Ing. P., secrétaire administratif  
Jacques M. Décary, L.S.C., trésorier  
Ignace Brouillet, D.Sc.A., Ing. P., président de la  
Corporation de l'École Polytechnique  
Henri Gaudefroy, D.Sc., Ing. P., directeur de l'École  
Polytechnique.

**COMITÉ SCIENTIFIQUE  
DE L'INGÉNIEUR**

MM. Jean-C. Bernier, M.Sc., Ing. P., directeur du Centre  
de recherches à Polytechnique — président  
Roger-P. Langlois, M.Sc., Ing. P., professeur agrégé  
à Polytechnique — secrétaire  
Roger Brais, Ph.D., Ing. P., professeur titulaire à  
Polytechnique  
Georges Welter, D.Sc., professeur titulaire à Poly-  
technique.

**ADMINISTRATION**

E. Lavigne, Ing. P. .... secrétaire

**RÉDACTION**

Louis Trudel, Ing. P. .... rédacteur en chef

**PUBLICITÉ**

Représentants

Les Editions Commerciales Inc.  
3587, ave Papineau, Montréal 24

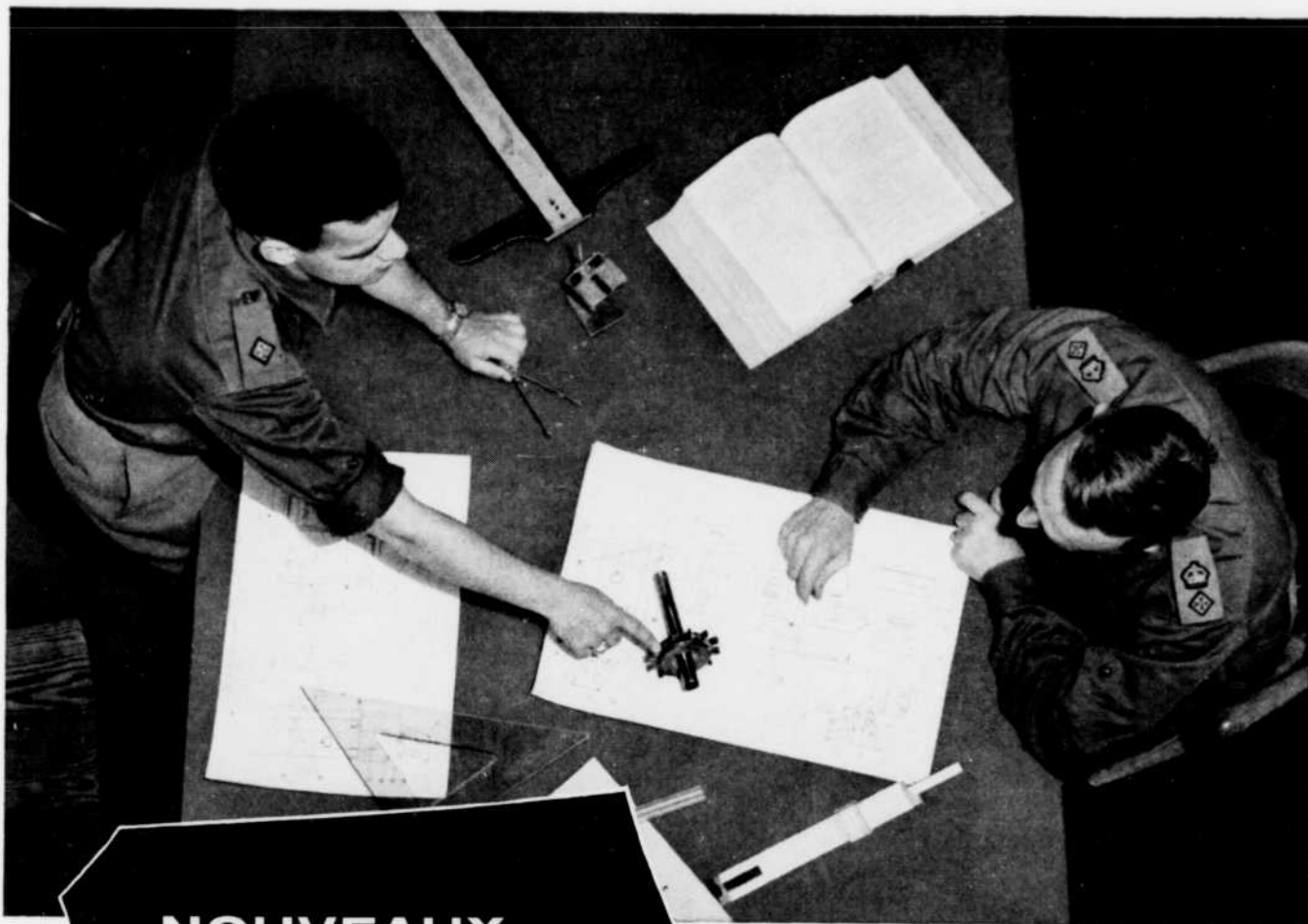
## SOMMAIRE

LES POUTRES PROFILÉES EN BÉTON ARMÉ DANS LES PONTS par Edgar Gilbert, Ing. P. ....	13
LE WATTHEUREMÈTRE par Fernand Marchand, Ing. P. ....	20
L'ULTRA-PURIFICATION DES MÉTAUX PAR LA MÉTHODE DE LA ZONE FONDUE par Rémi Tougas, Ing. P. ....	27
HISTORIQUE DES PONTS-ROUTES par Louis-Philippe Gravel, Ing. P. ....	31
LE LABORATOIRE DE DIFFRACTION DES RAYONS X DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE par Guy Perrault, Ph.D., Ing. P. ....	37
LE TRACÉ DES VOIES DE CIRCULATION DES AGGLOMÉRATIONS NOUVELLES par Réal Bélanger, Ing. P. ....	45
L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES PROBLÈMES DE L'HYDRAULIQUE FLUVIALE par Raymond Boucher, Ing. P. et Bernard Le Mébauté	49
VIE DE L'ÉCOLE .....	59
VIE DE L'ASSOCIATION .....	63
NOUVELLES DES DIPLÔMÉS .....	65
REVUE DES LIVRES .....	74
INDEX DES ANNONCEURS .....	80

EDITEURS : L'Association des Diplômés de Polytechnique, 1430, rue St-Denis, Montréal 18, Canada. Tél. : MA. 5311. — Parution : mars, juin, septembre et décembre. — Imprimeurs : Pierre Des Marais. — Abonnements : Canada et États-Unis \$5 par année, autres pays \$6. — Autorisée comme envoi postal de la seconde classe, Ministère des Postes, Ottawa. — Droits d'auteurs : Les auteurs des articles publiés dans L'INGÉNIEUR conservent l'entière responsabilité des théories ou des opinions émises par eux. — La reproduction des gravures et du texte des articles parus dans L'INGÉNIEUR est permise à la condition d'en indiquer la source et de faire tenir à la Rédaction un exemplaire de la publication les reproduisant.

Tirage certifié : Membre de la Canadian Circulations Audit Board.

**CCAB**



## NOUVEAUX HORIZONS

### *pour l'ingénieur moderne*

Aujourd'hui, la défense du Canada exige des projectiles téléguidés, des hélicoptères, un système complexe de radar et bien d'autres instruments perfectionnés par la science. Ce nouvel aspect que revêt notre défense a décuplé les besoins en matière de logistique. Aussi bien, une tâche intéressante et rémunératrice attend-elle l'ingénieur diplômé et spécialisé en travaux publics et bâtiments, en mécanique, en électricité, en chimie-métallurgie, afin de maintenir

l'efficacité de l'Armée canadienne. Des avantages exceptionnels vous y sont offerts. Dans l'Armée canadienne le jeune ingénieur, épris d'idéal, peut se tailler une carrière enviable et respectée.

Si vous êtes intéressé à obtenir de plus amples renseignements sur les diverses carrières offertes aux ingénieurs dans l'Armée canadienne, écrivez sans tarder afin d'obtenir la plaquette "Les carrières que l'Armée offre aux ingénieurs":

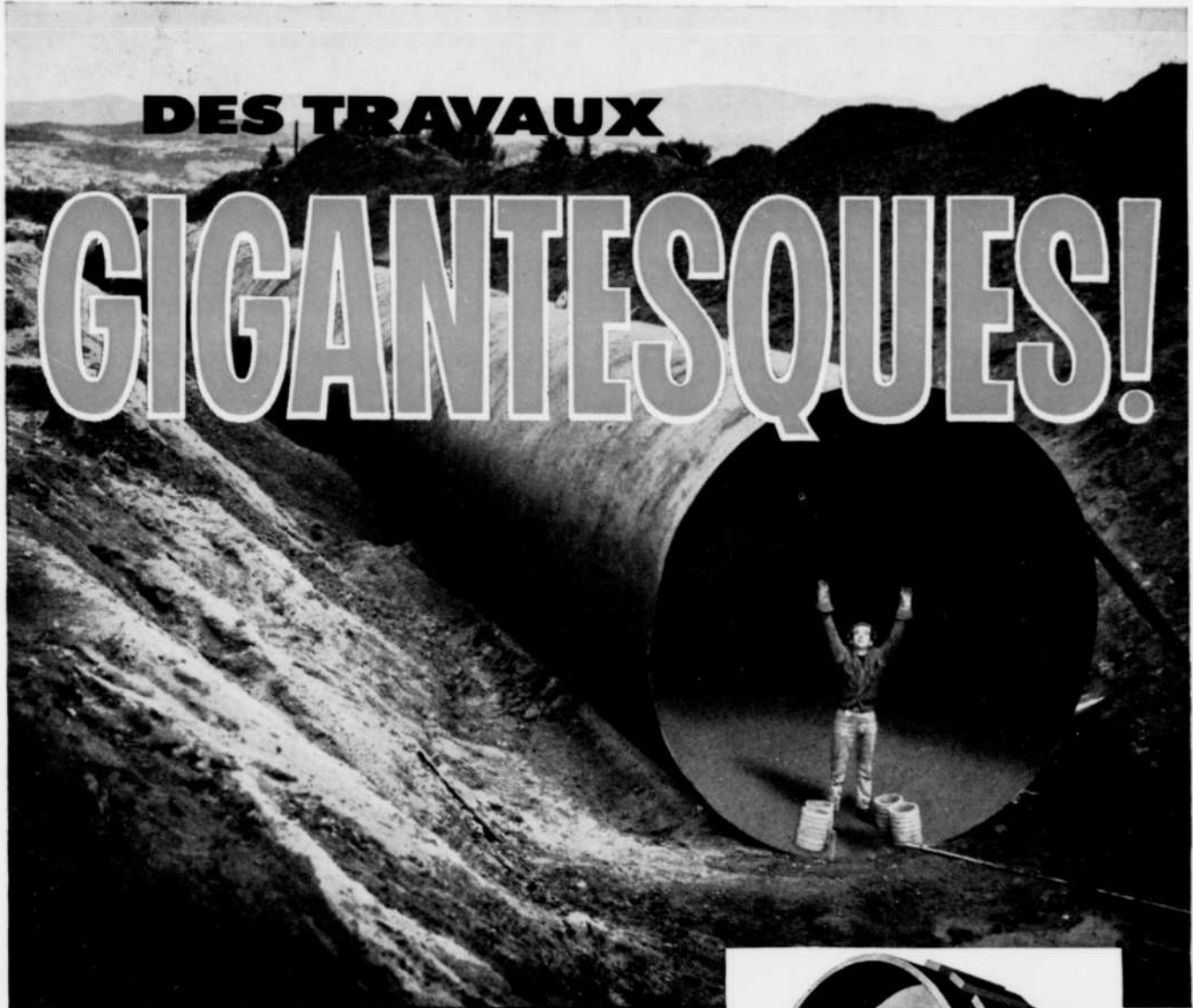


A57-60

**QUARTIER GÉNÉRAL DE LA RÉGION MILITAIRE DU QUÉBEC**  
3530, rue Atwater, MONTRÉAL (Québec)

**DES TRAVAUX**

# GIGANTESQUES!



CONDUITE DE 3,300 PIEDS

LES NOUVEAUX CHANTIERS DAVIE  
SONT COMPLÈTEMENT OUTILLÉS POUR  
TOUTES SORTES DE GROS TRAVAUX

**RÉCIPIENTS À PRESSION  
ÉCHANGEURS DE CHALEUR  
CONDUITES ET PIPE-LINES  
VANNES ET GRILLES  
TRÉMIES ET CAISSONS  
FOURS ET AUTOCLAVES  
MACHINERIE GÉNÉRALE**



"ROUE" DE FOUR À CIMENT

## **DAVIE**

SHIPBUILDING LTD.

**GENERAL ENGINEERING DIVISION**

C.P. 130, Lévis, P.Q.

## LA C-I-L OFFRE UN NOUVEL AGENT DE SAUTAGE ECONOMIQUE AUX USAGERS CANADIENS



### Le nitrate d'ammonium granulé se révèle efficace dans beaucoup d'opérations de sautage

Poursuivant ses efforts constants en vue de procurer aux usagers canadiens, les produits de dynamitage les plus économiques, la C-I-L met maintenant sur le marché un agent de sautage peu coûteux: le nitrate d'ammonium en granules. Amorcé avec un explosif puissant ou une cartouche-amorce de "Nitron", le nitrate d'ammonium granulé, mélangé dans le trou de mine avec de l'huile combustible, peut constituer un agent de sautage très efficace dans certains genres d'opérations. Economique, sûr et de manipulation facile, il se transporte aisément. Actuellement, on l'em-

ploie surtout pour les opérations de sautage en surface et notamment dans les carrières et exploitations à ciel ouvert où les trous sont secs.

Les ingénieurs spécialisés et les agents de vente de la C-I-L se feront toujours un plaisir de vous donner des renseignements complets sur le nitrate d'ammonium en granules et de vous fournir un service technique sans rival pour son utilisation dans vos opérations de sautage. Téléphonnez à un bureau de vente des explosifs de la C-I-L ou écrivez à Canadian Industries Limited, Division des Explosifs, C.P. 10, Montréal.

# Explosifs **C-I-L**

Tous explosifs et auxiliaires de sautage  
Partout au Canada



*Il y a plus de dimensions et de types  
DIFFÉRENTS de ROBINETS  
CRANE qu'il n'y a de briques dans cette  
image. Pour toute installation, CRANE  
a exactement le robinet qu'il faut — en  
cuivre, en fer, en acier ou en alliage.*



L'un des nombreux dispositifs Crane très utilisés dans l'industrie des produits alimentaires au Canada. Vanne en bronze No 438. Pression de marche: 125 livres.



*Ces Grues,* opérant ensemble sur le même pont roulant, peuvent soulever un poids de 415 tonnes. Elles sont situées à la centrale électrique de Kemano, propriété de l'Aluminium Company of Canada, où elles servent à l'installation et au service des unités et turbines génératrices.

Votre problème de soulèvement n'est peut-être pas aussi lourd! — mais quelle que soit son importance ou sa nature, vous avez l'assurance d'obtenir les mêmes conseils judicieux, les mêmes réalisations modernes, la même main-d'oeuvre de premier ordre lorsque vous spécifiez...

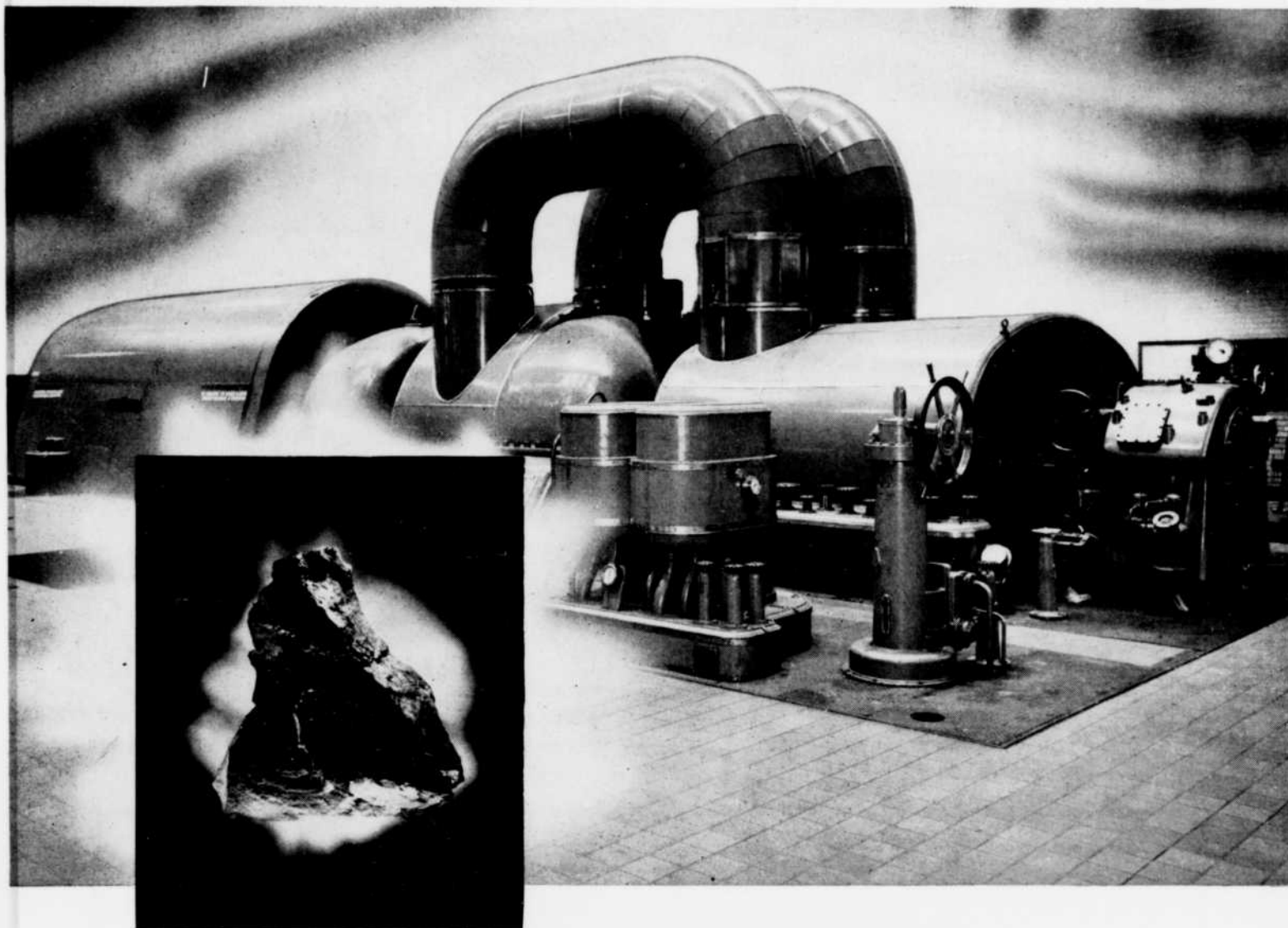
## **DES GRUES PAR DOMINION BRIDGE**

Pour plus amples détails, demandez une copie de notre manuel de grues MYY-100 en vous adressant à Dominion Bridge Company Limited, C.P. 280, Montréal — Usines et bureaux dans tout le Canada.

# Des hommes qui font du service une science!

*Dans toutes les régions du pays, des ingénieurs de Canada Wire démontrent leur aptitude reconnue à concilier les principes rigoureux de l'usinage des machines et leur utilisation chez le client.*

H. D. Short, I.P.,  
Ingénieur-chef,  
Service du Génie du haut voltage



Pitchblende de l'Ace Mine, Beaverlodge, Sask.

## de l'obscurité à la lumière

**On s'attend que la première usine d'énergie nucléaire du Canada fonctionne d'ici quelques années. Vers les 1980, l'énergie atomique devrait fournir une bonne partie de l'électricité consommée au pays.**

Au cours du prochain quart de siècle, le Canada continuera à s'approvisionner d'électricité par les moyens conventionnels. Cependant, au fur et à mesure que s'accroîtra le rendement de l'énergie atomique, le Génie électrique voudra améliorer les sources actuelles d'électricité, et il s'intéressera à d'autres moyens. Les ingénieurs électriciens de Canada Wire possèdent une

vaste expérience dans la solution des problèmes toujours plus ardues du câblage dans la production et la transmission de l'électricité. Grâce à un programme soutenu de recherches et à son expérience, Canada Wire se prépare déjà à participer activement au progrès des prochains vingt-cinq ans dans le domaine de l'énergie électrique.



MARQUE DÉPOSÉE

### Canada Wire and Cable Company Limited

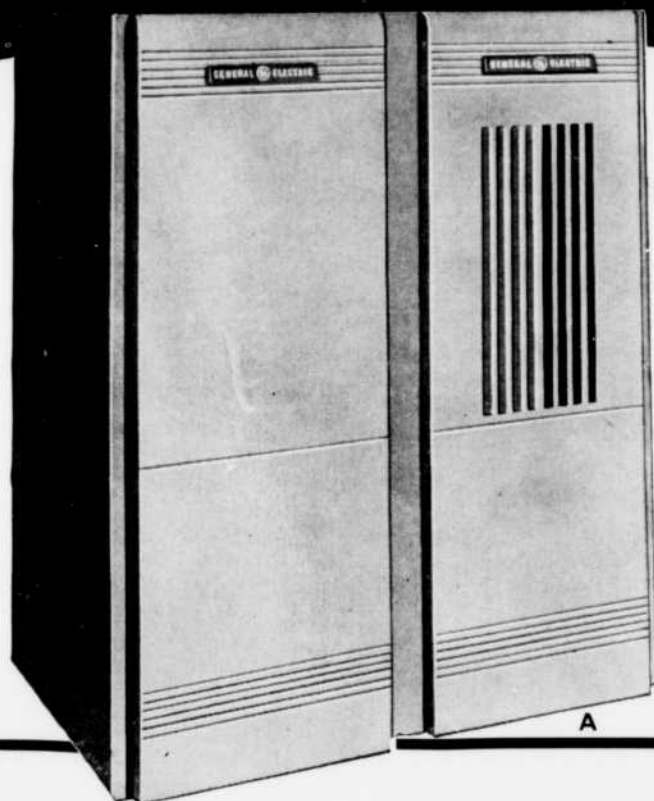
Manufactures:

TORONTO • MONTRÉAL • FORT GARRY • VANCOUVER

*Une maison canadienne, possédant des manufactures et des bureaux de vente d'un océan à l'autre*

La climatisation assurée l'année durant en spécifiant

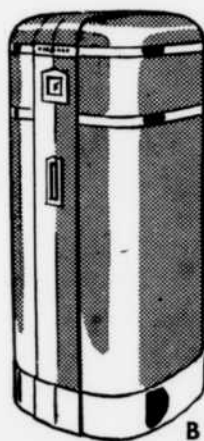
# les fournaies à l'huile ou à gaz G-E



**La climatisation en été**—non plus un rêve pour la majorité—est aujourd'hui à la portée du budget moyen. Les acquéreurs d'une maison neuve commencent à se renseigner à ce sujet. Néanmoins, les budgets restreints, principalement, prohibent l'installation d'une unité de climatisation complète dans une nouvelle construction. Le meilleur compromis, dans ces cas, est de spécifier un système de chauffage à air chaud, alimenté par une fournaise à l'huile ou au gaz G-E. L'unité de climatisation préassortie peut être installée plus tard, pour un coût minime. Cette caractéristique ajoutée à de nombreux autres avantages, composent l'unité idéale à spécifier pour les foyers modernes.

**A**—La fournaise à air chaud General Electric offre un moyen de chauffage à la fois hautement efficace et économique pouvant être converti, à peu de frais, pour la climatisation et en hiver et en été.

**B**—Le fonctionnement de la fournaise à l'huile General Electric (eau chaude ou vapeur) demande moins d'eau que les fournaises ordinaires. La chaleur est émise entre une à trois minutes après l'allumage. Ce fonctionnement efficace fait économiser de l'argent au début de chaque cycle du brûleur.



**EFFICACITÉ:** Le dessin à cannelures de l'échangeur de chaleur G-E extrait le maximum de chaleur des gaz qui s'échappent par la cheminée. Aucune autre fournaise n'a un rendement si efficace.

**ÉCONOMIE:** Combustion propre, totale, silencieuse du combustible assurée par le brûleur à l'huile ou au gaz G-E, de sorte que chaque sou déboursé en combustible donne le maximum de chaleur.

**COMMODITÉ:** La fournaise complètement automatique G-E s'entretient par elle-même. L'éventail, indépendant du brûleur, est actionné lorsque l'air de l'échangeur est suffisamment chaud et circule jusqu'à ce que la chaleur accumulée se soit répandue dans toutes les pièces de la maison.

**CONFORT:** Le thermostat G-E surveille le confort de la maison en actionnant la fournaise un peu avant que la température ne descende au minimum préréglé.

**SÉCURITÉ:** La fournaise, le brûleur, l'éventail du moteur et les régulateurs sont le fruit de la haute technicité General Electric et composent une unité complète en elle-même appuyée par la garantie G-E.

**SÛRETÉ:** La fournaise G-E s'éteint automatiquement si la flamme s'épuise, la température et la pression deviennent trop hautes ou par manque de combustible.



## FOURNAISES À L'HUILE ET AU GAZ GENERAL ELECTRIC

Distribuées par

**COMMERCIAL & INDUSTRIAL VENTILATION LTD.**

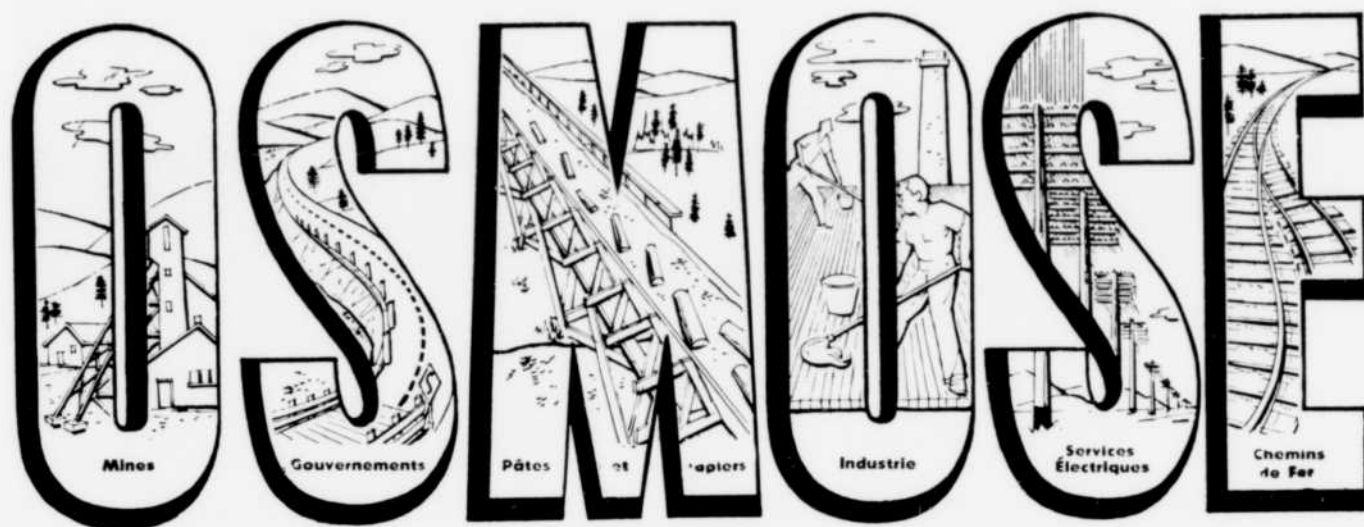
1065, rue Papineau, Montréal

HENRI DAGENAIS, ING. P., — P.O. '47

LAfontaine 2-3119

# Pourquoi

## les Gouvernements et l'Industrie choisissent-ils



## POUR PRÉSERVER LE BOIS?

Depuis plus de 20 ans que nous fabriquons avec succès des préservatifs du bois, la plupart des grandes industries ainsi que de nombreux services des gouvernements provinciaux et municipaux et du fédéral ont adopté "Osmose", qui offre la solution la plus efficace à leurs divers problèmes.

Pourquoi? Voici, entre autres, trois excellentes raisons :

- 1 — APPLICATION EN CHANTIER — Les produits "Osmose" peuvent s'appliquer en chantier et sur des bois verts.
- 2 — FACILITÉ D'APPLICATION — L'ouvrier le moins spécialisé peut facilement appliquer les produits "Osmose", par trempage ou au pinceau.
- 3 — EFFICACITÉ — Prouvée depuis plusieurs années.

"Osmose est la solution la plus efficace et la plus économique quand les circonstances en permettent l'application en chantier. Nous n'avons cependant jamais prétendu qu'"Osmose" soit la réponse définitive à tout problème de préservation du bois. Nos représentants se feront un plaisir de vous donner une réponse honnête et impartiale à vos questions sur le traitement efficace du bois et cela, naturellement, sans aucune obligation de votre part.

Préservatif "Osmose" pour le bois VERT

Préservatif "Pentox" pour le bois SEC

*Fait durer le bois de 3 à 5 fois plus longtemps!*

# OSMOSE

WOOD PRESERVING COMPANY OF CANADA LIMITED

SIÈGE SOCIAL et USINE : MONTREAL, P. Q. \* TRURO TORONTO WINNIPEG EDMONTON VANCOUVER

Nous vous enverrons sur demande une intéressante brochure illustrée intitulée "20 Years of Wood Preservation by Chemistry in Canada".

PM119F

AUTOMNE 1957 — 9

# PLUS DE CONFORT, PLUS DE COMMODITÉ



## VIVEZ PLUS À L'AISE... PAR L'ÉLECTRICITÉ

**Établissez d'abord un plan** et, plus tôt que vous ne croyez, chaque pièce de votre maison deviendra plus séduisante, plus confortable. Toutes vos pièces auront plus de charme grâce à un éclairage rationnel. La télévision, la radio, le tourne-disques ajoutent de l'agrément à vos moments de loisir. La cuisine et la buanderie sont maintenant des pièces ensoleillées et gaies grâce aux nombreux appareils ménagers qui épargnent de longs travaux fastidieux.

**L'atmosphère de votre foyer** peut être rendu plus confortable grâce au confort moderne de la climatisation. La fourniture automatique abolit les travaux ennuyeux du chauffage à l'ancienne mode... laissant au maître de la maison plus de temps pour bricoler avec ses outils électriques... et à son épouse plus d'espace pour ses appareils automatiques de lessive.

**Avec un système de filerie avec commande à distance**, un interrupteur principal, placé où vous le désirez, peut allumer ou éteindre

les lumières, faire fonctionner ou arrêter les appareils électriques.

**Une maison dont la filerie est adéquate** vous assure plus de sécurité, d'économie et de confort. Avant d'acheter ou de construire, assurez-vous que le système électrique répondra à vos besoins d'aujourd'hui et de demain. Faites vérifier votre maison actuelle par un maître-électricien. Il peut effectuer les réparations nécessaires et vous faire profiter du plan budgétaire qui vous convient.

**Que peut-il vous en coûter** de vivre mieux par l'électricité? Dans une construction nouvelle, la filerie adéquate, l'éclairage, le chauffage et la climatisation peuvent être absorbés par l'hypothèque. Et votre marchand vous offre tous les appareils électriques moyennant un plan budgétaire commode.

*Projetez dès maintenant d'offrir à votre famille tous les avantages et le confort de la vie par l'électricité... avec les nouveaux produits modernes de General Electric.*



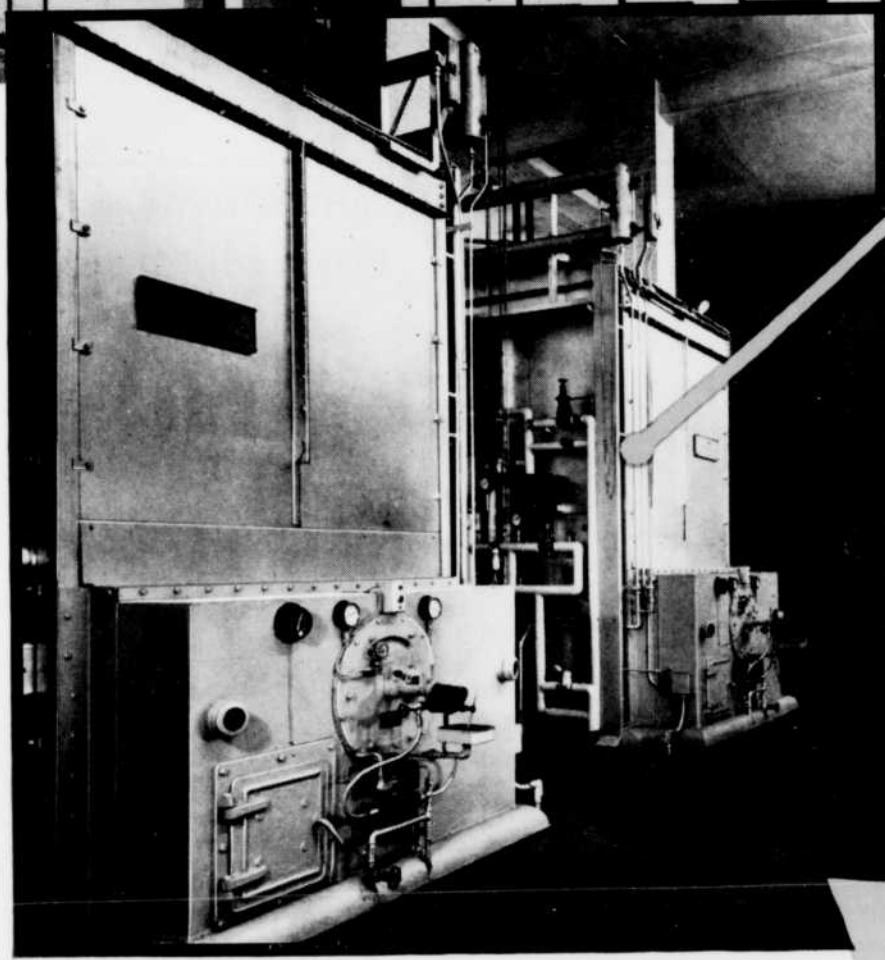
*Le progrès est notre plus important produit*

**CANADIAN GENERAL ELECTRIC COMPANY**  
LIMITED

*Dans la biscuiterie de*

**VIAU LIMITED - LES CHAUDIÈRES BABCOCK**

*fournissent la vapeur*



La vapeur joue un rôle important dans la fabrication de nombreux produits alimentaires, et à Viau Limited, Montréal, on se fie sur deux chaudières Babcock pour obtenir une vapeur sèche et propre pour la fabrication des nombreuses variétés de biscuits populaires, bonbons et chocolats.

Les Chaudières du Type G "INTEGRAL FURNACE", illustrées à gauche, sont alimentées par des brûleurs Jet Oil de Babcock.

La Chaudière du Type G, B & W, est une unité compacte à vapeur avec tube à l'eau, qui peut être alimentée par une variété de combustibles et s'adapte aux exigences de nombreuses industries, hôpitaux et institutions religieuses où une source de vapeur fiable et économique est requise. Demandez à votre représentant Babcock le plus rapproché de vous montrer les nombreux avantages de la Chaudière du Type G.

TASSÉ, SARAUULT & ASSOCIÉS, INGÉNIEURS-CONSEILS

VAPEUR OPÉRATRICE  
**BABCOCK**  
VAPEUR MOTRICE

ABCOCK-WILCOX AND GOLDIE-McCULLOCH LIMITED, GALT, ONTARIO - MONTRÉAL - TORONTO - CALGARY - VANCOUVER

# Vous avez intérêt à connaître ces 4 fameux appareils **VOLCANO**

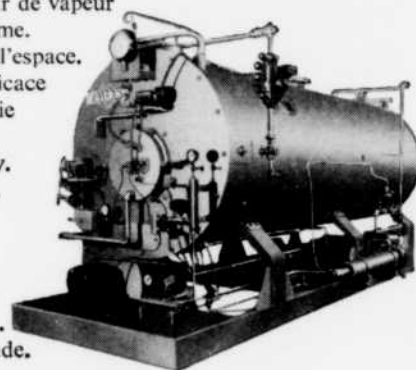
## LA FOURNAISE À TUBES D'EAU VOLCANO



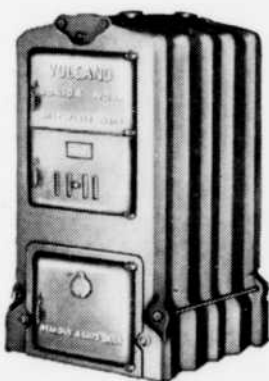
Chauffer avec un maximum de rendement—voilà l'une des principales caractéristiques de la fournaise Volcano à "tubes d'eau". La fournaise a une grande chambre de combustion qui permet aux gaz en combustion d'effectuer un long trajet et de couvrir une grande surface chauffante avant de sortir par la cheminée. La fournaise est livrée en morceaux, complètement démontée, ce qui la rend très facile à entrer dans la cave. Elle est de plus munie d'une enveloppe isolante en acier doublé d'un matériel pouvant résister à de très hautes températures.

## LA CHAUDIÈRE AUTOMATIQUE VOLCANO "STARFIRE"

Appareil producteur de vapeur complet par lui-même. Compact—ménage l'espace. Fonctionnement efficace qui signifie économie de combustible. Modèle depuis 9 c.v. jusqu'à 500 c.v. . . . à l'huile légère, à l'huile lourde, au gaz ou combinés huile-et-gaz . . . toutes pressions . . . vapeur ou eau chaude.



## FOURNAISE EN FONTE VOLCANO

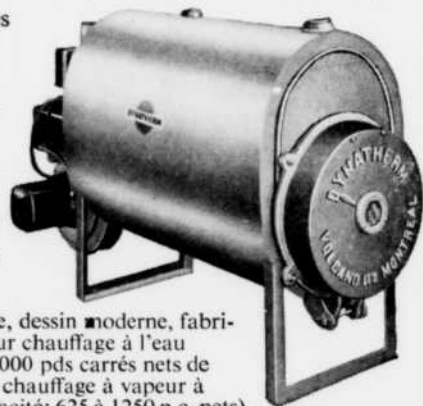


—fonctionnement sûr, sans gaspillage de combustible, pour bureaux, fabriques, cinémas, églises et maisons privées. Appareils à ailettes multiples pour une plus grande efficacité, avec base sèche appropriée au chauffage automatique ou manuel.

## FOURNAISE VOLCANO DYNATHERM

Vous obtiendrez des résultats remarquables avec la fournaise Dynatherm compacte et économique. Le principe de la "Flamme Tourbillonnante" extrait toute la chaleur de chaque goutte d'huile . . . chauffe l'eau deux à trois fois plus vite!

D'installation facile, dessin moderne, fabrication soignée. Pour chauffage à l'eau (capacité: 1000 à 2000 pds carrés nets de radiation) ou pour chauffage à vapeur à basse pression (capacité: 625 à 1250 p.c. nets).



**Tous les modèles  
fabriqués entièrement  
au Canada**

Usines : SAINT-HYACINTHE  
M. WILFRID GIROUARD, président

# VOLCANO

LIMITÉE

8635, boulevard St-Laurent, Montréal, P.Q.  
Québec Toronto

L'un des plus importants manufacturiers d'appareils de chauffage automatique au Canada



## LES POUTRES PROFILÉES EN BÉTON ARMÉ DANS LES PONTS

par Edgar Gilbert, Ing.P., B.Sc.A.

Ingénieur au Ministère des Travaux Publics de Québec,  
Service des Ponts, Division des Projets

Né à Thetford Mines, P.Q., l'auteur fit ses études secondaires au Mont Saint-Louis de Montréal et recevait ses diplômes d'ingénieur à l'École Polytechnique en 1947. Après un an de travaux d'exploration et de prospection minière dans le nord-ouest de l'Ontario et du Québec au service de Dome Exploration et de Quebec Explorers, il entra au service de l'Asbestos Corporation à Thetford Mines dans la construction. Il est à l'emploi du service des Ponts depuis 1951. De 1952 à 1955 il suivit des cours du soir en structure à l'Université Laval sous la direction du Dr A.W. Krieger, Ing.P.

Dans cette étude, on traitera d'un seul genre de ponts : à poutres sous chaussée en béton armé. Il n'est pas du tout question de béton précontraint. Cependant, ces poutres profilées en béton armé peuvent servir d'intermédiaire entre les poutres à section rectangulaire en béton armé et les poutres en béton précontraint, et, dans certains cas, les concurrencer.

Un pont comprend les éléments suivants : un hourdis, des poutres et des entretoises. Le hourdis est la surface de roulement qui supporte les charges mobiles et les transmet aux poutres longitudinales et aux entretoises disposées transversalement. Ces dernières jouent un double rôle : celui du contreventement transversal des poutres, et celui d'éléments de solidarisation des poutres en répartissant les surcharges entre ces dernières.

Le développement du système routier actuel exige la construction de nombreux ponts. Il est impérieux de minimiser le coût total des ponts pour réaliser tout ce programme. Une solution paraît être la suivante : l'élimination des éléments de substruction, d'où l'allongement des travées. Un obstacle se présente ici : c'est l'accroissement de la charge permanente et les efforts maxima dé-

veloppés dans l'ouvrage à mesure que les portées s'allongent. Pour résoudre ce problème, il faut réduire les épaisseurs de tous les organes au minimum et supprimer tout ce qui n'est pas essentiel. Ainsi, la poutre à section rectangulaire se transforme en poutre profilée. (Fig. 1)

L'allègement ainsi réalisé suppose des sollicitations élevées du béton, donc une meilleure qualité de ce dernier. Par conséquent, la connaissance des propriétés du béton en liaison avec l'acier joue un rôle primordial dans le calcul des ponts à poutres profilées.

Qu'est-ce qui détermine les dimensions d'une poutre profilée ?

L'effort tranchant contrôle l'épaisseur de l'âme et la quantité maximum d'acier qu'il est nécessaire d'y loger dans le talon détermine ses dimensions. La section du talon (Fig. 2) sera constante d'un bout à l'autre de la travée pour les poutres simples et majorée à l'appui intermédiaire pour les poutres continues, à cause de fortes contraintes de compression. (Fig. 4)

L'épaisseur des âmes des poutres sera variable et proportionnée en chaque point à l'effort tranchant.

La forme du talon doit être rectangulaire, et non avec des pare-

ments supérieurs inclinés. (Fig. 3)

Pourquoi la forme rectangulaire est-elle préférable ! C'est pour éviter l'effet de paroi. Ordinairement, au voisinage de la paroi, le béton se réduit à une pâte pure de ciment. Quels que soit la mise en place et le serrage du béton, la pesanteur entre toujours en ligne de compte. Avec une paroi non horizontale, des forces de frottements interviennent qui s'opposent au serrage et diminuent ainsi la compacité du béton. Cette dernière se retrouve approximativement à une distance de la paroi au moins égale à la grosseur de ses plus gros éléments. Par conséquent, le béton au voisinage d'une paroi est pratiquement de qualité inférieure.

Les dimensions du talon dépendent aussi de l'économie et du nombre de poutres. La largeur maximum qui pourrait être donnée au talon serait d'y pouvoir loger 9 barres horizontalement et 4 barres suivant la hauteur. Afin de restreindre la hauteur du talon et d'augmenter le bras de levier du couple élastique ou  $jd$ , on associe les barres en paquets. Pour assurer un béton compact dans toutes les parties du talon, on prévoit de chaque côté de l'âme des espaces libres appelés "rues de vibration" nécessaires pour l'introduction du vibreur.

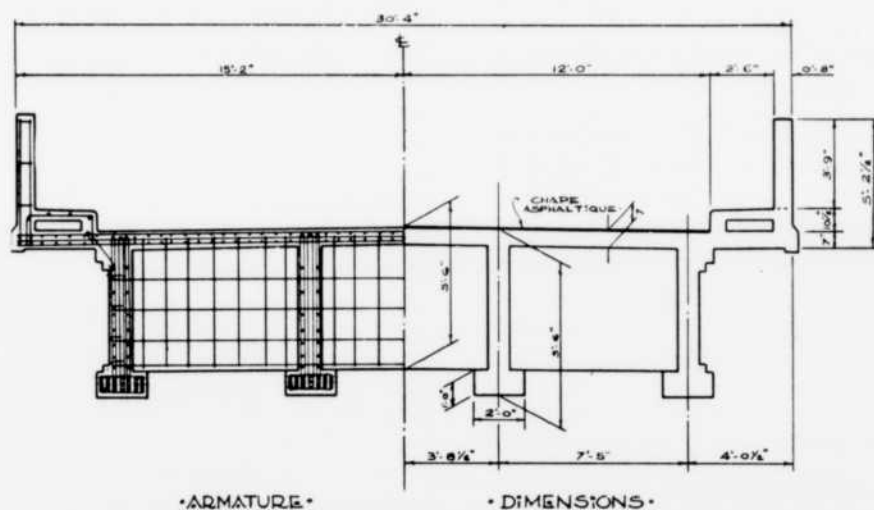
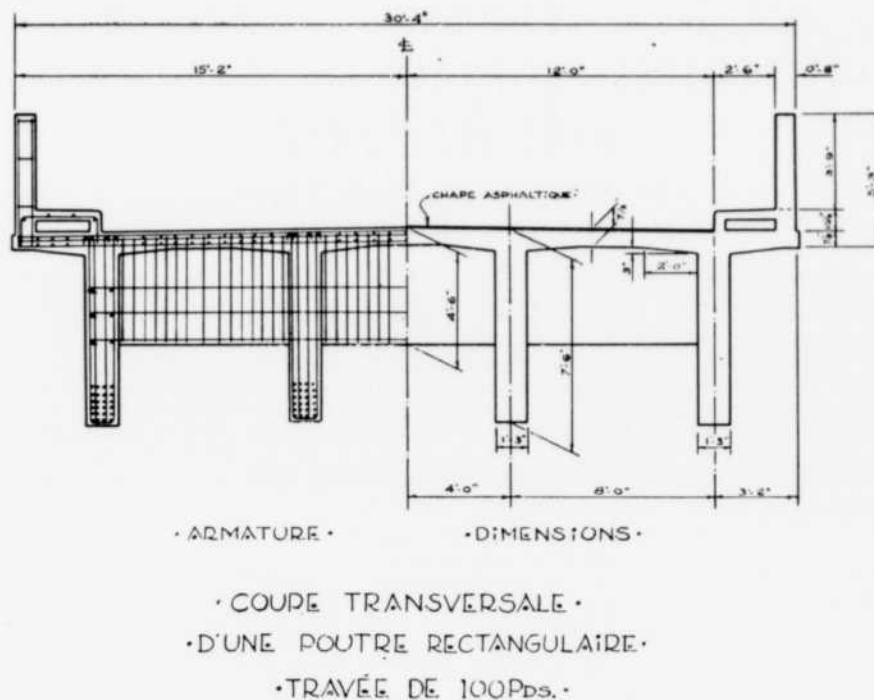


Fig. 1 — Coupe transversale d'une poutre profilée. Travée de 100 pieds.

Quel espacement donner aux poutres profilées pour construire un pont rigide et économique? Rappelons qu'il s'agit d'obtenir l'allègement maximum. D'après les travaux exécutés, l'espacement entre les poutres peut varier entre 7'-6" et 10'-0". Plus la portée s'allonge, plus grand est l'espacement.

Quelle profondeur donner aux poutres profilées? Cela dépend de la portée. Pour une poutre de 100 pieds, l'élançement de la tra-

vée est de 1/15 approximativement. Pour 120 pieds, 1/13.

Le problème de l'armature dans les poutres (Fig. 3) profilées se résume comme suit. Le talon comprend les barres principales ayant 1 1/2" de diamètre. A chaque barre principale inférieure se trouvant dans le prolongement de l'âme, on fixe un étrier vertical. Cet étrier est attaché à sa partie supérieure par une barre de 1 1/2" de diamètre également placée suivant l'axe neutre de la dalle. L'étrier

doit être de petit diamètre, de préférence 3/8". On emploie un étrier pour chaque rang de barre afin d'opposer une plus grande section d'acier au cisaillement. Dans le talon, les armatures principales sont entourées d'un cadre. Pour fins pratiques, on utilise un cadre pour chaque groupe d'étriers. En d'autres mots, le rapport des sections d'acier du cadre du talon à celles des étriers de l'âme doit être le même que le rapport des sections d'acier des armatures principales contenues dans la partie du talon excédant l'âme à celles de l'ensemble du talon. Aux parois des âmes, on ajoute des barres servant à prendre le retrait et le fluage. Ces barres doivent être de petit diamètre pour en utiliser le plus grand nombre possible et obtenir ainsi une meilleure adhérence.

Les entretoises doivent être rigides, (Fig. 3) en nombre suffisant pour assurer la solidarité effective des poutres, aussi légères que possible pour ne pas alourdir la travée. L'espacement recommandé varie de 3 à 5 fois la hauteur des poutres. Il augmente avec la portée. Il est préférable de donner aux entretoises des sections rectangulaires minces et hautes et de faire reposer leur face inférieure au sommet du talon des poutres. Leur épaisseur est conditionnée par l'effort tranchant. Les efforts sollicités dans les entretoises se calculent comme pour une poutre sur appuis élastiques. L'armature principale tant inférieure que supérieure peut consister en des barres de 3/4" à 1" de diamètre; les étriers verticaux, de 3/8" de préférence, peuvent être simples ou doubles selon le cas. Comme pour les poutres, des barres de retrait sont ajoutées aux parois de l'âme.

Dans les ponts à poutres grillagées, il y a de multiples dalles. Les aciers requis pour le moment de flexion maximum au centre



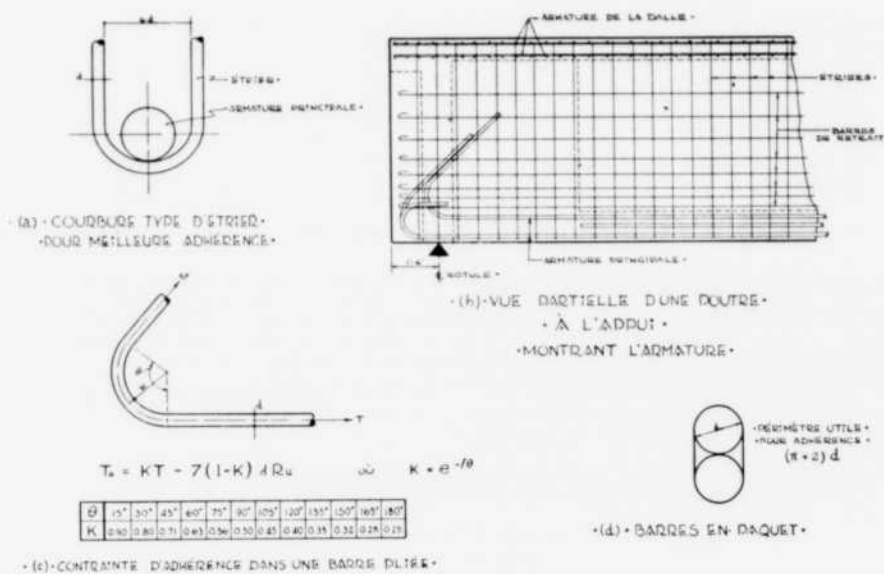


Fig. 5

sion. Dans les poutres continues à section variable (Fig. 4), le fluage semble être plus évident dans la région des piliers; en général, le béton a une tendance à s'ouvrir dans la zone de traction. Pour éviter cette action, des barres de diamètre moyen, 1" environ, sont ajoutées le long des parois; la longueur de ces barres doit être 2.5 fois la hauteur de la poutre à l'appui, et elles doivent être espacées à l'0", de centre en centre.

En béton armé, l'adhérence joue un rôle important. L'adhérence est constituée des forces de liaison qui s'opposent au glissement des armatures enrobées dans le béton. On augmente ces forces par l'emploi de barres crénelées. De toute apparence, il s'agit d'un phénomène de frottement. L'adhérence est plus forte si la barre est entourée en pleine masse; elle est plus faible pour une barre située au voisinage d'une paroi. Sa valeur augmente si la barre est couverte d'armatures transversales ou étriers. Pour s'assurer de cette valeur accrue de l'adhérence, les étriers doivent avoir un diamètre d'enroulement nettement supérieur au diamètre des aciers tendus, soit environ 6 fois le diamètre de l'étrier (Fig. 5a).

Pour diminuer la longueur de la poutre au delà de l'appui d'about, des crochets sont utilisés au lieu de barres droites parce qu'ils offrent un meilleur ancrage contre les forces de traction. L'adhérence dans un crochet est plus forte à raison de l'effet de courroie produit par la courbure de la barre. La formule suivante donne la valeur de l'effort le long d'une barre courbe enrobée dans du béton.

$$T_0 = KT - 7(1-K)dRu$$

$T_0$  = effort après la courbure de la barre

$T$  = effort avant la courbure de la barre

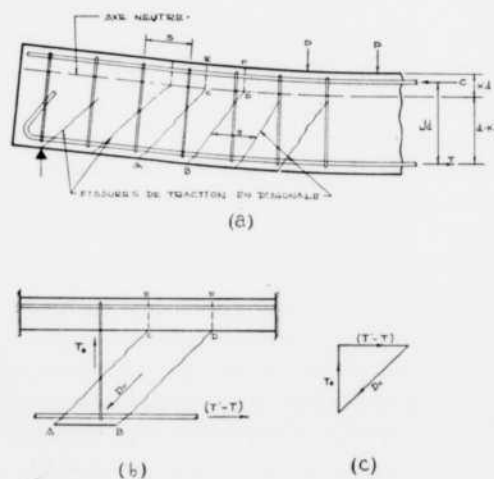


Fig. 6 — Action des étriers et de l'armature principale dans les poutres.

$K$  = coefficient de réduction, fonction de  $e - f \theta$

$f$  = coefficient de frottement

$\theta$  = angle de courbure de la barre

$d$  = diamètre de la barre

$R$  = rayon de courbure de la barre

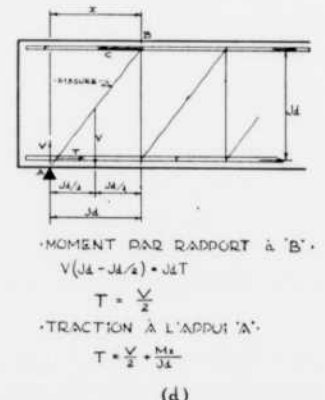
$u$  = taux d'adhérence.

Le tableau I donne les coefficients de réduction en fonction de l'angle de courbure de la barre.

TABLEAU I

$\theta$	K
15°	0.90
30°	0.80
45°	0.71
60°	0.63
75°	0.56
90°	0.50
105°	0.45
120°	0.40
135°	0.35
150°	0.32
165°	0.28
180°	0.25

La courbure des barres doit commencer après l'appui. Le diamètre intérieur de pliure sera au moins égal à un diamètre de barre. L'angle de pliure doit être supérieur à 90° pour que le retour de la barre soit ancré en pleine masse. L'angle de 120° semble le plus convenable. L'ancrage total



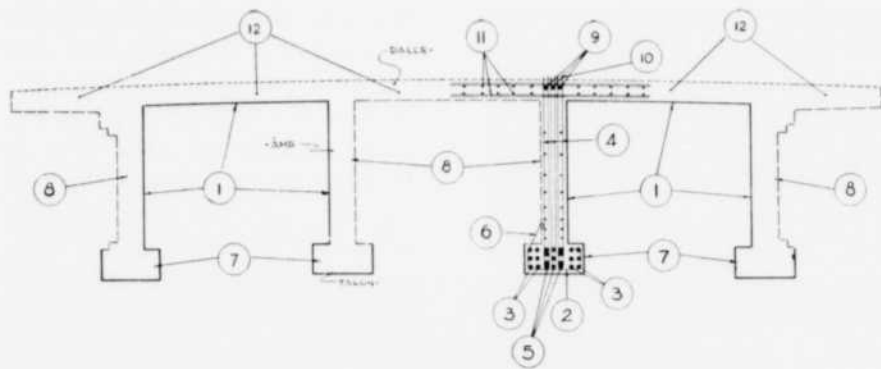


Fig. 7 — Diagramme montrant la séquence d'exécution d'une poutre profilée dans un pont.

du crochet sera assuré en prolongeant la barre, au delà de la plieuse, d'une longueur suffisante pour équilibrer la traction maximum admissible dans la barre. (Fig. 5b)

Ce genre d'ancrage introduit des contraintes de compression dans le béton à l'intérieur du crochet tandis qu'il n'existe aucune contrainte derrière la barre pliée et l'extrémité de la poutre. Pour éviter la fissuration derrière cet ancrage, des armatures spéciales sont requises dans la région de l'appui, et les barres de retrait jouent ici le rôle d'équilibre des contraintes dans le béton. Les crochets à 180°, quoique normalement de haute valeur, ne sont pas recommandés parce qu'ils n'intéressent qu'un faible volume de béton. Sous de grands efforts, ces crochets, au lieu de céder, font éclater le béton, surtout s'ils sont situés au voisinage d'une paroi.

Pour ce qui est des barres groupées en paquet (Fig. 5d), le calcul de surface soumise à l'effet d'adhérence est basé sur le périmètre circonscrit du groupe de barres. D'après des expériences récentes, faites par J.R. Robinson de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées de Paris, les contraintes maximum d'adhérence sont pratiquement les mêmes pour une barre isolée dans le béton que pour des barres en contact superposées par deux.

La plupart des fissures produites dans une poutre sont surtout dues à l'effort tranchant. La détermination des efforts de cisaillement et leur distribution demeure toujours un problème complexe. Apparemment, l'effort tranchant serait le glissement des plans adjacents les uns sur les autres (Fig. 6a).

Ainsi dans une poutre en béton armé non fissurée, les efforts se calculent suivant les lois de l'élasticité. Après fissuration du béton, il se produirait dans le béton une redistribution des efforts

internes qui, apparemment, augmenterait les efforts de traction dans la barre longitudinale. Cette poussée aurait tendance à briser le bloc ABCD à l'axe neutre ou autour des faces CE et DF (Fig. 6b, c).

Alors l'étrier, ancré dans la zone de compression, retiendra ce bloc limité par les fissures; il apparaît évident que l'accroissement de traction ( $T-T'$ ) dans la barre horizontale crée une compression en diagonale  $D$  dans le béton et une traction  $T$  dans l'étrier. Ainsi, sous l'effet de fissure de traction en diagonale, la compression qui existe dans le bloc ABCD se transforme suivant un effort de traction dans les barres horizontales. Cet équilibre de la poutre est assimilable à celui d'une poutre à treillis Howe dont les blocs de béton découpés par les fissures à 45° sont les diagonales comprimées et les étriers la tige en tension. Ceci est vrai près de l'appui; dans la région des moments de flexion maximum, l'équilibre de la poutre peut se comparer à une ferme Vierendeel. Ces fissures, qui peuvent être très fines,



Fig. 8 — Sur la rivière Riverin, Comté de Saguenay. Pont à poutres profilées comprenant 2 travées simples de 100 pieds.

sont indépendantes de la présence des ancrages, des barres d'acier longitudinales et de la présence des étriers verticaux. Après fissuration du béton, l'action des étriers est d'empêcher l'élargissement des fissures.

Pour une poutre simple, le moment fléchissant à l'appui est zéro. Après la redistribution des efforts internes due à la fissure, il existe à l'appui dans les barres longitudinales des forces de traction qui proviennent de l'effort tranchant et celles qui proviennent des moments de flexion à distance "X" de l'appui. Ce point joint le bas de la poutre suivant un plan à 45°. (Fig. 6d)

- Soit : — la réaction de l'appui égale à V;
- la réaction des étriers sur la fissure égale à V et appliquée à la distance  $jd/2$  de l'appui;
  - la réaction de la membrure supérieure qui agit en C
  - la traction des armatures T sur l'appui.

Prenant les moments par rapport à X, on obtient :

$$V(jd - jd/2) = jd T$$

$$\text{d'où } T = V/2$$

La traction totale des barres horizontales à l'appui est donc :

$$T = V/2 + \frac{Mx}{jd}$$

Ainsi, pour éliminer les fissures de traction à l'appui, il est nécessaire de prolonger plusieurs barres horizontales. Il convient de garder au complet le lit inférieur d'armatures ainsi que les deux armatures extrêmes de la nappe supérieure armant les angles des talons. C'est une raison pour laquelle il est préférable d'utiliser des étriers verticaux au lieu des barres relevées pour résister au cisaillement dans une poutre. Les barres relevées sont des barres enlevées à la partie inférieure de la poutre à l'appui, et ces barres sont nécessaires pour résister à la traction qui y existe. Ordinairement, les barres relevées ont un

gros diamètre; elles offrent moins de résistance à l'adhérence que plusieurs petites barres et provoquent mieux la fissuration. La largeur de la fissure croît avec le diamètre des barres et diminue de façon inversement proportionnelle au taux d'adhérence. Alors, il est recommandé d'utiliser des étriers verticaux de petit diamètre avec un espacement maximum égal à la demi hauteur de la poutre, même si le taux du cisaillement est nettement inférieur. Le grand nombre d'étriers assure une adhérence parfaite dans l'âme, éloignant ainsi le danger des fissures et augmente la valeur des barres horizontales.

Le procédé de construction des poutres profilées exige des méthodes spéciales. La figure 7 représente une coupe transversale des poutres.

La méthode d'exécution pour ce genre de pont est la suivante (Fig. 7) :

- 1 — L'exécution des coffrages montrés par les lignes pleines.
- 2 — Le posage des étriers du talon; cet étrier n'est pas entièrement plié pour permettre le passage des barres principales.
- 3 — Le posage des barres principales dans les extrémités du talon.
- 4 — Le posage des étriers dans l'âme.
- 5 — La descente des barres principales dans les étriers de l'âme.
- 6 — La fermeture de l'étrier du talon.
- 7 — Le bétonnage du talon.
- 8 — L'exécution des coffrages montrés par les lignes en tiret et le bétonnage de l'âme.
- 9 — Le posage des barres principales supérieures.



Fig. 9 — Pont sur la rivière Riverin, Comté de Saguenay. Vue du dessous de la travée montrant les poutres profilées et les entretoises.

10 — La fermeture des étriers de l'âme.

11 — La pose des barres de la dalle.

12 — Le bétonnage de la dalle.

La mise en place du béton doit se faire d'une façon continue et par couche uniforme d'un bout à l'autre de la poutre. La vibration du béton se fait selon les méthodes usuelles.

Pour les poutres continues, vu leur hauteur variable, la mise en place du béton dans les talons ne se fait pas séparément de l'âme. Après le posage complet de l'armature dans le talon et l'âme, les coffrages sont complétés, ensuite le bétonnage s'exécute. Pour assurer une infiltration totale du béton dans les talons, des ouvertures sont pratiquées en différents endroits sur la partie supérieure des talons pour introduire le vibreur.

La poutre profilée en béton armé, vu que toutes ses parties subissent des efforts, exige du béton de bonne qualité, de préférence 4,000 lbs par po. car. de résistance à la compression. Aujourd'hui, il est possible de fabriquer du bon béton, avec les méthodes de contrôle existantes, le choix des agrégats anguleux et durables et l'addition d'air occlus dans le béton. Quelle que soit la qualité du béton fabriqué dans les constructions en béton armé, la formation des fissures dans les parties tendues du béton est inévitable et ces fissures doivent être contrôlées par l'addition de barres d'acier de petit diamètre. D'une façon générale, lorsque des



Fig. 10 — Sur la rivière aux Rochers, Comté de Saguenay. Pont à poutres profilées d'une portée de 125 pieds. Au moment de sa construction, c'était la plus grande travée simple au monde.

aciers sont distribués où les efforts s'exercent, les propriétés du béton sont améliorées. Pour cond'armatures, et celles-ci doivent être disposées suivant plusieurs directions définies.

Peut-être un jour sera-t-il possible de fabriquer du béton à l'épreuve des fissures. Alors, la clure, aucun volume important de béton ne doit demeurer dépourvu construction en béton armé entrera dans une ère nouvelle.

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1 — BETEILLE, CHALOS, ROBINSON. "Cours de béton armé à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées de Paris".
- 2 — ROBINSON (J. R.). "La poutre en béton armé à talon et l'adhérence des barres groupées par deux au contact". — Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris, déc. 1956.
- 3 — MOODY (K. G.), VIEST (I. M.), ELSTNER (R. C.), HOGNESTAD (E.). "Shear Strength of Reinforced Concrete Beams". American Concrete Institute Journal, Déc. 54, Jan., Fév., Mars 55.
- 4 — NEVILLE (A. M.) "Theories of Creep in concrete". American Concrete Institute Journal, Sept. 55.
- 5 — WASHA (G. W.), FLUCK (P. G.) Plastic Flow (creep) of Reinforced Concrete Continuous Beams". American Concrete Institute Journal, Jan. 56.
- 6 — DUNHAM (C. W.) "Theory and Practice of Reinforced Concrete", McGraw Hill.



## LE WATTHEUREMÈTRE

par Fernand Marchand, Ing.P.

Surintendant de la division électrique, Service des Ateliers et du Transport, Hydro-Québec, Montréal

L'auteur est né à Montréal en 1915. Il fit ses études classiques au Collège André Grasset et obtint son baccalauréat ès-arts de l'Université de Montréal en 1935.

Diplômé en génie civil de l'École Polytechnique en 1940, il suivit ensuite le cours "Electrical Engineering" donné par la Canadian Westinghouse Company Limited alors qu'il était employé de cette compagnie. De 1943 à 1946, on le retrouve à la Westmount Tool Works à titre d'ingénieur. Puis il passe à l'Office de l'Électrification Rurale où il restera jusqu'en 1949, alors qu'il entre au Service des ateliers et du transport de l'Hydro-Québec comme ingénieur des compteurs. En avril 1957, il devient surintendant de la Division électrique du même service.

Membre de la Corporation des Ingénieurs Professionnels de la Province de Québec, de l'Association des Diplômés de l'École Polytechnique de Montréal, il est aussi membre de la Canadian Electrical Association.

Le besoin de mesurer paraît si essentiel et si évident que le profane en accomplit les rites couramment, avec une indifférence totale, et souvent dans l'oubli complet des problèmes qu'il a suscités. Depuis toujours, dans ses oeuvres non seulement artistiques ou scientifiques mais encore utilitaires, l'homme a dû "mesurer". Que ce soit pour l'entretien de sa vie, l'exécution de ses travaux ou la conquête de son univers, il doit constamment appliquer ses facultés sensorielles et intellectuelles à l'établissement de ce rapport qui s'appelle la "mesure". Ce rapport indique toujours combien de fois une quantité conventionnelle connue appelée unité est contenue dans la quantité réelle de même nature qu'on désire mesurer. La précision des unités peut varier à l'infini : depuis la pincée de sel de la ménagère jusqu'à l'angstroem du physicien ; mais toujours elles présentent un intérêt dimensionnel pratique dans un certain ordre d'activité.

Parmi les sphères où la "mesure" s'impose impérieusement, il y a l'échange commercial. L'énergie électrique, denrée relativement nouvelle, n'échappe pas à cette nécessité : pour en rendre

le commerce praticable il a fallu la mesurer. A cette fin, nous employons un appareil dont on peut dire qu'il est aussi inconnu que familier : le kilowattheuremètre (ou wattheuremètre), couramment désigné par l'expression populaire : le compteur électrique.

Il n'est pas sans intérêt de retracer l'évolution graduelle de cet instrument, en signalant quelques grands noms de son histoire.

### Historique

Quand Thomas Alva Edison eut réalisé son premier réseau de distribution d'électricité à New York en 1882, il vit très vite la nécessité de "mesurer" l'énergie vendue, afin d'exiger des usagers un prix rationnel. Il conçut à cette fin un compteur chimique à courant continu, dans lequel une électrode baignant dans une solution, augmentait de poids proportionnellement à la quantité d'électricité qui traversait la solution. Il suffisait alors à un releveur de compteur de peser l'électrode et de noter ses poids, pour permettre de calculer par différence une facture équitable. La mesure des effets chimiques cumulatifs constatés sur l'électrode, correspondait non seulement aux intensités

des courants utilisés, mais aussi à leurs durées. Autrement dit, l'appareil était en réalité un intégrateur d'ampère-heures : il rendait compte, non pas de l'énergie électrique consommée, mais de la quantité d'électricité livrée.

A cause de cette déficience, et aussi parce qu'il était très sensible aux variations de température, difficilement contrôlable par le consommateur et inutilisable en courant alternatif, le compteur chimique ne fut jamais qu'un pis-aller. D'ailleurs, même pour la mesure en courant continu, Edison lui-même avait ébauché un modèle de compteur à moteur électro-magnétique.

Mais les jours du système à courant continu étaient comptés. Nikola Tesla trouva presque tout de suite une façon pratique de distribuer l'électricité en courant alternatif, et George Westinghouse lança le transformateur inventé par Goulard et Gibbs ; on entrevoyait alors la transmission à haute tension sur de grandes distances : le sort du courant alternatif devenait assuré.

Toutefois, malgré sa supériorité, le courant alternatif n'était pas mesurable par le compteur chimique. C'est alors que Elihu

Thomson fit le premier pas décisif vers la solution du problème, en utilisant un petit moteur à deux enroulements, dont l'un subissait la tension du circuit, et l'autre était traversé par le courant du circuit. La vitesse de ce moteur dépendait donc à tout instant de la puissance du circuit, et l'énergie consommée correspondait au nombre de tours accomplis par le moteur dans la période considérée. Un compte-tours muni d'une minuterie d'accumulation permit d'enregistrer ce nombre de tours. C'était le premier intégrateur d'énergie : mais à vrai dire, ses indications étaient bien plus exactes en courant continu qu'en alternatif.

Mais les recherches allaient bon train. En Amérique, cinq ans après, on se libéra d'un des enroulements du moteur. En effet, après que l'italien Ferraris eut fait tourner un disque de métal dans un champ tournant triphasé, Blathey trouva le moyen d'obtenir le même effet en courant monophasé. Son procédé comportait toutefois une imperfection dans le décalage des flux magnétiques qui faussait l'indication.

Ce fut Scheefer qui apporta une première correction à ce défaut, suivi bientôt par Schallenger, à qui revient le mérite d'avoir réalisé le premier véritable wattheuremètre, qui rendit compte de l'énergie réelle consommée, sous n'importe quelle valeur de facteur de puissance. L'indication du compteur électrique devenait enfin :

Energie réelle (wattheures) =  $E \times I \times \cos \theta \times t$  où  $E$  est la tension en volts,  $I$  le courant en ampères,  $\cos \theta$  le facteur de puissance en valeur naturelle, et  $t$  la durée en heures.

Telles furent les étapes vers le compteur électrique moderne.



Fig. 1 — Un wattheuremètre moderne

### Description et fonctionnement

Dans la photo déployée de la Fig. 2 on distingue les parties constituantes de tout wattheuremètre. De droite à gauche on a :

- 1 — le boîtier en aluminium (non magnétique) dont la forme a été normalisée. Un couvercle de verre le complète tel qu'en Fig. 1.
- 2 — l'électro-aimant;
- 3 — le bâti secondaire servant de support de montage pour les parties vitales. Une précision rigoureuse est ici requise pour plusieurs dimensions;
- 4 — l'équipage, comprenant le disque tournant et son arbre vertical;

5 — l'aimant permanent amortisseur;

6 — la minuterie;

7 — la plaque signalétique indiquant capacité, caractéristiques, constantes, etc.

Ouvrons ici une parenthèse pour examiner la quantité que nous nous proposons de mesurer : l'énergie électrique, en essayant surtout de bien distinguer l'énergie de la puissance. Si en effet les profanes confondent souvent kilowattheures et kilowatts, il sied aux techniciens et aux ingénieurs de faire les distinctions qui s'imposent.

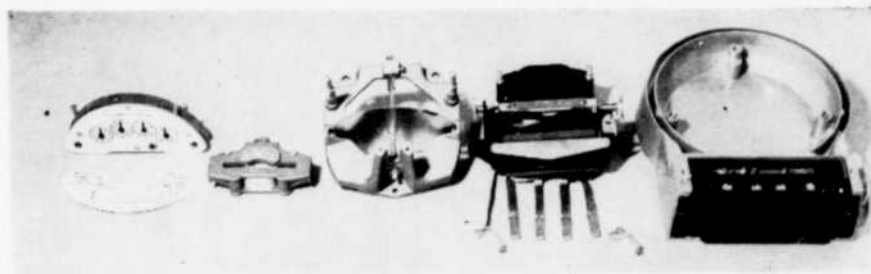


Fig. 2 — Parties principales d'un wattheuremètre typique

La puissance est souvent définie comme un taux de travail, ou encore l'intensité à laquelle l'énergie est consommée. La puissance implique donc l'idée de temps unitaire; en électricité, elle s'exprime en watts et kilowatts selon la formule

$$\text{puissance } P = EI \cos \theta$$

L'énergie consommée implique l'idée de durée; en électricité, elle s'exprime en wattheures et kilowattheures selon la formule

$$\text{énergie } W = EI \cos \theta \times t$$

On voit donc que l'énergie totale consommée dans une certaine période, dépend non seulement des intensités ou puissances qui ont marqué cette période, mais encore de la durée de chacune de ces intensités. Ce sera donc le double devoir du wattheuremètre de régler sa vitesse de rotation, à chaque instant, selon la puissance de cet instant, et d'enregistrer ou intégrer la consommation d'énergie, en cumulant le nombre de tours correspondant au facteur "durée". Ainsi il indiquera :

$$\text{énergie réelle } W = \text{Puissance réelle} \times \text{durée.}$$

Comment obtiendrons-nous un mouvement dont l'allure à tout instant sera proportionnelle à la puissance? C'était précisément le

problème des pionniers: voyons avec quelle ingéniosité ils l'ont résolu.

Le wattheuremètre est en substance un véritable moteur. Comme tel, nous devons y retrouver un champ et un induit. C'est le champ magnétique en effet qui, par son action sur les courants du rotor, produit la torque et le mouvement. Dans le wattheuremètre à induction, le stator est un électro-aimant et le rotor un simple disque conducteur.

C'est l'électro-aimant qui contient l'âme du wattheuremètre. Sa forme et son action sont complexes mais si définitives et si nécessaires, que tous les fabricants y ont recours. On remarquera en Fig. 3 la similitude de quelques spécimens de marques différentes, avec celui de la Fig. 2.

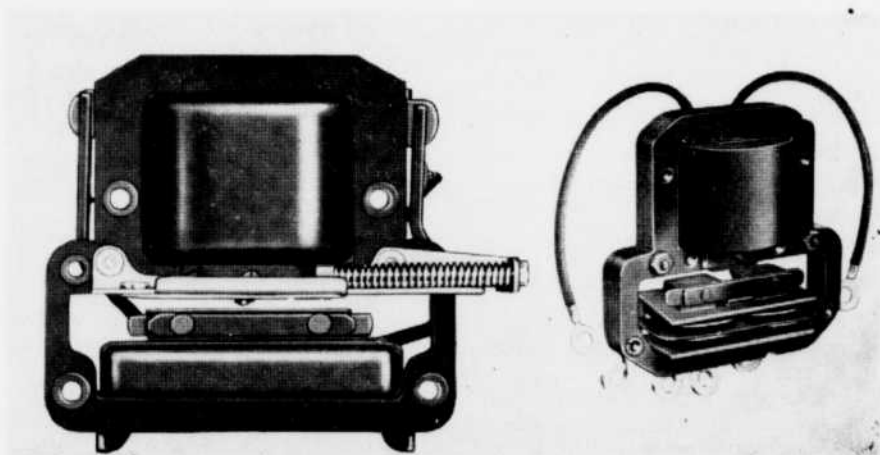


Fig. 3 — Deux électro-aimants modernes de marques différentes

Dans cet électro-aimant, on trouve invariablement deux enroulements sur un noyau multipolaire.

La forme étrange et complexe du noyau est loin d'être le fruit du hasard: il assure, par sa géométrie, la localisation correcte et des champs magnétiques et des courants induits dans le disque, afin que leur interaction soit favorisée.

Les deux enroulements sont remarquablement différents. L'un d'eux, appelé bobine de tension, possède beaucoup de réactance inductive à cause de son grand nombre de tours, et il est branché sur la tension d'alimentation du circuit. L'autre, appelé bobine d'intensité, a peu de tours et est traversé par le courant de la charge mesurée par le compteur. Cet arrangement décale de près de 90 degrés électriques les flux magnétiques des deux enroulements, de sorte que l'un est maximum quand l'autre passe par la valeur zéro et vice versa, à condition que le facteur de puissance de la charge soit 100 pour cent. Or on sait que les courants de Foucault induits dans le disque seront à leur maximum au moment où leur flux inducteur passera par zéro.

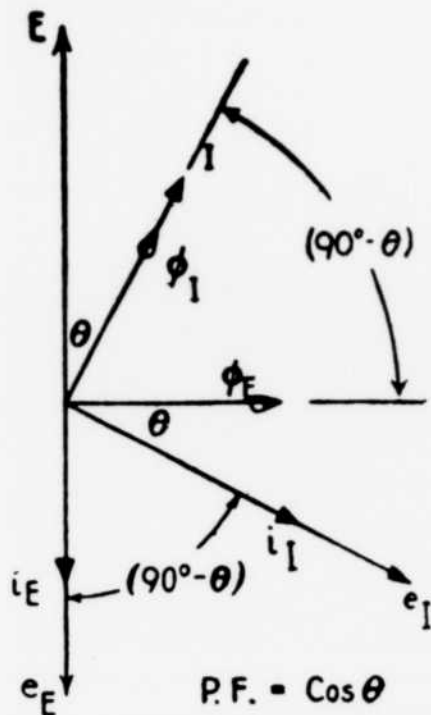


Fig. 4 — Diagramme vectoriel électromagnétique pour un wattheuremètre idéal à décalage parfait de 90 degrés électriques

$E$  = tension d'alimentation.

$I$  = courant d'une charge quelconque.

$\theta$  = angle de décalage de la charge.

$\phi I$  = flux magnétique dû à la bobine d'intensité.

$\phi E$  = flux magnétique dû à la bobine de tension.

$iI$  = courant induit dans le disque par  $\phi I$ .

$iE$  = courant induit dans le disque par  $\phi E$ .

Nous aurons donc courant induit maximum au moment où l'autre flux sera maximum, donc réaction maximum et torque maximum, à facteur de puissance unité.

Le décalage parfait de 90 degrés entre les flux a été rendu possible par Schallenberger, grâce à son élément de décalage supplémentaire, qui assure en même temps la proportionnalité à n'importe quel facteur de puissance.

Il faut bien remarquer que la torque produite vient de l'interaction de champs et de courants qui relèvent respectivement de la tension et du courant du circuit : elle est donc fonction de la puissance du circuit. (Fig. 4).

Le rotor de notre petit moteur est des plus simples : c'est un disque d'aluminium horizontal traversé en son centre par un arbre vertical. Les extrémités de l'arbre reposent sur des paliers à basse friction. L'extrémité inférieure portant tout le poids de l'équipage, est munie d'un saphir qui, par l'intermédiaire d'une bille d'acier, transmet le poids à un autre saphir disposé dans le palier inférieur. Malgré la légèreté du disque, les pressions exercées aux points de contact bille-saphir sont énormes.

La minuterie est un agencement d'engrenages servant simplement à compter et indiquer le nombre de tours accomplis par le disque.

En fait, comme ce nombre de tours serait sans intérêt, l'énergie correspondante est indiquée à sa place en kilowattheures. Notons en passant la donnée  $Kh$  qui apparaît sur la plaque signalétique de tout compteur : elle s'appelle la constante du compteur et indique la quantité d'énergie nécessaire pour causer un tour du disque. Ainsi  $Kh = 2$  signifie qu'il faut 2 wattheures pour faire tourner le disque d'un tour. Cette constante résulte du choix du fabricant, et fixe la vitesse du compteur pour une charge donnée.

Enfin, pourquoi des aimants permanents amortisseurs ? Pour empêcher l'accélération ! On sait,

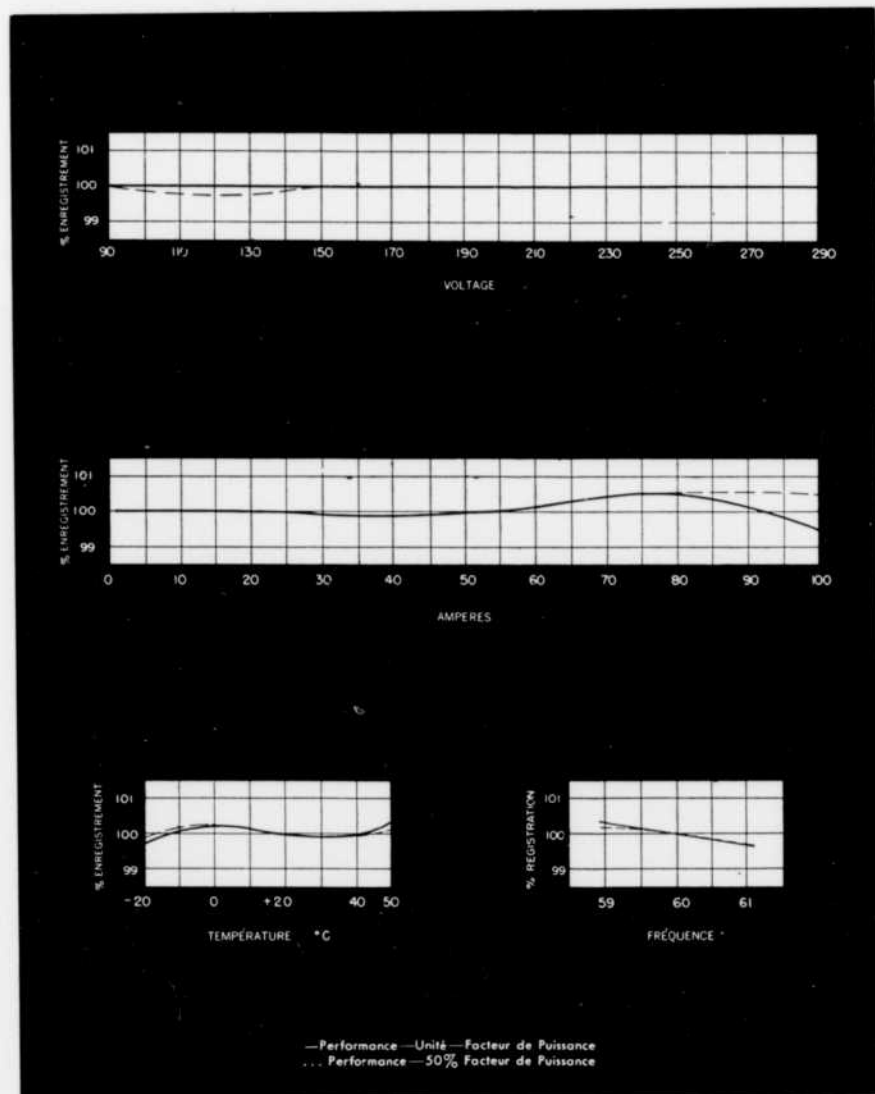


Fig. 5 — Quelques courbes de performance d'un wattheuremètre de modèle très récent



**Fig. 6 — Scellage par cachet de cire fondue. Laboratoire de l'Inspection Fédérale au Centre de Service de l'Hydro-Québec**

en effet, qu'une force de grandeur et de sens constants, produit une accélération. Théoriquement donc, pour une charge constante, le disque du wattheuremètre tournerait de plus en plus vite, ce qui serait évidemment indésirable, voire inacceptable. Il fallait donc un freinage qui augmentât avec la vitesse, de façon à empêcher le disque de s'emballer en le contraignant à une vitesse stable pour une charge donnée. L'aimant permanent, grâce aux courants de Foucault qui augmentent avec la vitesse, répond admirablement à ce besoin, sans friction, ni usure, ni problèmes mécaniques.

Le problème de la mesure d'énergie en courant alternatif a donc été résolu. Le phénomène électro-magnétique réel est cependant plus complexe que nous l'avons montré; de même, les facteurs qui influent sur la torque du compteur sont autrement plus nombreux. Aussi, pour arriver à

une précision assez poussée, pour conserver cette précision sous toutes sortes de conditions de voltage, de température, de fréquence et de débits, pour découvrir et corriger les altérations des caractéristiques électriques et magnétiques dans diverses conditions, la



**Fig. 7 — Un réparateur de compteurs électriques à l'oeuvre**

science et l'industrie ont opéré des prodiges. Quelques courbes de performance en Fig. 5 attestent des résultats admirables obtenus à date.

### Législation

Pour des motifs qui me demeurent obscurs, le wattheuremètre ne jouit pas auprès du public de la confiance qu'il mérite. Il est vrai que son rôle est ingrat puisqu'on le désigne souvent comme la "caisse enregistreuse" du fournisseur d'électricité. Quoiqu'il en soit, il ne serait peut-être pas inutile de signaler les mesures légales qui régissent son utilisation, et les précautions qui entourent sa bonne tenue.

Les articles suivants sont tirés de la "Loi de l'Inspection de l'Électricité 1928". L'existence même de cette loi n'est pas connue du plus grand nombre et devrait être de nature à rassurer bien des inquiétudes. Pour l'édification des lecteurs curieux et courageux, je cite :



Fig. 8 — Vérification et étalonnage par stroboscope : tableau à position unique

Art. 3 (1) — "L'unité de fourniture d'énergie électrique est le kilowattheure..."

Art. 8 (1) — Si le fournisseur ou l'abonné désire se servir d'un compteur pour établir le compte du service d'électricité, chaque compteur employé pour cette fin, avant d'être mis en service, doit être vérifié par un inspecteur en conformité des dispositions de la présente loi et de tout règlement...

(Note : ces règlements accordent une marge d'erreur de 2% seulement, en plus ou en moins. Tout compteur présenté, dont l'erreur excède cette marge, est rejeté avec dépens, c'est-à-dire à charge pour le propriétaire du compteur de payer de nouveau l'honoraire lors de la revérification).

Art. 9. — N'est admis à la vérification au Canada nul compteur dont le type n'a pas été agréé par le Conseil National des Recherches.

Art. 10. — Dans les 6 années ou dans telles périodes plus courtes que peut déterminer le gouverneur en son conseil, à compter de chaque vérification et chaque

scellage ou timbrage, tout compteur doit être présenté par le propriétaire pour être vérifié et scellé ou timbré de nouveau...

Art. 12. — Personne, sauf le propriétaire, ne doit briser les scellés d'un compteur vérifié dont l'exactitude est contestée...

Art. 17. — Si à quelque moment le fournisseur ou l'abonné est mécontent de l'état ou de l'enregistrement de l'un de ses compteurs, l'inspecteur doit, à la demande de l'une ou l'autre partie, et sur le dépôt de l'honoraire prescrit, procéder aux épreuves nécessaires pour établir l'état de ce ou ces compteurs. Les épreuves faites dans ces circonstances sont appelées "épreuves de compteurs en contestation".

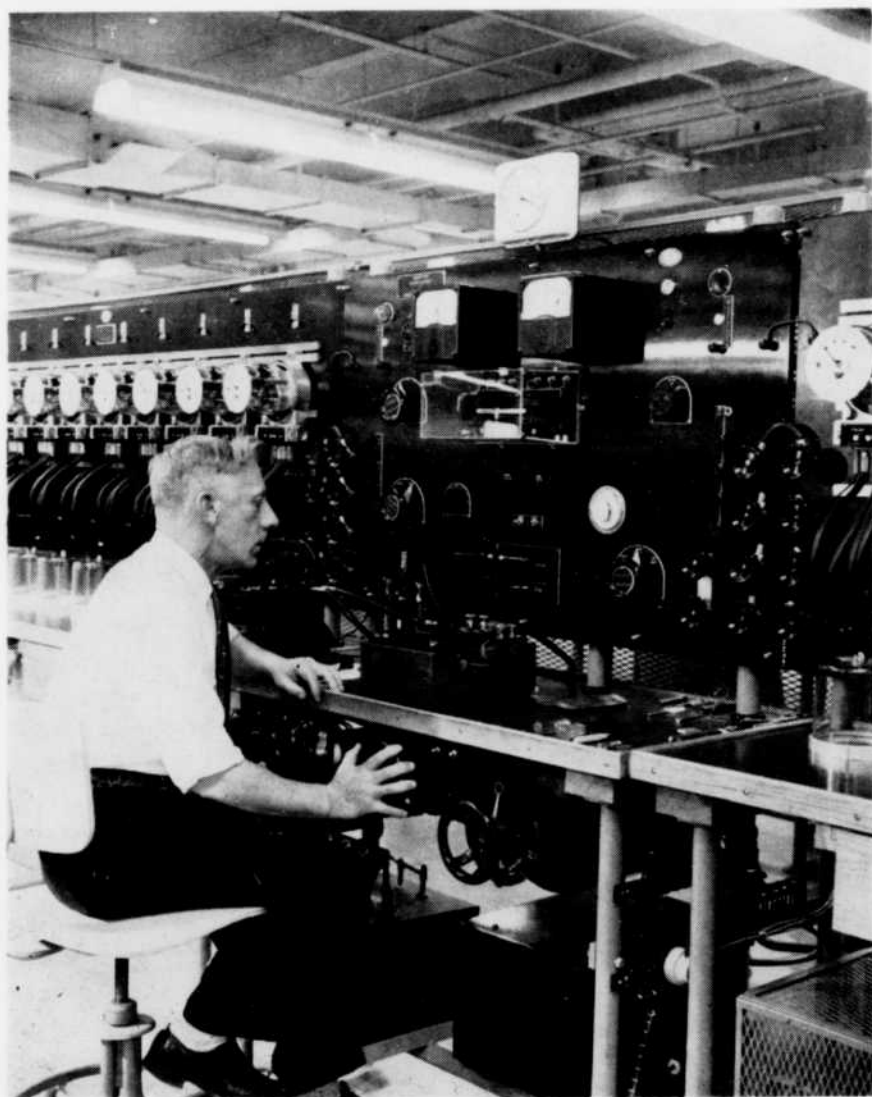


Fig. 9 — Essai et étalonnage en groupe

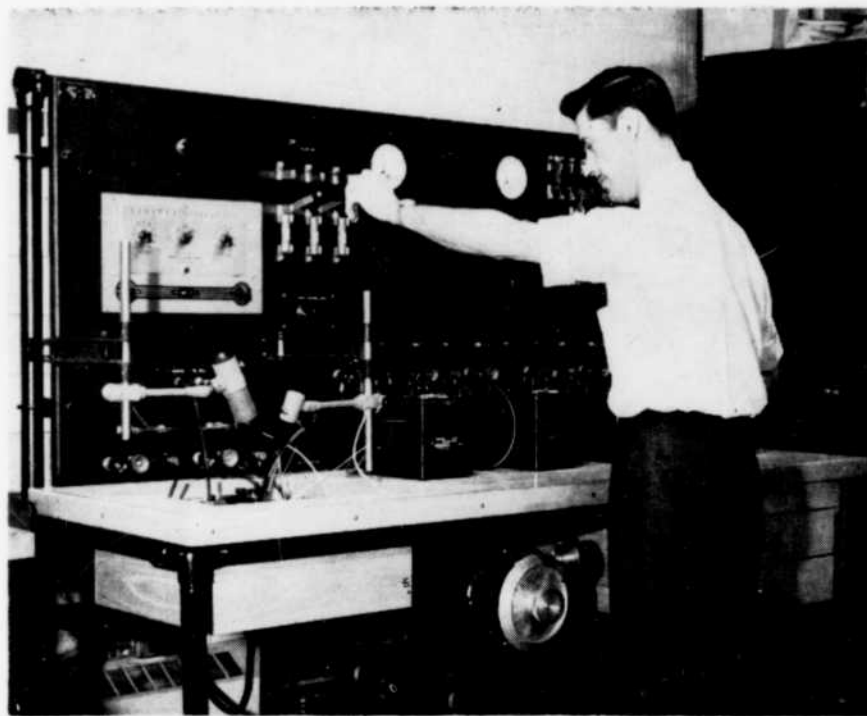


Fig. 10 — Poste de vérification de compteurs étalons.

En rapport avec l'article 10 précité, plusieurs croient que l'Hydro-Québec y échappe à titre de propriété de l'État. Rien n'est plus faux ! L'Hydro-Québec a aménagé en son Centre de Service, adjacent au parc Jarry, un laboratoire de vérification à l'usage exclusif des inspecteurs du gouvernement fédéral (Fig. 6). Dans ce laboratoire, plus de 100,000 compteurs électriques sont éprouvés et scellés chaque année.

Au nombre des 100,000 compteurs annuellement "inspectés" par le gouvernement fédéral, environ 75,000 sont des appareils rappelés du réseau à l'expiration de la période de leur sceau, selon les dispositions de l'article 10 de la loi.

Chacun de ces compteurs, avant même de pouvoir être présenté pour inspection et nouveau scellé, doit subir une révision

complète dont voici les principales étapes.

Levée du scellé : chaque compteur portant un numéro matricule, le gouvernement fédéral peut ainsi se rendre compte qu'il a effectivement été retiré du réseau.

Destruction du cachet de cire.

Nettoyage externe et fumigation au besoin : il arrive en effet très souvent que nos abonnés, au nom de l'esthétique, recouvrent tout ou partie de nos compteurs de peintures aux couleurs variées, voire de papier-tenture !

Démontage.

Nettoyage interne.

Remontage avec remplacements de pièces nécessaires et réglages préliminaires (Fig. 7).

Vérification et Etalonnage (Figs 8 & 9).

C'est au cours de ce dernier stage qu'il faut conférer à l'in-

strument la précision minima exigée par les règlements.

Pour procéder à ce travail les préposés ont à leur disposition des appareillages et instruments modernes, tels que compte-tours électroniques automatiques, régulateurs de tension électroniques, vérificateurs visuels instantanés à stroboscope, rétablisseurs de charge à 0.25% de précision, etc... Et surtout, à ne pas oublier, les wattheuremètres étalons !

C'est en effet par comparaison avec un étalon gradué en centièmes de tour que le degré d'erreur d'un wattheuremètre est établi. Ces étalons, en usage constant, sont vérifiés périodiquement, à l'aide d'un étalon de laboratoire (Fig. 10). Ce dernier, à son tour, est comparé, au besoin, à notre étalon de référence conservé soigneusement à cette seule fin. Enfin, cet étalon de référence est soumis de temps à autre à une vérification authentiquée par le service compétent des laboratoires du Conseil National des Recherches à Ottawa.

Cette remarque rassurante est, je crois, toute indiquée pour clore cet article. Je l'ai voulu documentaire pour le lecteur qui a droit de savoir, non seulement à titre d'homme de science, mais également en sa qualité de consommateur d'énergie électrique et de contribuable.

J'ai pensé opportun aussi de faire de cet exposé une espèce d'apologie pour un instrument qui a indiscutablement contribué à l'expansion de l'industrie électrique. Grâce à lui, l'harmonie et la justice peuvent régner dans le commerce de cette denrée merveilleuse, devenue mesurable : l'énergie électrique.



# L'ULTRA-PURIFICATION DES MÉTAUX PAR LA MÉTHODE DE LA ZONE FONDUE

par Rémi Tougas, M.Sc.A., B.Sc.A., B.A., Ing.P.

Département de Métallurgie, École Polytechnique de Montréal

Né à Iberville, P.Q., l'auteur fit ses études au Séminaire de St-Jean à St-Jean, P.Q. où il obtint son baccalauréat ès arts en 1951. Il suivit le cours d'ingénieur à l'École Polytechnique de Montréal où il obtint ses diplômes en 1956. Détenteur d'une bourse de l'International Nickel Company pour l'année 1956-57, il poursuivit des études en génie métallurgique à l'École Polytechnique où il obtint, en mai 1957, son diplôme de M.Sc.A. en génie métallurgique. Il est attaché au département de métallurgie de l'École Polytechnique depuis mai dernier.

## Importance de l'ultra-purification en recherches scientifiques et en technologie

L'obtention de métaux à l'état pur s'avère aujourd'hui essentielle à la recherche et à la technologie moderne, tant en chimie nucléaire et en métallurgie qu'en électronique.

La méthode physique de purification dite de la "zone fondue" (zone melting) a permis d'obtenir des éléments à un degré de pureté inconnu auparavant. Décrite pour la première fois par Pfann (1) en 1952, la méthode de purification par fusion zonale n'est en fait qu'une adaptation simple, mais géniale, du procédé de purification séculaire par cristallisations fractionnées répétées. Son application la plus spectaculaire est sans contredit la purification des semi-conducteurs, qui est d'ailleurs à l'origine de son développement. Elle a permis d'obtenir du germanium, qui est l'élément essentiel du transistor, dans lequel la teneur en impuretés descend à moins d'une partie pour  $10^{10}$  parties de germanium<sup>(2)</sup>!

## Principe de la méthode

La ségrégation cause parfois de graves inconvénients en fonderie. Lorsqu'on coule un alliage de composition  $\gamma$  (Fig. 1), on sait que le premier métal à solidifier aura la composition  $x$ . Le refroidissement du moule ne se faisant évidemment pas à l'équilibre, la pièce totalement solidifiée n'aura pas une composition uniforme égale à  $\gamma$ . Il y aura eu ségrégation du soluté, le premier métal solidifié contenant moins de soluté que la portion de la pièce qui a été la dernière à cristalliser.

La ségrégation, ennuyeuse en fonderie, est le phénomène qui rend possible la purification des métaux par la méthode de la zone fondue. Amenons à la fusion une faible longueur d'un barreau métallique allongé (Fig. 2). Si  $C_0$  (Fig. 1) est la concentration initiale en soluté dans le lingot, il est évident alors que le métal en fusion de la zone, si on suppose une composition uniforme dans la zone, ne sera plus en équilibre avec le solide environnant, mais seulement avec un solide de composition  $x$  qui aura tendance à se former si un refroidissement suffisant survient.

Mettons maintenant en mouvement la zone fondue. Au départ, à la partie avant fond du solide de composition  $C_0$ , tandis que derrière elle, se dépose du solide dont la concentration en soluté est  $kC_0$ . Le rapport de la concentration en soluté dans la phase solide à celle dans la phase liquide, à l'équilibre,  $DE/DF$ , est appelé "coefficient de partage"  $k$ . En d'autres termes, le solide qui se dépose en arrière de la zone est en équilibre avec le liquide de la zone. Si, comme dans le cas présent, le coefficient  $k$  est plus petit que l'unité,  $kC_0$  est plus petit que  $C_0$ , et il y a donc enrichissement du liquide en soluté.

A mesure que la zone fondue progresse le long du barreau, le liquide continue à s'enrichir en soluté, et le solide cristallisé derrière la zone devient lui aussi graduellement plus riche en soluté jusqu'à ce que la zone fondue atteigne la composition  $C_0/k$ . A ce moment-là, les quantités de  $B$  gagnées et perdues par la zone sont égales et le solide cristallisant derrière la zone fondue a la même composition que celui fondant en avant. Cet équilibre persiste jusque dans la portion finale du

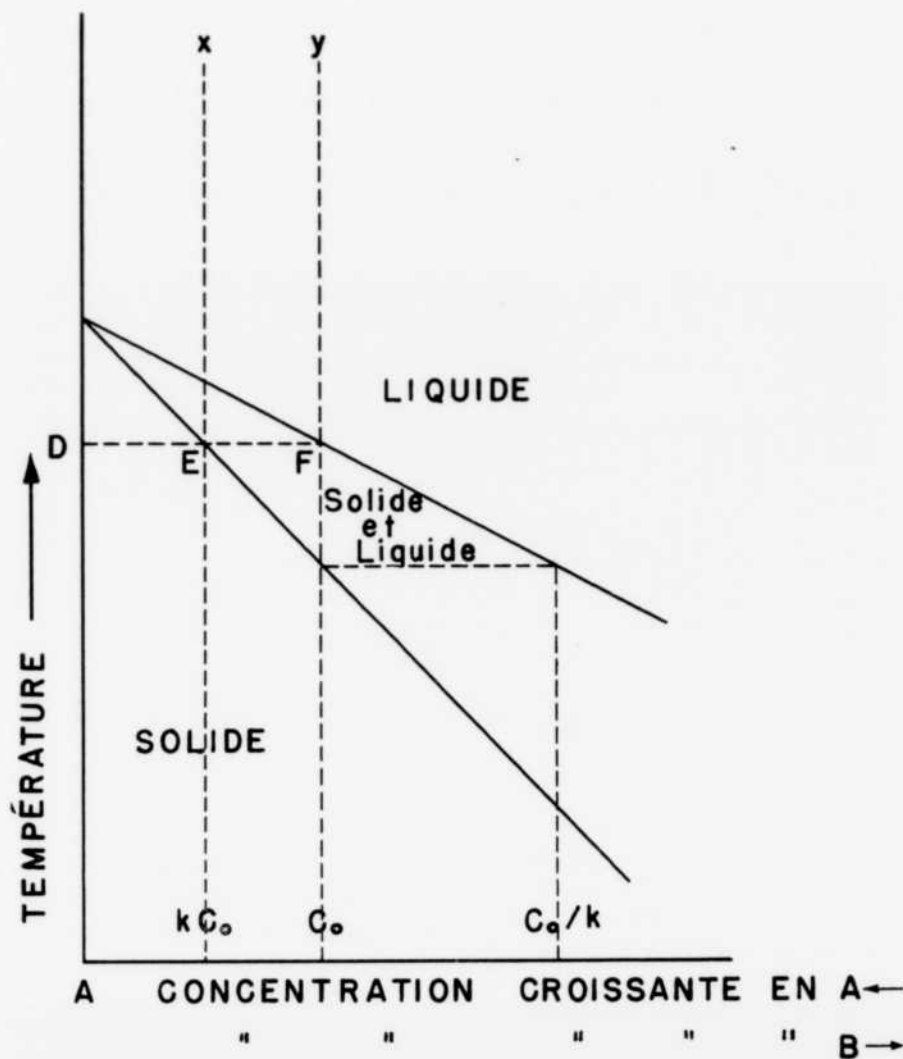


Fig. 1 — Portion d'un diagramme d'équilibre d'un système A-B, B étant un soluté abaissant le point de fusion A.

barreau qui se solidifie alors elle-même suivant la loi de solidification normale.

Ainsi, tel qu'illustré dans la Fig. 3, après le passage d'une zone fondue dans une charge de section uniforme, on a donc, si  $k < 1$  :

- Une région initiale de transition, où la concentration en soluté augmente avec la distance;
- Au centre, une région de composition uniforme, qui peut avoir n'importe quelle longueur;
- Une région terminale de longueur égale à la longueur de la zone, dans laquelle a lieu la solidification normale.

#### Analyse mathématique

Pfann (1) donne une loi permettant de calculer la concentration en soluté à n'importe quel point le long d'un barreau purifié par un seul passage d'une zone fondue (sauf dans la dernière longueur de zone). L'application de

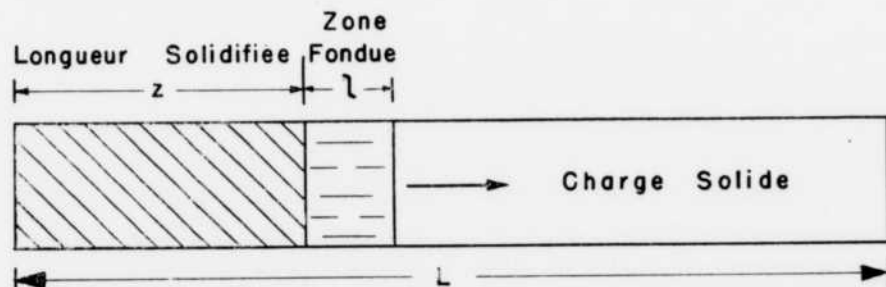


Fig. 2 — Schéma d'une zone fondue traversant un barreau allongé.

la formule de Pfann est restreinte car l'intérêt de la méthode de la zone fondue réside dans le fait qu'on peut faire traverser un grand nombre de fois la zone fondue dans un lingot lorsqu'il s'agit d'obtenir une purification poussée du métal. Chaque zone, en traversant le barreau, draine une partie du soluté et le dépose à la fin du barreau. On obtient ainsi dans la portion de départ un métal de plus en plus pur. (si  $k < 1$ ).

Il devient alors très intéressant et essentiel de connaître les répartitions de soluté le long d'un lingot après un, deux, trois passages ou plus, de la zone fondue le long de ce lingot de composition initiale uniforme, et aussi de pouvoir prévoir la répartition limite du soluté après un nombre très grand de passages. Plusieurs méthodes de calcul ont été proposées pour la détermination des profils de concentration après un nombre quelconque de passages dans un barreau. Notons en particulier les dérivations de Burris et al. (3), de Birman (4) et de Braun et Marshall (5). Elles donnent toutes des résultats sensiblement identiques et sont basées sur les hypothèses simplificatrices suivantes :

- La composition est uniforme dans le liquide, i.e. la diffusion dans le liquide est complète et immédiate;
- La diffusion dans le solide est négligeable;
- Le coefficient de partage  $k$  est constant;

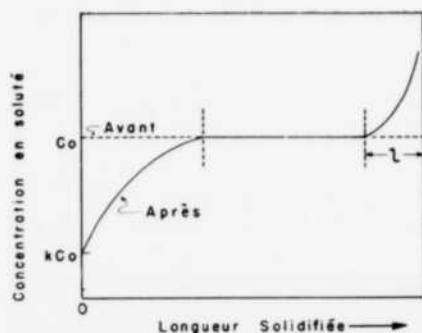


Fig. 3 — Concentration approximative avant et après un passage d'une zone fondue dans une charge de section et de composition uniformes ( $k < 1$ ). La zone fondue se déplace de gauche à droite.

- d) La longueur de la zone demeure constante, sauf à la fin;
- e) La solubilité du soluté dans le liquide n'est dépassée en aucun moment.

A titre d'exemple, nous reportons, sur les Figs 4 et 5, deux groupes de profils de concentration typiques de la purification par la méthode de la zone fondue d'un barreau métallique allongé. A la Fig. 4, le coefficient de partage  $k$  est plus petit que l'unité, tandis qu'à la figure 5, il est plus grand que un. Ces courbes nous ont été gracieusement fournies par Argonne National Laboratory. (6)

### Principaux facteurs influençant la purification par la méthode de la zone fondue

Le coefficient de partage  $k$ , le rapport  $R = \text{longueur de la zone fondue} / \text{longueur totale de l'échantillon}$ , et la vitesse de déplacement de la zone fondue ont tous trois des effets bien définis sur la purification par fusion zonale :

#### a) Coefficient de partage $k$ :

Comme il a été expliqué précédemment, on voit que lorsque  $k$  est plus petit que l'unité, les atomes de soluté sont drainés dans

la dernière partie du lingot à être traversée par la zone. Quand  $k$  est plus grand que 1, le soluté s'accumule dans la portion de tête du lingot. De plus, l'étude mathématique du procédé démontre que, quelle que soit la valeur de  $k$ , le "balayage" des atomes de soluté par la zone fondue d'une ou de l'autre des extrémités du barreau, est d'autant plus complet que la valeur de  $k$  est plus éloignée de l'unité. En d'autres termes, pour  $k < 1$ , plus la valeur de  $k$  sera petite, plus la purification sera effective, toutes choses étant égales par ailleurs.

#### b) Rapport $R = \text{longueur de la zone fondue} / \text{longueur totale du barreau}$ :

Plus la valeur du rapport  $R$  est grande, plus le déplacement du soluté dans le barreau est considérable, et moindre est le nombre de passages requis pour atteindre la distribution limite. Cependant, même si la distribution limite est obtenue après un nombre moindre de passages avec une zone relativement longue, la purification limite obtenue avec une zone plus courte sera plus poussée.

#### c) Vitesse de déplacement de la zone fondue.

Le taux de déplacement de la zone fondue le long du barreau a une très grande influence sur l'efficacité des opérations de purification par fusion zonale. Le taux doit être assez faible, afin de permettre une homogénéisation aussi complète que possible dans la zone, mais pas trop faible, afin d'éviter une réhomogénéisation du lingot par diffusion dans le solide. On détermine expérimentalement le taux correspondant à l'efficacité maximum.

Ainsi pour l'aluminium, il est de 0.5 cm. heure (7).

### Remarques

Seul l'aspect raffinement de la méthode de la zone fondue a été

considéré dans le présent développement. Il ne faudrait cependant pas oublier d'autres applications très importantes du procédé, telles que l'obtention de monocristaux et l'homogénéisation d'alliages. En anglais, cette dernière opération est appelée "zone leveling" par opposition à l'opération de purification qu'on appelle "zone refining".

Nous avons exposé le principe de la méthode de la zone fondue en faisant appel à un diagramme d'équilibre simple. Toutefois, les mêmes principes s'appliquent aux diagrammes plus complexes comprenant par exemple eutectique ou réaction péritectique.

Si plusieurs solutés existent simultanément dans le métal de base (solvant), chacun d'eux se comporte comme s'il était seul, i.e. suivant la valeur de  $k$  qui lui correspond. Si  $k > 1$ , l'impureté se

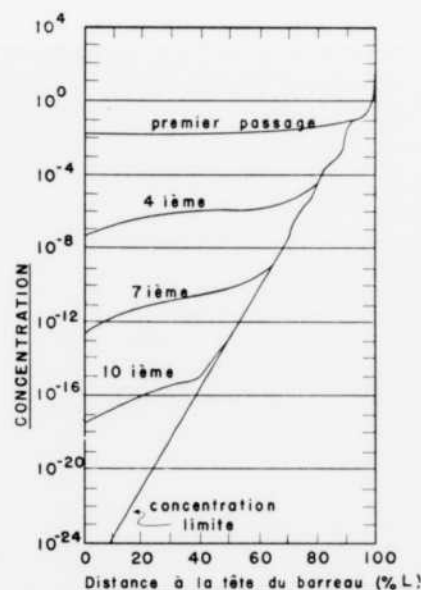


Fig. 4 — Variation théorique de la concentration en soluté dans un barreau purifié par la méthode de la fusion zonale. La zone fondue se déplace de gauche à droite.

Longueur totale du barreau (L) : 1.00  
 Longueur de la zone fondue : 0.10 L  
 Coefficient de partage ( $k$ ) : 0.01  
 Concentration initiale : 1.00

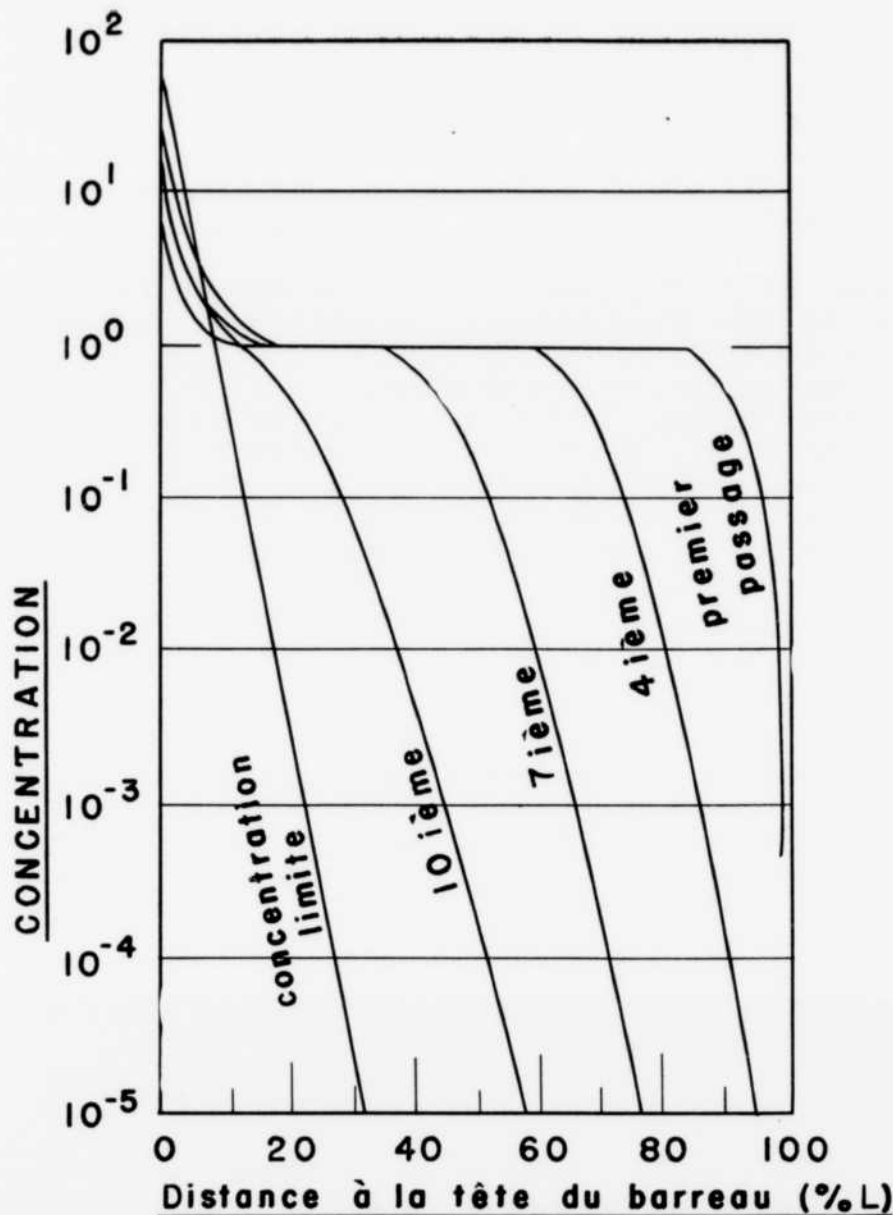


Fig. 5 — Variation théorique de la concentration en soluté dans un barreau purifié par la méthode de la fusion zonale.

La zone fondue se déplace de gauche à droite.

Longueur totale du barreau (L) : 1.00  
 Longueur de la zone fondue : 0.10 L  
 Coefficient de partage (k) : 5.0  
 Concentration initiale : 1.00

concentre en tête du lingot, et si  $k < 1$ , à l'autre extrémité.

La méthode de la zone fondue se révèle en pratique une excellente méthode de purification ultime des métaux. Son efficacité de raffinage est remarquable, comme il sera possible de le constater quand nous discuterons de l'affinage ultime de l'aluminium par fusion zonale dans un prochain numéro.

#### BIBLIOGRAPHIE

- (1). W. G. Piann, "Principles of Zone-Melting", *Journal of Metals*, Vol. 8, July 1952, p. 747.
- (2). W. G. Piann and K. M. Olsen, "Zone-Melting", *Bell Laboratories Record*, Vol. 33, 1955, p. 201.
- (3). Leslie Burris, Jr., C. H. Stockman, and I. G. Dillon, "Contribution to the Mathematics of Zone Melting", U.S. Atomic Energy Commission Publ. ANL-5294, July 7, 1954, p. 22.
- (4). Joseph L. Birman, "On Zone Refining", *Journal of Applied Physics*, vol. 26, Oct. 1955, p. 1195.
- (5). I. Braun and S. Marshall, "On the Mathematical Theory of Zone-Melting", *British Journal of Applied Physics*, vol. 8, April 1957, p. 157.
- (6). Leslie Burris jr., Communication personnelle, Argonne National Laboratory, Lemont, Ill.
- (7). F. Montariol, R. Reich, P. Albert et G. Chaudron, "Sur l'application de la méthode de la zone fondue pour obtenir une purification très poussée de l'aluminium", C.R., t. 238, 15 fév. 1954, p. 815.

# HISTORIQUE DES PONTS-ROUTES

## *dans la Province de Québec*

par Louis-Philippe Gravel, Ing.P.

Service des Ponts, Ministère des Travaux Publics de la Province de Québec

### DEUXIÈME PARTIE

La première moitié de cet article a paru dans la livraison d'été 1957 de l'Ingénieur, No 170

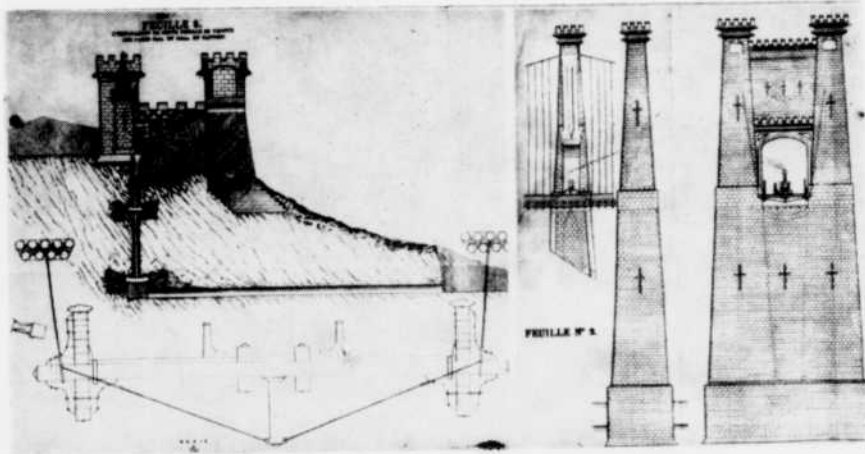
Dans la première partie de notre historique nous avons mentionné que, dès 1852, un projet de pont suspendu entre Québec et la rive sud avait été préparé par un ingénieur anglais. Ce projet comportait une travée centrale de 1610 pieds et prévoyait à la fois une voie carrossable et une voie ferrée; il faut dire qu'à cette époque les locomotives ne pesaient pas plus que les camions d'aujourd'hui. En 1884 un projet différent, genre cantilever, fut présenté par l'ingénieur A.-L. Light, alors célèbre comme ingénieur conseil pour la construction du pont sur le Firth of Forth, en Ecosse, terminé quelques années plus tard. Mais à Québec on ne pouvait s'entendre sur l'endroit à choisir pour le pont projeté; au moins quatre sites différents étaient proposés, dont l'un passait par l'île d'Orléans. Plusieurs ingénieurs furent consultés, notamment le célèbre Eiffel, et finalement on opta pour le site actuel du pont de Québec.

En 1887, un groupe d'hommes d'affaires de Québec formèrent la compagnie Quebec Bridge, avec capitalisation d'un million de dollars, mais ne purent réunir les capitaux suffisants. Ce n'est qu'à la

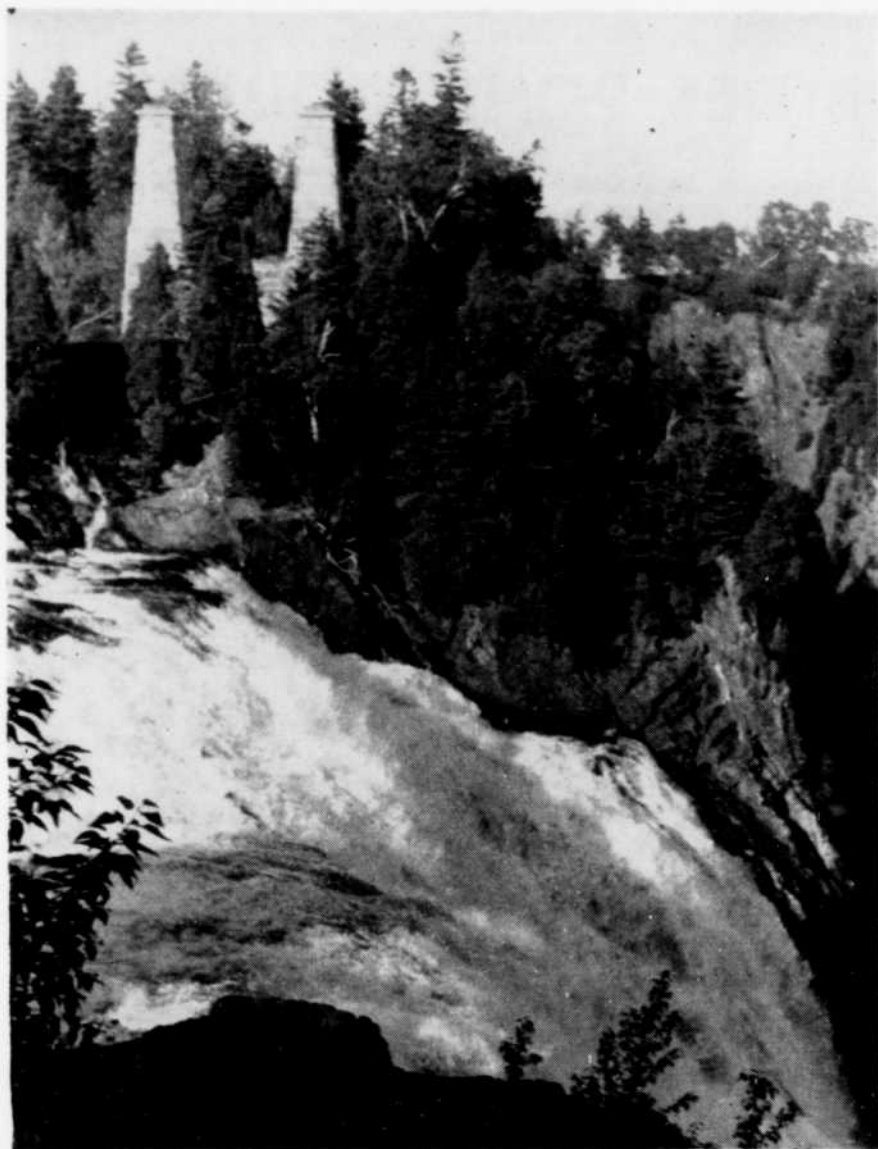
fin du siècle, lors de la construction du chemin de fer Transcontinental, que le gouvernement fédéral s'intéressa au projet et fournit la majeure partie du capital nécessaire. Il fut convenu que le pont projeté servirait à la fois aux trains, aux tramways et aux voitures. Toute l'entreprise à l'exception de la sous-structure, fut confiée à une compagnie d'acier américaine; celle-ci devait préparer les plans, puis fournir et poser l'acier. Et l'ingénieur T. Cooper, de New-York, alors considéré comme la meilleure autorité en ponts de chemins de fer, accepta

d'agir comme ingénieur conseil pour la Quebec Bridge. Malheureusement, Cooper était alors âgé, malade, et ne pouvait se rendre à Québec une seule fois pour surveiller les travaux.

Aussitôt les plans généraux terminés, Cooper les approuva entièrement, et la construction commença en 1905. Mais lorsque, plusieurs mois plus tard, les plans de détail furent complétés, Cooper s'aperçut que la charge morte du pont avait été sous-estimée d'au moins seize millions de livres, et que par conséquent il ne restait pratiquement plus de marge de



Détails du premier projet pour le pont de Québec, préparé par Sir E. W. Serrell, en 1852, à la requête du Conseil de Ville de Québec.



Site du pont suspendu construit en 1856 au-dessus de la chute Montmorency.

sécurité. Les travaux étant passablement avancés, Cooper fut pris dans un dilemme : condamner ce qu'il avait déjà approuvé et perdre sa réputation, ou bien prendre le risque que le pont tienne malgré tout. Il décida de jouer le tout pour le tout et, la chance aidant, voir son nom associé au plus grand pont du monde lorsque celui-ci serait inauguré par le prince de Galles, en 1908, à l'occasion des fêtes du tricentenaire de Québec. Par malheur il ne s'était pas rendu compte qu'on avait commis d'autres erreurs dans la préparation des plans et que le projet n'était pas du tout réalisable. Au mois d'août 1907 la partie sud du pont était presque

terminée, lorsque les principales membrures en compression se mirent à fléchir. Les travaux furent suspendus, et l'ingénieur en charge du chantier se rendit immédiatement à New-York pour conférer avec Cooper. Durant son absence le premier contremaître se leva un beau matin avec l'impression que la nuit lui avait porté conseil et que l'on pouvait continuer les travaux sans crainte; et, ce qui est encore plus inouï, c'est qu'il réussit à convaincre ses adjoints. Les travaux furent repris et, la journée même, 75 ouvriers étaient ensevelis sous 15,000 tonnes d'acier. Cette épreuve fut particulièrement cruelle pour le village de Caughnawaga qui y perdit 35 hommes.

Dès l'année suivante le gouvernement fédéral décida de se charger seul de la reconstruction du pont. Cette fois la préparation des plans et la surveillance des travaux furent confiées à un conseil de cinq ingénieurs dont le principal membre fut Ralph Modjeski, un Polonais qui avait émigré aux Etats-Unis après avoir fait son cours à l'Ecole des Ponts et Chaussées de Paris. De nombreux projets furent préparés par cette commission, puis d'autres soumis



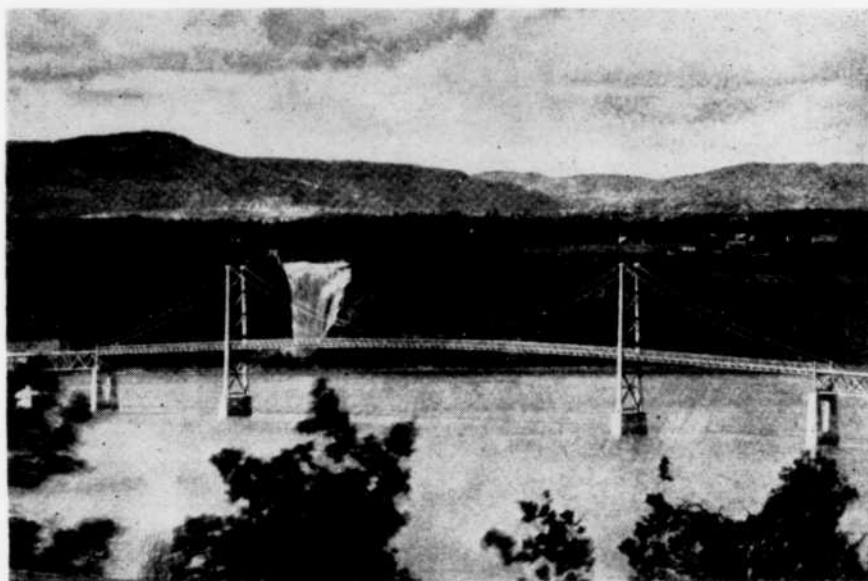
Pylônes du pont suspendu construit en 1856 au-dessus de la chute Montmorency.

par des compagnies d'acier, dont l'une d'Allemagne; il y eut même un projet assez original présenté par un ingénieur de Russie. Finalement on choisit un des projets présentés par la Dominion Bridge conjointement avec la Canadian Bridge, et on leur accorda le contrat pour la superstructure. Dans ce projet on avait éliminé la voie carrossable, ce qui diminuait le coût du pont lui-même, et surtout des approches où il fallait excaver profondément dans le roc. À cette époque on ne pouvait prévoir qu'une dizaine d'années après l'inauguration du pont il faudrait rajouter cette voie, et l'on pouvait encore moins s'imaginer que ce pont deviendrait plus important comme pont-route que comme pont-rail. Sans compter les nombreux avant-projets, les plans définitifs à eux seuls comprennent 3,000 feuilles. Avant de commencer les travaux on procéda à des milliers d'essais sur les matériaux à employer, notamment l'acier au nickel pour environ le quart du poids total. Malgré toutes les précautions, un défaut caché dans un coussinet de support fut la cause de l'accident survenu lors de la pose de la travée suspendue. Enfin le pont fut terminé en 1917, et il ne restait qu'à l'entretenir; l'item peinture à lui seul est assez impressionnant, puisqu'il en faut 6,000 gallons pour chaque couche appliquée.

On a déjà prétendu que la catastrophe du premier pont de Québec est la pire de toute l'histoire des ponts. À ce sujet nous ferons remarquer que la construction du pont du Forth en Ecosse, du même genre que celui de Québec, et qui s'est effectuée normalement il y a 70 ans, a tout de même coûté la vie à 55 hommes au moins. Et si nous remontons plus loin, nous apprenons que pour le premier pont de Londres, sans qu'il y ait eu de catastrophe, 250 ouvriers y ont péri. Aujourd'hui on considère qu'il y a quel-



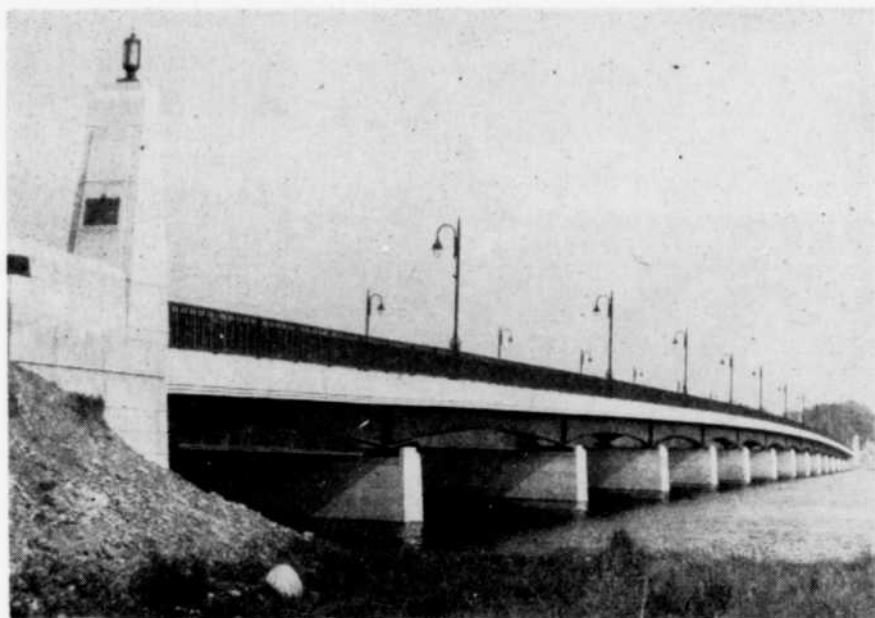
**Grand Métis (1929). Arches de 100 pieds.**



**Travée suspendue du pont de l'île d'Orléans (1935).**



**Pont de l'île d'Orléans (1935), et de la rivière Montmorency (1953) à l'avant-plan.**



Ste-Rose, Rivière des Mille-Iles (1946).

que chose d'anormal si, pour chaque million de dollars qu'un pont coûte, il y a plus qu'un accident mortel.

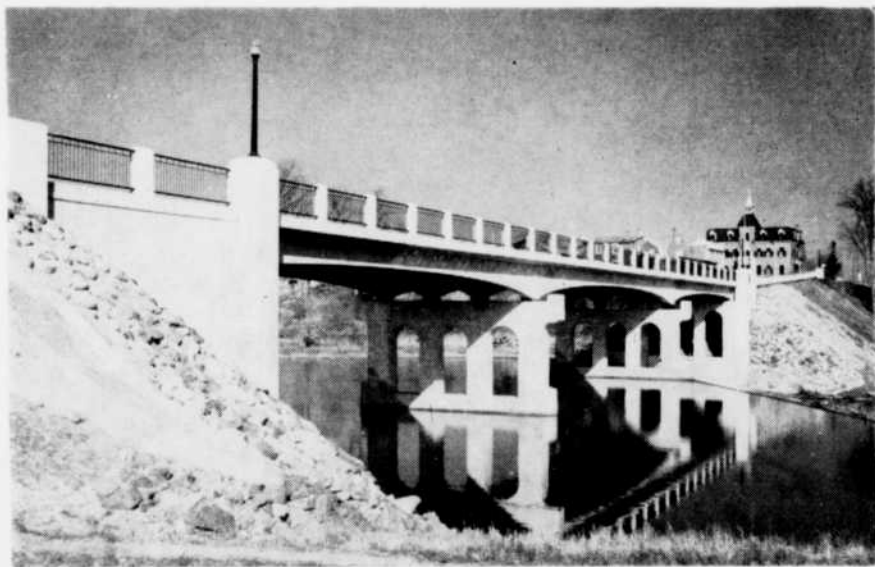
L'inauguration du pont de Québec coïncide à peu près avec l'introduction du béton armé pour nos ponts; d'abord pour les planchers et comme enrobement pour les poutres en acier laminé, puis pour les ponts en arche. Les dimensions maxima des poutres en acier laminé que l'on fabriquait alors ne permettaient pas des travées de plus de 37 pieds pour des poutres simples; au-delà, il fallait avoir recours aux poutres à treillis, beaucoup plus dispendieuses. L'arche en béton armé semblait présenter des possibilités illimitées, d'autant plus que la main-d'oeuvre était alors peu dispendieuse. Et, en plus d'encourager la main-d'oeuvre locale, l'arche présentait un certain attrait romantique, suscité par les vieux ponts en pierre de l'imagerie populaire sur les calendriers et les cartes de Noël! L'enthousiasme devint tel qu'on décida de couronner la chute Montmorency d'un pont en arche. La tentative d'ériger le "pont de l'avenir" à cet endroit ayant échoué avec le pont suspendu de 1856, ce serait l'arche en béton qui aurait cet

honneur. Le ministère des Travaux Publics organisa un grand concours et invita tous les ingénieurs de la pratique privée à présenter des projets; ce sont les ingénieurs associés Monsarrat et Pratley qui gagnèrent le premier prix avec un projet magnifique. Mais une polémique s'ensuivit dans les journaux sur l'opportunité de placer un pont au-dessus de la chute, et de véritables thèses sur ce problème d'esthétique furent présentées. Finalement une difficulté d'expropriation régla la question; cette fois ce fut le pro-

jet lui-même qui tomba à l'eau.

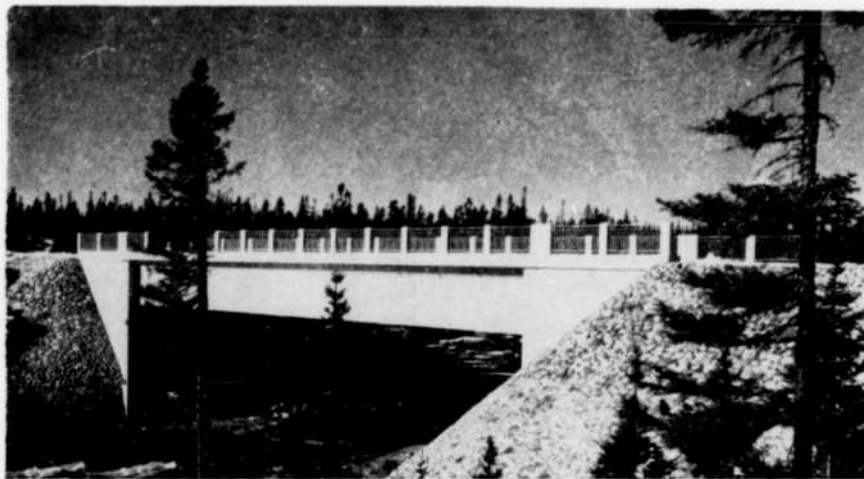
Durant la décade 1920-30, qui a connu cet engouement pour les ponts en arche, l'acier demeurait tout de même le matériau employé pour les grandes travées, surtout lorsque les fondations exigeaient des pilotis. Ce fut le cas, par exemple, pour le pont de Batiscan, construit en 1921. De plus nous avons ici un cas typique de pont dont la partie visible n'en est pas la plus importante, puisqu'à cet endroit la sous-structure a coûté trois fois plus que la superstructure. Des experts en fondations avaient déclaré que le site choisi pour ce pont devait être abandonné, tellement le sous-sol avait peu de consistance; en effet, des pilots de 90 pieds de long n'arrivaient pas à donner une résistance suffisante. On y parvint toutefois en clouant quatre colombages tout le long de chacun des pilots, de manière à en augmenter le périmètre. Pour donner une idée de la quantité de bois enfouie à cet endroit, disons que la longueur totale des pilots mis en oeuvre équivaut à une distance de dix milles.

Depuis le début du siècle aucune décade ne s'est passée sans qu'au moins un de nos ponts établisse un nouveau record mondial. Durant la décade qui nous



St-Roch-L'Achigan (1953). Poutres continues en béton armé : 83 pieds — 100 pieds — 83 pieds.

occupe présentement, ainsi que pour la suivante, ce sont deux ponts suspendus qui furent ainsi en vedette. Il faut faire ici une distinction entre deux catégories de ponts suspendus : ceux dont les câbles sont à fils parallèles, fabriqués sur place par poulies fileuses suivant un procédé inventé par Roebling, et ceux à câbles toronnés, dont les fils sont enroulés en hélice alternativement dans un sens et dans l'autre. Ces torons sont fabriqués à l'usine, et soumis à une tension de plus de la moitié de leur charge de rupture, afin d'éliminer le jeu entre les fils et l'allongement qui s'en suivrait une fois les torons posés. Les câbles à fils parallèles ne sont économiques que pour des portées d'au moins 1500 pieds, et sont surtout employés aux Etats-Unis. Pour des portées moindres, les Américains ont généralement recours à l'arc métallique ou aux systèmes à treillis, tandis qu'en France on utilise plutôt les câbles toronnés. C'est ce dernier système qui a été employé, en 1929, pour le pont de Grand'Mère, avec une portée de 948 pieds, alors la plus longue au monde pour ce genre de structure. En 1935 ce record fut dépassé au pont de l'île d'Orléans, dont la travée principale a 1059 pieds. Les ingénieurs-conseils Monsarrat et Pratley, auteurs des



Shelter Bay, Rivière aux Rochers (1955). Travée de 125 pieds avec poutres à semelles.

plans pour la partie suspendue de ce dernier pont, préparèrent également les plans pour un autre pont suspendu du même genre, construit à Vancouver en 1939, mais cette fois avec une portée de 1550 pieds.

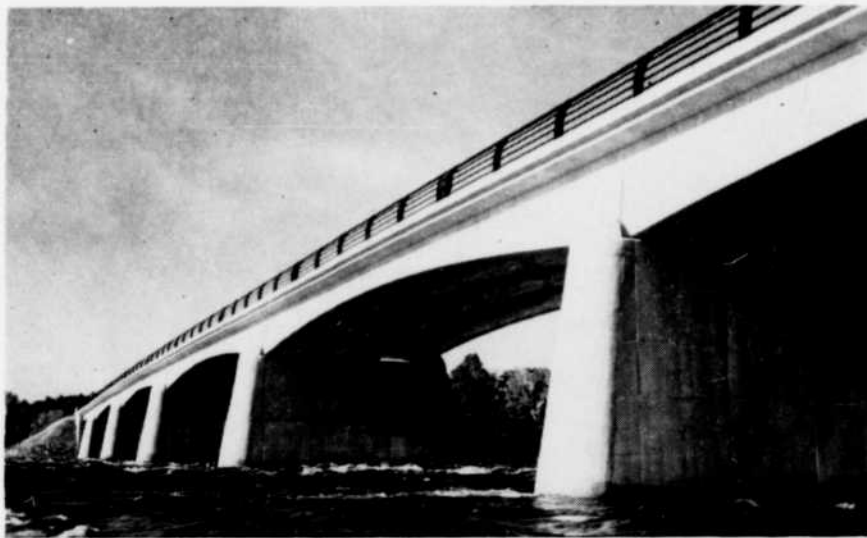
En 1936, pour la première fois au Canada, on employa la soudure au lieu de rivets dans la superstructure d'un pont. C'est à La Pérade qu'eut lieu cette innovation, sur un pont de 644 pieds en six travées, avec poutres pleines et continues. On sait que la soudure permet une économie appréciable de l'acier du fait que les sections des pièces ne sont pas diminuées par les trous pour les rivets. Le procédé a été fort dis-

cuté à la suite de nombreux accidents à l'étranger et du cas fortuit de Trois-Rivières, mais nous lui devons tout de même des réalisations remarquables, notamment à Ste-Rose et à St-Eustache, sur la rivière des Mille-Iles. Le pont de Ste-Rose, construit en 1946, a 1548 pieds de long, avec travées variant de 90 à 126 pieds, et joints de dilatation aux culées seulement; et nous ne croyons pas que, même à l'étranger, cette longueur ait encore été dépassée, pour des poutres continues entièrement soudées. Le pont de St-Eustache, construit deux ans plus tard, a pratiquement la même longueur que le précédent, mais comporte des travées beaucoup plus longues, à savoir 120 et 160 pieds. Dans ce dernier cas on n'a cependant pas employé la soudure pour les assemblages sur le chantier, et c'est d'ailleurs ainsi que l'on procède aujourd'hui.

La portée maximum des travées à poutres pleines a plus que quadruplé depuis 25 ans, et nous croirions assister à une course dans laquelle le béton suit l'acier de près, sans jamais pouvoir le dépasser. Le principal handicap du béton armé étant la charge morte inutile, on est parvenu à la diminuer sensiblement en adoptant une solution d'origine française, les poutres dites "à semelles". La section de ces poutres n'est plus



Beaupré, Rivière Ste-Anne (1956). Travée de 100 pieds avec poutres à semelles.



Ile aux Allumettes, Rivière Outaouais (1956).

rectangulaire mais en forme de T renversé, la partie médiane ayant tout juste la largeur nécessaire pour résister au cisaillement, tandis que la partie inférieure, la semelle, est plus large afin d'éloigner de l'axe neutre l'armature en tension. Plusieurs ponts ont déjà été construits avec des poutres de ce genre; celui de Châteauguay, entre autres, comporte une travée centrale de 146 pieds.

Dans une classe à part, et qui ne comprend qu'un spécimen unique, se trouve le pont en arche d'Arvida, entièrement en aluminium, et dont la portée est de 290 pieds. Bien que l'emploi de l'aluminium pour ce pont avait un but publicitaire, le fait que la charge morte s'en trouve réduite de moitié peut présenter une solution pour certains cas particuliers.

Depuis une quinzaine d'années le gouvernement a dû fréquemment assumer l'entretien des ponts, les municipalités n'ayant pas rempli leur obligation à cette charge. Si l'on sait que la longueur totale des ponts dans la province, sans compter les pontceaux de moins de 15 pieds, est égale à la distance de Québec à Montréal, on aura une idée de ce qu'il y a à faire comme entretien. Chaque année environ 1000 ponts doivent être réparés, soit élargis ou reconstruits au complet. Et,

depuis quelque temps, l'entretien proprement dit ne s'est pas limité au peignage de l'acier, mais s'est étendu au nettoyage des surfaces du béton. Autrefois on ne prévoyait aucun entretien pour le béton, du fait qu'il n'y avait pas de joints à tirer ou de peinture à appliquer; depuis on s'est rendu compte que l'apparence naturellement terne du béton devient affreuse lorsqu'il est taché de suie, par exemple. Les ponts étant généralement des constructions en évidence, il importe de soigner leur apparence.

Dans ce court historique, nous avons dû nous limiter à certains aspects particuliers à notre province, et passer sous silence nombre de grands ponts qui ne sont pas tellement différents de ce qui se fait ailleurs. Nous croyons

tout de même pouvoir conclure que, depuis la chute du premier pont de Québec, il y a 50 ans cette année, les progrès accomplis, encore plus que le nombre impressionnant des réalisations, nous permettent de figurer avantageusement dans l'histoire mondiale des ponts. Notre immense réseau fluvial a évidemment déterminé l'orientation de nos activités économiques; et si nos grandes rivières nous ont permis d'exploiter avantageusement nos ressources naturelles, par contre elles présentent autant d'obstacles à la circulation sur terre, et nous obligent à consacrer des sommes importantes à la construction de ponts. Il s'en suit que la branche doyenne du génie civil aura de plus en plus un vaste champ d'action dans notre province.

Nous avons déjà signalé quelques-uns des ingénieurs qui ont contribué aux réalisations importantes dont nous avons parlé; il y en a évidemment plusieurs autres, et qu'il nous suffise, en terminant, de mentionner le sympathique ingénieur-en-chef du ministère des Travaux Publics depuis bientôt 25 ans, monsieur Olivier Desjardins.

Nous espérons que, malgré toutes ses lacunes, cet abrégé historique peut présenter quelque intérêt, et nous le devons à celui qui en a été le promoteur, notre ancien président, monsieur P.-A. Dupuis.



Pont sur la rivière Bersimis, comté de Saguenay (1957).

# LE LABORATOIRE DE DIFFRACTION DES RAYONS X DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

par **Guy Perrault, Ph.D., M.Sc., B.Sc.A., Ing.P.**

Professeur agrégé en minéralogie, École Polytechnique de Montréal

Né à Amos, l'auteur a fait ses études secondaires au Collège Sacré-Coeur de Victoria-ville. Entré à Polytechnique en 1944, il en sortait en 1949 avec ses diplômes en génie des mines. Il poursuit des études post-universitaires en géologie à l'Université de Toronto où il recevait, en 1951, le degré de M.Sc., et en 1955, le degré de Ph.D. Après quelques mois de pratique, il entrait à l'École Polytechnique en septembre 1956 comme assistant professeur de mines et de géologie. En juillet dernier, il était nommé professeur agrégé en minéralogie.

## Résumé

L'École Polytechnique acquérait récemment une série assez complète d'instruments de diffraction, de diffractométrie et de spectrofluorescence par rayons X. Le texte qui suit témoigne de l'utilité de ces instruments.

La diffraction des rayons X par les réseaux cristallins est un phénomène connu et utilisé en travaux de recherches depuis plus de quarante ans. L'acquisition récente par l'École Polytechnique d'appareils à rayons X ne constitue donc pas un geste de mérite douteux, mais bien plutôt un progrès qui va permettre d'effectuer des recherches jusqu'à ce jour impossibles.

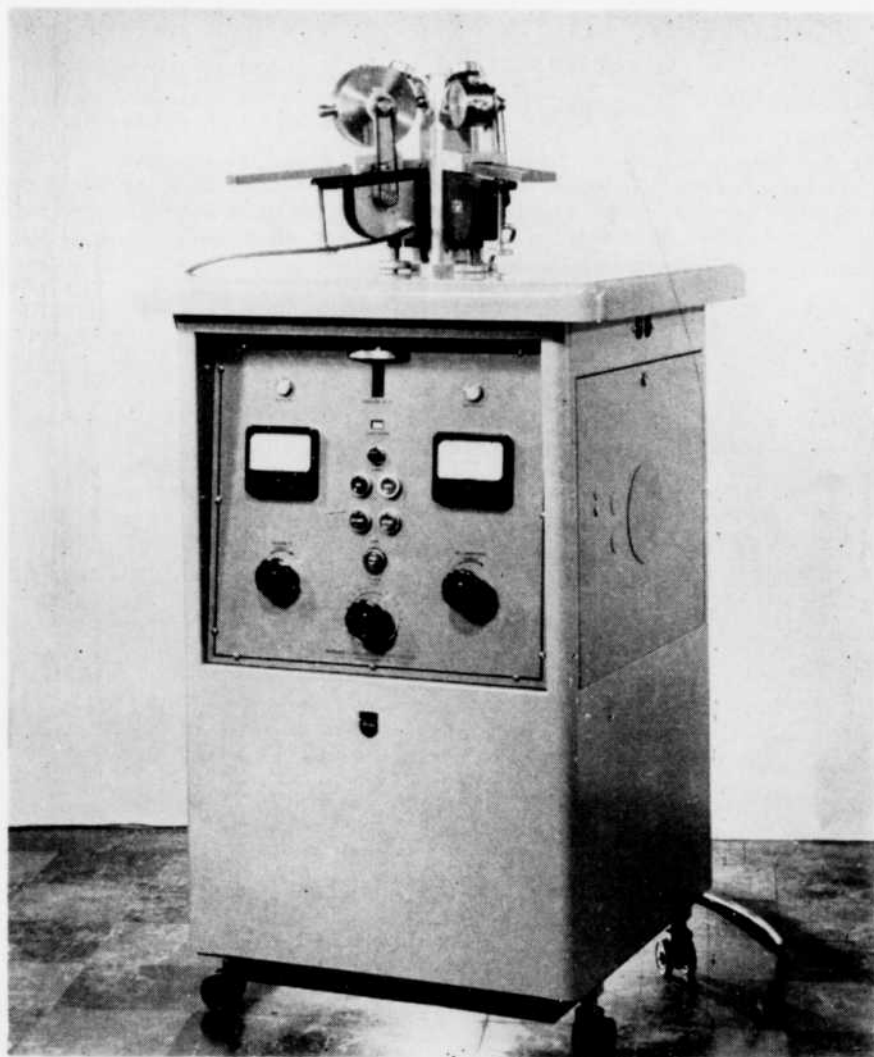
Les instruments à rayons X de l'École Polytechnique sont de trois types :

1. **diffraction**
2. **diffractométrie et**
3. **spectrofluorescence.**

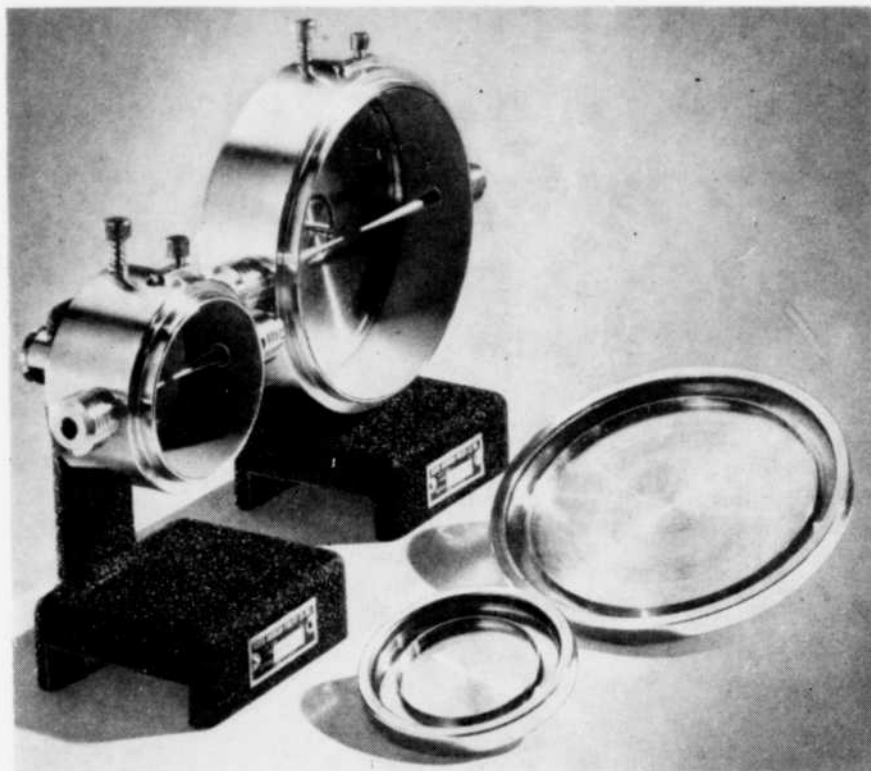
### Diffraction

Le laboratoire s'est enrichi des instruments suivants :

1. l'appareil de base pour la production des rayons X, (60 kilovolts, 50 milliampères, Fig 1),
2. des tubes à rayons X à cathodes de cuivre, cobalt et molybdène,



**Fig. 1 — L'appareil de diffraction North American Philips. Appareil de base pour produire les rayons X (60 kilovolts, 50 milliampères). Deux cameras Debye-Scherrer sont montées sur l'appareil, prêtes pour l'exposition aux rayons X.**



(Gracieuseté de North American Philips).

Fig. 2 — Cameras Debye-Scherrer de 57.54 et 114.83 mm. de diamètre. La pellicule photographique est placée contre la paroi cylindrique de la camera. Les deux cônes métalliques qui projettent à l'intérieur de chaque caméra sont les tubes d'entrée et de sortie du faisceau de rayons X.

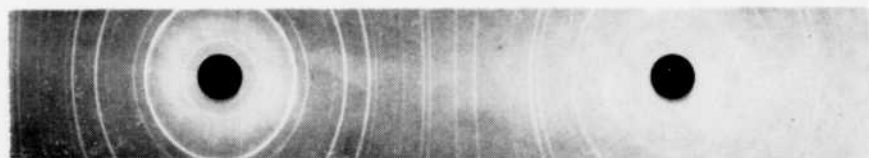


Fig. 3 — Patron de diffraction des rayons X. Camera Debye-Scherrer de 57.54 mm. de diamètre : pyrochlore d'Oka. 35 kilovolts et 35 milliampères pendant 20 minutes avec tube à cathode de cuivre, et filtre de nickel.

3. des cameras Debye-Scherrer de 57.54 mm. et 114.83 mm. de diamètre.

4. une camera Laüe, avec dispositif pour étudier les réflexions arrières ( $2\theta$  plus grand que  $90^\circ$ ),

5. un goniomètre et camera du type Weissenberg et

6. un goniomètre et camera du type Précession.

Une des méthodes de diffraction les plus couramment employées est la méthode dite de Debye-Scherrer. La substance cristalline étudiée est pulvérisée et montée en spécimen (généralement une boule ou une tige d'environ 0.08 mm. de diamètre).

Pour chacun des cristaux de la poudre, les relations illustrées dans la Fig. 5 (réflexion suivant l'angle de Bragg:  $n\lambda = 2d \sin \theta$ ) s'appliquent. Statistiquement, dans une poudre finement broyée, toutes les orientations cristallines par rapport au faisceau de rayons X existent, et la diffraction du faisceau de rayons X provenant d'un plan réticulaire donné (hkl) se présente sous la forme d'un arc de cercle sur la pellicule des cameras cylindriques de la Fig. 2. Pour assurer davantage que toutes les orientations cristallines par rapport au faisceau de rayons X sont bien réalisées, on fait tourner le spécimen en même temps qu'on l'expose aux rayons X. La Fig. 3 montre un patron de diffraction typique.

La méthode Debye-Scherrer permet l'identification de toutes substances cristallines de façon empirique, c'est-à-dire, par comparaison à un patron de diffraction semblable établi pour une substance connue. Ainsi l'A.S.-T.M. a publié (et continue de publier) des fiches pour chaque substance cristalline, classifiée par les raies de diffraction les plus intenses. Le fichier total actuel comprend environ 5,000 cartes. Un exemple d'une de ces cartes est montré à la Fig. 4.

#### 5-0490

d	3.24	4.26	1.82	4.26	SiO <sub>2</sub>				
I/I <sub>1</sub>	100	35	17	35	SILICON DIOXIDE ALPHA QUARTZ				
Rad. Cu	$\lambda$ 1.5405	Filter		d Å	I/I <sub>1</sub>	hkl	d Å	I/I <sub>1</sub>	hkl
Dia.	Cut off	Coll.		4.26	35	100	1.228	2	220
I/I <sub>1</sub>		d corr. abs.?		3.343	100	101	1.1997	5	213
Ref. SWANSON AND FUYAT, NES CIRCULAR 539, VOL. III (1953)				2.458	12	110	1.1973	2	221
Syn. HEXAGONAL	S.G. D <sub>6h</sub> - C <sub>3h</sub> 2			2.282	12	102	1.1838	4	114
a <sub>1</sub> 4.913	b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> 5.405	A	C 1.10	2.237	6	111	1.1802	4	310
a	$\beta$ $\gamma$ Z 3			2.128	9	200	1.1530	2	311
Ref. IBID.				1.980	6	201	1.1408	<1	204
				1.817	17	112	1.1144	<1	303
				1.801	<1	003	1.0816	4	312
				1.672	7	202	1.0636	1	400
$\epsilon$ a	$n \omega \beta$ 1.544 $\epsilon$ $\gamma$ 1.553	Sign +		1.659	3	103	1.0477	2	105
ZV	D <sub>2</sub> 2.647 mp	Color		1.608	<1	210	1.0437	2	401
Ref. IBID.				1.541	15	211	1.0346	2	214
MINERAL FROM LAKE TOXAWAY, N.C. SPECT. ANAL. I				1.453	3	113	1.0149	2	223
<0.01% AL; <0.001% CA, CU, FE, MG.				1.418	<1	300	0.9896	2	402, 115
X-RAY PATTERN AT 25°C.				1.382	7	212	.9872	2	313
				1.375	11	203	.9781	<1	304
				1.372	9	301	.9762	1	320
				1.288	3	104	.9607	2	321
				1.256	4	302	.9285	<1	410

Fig. 4 — Une des fiches de l'A.S.T.M.

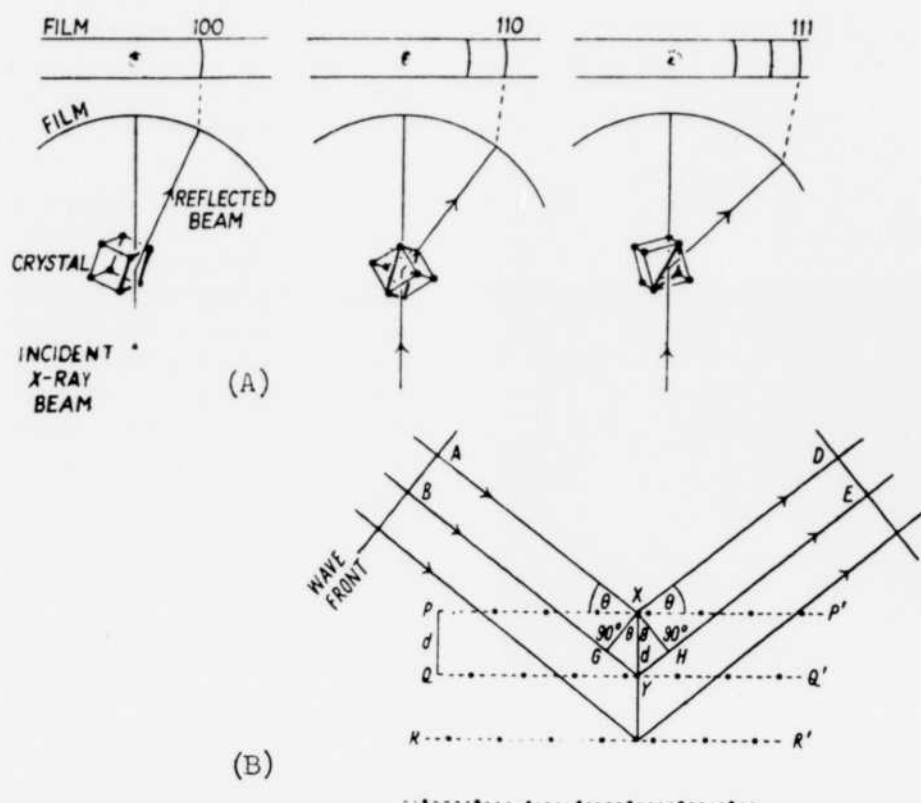


Fig. 5 — "Réflexions" suivant l'angle de Bragg. Pour qu'il y ait diffraction (= "réflexion" sur les plans réticulaires"), il faut que le retard  $GY - YH$  soit égal à un nombre exact de longueurs d'ondes, c'est-à-dire :  $n\lambda = 2d \sin \theta$ , la loi de Bragg. (B) Chacun des arcs sur un diagramme Debye-Scherrer correspond à la réflexion d'un plan réticulaire défini.

(De Bunn, W.C. : "Chemical Crystallography").

A l'aide de photographies des poudres, on peut aussi, ayant indexé chacune des raies de diffraction, calculer avec précision les dimensions des cellules unitaires des substances cristallines. Avec certains raffinements de méthode, on peut facilement mesurer à 0.001 Ångstrom les dimensions des cellules unitaires. (1 Ångstrom =  $10^{-8}$  cm; c'est donc la 10,000,000ème partie d'un millimètre).

La camera Laüe (Fig. 6) nous permet d'établir la symétrie partielle des substances cristallines. Lorsqu'on l'emploie à cette fin, on doit se servir de rayons X polychromatiques, c'est-à-dire de la "radiation blanche" des rayons X. Il faut encore travailler avec un cristal unique de la substance.

On peut aussi se servir de la camera Laüe avec radiation monochromatique pour étudier les phénomènes d'orientation préfé-

rentielle par exemple dans les métaux laminés.

La camera et le goniomètre Weissenberg (Fig. 7) servent pour les études de la structure des substances cristallines. On les emploie suivant diverses techniques :

1) Méthode dite de rotation : un cristal unique est monté sur l'axe d'une camera cylindrique et tourne durant l'exposition aux rayons X. Toutes les précautions nécessaires sont prises pour bien assurer l'absolue coïncidence de l'axe de rotation du cristal et d'un de ses axes de symétrie principale. Le faisceau de rayons X incident est réfléchi sur chacun des plans réticulaires de façon bien ordonnée. Suivant la loi de Bragg ( $n\lambda = 2d \sin \theta$ ), les plans réticulaires parallèles à l'axe de rotation du cristal réfléchissent les rayons X suivant le plan équatorial du film (Fig. 8 et 9); de la même façon, les plans réticulaires d'indice 1 suivant l'axe rationnel du cristal qui est l'axe de rotation

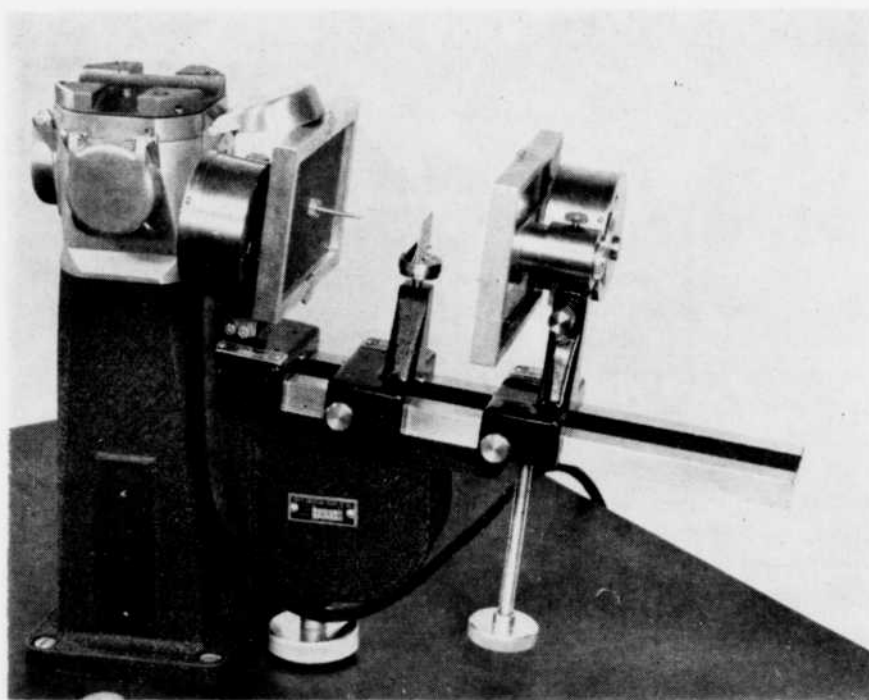


Fig. 6 — Une camera Laüe avec dispositif pour l'étude des réflexions arrières ( $2\theta = 90^\circ$ ).

(Gracieuseté de North American Philips).

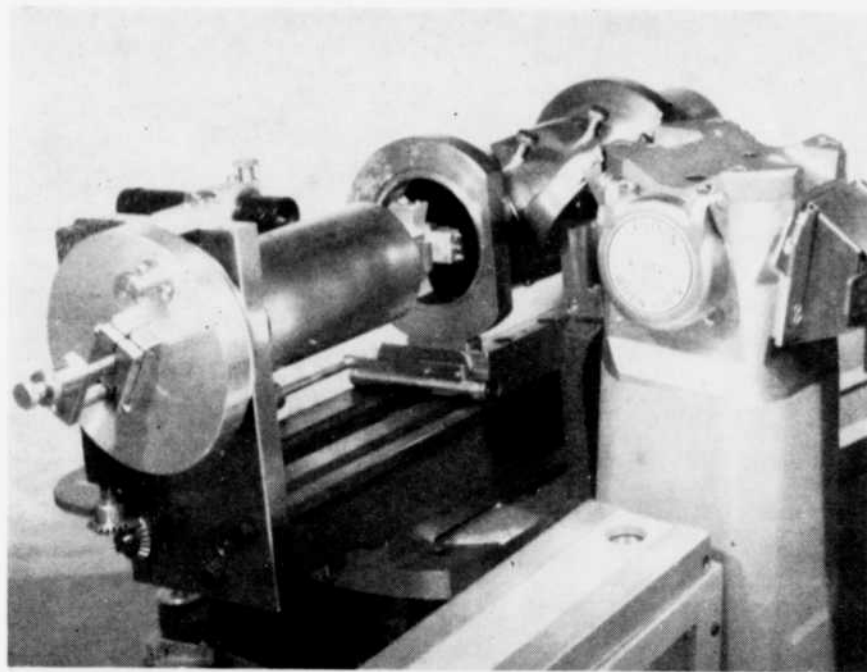


Fig. 7 — L'appareil Weissenberg.

donnent lieu à une série de spots parallèles à la série équatoriale. Par exemple, pour obtenir la Fig. 9, on a utilisé un cristal unique de natrolite; la rotation s'est effectuée suivant l'axe  $c$  du minéral. D'où l'étage équatorial est  $hk0$ , les étages supérieurs:  $hk1$ ,  $hk2$  et  $hk3$ . Les étages inférieurs sont  $hk\bar{1}$ ,  $hk\bar{2}$  et  $hk\bar{3}$ . A partir de photos obtenues ainsi, on peut mesurer la période " $c$ " de la substance cristalline, qui est celle de l'axe de rotation.

On peut aussi indexer chacun des spots sur une photo de rotation et établir ainsi toutes les dimensions de la cellule unitaire ainsi que la symétrie de l'arrangement interne, quoiqu'en général on obtient ces derniers renseignements plus facilement par les méthodes mentionnées plus bas.

2) La méthode Weissenberg proprement dite: bien que les photos de rotation donnent déjà des renseignements assez complets sur l'ordre interne des cristaux, la méthode Weissenberg proprement dite est plus facile d'interprétation, et se prête mieux aux études de minéraux complexes (e.g., les silicates). Essentiellement cette méthode comporte le déplacement du film syn-

chronisé avec la rotation du spécimen. Si, dans la méthode de rotation, on étudiait simultanément deux ou trois "étages" de réflexions d'un minéral, dans la méthode Weissenberg, à l'aide de masques métalliques qui absorbent les rayons X, on étudie un seul étage à la fois. Le problème d'identifier chacun des spots sur une photo Weissenberg est assez complexe et la méthode perdrait de sa valeur si l'on photographiait deux étages simultanément. La Fig. 10 est un exemple de ce type: il s'agit d'une étude des réflexions équatoriales, mais la méthode se prête également à l'étude des réflexions provenant des autres étages.

3) La méthode Weissenberg inclinée: comme extension à la méthode Weissenberg, il y a la méthode dite Weissenberg inclinée. Ici, le faisceau incident de rayons X est incliné de façon bien ordonnée par rapport à l'axe rationnel du cristal, qui est aussi son axe de rotation. La Fig. 11 montre le genre de photos réalisées par cette méthode. Ces photos servent toujours à nous renseigner sur la structure interne des cristaux. La méthode Weissenberg inclinée nous permet d'étudier des étages

très éloignés de l'étage équatorial des photos de rotation, sans pour cela accroître trop considérablement la durée de l'exposition aux rayons X.

Le goniomètre et la camera de précession (Fig. 12): cette méthode est très ingénieuse. Il est impossible dans cet espace limité d'exposer complètement la théorie de cette méthode. En résumé, celle-ci inventée par M. J. Buerger (Massachusetts Institute of Technology), consiste à photographier le réseau réciproque. Le réseau réciproque est un concept des cristallographes qui facilite les interprétations des études par diffractions des rayons X avec cristal unique; chaque noeud du réseau réciproque représente une réflexion d'un plan réticulaire, et la distance de chaque noeud au centre du réseau réciproque est inversement proportionnelle à l'espacement réticulaire de ce plan. La Fig. 13 représente un exemple de réseau réciproque. Par la méthode de précession, le cristal, une série de plaques absorbantes et la pellicule photographique se déplacent simultanément de façon que la photo obtenue soit une photographie exacte d'un étage du réseau réciproque.

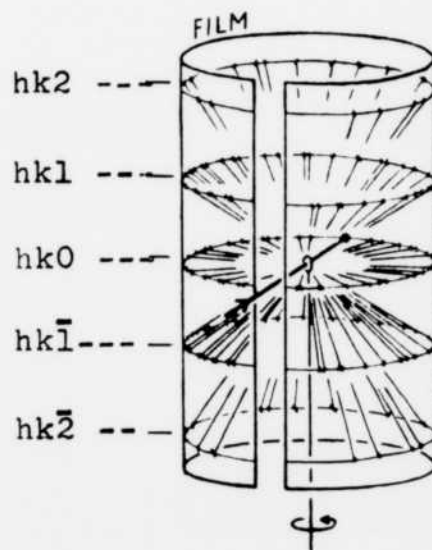


Fig. 8 — Les cônes de diffraction produits par les plans réticulaires, dans la méthode de rotation.

(de Bunn, "Chemical Crystallography", Oxford, Clarendon Press).

La méthode de précession complète les données obtenues avec les deux méthodes Weissenberg mentionnées plus haut. Elle est en quelque sorte complémentaire des méthodes Weissenberg: par exemple, il peut arriver fréquemment que l'on étudie par les méthodes Weissenberg une substance cristalline suivant son axe "c", qui deviendra en l'occurrence l'axe de rotation du spécimen monté. Avec le même montage de spécimen, en faisant usage de l'appareil de précession, on peut étudier la substance cristalline suivant ses deux autres axes cristallographiques.

Les résultats obtenus par l'appareil de précession s'analysent plus facilement que ceux obtenus par les méthodes Weissenberg.

### Diffractométrie

En diffractométrie, les principes sont les mêmes. La seule différence consiste en ce qu'au lieu d'enregistrer photographiquement les "réflexions" des rayons X, on les mesure à l'aide du tube Geiger, et on les enregistre graphiquement à l'aide d'un circuit électronique; au lieu de cameras comme ceux de la méthode De-



Fig. 9 — Une photo de rotation. Exposition aux rayons X produits par un tube à cathode de cuivre. Radiation non filtrée. Rotation d'un spécimen de natrolite autour de son axe "C".

bye-Scherrer, on utilise un goniomètre (Fig. 14). L'optique des rayons X dans le goniomètre est illustré dans la Fig. 15. L'assemblage de réception des rayons X tourne d'un angle  $2\theta^\circ$  par min. (Fig. 16) autour du spécimen, en même temps que celui-ci tourne de  $\theta^\circ$  par min. La vitesse de rotation du goniomètre ( $2\theta^\circ$  par min. = "scanning speed") est variable suivant la précision requise des mesures effectuées.

Par diffractométrie, on peut mesurer exactement l'intensité des

rayons X réfléchis. Ceci est nettement un avantage sur les méthodes photographiques de diffraction dans les études de précision. Tel que présentement utilisé, le montage de diffractométrie exige des spécimens assez gros à l'échelle microscopique, c'est-à-dire, de l'ordre de quelques grammes. Et il est souvent difficile de se procurer des spécimens aussi volumineux qui soient absolument purs.

Là diffractométrie s'applique particulièrement dans l'étude des mélanges de substances cristallines connues, dans laquelle on cherche les proportions des divers constituants.

### Spectrofluorescence

En spectrofluorescence, le faisceau principal de rayons X (qui est dans ce cas produit par un tube à cathode de tungstène du type Matchlett) est incident sur une substance et y engendre une fluorescence de rayons X, c'est-à-dire une émission de rayons-X d'une toute nouvelle longueur d'onde. La longueur d'onde des nouveaux rayons X est fonction des éléments présents dans cette substance ainsi que de leur abondance. Le trajet des rayons X est



Fig. 10 — Une photo Weissenberg. L'étage  $hk_0$  de la photo précédente.

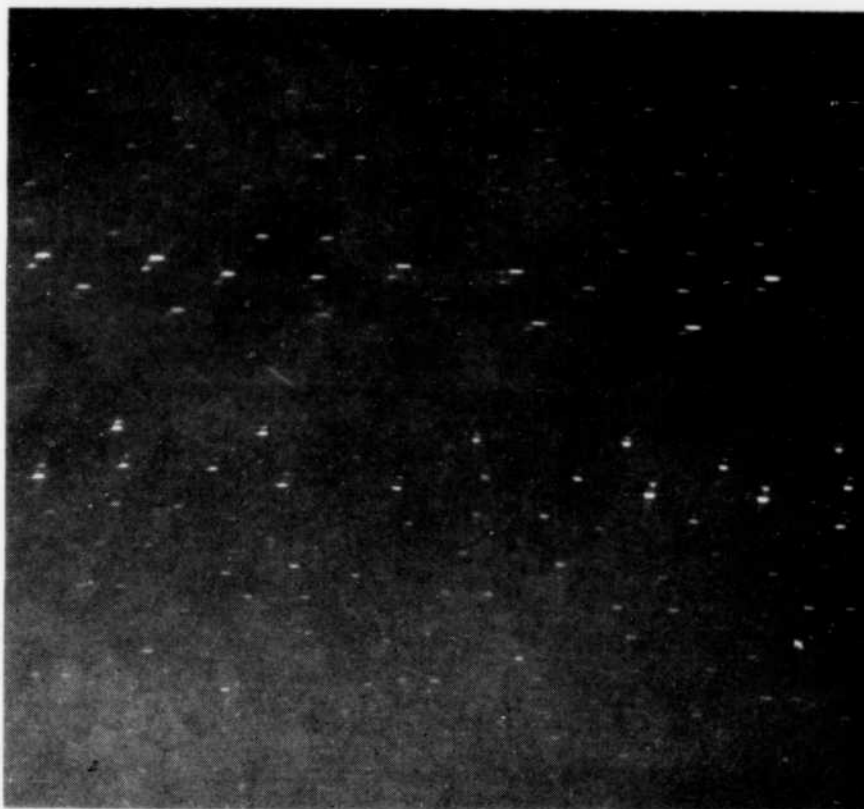


Fig. 11 — Une photo produite par la méthode dite Weissenberg inclinée. L'étage hkl de la fig. 10.

illustré schématiquement à la Fig. 17.

Par spectrofluorescence, on peut donc mesurer la proportion des éléments dans toutes les substances. La spectrofluorescence est particulièrement utile pour la détermination de certains éléments à nombre atomique (e.g. le columbium, le tantale, l'uranium, etc.) pour lesquels les méthodes d'analyse chimique sont beaucoup plus laborieuses. Avant que l'appareil de spectrofluorescence puisse être utilisé pour l'analyse, il doit être minutieusement calibré pour chacun des éléments dont on veut faire l'analyse.

#### Bibliographie

Dans un article qui couvre un champ d'action scientifique tellement vaste et aussi en effervescence que celui-ci, il est impossible de résumer les principes physiques qui sont à la base des recherches. La liste bibliographique qui suit permettra au lecteur de se documenter davantage sur

l'aspect des études aux rayons X qui l'intéresse le plus.

#### 1) Sur la cristallographie

Friedel, G. (1926): "Leçons de cristallographie". Berger-Levrault, éditeurs, Paris.

Phillips F.C. (1946): "An Introduction to Crystallography". Longmans, Green and Co., London.

Dale, A. B. (1932): "Form and Properties of Crystals". Cambridge University Press, London.

Tutton, A. E. H. (1922): "Crystallography and Practical Crystal Measurement". Macmillan and Co., London. 2 volumes.

Hilton, H. (1903): "Mathematical Crystallography". Oxford, Clarendon Press, London.

Buerger, M. J. (1942): "X-ray Crystallography". John Wiley & Sons, New York.

Lonsdale, K. (1936): "Simplified Structure Factor and Electron Density Formulae for the 230 Space Groups of Mathematical Crystallography". London. Bell.

James, R. W. (1930): "X-ray Crystallography". Methuen & Co. Ltd., London.

Guinier, A. (1956): "Théorie et technique de la radiocristallographie". Dunod, Paris.

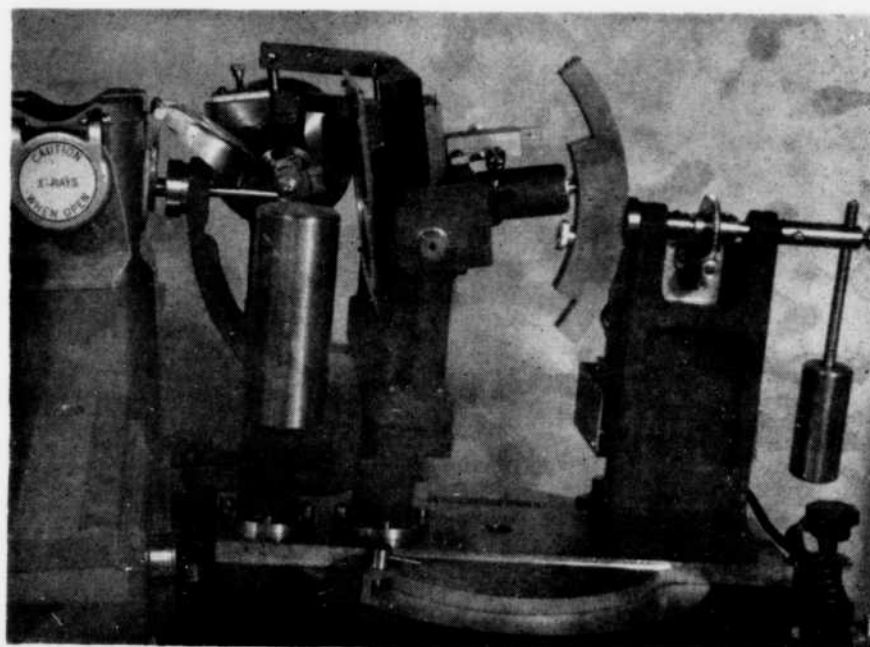


Fig. 12 — L'appareil de précision



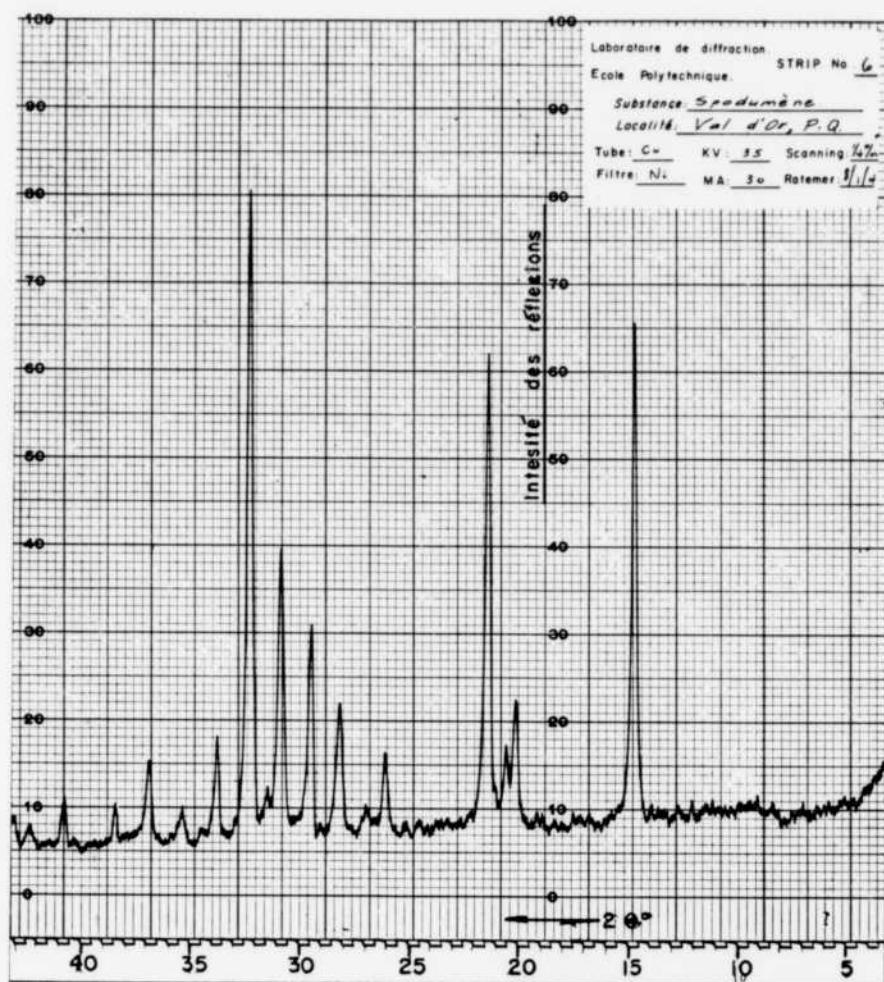


Fig. 16 — Un enregistrement graphique au spectromètre.

7) L'analyse par fluorescence des rayons X pour plusieurs éléments. Ici, il faudra d'abord calibrer les instruments (un mois).

8) L'étude des changements de phase des substances cristallines en fonction des changements de température ou de pression.

Il existe des champs d'action très vastes pour les études de diffraction aux rayons X. Nous n'avons énuméré ci-dessus que les domaines d'application avec lesquels nous sommes particulièrement familier.

#### Remerciements

Nous désirons exprimer notre gratitude à l'égard de Monsieur Léopold Bataille, qui nous a gran-

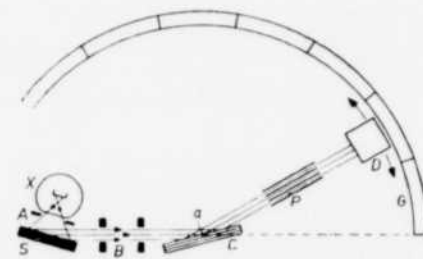


Fig. 17 — L'optique du spectromètre à rayons X. Les rayons X sont produits dans un tube Matchlett X.

A) et B) sont des fentes qui réduisent la dispersion.

S) le spécimen à analyser.

C) le cristal analyseur.

D) le détecteur Geiger.

G) l'arc de cercle du goniomètre.

P) des fentes parallèles qui permettent le contrôle de la dispersion angulaire.

(Do Parrish, W. (1956), Norelco Reporter, Vol. III, p. 32).

dement assisté dans l'établissement du laboratoire de diffraction des rayons X aussi bien que dans la préparation de ce texte.



Fig. 18 — Le spectromètre à rayons X Philips. (Gracieuseté de North American Philips).

# LE TRACÉ DES VOIES DE CIRCULATION DES AGGLOMÉRATIONS NOUVELLES

par *Réal Bélanger, Ing. P.*  
Ingénieur Conseil, Montréal

L'auteur reçut son diplôme d'ingénieur civil à l'École Polytechnique en 1925. Il fut à l'emploi du service des travaux publics de Montréal, de 1925 à 1936. De 1936 à 1939 il exerça la fonction de directeur adjoint du service d'urbanisme et de recherches de la Commission Métropolitaine de Montréal. Mobilisé avec le Régiment de Maisonneuve en 1939, il servit en Angleterre de 1940 à 1943. Il fut à l'emploi du service d'urbanisme de la ville de Montréal de 1945 à 1955. Il est maintenant dans la pratique privée.

Monsieur Bélanger est chargé du cours d'hygiène de l'habitation et d'urbanisme à l'école d'hygiène de l'Université de Montréal.

Chaque pays, et même souvent chaque partie de pays, qui a été le fait d'occupation humaine depuis plusieurs siècles, présente des types particuliers de division de terres en culture, de répartition sur le sol des maisons de ferme et des bâtiments d'exploitation agricole et de réseaux de routes, pistes et sentiers, reliant ces établissements.

Ces types particuliers de découpage du sol et de distribution des bâtiments découlent (à part bien entendu des conditions topographiques) du mode d'exploitation — système seigneurial ou propriété individuelle — de l'état social et du caractère propre des autochtones. Dans les pays de vieille civilisation le mode d'occupation du sol a dû se modifier pour s'ajuster durant le cours des siècles à de nouvelles conditions économiques et sociales.

Les concentrations de populations urbaines, quand elles se font lentement et progressivement à partir d'un noyau déjà établi, village ou petite ville, s'étendent suivant les voies de communication existantes, soient les chemins et routes rurales. Ce réseau de chemins et routes devient l'ossature de l'agglomération nouvelle tandis que, d'autre part, la forme et

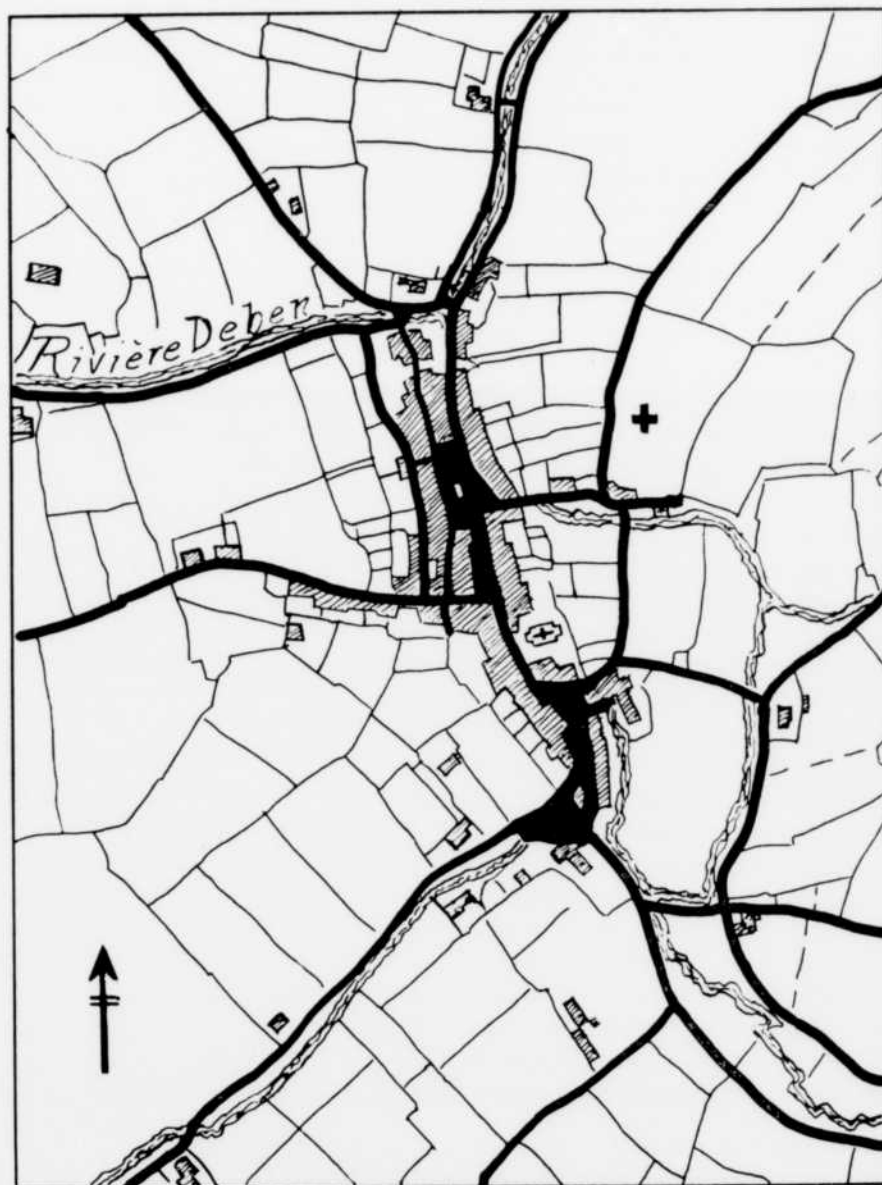


Fig. 1 — Debenham, East Suffolk, Angleterre.



**Fig. 2 — Campagne anglaise. Cours supérieur de la Tamise. Les traits épais représentent les routes et chemins, les traits fins les haies et clôtures.**

les dimensions des terres influent sur la forme du lotissement futur. La Fig. 1 montrant une petite ville anglaise est très suggestive à cet égard.

De nos jours les agglomérations s'accroissent généralement à un rythme accéléré et l'extension doit être dirigée par une technique appropriée. Les pays qui les premiers ont eu à s'occuper des problèmes nés de l'urbanisation (1) rapide sont évidemment les pays d'Europe. De nombreuses études, des essais, des tâtonnements ont fini par donner un corps de doctrines et des techniques appropriées aux conditions particulières des régions étudiées.

Les pays où les problèmes découlant de l'urbanisation sont relativement récents, le nôtre par exemple, ont tendance dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres malheureusement à s'inspirer trop complètement de ce qui se fait ailleurs. Nous voulons montrer, en nous basant sur des exemples tirés de l'Angleterre et de la province de Québec, combien il faut user de discernement pour

(1) Rappelons que le mot urbanisation signifie concentration dans les villes et qu'on ne doit pas lui donner le sens de solution des problèmes urbains.

transporter d'un pays à l'autre des techniques et des corps de doctrines se rapportant à l'urbanisme. L'Angleterre est un des pays qui a fait le plus dans ce domaine; n'oublions pas que c'est aussi la patrie des cités jardins. Nous nous limiterons dans la présente étude uniquement à la question de l'ossature des agglomérations, c'est-à-dire du réseau des rues, et seulement pour le cas des parties destinées à l'habitation.

En Angleterre la tenure de type seigneurial est encore très répandue et les grands domaines comprenant plusieurs fermes sont très nombreux. Les parcelles sont de formes très variables et surtout ir-

régulières. Les voies de communications, routes, chemins privés, sentiers, constituent souvent de véritables toiles d'araignées. La Fig. 2 est un exemple. La maison du propriétaire du domaine (landlord), les maisons de fermes, les maisons de la main d'oeuvre agricole (farm cottages), les bâtiments d'exploitation ne sont pas, comme dans notre province, construits en bordure des routes mais situés à l'intérieur des propriétés; on peut traverser une campagne où les exploitations agricoles sont nombreuses et prospères et, de la route, n'apercevoir aucune construction.

Une agglomération nouvelle devant être créée, complètement



**Fig. 3 — Cité jardin de Welwin. (Les rues principales sont seules montrées.)**

nouvelle ou à partir d'un moyen existant, on conçoit qu'il faudra tenir compte du réseau des voies existantes, mais aussi de la forme des terres à lotir. La Fig. 3 montre le réseau des rues de la ville satellite de Welwyn située à une vingtaine de milles de Londres. Il y a certainement un air de parenté entre le tracé des rues de Welwyn et le réseau des routes de la Fig. 2. Les tracés en courbes et les voies plus ou moins rayonnantes reproduisent la trame (pattern) ordinaire des voies existantes, mais ils sont aussi imposés par la nécessité de raccorder entre elles toutes les parties d'un emplacement de forme très irrégulière (2).

Les exemples que nous donnons peuvent évidemment être multipliés autant que l'on veut; il suffit d'ouvrir un livre ou une revue anglaise traitant d'urbanisme pour en trouver à profusion.

Passons maintenant à la province de Québec. Ici, en agriculture, la propriété individuelle est la règle générale et les grands domaines sont très rares. Les terres s'étendent en lisières longues et étroites à partir de la route; les maisons et les bâtiments de fermes sont construits en bordure du chemin. La Fig. 4 donne un exemple de ce genre d'occupation du sol qui nous est familier.

(2) Les 3 plans compris entre les pages 208 et 212 de l'ouvrage de C. B. Purdom, "The Building of Satellite Towns", se rapportent à une partie de Welwyn et montrent bien comment le tracé des rues est ajusté aux conditions du terrain.

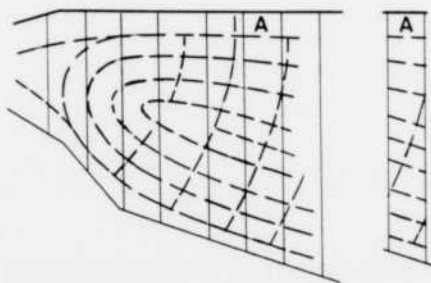


Fig. 5 — Trame circulaire superposée à un fond linéaire droit.

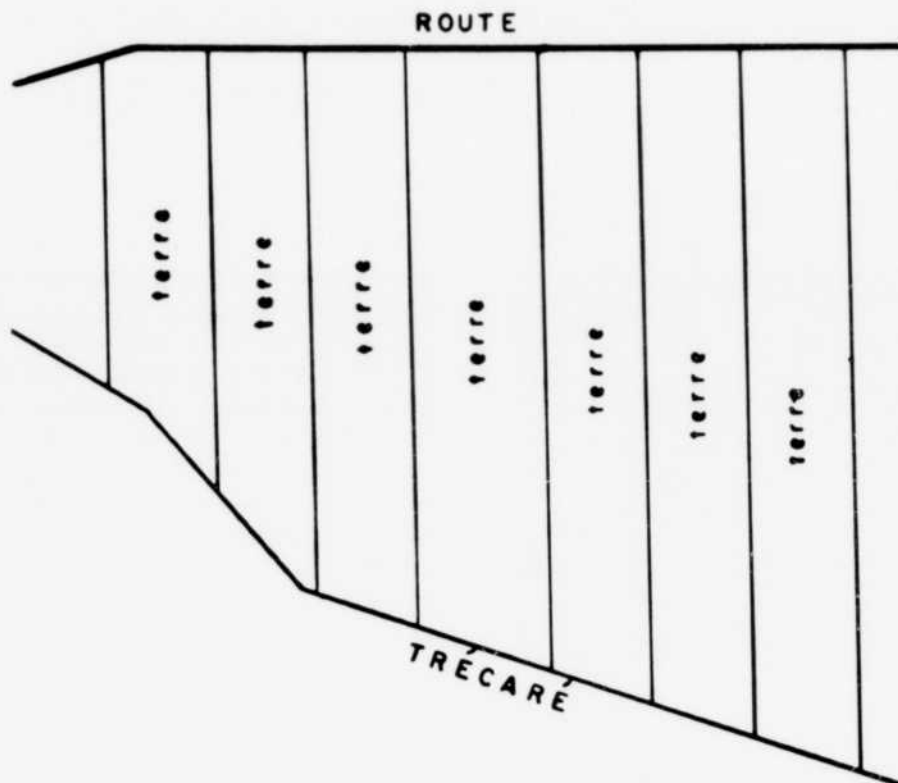


Fig. 4 — Peuplement type de la province de Québec; propriétés d'un seul tenant en lots allongés.

La Fig. 5 montre une trame inspirée d'un tracé anglais et faisant grand usage de voies courbes et de voies rayonnantes, appliquée au dessin de la Fig. 4, (3).

Nous constatons tout d'abord que, suivant cette trame, chaque propriété individuelle ne pourrait pas toujours être développée séparément, car les voies d'accès aux terrains à construire, c'est-à-dire les rues, doivent dans plusieurs cas passer chez le voisin pour déboucher à la route. D'autre part, et ceci est également très important, le réseau de fossés servant à l'évacuation naturelle des eaux de ruissellement est complètement détruit, car les fossés sont situés aux limites des propriétés ou parallèles à ces limites. Ce réseau de fossés a été créé

(3) Raymond Unwin, dans son ouvrage "Town Planning in Practice", dont la première édition remonte à 1909, reproduit aux illustrations 82 A et B de son livre, deux dessins d'après Der Städtebau de Stubben, montrant deux tracés de rue, exécutés l'un sans tenir compte des lignes limitatives des propriétés et l'autre en tenant compte de ces limites. Les préoccupations dans notre article ne sont donc pas nouvelles.

lentement par le travail des hommes et il a été ajusté petit à petit aux besoins des lieux. Le réseau de fossés étant détruit ou désorganisé, il faudra soit construire un coûteux réseau d'égout, soit reconstituer un autre réseau de fossés.

A moins d'entreprise de très grande envergure possédant de grands moyens financiers permettant la construction d'un important réseau d'égout, il est recommandable, dans les projets de lotissement ordinaires, de laisser pendant plusieurs années (les années d'organisation) les eaux de pluie s'évacuer par les fossés existants. Remarquons que la tendance actuelle étant de revenir au système séparatif pour les égouts, un réseau vanne serait d'abord construit auquel s'ajoutera plus tard un réseau pluvial, lorsque les moyens financiers le permettront ou que l'accroissement de la population le nécessitera.

Une trame circulaire ou rayonnante étant superposée à un fond

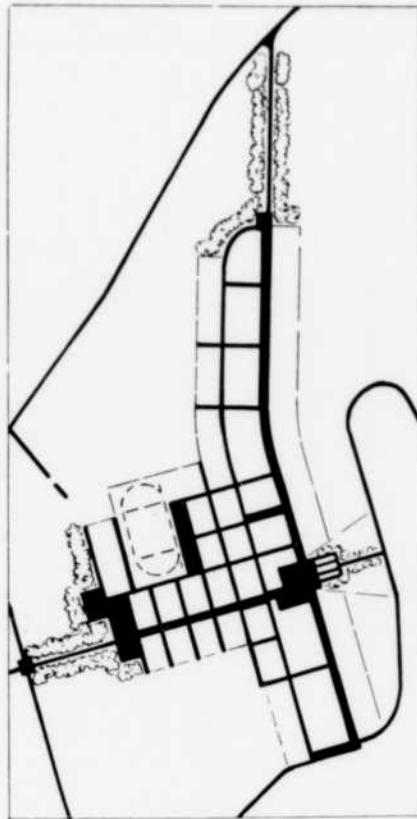


Fig. 6 — Pomezia, Italie.

linéaire droit, de nombreux lots à construire seront traversés par des fossés ou des murs de clôture en pierre sèche ou des haies de broussailles, ce qui rend les terrains difficiles à utiliser. Les anciens fossés, même comblés, continuent à transporter des eaux souterraines durant de longues

(4) Nous savons que le parc Lafontaine à Montréal est un ancien bassin vers lequel convergeaient plusieurs ruisseaux maintenant comblés. Feu monsieur D.-B. Lamarche, alors chef ingénieur de la commission des égouts me racontait qu'ayant eu à étudier certaines réclamations, il visitait les rues avoisinantes du parc Lafontaine. Il était facile de localiser sur le terrain (en concordance parfaite d'ailleurs avec de vieux plans) l'emplacement des anciens cours d'eau en faisant le relevé des maisons ayant subi des affaissements, tandis que les maisons voisines en étaient exemptes. Les affaissements avaient évidemment été causés par le travail d'eaux telluriques s'écoulant par des lits maintenant souterrains suivant le cours des ruisseaux comblés.

années et peuvent ainsi causer des dégâts aux constructions (4).

Nous pouvons conclure qu'en général et dans des conditions topographiques ordinaires, c'est-à-dire terrains peu accidentés comme le sont les emplacements se prêtant à des groupements d'habitations, les modalités d'occupation des terres dans notre province (particulièrement dans ses vieilles parties) nous conduisent à adopter une trame linéaire droite comme base du tracé des voies de communication pour les agglomérations nouvelles. Ce qui n'exclut pas évidemment les tracés en courbes là où ils s'imposent, ou là où ils peuvent être utilisés sans inconvénients. Avec une trame linéaire droite, il est possible d'obtenir des arrange-

ments très intéressants en désaxant simplement les rues aux endroits qui s'y prêtent, par exemple autour d'un centre civique ou d'un groupement constitué par l'église et les écoles. Une trame circulaire et rayonnante utilisée sans motifs suffisants complique inutilement les tracés et ne donne après tout que des satisfactions de dessin.

Remarquons que sur le terrain l'oeil d'un homme debout n'est qu'à peu de hauteur du sol et ne lui permet pas de saisir un tracé qui peut très bien paraître en image.

Nous donnons deux exemples de trame linéaire droite : Fig. 6, le plan de la ville de Pomezia en Italie et Fig. 7 le plan d'un tracé établi par l'auteur à Chambly.

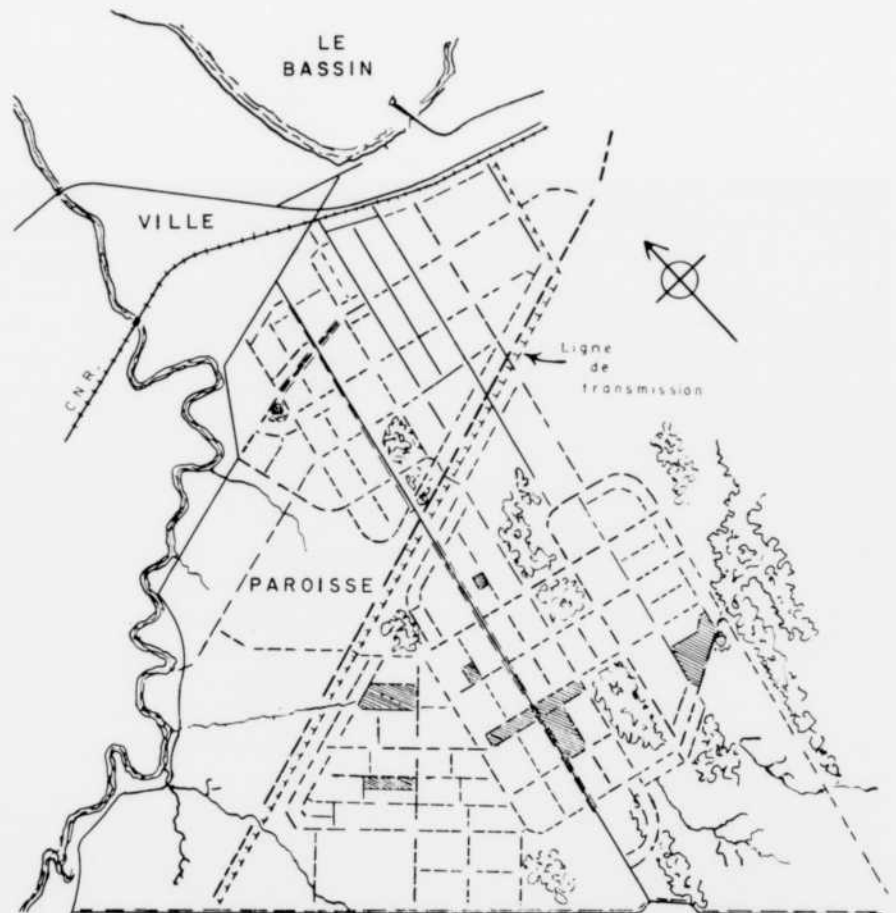


Fig. 7 — Plan d'expansion d'une partie de la paroisse et de la ville de Chambly. (Les principales rues sont seules montrées. Les voies existantes sont en traits pleins.)

# L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES PROBLÈMES DE L'HYDRAULIQUE FLUVIALE



par

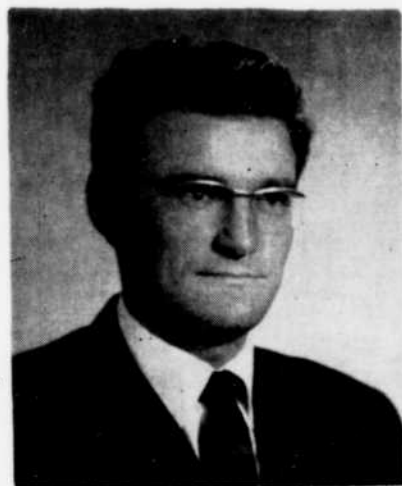
**Raymond Boucher, M.Sc., Ing.P.**

Chef du département de travaux publics et bâtiments  
École Polytechnique de Montréal.

et

**Bernard Le Méhauté, Ingénieur-Docteur**

Assistant Professeur à l'École Polytechnique



Né à Stanbridge, P.Q., M. Boucher fit ses études secondaires au Mont Saint-Louis et ses études d'ingénieur à l'École Polytechnique où il obtint ses diplômes en 1933. L'année suivante il poursuivit des études au Massachusetts Institute of Technology où il obtint le grade de M.Sc. Il fait partie du personnel enseignant de l'École Polytechnique depuis lors, d'abord comme assistant-professeur d'hydraulique jusqu'en 1937, alors qu'il fut promu au grade de professeur agrégé. En 1944, il devint professeur titulaire d'hydraulique et responsable de l'enseignement et des recherches en cette matière à Polytechnique. L'an dernier il fut nommé chef du département de travaux publics et bâtiments, tout en conservant la direction de la section d'hydraulique de ce département. En maintes occasions, il a été appelé comme expert et il a agi comme conseil auprès de grandes entreprises hydroélectriques gouvernementales et privées. Il a publié de nombreux articles sur des sujets relevant de sa spécialité et un grand nombre de rapports relatifs à ses recherches sur modèles réduits.

## A) GÉNÉRALITÉS SUR LES MODÈLES À FOND MOBILE

Pour résoudre les problèmes de l'hydraulique fluviale, l'ingénieur dispose de deux techniques : le calcul et le modèle réduit.

Le calcul, à base de notions théoriques, offre le grand avantage de l'économie mais, en raison de la grande diversité des facteurs qui entrent en jeu et de la complexité des "conditions aux limites", il est rarement suffisant pour résoudre intégralement les problèmes de l'hydraulique fluviale. Il permet seulement de définir les lois de similitude qui précisent les limites de validité d'un modèle et guident l'interprétation des résultats.

Ces conditions de similitude

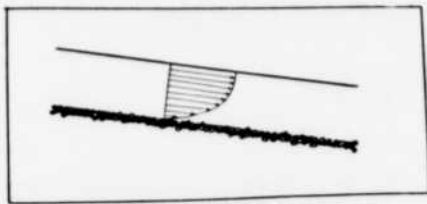
sont données par un ensemble de relations mathématiques obtenues par l'analyse détaillée des phénomènes physiques.\* Elles expriment les rapports entre certains paramètres et ceci, d'une façon absolue, indépendante de l'expérimentateur; elles s'imposent à lui dès qu'il veut conserver l'importance de certains facteurs. Or, l'expérimentateur doit faire un choix dans le phénomène qu'il désire reproduire. Le profane a, en effet, trop tendance à penser que, moyennant une reproduction

\*Dans beaucoup d'ouvrages, l'étude de la similitude est précédée d'une étude de l'analyse dimensionnelle et on a l'impression que les auteurs tirent les conditions de similitude de l'étude de l'homogénéité des formules. S'il en était ainsi, on pourrait faire de la physique sans expérience (A. Fortier).

Né en France, monsieur Le Méhauté obtint en 1951 le diplôme d'ingénieur de l'École Nationale Supérieure d'Electrotechnique et d'Hydraulique, et le grade de Licencié ès sciences à la Sorbonne. Après un an d'études au laboratoire National d'Hydraulique de Chatou, il entre au laboratoire d'Hydraulique des établissements Neyrpic où ses études théoriques en mécanique des fluides lui permettent d'obtenir le doctorat à l'université de Grenoble. Monsieur Le Méhauté effectue des études théoriques sur modèles réduits relevant de l'hydraulique maritime, de l'hydraulique fluviale, de l'hydroélectricité (et se voit confier en particulier l'étude du grand barrage d'Aswan, du port d'Alger), avant de devenir en 1957 professeur à l'École Polytechnique. Monsieur Le Méhauté est l'auteur de nombreuses publications et communications scientifiques et techniques et membre de la Société des Ingénieurs Civils de France.

géométrique des conditions naturelles, tout doit être conforme sur le modèle à la réalité. Les lois les plus élémentaires de l'hydraulique ne peuvent être en accord avec cette idée séduisante. Au fur et à mesure des progrès de l'hydraulique, les lois qui permettent d'interpréter la nature sont plus complexes et les relations mathématiques, exprimant les phénomènes physiques et permettant d'établir les lois de similitude, font intervenir un nombre de paramètres de plus en plus élevé. Par conséquent, les conditions de similitude sont de plus en plus difficiles à concilier.

Les problèmes de l'hydraulique fluviale sur fond fixe donnent des relations relativement simples car



**Fig. 1a — La répartition des vitesses dépend de la rugosité relative. La condition de similitude des vitesses critiques doit en tenir compte sous la forme du coefficient de frottement. La distorsion est possible.**

on se contente, le plus souvent, de réaliser une similitude de l'écoulement moyen et, en particulier, on néglige l'allure des phénomènes au voisinage de la paroi, celle-ci n'intervenant que pour créer une perte de charge, quantité scalaire dont on n'étudie que les variations suivant l'axe du lit<sup>(1)</sup>.

La complexité des problèmes de similitude est d'un ordre très différent lorsque l'on étudie les écoulements sur fond mobile. En effet, dans ce dernier cas, les phénomènes au voisinage de la paroi ont une importance considérable. De plus, par suite de l'action réciproque des courants et du fond, une petite erreur sur l'érosion du fond peut modifier la structure de l'écoulement qui lui-même agira à nouveau sur le fond. Ainsi, par sommation des erreurs, une erreur relativement très faible peut provoquer une divergence totale dans les phénomènes physiques. Enfin, il est parfois difficile de reproduire sur le modèle toutes les conditions aux limites qui sont souvent réparties d'une manière purement aléatoire : cohésion locale des matériaux, arbustes, brèches dans les digues dues à des "renards" ... petites causes qui entraînent de grands effets.

Ceci nous conduit à élargir la notion de similitude. Abandonnant l'idée de reproduire intégralement tous les phénomènes, nous chercherons seulement une "similitude d'effets", une correspondance des effets globaux, nous fixant, par exemple, la reproduction correcte de l'évolution des fonds.

L'eau du modèle devient seulement un moyen sur lequel on peut agir à son gré pour régler les phénomènes liés au transport solide.

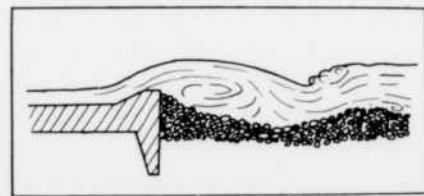
Le modèle devra, tout d'abord, comme un appareil de mesure, être juste (c'est-à-dire qu'il devra reproduire avec exactitude les phénomènes naturels étudiés), sensible (c'est-à-dire qu'une légère variation des conditions naturelles doit entraîner une variation mesurable sur le modèle), fidèle (c'est-à-dire qu'il doit donner dans le temps les mêmes résultats lorsque les conditions hydrauliques sont identiques). Ces qualités, nous les demanderons à des modèles de plus en plus complexes.

Les études d'hydraulique fluviale sur modèle à fond fixe, qui conduisirent déjà les expérimentateurs à distordre ou à basculer leur modèle pour conserver des pertes de charge homologues, naquirent avec la technique du modèle réduit; les premiers modèles réduits sont, en effet, des modèles d'hydraulique fluviale ou des modèles d'estuaire : en 1875, Fargue étudia l'estuaire de la Gironde — Harcourt, en 1885, l'estuaire de la Seine — Reynold, en 1888, l'estuaire de la Mersey — Lecreux, en 1890, reprend l'étude de l'estuaire de la Seine.

Les premiers modèles à fond mobile avaient pour but d'étudier des affouillements locaux dans des enrochements supposés sans cohésion et suffisamment gros pour qu'ils puissent être représentés sur le modèle en similitude géométrique (théoriquement, il faut pour cela que la couche limite laminaire ait une influence négligeable sur le comportement du matériau modèle. Pratiquement, cela se traduit par le fait qu'il faut, au sein du modèle, une turbulence active et des matériaux de dimensions supérieures à environ 1/16 de pouce). L'expérience montra que les résultats obtenus étaient non seulement qualitatifs, comme on le crut tout

d'abord, mais bien quantitatifs, avec une légère marge d'erreurs. Même l'échelle des temps de l'évolution du fond mobile est sensiblement respectée sur de tels modèles à condition que les matériaux naturels ne soient pas cohérents. Pour étudier les affouillements locaux dans les matériaux plus fins, on admet qu'il suffit de respecter sur le modèle la "vitesse critique d'entraînement" des matériaux, au besoin, en jouant sur la densité de ceux-ci pour conserver sur le modèle une granulométrie palpable et éviter la cohésion.

Avant d'aborder le cas général, objet de cette étude, faisons quelques remarques sur ce cas simple. La forme de la condition "similitude des vitesses critiques", automatiquement réalisée dans le cas précédent, est sujette à discussion et, en toute rigueur, ce problème n'est pas encore complètement résolu : en effet, la définition mathématique de la vitesse critique d'entraînement, obtenue expérimentalement par un courant permanent régulier, ne peut pas être la même que celle obtenue dans un affouillement localisé où les fluctuations turbulentes sont très actives; en particulier, il est certain que la couche limite laminaire fait sentir son effet beaucoup plus rapidement lorsque l'on mesure la vitesse critique d'entraînement de matériaux fins dans un écoulement permanent en canal que lorsque le matériau est soumis, comme dans le cas d'un affouillement local, à la turbulen-



**Fig. 1b — La répartition des vitesses dépend très peu de la rugosité du fond. La condition de similitude des vitesses critiques n'a pas à tenir compte d'un coefficient de frottement, d'ailleurs mal défini. — La distorsion est impossible.**

ce provoquée par l'écoulement (Fig. 1). De plus, il y a lieu, dans le premier cas (écoulement uniforme) de tenir compte de la rugosité relative qui régit la répartition des vitesses. Dans le cas d'affouillements localisés, la répartition des vitesses dépend de la configuration générale des parois plus que de la rugosité de celles-ci. Il est donc parfois difficile de savoir s'il faut déterminer les lois de similitude en tenant compte du coefficient de frottement et l'écoulement uniforme.

Malgré ces défaillances théoriques contrariant un esprit rigoureux, le critère "vitesse critique" a donné de bons résultats, car l'influence de la différence de l'effet de rugosité entre la nature et le modèle reste généralement très faible.

A ce sujet, il est intéressant de remarquer que l'écoulement du type turbulent lisse est rare sur fond mobile. En effet, dès que l'écoulement est suffisamment lent et les matériaux suffisamment fins pour que ces derniers aient tendance à être englobés dans la couche limite laminaire, ceux-ci en sortent aussitôt sous forme de dunes augmentant ainsi artificiellement la rugosité et ayant tendance à rendre l'écoulement du type turbulent rugueux.

Notons enfin que la notion de vitesse critique d'entraînement n'a pas un sens rigoureux pour des enrochements répartis au hasard car, comme l'a mis en évidence Einstein<sup>(2)</sup>, il y a toujours un matériau plus ou moins équilibré que le moindre courant peut entraîner; mais il suffit de se mettre devant un canal vitré pour constater qu'il existe effectivement une vitesse critique provoquant un entraînement généralisé de l'ensemble du fond mobile et à partir de laquelle le transport solide devient rapidement intense.

Terminons cette courte digression en soulignant qu'un affouillement localisé est stabilisé par les plus gros; les enrochements ou

les sables les plus fins sont emportés par le courant et le fond reste finalement tapissé de matériaux de grosses dimensions. C'est la raison pour laquelle on se contente souvent de reproduire seulement sur le modèle les matériaux les plus gros trouvés dans la nature (par exemple, le d90 de la courbe en pourcentage cumulé). Nous n'insisterons pas ici sur le choix quantitatif de la granulométrie et de la densité des matériaux du modèle pour l'étude de ce problème car nous y reviendrons. Les problèmes d'affouillement locaux sont les plus simples à étudier car les pertes de charge dépendent seulement de la configuration des limites et sont pratiquement indépendants de la rugosité relative.

Il n'en est pas de même pour les modèles fluviaux du type "ouvrage long" tels que les a appelés Monsieur Escande par opposition aux "ouvrages courts" précédents. En plus de la similitude des vitesses critiques, il importe alors de reproduire correctement les lignes d'eau. Par conséquent, il faut que le matériau solide offre une rugosité en rapport avec les échelles du modèle. De plus, il est important de déterminer l'échelle de l'évolution des fonds dans le temps. Cette échelle des temps peut être calculée à partir de la similitude des lois du transport solide mais il est préférable de déterminer celles-ci expérimentalement en reproduisant sur le modèle les phénomènes naturels observés dans la nature.

Les premiers modèles fluviaux à fond mobile sont étudiés en canalisant les berges; puis peu à peu, apparaissent des modèles où les berges sont elles-mêmes en matériaux plus ou moins affouillables. Ceci n'est possible que si les rivières coulant dans leurs propres alluvions rencontrent, de temps à autre, des obstacles bien déterminés permettant de stabiliser le lit du fleuve. Les modèles à berges affouillables sont abso-

lument irréalisables lorsque le profil de la rivière dépend d'un arbitraire infime et inconnu; par exemple, un taillis peut orienter à lui seul un méandre d'une façon définitive. Comme nous l'expliquerons par la suite, il faut, pour ce modèle, en plus des conditions précédentes, respecter la vitesse de chute des grains qui viennent former les zones de dépôt.

## B) CONDITIONS DE SIMILITUDE DES MODÈLES LONGS À FOND MOBILE

Quelles sont donc les conditions de similitude dans le cas le plus général d'un modèle réduit à fond mobile ?

Les premières conditions qu'il nous faudra respecter seront les mêmes que celles du modèle à fond fixe. Précisons que ces conditions assurent seulement une similitude de l'écoulement moyen.

**1. La similitude de Froude**, générale pour tous les écoulements à surface libre, est due au fait que la force de pesanteur  $g$  s'exerçant sur le fluide est la même dans la nature et sur le modèle; il s'ensuit que le rapport des forces d'inertie (proportionnelles au carré des vitesses  $V^2$ ) aux forces de gravité (proportionnelles à  $gH$ ,  $H$  étant la profondeur) doit rester constant lorsque l'on passe de la nature au modèle. Comme l'échelle des accélérations gravitaires est égale à 1, il s'ensuit que l'échelle des vitesses ( $V$ ) doit être égale à

$$\sqrt{\lambda'}$$

$\lambda'$  étant l'échelle des hauteurs.

## 2. La similitude des pertes de charge

Tous les ouvrages d'hydraulique parlent de la similitude de Reynolds (exprimée par la condition

$$\frac{VH}{\nu} = \text{constante,}$$

$\nu$  étant l'indice cinématique de viscosité) et la mettent en parallèle avec la similitude de Froude. Le nombre de Reynolds apparaît dimensionnellement comme un rapport de forces d'inertie à des forces de frottement visqueux. L'introduction de la similitude de Reynolds à partir des équations fondamentales de Navier — Stokes est simple, mais a pris une place trop grande dans les esprits. Cette place est, sans doute, justifiée théoriquement mais l'ingénieur s'intéresse rarement aux modèles répondant aux lois de similitude de Reynolds, telle qu'elle est définie dans les livres d'hydraulique, dans les exposés sur la similitude, par la condition :

$$\frac{VH}{\nu} = \text{constante}^*$$

\* Cette condition peut être réalisée, par exemple, sur les modèles à air. Pour le problème qui nous occupe, citons l'intéressante analogie entre les dunes de sable des déserts et les dunes de sable du fond des rivières.

Par contre, la similitude des pertes de charge qui fait intervenir le nombre de Reynolds est une condition courante à réaliser sur tous les modèles d'ouvrage long, que l'écoulement se fasse en charge ou à surface libre. Nous ne développerons pas ce point qui a déjà donné lieu à de nombreuses études et, laissant à la similitude de Reynolds un rôle plutôt historique, nous nous efforcerons d'utiliser sagement ce nombre.

La similitude des pertes de charge dans le cas d'un fond mobile porte sur deux conditions :

a) Il faut que l'épaisseur du film laminaire sur le modèle soit très supérieure aux dimensions des grains. Autrement dit, il faut que l'écoulement soit du type turbulent rugueux (*condition de Shields*) sans qu'il y ait formation de dunes d'une façon non contrôlée<sup>(2)</sup>. Rappelons que cette condition se traduit pratiquement par la relation :

$$11.6 \frac{d}{\delta} > 500$$

$d$  étant le diamètre des matériaux utilisés et  $\delta$ , épaisseur de la couche limite laminaire étant égale à

$$\delta = \frac{11.6 \nu}{\sqrt{g H i}}$$

$i$  étant la pente de la ligne d'énergie de l'écoulement. Pour diminuer  $\delta$  et par conséquent  $d$  on est généralement conduit à distordre le modèle c'est-à-dire à augmenter relativement la profondeur  $H$ . Nous reviendrons sur ce point ultérieurement. Notons seulement pour l'instant que l'on aura d'autant plus facilement un écoulement du type turbulent rugueux que le modèle est plus distordu. Cette condition inclut le plus souvent la condition de Reynolds

$$\frac{VH}{\nu} > 3000$$

exprimant que l'écoulement est turbulent.

Dans le cas d'un fleuve à bras multiples ou d'un delta ramifié, un certain nombre de chenaux secondaires peuvent ne pas satisfaire à cette condition de Reynolds. Le nombre de Reynolds apparaît ainsi comme un critère pratique pour définir la finesse du modelé des fonds. On peut admettre, par exemple, que si

$$\frac{VH}{\nu}$$

est supérieur à 3000, le chenal se creuse correctement, sinon il aura tendance à disparaître peut-être plus vite sur le modèle que dans la nature.

b) Nous devons, comme sur les modèles à fond fixe, reproduire les lignes d'eau conformément à la nature. Pour cela, on peut, aussi que nous l'avons déjà indi-

qué, distordre ou basculer le modèle et agir sur la rugosité du fond. Sur les modèles à fond mobile, cette rugosité est fonction de la granulométrie du matériau utilisé. Exprimons mathématiquement cette condition dans le cas (le plus fréquent) où le basculement est nul. Les quantités entre crochets désignant les rapports d'échelle, on doit avoir, d'après la formule de Chezy :

$$[V] = [C] \sqrt{H i} \quad (\text{avec } R_H \neq H)$$

(notations habituelles)

Si  $\lambda'$  est l'échelle verticale et  $\lambda$  l'échelle horizontale, cette relation devient :

$$(\lambda')^{1/2} = [C] \sqrt{\lambda' \times \frac{\lambda'}{\lambda}}$$

L'échelle des coefficients de frottement ( $C$ ) est donc égale à :

$$[C] = \left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)^{1/2}$$

Cette condition est valable aussi bien pour les modèles à fond fixe (où la perte de charge est souvent réglée expérimentalement sans tenir compte de la rugosité relative — à l'aide de grillages, par exemple —) que pour les modèles à fond mobile.

Dans le cas des modèles à fond mobile, nous avons vu que l'écoulement est généralement du type turbulent rugueux. Dans ce cas,  $C$  est une fonction simple de la granulométrie  $d$  :

$$C = \left[ \frac{\text{constante}}{d} \right]^{1/6}$$

L'échelle des diamètres des matériaux  $[d]$  sera donc liée aux échelles du modèle par la relation :

$$[d] = \lambda' \times \left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^3$$

### 3. La similitude des vitesses critiques d'entraînement

Il faut maintenant respecter la vitesse à partir de laquelle, sous une profondeur d'eau donnée, commence le mouvement du fond de telle sorte que, dans la nature et sur le modèle, le fond se mette en mouvement dans des zones semblables.

Une deuxième relation nous sera donnée par la similitude des vitesses critiques d'entraînement qui exprime la constance du rapport entre la poussée d'Archimède exercée sur les grains et la force dynamique exercée par l'eau sur les grains. Ceci se traduit par une relation de la forme :

$$\frac{g (\rho_m - \rho_e) d^3}{\rho_e d^2 V^2} = \text{constante}$$

$\rho_m$  étant la masse spécifique du matériau

$\rho_e$  étant la masse spécifique du liquide

$g$  étant l'accélération de la pesanteur

$V$  étant la vitesse moyenne de l'écoulement.

Or, comme :

$$V = C \sqrt{H i}$$

on en déduit les relations entre les rapports d'échelles :

$$\left[ \frac{\rho_m - \rho_e}{\rho_e} \right] [d] = \left( \frac{\lambda}{\lambda'} \right)^{1/2} \times \lambda' \times \frac{\lambda'}{\lambda} = \lambda' \times \left( \frac{\lambda'}{\lambda} \right)^{1/2}$$

Notons que beaucoup d'auteurs donnent comme relation :

$$\left[ \frac{\rho_m - \rho_e}{\rho_e} \right] [d] = \lambda' \times \frac{\lambda'}{\lambda}$$

Ceci vient du fait qu'ils négligent la répartition des vitesses ou, ce qui revient au même, l'influence du facteur de frottement  $C$  sur la vitesse de démarrage des

grains. Nous avons pris une valeur de  $C$  fonction du diamètre du grain en supposant que la perte d'énergie dépendait seulement de la rugosité relative et non de la forme générale des berges. La relation ci-dessus serait seulement valable pour un problème d'affouillement local avec singularité dans l'écoulement. Elle serait aussi obtenue en considérant que la force s'exerçant sur le grain

est égale à  $\rho_e d^2 V_*^2$ ,  $V_*$  étant cette fois la vitesse de frottement :

$$V_* = \sqrt{g H i}$$

et non la vitesse moyenne :

$$V = C \sqrt{H i}$$

### 4. La similitude des vitesses de chute

Nous avons déjà signalé l'intérêt de la reproduction de la similitude des vitesses de chute pour reconstituer les zones de dépôts des matériaux. En fait, ceci relève du phénomène de transport par suspension sur lequel nous reviendrons.

Mais, à cette notion de vitesse de chute est lié un phénomène plus général mis en évidence par Lacey : la distorsion naturelle<sup>(4)</sup>. Déjà Reynolds écrivait vers 1885 que, dans la nature, les grands cours d'eau sont relativement plats, la courbure de leurs méandres est faible; par contre, les petits cours d'eau ou les affluents d'un grand fleuve sont relativement profonds et leurs méandres ont une courbure accusée.

Lacey, Sir Inglis, Blench ont approfondi cette idée<sup>(5)</sup>. Il existe une interaction entre les caractéristiques de l'écoulement (le débit) et la forme du lit. Si un régime d'équilibre s'établit, on peut regarder comme seuls paramètres indépendants pour un matériau donné le débit liquide et le débit solide, par exemple, et toutes les autres caractéristiques en découlent : vitesse, largeur, profondeur, pente, forme géométrique

du lit, longueur d'onde des méandres. Dans cet esprit, une petite rivière naturelle peut être considérée comme le modèle distordu d'une grande. La distorsion n'est donc pas un procédé artificiel de laboratoire mais au contraire un phénomène naturel qui permet la reproduction exacte aussi bien dans la forme transversale que dans sa courbure en plan.

Il existe, dans chaque cas et pour un matériau donné, une distorsion privilégiée qu'on pourrait appeler "distorsion naturelle" et dont il ne faut pas trop s'écarter sur le modèle si l'on veut obtenir les mêmes formes géométriques du lit que dans la réalité.

De la statistique des fleuves et rivières coulant dans leurs propres alluvions, il ressort que la distorsion n'est pas un mal inévitable auquel on a recours pour assurer un nombre de Reynolds suffisant ou une rugosité relative convenable; mais, au contraire, la distorsion devient une grandeur physique dont la valeur est bien déterminée si les caractéristiques de l'écoulement sont bien respectées. C'est ainsi que la longueur d'onde des méandres des rivières  $L$  coulant dans leurs propres alluvions est sensiblement proportionnelle à la racine carrée du débit  $Q$  (loi empirique établie sur des bases statistiques, la difficulté étant de définir pour un cours d'eau naturel le débit  $Q$  "efficace" qu'il faut considérer) :

$$L = K \sqrt{Q}$$

$K$  étant une constante.

On en déduit la relation entre nature et modèle :

$$[L] = [Q]^{1/2}$$

qui donne suivant la similitude de Froude :

$$\lambda = (\lambda'^{1/2})^{1/2}$$

d'où la relation de Lacey :

$$\lambda^2 = \lambda'^3$$

Cette relation ne sera utilisée qu'en première approximation;

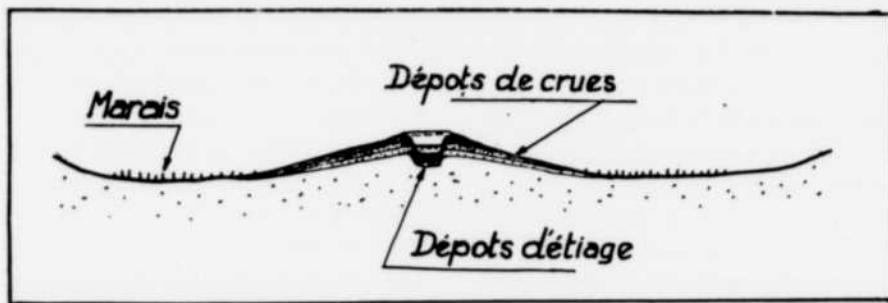


Fig. 2a — Profil type de rivière où les matériaux sont transportés par suspension.

comme nous allons le voir, elle n'est valable, en toute rigueur, que lorsque le matériau nature est le même que le matériau modèle (statistiquement, tous les matériaux transportés par les fleuves sont sensiblement les mêmes; tout au moins, ils ont la même densité).

On retiendra surtout l'idée que, pour un modèle ayant une échelle horizontale donnée et un matériau de fond donné, il existe une échelle verticale optimum qui diffère assez peu de celle déduite de la relation de Lacey. Si l'échelle verticale est trop faible, les méandres auront tendance à être trop courts et inversement.

Cette même relation a été obtenue par Lacey en considérant la similitude de vitesse de chute des grains (ce dernier préconisait d'effectuer les études sur modèles réduits avec les mêmes matériaux que dans la réalité, ne tenant pas compte ainsi de la condition de similitude de vitesse critique d'entraînement).

Cherchons à concilier ces deux critères : Pour qu'une particule entraînée en suspension par le courant arrive sur le modèle au même point que dans la nature, il faut que soit réalisée l'égalité :

$$\frac{\lambda'}{W} = \frac{\lambda}{V}$$

[W] désignant le rapport des vitesses de chute.

D'où la relation :

$$W = \frac{\lambda'^{3/2}}{\lambda}$$

Si les matériaux nature et modèle sont les mêmes : [W] = 1, on retrouve bien la relation de Lacey :  $\lambda^2 = \lambda'^2$ .

Or, la vitesse de chute W est liée à la densité et au diamètre par la relation :

$$C_x W^2 = \text{constante} \frac{\rho_m - \rho_e}{\rho_e} d$$

D'où l'on déduit de la relation de similitude des vitesses critiques :

$$[C_x] \frac{\lambda'^3}{\lambda^2} = \lambda' \times \left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^{3/2}$$

d'où :

$$[C_x] = \left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)^{3/2}$$

Si la particule est suffisamment fine (ce qui est souvent le cas des matériaux en suspension) pour vérifier la loi de Stokes :

$$C_x = \frac{24v}{Wd}$$

d'où :

$$[d] = \frac{1}{\lambda^{1/2}}$$

et d'après la relation de similitude des pertes de charge, on en déduit :

$$\frac{1}{\lambda^{1/2}} = \lambda' \times \left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^3$$

d'où :

$$\lambda^2 = \lambda'^{3.2}$$

relation peu différente de celle de Lacey mais qui nous semble plus

générale car elle s'applique à des modèles dont les matériaux ont des dimensions et des densités différentes. (Notons que si nous avions négligé l'influence du coefficient de frottement C sur la vitesse critique, nous aurions trouvé, tous calculs faits,

$$[d] = \frac{1}{\lambda'^{1/2}}$$

et, à nouveau,

$$\lambda^2 = \lambda'^3$$

Cette relation étant déduite de la similitude des vitesses critiques d'entraînement et de la similitude des pertes de charge, permet de rendre compatible ces conditions avec la condition de similitude des vitesses de chute. La relation

$$\lambda^2 = \lambda'^3$$

est, en somme, seulement valable dans la nature parce que les matériaux ont, en moyenne, même densité et même granulométrie; ceci n'est généralement pas le cas pour les modèles réduits.

Notons que si les matériaux en suspension ne répondent plus à la loi de Stokes, la relation précédente deviendrait :

$$\lambda^2 = A\lambda'^{3.2}$$

A étant fonction d'une façon très générale, des nombres de Reynolds des grains en chute libre.

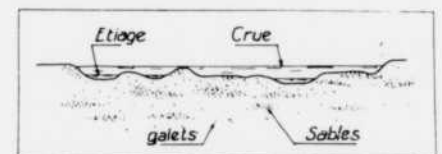


Fig. 2b — Profil type de rivière où les matériaux sont transportés par charriage de fond.

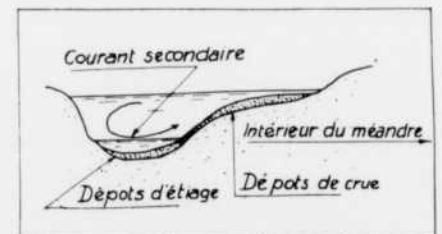


Fig. 2c — Effets de méandres sur un fond mobile.

## 5. La similitude du transport solide

Les conditions précédentes suffisent pour déterminer les caractéristiques du modèle mais elles ne permettent pas d'évaluer l'échelle des temps du transport solide. Il faut donc établir la correspondance sur le modèle et dans la nature des volumes transportés.

On sait que les matériaux sont généralement transportés par charriage et saltation sur la couche de fond, puis en suspension, la turbidité décroissant verticalement suivant les lois établies par Rouse (6).

Il est très difficile de contrôler le transport par suspension. D'ailleurs, il est, en général, plus faible sur le modèle que dans la nature. En un mot, si les lois de suspension, fonction des composantes verticales des vitesses turbulentes, sont maintenant assez bien connues, elles ne permettent pas de réaliser la similitude. On est donc obligé de se contenter de schématiser l'ensemble du transport solide nature par un transport modèle où les proportions transport par suspension et transport de fond ne sont pas respectées. Tout au plus, à partir de la similitude des vitesses de frottement,

$$(V_* = \sqrt{g H i})$$

on peut calculer pour la nature et le modèle les fonctions donnant les volumes de transport solide en charriage et en suspension (cf. Einstein<sup>2</sup>). Notons toutefois que cette similitude globale du transport solide est partiellement corrigée par la condition, d'une part, de similitude des vitesses de chute qui détermine les zones de dépôts, d'autre part, de similitude des vitesses critiques d'entraînement qui détermine les zones d'érosion. Mais il ne faudrait pas trop se fier à ce seul critère et il est bon de se rapprocher autant que possible des conditions naturelles.

En effet, les deux modes de transport donnent lieu à des profils de rivières totalement différents si celles-ci coulent dans leurs propres alluvions.

Dans une rivière où le transport se fait principalement par suspension, le lit est assez étroit et, à chaque crue, le fleuve déborde et s'étale dans la plaine où les matériaux en suspension se déposent par suite de la tranquillité relative de l'écoulement dans cette zone. Ces dépôts se font, évidemment, principalement près du lit majeur et la rivière a donc tendance, en temps normal, à couler au sommet d'une crête. C'est la forme dite "en toit". Pendant les périodes de basses eaux, le limon peut se déposer au fond du lit et il en résulte une surélévation de l'ensemble. Si la crue arrive rapidement, avant que le fond du lit majeur soit nettoyé, la rivière peut s'échapper de cette ligne de faite, former une brèche et recommencer le processus. Les méandres compliquent ce phénomène simplifié à l'extrême dans la précédente description mais le processus reste le même (Fig. 2).

Si les matériaux sont transportés par charriage de fond, ils viennent combler le fond de la rivière. Le lit devient très plat et très large et les eaux divaguent sans cesse à travers des bancs de galets; dans les zones mortes se font des dépôts de sables. Les grandes crues couvrent tout le lit, provoquant un fort transport solide, la pente étant généralement très forte par suite de la rugosité relative importante créée par les galets.

Donc, il n'est pas suffisant d'assurer un transport solide: il faut en plus s'assurer que le mode de transport est sensiblement le même sur le modèle et dans la nature. (Ceci expliquerait aussi certaines divergences entre les affouillements sur modèles réduits et les affouillements dans la nature dans le cas d'ouvrages courts.)

Quelle que soit la façon dont s'effectue le transport solide, celui-ci nous est donné par une formule du type:

$$\frac{T}{d^{3/2} \left( g \frac{\rho_m - \rho_e}{\rho_e} \right)^{1/2}} = f \left( \frac{\rho_m - \rho_e}{\rho_e} \frac{d}{H i} \right)$$

T, étant le transport solide volumétrique (cette relation est en accord avec les formules de Meyer-Peter, Einstein, Kalinske ...) (7). On en déduit que l'échelle du transport solide se présente toujours sous la forme:

$$[T] = [d]^{3/2} \left[ \frac{\rho_m - \rho_e}{\rho_e} \right]^{1/2}$$

Donc, l'échelle du transport solide:

$$[T] = \lambda' \left( \frac{\lambda'}{\lambda} \right)^{3/2} \frac{\lambda'}{\lambda^{1/2}} = \frac{\lambda'^5}{\lambda^{7/2}}$$

L'échelle des temps de l'évolution du fond mobile devient:

$$[t] = \frac{\lambda^2 \lambda'}{\lambda^{5/2}} = \frac{\lambda^{1/2}}{\lambda^{1/4}}$$

et l'échelle des concentrations en matériaux:

$$C = \frac{\lambda'^{1/2}}{\lambda^{1/2}}$$

Rappelons que ces conditions sont obtenues à partir des conditions suivantes:

- 1) similitude des pertes de charge
- 2) écoulement turbulent rugueux sans dune
- 3) similitude des vitesses critiques d'entraînement
- 4) similitude des vitesses de chute

Les relations précédentes seraient modifiées par une constante dans le cas où les matériaux en suspension ne répondraient plus à la loi de Stokes. Notons que la condition de "similitude des vitesses de chute" est une relation empirique et que la loi de Stokes est basée sur la mesure en eau tranquille alors que, sur le modèle comme dans la nature, l'écoulement est turbulent.

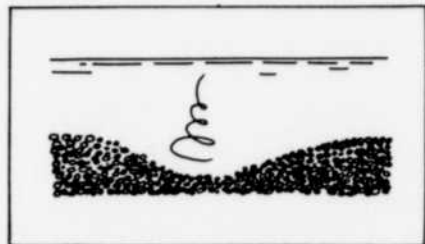


Fig. 3a — Effet d'un vortex sur un fond mobile

### C) L'EMPLOI DE MATÉRIAUX HÉTÉROGÈNES

Nous avons donc essayé de concilier la similitude empirique de Lacey et les conditions usuelles. Nous sommes ainsi arrivés à définir "LE" matériau modèle en fonction des échelles, l'échelle verticale étant pratiquement limitée inférieurement par la condition de Schields et la finesse du modelé que l'on veut obtenir.

Mais cette similitude n'est pas toujours possible car il est rare que l'on puisse trouver exactement un matériau économique de la densité et de la granulométrie données par les équations précédentes. De plus, les phénomènes naturels sont plus complexes que ceux pris en compte par les précédentes lois de similitude; les principales raisons en sont :

- 1) l'hétérogénéité des matériaux transportés dans la nature;
- 2) la cohésion;
- 3) le rapport des matériaux transportés en suspension et par charriage de fond.

Sans même faire intervenir la cohésion, même les théories les plus avancées (telle que celle d'Einstein) sur le transport solide ne semblent pas donner de résultats satisfaisants quand les matériaux transportés ont des granulométries hétérogènes. C'est la raison pour laquelle on ne saurait se contenter d'établir une échelle des temps par le calcul. Mais celle-ci peut être obtenue avec toute la précision voulue par la reproduction sur le modèle de l'évolution naturelle (c'est ainsi que MM. Wallet et Brissaud du Laboratoire Dauphinois d'Hydrau-

lique sont arrivés à reproduire l'historique de l'évolution de la Seine maritime avec une précision sur l'échelle des temps de l'ordre du 1/100 (%).

Quant à la cohésion, elle est encore pour l'ingénieur hydraulicien un paramètre dont il n'a pas acquis le contrôle. C'est, par exemple, ce qui rend difficile la reproduction de la vase sur modèle réduit. C'est peut-être le phénomène de cohésion qui explique la divergence entre les théories du transport solide de matériaux hétérogènes et les résultats expérimentaux.

Un premier pas dans l'amélioration des lois de similitude des modèles fluviaux à fond mobile semble être l'emploi de matériaux de granulométries et de densités hétérogènes, répondant séparément à la condition de vitesse critique d'entraînement, d'une part, qui détermine les zones d'affouillement et à la condition de vitesse de chute, d'autre part, qui détermine principalement l'allure générale des fonds et les zones de dépôts.

La condition des vitesses critiques d'entraînement s'appliquera aux matériaux les plus gros (par exemple d90). La condition de vitesse de chute s'appliquera aux matériaux supposés en suspension dans la nature, c'est-à-dire aux matériaux les plus fins (par exemple d20).

Autant que possible, ces deux lois de similitude appliquées indépendamment l'une de l'autre

devront assurer un rapport convenable entre le transport solide par charriage de fond obtenu par les matériaux satisfaisant aux conditions de vitesses critiques d'entraînement et le transport solide par suspension, obtenu par les matériaux satisfaisant aux conditions de vitesses de chute.

Suivant la densité choisie pour chacun de ces deux matériaux, il se peut que les matériaux en suspension aient une granulométrie supérieure à celle des matériaux charriés sur le fond. D'une façon générale, c'est à partir du matériau le plus gros que sera choisie l'échelle verticale pour obtenir une reproduction correcte des lignes d'eau.

De même, c'est à partir du matériau le plus gros que devra être vérifiée la condition de Schields. A ce sujet, d'après nos propres expériences, il suffit d'une très petite quantité de matériau de dimension relativement élevée et satisfaisant à la condition de Schields pour que disparaissent les rides qui ont tendance à se former avec les matériaux les plus fins du mélange.

Les deux granulométries et les deux densités ainsi déterminées doivent donc, en principe, améliorer et assouplir le choix des matériaux et des échelles. Ces deux courbes granulométriques, elles-mêmes relativement étalées, doivent permettre la reproduction correcte de tous les phénomènes liés au triage hydraulique. Prenons un exemple que nous avons

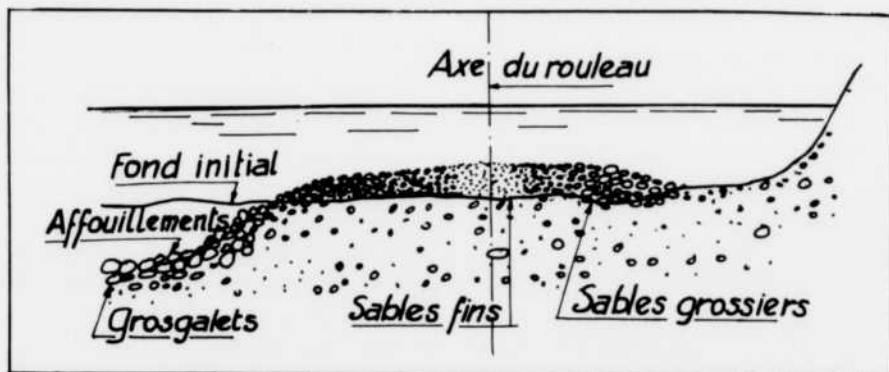


Fig. 3b — Effet d'un rouleau sur un fond mobile. Dépôt obtenu avec un matériau hétérogène.

expérimenté : celui des rouleaux horizontaux. La vitesse de l'eau  $y$  est généralement assez faible pour qu'il y ait dépôt. La vitesse de l'eau dans un rouleau (induit par frottement turbulent) décroît sensiblement linéairement avec le rayon (ce qui le différencie du tourbillon où la vitesse augmente quand le rayon diminue). Les matériaux transportés au centre du rouleau seront les matériaux les plus fins et les matériaux déposés au pourtour seront les matériaux les plus gros (Le vortex peut, au contraire, provoquer une érosion en son centre). Si le modèle réduit utilise une granulométrie homogène, les matériaux se déposeront dans une zone circulaire formant une espèce de couronne lunaire qui n'a rien à voir avec la réalité nature (Fig. 3). C'est ainsi que, sur un modèle destiné seulement aux études des affouillements (où n'est assurée que la similitude des vitesses critiques des matériaux les plus gros) les matériaux se déposent à la périphérie du rouleau; puis, à l'intérieur de la cuvette, on peut observer successivement quelque dunes dues au transport par charriage et au centre aucun mouvement alors que, dans la nature, cet emplacement doit être le siège de dépôt des matériaux les plus fins.

En résumé, les lois de similitude précédemment exposées devraient être modifiées de la façon suivante :

Le réglage des pertes de charge, la condition de Shields, la similitude des vitesses critiques d'entraînement devront se rapporter aux matériaux les plus gros du mélange.

D'où les deux relations permettant de définir la densité et le diamètre des matériaux les plus gros :

$$[d_{90}] = \lambda' \left( \frac{\lambda'}{\lambda} \right)^3$$

$$\left[ \frac{\rho_{m90} - \rho_e}{\rho_e} \right] [d_{90}] = \frac{\lambda'^2}{\lambda}$$

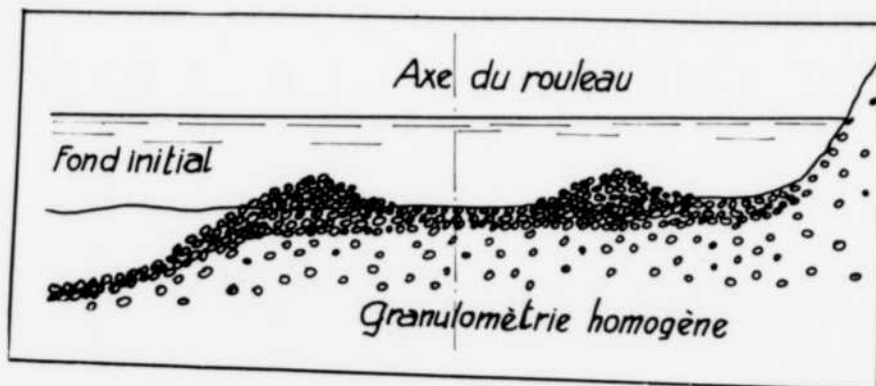


Fig. 3c — Effet d'un rouleau sur fond mobile. Dépôt obtenu avec un matériau homogène.

et la condition de Shields définie précédemment.

La condition de vitesse de chute devra se rapporter aux diamètres des matériaux les plus fins ( $d_{20}$ ) supposés en suspension dans la nature :

$$[W_{20}] = \frac{\lambda'^{3/2}}{\lambda}$$

$$\left[ \frac{\rho_{m20} - \rho_e}{\rho_e} \right] [d_{20}]^2 = \frac{\lambda'^{3/2}}{\lambda}$$

Cette relation permettant de jouer à la fois sur le diamètre et la densité du matériau en facilite le choix car, si les relations donnant une seule granulométrie et une seule densité satisfont, comme nous l'avons précédemment démontré, à toutes les conditions de similitude, il est parfois difficile de trouver le matériau correspondant. En effet, le matériau devra avoir une densité souvent très légèrement supérieure à l'unité. Or, à l'exception de la sciure de bois traitée à la chaux, cette condition nous oblige souvent à prendre des matériaux plastiques dont le prix est prohibitif.

Ces relations supposent que les matériaux les plus fins dans la nature sont aussi les plus fins sur le modèle sinon la condition de similitude des pertes de charge devrait être modifiée en établissant une relation entre le  $d_{90}$  nature et son correspondant modèle.

Il resterait à définir expérimentalement l'échelle des temps du

modèle ou, à défaut, le diamètre caractéristique auquel s'appliquent les lois du transport volumétrique.

Pour terminer, nous signalerons qu'un tel procédé peut apporter une solution aux difficiles problèmes de l'étude sur modèle des matériaux cohérents en utilisant, par exemple, des matériaux de faible densité relative mélangés avec des matériaux cohérents semblables à la nature (vase). Des essais systématiques resteraient à faire pour appuyer cette idée.

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1 — A. CRAYA : Similitude des modèles fluviaux à fond fixe. — *La Houille Blanche*, juillet, août 1948.
- 2 — H. A. EINSTEIN : Formulae for the transportation of Bed Load — *Transactions, American Society of Civil Engineers*, 1942.
- 3 — A. SCHIELDS : Mitt. Preuss. Versuchsanstalt u. Schiffbau No. 26 — Berlin 1936.
- 4 — G. LACEY : A general theory of flow in alluvium, *J. Inst. C.E.* — vol. 27 — p. 16 — Nov. 1946.
- 5 — T. BLENCH : Théorie de l'écoulement turbulent. — *La Houille Blanche* — No 3, Mai 1946.
- 6 — H. ROUSE : Experiments on the mechanics of sediment suspensions 1938.
- 7 — E. MEYER-PETER : Quelques problèmes concernant le charriage des matières solides — *La Houille Blanche* — No B. 1949.
- 8 — A. WALLET : L'étude de l'estuaire de la Seine sur modèle réduit A.I.R.H. — La Haye 1955 — volume 1.

U N I V E R S I T É D E M O N T R É A L

# ÉCOLE POLYTECHNIQUE

ÉCOLE D'INGÉNIEURS — FONDÉE EN 1873

Le programme d'études prévoit la formation générale dans toutes les branches du génie et l'orientation dans les spécialités suivantes :

**TRAVAUX PUBLICS et BÂTIMENTS**

**MÉCANIQUE et ÉLECTRICITÉ**

**MINES et GÉOLOGIE**

**GÉNIE CHIMIQUE et MÉTALLURGIE**

Les élèves reçoivent à la fin du cours les diplômes d'ingénieur et de Bachelier ès Sciences Appliquées avec mention de l'option choisie.

Des études post-universitaires peuvent être entreprises à la fin du cours régulier et conduire aux grades universitaires de Maître et de Docteur ès Sciences Appliquées.

CENTRE DE RECHERCHES ET LABORATOIRES D'ANALYSES



*Prospectus et renseignements sur demande*

**1430, rue SAINT-DENIS, MONTRÉAL**



# Vie DE L'ÉCOLE

## PRÉSENTATION À M. THÉO.-J. LAFRENIÈRE

Le 7 juin dernier, dans l'après-midi, le corps professoral de Polytechnique ainsi que plusieurs invités de marque et anciens de l'institution se réunissaient dans la salle de la Corporation pour rendre hommage à monsieur Théo-J. Lafrenière à l'occasion de sa retraite du corps enseignant de Polytechnique.

A cette occasion, un magnifique présent fut offert à l'éminent professeur par ses élèves et ses anciens collaborateurs.

Monsieur Henri Gaudefroy, directeur de l'École, se faisant l'interprète des nombreux amis de monsieur Lafrenière, s'adressa à son auditoire dans les termes suivants :

"Monsieur le Président,  
Mes chers collègues,

Parmi les nombreuses et diverses activités de la fructueuse carrière de celui que nous honorons aujourd'hui, c'est évidemment pour la plupart d'entre nous, qui avons été ses élèves, le professeur dévoué et compétent que nous voyons en lui. Et le moment présent doit lui rappeler, à lui comme à nous, de nombreux et chers souvenirs. Il fait probablement, à l'instant même, une magnifique synthèse se reportant au début de sa carrière dans l'enseignement, en 1912, et s'arrêtant avec complaisance pour en revivre les diverses étapes. C'est un long voyage qu'il n'a évidemment pas fait seul. Quel serait le rôle du professeur s'il n'avait pas d'élèves? Et si nous avons tour à tour, accompagné monsieur Lafrenière au cours de son long périple de 45 promotions d'étudiants, il me paraît juste qu'à titre d'anciens élèves devenus ses collègues, nous représentions à ses yeux, au cours de cette cérémonie, cette multitude de diplômés, quelque 1630 qu'il a contribué à former. Nous



De gauche à droite : M. Henri Gaudefroy, directeur de l'École Polytechnique; M. Ignace Brouillet, président de la Corporation de l'École Polytechnique; M. Lafrenière, M. Alphonse Gratton, professeur de voirie rurale et, partiellement caché par M. Gratton, M. Louis Courville, assistant au laboratoire d'électrotechnique.

le recevons donc en grand nombre aujourd'hui, au débarcadère, pour le féliciter d'un voyage magnifique et le remercier du bien qu'il a semé sur sa route.

Ses notes biographiques nous révèlent qu'en même temps qu'il faisait ce voyage académique, il en entreprenait un autre tout aussi beau et fructueux comme professionnel dans son domaine de prédilection, le génie sanitaire. Cet autre voyage, monsieur Lafrenière, vous l'avez fait avec un petit nombre d'adeptes seulement, ceux que vous aviez réussi à entraîner à votre suite. Et pour l'édification de ceux qui n'étaient pas avec nous, permettez que je rappelle par quelles étapes vous êtes passé dans ce voyage professionnel que je qualifierais d'ascension rapide, à l'instar d'un alpiniste qui se lance à la conquête des cimes les plus élevées.

Dès 1911, après un séjour de deux ans au M.I.T. monsieur Lafrenière est attaché au Conseil supérieur d'hygiène de la province, devenu plus tard le Service provincial d'Hygiène et connu depuis 1936 sous le nom de Ministère de la Santé. Sans tarder on lui confie le poste d'ingénieur en chef de l'organisme, et c'est à lui que revient le crédit du développement extraordinaire du génie sanitaire dans la province. Rien ne s'est fait dans nos municipalités qui ait trait aux aqueducs, aux égouts, à la pas-

teurisation du lait, qui n'ait été sujet à sa critique et à son approbation. Il y a présentement plus de 300 aqueducs dans la province; près de 200 municipalités ont un réseau d'égout, et les usines de pasteurisation du lait sont au nombre de 200. Je vous laisse à juger ce que cela signifie comme effort, quand il a fallu partir de rien, pour établir les normes, les procédés, et aussi préparer la législation appropriée.

Les milieux canadiens et américains compétents ont su reconnaître les mérites de l'ingénieur sanitaire no 1 de la province, comme vous pourriez vous en rendre compte vous-mêmes par l'énumération suivante: Monsieur Lafrenière fut président de l'American Public Health Association, section du génie sanitaire en 1933; président de l'Association canadienne de la Santé publique, section du génie sanitaire en 1934, et Conseil Central en 1954. Membre de l'American Waterworks Association depuis 1916, il en fut président en 1951-52. En 1940, il avait reçu la médaille Fuller que cette association avait fondée trois ans plus tôt, pour reconnaître le mérite et la compétence des grands spécialistes de l'approvisionnement en eau potable. En 1950, il était le récipiendaire de la médaille Bedell, honneur très convoité et accordé par la Canadian Institute on Sewage and Sanitation. Et en 1948, il est honoré

du grade de Docteur ès Sciences appliquées de notre institution.

Mes chers amis, c'est la somme totale de tout cela qui forme l'entité que nous connaissons sous le nom de Théo-J. Lafrenière, professeur à l'École Polytechnique. Vous voyez de quelle compétence nous avons bénéficié durant toutes ces années à Polytechnique. Je vous félicite de vous être réunis aujourd'hui et de m'avoir permis de le souligner. Je me fais votre interprète auprès de monsieur Lafrenière, pour le féliciter et lui faire nos meilleurs vœux, et je demanderais à deux voyageurs qui ont fait la croisière académique avec lui, l'un de la première heure, monsieur Alphonse Gratton, et l'autre, du dernier groupe, monsieur Louis Courville, de bien vouloir lui offrir en notre nom, le cadeau que nous désirons lui remettre aujourd'hui, en témoignage de notre estime et de notre amitié."

Monsieur Alphonse Gratton, professeur de voirie rurale et monsieur Louis Courville, assistant au laboratoire d'électronique de Polytechnique, présenteront alors à monsieur Lafrenière, un magnifique appareil de télévision.

Monsieur Lafrenière remercia ses élèves et ancien collaborateurs en termes émus et profita de l'occasion pour donner un aperçu des progrès réalisés dans la province de Québec dans le domaine du génie sanitaire.

## Palmarès de l'année académique 1956-57

### Collation des Grades du 13 octobre 1956

#### DIPLÔMES DE MAÎTRISE

**Maîtrise ès Sciences appliquées en Travaux publics et Bâtiments avec très grande distinction:**

ROCHETTE, André

**Maîtrise ès Sciences appliquées en Travaux publics et Bâtiments avec distinction:**

CHARTRAND, Jean

### Collation des Grades du 31 mai 1957

#### DIPLÔMES DE MAÎTRISE

**Maîtrise ès Sciences appliquées en génie métallurgique — avec très grande distinction:**

TOUGAS, Rémi

#### DIPLÔMES D'INGÉNIEUR ET DE BACHELIER ÈS SCIENCES APPLIQUÉES

##### Option "Mécanique - Électricité"

STARKE, George

Monsieur Starke a obtenu la Médaille de son Excellence le Lieutenant-Gouverneur de la Province, accordée à l'étudiant classé premier pour toute la durée de son cours; une Médaille d'Argent de l'Association des Diplômés de Polytechnique accordée, dans chaque option, pour l'excellence du projet de fin d'études et des travaux pratiques; le prix "Warden King Limited" (\$25.00), pour l'excellence de sa thèse en chauffage; le prix de l'Electrical Manufacturing Company Limited" (\$25.00), décerné à l'étudiant finissant qui

s'est le plus distingué dans l'étude des appareils électriques à basse tension.

DENIS, Gaston; JURKUS, Algirdas; DEVIEUX, Carrié; LEMIEUX, Claude; MONIER, Louis.

##### Diplômes obtenus avec distinction:

FORTIER, Pierre; BRIAND, Régis; BARIL, Marcel; COURVILLE, Louis; BEAUDET, Maurice; LAROCQUE, Pierre; PHANEUF, Jean-Yves; AUGER, Raymond; SABOURIN, Jean; O'SHEA, Jules; AUDETTE, Maurice; DELAGE, Wilfrid; LEGAULT, Roger; FORTIN, Ronald; ST-LOUIS, Roger; ROY, André-J.; PAQUIN, Roland; CARON, Robert; SOREL, Yvon; LAVOIE, Marc; ROBERGE, Gaston; LÉVESQUE, Pierre-Yves; BELCOURT, Gilles; NEYRET, Gilles; BOUCHARD, Roland; MONTPETIT, Jacques; PLAMONDON, Rolland; LAVIGNE, Maurice; ROBITAILLE, Pierre; GRAVEL, Jean-Marc; SIMARD, André; POULIOT, Robert; LABERGE, Charles; PARADIS, Paul; ST-PIERRE, André; JASMIN, Jean-Louis; FLUET, Pierre; TOUSIGNANT, Aimé; PHANEUF, Jean-Claude; RIVEST, Jacques; VÉRONNEAU, André; HUC, Robert; LA ROUGERY, Yves Blondel.

Monsieur La Rougery a obtenu le prix de l'"American Society of Heating and Ventilating Engineers", (\$25.00), attribué à l'étudiant qui a présenté la meilleure thèse en chauffage, ventilation et climatisation.

AUBÉ, Maurice; MAJOR, Jean-Louis; GYURIK, Robert; DUBOIS, Gaétan.

##### Option "Travaux Publics - Bâtiments"

**Diplômes obtenus avec grande distinction:—**

BARETTE, Jacques

Monsieur Barette a obtenu la Médaille d'Or de l'Association

des Diplômés de Polytechnique, attribuée à l'étudiant classé premier en dernière année d'études; le prix de l'Association Professionnelle des Industriels (\$25.00), accordé à l'étudiant finissant qui s'est classé premier au cours d'organisation industrielle.

ARSENAULT, Roger; MARINIER, Gilles; GRAVEL, Bernard; LAVIGUEUR, Gilles; GRÉGOIRE, Robert

Monsieur Grégoire a obtenu le prix de la "Canadian Construction Association" attribué à l'étudiant qui a présenté la meilleure thèse dans l'option Travaux publics et bâtiments.

**Diplômes obtenus avec distinction : —**

BERTRAND, Denis-A.; GUÉRIN, Fernand; ROUSSEAU, Gilles; ROULEAU, Jacques; ROBERGE, Claude; RIVEST, Gilles; DUBOIS, Jacques; PESANT, Claude; DUBOIS, Gérard; PARADIS, Jean; NANTEL, Robert; LALANDE, François; MATHIEU, Jean-Pierre; LÉPINE, Jean-Paul; LA-FORTE, Bertrand; VIENS, Georges; SÉBASTIEN, Gilles; SINCENNES, Jacques; MARIER, Gaston

Monsieur Marier a obtenu le prix Ernest Cormier, offert à l'étudiant classé premier au cours d'Architecture.

MONAT, Jean; LaFONTAINE, Henri-Paul; BEAUMIER, Clément; BELANGER, Guy; SIMARD, Jacques; BISAILLON, André; CARON, Rodrigue; MARQUET, Jacques; HODE KEYSER, Antoine.

Monsieur Hode Keyser a obtenu une Médaille d'Argent de l'Association des Diplômés de Polytechnique accordée, dans chaque option, pour l'excellence du projet de fin d'études et des travaux pratiques.

ROY, André; BISSON, Raymond; OUELLET, Jean-Charles; GARIÉPY, Roland; GAUDETTE, Yves; ROY, Robert

**Option "Mines - Géologie"**

**Diplômes obtenus avec distinction : —**

DALLAIRE, Raymond

Monsieur Dallaire a obtenu le prix Paul D'Aragon, offert à l'étudiant s'étant classé premier au cours de mines.

SABOURIN, René

Monsieur Sabourin a obtenu une Médaille d'Argent de l'Association des Diplômés de Polytechnique accordée, dans chaque option, pour l'excellence du projet de fin d'études et des travaux pratiques.

**Option "Génie Chimique - Métallurgie"**

**Diplômes obtenus avec grande distinction:—**

SEGUN, Elie

Monsieur Séguin a obtenu une Médaille d'Argent de l'Association des Diplômés de Polytechnique accordée, dans chaque option, pour l'excellence du projet de fin d'études et des travaux pratiques; le prix de l'"American Society for Metals" (\$25.00), attribué à l'étudiant finissant qui s'est classé premier en métallurgie.

DESSUREAUX, Silien

**Diplômes obtenus avec distinction : —**

CHARTRAND, Gilles; DAVID, André; GRONDIN, Philippe; BRASSARD, Maurice; BELLEHUMEUR, Gérard; CARON, Jean-Claude; HUNZIKER, Camil; PILON, Jean-Guy; BOISSONNEAULT, Yvon; RICHARD, Michel; LE-FEBVRE, Charles-André; CHARETTE, Camille; CANTIN, Paul; GERVAIS, Pierre; LORTIE, Guibert; BELLE-ISLE, Jacques

**PRIX**

**Prix attribués à des étudiants non finissants**

Prix de l'"Engineering Institute of Canada" (\$25.00), décerné pour succès académique et participation aux activités professionnelles et sociales des étudiants de Polytechnique

GASCON, Gilles

étudiant de 4<sup>ème</sup> année

ex-aequo avec GENIER, Gilles,

étudiant de 4<sup>ème</sup> année.

Prix de la Corporation des Arpenteurs-Géomètres de la Province de Québec (\$25.00), offert à l'étudiant qui s'est classé premier aux cours d'arpentage et de géodésie.

HEBERT, Jean-Claude,

étudiant de 4<sup>ème</sup> année.

Prix du "Chemical Institute of Canada" (\$25.00), décerné à l'étudiant de quatrième année qui se classe premier en l'option génie chimique

HAMEL, Denis,

étudiant de 4<sup>ème</sup> année.

Prix Rodolphe Maheu (\$25.00), décerné à l'étudiant qui s'est classé premier aux cours de comptabilité et de finances

GASCON, Gilles

étudiant de 4<sup>ème</sup> année.

Prix d'Ordre de La Banque d'Epargne de la Cité et du District de Montréal

GALARNEAU, André

étudiant de 4<sup>ème</sup> année.

# ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES

affiliée à l'Université de Montréal

## TROIS ANNÉES D'ÉTUDES

**OUVERTURE DES COURS :**

le deuxième mardi de septembre.

**DEUX ANNÉES DE FORMATION ÉCONOMIQUE  
ET COMMERCIALE GÉNÉRALE  
UNE ANNÉE DE SPÉCIALISATION**

Section générale des affaires — Section économique  
Section comptable — Section des sciences actuarielles

PROGRAMME SPÉCIAL POUR LES INGÉNIEURS, AVOCATS, NOTAIRES ET AGRONOMES

Demandez notre prospectus

535 ave Viger, Montréal

## SECRETARIAT DE LA PROVINCE DE QUÉBEC

- Les fonctions du Secrétariat de la Province de Québec sont tout à fait d'ordre social. L'oeuvre qu'il accomplit est d'une importance capitale pour le développement de la Province.
- Les compagnies de la Province, qui désirent bénéficier de la Loi des compagnies de Québec, doivent s'adresser au Secrétariat de la Province, afin d'obtenir leur charte d'incorporation; c'est ce ministère, également, qui émet les licences et permis autorisant les compagnies étrangères à exploiter quelque commerce ou industrie et à vendre ou autrement aliéner leur capital et leurs actions en cette Province. Les unes et les autres sont tenues de fournir au Secrétariat un rapport annuel de leur activité.
- Depuis quelques années, la population tout entière a compris l'importance de l'Instruction publique. Le Secrétariat de la Province n'a rien négligé pour répandre l'enseignement primaire et supérieur, afin d'outiller notre jeunesse, dans la préparation de son avenir. Outre les allocations octroyées aux universités et aux collèges classiques, il assure avec le Département de l'Instruction publique, le maintien de l'enseignement primaire, dans les villes, et surtout dans nos campagnes.
- Il a la haute direction des principales écoles d'enseignement supérieur: l'Ecole Polytechnique, l'Ecole des Hautes Etudes Commerciales, les Ecoles des Beaux-Arts, le Conservatoire de Musique et d'Art Dramatique, la Bibliothèque Saint-Sulpice, directement subventionnés par lui, et qui visent à la formation d'une élite dans le monde de la finance, du commerce et des arts.
- Chaque année, des cours du soir sont donnés gratuitement pendant plusieurs mois, permettant aux jeunes travailleurs sérieux de continuer leurs études et d'acquérir des connaissances nouvelles, souvent indispensables dans l'exercice de leurs devoirs journaliers.
- Le Secrétariat de la Province s'intéresse aussi au progrès des sciences, des lettres et des arts et chaque année il distribue plusieurs milliers de dollars en prix décernés aux auteurs des meilleurs ouvrages présentés à ses concours littéraires et scientifiques.
- Le même ministère attache une importance toute spéciale au progrès de l'art musical dans cette province. En plus d'avoir fondé le Conservatoire de Musique et d'Art Dramatique, il a donné une vive impulsion à l'enseignement du solfège.
- Dans le but de conserver notre patrimoine artistique et de le faire mieux connaître, il poursuit depuis plusieurs années un inventaire des oeuvres d'art, contribuant ainsi à sauver de la destruction et de l'oubli des trésors artistiques qui, sans cette contribution, seraient aujourd'hui perdus dans la collectivité.
- Et voilà le résumé succinct des principales activités du Secrétariat, qui occupe sa place bien à lui dans le Gouvernement, et dont l'importance primordiale ne peut être mise en doute.

**Jean Bruchési,**  
*sous-secrétaire de la Province.*

**L'honorable Yves Prévost, C.R.,**  
*Secrétaire de la Province.*

# Vie de L'ASSOCIATION

## BANQUET 1958

L'organisation du Banquet des Diplômés de Polytechnique pour l'année 1958 n'est pas arrêtée dans tous ses détails, mais le nom de l'invité d'honneur est déjà connu: il s'agit du Dr James R. Killian, président du Massachusetts Institute of Technology. C'est grâce à l'initiative du premier vice-président de notre Association, monsieur Henri Gaudéfroy que le Dr Killian a accepté d'être notre conférencier lors de notre prochain banquet dont la date est fixée au samedi 25 janvier 1958.

Le comité d'organisation se propose de faire du 25 janvier 1958 la Journée des Diplômés. Il y aura probablement une visite du nouvel immeuble de Polytechnique, qui sera alors à peu près terminé; on se propose aussi de tenir le banquet au Centre Social de l'Université de Montréal.

## NÉCROLOGIE

**Louis-C. Lajoie '18** est décédé le 9 juillet 1957, à l'âge de 60 ans. Né à Montréal, monsieur Lajoie avait fait ses études primaires au collège Notre-Dame et au collège de Longueuil avant d'entrer à Polytechnique. Après avoir servi dans l'armée pendant la première guerre mondiale à titre d'ingénieur, il avait fait partie du service technique de la compagnie Imperial Oil, avant d'être nommé gérant de la production de la même compagnie à sa raffinerie de Montréal-Est. Membre de la Corporation des Ingénieurs Professionnels de Québec et de l'Engineering Institute of Canada et membre associé du Chemical Institute of Canada, il avait été aussi Chevalier de Colomb, conseil de Montréal-Est.

**David-D. Clerk '24** est décédé le 30 juillet 1957, à Québec, à l'âge de 56 ans. A sa sortie de l'École Polytechnique monsieur Clerk était entré au service de la compagnie Amiesite Asphalt Ltd. En 1930, il entra au ministère provincial de l'Agriculture où il devenait quelques années plus tard chef du service du génie rural et par la suite de l'office du Drainage. En 1947 il était nommé gérant de la Cité de Chicoutimi. Quelques années plus tard il ouvrait à Québec, un bureau d'ingénieur-conseil et c'est à ce titre qu'il exerçait sa profession peu avant son décès.

## TOURNOI DE GOLF ANNUEL

Par une température idéale, le 9ème tournoi de golf annuel de notre Association a eu lieu le vendredi, 23 août dernier, à Lachute. 136 joueurs ont pris part au tournoi, dont 106 diplômés et 20 dames.

A 8 heures eut lieu le buffet qui fut servi à plus de 200 personnes; grâce à une dispense obtenue des autorités religieuses de Lachute, les invités purent y manger gras. Le buffet fut présidé par monsieur Henri Gaudéfroy, président du Comité des activités sociales de notre Association, qui souhaita la bienvenue aux diplômés et à leurs invités et qui remercia le bureau d'ingénieur Lalonde & Valois qui avait gracieusement offert le cocktail avant le buffet. A la table d'honneur, on re-

marquait, outre le président de notre Association, M. J. Georges Chênevert, l'honorable William M. Cottingham, ministre des mines de la province de Québec, Monsieur Carrière, maire de Lachute, Messieurs Huet Massue '13 et Raoul Painchaud '11 et M. Gérard Lefebvre '42, administrateur de la compagnie Ayers Limited de Lachute, ainsi que leurs épouses.

Après quelques allocutions, M. Guy Dionne '51, organisateur du tournoi, procéda à la distribution des trophées et des prix.

M. Léo Brossard '36, gagna le trophée de monsieur Ignace Brouillet pour le meilleur "score" brut, soit 83. La fin de ce tournoi fut plutôt enlevante, et M. Léo Brossard ne s'assura le trophée Brouillet qu'après avoir détaillé pour un trou supplémentaire avec M. Marcel



Monsieur Léo Brossard '36, à droite, avec un "score" brut de 83, a remporté les honneurs du tournoi. Le trophée Brouillet lui est présenté par le Dr Ignace Brouillet.

Delage '49 qui obtint aussi le "score" brut de 83. Ces joueurs étaient suivis de près par MM. Jean-G. Archambault '37 et Fernand Gascon '54.

Le meilleur "score" net fut obtenu par M. Ignace Brouillet '29, qui gagna par le fait même le trophée P.A. Dupuis, avec le compte de 74. Il était sui-

vi de MM. Guy Dionne '51, François Valiquette '32 et Jean-Paul Gélinas '48.

Le tournoi des dames fut gagné pour une deuxième année consécutive par madame Euclide Paré qui reçut le trophée A. Billet Limitée. Madame Pierre DeGuise gagna le tournoi de "putting" et monsieur Claude Rouleau '54 se vit

attribuer le prix de consolation pour ses courageux efforts.

On comptait au-delà de 70 prix gracieusement offerts par des membres et des amis de notre Association, et qui furent distribués soit comme prix de présence, soit pour les résultats obtenus lors du tournoi.



Monsieur J.-Georges Chênevert '23, à droite, président de l'Association, présente au Dr Ignace Brouillet '29 le trophée P.-A. Dupuis pour le meilleur "score" net.



Monsieur A. Vincent Beaulieu, de la compagnie A. Billet Limitée, présente à madame Euclide Paré, de Québec, le trophée Billet pour sa performance dans le tournoi des dames.



Les convives de la table d'honneur. De gauche à droite : Jacques Laurence '38, secrétaire-trésorier de l'Association; Gérard Lefebvre '42, contrôleur de la compagnie Ayers Limited de Lachute; madame Henri Gaudefroy; le Dr Henri Gaudefroy '33, directeur de l'École Polytechnique et président du Comité des activités sociales de l'Association; l'honorable William M. Cottingham, ministre des mines de

la province de Québec; madame Carrière; M. J.-Georges Chênevert '23, président de l'Association des Diplômés; M. Léopold Carrière, maire de Lachute; madame Gérard Lefebvre; le Dr Huet Massue '13, directeur de Atomic Energy of Canada Limited; M. Raoul L. Painchaud '11, directeur-gérant de Montpellier Construction Limitée.

# Nouvelles des DIPLOMÉS

**Paul Amyot, '51**, est maintenant à l'emploi de Dufresne Engineering Co. Ltd., à Beauharnois.

**Jean G. Archambault, '37**, Capitaine de Groupe dans l'Aviation Royale Canadienne est Commandant du Collège Militaire Royal de Saint-Jean, P.Q.

**Réal Arsenault, '53**, a quitté Marine Industries de Sorel pour entrer au service de Quebec Iron & Titanium Corporation à Tracy, P.Q.

**Jacques Barrette, '57**, est à l'emploi de B & H Metal Industries Co. Ltd.

**Marcel Baril, '57**, poursuivra des études à Polytechnique de septembre 1957 à septembre 1958 en vue d'une maîtrise.

**Gilles Beaulieu, '55**, est maintenant à l'emploi de Superior Window Company Limited de St-Hyacinthe.

**Gérald Beauvais, '53**, est à l'emploi de McGuire Engineering Co. Ltd.

**Léo-P. Bélanger, '52**, a quitté la firme Royalmount Construction pour entrer au service de la firme Montreal Construction Supply & Equipment Ltd.

**Pierre Belleau, '54**, est maintenant à l'emploi de Payette Construction Ltée, à Montréal.

**Roger Berthiaume, '50**, est maintenant à l'emploi de Phoenix of London Assurance Group.

**Jacques-H. Bertrand, '36**, occupe le poste de "manager, plant engineering division" pour Lester B. Knight & Ass. Inc. à Chicago. Il demeure maintenant à 4709 S. Wolf Road, Western Springs, Ill., U.S.A.

**André Biscailon, '57**, est à l'emploi de l'Administration de la Voie Maritime du St-Laurent.

**Claude Blouin, '55**, est maintenant au bureau de C. E. Gravel, ing. conseil, de l'Abord-à-Plouffe.

**Jean Blouin, '54**, qui était à l'emploi de la compagnie H. J. O'Connell Ltd., comme ingénieur à la construction de radar à Schefferville, est maintenant à l'emploi de la compagnie Iron Ore Co.

of Canada, dans son département électrique, où il occupe le poste de Electrical Field Supervisor, chargé de l'entretien électrique de toutes les mines de la compagnie.

Il a épousé Mlle Martha-E. Davis en septembre 1956 et habite maintenant Schefferville.

**Patrice Boisseau, '55**, est à l'emploi de Boeing Airplane Company, à Bellevue, Wash., U.S.A.

**Henri Borduas, '35**, est maintenant à la Dominion Bridge Co. Ltd., à Lachine.

**Omer Boucher, '37**, occupe maintenant le poste d'ingénieur-surintendant, à la division technique du service de construction de la Cité de Montréal.

**Jean Bourassa, '49**, a été élu secrétaire du Chapitre des Cantons de l'Est de l'Engineering Institute of Canada.

**Jean-R. Bourbonnais, '53**, est maintenant à l'emploi de C. D. Howe Co. Ltd., à Chalk River, Ont., à titre de "mechanical engineer (field)".

**Marc Boyer, '28**, sous-ministre du Ministère des Mines et Relevés techniques à Ottawa, recevait le 26 mai dernier le titre de Docteur ès Sciences Honoris Causa de l'Université d'Ottawa. C'est lui qui à cette occasion prononça le discours de circonstance au nom des nouveaux docteurs. Son texte apparaît à la fin de cette rubrique.

**Paul Brissette, '48**, occupe le poste d'assistant administrateur au bureau du gérant général de Sorel Industries Ltd.

**André Brossard, '52**, est maintenant à l'emploi de Canadair à Montréal.

**Paul Brosseau, '54**, occupe maintenant le poste d'ingénieur en chef au département d'électricité chez Letendre, Monti et Associés, ingénieurs-conseil, Montréal.

**Geo. H. Burdett, '27**, nous annonce que le bureau qu'il dirige pour le Conseil National de Recherches est maintenant situé à 3420 avenue Wilson, à Montréal.

**Jean Cadieux, '43**, est maintenant au service des achats de la Cité de Montréal.

**Philippe Cardinal, '55**, a laissé le bureau de Letendre, Monti et Associés, et est maintenant à l'emploi de Racey, MacCallum & Associates Ltd., Montréal.

**Fernand Caron, '50**, est maintenant à l'emploi de Lord & Cie Ltée, à Montréal.

**René Cartier, '29**, qui était à l'emploi de la Cité de Montréal, est maintenant à sa retraite.

**André Chadillon, '55**, est maintenant à l'emploi de Price Bros. Co., à Kénogami.

**Jacques Chagnon, '49**, occupe maintenant le poste de chef de bureau chez C. E. Gravel, ing.-conseil.

**Guy Chaussé, '51**, est maintenant à l'emploi du bureau de Paul Pelletier, ingénieur-conseil, Montréal.

**René Chouinard, '54**, est maintenant à l'emploi de E. G. M. Cape & Co. Ltd.

**Gaétan J. Côté, '36**, doyen de la faculté des sciences de l'Université de Sherbrooke représente la branche des cantons de l'Est au conseil de The Engineering Institute of Canada.

**Gilbert Coupienne, '40**, a quitté le ministère Fédéral des Transports pour entrer au service du bureau Stadler, Hurter & Co., à Montréal.

**Aimé Cousineau, '09**, dont la promotion compte 23 diplômés, recommande à ses confrères dont les noms suivent à se préparer à fêter dignement leur 50ème anniversaire de sortie de l'École : D.-R. Baribault (Springfield, Mass.), Léon Brunet (Québec), Arthur Buisson (Ottawa), Amédée Buteau (Montréal), J.-D. Chéné (Hull), Emile Drolet (Québec), A.-J. Forest, E. A. L. Ghysens, Théo. J. Lafrenière, A.-J. Papineau, (tous quatre de Montréal), J.-H. Robitaille (Québec), J.-E. Saint-Laurent (Ottawa) et Joachim Tessier (Québec). Quatorze diplômés de cette promotion sont donc encore vivants. Les neuf diplômés décédés sont : Eugène Desaulniers, Charles P. Dubuc, Alex. Fraser, Augustin

Frigon, R.-E. Joron, Adrien Labelle, Alphonse Lallèche, Amédée Langlois et Adrien Plamondon.

La célébration du 25<sup>ème</sup> anniversaire de sortie de l'École des diplômés de cette promotion, le 3 février 1934 au Cercle Universitaire lors du banquet annuel de l'Association, réunissait Baribault, Brunet, Cousineau, Drolet, Lafrenière, Papineau, Saint-Laurent et Tessier, ainsi que Desaulniers, Frigon, Joron, Lallèche et Plamondon.

**Gilles Cousineau, '55**, a laissé Imperial Oil Co. Ltd., et est maintenant au bureau de C. E. Gravel, ingénieur-conseil de l'Abord-à-Plouffe.

**Camille Dagenais, '46**, est maintenant au bureau de Surveyer, Nenniger & Chênevert, Montréal.

**Claude Dagenais, '56**, a quitté l'Hydro-Québec pour entrer au service de la Cité de St-Laurent.

**Yvon Dagenais, '56**, est maintenant à l'emploi de Shawinigan Engineering Co. Ltd.

**Raymond Dallaire, '57**, est revenu de Schefferville et travaille maintenant pour Canadian Johns-Manville Co. à Asbestos.

**Léon Paul Dancose, '42**, fait maintenant partie du conseil de The Engineering Institute of Canada comme représentant du District du Bas St-Laurent.

**Georges Darveau, '52**, est maintenant ingénieur de la Cité de Longueuil.

**Alexandre Décarie, '27**, a été nommé vice-président et ingénieur en chef de Pressure Pipe Company of Canada Limited.

**Yvon DeGuisse, '37**, occupe maintenant le poste d'ingénieur adjoint à la division régionale de l'exploitation de l'Hydro-Québec, à Montréal.

**Jean-Guy Demers, '53**, est maintenant au bureau de Jean-F. Gagnon, ingénieur-conseil, Montréal.

**C. H. Denhez, '47**, a laissé la compagnie Imperial Oil Ltd, en février dernier pour devenir président et gérant de la compagnie spécialisée dans le nettoyage industriel des chaudières à vapeur et nombre d'autres installations.

**Arthur Denis, '53**, est maintenant à la Square D Co. (Canada) Ltd., à Montréal.

**Carrié Devieux, '57**, poursuit des études post-universitaires au département de génie électrique de l'Université McGill.

**Roland Doucet, '54**, est maintenant à la Roch Construction de Kénogami.

**Gaétan Ducharme, '49**, est maintenant à la Cité Construction Cie Ltée, à Montréal.

**Paul E. Dumont, '49**, est gérant de Dumont Geophysics Ltd., à Montréal.

**Jean Dupont, '56**, a laissé Jarry Hydraulics et est maintenant au bureau de Leblanc & Montpetit, à la section électricité.

**Marcel Dupuis, '54**, est maintenant à l'Hydro-Québec.

**Louis Durand, '47**, est maintenant ingénieur des ventes chez Sicard Inc. Montréal.

**Louis Dutil, '52**, est maintenant chez BauVal Inc.

**Jean Favron, '52**, est maintenant à l'emploi de Canadair.

**J. A. Forgues, '15**, a laissé Hydro-Québec et est maintenant au bureau de Cartier, Côté & Piette, ingénieurs-conseil, à Lachine.

**Jean Forté, '51**, est maintenant au bureau de Barott, Marshall, Merrett & Barott, architectes.

**René Gagné, '51**, est maintenant à la Steel & Timber Structures Ltd., à Québec.

**Yves Gaudette, '57**, est à Caracas, au Venezuela, à l'emploi de Schlumberger Oil Wells Surveys.

**Marcel Gaudreau, '43**, est maintenant ingénieur en chef de Terry Machinery Co. Ltd.

**Claude Gaulin, '56**, a laissé le service de la Cité de Montréal et travaille maintenant pour Lalonde & Valois, ingénieurs-conseil.

**Jacques Gauvin, '54**, est maintenant à la Steep Rock Iron Mines Limited, à Atikokan dans l'Ontario.

**Laurent Gendreau, '52**, est maintenant à l'emploi de Canadian Allis Chalmers, à Lachine.

**Henri Gendron, '24**, occupe un poste aux Relations Extérieures de International General Electric Co., à New York.

**Raynald Gilbert, '56**, a quitté la compagnie Reynolds Aluminum, du Cap de la Madeleine pour entrer au service de Iron Ore Co. of Canada, à Schefferville.

**Georges A. Gill, '52**, est maintenant chez C. D. Howe Co. Ltd.

**Alexandre Godin, '56**, est toujours à la Canadian International Paper Co., mais vient de passer de Témiscamingue à La Tuque.

**Camille-R. Godin, '35**, Directeur des Estimations de la Ville de Montréal, et

**Roger Charland, '39**, Conseiller technique, donneront quelques cours d'estimation à l'École des Estimateurs de l'Etat du Maine et de la Province du Nouveau-Brunswick, à Colby College, Waterville, Maine, vers la fin du mois d'août. M. Godin prononcera une conférence au prochain congrès de la Nationale Association of Assessing Officers à Dallas, Texas, le 1<sup>er</sup> octobre prochain, sur l'estimation d'un hôtel moderne. Ce congrès groupe des représentants des estimateurs municipaux des Etats-Unis et du Canada.

**Maurice Gravel, '38**, exerce maintenant sa profession dans la ville de Matane.

**J.-Léon Grondines, '43**, est maintenant gérant général et ingénieur de Montreal Pole Line Const. Inc.

**J.-Antoine Guérard, '49**, est ingénieur en chef de Lewis Brothers Asphalt Paving Ltd.

**René Hamel, '53**, est au Moyen Orient, à Camp Rafan en Egypte.

**Jacques Hébert, '48**, est maintenant président de Civil Construction Inc.

**Vianney Houle, '48**, est maintenant ingénieur résident dans l'île de Montréal, pour la construction de l'autoroute Montréal-Laurentides.

**C.-H. Jetté, '12**, est assistant ingénieur de la Cité d'Outremont.

**Laurier Juteau, '53**, est maintenant chez Technical Managers Inc., à Montréal.

**Antoine Hode Keyser, '57**, travaille pour la firme Miron-Mannibec à Caughnawaga.

**Roger Labonté, '55**, est maintenant assistant professeur en génie sanitaire à l'École Polytechnique.

**Georges-E. Lacaille, '45**, est à Chibougamau, pour le compte de Québec Chibougamau Goldfields Ltd.

**André Lachapelle, '55**, est maintenant à Schefferville, à l'Iron Ore Company of Canada.

**Denis Lafontaine, '56**, est maintenant à Montréal, au Ministère provincial de la Voirie.

**Henri-Paul Lafontaine, '57**, est ingénieur résident à Napierville, pour le Ministère provincial de la Voirie.

**Marcel Lafrenière, '54**, a été élu conseiller du Chapitre des Cantons de l'Est de l'Engineering Institute of Canada.

**Maurice Lajoie, '50**, est maintenant chez Creaghan & Archibald Ltd. à Montréal.

# Gradués en génie ou en science ...

*Avez-vous songé à une  
carrière dans le  
domaine de l'acier?*

L'expansion spectaculaire de la Steel Company of Canada, Limited au cours des dix dernières années — et la certitude de son accroissement encore plus rapide au cours des années à venir — ont ouvert un vaste champ d'action et des possibilités intéressantes à ceux qui possèdent les connaissances techniques nécessaires.

Les aciéries modernes de Stelco ont besoin d'ingénieurs et d'hommes de science de toutes catégories ... métallurgistes, chimistes, ingénieurs chimistes, ingénieurs électriciens, ingénieurs mécaniciens, industriels et civils ... pour les travaux très variés de production, de diversification et de recherche.

Pour vous renseigner sur les avantages et les perspectives d'une carrière dans la plus importante aciérie du Canada, écrivez ou téléphonez à:

**M. Robert E. Heneault**  
Surintendant des relations industrielles  
The Steel Company of Canada, Limited  
Montréal, P. Q.  
Téléphone: Wilbank 4141



**THE STEEL COMPANY  
OF CANADA, LIMITED**

Montréal, P. Q.

USINES À HAMILTON. MONTRÉAL. SWANSEA.  
BRANTFORD. LACHINE. GANANOQUE

57 ED. 1

L'INGÉNIEUR

## huile à chauffage



## brûleurs à l'huile



## charbon



**MONGEAU  
& ROBERT** CIE  
LTÉE

1600 EST, RUE MARIE-ANNE — MONTRÉAL  
LAfontaine 1-2131

AUTOMNE 1957 — 67



**C.-R. Laberge, '31**, a récemment été nommé sous-ministre des Travaux Publics à Québec. Il est le fils de F.-C. Laberge, diplômé de Polytechnique en 1892, ingénieur-conseil de grand renom, arpenteur-géomètre et membre pendant plusieurs années de la Commission des Services Publics de la Province de Québec.

Diplômé lui-même de Polytechnique en 1931, le nouveau sous-ministre entra immédiatement au Ministère des Travaux Publics de Québec comme ingénieur au Service des Ponts. En 1934 il passait à Montréal où le Ministère venait d'ouvrir un bureau pour desservir l'ouest de la Province. M. Laberge prit la direction de ce bureau et jusqu'à récemment il agissait à titre d'ingénieur en chef adjoint à Montréal.

M. Laberge a un fils en quatrième année à Polytechnique et un autre qui se propose d'y entrer à l'automne. C'est la première fois que trois générations se succèdent à l'École.



**Ernest-P. Lauzon, '49**, professeur à la section d'arpentage de l'École Polytechnique, a récemment été élu président du chapitre montréalais du Canadian Institute of Surveying & Photogrammetry.

**Roger-P. Langlois, '56**, occupe le poste de "maintenance engineer" chez Philipp Electrical Ltd., à Montréal.

**Maurice Lapierre, '42**, est ingénieur de Metro Industries Ltd., spécialistes en plomberie, chauffage et ventilation.

**Conrad Laverdure, '43**, est maintenant ingénieur en chef du service des ateliers et transports de l'Hydro-Québec.

**Jean-Paul Laviolette, '45**, est maintenant à l'emploi de Orenda Engines Ltd., à Toronto.

**Lucien Leclerc, '53**, est maintenant chez J. D. Noël, ingénieur-conseil et arpenteur géomètre.

**Gilles Lefebvre, '51**, est maintenant professeur agrégé à l'École Polytechnique.

**Pierre Lefort, '53**, est maintenant à l'office de l'autoroute Montréal-Laurentides.

**Emeric Léonard, '52**, est maintenant à l'emploi de Dufresne Engineering.

**Jules Léonard, '52**, autrefois au service des Chemins de Fer Nationaux du Canada, travaille maintenant pour le bureau d'ingénieurs-conseils Surveyer, Nenniger & Chênevert.

**Jean-Jacques Leroux, '44**, est ingénieur en chef de Québec Natural Gas Corporation.

**Maurice Lespérance, '38**, ouvrira un bureau d'ingénieur-conseil, en novembre prochain.

**Raynald Loiselle, '50**, fait partie de la société Bouthillette, Loiselle, Parizeau, ingénieurs-conseils.

**Gustave Maher, '35**, est maintenant à la Payette Construction Ltée.

**Guy Malouin, '51**, est maintenant à l'emploi de Commercial and Industrial Ventilation Ltd.

**Séraphin Marceau, '41**, a quitté son emploi à la Cité de Montréal pour entrer au service de la compagnie Spino Construction Ltée, à Montréal.

**Raymond Marchand, '31**, est à Côte-Ste-Catherine, comté de Laprairie, pour la Canalisations du Saint-Laurent.

**Chs.-E. Marquis, '50**, est maintenant président de François Marquis Limitée, entrepreneurs généraux de Québec.

**Pierre Martel, '41**, est maintenant à Londres, au Ministry of Supply.

**André Martin, '56**, est chez Singer Mig. Co., à St-Jean, P.Q.

**J.-C.-René Martin, '36**, est maintenant ingénieur pour Charles Duranceau Ltée.

**Henri Martineau, '47**, est maintenant à la Donohue Brothers Ltd., à Clermont, P.Q.

**J.-F. Mathys, '37**, est maintenant vice-président et gérant, pour Québec et les Maritimes, de Franki of Canada Limited.

**J.-Marc Mayrand, '52**, a quitté l'Hydro-Québec pour entrer au service de l'Administration de la Voie Maritime du St-Laurent.

**Jean-Paul Migneron, '53**, est maintenant au bureau de Montréal du Ministère fédéral des Travaux Publics.

**Guy Migué, '48**, est maintenant à son compte, à Farnham, P.Q.

**Gérald Millar, '37**, occupe maintenant le poste d'ingénieur en chef, à la division des Ports et Rivières, Ministère Fédéral des Travaux Publics, à Ottawa.

**Richard Moreau, '55**, est maintenant au laboratoire des Standards en Radio, au Ministère des Transports, à Ottawa.

**Gérard Morin, '56**, est maintenant à l'emploi d'Orville Gauthier Ltée, à Chicoutimi.

**Jean Morin, '55**, est maintenant au département des relais, à l'Hydro-Québec.

**Jean-Claude Nepveu, '50**, est maintenant à l'emploi de l'Hydro-Québec.

**Jean-Baptiste Nobert, '45**, est au bureau de C. E. Gravel, ingénieur-conseil.

**Denis Noiseux, '45**, est maintenant ingénieur-conseil, au bureau de Bolt, Beranek & Newman Inc., à Cambridge, Mass., U.S.A.

**Laurent Normandeau, '42**, est maintenant au bureau de Montréal de l'Hydro-Québec.

**Paul Normandeau, '38**, a été élu directeur de la Compagnie Assurance-Vie du St-Laurent.

**Claude Olivier, '52**, a quitté la division technique de la Cité de Montréal, pour entrer au service de la Commission Métropolitaine de Montréal.

**Guy Ouellet, '56**, est maintenant à la division des Travaux Publics de Montréal.

**Jean-Guy Ouellette, '51**, est maintenant à l'emploi de Matthews Conveyer Co. Ltd., à Port Hope, Ont.

**Jean-M. Paquet, '34**, est maintenant à l'emploi de Gilles Sarault, ingénieur-conseil à Montréal.

**Léandre Paré, '39**, est vice-président et gérant-général de La Société d'Entreprises Générales, Ltée, à Amos.

**Jacques Patenaude, '53**, est maintenant à l'emploi de la Cité de Montréal à la section mécanique-électricité.



LES 6 AVANTAGES  
DES UNITÉS DE CHAUFFAGE  
À AIR CLIMATISÉ  
"L'ISLET"

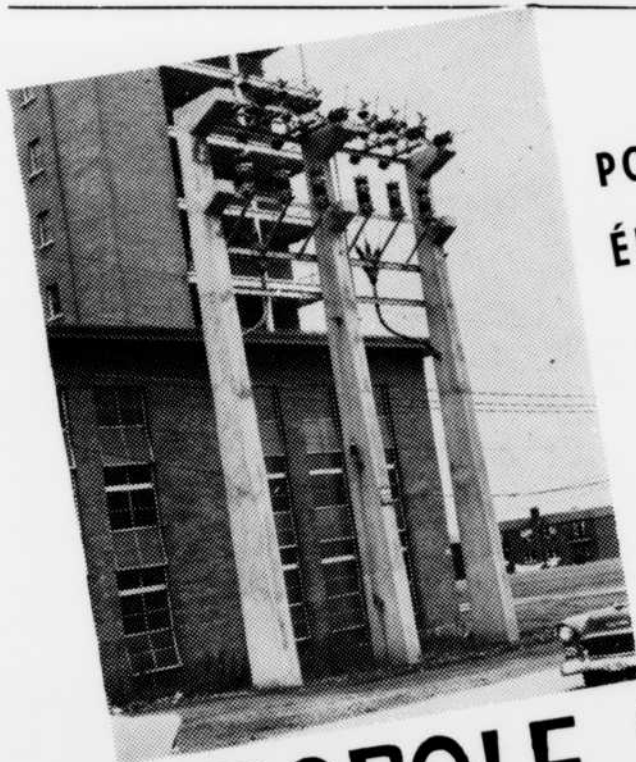
1. **SOLIDES** leur construction selon des spécifications rigides assure une durée indéfinie.
2. **ADAPTABLES** un appareil de chauffage pour chaque besoin de constructeurs.
3. **SILENCIEUSES** absolument aucun bruit ou vibration.
4. **MODERNES** d'apparence. Des unités compactes qui épargnent de l'espace.
5. **FACILES** à installer pour le plombier, faciles à opérer pour le propriétaire.
6. **ÉCONOMIQUES** une source d'épargne et de confort l'année durant.



Pour tous renseignements et  
NOUVEAU CATALOGUE  
s'adresser à

**LA FONDRIE  
DE L'ISLET LTÉE.**  
L'ISLETVILLE, P.Q.

Manufacturiers de : Poêles de tous  
genres, fournaies, laveuses,  
chauffe-eau, réfrigérateurs, etc.



**POUR VOS INSTALLATIONS  
ÉLECTRIQUES COMPLÈTES . . .**

- Plus de vingt ans d'expérience dans les édifices de tous genres.
- Une surveillance constante exercée par des ingénieurs professionnels.
- Nous garantissons une installation électrique de première qualité.
- Une fidèle interprétation des plans et devis.

**METROPOLE ELECTRIC INC.**  
MONTREAL - QUEBEC - OTTAWA

L. E. DANSEREAU, Président

**Paul Payette, '55**, occupe maintenant le poste de "Stress Engineer" à la Canadian Vickers Ltd., à Montréal.

**J.-André Pelletier, '50**, a quitté la compagnie Anthes Imperial pour entrer au service de la firme Hennessey & Lemieux Co. Ltd., à Montréal.

**Gilbert Perras, '53**, est à l'emploi du Ministère de la Voirie, division 4-3.

**Guy Perrault, '49**, a été nommé professeur agrégé à l'École Polytechnique.

**André Pigeon, '50**, est maintenant à l'emploi de la Cité de Montréal.

**J.-Marcel Pinet, '34**, est maintenant à l'emploi de la Cité de Montréal.

**Lionel-C. Piuze, '36**, occupe maintenant le poste de gérant de Lake Asbestos of Quebec à Black Lake.

**Paul-E. Poitras, '15**, a laissé l'Hydro-Québec pour faire de la pratique privée.

**Edmond Pontbriand, '46**, est maintenant président de Champlain Slippers Inc., à Québec.

**Robert Pouliot, '57**, est maintenant au département de l'aqueduc de la ville de Montréal.

**R.-Marcel Prévost, '54**, a été nommé assistant-professeur, à Polytechnique.

**J.-N. Proulx, '44**, est ingénieur chez Magloire Cauchon Ltée, à Québec.

**J.-Maurice Provost, '52**, est maintenant au bureau de Toronto des Chemins de Fer Nationaux du Canada.

**Olivier Quévillon, '39**, occupe maintenant le poste d'ingénieur en charge de la division de la Sécurité au service de la circulation de la Cité de Montréal.

**Jacques-J. Ranger, '54**, occupe maintenant le poste de surintendant à la division technique du Service des estimations de la Cité de Montréal.

**J.-Pierre Ricard, '56**, est maintenant à l'emploi de Québec Iron & Titanium à Sorel.

**J. O. Baxter Richer, '37**, Capitaine de groupe dans le Corps d'Aviation Royal Canadien, est à l'ambassade du Canada, à Belgrade en Yougoslavie.

**Robert Riopelle, '47**, est maintenant vice-président de Metropole Electric Inc.

**André Roberge, '56**, habite maintenant à 1053 N. San Antonio, Pomona, Cal., U.S.A.

**Gérald Roberge, '55**, est maintenant à l'Hydro-Québec, au Service des projets techniques.

**Guy Robin, '54**, est maintenant au service de la Cité de Jonquières.

**Claude Rouleau, '54**, est maintenant associé de Laurent Gendron Ltée.

**Jean Rousseau, '54**, occupe maintenant le poste de "Specialist Engineer" chez Orenda Engines Ltd., à Malton, Ont.

**Léo Roy, '30**, a été promu Directeur général à l'Hydro-Québec.

**Robert Roy, '57**, est, en ce moment, en Amérique du Sud, à l'emploi de Schlumberger Surenco, dont le bureau chef, pour l'Amérique du Sud, est à Caracas, Venezuela. Après un stage de trois mois à Jusepin (est de Caracas), il ira à l'école de la Compagnie, pour deux mois et, après examen, il sera envoyé quelque part en Amérique du Sud comme "Trainee Engineer". Après un nouvel examen il deviendra "Junior Engineer". Il se plaît beaucoup dans ses nouvelles fonctions et trouve que dans l'industrie du pétrole il y a beaucoup d'avenir pour un jeune ingénieur. Après 2½ ans de travail en Amérique du Sud et au Moyen Orient, il reviendra au Canada. Trois de ses confrères sont au service de la même Compagnie; ce sont: R. Caron, Yves Gaudette et Pierre Gervais.

**Aldas Ruel, '53**, est maintenant à la Canadian & British Aluminium Co. Ltd., à Baie Comeau.

**Bernard St-Aubin, '56**, est à l'emploi de Piette, Audy & Lépinay, ingénieurs-conseils.

**Jacques St-Denis, '56**, a laissé Jarry Hydraulics et est maintenant au bureau de Lefrançois, Laflamme, Gauthier, ingénieurs-conseils à Montréal.

**Denis Savignac, '52**, est maintenant à Labrieville, au service de la Commission Hydroélectrique de Québec, division régionale de l'exploitation.

**Bernard Séguin, '43**, est maintenant au service d'urbanisme de la Cité de Montréal.

**François Sénécal-Tremblay, '56**, occupe le poste d'ingénieur au procédé à l'usine de minerai No 2, de l'Aluminium Company of Canada, à Arvida.

**Jacques Simard, '57**, est au service fédéral des Ressources Hydrauliques.

**Jean-André Simard, '57**, est à l'emploi de Bell Telephone Co., division du "Power Engineering Group".

**Roger Simon, '53**, est à la division de l'Électricité de la Cité de Montréal.

**Jacques Soucy, '48**, est maintenant chez C. D. Howe Co. Ltd.

**Gérald Tellier, '54**, occupe maintenant le poste d'ingénieur de la Cité du Cap-de-la-Madeleine.

**J.-Henri Thériault, '33**, fait maintenant partie de la société Thériault & Béland Enr., entrepreneurs généraux, à Sillery, Qué.

**René Therrien, '56**, est maintenant chez J. P. Cartier Ltd., entrepreneur général, à Montréal.

**Marc Toupin, '53**, a laissé le Ministère provincial de la Santé pour entrer à l'Hydro-Québec comme ingénieur résident à Valleyfield.

**Gérard Trudel, '51**, est maintenant à l'emploi de Duroc Construction Inc.

**Louis Trudel, '36**, a suivi pendant cinq semaines en juin et juillet le cours d'Executive Development à l'Atlantic Summer School for Advanced Business Administration à Halifax.



**Ivan E. Vallée, '10**, prenait sa retraite le 1er août dernier comme sous-ministre et ingénieur-conseil du Ministère des Travaux Publics de Québec après 47 ans de service comme sous-ministre et ingénieur-conseil. Il recevait ses diplômes de l'École Polytechnique en 1910 et il était immédiatement nommé assistant de l'ingénieur en chef du Ministère des Travaux Publics qui était alors son père. Il lui succéda à sa mort en 1919. En 1929 il était nommé sous-ministre et ingénieur-conseil du Ministère. Il fut aussi pendant un certain temps sous-ministre du Travail. A sa retraite il remplissait en outre les fonctions de directeur des chemins de fer et du directeur des ponts et chemins de péage.

Il a agi comme ingénieur-conseil dans la construction de plusieurs ponts, notamment les ponts Honoré Mercier, Jacques Cartier et plusieurs autres ponts dans la ville de Québec.

**Gaston Verreault, '53**, est à l'emploi de Lake Asbestos of Quebec, à Black Lake, P.Q.

**Raoul Verret, '52**, est maintenant à l'emploi de Werner Textile Consultants de New York.

**Carol Wagner, '52**, est maintenant à l'emploi de Defence Construction (1951) Ltd., à Montréal.

**Guy Wolfe, '52**, est à l'emploi de Crémazie Construction Co. Ltée., comme ingénieur résident.

Pour tout article de  
quincaillerie

voyez



OMER DE SERRES Ltée

1406, rue St-Denis  
Succ. 6793, rue St-Hubert

AV. 8-0251  
Montréal

DÉPOSEZ VOS ÉCONOMIES À

LA

**BANQUE D'ÉPARGNE**

DE LA CITÉ ET DU DISTRICT DE MONTRÉAL

Il y a une succursale dans votre voisinage

Voyez LaSalle pour

PRODUITS INDUSTRIELS

**FIBERGLAS**

Le merveilleux produit de fibre  
de verre aux 101 usages

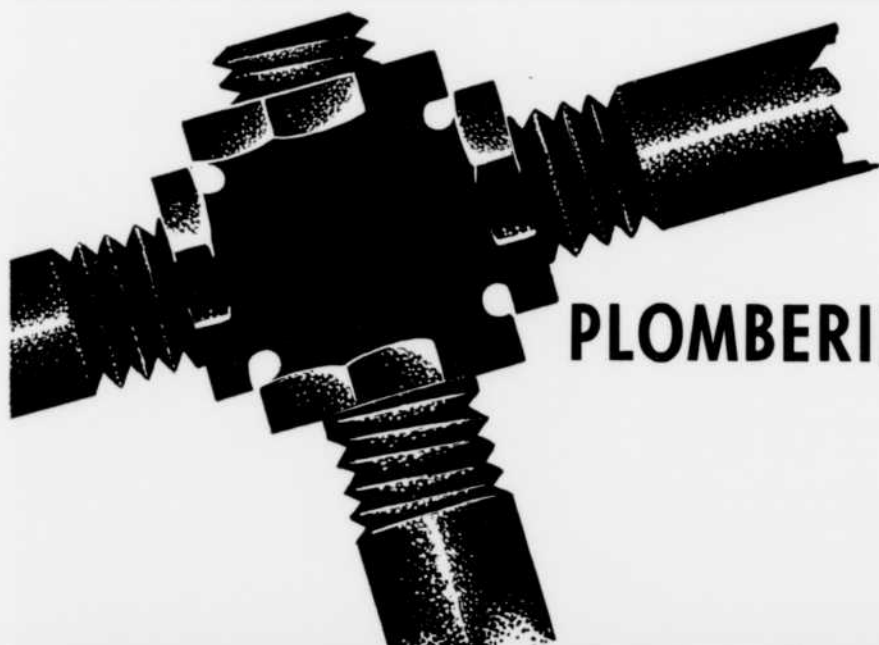
ISOLANTS FIBERGLAS pour

TUYAUX • BOULLOIRES • ENTREPOTS  
FRIGORIFIQUES • TOITURES • CONDUITS  
• CONSTRUCTION DOMESTIQUE •  
FILTRES A AIR "DUST STOP"

\*Marque déposée



Montréal : 159, rue Jean-Talon O. CRescent 2-5721  
Québec : 800, Dorchester Nord, Edifice "D", LA. 4-2478



NOUS AVONS LA  
SOLUTION DE  
TOUT PROBLÈME  
DE

**PLOMBERIE et CHAUFFAGE**

**QUALITÉ**  
... DES MATÉRIAUX  
**PERFECTION**  
... D'EXÉCUTION  
**COMPÉTENCE**  
... DE SPÉCIALISTES

**METRO INDUSTRIES LIMITED**

4540 rue Garnier, Montréal  
LAfontaine 4-1161

L. E. DANSEREAU, Président

**Discours prononcé par Marc Boyer,  
sous-ministre, Ministère des Mines  
et des Relevés techniques,  
à la collation des grades de l'Uni-  
versité d'Ottawa, le 26 mai 1957**

Excellence, Mesdames et Messieurs,

C'est avec grand plaisir que j'ai accepté de me faire l'interprète des quatre heureux récipiendaires de doctorats honorifiques conférés aujourd'hui par l'Université d'Ottawa.

Nous sommes conscients du grand honneur qui nous est fait. C'est avec beaucoup d'émotion, de joie et de gratitude que nous remercions les autorités de l'Université.

Mesdames et messieurs, la cérémonie de collation des grades, à laquelle nous assistons, vous et moi, cet après-midi, nous procure une occasion de nous rapprocher de cette institution fondamentale et magnifique qu'est l'Université.

Serait-ce osé de dire que nous prenons peut-être trop pour acquis que nos universités existent et qu'elles se doivent de pourvoir à nos besoins et de s'acquitter généralement de leurs responsabilités! Nous rendons-nous compte, réellement, du courage, de l'esprit d'entreprise, du savoir, de la modération, du dévouement, voire même de l'abnégation dont doivent faire preuve le corps administratif et le corps enseignant de nos universités, pour organiser et faire progresser ces institutions dont on exige souvent qu'elles donnent plus qu'elles ne reçoivent.

Je voudrais aujourd'hui m'acquitter de deux tâches: la première, très agréable; me faire en quelque sorte l'interprète de vous tous qui êtes ici, et de tous les citoyens du Canada, pour rendre hommage à nos universités canadiennes et les remercier pour leur dévouement et leur contribution inlassable au progrès de notre pays et au bien-être de ses citoyens. La deuxième tâche, plus agréable encore, préciser cet hommage en l'adressant à l'Université d'Ottawa, à son chancelier, à son recteur, à son conseil d'administration, aux doyens des facultés et à son corps professoral.

L'Université d'Ottawa s'est maintenant placée au rang des grandes universités canadiennes. La création des nouvelles facultés des sciences, de médecine et de droit, témoigne du courage et de l'initiative des dirigeants de l'Université. Le programme de construction qui se poursuit depuis quelques années, pour loger les anciennes comme les nouvelles facultés, démontre sa vigueur. Le bilinguisme de son enseignement contribue de façon éloquent à stimuler les relations cordiales qui doivent exister entre tous les citoyens du Canada. Toutes ces initiatives constituent un éloquent plaidoyer en faveur de l'Université d'Ottawa à laquelle nous adressons nos remerciements et nos hommages.

Nous nous plaçons à répéter que notre pays est jeune, et que la variété

et l'abondance de nos ressources naturelles nous assurent un avenir florissant. Mais que vaudra cette abondance de bien si l'on ne vise pas à perfectionner scientifiquement et spirituellement l'individu qui le possède et l'exploite. Et qui nous procurera ce perfectionnement, sinon nos universités, où l'on puise non seulement le savoir technique, essentiel à notre civilisation moderne, mais aussi et surtout les valeurs morales et spirituelles qui font de l'homme un être complet. C'est le mariage de ce savoir technique et de ces valeurs morales et spirituelles qui enrichiront notre patrimoine national. Ainsi, n'est-ce pas au sein même de nos universités que s'élabore la tradition future de notre pays. N'est-ce pas qu'elles sont dignes de notre admiration, de notre soutien et de notre gratitude.

Les exigences de l'heure, tant techniques qu'économiques, nécessitant la formation d'un nombre de plus en plus grand et de plus en plus varié de spécialistes, constituent pour nos universités un grave problème. En présentant un hommage collectif à nos universités canadiennes, et en particulier à l'Université d'Ottawa, faisons le vœu qu'elles puissent faire face à ces exigences, disons techniques, sans pour cela cesser d'être, comme on les a si bien qualifiées, "des pépinières d'hommes représentatifs d'une civilisation et d'une vie culturelle réellement canadiennes".

A tous ceux qui sont ici aujourd'hui pour recevoir leur diplôme, couronnant de longues années d'étude, nous of-

frons nos félicitations et nos vœux de succès pour une carrière fructueuse.

Peut-être ma qualité nouvelle de docteur ès sciences me confère-t-elle un titre de sagesse, tant droit d'aisance. Alors, qu'il me soit permis d'exhorter nos jeunes diplômés à cultiver en eux le sens du civisme. Le civisme, c'est le dévouement pour la patrie, que l'on peut exercer de mille et une façons. Notre pays est appelé à de grandes réalisations tant au point de vue culturel que matériel, tant au point de vue national qu'international. Il faudra des hommes d'idée, il faudra des hommes d'action pour accomplir la tâche de conduire notre pays vers sa pleine maturité.

Deux commissions royales d'enquête, la Commission Massey, sur les arts, les sciences et les lettres, et la Commission Gordon, sur l'avenir économique du Canada, ont démontré les éléments de force qu'il faut renforcer, pour faire de notre nation une nation cultivée, forte et unie. J'encourage donc nos jeunes diplômés à se documenter sur ces problèmes de notre pays et à participer aux mouvements d'idée, d'initiative et d'action, si nécessaires à l'unification de la nation canadienne et au développement de notre pays.

En terminant, au nom des quatre qui sont gratifiés aujourd'hui d'un doctorat honorifique, puis-je réitérer aux autorités de l'Université d'Ottawa notre joie et notre reconnaissance affectueuse. Puisse l'Université d'Ottawa continuer de prospérer et de dispenser à notre population les fruits de sa belle tradition, de sa sagesse et de son savoir.



**Les nouveaux docteurs de l'Université d'Ottawa en compagnie de S. Exc. Mgr Lemieux, chancelier, et du R.P. Arthur Caron, premier conseiller du sénat académique. De g. à d., M. Louis Coderre, sous-ministre des Affaires municipales et de l'Industrie et du Commerce de la Province de Québec; M. John S. Bates, président de la Forest Development Commission du Nouveau-Brunswick; le R.P. Caron et S. Exc. Mgr Lemieux; M. Francis Leddy, doyen de la faculté des arts et des sciences de l'Université de la Saskatchewan, et M. Marc Boyer, sous-ministre fédéral des Mines et des Relevés techniques.**

LE  
**CIMENT FONDU**  
LAFARGE

- DURCIT EN 24 HEURES
- RÉSISTE AUX AGENTS CHIMIQUES ET À LA CHALEUR

La Salle vous offre un choix complet des meilleurs matériaux de construction d'Amérique

\* Marque déposée

**LA SALLE**  
BUILDERS SUPPLY LIMITEE

159 Jean-Talon O., Montréal, Qué.  
CR. 2-5721

800 Dorchester Nord, Edifice "D"  
LA. 4-2478

JEAN DOUCET, Ing. P.  
sec.-frés.

AUGUSTE DOUCET  
prés.

**DOUCET & DOUCET**  
LIMITÉE

ENTREPRENEURS

PLOMBERIE — CHAUFFAGE

1640 rue North, coin Rockland CR. 4-9364

**FORANO**

*Machineries pour  
l'industrie Canadienne  
depuis 1873*

*Dessinateurs et fabricants de :*  
Transmissions mécaniques de pouvoir — Machines spéciales — Convoyeurs à courroie, à vis et à câble — Élévateurs à godets.  
Écorceurs de billots, Déchiqueteuses de croûtes, Tamis à copeaux, Scieries complètes — Scies circulaires, à ruban et alternatives.  
Moulanges à marteaux, Mélangeurs à moulée, Cribles à grains, Outillages mobiles pour concasser et tamiser le gravier.

**FORANO**  
*Limitee*

Bureau chef et ateliers:  
PLESSISVILLE, P. Q.

Bureaux de ventes et d'ingénieurs  
7000 avenue du Parc, Montréal  
69 est, avenue Eglinton, Toronto



L'INGÉNIEUR

Pour votre

**LABORATOIRE**

- Appareils
- Verreries
- Réactifs

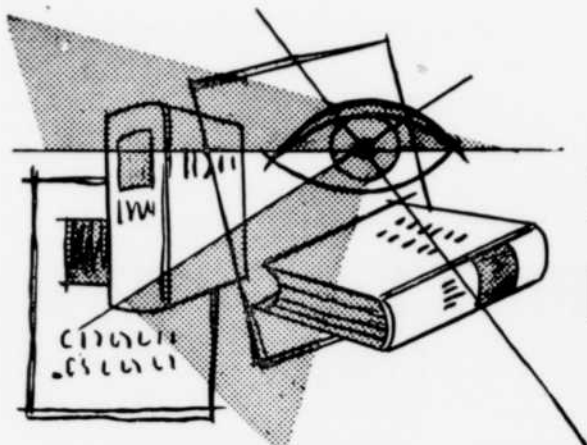
Adressez-vous à

**CANADIAN LABORATORY  
SUPPLIES LIMITED**

403 ouest, rue St-Paul  
Montréal, P. Q.

3701 Dundas St. West  
Toronto, Ont.

288, William St. Winnipeg, Man.



## Revue

# DES LIVRES et PÉRIODIQUES

Liste des ouvrages reçus récemment à  
la Bibliothèque de l'École Polytechnique

### LISTE DES OUVRAGES REÇUS RÉCEMMENT À LA BIBLIOTHÈQUE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

#### ARPENTAGE

Engineer Topographic Units-Field Manual No 5 — 188 — Etats-Unis, Département de l'Armée — Washington 1955.

#### ASTRONOMIE

World Symposium on Applied Solar Energy 1955 — Association for Applied Solar Energy — Arizona 1956.

#### AVIATION

Combustion Processes Volume II — B. LEWIS, R. N. PEASE and H. S. TAYLOR — Princeton University Press — Princeton 1956.

Aviation English Tome I et Tome II — S. HUMBERT — Dunod — Paris 1955.

L'Aéronautique en 1955 — Technique Moderne — Dunod — Paris 1955.

New York's Air Travelers — Eno Foundation for Highway Traffic Control — Saugatuck 1956.

#### CHAUFFAGE ET VENTILATION

Heating Ventilating Air Conditioning Guide 1956 — American Society of Heating and Air Conditioning Engineers — New York 1956.

Transactions of the American Society of Heating and Ventilating Engineers — New York — Volumes 47 and 48 (1941 and 1942) and Volumes 50 to 60 (1946 to 1954).

#### CHIMIE

Chimie — J. NEY — Dunod — Paris 1953.

Chimie — C. CHAUSSIN et G. HILLY — Dunod — Paris 1950.

Exercices de Chimie — C. CHAUSSIN et G. HILLY — Dunod — Paris 1950.

Theory and Problems of College Chemistry — D. Schaum — Schaum Publishing — New York 1946.

Organic Syntheses Volume 35 1955 — T. L. CAIRNS — John Wiley — New York 1955.

Substances naturelles de Synthèses, Volumes IV à VI — Léon VELLUZ — Masson & Cie — Paris 1952-1953.

Physical Organic Chemistry — Jack HINE — McGraw Hill — Toronto 1956.

Substances Naturelles de Synthèses, Volumes I - II - III - VIII - IX - X — Léon VELLUZ — Masson & Cie — Paris 1951-1954.

Physical Chemistry 2nd edition — W. J. MOORE — Prentice Hall — New York 1955.

Proceedings of the Sixth Meeting Poitiers 1954 — International Commission of Electrochemical — Butterworths Scientific Publication — London 1954.

Chromatographic Methods of Inorganic Analysis — F. H. POLLARD and J. F. W. McOMIE — Butterworths Scientific Publication — London 1953.

#### CHIMIE INDUSTRIELLE

Cours Élémentaire de Chimie Industrielle — D. TOMBECK et E. GOUARD — Dunod — Paris 1950.

Principles of Chemical Engineering Thermodynamics — E. D. WILSON and H. C. RIES — McGraw-Hill — Toronto 1956.

Principles of Chemical Equilibrium — K. DENBIGH — At the University Press — Cambridge 1955.

Literature Resources for Chemical Process Industries — American Chemical Society — Washington 1954.

Lexique de la Propriété Industrielle — André BOUJU — Dunod — Paris 1955.

#### CONSTRUCTION

Mémoires, Volume 15, 1955 — Association Internationale des Ponts et Charpentiers — Zurich 1955.

Asphalt Handbook Construction series No 81 — Asphalt Institute — New York 1947.

Etude et calcul des Structures en Alliages Légers — J. REINHOLD — Ch. Béranger — Paris 1955.

Institut International et Supérieur d'Urbanisme Appliqué — Institut International et Supérieur d'Urbanisme — Paris 1954.

Bâtiment Tome I et Tome II — Ch. MONDIN — Dunod — Paris 1955.

Design of Pyramid Roofs — T. S. TERRINGTON — Concrete Publications — London 1948.

Design of Arch Ribs for Reinforced Concrete Roofs — T. S. TERRINGTON — Concrete Publications — London 1937.

Examples of the Design of Reinforced Concrete Buildings — Chas. E. REYNOLDS — Concrete Publications — London 1952.

Continuous Beam Structures — Eric SHEPLEY — Concrete Publications — London 1942.

Theory and Practice of Structural Design — B. ERIKSEN — Concrete Publications — London 1953.

Statically Indeterminate Structures — R. GARTNER — Concrete Publications — London 1947.

Displacement Method of Frame Analysis — G. P. MANNING — Concrete Publications — London 1952.

Concrete Farm Structures — A. M. PENNINGTON — Concrete Publications — London 1954.

Influence Lines for Thrust and Bending Moments — B. ERIKSEN — Concrete Publications — London 1939.

Steel Reinforcement Cutting-Bending

Fixing — L. A. DISNEY — Concrete Publications — London 1954.

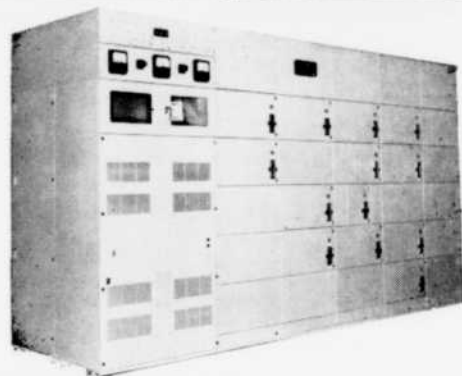
Wood Handbook Agriculture Handbook No 72 — Etats-Unis Département de l'Agriculture — U.S. Government — Washington 1955.

Les Bétons Légers — J.-P. LÉVY — Editions Eyrolles — Paris 1955.



**Spécifiez la marque "MONTMAGNY"  
POUR VOS TABLEAUX DE DISTRIBUTION**

ils sont construits  
en vue  
d'un meilleur rendement.



*Installation récente à  
l'Office National du Film  
à Côte de Liesse, Montréal*

**ELECTRICAL**

**MANUFACTURING LTD.**

CLAUDE ROUSSEAU, président

Boîte Postale 1300 170 est, rue Dorchester  
MONTMAGNY - Tél. : 235 MONTRÉAL - AV. 8-4757

MANUFACTURIERS de : Postes d'entrée haute & basse tension, sous-stations, tableaux de pouvoir et d'éclairage, tableaux régulateurs d'éclairage, contrôles de moteurs, appareillage haute & basse tension, interrupteurs "VISI-PLUS", meubles d'acier.

SWB-4F

*J. BRISSETTE, PO '46, président*



**J. BRISSETTE LTÉE**

(CANADA RADIATION REG'D.)

CHAUFFAGE  
VENTILATION  
AIR CLIMATISÉ

1002 DE FLEURIMONT — MONTRÉAL — TÉLÉPHONE: CRescent 2-6629

LA

**BANQUE CANADIENNE NATIONALE**

*est à vos ordres pour toutes  
vos opérations de banque  
et de placement*

ACTIF, PLUS DE \$640,000,000

583 BUREAUX AU CANADA

**Modèles de Maisons région de Québec** — Société Centrale d'Hypothèque et de Logement — Montréal 1954.

**Normes de Construction**, ed. mai 1955 — Société Centrale d'Hypothèque et de Logement — Ottawa 1955.

**Buildings Standards**, ed. May 1955 — Central Mortgage & Housing Corporation — Ottawa 1955.

**Die Methode der Festpunkte** — Ernest SUTER — Springs-Verlag — Berlin 1951.

**Model Analysis of Structures** — T. M. CHARLTON — John Wiley — New York 1954.

**Foundations Civil Engineering Code of Practice No 4 1954** — Institution for Civil Engineers — London 1954.

**Specifications and Costs** 2nd edition, Vol. 2 — Elwyn SEELYE — John Wiley — New York 1951.

**Field Practice** 2nd edition, Vol. 3 — Elwyn SEELYE — John Wiley — New York 1954.

**Proceedings of European Conference on Stability of Earth Slopes**, vol. I to III 1954 — Sweden — Stockholm 1954-1955.

**Design** second edition — E. E. SEELYE — John Wiley — New York 1951.

**Proceedings 36th Convention Alberta 13-16-1955** — Canadian Good Roads Association — Ottawa 1956.

## ELECTRICITÉ

**Electricité** — J. NEY — Dunod — Paris 1953.

**Leçons d'Electricité** — J. NEY — Dunod — Paris 1951.

## ELECTROTECHNIQUE

**Electricité Industrielle** — T. WILDIE et G. GALIBOIS — Publications Techniques — Sillery 1955.

**Les Applications du Radar à l'Astronomie** — J. VON BLADEL — Gauthier-Villars — Paris 1955.

**Elements d'Electricité Industrielle** — F. HARANG — Dunod — Paris 1948.

**Handbook of Microwave Measurement Volume I** — M. WIND and H. RAPAPORT — Polytechnic Institute of Brooklyn 1954.

**Handbook of Microwave Measurement Volume II** — M. WIND and H. RAPAPORT — Polytechnic Institute of Brooklyn 1954.

**Carrier and Microwave Dictionary** — Lenkurt Demodulator — Lenkurt Electric Co. — San Carlos, Calif., 1955.

**Transistor Electronics** — A. W. LO, R. O. ANDRES and J. ZAWELS — Prentice-Hall — New Jersey 1955.

**Kaiser Aluminum Electrical Conductor** — Kaiser Aluminum and Chemical Sales — Chicago 1954.

**Timing Engineering** — M. G. SAAKE — Ribble Engineering Co. — Jersey City 1953.

**Power Cable Handbook No. P.C. 40** — Canada Wire & Cable Co. — Montreal.

**Transmission Circuits for Telephonic Communication** — K. S. JOHNSON — D. Von Nostrand — Toronto 1925.

**Relay Engineering** — Charles A. PACKARD — Struthers-Dum Inc. — Philadelphia 1945.

**Principles of Transmission in Telephony** — M. P. WERNBOCH — The Macmillan — New York 1924.

**Communication Circuits** — L. A. WARE and H. R. REED — John Wiley — New York 1944.

**Troubles of Electrical Equipment** — H. E. STAFFORD — McGraw-Hill — New York 1947.

**Electrical Distribution Course 18** — Westinghouse Electric & Manufacturing Co. — Pittsburgh 1943.

**Measurement of Vibration** — E. E. GROSS — General Radio Co. — Cambridge 1955.

**Installations Electriques à Haute et Basse Tension** — A. MAUDUIT — Dunod — Paris 1956.

**Handbook of Power Resistors** — H. F. LITTLEJOHN — Ward Leonard Electric — Mount Vernon 1951.

**Principles of Electricity applied Telephone** — American Telephone and Telegraph Co. — United-States 1953.

**Communication Theory** — Willis JACKSON — Butterworths Scientific Publication — London 1953.

**Circuit Breaking** — H. TRENCHAM — Butterworths Scientific Publication — London 1953.

## GÉOLOGIE ET MINES

**Petrographic Mineralogy** — E. E. WAHLSTROM — J. Wiley — New York 1955.

**Graptolites of North America** — R. RUEDEMAN — Geological Society for America — Baltimore 1947.

**Rapport Général le 31 mars 1955**, Rapport Préliminaire 315 — Province de Québec — Ministère des Mines — Québec 1955.

**Annual Report on Mines 1954** — Province de Nouvelle-Ecosse — Queen's Printer — Halifax 1955.

**Abitau Lake District of Mackenzie** — J. W. HOADLEY Paper 55-10 — Geological Survey — Ottawa 1955.

**Lac Herodier Div. Québec** — W. F. FAHRIG — Paper 55-1 — Geological Survey — Ottawa 1955.

**Fort William and Port Arthur and Thunder Cape** — T. L. TANTON memoir 167 — Geological Survey — Ottawa 1931.

**Géophysique** — Paul René GEOFROY — Ecole Polytechnique — Montréal 1956.

**Atlas of Poleogeographic Maps of North America** — Charles SCHUCHERT — John Wiley — New York 19.

**Transactions Volume 201 Petroleum Branch** — American Institute of Mining and Metallurgical Engineers — New York 1955.

**Minerals Yearbook 1955 Volume I Metals and Minerals** — Etats-Unis Bureau des Mines — Washington 1955.

**Survey of Mines 1956** — Financial Post — Maclean Hunter Publishing — Toronto 1955.

**Transactions Volume 199 1954** — Mining Branch — American Institute of Mining and Metallurgical Engineers — New York 1955.

**Sixth Annual Report Department of Mines 1955** — Province de l'Alberta — Queen's Printer — Edmonton 1956.

**Cross-Sections through the devonian of the Alberta plains** — H. R. BELYEA G.S.C. paper 55-3 — Dept. of Mines — Ottawa 1955.

**Two-Lake Alberta** — H. R. GREENER Dept of Mines — Ottawa 1955.

**Itinéraires Botaniques sur l'île de Cuba** — Frères Marie-Victorin et Léon — Institut Botanique — Montréal 1956.

**Fiftieth Anniversary Volume 1905-1955 Part I** — M. Alan BATEMAN — Economic Geology — Lancaster Pa. 1955.

**Fiftieth Anniversary Volume 1905-1955 Part II** — Alan M. BATEMAN — Economic Geology — Lancaster Pa. 1955.

**Ontario Dept of Mines Volume LXIII 1954 complete 63 annual** — Département des Mines de l'Ontario — Toronto 1955.

**National Advisory Committee on Research Geological Sciences 1953-54** — Département des Mines du Canada — Geological Survey of Canada — Ottawa 1954.

**Loi des Mines de Québec** — Province de Québec — Redempti Paradis — Québec 1955.

**Treatise on Invertebrate Paleontology part E** — Raymond C. MOORE — Geological Society of America — New York 1955.

**Mineral Yearbook Area Reports Vol 3 1952** — Bureau des Mines Etats-Unis — Washington 1955.

**Western Canada Sedimentary Basin** — Leslie M. CLARK — American Association Petroleum Geology — Tulsa 1954.

**Regional Industrial Index of British Columbia** — J. R. MEREDITH and D. D. CAMPBELL — Queen's Printer — Victoria 1954.

**Survey of Oils 1956 Volume XIV** — Financial Post — Maclean Hunter — Toronto 1956.

REgent 3-8268

## BEAUCHEMIN, BEATON, LAPOINTE

*Ingénieurs conseils*

J.-A. BEAUCHEMIN  
W. H. BEATON

H. LAPOINTE  
R.-O. BEAUCHEMIN  
PAUL BEAUCHEMIN

6655, Côte des Neiges (suite 410) Montréal 25

## Lalonde, Girouard & Letendre

*Ingénieurs conseils*

8790, avenue du Parc — Tél. DU. 1-3991  
MONTRÉAL, QUÉ.

UN. 6-7721

## Surveyer, Nenniger & Chênevert

*Ingénieurs conseils*

ARTHUR SURVEYER, D. Eng. E. NENNIGER, Ing. P.  
J.-G. CHÉNEVERT, Ing. P.

ÉDIFICE KEEFER, Chambre 1012  
MONTRÉAL

Gérard-O. Beaulieu, Ing. P., B. Sc. A.,  
Chargé du cours de ponts à Polytechnique.  
Marc-R. Trudeau, Ing. P., B. Sc. A.,  
Chargé du cours de structures à Polytechnique.

Robert Dubuc, Ing. P., B.Sc.A.,  
J.-René Lalancette, Ing. P., B.Sc.A.,  
Pierre G. Beaulieu, Ing. P., B.Sc.A.,  
Chargé du cours de constructions  
métalliques à Polytechnique.

## BEAULIEU, TRUDEAU, DUBUC, LALANCETTE & BEAULIEU

*Ingénieurs conseils*

SPÉCIALISTES EN CHARPENTES

Bâtisses religieuses, civiles et industrielles  
Ponts, viaducs, tunnels, réservoirs et piscines

5810 Côte St-Luc, Montréal 29 — HU. 9-4981

Maurice Royer, Ing. p., B.Sc.A., S.B.  
Professeur titulaire de Résistance des Matériaux  
à la Faculté des Sciences de l'Université Laval.  
Armand-E. Bourbeau, Ing. p., S.B.  
Jean Royer, Ing. p., B.Sc.A., S.M.

## Maurice Royer et Associés

*Ingénieurs Conseils*

831 ouest, rue Saint-Cyrille  
QUÉBEC

5230, rue Parthenais  
MONTRÉAL

2125, boul. Laframboise  
SAINT-HYACINTHE

## RACEY, MacCALLUM AND ASSOCIATES LIMITED

Firme contrôlée et dirigée par des

*Ingénieurs Conseils*

Consultation — Surveillance — Inspection  
Mécanique des sols-Etude des fondations  
Surveillance de construction  
Inspection et contrôle de soudure-Analyse des vibrations  
Inspection radiographique, ultrasonique, magnétique  
Estimations foncières-Evaluations industrielles

TORONTO

MONTRÉAL

VANCOUVER

5890, avenue Monkland

## CHARLES-ED. GRAVEL

*Ingénieur Conseil*

J. Chagnon, Ing.P.  
J.-B. Nobert, Ing.P.  
A. Levac, Ing.P.  
M. Hétu, Ing.P.  
G. Jolicoeur, Ing.P.  
C. Blouin, Ing.P.  
G. Cousineau, Ing.P.  
R. Levasseur, Ing.P.  
Y. Girard, Ing.P.  
G. Brazeau, Ing.P.

TRAVAUX MUNICIPAUX

Spécialités: Usine de filtration, Usine d'épuration  
Traitement des eaux, Urbanisme.

BUREAU :

3717 Boul. Lévesque — MU. 1-1692-3

Abord-à-Plouffe

Montréal 9.

Téléphone : LA. 5-5123

## GEO. DEMERS

*INGÉNIEUR CONSEIL*

INGÉNIEURS ADJOINTS :

Phil. Lemieux — Jacques Roy

71 rue St-Pierre,

Québec.

## HYDRAULIQUE

**Nouveaux Compléments d'Hydraulique** — L. ESCANDE — Service des Documentations — Paris 1955.

**Hydraulic Operation and Control of Machines** — I. MC NEIL — Thomas and Hudson — London 1954.

**Water the Yearbook of Agriculture 1955** — Etats-Unis département de l'Agriculture — United States Government — Washington 1955.

**Canalisation du Système des grands lacs** — Canada Service Général du Génie — Ottawa 1949.

**Winds, Waves and Maritime Structures** — R. R. MINIKIN — C. Greffin — London 1950.

## INDUSTRIES DIVERSES

**Significance of Properties of Petroleum Products** — George SELL — The Institute of Petroleum — London 1954.

**Modern Petroleum Technology** 2nd ed. — Institute of Petroleum — London 1954.

**Manuel C.I.L. de l'Utilisation pratique des explosifs** — Canadian Industries Limited — Montréal 1955.

**Symposium Sponsored by Division of Petroleum Chemistry** — American Chemical Society — Washington 1946.

## MATHÉMATIQUES

**Cours de Géométrie Infinitésimale** 5e fascicule — Gaston JULIA — Gauthier-Villars — Paris 1955.

**Théorie Mathématique du Bridge à la portée de tous** — E. BOREL et A. CHÉRON — Gauthier-Villars — Paris 1955.

**Parmi les belles figures de la Géométrie dans l'Espace** — Victor THIBAULT — Vuibert — Paris 1955.

**Problèmes de Fermat appel aux mathématiciens** — F. Henri A. BEAUVOIS — Durand — Chartres 1954.

**Progrès vers l'Unité Rationnelle** Chapitre V — Raoul FERRIER — Et Ulman — Paris 1955.

**Colloque sur l'Analyse Statistique 1954** — Centre Belge de Recherches Mathématiques — Masson — Paris 1955.

**Statistical Methods in Experimentation** — O. L. LACEY — Macmillan — New York 1953.

**Un. Deux. Trois... l'infini** — G. GAIMOV — Dunod — Paris 1955.

**Theory and Problems of Analytic Geometry** — Joseph H. KINDLE — Schaum Publishing — New York 1950.

**Theory and Problems of Differential Equations** — Frank AYRES — Schaum Publishing — New York 1952.

**Theory and Problems of Differential and Integral Calculus** — Frank AYRES — Schaum Publishing — New York 1950.

**Analytic Geometry** 5th edition — C. E. LOVE and E. D. RAINVILLE — Macmillan Co. — New York 1955.

**Schaum's outline of Theory and Problems Trigonometry** — Frank AYRES — Schaum Publishing — New York 1954.

**The Compleat Strategyst** — J. D. WILLIAMS — McGraw-Hill — Toronto 1954.

**Éléments de Calcul Matriciel** — Gilbert CAHEN — Dunod — Paris 1955.

**Mathematics of Engineering Systems** — Derek LAWREN — John Wiley — New York 1954.

**Advanced calculus for Engineers** — F. B. HILDEBRAND — Prentice Hall — New York 1949.

**Elementary Trigonometry** — H. S. HALL and S. R. KNIGHT — Butterworths Scientific Publishing — London 1928.

**Histoire Abrégée des Sciences Mathématiques** — Maurice D'OCAGNE — Librairie Vuibert — Paris 1952.

## MÉCANIQUE

**Theory and Problems of Engineering Mechanics** — W. G. MCLEAN and E. W. NELSON — Schaum Publishing — New York 1952.

## MÉCANIQUE APPLIQUÉE

**Détermination Rapide et Dessin des Engrenages** — Pierre AUSSANT — Gauthier-Villars — Paris 1955.

**Brown & Sharpe Handbook — A guide for machinists** — Brown & Sharpe — Providence 1954.

**Brown & Sharpe Automatic Screw Machines** — Brown & Sharpe — Providence 1955.

**Formulas in Gearing** — Brown & Sharpe — Providence 1938.

**Practical Treatise on gearing** — Brown & Sharpe — Providence 1929.

**Construction and use of Automatic Screw Machines** — Brown & Sharpe — Providence 1955.

**Practical Treatise on Milling and Milling Machines** — Brown & Sharpe — Providence 1954.

**Crane Handbook** — H. G. GREINER — Whiting Corporation — Haverly 1955.

## MÉTALLURGIE

**Fatigue** — T. J. DOLAN, B. J. LAZAN and O. J. HORGER — American Society for Metals — Cleveland 1954.

**Mechanical Wear** — J. T. BURWELL — American Society for Metals — Cleveland 1950.

**Casting of Brass and Bronze** — Daniel R. HULL — American Society for Metals — Cleveland 1950.

**Metallurgy and Magnesium** — James K. STANLEY — American Society for Metals — Cleveland 1948.

**Stainless Steels** — Carl A. ZAPFFE — American Society for Metals — Cleveland 1949.

**Grain Control in Industrial Metallurgy** — J. E. BURKE and R. L. KENYON — American Society for Metals — Cleveland 1948.

**Elements of Hardenability** — M. A. GROSSMANN — American Society for Metals — Cleveland 1952.

**Behavior of Metals under Impulsive Loads** — John S. RINEHARD — American Society for Metals — Cleveland 1954.

**Cold Working of Brass** — L. E. GIBBS — American Society for Metals — Cleveland 1946.

**Gases in Metals** — D. P. SMITH and L. W. EASTWOOD — American Society for Metals — Cleveland 1953.

**Induction Heating** — H. B. OSBORN and P. H. BRACE — American Society for Metals — Cleveland 1946.

**Acid Electric Furnace Steelmaking Practice** — C. C. WISSMANN — American Society for Metals — Cleveland 1947.

**Behavior of Metals at Low Temperatures** — R. M. BRICK and J. R. LOW — American Society for Metals — Cleveland 1953.

**Surface Stressing of Metals** — H. F. MOORE and W. M. MURRAY — American Society for Metals — Cleveland 1947.

**Surface Protection against Wear** — H. S. AVERY, M. B. BEVER and T. BEGOS — American Society for Metals — Cleveland 1954.

**Copper and Copper Alloys** — O. W. ELLIS — American Society for Metals — Cleveland 1948.

**Magnesium** — L. M. PIDGEON and J. C. MATHES — American Society for Metals — Cleveland 1946.

**Corrosion of Metals** — C. W. BORG-MANN and C. P. LARRABEE — American Society for Metals — Cleveland 1946.

**Alloy Constructional Steels** — A. J. FRENCH and F. L. LAQUE — American Society for Metals — Cleveland 1942.

**Structure and Properties of Mild Steel** — C. A. EDWARD — American Society for Metals — Cleveland 1953.

**High Temperature Properties of Metals** — E. R. PARKER, N. J. GRANT and H. J. GROVER — American Society for Metals — Cleveland 1951.

**Metals Handbook 1955 Supplement** — American Society for Metals — American Society for Metals — Cleveland 1955.

# UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

## EXTENSION DE L'ENSEIGNEMENT

Cours du soir conduisant  
au B.A. et B.Sc.

Prospectus des autres cours,  
sur demande.

Tél. : RE.8-9451, poste 46 ou RE. 8-7057

Pour tout renseignement, s'adresser au

## SECRETARIAT GÉNÉRAL

Case postale 6128, Montréal 2

RE. 8-9451 — Poste 77

MA. 4287

MA. 4288

## LEBLANC & MONTPETIT

*Ingénieurs Conseils*

*Spécialistes : PLANS et DEVIS*  
Electricité, Plomberie, Chauffage, Ventilation  
Electrification rurale, Air climatisé.  
Egouts et Aqueducs Municipaux

515 est, rue Demontigny (Ch. 213) Montréal, Qué.

## PAUL ROLLAND CONSTRUCTION LTÉE

*Ingénieurs et Constructeurs*

5890, Avenue Monkland  
MONTRÉAL • EL. 7386

## LES INGÉNIEURS ASSOCIÉS LTÉE

LABRECQUE, LABRECQUE & GAGNON

*Ingénieurs conseils*

H. LABRECQUE, Ing. P. — A. LABRECQUE, Ing. P.  
G. LEFEBVRE, Ing. P. — Luc GAGNON, Ing. P., A.G.

10 ouest, rue St-Jacques,  
MONTRÉAL

Tél. : AV. 8-1246  
8-1247

## Collet Frères Limitée

*Constructeurs*

1978 rue Parthenais,  
MONTRÉAL, Qué.

*Fonds du*

## 75ème ANNIVERSAIRE

"QUI DONNE AU FONDS, PRÊTE AUX ÉTUDIANTS"

## Claude Senneville

Ingénieur en mécanique des sols et fondations  
Administrateur-gérant de Soil Tech. Ltd.

BUREAU  
1462, rue Bishop  
Montréal  
AV. 8-5892

RÉSIDENCE  
Beloeil  
Téléphone  
FO. 7-3912

# Index des Annonceurs

## — B —

Babcock-Wilcox & Goldie McCulloch Ltd. ....	11
Banque Canadienne Nationale .....	75
Banque d'Epargne .....	71
Beauchemin, Beaton, Lapointe .....	77
Beaulieu, Trudeau, Dubuc, Lalancette & Beaulieu	77
Brissette Ltée, J. ....	75

## — C —

Canada Wire & Cable Co. Ltd. ....	7
Canadian General Electric Co. Ltd. ....	10
Canadian Industries Ltd. ....	4
Canadian Laboratory Supplies Ltd. ....	73
Canadian Liquid Air Co. Ltd. ....	Couv. 2
Collet Frères Ltée .....	79
Commercial & Industrial Ventilation Ltd. ....	8
Crane Ltd. ....	5

## — D —

Davie Shipbuilding Ltd. ....	3
Demers Geo. ....	77
De Serres Ltée, Omer .....	71
Dominion Bridge Co. Ltd. ....	6
Doucet & Doucet Ltée .....	73

## — E —

Ecole Polytechnique de Montréal .....	58
Ecole des Hautes Etudes Commerciales .....	61
Electrical Mfg. Co. Ltd. ....	75

## — F —

Fonderie de l'Islet Ltée, La .....	69
Forano Ltée .....	73

## — G —

Gravel Chs Ed. ....	77
---------------------	----

## — I —

Ingénieurs Associés Ltée, Les .....	79
-------------------------------------	----

## — L —

Lalonde, Girouard & Letendre .....	77
LaSalle Builders Supply Ltd. ....	71-73
Leblanc & Montpetit .....	79

## — M —

Metro Industries Ltd. ....	71
Metropole Electric Inc. ....	69
Ministère de la Défense Nationale .....	2
Mongeau & Robert Ltée .....	67

## — N —

National Boring & Sounding Inc. ....	Couv. 4
--------------------------------------	---------

## — O —

Osrose Wood Preserving Co. of Canada Ltd. ....	9
--	---

## — R —

Racey, MacCallum & Associates .....	77
Rolland Construction Ltée, Paul .....	79
Royer & Associés, Maurice .....	77

## — S —

Secrétariat de la Province .....	62
Senneville Claude .....	79
Shawinigan Water & Power Co. ....	Couv. 3
Steel Co. of Canada Ltd., The .....	67
Surveyer, Nenniger & Chênevert .....	77

## — U —

Université de Montréal .....	79
------------------------------	----

## — V —

Volcano Ltée .....	12
--------------------	----

---

# Les promesses de l'avenir



Les fondateurs de la compagnie Shawinigan Water and Power, si prévoyants furent-ils, ne s'imaginèrent pas l'ampleur que prendrait cette compagnie en moins de soixante ans.

La Shawinigan est aujourd'hui l'une des grandes entreprises de service public du continent, et l'énergie qu'elle produit alimente un territoire de 31,000 milles carrés dans la province de Québec.

Son avenir est étroitement lié à celui de la grande province qu'elle dessert et qui est au seuil d'une ère de progrès dont la génération d'il y a vingt ans n'avait pas la moindre idée. A mesure que la population et l'industrie du Québec demanderont plus d'énergie, la Shawinigan consacrera tous ses efforts et toutes ses ressources à satisfaire cette demande. De l'immense richesse du Québec en ruisseaux et en rivières, de ses bassins très étendus, naîtra une grande prospérité, et la Shawinigan y contribuera par un apport considérable d'énergie électrique.



compagnies associées et filiales

---



Essai au cissomètre sur un dépôt d'argile près de Saint-Janvier  
Auto-route Montréal-Laurentides

## MÉCANIQUE DES SOLS ÉTUDE DE SITES

Des analyses complètes des conditions du sous-sol sont faites par des ingénieurs spécialisés en mécanique des sols, se servant de l'équipement le plus moderne

# National Boring & Sounding Inc.

615, rue Belmont – Montréal

RAPPORTS TECHNIQUES SUR

- Profils et condition du roc
- Valeur portante des terrains
- Systèmes de fondation
- Perméabilité du sol, etc.

*Nos 20 ans d'expérience dans les travaux des fondations  
sont une garantie de succès*