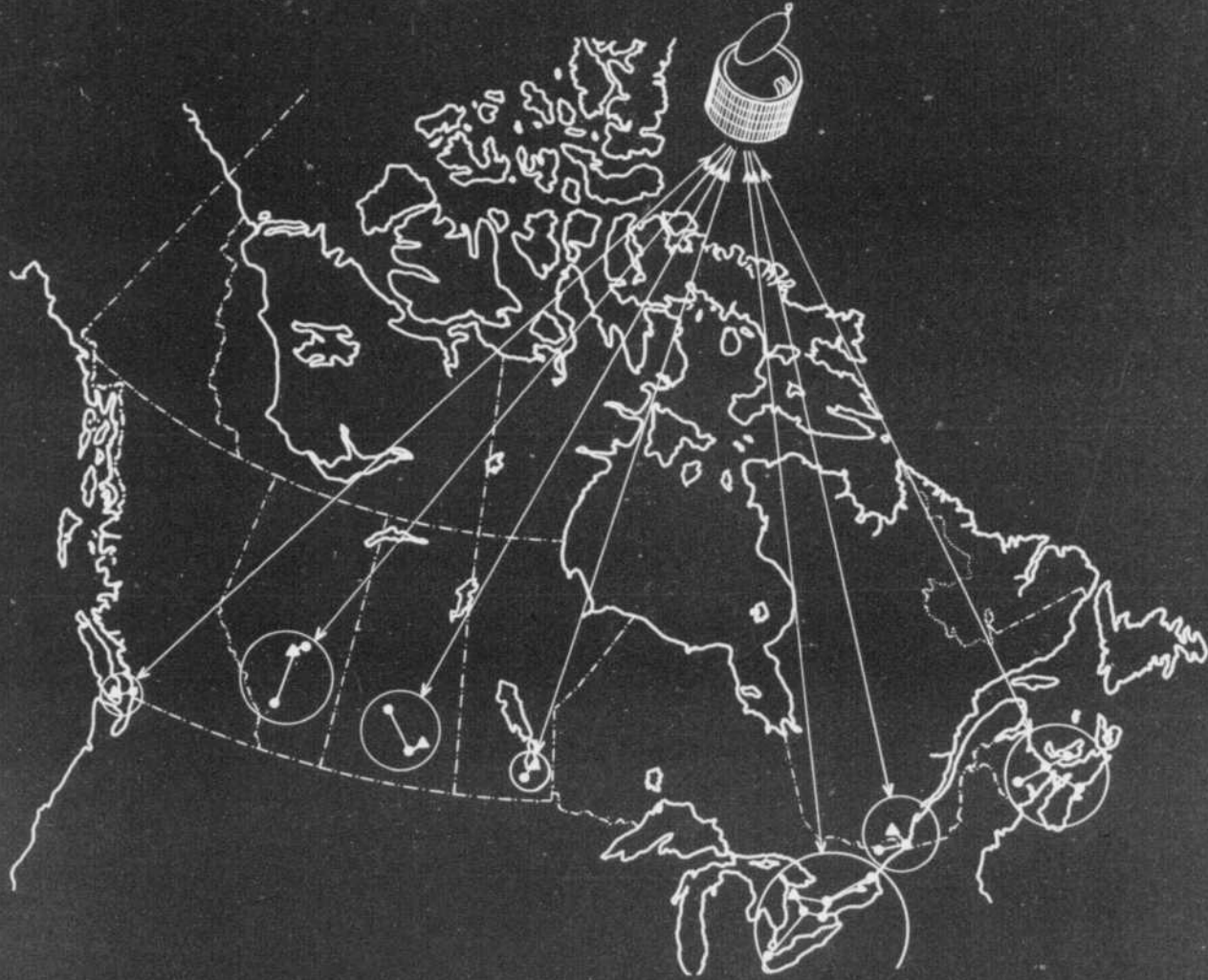


SEPTEMBRE 1972
NO 282
58^e année

L'INGÉNIEUR



M. CLOUTIER (Éditeur), Ing. P.
27 av. des Rapides,
Québec 5, Qué.

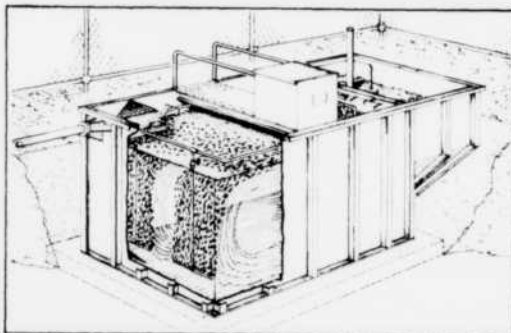
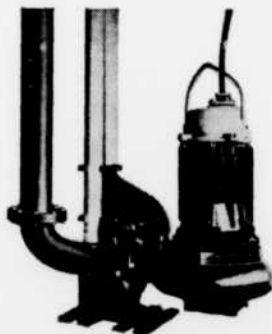
Affranchissement en numéraire au tarif de la troisième classe Permis No 11018
Port de retour garanti : 2500, avenue Marie-Guyard, Montréal 250

L'eau
pure
est une
richesse
qu'il faut
conserver.

Et l'équipement
Flygt
pour l'épuration
des eaux d'égout
peut
vous aider
à le faire.



Le matériel fabriqué par Flygt pour le pompage et l'épuration des eaux d'égout est conçu de façon à s'adapter facilement à vos exigences. Flygt fut la première compagnie à créer des stations p.r.f. préfabriquées pour le pompage des eaux d'égout. Nous offrons maintenant un choix complet de stations de pompage, en acier et en plastique renforcé de fibre de verre, et de stations d'épuration par aération intensive, montées à l'usine. Au coeur de tous les systèmes de traitement des eaux d'égout fabriqués par Flygt, on trouve la pompe électrique Flygt submersible, qui a fait ses preuves au cours de millions d'heures de fonctionnement dans le monde entier. Bien sûr, avec des produits d'une aussi grande efficacité, vous êtes en droit de vous attendre à des services techniques de première classe. Flygt vous les garantit, de Terre-Neuve à la Colombie-Britannique. Communiquez donc avec nous sans tarder.



Siège social: Dorval, Qué.
Succursales:
Vancouver et Kelowna, C.-B.;
Calgary et Edmonton, Alberta;
Québec et Sept-Îles, Qué.;
Moncton, N.-B.; St-Jean, T.-N.
Distributeurs:
Power & Mine Supply Co. Ltd.,
Winnipeg, Manitoba;
G. F. Seeley & Son Ltd., Toronto,
Ottawa et Hamilton, Ont.
Aux E.-U.:
Flygt Corporation, Norwalk, Conn.

FLYGT CANADA LIMITED

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

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

SECRÉTAIRE-ADMINISTRATIVE
Yolande GINGRAS

RÉDACTRICE
Madeleine G. LAMBERT

**COMITÉ CONSULTATIF
DE RÉDACTION**
Adrien LEROUX, ing.,
directeur
Raymond BARETTE, ing.
Pierre BELLEAU, ing.
G.-Réal BOUCHER, ing.
Donald J. BRYANT, ing.
Jean CHARTRAND, ing.
Jean L. CORNEILLE, ing.
Jacques DEBROUX, ing.
Josef HODE KEYSER, ing.
Pierre La ROCHELLE, ing.
Michel RIGAUD, ing.
Jean-Charles TREMBLAY, biochim.

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

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

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

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

Tirage certifié : membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau

ccab



ARTICLES

3 LES RÉSEAUX D'ORDINATEURS

par : J.A. Schwarz da Silva, ing. et
René Guindon, ing.

Cet article explore la possibilité de créer un réseau d'ordinateurs reliant des universités canadiennes. Le fonctionnement d'un tel réseau utilisant comme principe de base la commutation de messages est décrit et les outils nécessaires à son analyse entrevus.

Ces techniques d'analyse, appliquées à deux types de réseaux (terrestre et hybride), permettent d'obtenir la variation du temps de réponse d'un réseau en fonction du trafic total circulant sur ce dernier.

11 LE PONT AKONOLINGA SUR LE NYONG République Fédérale du Cameroun

par : André P. Verbrugge

19 LA CALORIMÉTRIE, UNE TECHNIQUE REDÉCOUVERTE

par : Dr Carmel Jolicœur et
Dr Jacques E. Desnoyers

La calorimétrie, longtemps une technique artisanale et ardue, récupère avec vigueur une place de choix dans les laboratoires modernes. Les développements technologiques qui ont permis ce retour nous permettent maintenant d'envisager des méthodes d'investigation thermochimique dont l'utilité et l'utilisation seront comparables à des méthodes spécifiques telle la spectroscopie d'absorption. L'avenir de la calorimétrie dynamique, en particulier, apparaît des plus prometteurs, non seulement en recherche scientifique, mais en analyse et contrôle industriel.

RUBRIQUES

16 LE MOIS : Ingénieurs demandés — Nomination

27 ÉVÉNEMENTS À VENIR

28 RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

NDLR

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

NOTRE COUVERTURE

Représentation schématique d'un réseau hybride utilisant le satellite « ANIK ».

Chez nous, rien ne tombe à l'eau.

La construction navale est un métier qui exige une grande précision, car un navire doit être une entité par lui-même.

A 500 milles en mer, il est impossible d'appeler qui que ce soit pour effectuer des réparations. Nous ne pouvons donc compter que sur la qualité de nos propres produits.


Notre longue expérience nous permet de fabriquer

toute une gamme de produits à rendement sûr, des produits durables, qui sont utilisés dans des domaines autres que ceux de la navigation.

Par exemple: des turbines géantes et des alternateurs pour les immenses centrales hydro-électriques canadiennes, des wagons de chemin de fer pour le Mexique et pour l'industrie minière.

La haute qualité de nos produits n'est plus à prouver, qu'il s'agisse d'une grue géante ou de wagons spéciaux pour le transport de métal en fusion.

Communiquez avec nous. Vous constaterez que chez nous, rien ne tombe à l'eau.

 **Marine
Industrie Ltée**

Montréal • Sorel
(514) 849-2131



LES RÉSEAUX D'ORDINATEURS

par J.A. Schwarz da Silva, ing. et
René Guindon, ing.

Notes biographiques :

Monsieur J.A. Schwarz da Silva — Après des études en génie électrique au niveau du baccalauréat (70) et maîtrise (71) à l'École Polytechnique de Montréal, l'auteur est entré au service du ministère des Communications où il participe à l'étude de réseaux depuis septembre 1971.

Monsieur René Guindon reçut son B.Sc.A. (66) et son M.Sc.A. (68) en génie électrique de l'Université d'Ottawa. De 1968 à 1970, il travailla pour le ministère de la Défense nationale et pour le centre de recherche Bell-Northern à Ottawa. Depuis août 1971, il œuvre au sein du ministère des Communications à la planification de réseaux.

DÉFINITION DES SYMBOLES UTILISÉS

λ	nombre moyen de paquets dans un processus de POISSON (paquets/sec)
$\frac{1}{\mu}$	longueur moyenne d'un paquet (bits/paquet)
T_i	délai moyen sur la voie « i » (sec/paquet)
T	délai total moyen sur tout le réseau (sec/paquet)
$\bar{x} = \frac{1}{\mu C_i}$	temps moyen de service d'un paquet sur la voie « i » (sec/paquet)
C_i	capacité de la voie « i » (bits/sec)
$\rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu C_i}$	utilisation moyenne de la voie « i » (sans dimensions)
γ	nombre total de paquets entrant dans le réseau (paquets/sec)

I. Introduction

Vers le début des années '60, un des premiers systèmes d'ordinateurs, fonctionnant en temps partagé, fut développé au M.I.T. (réf. 1). Dans ce système, plusieurs terminaux utilisaient simultanément le même

ordinateur ; le principe étant que l'utilisateur typique au cours d'une conversation avec l'ordinateur n'avait pas besoin de toutes ses ressources. Ainsi, si l'utilisateur typique prend 19 secondes pour générer un message qui requiert une seconde de calcul, approximativement 20 usagers peuvent simultanément partager les ressources de l'ordinateur sans trop d'interférence.

Depuis lors, les systèmes d'ordinateurs à temps partagé se sont multipliés à travers l'Amérique du Nord. Une infinie variété de systèmes et types de service sont maintenant disponibles à un coût de plus en plus bas. Des universités et des laboratoires de recherche de grandes compagnies ont développé soit des programmes spécialisés, soit des banques de données, soit de nouveaux langages. Ces diverses ressources disponibles aux centres de calcul où elles ont été créées sont difficilement transférables. Il est cependant évident que cette multitude de ressources doit être mise à la disposition d'utilisateurs situés ailleurs que dans ces centres de calcul. Pour répondre à ce besoin de la part des usagers, l'idée est née de créer des réseaux d'ordinateurs pour ainsi rendre possible un partage de ressources. Ceci représente sans doute le prochain grand événement dans l'usage rationnel des ordinateurs.

Parmi les premiers réseaux d'ordinateurs à être créés figurent le réseau militaire « SAGE » (réf. 2) et le réseau « SABRE » (réf. 3) de la compagnie aérienne « American Airlines ». Plus récemment, d'autres réseaux tels que « N.P.L. » (réf. 4), « ARPA » (réf. 5) et « MERIT » (réf. 6) sont apparus.

La première tentative de création d'un réseau d'ordinateurs au Canada est due au « Council of Ontario Universities » (réf. 7). Le but de ce dernier réseau est d'interconnecter les différentes universités situées dans la province d'Ontario pour ainsi mettre en commun des ressources éparpillées. En décembre 1970, une proposition visant à la création d'un réseau universitaire canadien fut adressée au ministère des Communications. Au mois de mars 1971, sous la coordination de l'Université du Québec, des études préliminaires étaient entreprises ayant en vue la création du réseau « CANUNET » (Canadian University Computing Network).

Une de ces études préliminaires, effectuée au sein du ministère des Communications, a porté sur l'analyse mathématique de plusieurs configurations possibles pour le réseau « CANUNET ». Les résultats de cette étude, qu'on peut trouver aux sections 3, 4 et 5, seront précédés (section 2) par une description du fonctionnement d'un réseau d'ordinateurs utilisant comme principe de base la commutation de messages et par un aperçu des techniques d'analyse employées.

2. Description d'un réseau d'ordinateurs

On peut grossièrement affirmer qu'un réseau d'ordinateurs n'est rien qu'un ensemble d'ordinateurs reliés par des canaux de communication sur lesquels circulent des messages. On définit un « nœud » comme étant l'ensemble formé par un ordinateur (HOTE) et par une unité de contrôle (U.C.). Lorsqu'un ordinateur HOTE a un message à transmettre, ce message est divisé en paquets (de longueur maximale imposée), chacun portant l'adresse de l'HOTE destinataire. Ces paquets sont alors envoyés à la première unité de contrôle (U.C.) qui en accepte un nombre fini¹ à la fois. Un à un ces paquets sont dirigés vers l'HOTE destinataire.

Lorsqu'un paquet arrive à une unité de contrôle intermédiaire, celle-ci examine son contenu et, si aucune erreur n'est trouvée, le paquet est acheminé jusqu'à l'unité de contrôle suivante et un accusé de réception (ACK) est envoyé à l'unité de contrôle dont provenait le paquet. Celle-ci détruit alors la copie de ce paquet qu'elle avait gardée en mémoire. Si l'unité de contrôle découvre une erreur dans un paquet, elle le détruit tout simplement.

L'unité de contrôle, dont provenait le paquet détruit, ne recevant pas de ACK pendant un certain laps de temps retransmet alors le même paquet. Comme un message peut être formé de plusieurs paquets, il est fort possible que ces paquets arrivent en désordre à l'unité de contrôle reliée à l'HOTE destinataire. Ceci ne constitue pas un problème car les paquets étant numérotés, l'unité de contrôle, après réception du dernier paquet, les réordonne et les achemine vers l'HOTE destinataire.

Le principe selon lequel le réseau, décrit précédemment, fonctionne est celui de la commutation de messages par opposition à la commutation de circuits. En effet, la commutation de messages apparaît comme la solution adéquate au problème de la transmission de données; le délai subi par un message pour se rendre à destination étant négligeable (< 1 seconde).

1. Dans le réseau « ARPA » (réf. 16) l'unité de contrôle accepte jusqu'à 8 paquets à la fois.

2. Le mot *algorithme* résulte de la corruption du nom du mathématicien arabe Al Khwarismi (IX^e siècle) et signifie : procédé permettant de résoudre un problème en un nombre fini d'opérations.

3. Voir « Étude d'un réseau universitaire d'ordinateurs pour le Canada » par J. da Silva, R. Guindon, M. Kadoch — rapport préliminaire, ministère des Communications, OTTAWA, janvier 1972.

2.1 Outils nécessaires à l'analyse d'un réseau d'ordinateurs

Quel que soit le réseau que l'on étudie (réseau routier ou autre), plus particulièrement un réseau d'ordinateurs, il faut faire appel à la théorie des graphes et à la théorie des files d'attente. Un réseau d'ordinateurs n'étant qu'un graphe dont les sommets sont les centres de commutation ou unités de contrôle (U.C.), la théorie des graphes est l'outil nécessaire à la détermination du chemin de valeur minimale (shortest path).

En effet, dans un réseau, on veut normalement choisir, parmi les différents chemins menant d'un point A à un point B, le chemin de longueur minimale. Plusieurs algorithmes² existent qui permettent de trouver le chemin de longueur minimale (voir exemple : Communication, Transmission and Transportation Networks par Frank et Frisch, Addison-Wesley 1971). Souvent aussi la valeur du flot maximal, c'est-à-dire la quantité maximale de messages, de marchandise, etc. que l'on peut transporter d'un point à un autre, sans excéder la capacité des canaux de communication (routes), doit être calculée. Ce problème a été résolu par Ford et Fulkerson (réf. 8) et la solution est connue sous le nom de « Max-Flow-Min-Cut Theorem ».

Il faut ensuite faire appel à la théorie des files d'attente car un réseau d'ordinateurs utilisant la commutation de messages est un système avec attente. En effet, comme des messages arrivent continuellement aux unités de contrôle, ils doivent attendre que ceux qui les ont précédés soient servis (on assume que tous les messages sont d'égale priorité), ce qui entraîne une attente.

Dans les pages suivantes, le lecteur trouvera les éléments de la théorie des files d'attente nécessaires à l'établissement d'un modèle mathématique d'un réseau d'ordinateurs.

2.2 Modèle mathématique d'un réseau (réf. 9)

Considérons un réseau tel que celui représenté à la figure 1. Chaque « nœud » du réseau est formé par une unité de contrôle (centre de commutation) et un ou plusieurs ordinateurs (HOTES). Plus spécifiquement, considérons le sous-réseau formé d'unités de contrôle et de canaux de communication.

Des messages (paquets) circulant sur les canaux de communication arrivent aux unités de contrôle, sont servis après un certain laps de temps (le temps de service est proportionnel à la longueur du message) et partent ensuite vers d'autres unités de contrôle. À remarquer que du fait qu'une partie des messages est collectée sur place, la totalité des messages reçue par une unité de contrôle n'est pas renvoyée sur le réseau.

L'hypothèse généralement acceptée considère le flux d'arrivées comme un processus de POISSON et la longueur des paquets comme ayant une distribution

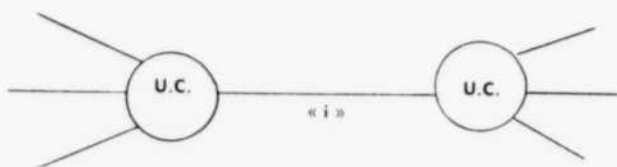
$$\text{exponentielle de moyenne } \frac{1}{\mu}$$

Ainsi :

$$A(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$B(x) = 1 - e^{-\mu x}$$

De plus, si les unités de contrôle servent un seul message à la fois, le système peut être représenté par un ensemble de files d'attente du type M/M/1⁴. On peut alors trouver le délai subi par un paquet, dû au délai d'attente et de service sur le canal « i » représenté par le schéma qui suit.



Soit :

$$T_i = E \{ \text{délai d'attente et service sur la voie « i »} \}$$

$$T_i = \frac{\bar{x}}{1 - \rho_i} = \frac{1}{\mu C_i} \frac{1}{1 - \frac{\lambda_i}{\mu C_i}}$$

$$T_i = \frac{1}{\mu C_i - \lambda_i} \quad (2.1)$$

Une fois T_i obtenu, le délai total moyen T est calculé. Représentant le taux total de messages qui entrent dans le réseau par γ et incluant 1 milliseconde pour tenir compte du délai dans chaque unité de contrôle, l'expression suivante est obtenue :

$$T = \sum_i \frac{\lambda_i}{\gamma} (T_i + 10^{-3}) \quad (2.2)$$

Cette expression ne tient pas compte du fait que chaque fois qu'un paquet est reçu à une unité de contrôle celle-ci transmet un ACK à l'unité de contrôle d'où provenait le paquet et dont la longueur en bits est différente de celle du paquet. En effet, le temps qu'un paquet passe à attendre avant d'être servi dépend du trafic total (paquets et ACK) tandis que le temps de service requis dépend uniquement de la longueur du paquet. De plus, il faudra tenir compte du fait que le temps de propagation n'est pas toujours négligeable.

La nouvelle expression obtenue pour T_i est alors :

$$T_i = \frac{1}{\mu' C_i} + \frac{\lambda_i / \mu C_i}{\mu C_i - \lambda_i} + PL_i + 10^{-3} \quad (2.3)$$

où :

$$\frac{1}{\mu'} = \text{longueur moyenne d'un paquet}$$

$$\frac{1}{\mu} = \text{longueur moyenne de l'ensemble paquet et ACK}$$

$$PL_i = \text{délai de propagation sur la voie « i »}$$

$$\frac{1}{\mu' C_i} = \text{temps moyen de service par paquet.}$$

4. Voir page A-12 de la référence 15.

Les deux premiers termes de l'équation (2.3) s'obtiennent facilement à partir de l'équation de Pollaczek-Khinchin (réf. 10).

L'équation (2.3) est celle qui est utilisée pour calculer le délai total moyen rencontré par un message dans un réseau à commutation de messages.

Ce paramètre constitue, sans aucun doute, la figure de mérite la plus importante de n'importe quel réseau d'ordinateurs du type décrit précédemment.

3. Le réseau « CANUNET »

Dans les pages précédentes, le fonctionnement d'un réseau d'ordinateurs utilisant comme principe la commutation de messages a été décrit et les outils nécessaires à son analyse entrevus.

Il convient maintenant, avant de présenter les résultats obtenus pour diverses configurations, de préciser pourquoi un réseau d'ordinateurs est avantageux pour le Canada et sur quelles hypothèses notre étude s'est basée.

3.1 Pourquoi un réseau

Le Conseil des Sciences du Canada, tel que souligné dans son rapport #13 (réf. 11), estime que les besoins canadiens dans le domaine de la téléinformatique vont s'accroître et préconise la création d'une artère nationale qui servirait l'ensemble du Canada. Les bénéfices apportés par un réseau d'ordinateurs canadien sont variés et entre autres, on peut mentionner les suivants :

- la qualité et la quantité des services d'informatique accessibles à tous les canadiens seraient largement améliorées.
- la réalisation d'un tel réseau aiderait fortement l'industrie canadienne et empêcherait l'envahissement du marché canadien par les services d'informatique américains.

Il est intéressant de noter que la plupart, sinon la totalité, des réseaux d'ordinateurs existants sont nés dans les universités. C'est en effet chez les universitaires que le besoin de services d'informatique sophistiqués est le plus pressant. Parmi les bénéfices qu'un réseau d'ordinateurs apporterait à la communauté universitaire figurent les suivants :

- L'élimination de disparités, au niveau du revenu, parmi les centres de calculs des universités.
- Une meilleure utilisation d'un ordinateur en rendant possible le partage de sa charge de pointe avec un ordinateur situé dans une autre zone horaire.
- Le développement et l'entraînement du personnel nécessaire à la création de futurs réseaux nationaux. Un réseau universitaire fournirait le moyen idéal de recherche et développement dont la valeur serait cruciale pour de futurs réseaux.
- Un haut degré d'efficacité serait atteint en permettant à certaines universités la spécialisation dans des types particuliers de services d'informatique, lesquels seraient disponibles à n'importe quelle autre université au pays.
- Des banques de données hautement spécialisées, dont la duplication est très onéreuse, seraient accessibles à n'importe quelle université du réseau.

Il convient, pour bien se rendre compte des bénéfices découlant de la création d'un réseau d'ordinateurs, de mentionner quelques types de services actuellement éparpillés dans les universités canadiennes. On trouve entre autres :

1. des services de bibliothèque (Université de Toronto, Université Laval, etc.)
2. des services légaux (Université Queen, Université de Montréal, etc.)
3. des services éducationnels (Université de l'Alberta, Université Simon Fraser, etc.)
4. des services administratifs (Université du Québec, Université Laval)
5. des services médicaux (Université du Manitoba, Université de Sherbrooke, etc.)
6. des services financiers (Université McGill).

Du point de vue économique, un réseau universitaire entraînerait possiblement⁵ une réduction du coût de la transmission de données.

À long terme, on peut entrevoir la possibilité de connecter le réseau « CANUNET » aux réseaux « ARPA » (États-Unis) et « NPL » (Angleterre), ce qui représenterait un bénéfice inestimable.

3.2 Concept proposé

Avant la création d'un réseau d'ordinateurs, il faut définir les contraintes auxquelles le réseau doit obéir. Entre autres, il faut :

- que le réseau puisse accepter les différents types d'ordinateurs. La diversité des ordinateurs en présence entraîne la création de certaines règles de communication (réf. 16-17).
- que le mode d'opération du réseau soit tel que le raccordement à d'autres réseaux régionaux ou nationaux soit possible.
- que le temps de réponse du réseau soit inférieur à 1 seconde. À partir du moment où un usager envoie un message jusqu'à la réception d'un accusé de réception (ACK), il ne doit s'écouler qu'un maximum de 1 seconde. Cette contrainte est essentielle pour une utilisation rationnelle du réseau en mode dialogué.
- que le principe de base de fonctionnement du réseau soit celui de la commutation de messages. En effet, dans l'état actuel de la technologie, le temps de réponse d'un réseau utilisant la commutation de circuits se chiffre en secondes. Cependant, la possibilité d'utiliser la commutation de circuits ne devrait pas être écartée car de nouveaux développements technologiques peuvent rendre celle-ci attrayante.

3.3 Topologie du réseau

Plusieurs configurations ont été envisagées pour le réseau « CANUNET » parmi lesquelles, celles de type « étoile », « boucle » et « maille ».

Le premier type de configuration a été écarté

5. Le coût de transmission d'un Megabit d'information dans le réseau « ARPA » se situe autour de 30 cents. Un Megabit d'information équivaut approximativement au contenu de 100 feuilles dactylographiées 8½" x 11".

6. Ces valeurs sont sensiblement égales à celles utilisées dans le réseau « ARPA ».

pour des raisons évidentes. En effet, dans une configuration « étoile » tous les ordinateurs sont reliés à un unique centre de commutation, ce qui entraîne un arrêt complet du réseau lorsque l'unique centre de commutation fait défaut.

Le deuxième type de configuration a été aussi abandonné pour des raisons similaires aux précédentes.

Il restait finalement la configuration du type « maille » aussi appelée topologie distribuée. Dans ce genre de configuration, plusieurs canaux de communication existent entre les différents « nœuds ». Pour des raisons de fiabilité, un minimum de deux chemins doit exister entre chaque paire de « nœuds ».

Malgré cette dernière restriction, d'innombrables configurations sont encore possibles. Le choix doit donc être dicté à partir de considérations d'ordre économique, en tenant compte du temps de réponse imposé.

3.4 Sélection des universités

À ce stade-ci de l'étude du réseau « CANUNET », il était impossible de savoir quelles universités allaient participer au réseau initial. Ainsi le choix des universités participantes a été fait arbitrairement en considérant au moins une université par province.

Comme indiqué précédemment, chaque « nœud » est formé d'une unité de contrôle et d'une ou plusieurs universités. L'avantage de consacrer une seule unité de contrôle à plusieurs universités réside dans le fait que d'autres universités peuvent être ajoutées au réseau sans pour cela changer sa topologie.

3.5 Simulation du trafic

Il est difficile, sinon impossible, d'évaluer le trafic futur du réseau « CANUNET », étant donné le nombre d'inconnues en jeu. Pour contourner cette difficulté, on a supposé que le trafic émanant d'une unité de contrôle et adressé à une autre unité de contrôle était proportionnel au nombre d'étudiants à plein temps des universités reliées à ces unités de contrôle. Ainsi, le trafic en bits par seconde émanant de l'unité de contrôle « i » et adressé à l'unité de contrôle « j » est donné par :

$$t_{i,j} = \frac{k \cdot P_i \cdot P_j}{\sum_n P_n}$$

où :

- P_i et P_j représentent le nombre d'étudiants à « i » et à « j »,
- k est une constante qui peut être variée dans le but de simuler différents niveaux de trafic,
- n est le nombre d'unités de contrôle considéré,
- $t_{i,j}$ représente le trafic en bits par seconde, allant de « i » à « j ».

Le trafic circulant dans le réseau est constitué de messages subdivisés en « paquets » de longueur maximale égale à 1024 bits. La longueur moyenne d'un paquet a été fixée à 640 bits⁶. Comme précédemment décrit, lorsqu'une unité de contrôle reçoit un paquet ne contenant aucune erreur, elle transmet à l'unité de contrôle, dont provenait le paquet, un accusé de réception (ACK pour acknowledgement) d'une longueur constante de 160 bits⁶.

3.6 Acheminement des messages

Deux principales méthodes existent pour acheminer des messages. Dans la première méthode, dite d'acheminement fixe, les messages empruntent toujours les mêmes voies de communication pour se rendre de « i » vers « j ». Le désavantage de cette méthode réside dans le fait que la congestion d'un canal de communication à un moment donné est inévitable. La deuxième méthode d'acheminement, dite d'acheminement dynamique, réduit la congestion car toute unité de contrôle tient les unités de contrôle voisines au courant de son état. Ainsi, les paquets allant de « i » à « j » ne prennent pas toujours la même route. Notons que la congestion d'une unité de contrôle peut avoir pour effet d'obliger la retransmission répétée d'un paquet. En effet, une unité de contrôle possède un certain nombre de locations de mémoire, chacune pouvant contenir un seul paquet. Un

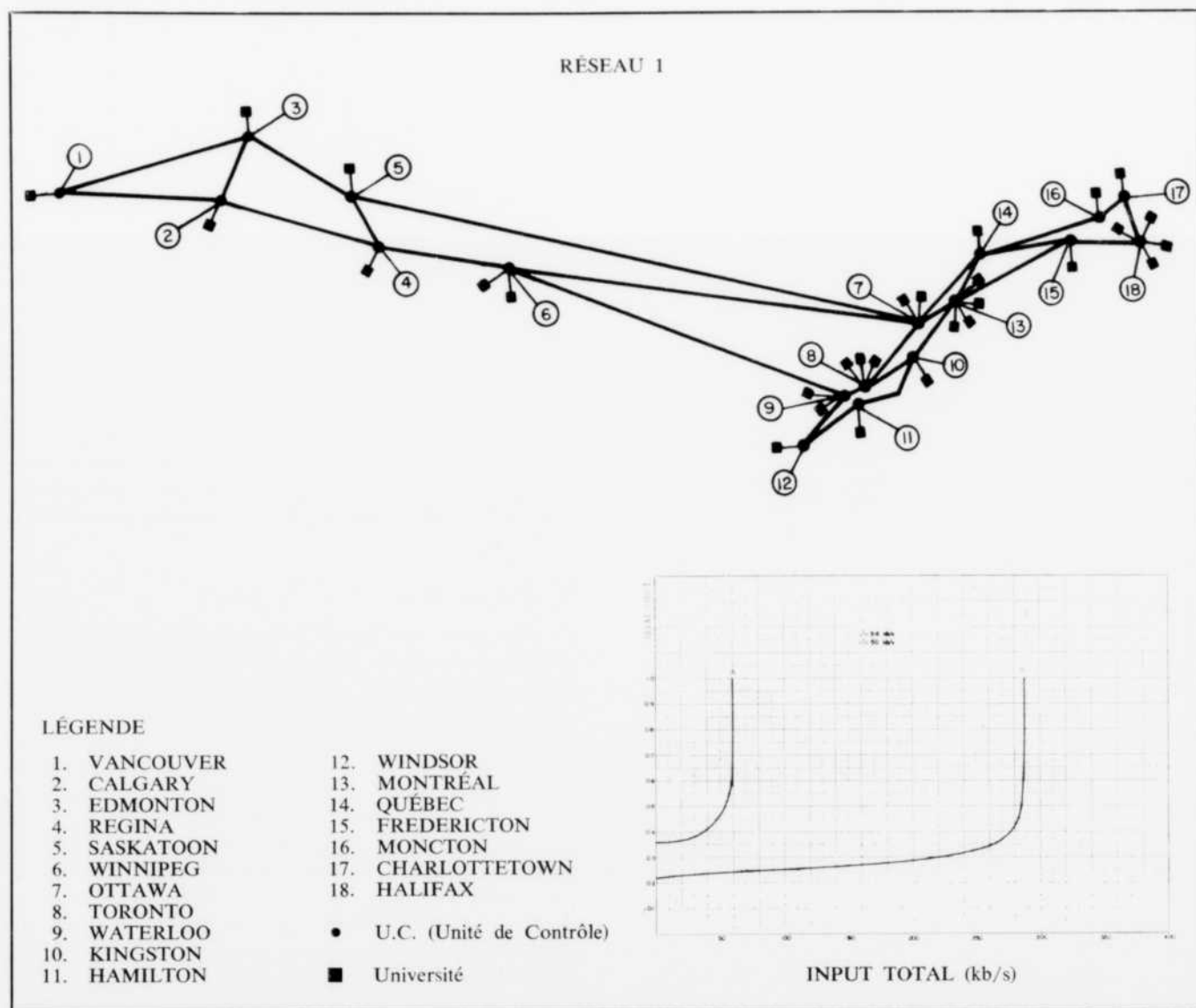
7. Pour de plus amples détails sur ces configurations et sur d'autres configurations, le lecteur est prié de consulter le rapport « Topological Analysis and Design of CANUNET » par J. deMercado, R. Guindon, J. da Silva et M. Kadoch, Department of Communications, Terrestrial Planning Branch, January 1972.

paquet arrivant à une unité de contrôle dont toutes les locations de mémoire sont remplies ne pourra pas être accepté et sera donc perdu.

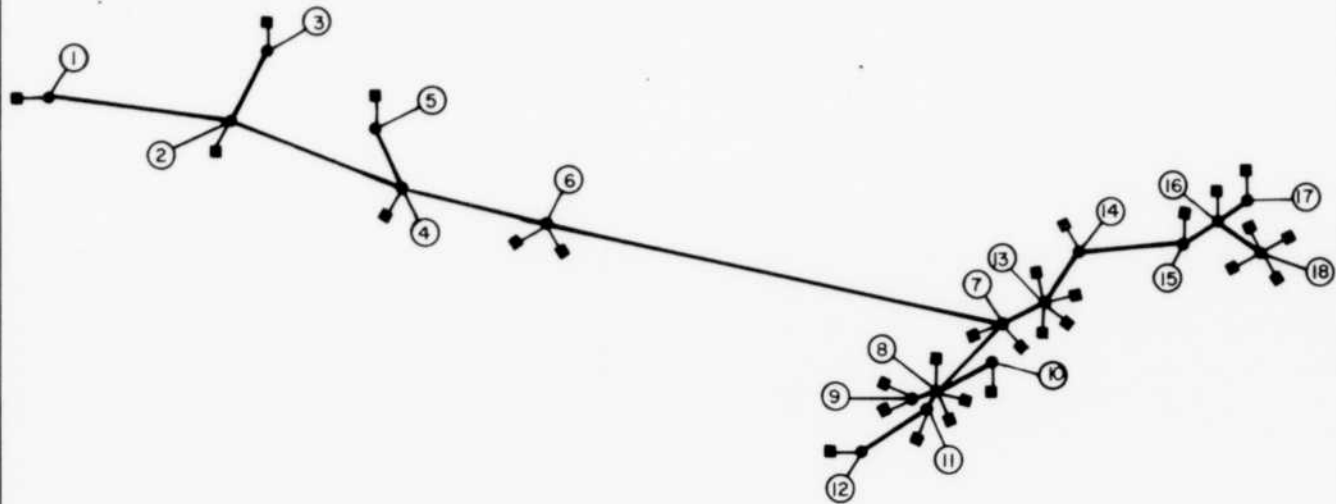
Pour faciliter la programmation, la première méthode a été utilisée dans le programme servant à la simulation du réseau « CANUNET ».

4. Réseaux terrestres pour « CANUNET »

Dans cette partie de l'étude deux configurations possibles pour le réseau « CANUNET » ont été analysées. Ces deux configurations, de 18⁷ unités de contrôle chacune, ont été choisies dans le but de démontrer les avantages d'une topologie double (double dans le sens qu'il y a un minimum de deux routes entre chaque paire d'unités de contrôle) par rapport à une topologie simple (un seul chemin entre deux unités de contrôle). Pour chaque réseau, on inclut la topologie et un graphique représentant la variation du délai total moyen subi par un paquet, en fonction du nombre total de bits par seconde entrant dans le réseau, pour des canaux de communication de 9.6 kb/s et 50 kb/s. Le modèle utilisé pour l'obtention de ces résultats est le modèle mathématique décrit précédemment.

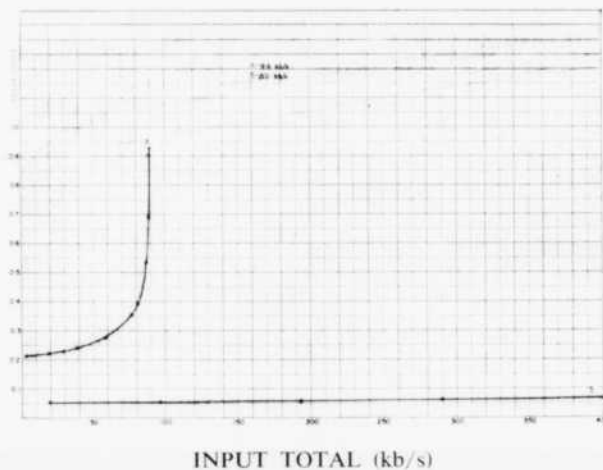


RÉSEAU 2



LÉGENDE

- | | |
|--------------|----------------------------|
| 1. VANCOUVER | 12. WINDSOR |
| 2. CALGARY | 13. MONTRÉAL |
| 3. EDMONTON | 14. QUÉBEC |
| 4. REGINA | 15. FREDERICTON |
| 5. SASKATOON | 16. MONCTON |
| 6. WINNIPEG | 17. CHARLOTTETOWN |
| 7. OTTAWA | 18. HALIFAX |
| 8. TORONTO | ● U.C. (Unité de Contrôle) |
| 9. WATERLOO | ■ Université |
| 10. KINGSTON | |
| 11. HAMILTON | |



5. Réseaux hybrides pour « CANUNET »

Après avoir analysé deux réseaux terrestres possibles pour « CANUNET », on décrit maintenant les résultats obtenus lorsque l'utilisation du satellite « ANIK » est envisagée. Le satellite « ANIK », dont l'opération commerciale est prévue pour janvier 1973, a une capacité de 12 canaux RF. Chaque canal RF peut transporter jusqu'à 60 Mb/s ou 960 canaux de voix unidirectionnels, dépendant du type de modulation et du type de station terrienne utilisée⁸. Aussi, chaque canal RF peut-il accommoder jusqu'à 70 porteuses d'une capacité de 50 kb/s ou 140 porteuses d'une capacité de 9.6 kb/s. Dans les configurations choisies, à chaque station terrienne serait assigné un canal de 50 kb/s possédant une seule fréquence émettrice. D'autre part, chaque station terrienne serait équipée de façon à pouvoir capter toutes les fréquences émises

8. Une description détaillée du satellite ANIK peut être trouvée dans « Communications Capability of the Canadian Domestic Satellite System » par J. Almond et R.M. Lester, I.C.C. Conference Paper, June 1971.

9. Le lecteur pourra trouver les résultats obtenus pour d'autres configurations dans « Topological Analysis of CANUNET » par J. deMercado, R. Guindon, J. da Silva et M. Kadoch, Department of Communications, Terrestrial Planning Br., March 1972.

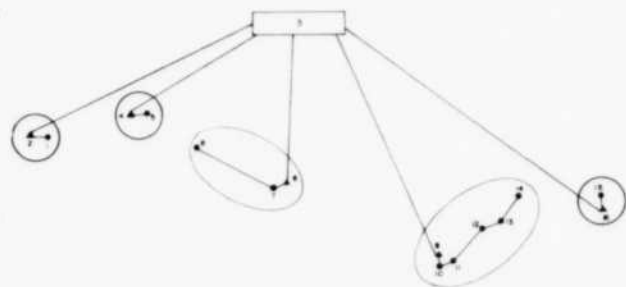
par les autres stations terriennes. Les deux topologies illustrées contiennent chacune 10 unités de contrôle et 5 stations terriennes⁹. Comme précédemment, pour chaque topologie, un graphique représentant le délai total moyen en fonction du nombre total de bits par seconde entrant dans le réseau, pour des canaux terrestres de 9.6 kb/s et 50 kb/s, a été inclus. Les canaux reliant le satellite aux stations terriennes sont des canaux de 50 kb/s.

6. Conclusions

L'analyse d'un réseau d'ordinateurs à laquelle nous avons procédé à la section 2 nous a permis d'étudier quatre réseaux types, deux étant des réseaux terrestres et les deux autres des réseaux hybrides.

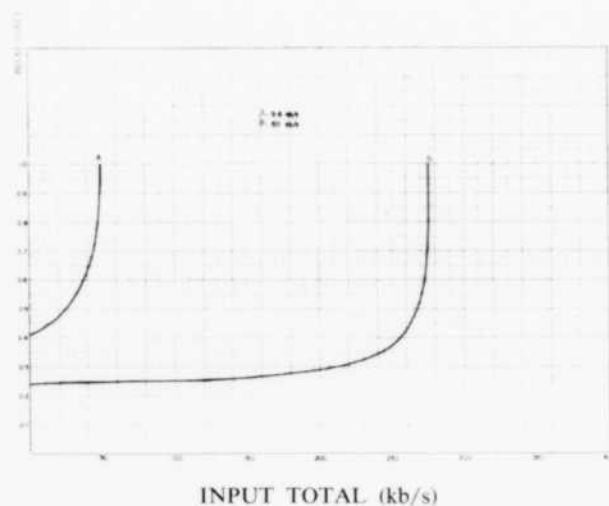
En comparant les résultats obtenus pour les réseaux 1 et 2, on remarque que non seulement le délai rencontré par un message est plus faible pour un même niveau de trafic dans le réseau 2, mais aussi que la capacité totale du réseau 1 est inférieure à celle du réseau 2, quelle que soit la capacité des canaux de communication utilisée. Ceci s'explique facilement en observant que dans le réseau 1 un message traverse en moyenne plus d'unités de contrôle que dans le réseau 2. Aussi, dans le réseau 1 la congestion des canaux de communication est-elle atteinte beaucoup

RÉSEAU 3

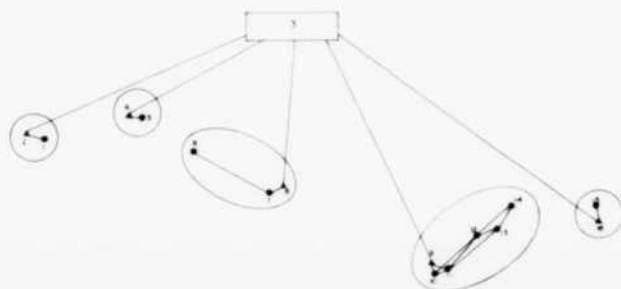


LEGENDE

- | | |
|------------------|----------------------------|
| 1. VANCOUVER | 11. TORONTO |
| 2. LAKE COWICHAN | 12. OTTAWA |
| 3. ANIK | 13. MONTREAL |
| 4. HUGGETT | 14. QUÉBEC |
| 5. EDMONTON | 15. HALIFAX |
| 6. GRAND BEACH | 16. HARRIETSFIELD |
| 7. WINNIPEG | ● U.C. (Unité de Contrôle) |
| 8. SASKATOON | ▲ Station Terrienne |
| 9. ALLAN PARK | |
| 10. WATERLOO | |

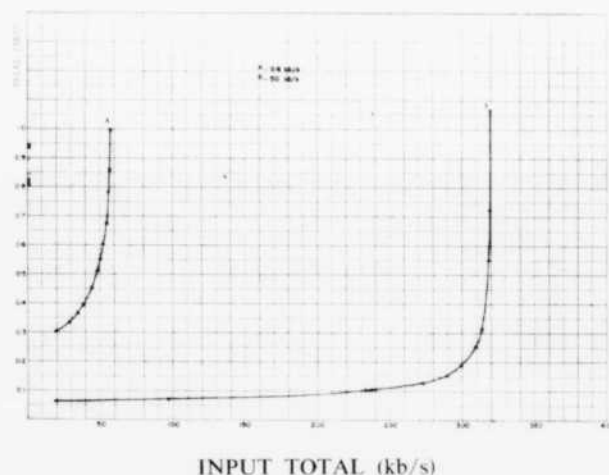


RÉSEAU 4



LEGENDE

- | | |
|------------------|----------------------------|
| 1. VANCOUVER | 11. TORONTO |
| 2. LAKE COWICHAN | 12. OTTAWA |
| 3. ANIK | 13. MONTREAL |
| 4. HUGGETT | 14. QUÉBEC |
| 5. EDMONTON | 15. HALIFAX |
| 6. GRAND BEACH | 16. HARRIETSFIELD |
| 7. WINNIPEG | ● U.C. (Unité de Contrôle) |
| 8. SASKATOON | ▲ Station Terrienne |
| 9. ALLAN PARK | |
| 10. WATERLOO | |



plus rapidement que dans le réseau 2, ce qui entraîne des délais plus élevés. Il faut noter que par un choix dynamique des routes à suivre par un paquet, on pourrait réduire considérablement les délais obtenus dans les deux cas.

Mentionnons aussi que le choix du réseau approprié doit être fait en tenant compte non seulement de son coût mais aussi de sa capacité totale. Ainsi, bien que le coût du réseau 1 soit inférieur au réseau 2, la capacité de ce dernier est beaucoup plus élevée.

Le même type de considérations s'applique aux réseaux hybrides 3 et 4. La différence majeure entre

les réseaux terrestres et hybrides réside dans le fait que le délai minimum subi par un message est plus élevé pour ces derniers. Ceci s'explique par le fait que le satellite étant situé à environ 22 300 milles de la terre, le temps de propagation d'un message, empruntant une route passant par ce dernier, est de 260 ms¹⁰. Bien que la capacité des réseaux 3 et 4 n'exécède pas 300 kb/s les avantages découlant de l'utilisation d'un satellite sont considérables. En effet, la topologie du réseau peut être variée assez facilement, ce qui permet un usage plus efficace du réseau. D'autre part, pour accroître le nombre d'interconnexions possibles, il suffit d'ajouter aux stations terriennes en jeu le nombre d'émetteurs et de récepteurs requis. ■

10. Cette valeur dépend de la position du satellite et de la localisation des stations terriennes et varie entre 250 et 270 ms.

RÉFÉRENCES

- Réf. 1 : F.J. CORBATO, M. DAGGETT and R.C. DALEY — « *An Experimental Time-Sharing System* » ; Proceedings of S.J.C.C., pp. 335-344, May 1962.
- Réf. 2 : R.R. EVERETT, C.A. ZRAKET and H.D. BENTON — « *SAGE: A Data Processing System for Air Defence* » ; EJCC, pp. 148-155, 1957.
- Réf. 3 : J. EVANS — « *Experience Gained from the American Airlines SABRE System Control Program* » ; Proc. ACM National Meeting, pp. 77-83, August 1967.
- Réf. 4 : D.W. DAVIES — « *The Principles of a Data Communication Network for Computer and Remote Peripherals* » ; I.F.I.P. Congress, pp. D11-5, 1968.
- Réf. 5 : L.G. ROBERTS and B.D. WESSLER — « *Computer Network Development to achieve Resource Sharing* » ; Spring Joint Computer Conference, pp. 543-549, 1970.
- Réf. 6 : « *The MERIT Computer Network* » ; Progress Report for the period July 1969 to March 1971, May 1971.
- Réf. 7 : M.P. BROWN — « *Ontario University Computers to be linked in Network* » ; Canadian Data Systems, pp. 48-50, 61-62, March 1972.
- Réf. 8 : L.R. FORD and D.R. FULKERSON — « *Flows in Networks* » ; Princeton University Press, Princeton, N.J., 1962.
- Réf. 9 : L. KLEINROCK — « *Models for Computer Networks* » ; I.C.C. Proceedings, Boulder, Colorado, June 1969.
- Réf. 10 : L. KLEINROCK — « *Analytic and Simulation Methods in Computer Network Design* » ; Proceedings of S.J.C.C., AFIPS Press, pp. 569-580, 1970.
- Réf. 11 : CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA — « *Un réseau Transcanadien de Téléinformatique* » ; Rapport # 13, août 1971.
- Réf. 12 : J. DE MERCADO, R. GUINDON, J. DA SILVA and M. KADOCH — « *Topological Analysis and Design of CANUNET* » ; Department of Communications, Terrestrial Planning Branch, OTTAWA, January 1972.
- Réf. 13 : J. ALMON and R.M. LESTER — « *Communications Capability of the Canadian Domestic Satellite System* » ; I.C.C. Conference Paper, June 1971.
- Réf. 14 : J. DE MERCADO, R. GUINDON, J. DA SILVA and M. KADOCH — « *Topological Analysis of CANUNET* » ; Department of Communications, Terrestrial Planning Branch, March 1972.
- Réf. 15 : J. DA SILVA, R. GUINDON and M. KADOCH — « *Étude d'un réseau d'ordinateurs pour le Canada* » ; Rapport préliminaire. Ministère des Communications, Ottawa, janvier 1972.
- Réf. 16 : R.E. KAHN and W.R. CROWTHER — « *Flow Control in a Resource-Sharing Computer Network* » ; Second ACM Symposium on Problems in the Optimization of Data Communication Systems ; pp. 108-116, 1971.
- Réf. 17 : D.A. TWYVER, J.F. HOGG and W. DETTWILER — « *A Network Design for CANUNET* » ; The Univ. of British Columbia Computing Center, March 1972.

BIBLIOGRAPHIE

- T.L. SAATY — « *Elements of Queuing Theory* » ; McGraw-Hill Book Company, 1961.
- D.R. COX and W.L. SMITH — « *Queues* » ; Methuens Monographs on Applied Probability and Statistics, 1961.
- L. KLEINROCK — « *Message Switching Networks: Tools and Applications* » ; Cours professé au C.R.C., Shirley Bay, 20 sept. au 1^{er} oct. 1971.
- L. KLEINROCK — « *Communication Nets; Stochastic Message Flow and Delay* » ; McGraw-Hill Book Company, 1964.
- H. FRANK and I.T. FRISCH — « *Communication, Transmission and Transportation Networks* » ; Addison-Wesley Publishing Co., 1971.

REMERCIEMENTS

Les auteurs du présent article remercient M. Michel Kadoch, responsable en grande partie du programme de simulation de « CANUNET », de sa collaboration.

NOTE

Cet article contient une étude des problèmes que pose un réseau d'ordinateurs à ce qui a trait à son analyse mathématique. Il ne reflète en aucune façon les objectifs et les plans du ministère des Communications et est publié uniquement à titre d'information.

COMPAGNIE NATIONALE DE FORAGE ET SONDRAGE INC. (1937)

615, rue Belmont, Montréal 101

Spécialistes en Géotechnique



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

Tél. : 866-2433



La Société
LALONDE, VALOIS, LAMARRE, VALOIS & ASSOCIÉS
INGÉNIEURS-CONSEILS

615 RUE BELMONT

MONTRÉAL 101

LE PONT AKONOLINGA SUR LE NYONG

République Fédérale du Cameroun

par André P. Verbrugge

Le projet Akonolinga s'établit dans le cadre de la campagne de coopération canadienne avec les pays en voie de développement par l'entremise de l'Agence canadienne de développement international (ACDI).

Ingénieurs et Conseillers en Planification :

Beauchemin — Beaton — Lapointe Inc.

Coordonnateur du projet au Canada :

M. Yvon Legendre, ingénieur, diplômé de l'École Polytechnique de Lausanne (Suisse) en 1964, option génie civil. M. Legendre a la responsabilité du service de la structure de la firme Beauchemin-Beaton-Lapointe.

Responsable au Cameroun de la réalisation et de l'exécution du projet :

M. Jean-Luc Allary, ingénieur, diplômé de l'École Polytechnique de Montréal en 1963, option génie civil. M. Allary a présentement la responsabilité du bureau de Beauchemin-Beaton-Lapointe pour la région de Hull, Québec.

Le fleuve Nyong a dévoré deux ponts en bois, emportés par les îlots flottants de grandes dimensions, avant qu'il fût décidé de la construction du pont en acier.

La construction d'un pont solide et durable, dont les obstacles flottants dans le fleuve n'auraient eu raison, a occasionné beaucoup d'études et de calculs de grande précision.

Ces corps flottants, dans le fleuve Nyong, sont une de ses particularités et ils sont constitués d'amoncellements flottants de terre et de matières organiques. Ils représentent un danger permanent pour toute structure conventionnelle.

C'est alors que l'Agence canadienne pour le développement international confia à la firme d'ingénieurs et conseillers en planification, Beauchemin-Beaton-Lapointe, l'étude du pont d'Akonolinga.

Yaoundé, capitale de la République Fédérale du Cameroun, se trouve à 80 milles à l'ouest d'Akonolinga.

Un pont sur le fleuve est une nécessité absolue pour relier le centre d'une région riche en produits

agricoles à la route principale, conduisant à la capitale, tout en créant la possibilité de l'implantation d'un important réseau de communications à travers la région.

La partie sud d'Akonolinga possède d'importantes plantations de cacao, d'huile de palme, de graines de palmier et de café. Ces produits s'écoulent sur le marché de Yaoundé.

Les ingénieurs et techniciens de la firme Beauchemin-Beaton-Lapointe, dépêchés sur place, ont, après études, constaté que ces îlots flottants resteraient une menace permanente pour tout pont supporté par des piliers dans la rivière, soit en créant des charges reversantes importantes, soit en causant des inondations.

Choix du pont en arc



Des critères de base s'imposaient dès le début : la nécessité de considérer une structure ne reposant que sur les deux rives du fleuve, sans pilier intermédiaire, obstacle dangereux aux îlots flottants.

De plus, il fallait une construction légère pour pouvoir minimiser les frais de transport, car une grande partie du matériel devait venir directement du Canada.

Notre choix s'est donc arrêté sur un pont en acier, d'une seule portée, un pont en arc à tirant.

Description générale du pont

a) Superstructure

La structure de ce pont à deux voies a une portée de 280 pieds. La largeur utile totale est de 36' 6", comprenant deux voies des 11' 6" chacune et deux trottoirs de 5' 9" chacun.

L'arc a une forme parabolique avec une flèche de 51 pieds à la clé. La poutre-maitresse, formant tirant, a la forme d'une parabole très surbaissée de façon à épouser le profil de la route.

Les profils de l'arc et de la poutre-maitresse sont constants sur toute la longueur, de façon à avoir une apparence uniforme. L'arc est constitué d'une poutre-caisson, de 3' 6" de hauteur et de 2' 3" de largeur, formée de plaques soudées entre elles dont les épaisseurs varient cependant selon les exigences des contraintes dues aux efforts. La poutre-maitresse supportant le tablier a une hauteur de 4' 7½" et les semelles ont une largeur de 1' 6". L'arc et la poutre-tirant sont reliés entre eux par l'intermédiaire de tiges de suspension de 3½" de diamètre. Un tablier de béton de 6¼" est coulé sur des poutrelles secondaires, le tout adéquatement contreventé.

À cause des conditions locales, de l'acier à haute résistance (grande résistance à la corrosion du type A.S.T.M. 242) fut employé.

b) Infrastructure

Cette superstructure repose sur des culées, en béton armé du type caisson, qui furent enfoncées jusqu'au roc sur les deux rives.

Méthodes de calcul

Il y a différentes façons de calculer un pont en arc à tirant, selon qu'on veut aborder le problème technique d'une façon simple ou d'une façon rigoureuse. Une manière satisfaisante de traiter ce problème est de considérer l'arc comme l'élément porteur du système résistant aux moments de flexion et aux efforts de compression, pour que la poutre-maitresse, supportant le tablier, absorbe uniquement la poussée horizontale. C'est une méthode de calcul semblable à celle pour un arc à deux articulations, sauf que dans ce cas, l'élongation de la poutre-tirant est prise en considération. Une telle méthode, si valable soit-elle, n'est pas économique. Et ce que nous désirions, c'était d'avoir une structure économique, tout en ne sacrifiant rien à l'esthétique.

Nous avons alors eu à considérer la méthode préconisant la solidarité de l'arc et du tablier.

Ce genre de construction est hautement hyperstatique. Quand l'arc se déforme sous l'action de la surcharge, il entraîne le tablier dans sa déformation par l'intermédiaire des tiges de suspension, phénomène d'interaction.

Comme nous avions l'intention d'utiliser la calculatrice électronique pour cette étude, il fallait considérer le système suivant : l'arc, les tiges de suspension, la poutre-tirant formant un système de cadres à deux dimensions. L'arc a été assimilé à des éléments de droite joignant le point de concours de l'axe de l'arc

et des tiges de suspension, et de même pour l'intersection de la poutre-maitresse et des tiges de suspension.

Les calculs préliminaires ont été faits à la main, en utilisant les méthodes classiques et les calculs finals complets (contraintes et déformation) furent faits par l'ordinateur IBM 1130 « Stress program ».

Les résultats nous ont montré une concordance entre les deux méthodes de calcul, à cette différence que la calculatrice électronique nous a permis d'obtenir des données sur les efforts, extrêmement précises, et, par là, de réaliser une économie appréciable.

Construction

Le contrat de la superstructure d'acier fut accordé à la compagnie Canon Limited de Toronto. Cette compagnie se chargea de la fabrication, du transport et de l'érection de la structure d'acier. Le contrat des ouvrages en béton fut accordé à des compagnies camerounaises.

Le transport des matériaux venant du Canada, tels que ciment, armatures, etc., s'est fait par bateau du Canada au port de Douala au Cameroun. Et de là, les autorités camerounaises ont organisé le transport par train jusqu'à la capitale Yaoundé, et par camion ensuite jusqu'à Akonolinga. La firme Beauchemin-Beaton-Lapointe, étant responsable du projet et ayant la gestion et la surveillance de son ensemble, a évidemment dû pourvoir aux facilités et à la réalisation du transport de l'outillage et des matériaux venant du Canada.

La construction des culées, y compris les excavations et remblais, dura environ sept (7) mois. Les culées proprement dites reposent sur des caissons en béton armé munis de couteaux d'acier à leur base. Ces caissons s'enfonçaient jusqu'au roc, par gravité, cela en excavant le sol à l'intérieur et, au besoin, en dynamitant d'anciennes fondations de ponts. Ensuite, ils furent remplis de béton.

Une fois que les culées furent construites, la compagnie Canon avec l'aide d'ouvriers camerounais et canadiens entreprit le travail d'érection de la superstructure d'acier.

La méthode consistait à installer des supports temporaires dans la rivière. Ces supports, genre caisson, formés d'un entrecroisement de madriers de bois de 12" x 12", étaient ensuite remplis de sacs de sable et gravier pour ne pas être emportés en cours de construction. On pouvait alors installer, étape par étape, les poutres du tablier, ensuite l'arc et les tiges de suspension, cela à l'aide d'une grue d'environ 30 tonnes qui se déplaçait sur un tablier de bois, à même les poutres-tirant.

L'un des obstacles qu'il fallait surmonter durant la construction fut d'empêcher que les îlots flottants, charriés par le fleuve Nyong, n'emportent les supports temporaires. Il fut décidé, après études, de placer à travers la rivière des billes de bois de grand diamètre retenues à l'aide de câbles pour former une estacade. L'on formait ainsi un barrage qui arrêtait les îlots flottants et permettait aux ouvriers sur place de les découper ou de les dévier.

Le travail d'érection de la superstructure d'acier, proprement dit, dura environ trois (3) mois.



Considérations générales

Le matériel strictement pour la construction du pont d'Akonolinga et provenant directement du Canada se répartit comme suit :

Ciment	674,000 livres
Acier d'armature	122,000 livres
Mortier à retrait nul	2,000 livres
Couteau pour les caissons (culées)	32,500 livres

Le pont sur la rivière Nyong n'est pas un pont conventionnel. C'est un pont très léger, comparativement au système de structure employé en mettant en valeur le poids total de l'acier utilisé. Seul un calcul rigoureux des données pouvait permettre une réalisation d'une telle envergure.

Quant au poids de l'acier de la structure, il s'élève à 260 tonnes, ce qui fait un poids d'acier de 48 livres par pied carré de surface, qui peut être considéré comme très léger, tandis que le pont supporte une charge maximale de H25-S20 soit 45 tonnes.

Bien entendu, toute construction de pont nécessite un réaménagement du site. C'est ainsi que les autorités camerounaises entreprirent la réalisation de nouvelles voies d'approche, la construction de ponceaux, de petites digues, etc.

En outre, en prévision de crues importantes qui pourraient se produire dans l'avenir et à cause de l'érosion naturelle des berges, il fallait protéger les abords des culées. À cet effet, des murs de gabions furent installés le long de la rive.

Le parachèvement de la construction du pont d'Akonolinga s'est terminé par la pose d'un tablier de béton et des garde-corps. ■



LABORATOIRE D'INSPECTION ET D'ESSAIS INC.

- ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
RECOMMANDATIONS ET CHOIX
DE FONDATION
- CONTRÔLE ET SURVEILLANCE
BÉTON DE CIMENT
BÉTON BITUMINEUX
- CONTRÔLE DE LA COMPACTION

8594, LAFRENAIE, MONTRÉAL 458, (514) 325-3040
335, ST-HUBERT, JONQUIÈRE, (418) 542-2927
2660, CHEMIN STE-FOY, C.P. 220, QUÉBEC 10, (418) 653-8704



SONDAGES
CONTRÔLE
DES
MATÉRIAUX

12e année à votre service

TESTS DE FONDATION INC.

435 BOULEVARD DÉCARIE, MONTRÉAL 379
TÉL. : 744-2866



DIVISION DES SERVICES PROFESSIONNELS
WARNOCK HERSEY INTERNATIONAL LIMITED

Services de consultation

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

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



La Tour Stelco est mieux qu'un grand immeuble nouveau: c'est une grande idée neuve!

En fait, les auteurs de la Tour Stelco ont apporté à sa construction une foule d'idées neuves. Des innovations pratiques, esthétiques et économiques. Nous voulons vous en dire un mot.

Nous pouvons nous prononcer à ce sujet avec une certaine objectivité. En effet, même si notre compagnie en est le locataire principal, l'immeuble ne lui appartient pas. Ajoutons qu'il ne devait être construit d'acier que si celui-ci l'emportait, prix pour prix, sur plusieurs autres matériaux concurrents. Ce qui fut le cas.

En quoi la Tour Stelco diffère-t-elle? D'abord par ses caractéristiques principales. Elle comprend un noyau en béton armé, auquel sont fixées des poutres d'acier en treillis. Ces poutres supportent les planchers, également en acier, et relient le noyau aux colonnes extérieures qui sont des profilés de charpente creux à section carrée.

La façade abonde elle aussi en innovations économiques. L'immeuble est entièrement gainé de panneaux formant mur-rideau et écran contre la pluie, fabriqués en acier intempérique Stelcoloy à grande résistance. L'interaction de cet acier spécial et de l'atmosphère produit un revêtement oxydé à la fois attrayant et imperméable aux agents extérieurs, n'exigeant jamais de peinture ni d'entretien ultérieurs.

Construite presque entièrement d'acier à la fois résistant et léger, la Tour Stelco a pris moins de temps et a coûté moins cher à construire que la plupart des bâtiments à étages multiples d'autres types.

Nous serons heureux de répondre à vos questions sur la Tour Stelco. Veuillez écrire à: The Steel Company of Canada, Limited, Department "A", Hamilton 23, Ontario.



stelco

The Steel Company of Canada, Limited

Société canadienne ayant des bureaux de vente dans tout le Canada et des représentants sur les principaux marchés du monde.

*Propriétaires et exploitants:
Yale Properties Ltd. et
The Standard Life Assurance Company
Architecte: Arthur C. F. Lau
Ingénieurs-conseils:
G. Horvath et Associés
Fabrication et montage
des charpentes d'acier:
Frankel Structural Steel Limited*



LE

MOIS

INGÉNIEURS DEMANDÉS

NOMINATION

Ingénieurs demandés

— **ALLIANCE (Compagnie mutuelle d'Assurance-vie)** (M. Jacques Lorange, directeur du personnel et contrôleur) 680 ouest, rue Sherbrooke, Montréal 110, Qué. Tél.: (514) 849-2491.

Analyste — organisation et méthode

Ingénieur avec expérience multi-disciplinaire, particulièrement dans le domaine de l'aménagement fonctionnel de l'espace dans édifices à bureaux et intéressé à la conception et la réalisation de systèmes intégrés de « travailleurs — matériaux — équipement ». En plus de participer à l'élaboration du plan de la disposition des divers services et divisions dans les nouveaux locaux, le candidat choisi contribuera à la préparation du plan de déménagement temporaire. Il participera aussi à la répartition fonctionnelle de l'espace disponible dans le nouvel immeuble et servira d'agent de changements des méthodes de travail de la compagnie. Bureau à Montréal. Salaire initial: \$8,000 à \$13,000.

— **ALLIED CHEMICAL CANADA LTÉE** (M. Jean Leduc, gérant des ventes) 110 ouest, boulevard Crémazie, Montréal 351, Qué. Tél.: (514) 866-9781.

Représentant technico-commercial bilingue, avec 2 ou 3 années ou plus d'expérience en construction des routes et autres travaux publics semblables. La représentation des divers produits routiers, tels que chlorure de calcium, etc., se fait auprès des gouvernements et ingénieurs-conseils. Bureau à Montréal; territoire: le Québec. Salaire: intéressant, comporte auto fournie et autres bénéfices marginaux.

— **CASE POWERS & EQUIPMENT LTÉE** (M. Yves Delagrave, ing., gérant-général) 5500, rue Paré, Ville Mont-Royal 307, Qué. Tél.: (514) 735-2231.

Un fabricant de machinerie lourde destinée à la construction et aux travaux publics (excavateurs, chargeuses, tracteurs, grues, etc.) cherche un jeune ingénieur civil ou mécanicien avec environ 2 années d'expérience dans une discipline touchant à la construction, pour représentation technique et vente aux entrepreneurs, industriels et municipalités. Salaire: entre \$11,000 et \$14,000 selon expérience.

Note: Prière de poser candidature par écrit, en envoyant curriculum vite à M. Delagrave.

— **COMPAGNIE MIRON LTÉE** (M. Yves Picard, directeur — division construction) 2201 est, rue Jarry, Montréal 455, Qué. Tél.: (514) 376-2020.

Ingénieur civil bilingue avec 2 à 3 années d'expérience dans la construction de pavage, égout, aqueduc et excavation, pour s'occuper du contrôle des coûts d'opération, l'interprétation des plans et devis, la relation et la négociation avec les clients, etc., relativement à divers projets dans la région de Montréal. Salaire: à discuter.

Note: Prière de communiquer avec M. Yves Picard pour prendre rendez-vous.

— **E PLUS LTD.**, Personnel Consultants (M. Yann Davies, ing., conseiller) 1010 ouest, rue Ste-Catherine, bureau 1212, Montréal 110, Qué. Tél.: (514) 875-6222.

1. Ingénieur industriel, pâtes et papiers. Salaire: \$16,000 — \$20,000. Travail: Montréal.

2. (1) surintendant et (1) assistant surintendant de la production minière industrielle. Côte Nord — Salaire: \$18,000 et \$15,000.

3. Surintendant de l'entretien minier industriel. Côte Nord — Salaire: \$20,000.

4. Gérant de construction routière, expérience avec entrepreneur. Montréal — Salaire: \$25,000.

5. Contrôle des coûts de construction. Montréal — Salaire: junior \$10,000, intermédiaire \$12,000, senior \$15,000.

6. Surintendant de mine à ciel ouvert. Cantons de l'Est — Salaire: \$16,000 — \$18,000.

7. Ingénieur de vente d'acier fabriqué, d'équipement lourd capital et d'acier de structure; poste exceptionnel avec expertise requise dans un seul de ces domaines; très bonne expérience en vente auprès d'ingénieurs-conseils, d'architectes, d'industriels et de ministères gouvernementaux; entretient, négociation et commercialisation; gérant d'un groupe de professionnels; Montréal, déplacements de courte durée. Salaire: \$18,000 — \$26,000.

8. Ingénieur sanitaire: (1) intermédiaire, (1) senior chez ingénieurs-conseils de Montréal. Salaire: \$14,000 — \$17,000.

9. Ingénieur lignes de transmission — plusieurs postes à Montréal, Toronto et Vancouver, avec possibilité de déplacement à travers le Canada, en Afrique francophone et anglophone et en Amérique du Sud. Expérience demandée de 1 à 20 ans. Salaire: conditions spéciales suivant candidat et poste.

10. Ingénieur électronicien pour conception de caméras de télévision de couleur. Expérience: 3 à 5 années; âge: 28 à 35 ans. Travail à Montréal. Salaire: jusqu'à \$15,000.

11. Ingénieurs de chantiers et de coordination en service électrique et mécanique, pour projets de construction d'édifices à bureaux pour société de gérance de projets. Expérience demandée: 10 années et plus. Salaire: environ \$18,000.

— **LABINE ÉLECTRIQUE**, Entrepreneur électricien (M. Robert Labine, propriétaire) Gatineau, Qué. Tél.: (819) 663-2481.

Ingénieur électricien, débutant ou ayant 2 à 3 années d'expérience, pour travail général chez entrepreneur électricien à Gatineau, Qué. Salaire: selon qualifications du candidat. Poste à être rempli au plus tôt.

Note: Prière de communiquer avec M. Labine pour prendre rendez-vous.

— **LAMOTHE & ASSOCIÉS** (M. Raynald Lamothe, ing., président) 6, Place Rupert, Repentigny, Qué. Tél.: (514) 581-0061.

Ingénieur civil avec 5 années d'expérience en génie municipal pour travail de bureau et chantiers, calcul de travaux de voirie, égouts, aqueducs, trottoirs et rues. Expérience complémentaire en structures. Salaire et conditions: à discuter, voiture nécessaire.

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

— **LA COMMISSION SCOLAIRE RÉGIONALE LIGNERY** (M. René Clément, secrétaire général) 1250, boulevard Ste-Elizabeth, La Prairie, Qué. Tél.: (514) 659-9181.

Ingénieur civil avec 5 années d'expérience en construction dont au moins 2 années en surveillance de la construction d'immeubles institutionnels (écoles, hôpitaux, etc.). Le candidat aura à surveiller l'exécution d'un projet d'environ (5) millions de dollars. Salaire: à la mesure de l'expérience du candidat.

Note: Prière de poser candidature par écrit, en envoyant curriculum vitae à M. Clément.

— **ALAIN LAVOIE LTÉE**, Entrepreneurs généraux (M. Alain Lavoie) 304, rue Clément, Chicoutimi Nord, Qué. Tél.: (418) 543-0721.

Ingénieur civil, avec 2 à 5 années ou plus d'expérience avec entrepreneurs généraux en construction, région du Saguenay-Lac St-Jean. Salaire et conditions: suivant l'expérience du candidat.

Note: Prière de poser candidature par écrit, en envoyant curriculum vitae à M. Lavoie.

— **MARK HOT INC.** (M. Raymond Pageau, gérant des opérations — département du génie) 400, Place Trans-Canada, Longueuil, Qué. Tél.: (514) 670-4050.

Ce manufacturier d'appareils de chauffage, ventilation et climatisation cherche diplômé en génie mécanique avec au moins 2 années d'expérience pratique de l'application des ventilateurs et appareils à air conditionné pour: (a) préparer des rapports techniques à l'aide des données du laboratoire de recherches; (b) collaborer à la conception des produits. Salaire: à discuter.

Note: Prière de poser candidature par écrit, en envoyant curriculum vitae à M. Pageau.

— **NORMANDIN CONSTRUCTION LTÉE**, Entrepreneurs généraux (M. Yvan Caron, ing., directeur général) 750, boulevard Labelle, bureau 202, Chomedey, Ville de Laval, Qué. Tél.: (514) 331-5930.

Un (1) ingénieur civil, avec 2 ou 3 années d'expérience des chantiers pour poste de surveillant de travaux de construction d'égout, aqueduc, voirie, bâtiments, etc., pour entrepreneur général. Salaire: selon qualifications du candidat.

Note: Prière de téléphoner pour prendre rendez-vous.

— **PATRICK RYAN & ASSOCIÉ**, ingénieurs-conseils (M. Patrick Ryan, ing.) 436, rue de La Madone, Mont-Laurier, Qué. Tél.: (819) 623-1851.

Ingénieur spécialisé en mécanique ou électricité ayant 2 années ou plus d'expérience dans ce domaine pour travail de conception et de surveillance chez ingénieurs-conseils à Mont-Laurier.

Note: Prière de téléphoner ou d'écrire pour prendre rendez-vous et de préparer curriculum vitae.

— **SMART PERSONNEL** (M. Renaud A. Clauss) 1010 ouest, rue Ste-Catherine, bureau 339, Montréal 110, Qué. Tél.: (514) 871-1206.

1. Ingénieur bilingue avec 10 années d'expérience dans l'industrie des produits forestiers: manutention, plans et devis, administration, organisation d'ateliers, récupération des écorces et rebuts, etc., à Montréal. \$15,000.

2. Ingénieur civil pour estimations et « planning » des coûts, avec 5 à 8 années d'expérience. \$14,000.

3. Deux (2) directeurs de projets, ingénieurs civils de langue française, avec bonne expérience de la construction lourde. Jusqu'à \$28,000.

4. Deux (2) ingénieurs en mécanique du bâtiment avec expérience en ventilation et autres services mécaniques, édifices commerciaux à Montréal. Jusqu'à \$18,000.

5. Ingénieur de l'environnement. Expérience en traitement des eaux d'alimentation et d'égouts, génie municipal, expansion industrielle. Jusqu'à \$18,000.

— **STEINBERG LIMITÉE** (M. Claude Beaulieu, ingénieur industriel) 5400, rue Hochelaga, Montréal 426, Qué. Tél.: (514) 256-2611, poste 8638.

Ingénieur industriel ayant de 1 à 3 années d'expérience en étude de temps élémentaire, méthodes de travail, implantation (layout), planification de la production et évaluation d'équipement. Le candidat doit avoir de l'initiative.

Travail à Montréal. Salaire: selon l'expérience du candidat.

Note: Prière de téléphoner à M. Beaulieu pour prendre rendez-vous.

— **WOODS, GORDON & CIE**, Conseillers en administration (M. Claude Vézina, conseiller) 630 ouest, boulevard Dorchester, Montréal 101, Qué. Tél.: (514) 875-5835.

Ingénieur chimiste bilingue avec environ 5 années d'expérience dans l'industrie, préférablement dans une entreprise de transformation, pour prendre charge du contrôle de la qualité, du développement de produits et de la direction du personnel de production dans usine de transformation à Québec. Salaire: selon les qualifications du candidat.

Note: Prière de poser candidature par écrit, en envoyant curriculum vitae à M. Vézina et en mentionnant dossier no B-243.

— **YORK DIVISION OF BORG-WARNER (CANADA) LIMITED** (M. L.A. Lalonde, gérant des ventes du Québec) 2675, rue Paulus, Montréal 386, Qué. Tél.: (514) 332-6660.

Ingénieur avec 1 an ou plus d'expérience, membre de la Corporation des Ingénieurs du Québec, pour travail à Montréal comme représentant technico-commercial auprès des ingénieurs-conseils, architectes et sous-traitants de la région, dans le domaine de la ventilation et air conditionné.

Une période d'entraînement de 3 mois est prévue à York, Pa., U.S.A. Salaire: à discuter.

Note: Prière de poser candidature par écrit en envoyant curriculum vitae en français à M. Lalonde.

NOMINATION

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION



M. Gaston Denis, ing.

Monsieur François Cloutier, ministre de l'Éducation, annonce la nomination de monsieur Gaston Denis au poste de directeur général de l'enseignement supérieur. Monsieur Denis était, depuis mai 1970, directeur du Service de développement à la Direction générale de l'enseignement supérieur. Il est un gradué en sciences appliquées de l'École Polytechnique de Montréal et détient une maîtrise en sciences du Massachusetts Institute of Technology. Il a aussi étudié à l'Université de Toulouse.

Ancien professeur à l'Université de Sherbrooke, monsieur Denis a été doyen de la faculté des Sciences appliquées, membre du Conseil de la faculté des Sciences, membre de la Corporation, du Conseil d'administration et du Conseil universitaire de cette université.

Il a de plus occupé le poste de vice-président de l'Association des professeurs des universités de langue française du Québec (1964-65).

Notre papillon a des oreilles.



Nous venons de doubler le nombre de façons d'économiser avec une vanne à papillon Jenkins.

Grâce à notre toute nouvelle série de vannes à papillon munies d'oreilles de

fixation, vous pouvez placer une de nos vannes en cul-de-sac au bout d'un pipe-line, isoler de l'équipement, comme les pompes, les échangeurs de chaleur ou les compresseurs, ou remplir toute fonction exigeant une vanne à papillon pour bloquer l'écoulement dans une tuyauterie.

Les caractéristiques de construction? Exactement les mêmes que celles de notre série de vannes plates à papillon. Le même sceau étanche, le même disque de précision, le même corps sans fuites. Et toujours le choix du fonctionnement: par levier manuel ou par engrenage. En fait, c'est la même vanne à papillon. Sauf qu'elle a des oreilles.

Renseignez-vous auprès de votre distributeur Jenkins. Ou écrivez pour obtenir notre catalogue de vannes à papillon, 72 BFV, tout frais sorti des presses. Ecrivez à Jenkins Bros. Limited, 170, boul. Saint-Joseph, Lachine 640, Québec.

JENKINS
Le spécialiste en valves



Jenkins Bros

LA CALORIMÉTRIE, UNE TECHNIQUE REDÉCOUVERTE

par Dr Carmel Jolicœur et
Dr Jacques E. Desnoyers

Notes biographiques :

Monsieur Carmel Jolicœur a obtenu un B.Sc. (1966) et un doctorat (1969) de l'Université de Sherbrooke. Il poursuit par la suite des études post-doctorales à l'Université de New York à Stony Brook en collaboration avec le professeur H.L. Friedman. Il s'est joint au corps professoral du Département de chimie de l'Université de Sherbrooke comme professeur adjoint en 1971 où il poursuit activement des recherches sur les propriétés thermodynamiques, magnétiques et spectroscopiques des solutions. Il a déjà à son crédit une quinzaine de publications.

Monsieur Jacques E. Desnoyers a poursuivi ses études à l'Université d'Ottawa où il obtint son B.Sc. et son doctorat en 1958 et 1961. Après un stage post-doctoral aux universités de Londres et de Manchester, il s'établit à l'Université de Sherbrooke où il est professeur titulaire au Département de chimie. Il a publié une trentaine d'articles sur les propriétés thermodynamiques et de transport des électrolytes en milieu aqueux. Il est récipiendaire du prix Lash Miller offert par la section Ontario-Québec de l'Electrochemical Society.

Introduction

La majorité des réactions chimiques et des transformations physiques de la matière sont accompagnées d'une absorption ou d'un dégagement de chaleur. Les applications des méthodes calorimétriques sont donc quasi universelles. En plus de nous offrir une excellente façon de suivre l'évolution d'une réaction ou d'une transformation en fonction du temps et de la composition du milieu, elles nous apportent une information précieuse sur l'énergétique des phénomènes étudiés.

Les méthodes calorimétriques ne sont pas nouvelles puisqu'on les retrouve parmi les premières techniques physico-chimiques utilisées au XIX^e siècle. Leur évolution n'a toutefois pas suivi celle de l'instrumentation moderne en général et leur potentiel d'application demeurait latent. Pendant longtemps ce domaine est resté exclusif aux spécialistes qui construisaient eux-mêmes leurs appareils et, à part les bombes calorimétriques utilisées dans les mesures de chaleur de combustion, on trouvait peu de calorimètres commercialisés. Les

causes de ce retard sont multiples, mais les principales sont probablement la difficulté des manipulations, les grandes quantités de réactifs habituellement requises et la lenteur proverbiale de cette technique. Ces dernières années, par contre, des progrès notables ont été réalisés dans la conception et la construction des calorimètres et des appareils périphériques, notamment les contrôles de température et les systèmes d'injection des réactifs liquides. Simultanément, la sensibilité des microcalorimètres a été accrue de façon appréciable, élargissant ainsi le domaine d'accessibilité des mesures calorimétriques.

En témoignage de la popularité croissante de la calorimétrie, mentionnons qu'il existe maintenant une conférence internationale de thermodynamique, biannuelle, et une conférence de calorimétrie, annuelle (États-Unis), de même que deux nouvelles revues, « Journal of Chemical Thermodynamics » et « Thermochemica Acta », qui sont concernées directement par les techniques calorimétriques.

Il existe plusieurs bonnes monographies sur la calorimétrie (réf. 1-4).

Nous nous contenterons donc ci-dessous de brosser un tableau des principaux développements dans la calorimétrie et l'analyse thermique et, au moyen de quelques exemples, d'illustrer les principales utilisations et les applications futures qui nous semblent les plus prometteuses.

Techniques expérimentales et instrumentation

Les méthodes thermo-chimiques ont toutes un fondement commun, à savoir la détection d'une variation d'énergie dans un système. Cette dernière est évaluée en mesurant, soit une variation de température du système, soit un flux de chaleur circulant entre le système et l'extérieur. Les méthodes de détection thermique (réf. 5) jouent donc un rôle de premier plan, non seulement en thermo-chimie, mais aussi dans toute industrie où la mesure et le contrôle de la température sont une préoccupation ; il convient donc de leur réserver une brève discussion.

Parmi les méthodes thermo-chimiques, on peut distinguer celles destinées spécifiquement à la mesure

d'une quantité de chaleur, e.g. chaleurs de réaction, et celles utilisées pour l'étude d'autres propriétés thermiques, e.g. capacité calorifique, conductivité thermique. Dans cette deuxième catégorie, on peut également inclure certaines techniques d'applications tels la thermogravimétrie et le dosage calorimétrique que nous discuterons ci-dessous.

Éléments de détection thermique

Les éléments de détection thermique peuvent être divisés grossièrement en deux catégories que nous appellerons : détecteurs « actifs » et détecteurs « passifs ». Le détecteur actif génère directement un signal observable lorsque placé dans un gradient de température ; il en est ainsi d'une jonction thermocouple et, d'une façon assez large, du thermomètre au mercure. Les jonctions bimétalliques, par exemple, cuivre-constantan ont un coefficient thermique moyen de 10 à 50 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Par ailleurs, la caractéristique thermique de certaines jonctions cuivre-alliages (réf. 6) peut atteindre 100 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

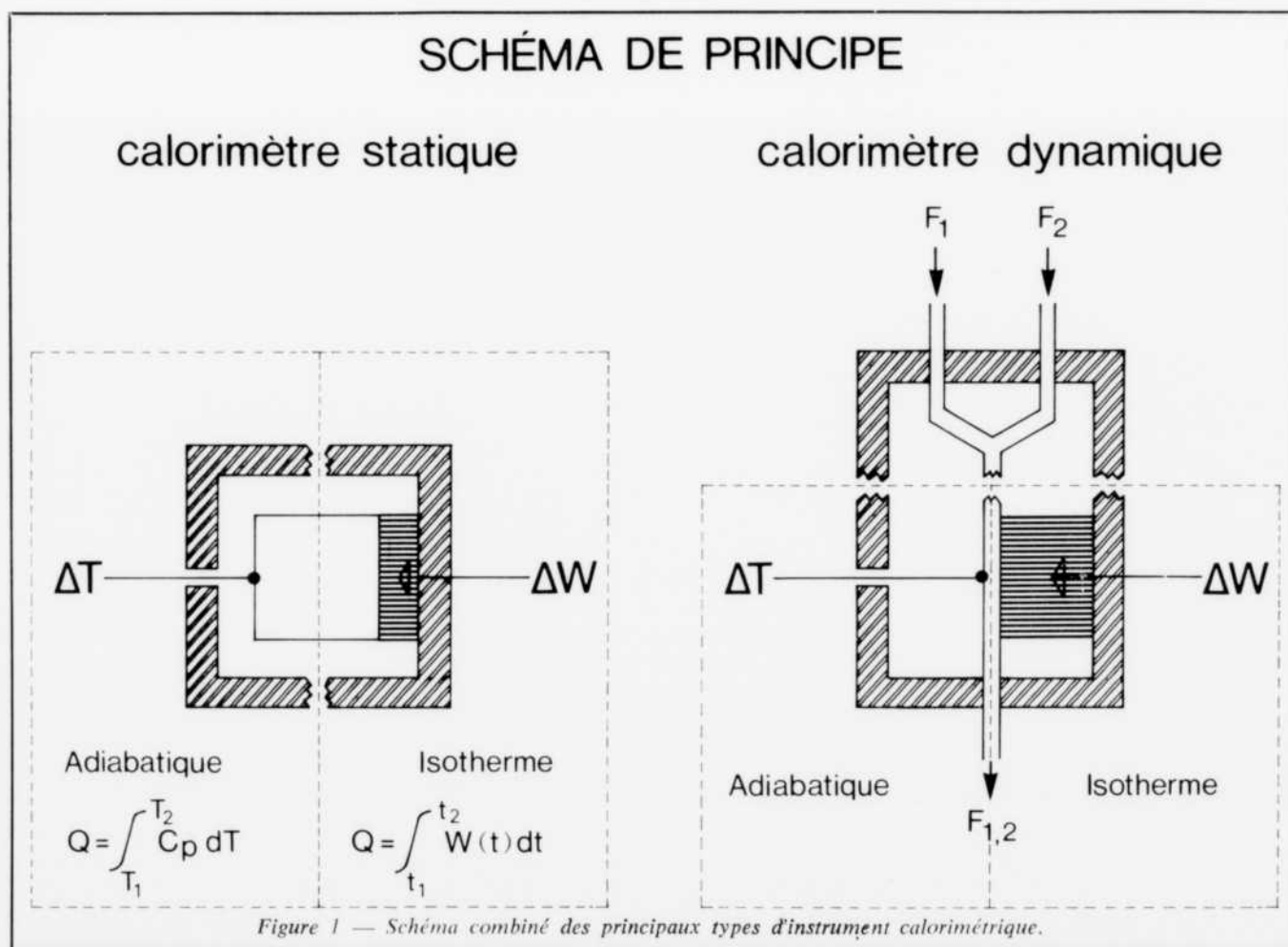
Le détecteur passif possède également une propriété mesurable qui dépend de la température, mais l'évaluation quantitative de cette propriété requiert un apport d'énergie ; citons ici le thermomètre de platine dont la propriété utilisée est la résistance électrique. Dans cette même catégorie d'éléments, la thermistance a un coefficient thermique élevé comparé, par exemple, aux métaux comme le platine ou le fer. La non-linéarité accentuée de la fonction résistance-température d'une

thermistance est souvent un inconvénient, mais elle est largement compensée par sa très grande sensibilité. De plus, on peut aujourd'hui obtenir des éléments dont les dimensions sont extrêmement réduites, leur conférant un temps de réponse très court.

De cette brève introduction il est difficile de comparer éléments actifs et éléments passifs en vue de l'application aux méthodes thermo-chimiques. Mentionnons toutefois que pour les mesures aux températures extrêmes (très basses ou très élevées), les thermocouples et thermomètres à résistance sont très utilisés. Par contre, pour des mesures de haute précision aux températures ambiantes, on préfère les éléments semi-conducteurs. Également, on peut affirmer, de façon intuitive, que le détecteur idéal pour toute mesure thermique devrait être stable, sensible et posséder un temps de réponse très court.

Calorimétrie et Microcalorimétrie

Le choix du type d'appareil à utiliser pour un problème donné est guidé principalement par la nature du système à étudier (réactions entre gaz, liquides ou solides, changements de phases) et l'ordre de grandeur de la quantité de chaleur impliquée. De façon conventionnelle, on distingue les calorimètres adiabatiques et isothermes, chaque type pouvant être couplé de façon différentielle à un système identique de référence. De plus, pour l'étude des fluides (liquides et gaz), un choix supplémentaire est possible, soit le mode statique (calorimètre type cellule) soit le mode



dynamique (calorimètre avec écoulement continu des fluides).

Les différents types d'instruments calorimétriques sont illustrés de façon schématique à la figure 1 ; nous en discuterons les éléments principaux, référant le lecteur aux publications 1-5 et 6-9, citées à la bibliographie, pour les détails de construction et de fonctionnement. Nous expliciterons surtout l'aspect « mesure d'une quantité de chaleur », mais il convient de rappeler que l'effet soit de la pression, soit de la température mène à d'autres propriétés intéressantes. Ainsi, la chaleur spécifique est une propriété recherchée que l'on peut, en principe, mesurer avec tous les calorimètres adiabatiques décrits ci-dessous.

Calorimètres statiques

Le schéma 1 montre un système statique (type cellules fermées) opérant sous les deux modes possibles. Dans le premier cas, le système à étudier (cellule et son contenu) est thermiquement isolé de l'enceinte externe ; le changement de température du système flottant est mesuré à l'aide d'un élément (thermomètre, thermocouple, thermistance) en s'assurant que l'élément lui-même n'est pas une source de fuites thermiques. L'enceinte externe peut être maintenue à température constante ou, pour réduire davantage les échanges thermiques, sa température peut être asservie de façon à suivre celle de la cellule. La quantité de chaleur (Q) dégagée ou absorbée par le phénomène étudié est alors donnée par :

$$Q = \int_{T_{\text{initial}}}^{T_{\text{final}}} C_p dT$$

où C_p est la capacité calorifique totale de la cellule et son contenu, et T sa température. On voit également que si l'on mesure Q et le changement de température, on pourra évaluer C_p .

Le calorimètre isotherme, comme son nom l'indique, est celui où l'énergie dissipée dans la cellule est transférée à l'enceinte externe de sorte que les températures initiale et finale sont identiques. Le flux de chaleur passant de la cellule à l'enceinte (ou vice-versa) peut se propager à travers un élément actif dont la conductivité thermique est très élevée. La thermopile, constituée d'une grande quantité de jonctions thermocouples, est largement utilisée à cet effet, et les premiers calorimètres de haute sensibilité opéraient sous ce principe. La quantité de chaleur impliquée dans le phénomène étudié est alors :

$$Q = \int_{t_{\text{initial}}}^{t_{\text{final}}} W(t) dt$$

où W est le flux de chaleur dissipé dans la thermopile et t le temps.

Un autre mode isotherme, utilisé dès les débuts de la calorimétrie, consiste à placer la cellule calorimétrique en contact thermique intime avec une enceinte où un composé est présent sous deux phases en équilibre, e.g. eau-glace. La chaleur dégagée ou absorbée par la réaction provoque un changement dans les quantités relatives de deux phases, changement qui peut être évalué quantitativement par dilatométrie.

Un troisième mode isotherme consiste à faire circuler, en contact avec la cellule, un liquide agissant

comme échangeur thermique. Le débit du liquide échangeur, sa chaleur spécifique et la différence de température entre l'admission et l'échappement du liquide nous permettent de calculer la chaleur produite au niveau de la cellule. Le premier calorimètre réalisé sous ce principe fut baptisé « calorimètre à labyrinthe ».

Enfin, un autre mode isotherme consiste à asservir la température de la cellule en lui fournissant ou en lui soutirant de l'énergie au fur et à mesure que le phénomène thermique évolue dans la cellule. Si l'asservissement est efficace, la température de la cellule ne changera pratiquement pas et le temps d'équilibre s'en trouve grandement réduit. Une difficulté inhérente à ce type de calorimètre réside dans la symétrie recherchée à l'égard des phénomènes endo- et exothermiques. En principe, une jonction bimétallique ayant une contrepartie à l'extérieur du système pourrait être utilisée pour chauffer ou refroidir une cellule ; toutefois, la réponse thermique des jonctions existant actuellement ne permet pas d'effectuer un asservissement adéquat. Ce problème a été contourné (réf. 9) en produisant, dans la cellule, un effet joule constant auquel on peut ajouter ou soustraire le flux de chaleur nécessaire pour maintenir la température de la cellule.

Les avantages et inconvénients respectifs des calorimètres adiabatiques et isothermes sont difficilement opposables mais on peut noter d'une façon générale que la réalisation d'un calorimètre adiabatique est plus facile ; ceci explique pourquoi ils furent les premiers à être commercialisés. Ils sont encore très utilisés pour les mesures où la quantité de chaleur impliquée est relativement élevée, e.g. chaleur de combustion, de dissolution. Par contre, le traitement des données obtenues à l'aide de ce type d'appareil est plus ardu que dans le cas d'un calorimètre isotherme. Les appareils de ce dernier type sont actuellement très exploités et font l'objet de plusieurs recherches courantes (réf. 8-10) ; leur application vise surtout les domaines où une grande sensibilité et une bonne stabilité sont requises.

Calorimètres dynamiques

Le principe de fonctionnement des calorimètres dynamiques est également résumé au schéma 1b. Les fluides F_1 et F_2 sont introduits, à débit continu, dans une chambre de mélange thermiquement isolée de l'enceinte externe. Le mode adiabatique consiste alors à mesurer le changement de température de cette chambre lorsqu'elle aura atteint un état d'équilibre stationnaire ; par ailleurs, on pourra rendre la cellule de mélange isotherme en transférant de la cellule à l'enceinte (ou vice-versa) le flux de chaleur dégagé (ou absorbé) par la réaction étudiée. Les éléments de détection thermique utilisables dans ce type d'instruments sont de même type que ceux discutés pour les calorimètres statiques, mais certaines restrictions supplémentaires s'imposent.

Dans l'optique de la calorimétrie dynamique, la définition classique des modes adiabatique et isotherme doit être adaptée. Dans le premier cas, un flux continu de chaleur est transféré à l'extérieur par les réactifs eux-mêmes, et le système n'est adiabatique que s'il comprend également ces derniers. De plus, l'isothermicité

réelle est difficilement réalisable, puisqu'un transfert total du flux de chaleur généré continuellement par la réaction nécessiterait des éléments ayant une conductivité thermique infinie. Cette difficulté fut habilement éliminée par Picker et al. (réf. 8) qui utilisèrent un échangeur liquide à contre-courant. Le transfert de la chaleur à un liquide échangeur est alors extrêmement efficace et le temps de réponse du système grandement raccourci. Ce dernier aspect est très important en calorimétrie dynamique, vu la possibilité de faire varier les débits des fluides injectés et ainsi, d'obtenir des diagrammes thermiques en fonction de la composition d'un mélange.

La calorimétrie dynamique est particulièrement bien adaptée aux mesures de capacité calorifique des fluides (réf. 11). Contrairement aux calorimètres statiques où la capacité calorifique mesurée est celle des réactifs et de la cellule, le calorimètre dynamique ne mesure que la capacité calorifique du fluide puisque, lorsque l'équilibre dynamique est maintenu, la température de la cellule demeure invariante.

Autres méthodes thermochimiques

En plus des techniques calorimétriques spécifiquement concernées par la mesure d'une quantité de chaleur, on connaît aujourd'hui plusieurs autres méthodes thermiques (réf. 5, 12-15). Certaines de ces méthodes ont engendré des applications importantes de sorte que malgré leur brève histoire, comparativement à la calorimétrie, elles jouissent d'une popularité beaucoup plus grande. Parmi celles-ci, mentionnons la thermogravimétrie et l'analyse thermique. Dans le premier cas, on observe le poids d'un échantillon lorsque sa température est programmée linéairement ; toute modification chimique impliquant absorption ou dégagement de gaz sera accompagnée d'une variation de masse. Dans le second, on observe la température de l'échantillon lorsqu'il est soumis à un flux constant de chaleur. Le taux de croissance de la température fera ressortir toute transformation physique ou chimique de l'échantillon, pourvu que la transformation absorbe ou dégage de l'énergie ou encore qu'elle altère la chaleur spécifique ou la conductivité thermique de l'échantillon. Telles qu'utilisées couramment, ces méthodes sont désignées sous le vocable : analyse thermogravimétrique (TGA) et analyse thermique différentielle (DTA) : comme leur nom l'indique, elles servent à caractériser le comportement thermique des composés et, par conséquent, sont utilisées à des fins analytiques. Jusqu'à présent, les instruments de DTA disponibles étaient conçus pour l'étude des solides, mais certains appareils permettent maintenant l'étude de liquides.

Il existe également d'autres types de mesures non moins élégantes que le TGA et le DTA mais elles sont encore en voie de développement. Mentionnons, par exemple, les mesures de conduction thermique des solides effectuées à l'aide d'une source de chaleur modulée (réf. 15).

Applications

De par sa nature même la calorimétrie possède un champ d'applications extrêmement vaste. En effet, chaque fois qu'une transformation est accompagnée d'une

variation d'énergie cette technique est en principe utilisable. On peut classer les applications en deux familles selon qu'on est intéressé aux effets thermiques eux-mêmes ou qu'on utilise la calorimétrie pour suivre l'évolution d'un phénomène ou processus. Parmi les applications directes, on trouve toutes les études thermodynamiques fondamentales et dans celles indirectes, l'analyse, le contrôle et la cinétique.

Propriétés thermodynamiques fondamentales

Lorsqu'on évoque la thermochimie, on se réfère généralement aux propriétés qui caractérisent les substances pures (chaleur de fusion, vaporisation, chaleur spécifique) et aux phénomènes thermiques accompagnant les réactions chimiques. Ainsi, pour les substances pures, il existe des tableaux très complets (réf. 17) de leurs entropies (\bar{S}_{298}°) et capacités calorifiques ($\bar{C}_{p,298}^{\circ}$) molaires ; de même, pour les composés chimiques, on trouve une tabulation exhaustive des potentiels (ΔG_{298}°) et enthalpies (ΔH_{298}°) de formation.

La thermodynamique s'applique aussi bien aux solutions qu'aux substances pures. Dans ce cas, au lieu des quantités molaires, on parlera plutôt de quantités partielles (\bar{X}_2) ou apparentes (Φ_X) molaires du soluté. Ces fonctions \bar{X}_2 ou Φ_X dépendront de la valeur intrinsèque du soluté et de la contribution à la propriété X des interactions soluté-solvant et soluté-soluté. De même, tout équilibre entre phase ou en solution (solubilité, adsorption, ionisation) sera caractérisé par les fonctions thermodynamiques correspondantes ΔG , ΔH , ΔV , ΔC_p , etc.

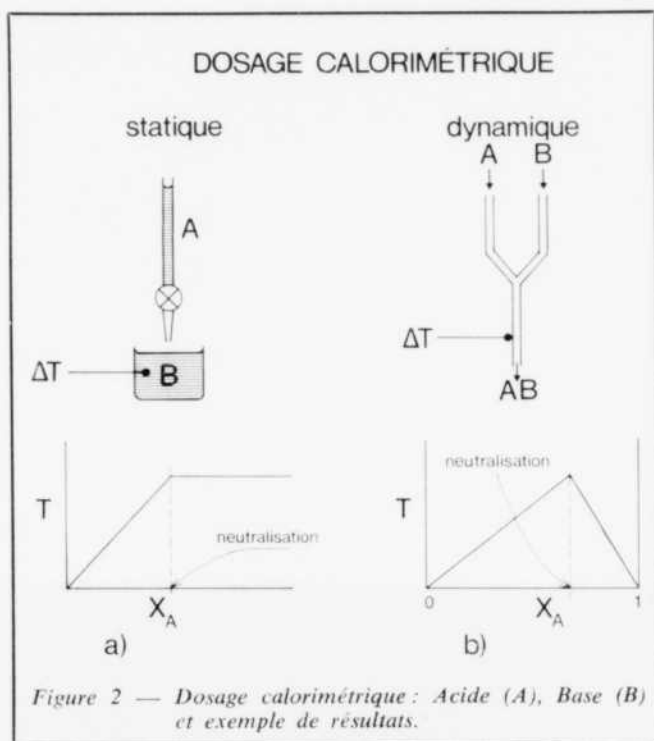
Les relations thermodynamiques mentionnées ci-dessus sont générales et s'appliquent en principe à tous les types de solutions et d'équilibres. Par exemple, l'analyse thermique sert à caractériser des alliages et minerais par leur capacité calorifique et les différentes chaleurs de transition (réf. 12). Les équilibres gaz-solide et liquide-solide tels que ceux présents dans les phénomènes de corrosion et d'adsorption peuvent être étudiés avantageusement par la calorimétrie (réf. 18). La variation en fonction de la température des fonctions d'excès des solutions, tels les coefficients d'activité ou coefficients osmotiques, peut être prédite si nous connaissons l'enthalpie et la capacité calorifique d'excès.

Mentionnons finalement qu'une étude thermodynamique peut servir à la discrimination des interactions électrostatiques et de celles dites structurales qui sont reliées aux modifications des interactions solvant-solvant en présence d'un soluté. Les propriétés qui dépendent directement de l'enthalpie libre dépendront en grande partie des interactions électrostatiques mais comme ces interactions ne varient pas tellement avec la température, les propriétés thermodynamiques reliées aux dérivées secondes de l'enthalpie libre par rapport à la température ou à la pression deviennent beaucoup plus sensibles aux effets structuraux (réf. 19).

Applications analytiques

Les méthodes calorimétriques s'appliquent à tout dosage analytique où la réaction impliquée s'accompagne d'un changement d'énergie. Une courbe typique

de dosage calorimétrique simple est illustrée à la figure 2a ; A et B sont respectivement un acide et une base, et le point de neutralisation est indiqué par une brisure dans la courbe de la température en fonction de la quantité de A ajoutée. Ce type de dosage, ou l'une de ses modifications récentes (réf. 20), démontre, modestement, le potentiel de la méthode ; pour les liquides et solutions, l'avènement des calorimètres dynamiques accroît de façon considérable les possibilités de ces techniques. Au schéma 2b, nous illustrons le même dosage acide-base, mais obtenu ici en régime dynamique en faisant varier le débit d'injection de A et B de façon complémentaire (réf. 8). Dans ce cas, le point de neutralisation est indiqué par un maximum dans la courbe de dosage.



Même pour les réactions de dosage simples, la calorimétrie présente des avantages certains. Ainsi, le dosage calorimétrique permet de doser séparément certains ions métalliques tels Ca^{+2} et Mg^{+2} présents simultanément en solution (la chaleur de formation de certains de leurs complexes étant de signe opposé), ce qui s'avère difficile par les méthodes usuelles. De plus, l'utilisation d'un calorimètre dynamique couplé avec une programmation du débit des solutions nous permet de répéter successivement le même dosage sans manipuler de réactifs (réf. 8). Cependant, les méthodes calorimétriques trouvent leur pleine justification dans l'étude de systèmes où les autres méthodes sont inadéquates ou inexistantes ; le dosage de traces d'eau dans des solvants organiques (réf. 21) constitue un bon exemple de ce type. De même, pour l'évaluation quantitative des réactions impliquant des composés organiques, telles l'oximation et la bromuration (réf. 5), on peut difficilement concevoir une méthode plus appropriée ; la calorimétrie nous permet, dans ce cas, de suivre l'évolution de la réaction dans le milieu même où elle est effectuée.

L'usage de réactions chimiques spécifiques rend possible une analyse à la fois qualitative (groupe fonctionnel) et quantitative (composition d'un mélange). En fait, pour les systèmes les plus complexes que l'on connaît actuellement, soit les systèmes biochimiques, plusieurs experts se tournent vers les méthodes calorimétriques, d'abord pour caractériser les produits utilisés (protéines, nucléotides, etc.), puis pour étudier l'énergétique et la cinétique des réactions biochimiques (réf. 5). L'étude récente de réactions du type anticorps-antigène et l'analyse protéique (réf. 5) indique que l'exploitation des méthodes thermiques n'en est qu'à ses premiers pas.

Cinétique de réaction

Toute mesure de vitesse de réaction requiert une méthode analytique de suivre l'évolution dans le temps de la disparition des réactifs ou de l'apparition des produits. Les microcalorimètres de type Calvet ont déjà prouvé leur utilité pour l'étude des phénomènes lents (réf. 4). La venue d'instruments au temps de réponse beaucoup plus court nous permet d'envisager leur utilisation pour l'étude de réactions dont le temps de demi-vie est de l'ordre de quelques minutes à quelques heures.

Contrôle des processus

Le contrôle d'un processus chimique industriel nécessite généralement une méthode d'observation ou d'analyse capable d'opérer en régime continu, sans surveillance assidue ou manipulation délicate. Le microcalorimètre dynamique (réf. 8) satisfait à ces exigences de façon élégante dans les cas où il sera possible de l'incorporer en parallèle avec la réaction ; comparativement au volume usuel d'un réacteur, la quantité de matériau utilisée dans une telle dérivation serait infime soit ~ 1 cc/minute. En choisissant une réaction spécifique pour le produit à doser, on pourrait suivre la concentration du réactif dans le mélange réactionnel ; de là, par un mécanisme d'asservissement classique, il serait possible de commander les différents paramètres qui conditionnent la réaction (e.g. température, pression, concentration des réactifs).

Ce type de contrôle est évidemment applicable à toute réaction en milieu homogène qu'il est possible de doser calorimétriquement, mais il semble peu probable que le calorimètre puisse remplacer l'électrode spécifique dans le contrôle du pH d'un milieu réactionnel. Dans le contrôle, comme dans l'analyse, le potentiel des méthodes calorimétriques réside plutôt dans l'étude de systèmes où des méthodes plus spécifiques ne seront pas utilisables. La synthèse industrielle enzymatique, par exemple, constitue vraisemblablement un débouché important des méthodes de contrôle par calorimétrie. Dans de tels systèmes, la concentration des « impuretés » peut être largement supérieure à la concentration du produit à doser et l'interférence de ces impuretés dans les méthodes analytiques classiques les rend souvent impraticables. À cet égard, comme à bien d'autres, l'avenir de la calorimétrie dynamique nous permet donc un optimisme justifié. ■

BIBLIOGRAPHIE

- Réf. 1 : « *Experimental Thermodynamics* », Vol. I, J.P. McCullough et D.W. Scott, Éditeurs, Butterworths, London (1968).
- Réf. 2 : J.M. Sturtevant dans « *Techniques of Organic Chemistry* », A. Weissberger, Éditeur, Interscience Publ. New York, Vol. I, Partie 1, 523 (1959).
- Réf. 3 : « *Experimental Thermochemistry* », Interscience Publ., New York, F.T. Rossini, éditeur, Vol. I (1956); H.A. Skinner, éditeur, Vol. II (1962).
- Réf. 4 : E. Calvet et H. Prat, « *Microcalorimétrie* », Masson et Cie, Paris (1956).
- Réf. 5 : R.C. Wilhoit dans « *Topics in Chemical Instrumentation* », G.W. Ewing, Chemical Education Publishing Co., Easton, V.S. (1971), p. 200.
- Réf. 6 : Alliages cristallins contenant typiquement : bismuth, tellure, selenium et antimoine.
- Réf. 7 : « *Biochemical Microcalorimetry* », H.D. Brown éditeur, Academic Press, New York (1969).
- Réf. 8 : P. Picker, C. Jolicœur et J.E. Desnoyers, *J. Chem. Thermodynamics* 1, 469 (1969).
- Réf. 9 : P. Picker, C. Jolicœur et J.E. Desnoyers, *Rev. Sci. Instr.* 39, 676 (1968).
- Réf. 10 : P. Monk et I. Wadso, *Acta. Chem. Scand.* 23, 29 (1969).
- Réf. 11 : P. Picker, P.A. Leduc, P.R. Philip et J.E. Desnoyers, *J. Chem. Thermodynamics* 3, 631 (1971).
- Réf. 12 : « *Differential Thermal Analysis* », R.C. MacKenzie éditeur, Academic Press, New York (1970).
- Réf. 13 : « *Thermometric Titrimetry* », L.S. Bark et S.M. Bark éditeurs, Pergamon Press, New York (1969).
- Réf. 14 : H.J.V. Tyrrell et A.E. Beezer, « *Thermometric Titrimetry* », Chapman et Hall (London), (1968).
- Réf. 15 : W.W. Wendlandt, dans « *Standard Methods of Chemical Analysis* », F. Welchers éditeur, Vol. IIIA, Chap. 34 et 35, Van Nostrand, New York (1966).
- Réf. 16 : P.M. Schwartz, thèse de doctorat, Department of Physics, University of Illinois (1969).
- Réf. 17 : F.D. Rossini, « *Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties* » *Circ. Natl. Bur. Std.* 500 (Washington) (1952).
- Réf. 18 : G.H. Bell et A.J. Groszek, *Nature* 191, 1184 (1961).
- Réf. 19 : J.E. Desnoyers dans « *Electrostatic Interactions and Structure of Water* », XV^e Conseil International de Chimie, Bruxelles (1972).
- Réf. 20 : J. Jordan dans « *Topics in Chemical Instrumentation* », G.W. Ewing éditeur, Chemical Education Publishing Co., Easton U.S. (1971) p. 193.
- Réf. 21 : C.A. Reynolds et M.J. Harris, *Analytical Chemistry*, 41, 348 (1969).



Nous pouvons vous aider à continuer vos études supérieures.

Les Forces canadiennes sont prêtes à miser beaucoup sur les jeunes qui ont du talent. Si vous désirez devenir officier, nous sommes prêts à payer toutes vos études à partir du CEGEP général jusqu'à votre diplôme universitaire et à vous donner une allocation mensuelle de \$200.00 pour vous nourrir, vous loger et vous habiller. Si vous êtes prêts à travailler, nous, nous sommes prêts à payer!

Pour obtenir, sans obligation, des renseignements sur le programme universitaire, communiquez avec nous à l'adresse ci-dessous.

MONTREAL :	TROIS-RIVIERES :
1254, BISHOP — 879-6518	1368, NOTRE-DAME — 374-3510
QUEBEC :	CHICOUTIMI :
1048, ST-JEAN — 694-3636	200 EST, RACINE — 543-1880
SHERBROOKE :	RIMOUSKI :
50, COUTURE — 562-0870	82 OUEST, ST-GERMAIN — 723-5271



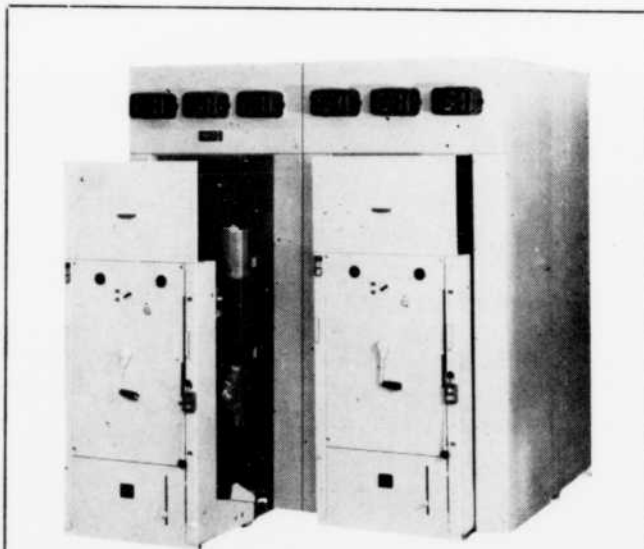
Les Forces armées canadiennes

Il faut être quelqu'un pour en être.

DRS-72-1F

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. Picker qui, par ses travaux de conception et de réalisation en calorimétrie, a grandement contribué à l'évolution de ce domaine à Sherbrooke. Leur gratitude va également au ministère de l'Éducation du Québec et au Conseil National de Recherches du Canada pour leur soutien financier.



DISJONCTEURS À FAIBLE VOLUME D'HUILE

- 5 — 34.5 kV
- 630 — 4000 A
- 250 — 1500 MVA



MONTTEL INC.

Siège social et usine : Succursale :
 C. P. 130 Édifice Fides
 MONTMAGNY, QUÉ. 235 est, Dorchester
 MONTREAL 129, QUÉ. TÉL. : (514) 861-7445
 TÉL. : (418) 248-0235

SKI-DOO^{*} ÇA CHANGE TOUT!



Olympique 1973. Le coureur des bois.

* Marques de commerce de Bombardier Limitée

Fiable, maniable, infatigable.
Tout un choix: modèles 300, 340, 400, 440, moteurs un ou deux cylindres,
démarrage manuel ou électrique, suspension à bogies ou à glissières.
Et une foule de caractéristiques nouvelles: phare-code deux positions,
guidon rembourré, bouton d'arrêt d'urgence du moteur, feu d'arrêt.
Pour des hivers bien remplis, une motoneige bien équilibrée. Olympique 73.
Chez le concessionnaire Ski-Doo.



Passez le voir chez le concessionnaire Ski-Doo.



DESCRIPTION	PROFONDEUR	PROFIL DU SOL	N
REMBLAI TRÈS LÂCHE	10'		2
			2
			3
MORAINES GLACIAIRES TRÈS LIMONEUX COMPACT À TRÈS COMPACT	20'		11
			21
			18
			31
			41
			98
			73/9"
			135
			40
			53
SABLE ET GRAVIER LIMONEUX ET COMPACT	48'		142
			91/9"
ROC TRÈS FRACTURÉ	56'		166

PROPRIÉTAIRE:

Place de l'Assomption Limitée

PROJET:

Centre Civique de Moncton

GÉRANCE DU PROJET:

Surveyer, Nenniger et Chênevert Inc.

ARCHITECTES:

Bélanger, Blanchette, Albert & Associés Ltée

INGÉNIEURS:

Boyd, MacQuarrie & Associates Limited

ÉTUDE DE SOL:Sub-Surface Surveys Limited
Terratech Limited**NOMBRES D'UNITÉS FRANKI:**56 pieux 16" de dia.
668 pieux 20" de dia.**CHARGES DE SERVICE:**pieux Franki 16" - 170 kips
pieux Franki 20" - 200 à 300 kips

L'investissement d'un programme d'essais réduit les coûts de fondation du Centre Civique de Moncton

Le développement de cet ensemble immobilier par Place de l'Assomption Limitée, une filiale de l'Assomption Mutuelle d'Assurance Limitée a donné un nouvel essor au centre-ville de Moncton par l'addition d'un hôtel de ville des plus modernes, d'un édifice à bureaux et d'un hôtel.

Ces nouveaux immeubles sont érigés sur l'emplacement de l'ancien hôtel de ville. L'édifice à bureaux, une tour de vingt étages, permet une vue magnifique de la rivière Petitcodiac, d'une renommée mondiale pour ses phénomènes de mascaret.

PROBLÈME

Le site entier est recouvert d'un remblai lâche et hétérogène mis en place à différents intervalles. Le remblai repose sur une épaisse couche de moraine, dense à très dense, contenant un fort pourcentage de limon et qui atteint des profondeurs de 50 à 60 pieds, jusqu'au roc.

La tour à bureaux et l'hôtel confrontaient les ingénieurs avec de fortes charges concentrées atteignant 3600 kips par colonne, sans tenir compte des charges du noyau central. Ces fortes concentrations nécessitaient l'utilisation de groupes de pieux nombreux ou de caissons de grand diamètre. Toutefois, la mauvaise qualité du roc, présentait un problème sérieux pour l'emploi de pieux à pointe portante ou de caissons forés avec emboîture dans le roc.

SOLUTION

Des soumissions furent demandées pour l'hôtel de ville et Franki proposa l'utilisation de son pieu à base élargie d'une capacité unitaire de 100 tonnes. La proposition était financièrement intéressante et jugée également la meilleure solution technique.

Les propriétaires, satisfaits du rendement de Franki pour l'hôtel de ville et tenant compte de la complexité des fondations requises pour les deux autres édifices, invitèrent Franki à participer à l'élaboration de leurs conceptions.

Travaillant de pair avec les représentants des propriétaires et les ingénieurs, Franki effectua plusieurs essais de fonçage ainsi qu'un pieu d'essai à l'extérieur des structures proposées. Un essai de chargement fut effectué sur ce pieu de façon à déterminer la charge de service tant maximum que sécuritaire pouvant être utilisée sur ce type de pieu foncé à une profondeur économique dans ce matériel très silteux.

Les résultats fructueux de ces essais permettaient l'emploi de pieux Franki d'une capacité unitaire de 150 tonnes. Ceci amena une réduction substantielle du nombre de pieux (comparé à l'utilisation de pieux de 100 tonnes), réduisant d'autant la grosseur des têtes de pieux et le coût global des fondations pour le propriétaire.

Le propriétaire réalisait ainsi par un investissement dans un programme d'essai au moment de la conception du projet, une économie optimum grâce à un prix forfaitaire connu d'avance en dépit des conditions particulières et difficiles de cet emplacement.

Un programme rigide d'exécution fut rencontré grâce à l'expérience acquise de ces essais permettant aux travaux de se dérouler tels que projetés.

FRANKI A UNE SOLUTION APPROPRIÉE À CHAQUE PROBLÈME DE FONDATION.

FRANKI

CANADA LIMITEE

Bureau-chef : 187 BOUL. GRAHAM, MONTRÉAL 304, P. Q.
QUÉBEC OTTAWA TORONTO EDMONTON VANCOUVER

De la littérature sur les différents systèmes de fondation Franki et les publications périodiques « FAITS DIVERS FRANKI » vous seront envoyées sur demande. Écrivez à Franki Canada Limitée, 187, boul. Graham, Montréal 304, P. Q.



Événements à venir

1) DÎNER DANSANT DIPLOMÉS DE POLYTECHNIQUE

Vendredi, 17 novembre 1972

MONTRÉAL *Aéroport HILTON*

Vous êtes invités à retenir la date du **17 novembre 1972** pour un dîner dansant au Montréal Aéroport Hilton (Dorval).

Une invitation parviendra à tous les diplômés de Polytechnique d'ici quelques semaines.

Le président
Roland Bouthillette, ing.

2) VISITE INDUSTRIELLE VILLE DE MONTRÉAL Mardi, 31 octobre 1972

— INCINÉRATEUR

1266, rue des Carrières, Montréal

— LABORATOIRE

999 est, rue Louvain, Montréal

Renseignements :

- Nombre maximum de visiteurs strictement 60
- Heure du rendez-vous
 - 1er groupe — 30 personnes
13h30 (1h30 p.m.) à l'incinérateur
 - 2e groupe — 30 personnes
14h30 (2h30 p.m.) à l'incinérateur
- Transport
vos propres moyens
- Réservation exigée
prière de compléter et de retourner la formule ci-dessous
- Note
la visite du laboratoire suivra immédiatement la visite de l'incinérateur.

Le président
Roland Bouthillette, ing.



*Incinérateur « des Carrières »
Ville de Montréal*



*Laboratoire de Contrôle et Recherche
Ville de Montréal*

VISITE INDUSTRIELLE — 31 OCTOBRE 1972 VILLE DE MONTRÉAL

Je désire m'inscrire à la visite industrielle

NOM PRÉNOM PROMOTION

ADRESSE Tél.: Bureau

Résidence

Je serai du 1er groupe ou du 2e groupe

Prière de retourner cette formule d'inscription dûment complétée à :

ASSOCIATION DES DIPLOMÉS DE POLYTECHNIQUE
2500, rue Marie-Guyard — Bureau A-300
Montréal 250, Qué.
Tél. : (514) 344-4764

Date

Signature

**BOUTHILLETTE
& PARIZEAU**

INGÉNIEURS-CONSEILS
Mécanique - Électricité

9825, rue VERVILLE
Montréal 357 — 387-3747



**Desjardins + Sauriol
et Associés**

Ingénieurs-Conseils

400 boul. Labelle, Chomedey, Laval
681-9221

Lalonde, Girouard, Letendre & Associés

Ingénieurs-conseils

8790, avenue du Parc — Tél. 384-6410
MONTRÉAL 354, QUÉ.



LES LABORATOIRES VILLE MARIE INC.

1875, BOULEVARD INDUSTRIEL, LAVAL

QUÉBEC

Société d'études de sols — Laboratoire de matériaux

RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

•	Bombardier (Québec) Limitée	25
•	Bouthillette & Parizeau	28
•	Canadian Johns-Manville	Couv. IV
•	Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc. ..	10
•	Desjardins, Sauriol & Associés	28
•	Flygt Canada Limited	Couv. II
•	Franki Canada Limitée	26
•	Jenkins Bros. Limited	18
•	Johnson Controls Ltée	Couv. III
•	Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc.	13
•	Laboratoire Ville-Marie Inc., Les	28
•	Lalonde, Girouard, Letendre & Associés	28
•	Lalonde, Valois, Lamarre, Valois & Associés	10
•	Les Forces armées canadiennes	24
•	Marine Industrie Ltée	2
•	Montel Inc.	24
•	Test de Fondation Inc.	13
•	The Steel Company of Canada, Limited	14-15
•	Warnock Hersey International Ltd.	13

Le voici, le centre de contrôle à mini-ordinateur

**Le système JC/80 n'a pas d'égal
pour l'automatisation des édifices.**

Le tout nouveau JC/80 de Johnson vous permet de spécifier n'importe quand un contrôle par ordinateur programmé, au prix d'un système à programmes fixes. Le JC/80 autonome est idéal pour les édifices isolés et les petits ensembles d'édifices. Il est équipé du premier mini-ordinateur spécialement conçu pour l'automatisation des édifices. Relié au moyen d'un câble coaxial à la console de l'opérateur et aux points situés à distance, il forme une boucle de communication d'utilisation générale. L'ordinateur traite 500.000 "bits" d'information à la seconde et fonctionne en temps réel, toujours en circuit. Il compare le rendement réel aux objectifs placés en mémoire. Temps de réponse maximal de 4 secondes, pour tout système. Indication des conditions d'alarmes par ordre chronologique. Compatibilité parfaite avec tous les systèmes digitaux. Programmation possible même lorsqu'en opération. Equipement et programmes modulaires disponibles localement et immédiatement. Quelles que soient vos exigences dans le domaine de l'automatisation des édifices, le système électronique JC/80 peut y répondre mieux que tout autre . . . et dès maintenant. Ecrivez-nous sans tarder afin d'en connaître davantage.

**JOHNSON
CONTROLS LTEE.**



233, AV. DUNBAR, MONTRÉAL 304, QUÉ.



Ne gaspillez pas d'énergie.

Ne gaspillez pas votre argent non plus. Isolez! Les réserves mondiales de gaz, de pétrole et de houille blanche sont sérieusement en train de s'épuiser. Aussi, fait-on de plus en plus appel aux matériaux isolants Johns-Manville pour conserver l'énergie et en réduire le coût dans les maisons et les édifices commerciaux.

Les matériaux isolants J-M font efficacement obstacle—c'est prouvé—à la déperdition de chaleur et de fraîcheur. La mise au point de plusieurs des extraordinaires isolants utilisés dans les vaisseaux spatiaux américains est le fruit du même genre de recherches qui a amené la mise au point de la fibre de verre J-M. C'est elle qui rend le chauffage et la climatisation plus efficaces et moins coûteux, tout en empêchant le gaspillage de nos si précieuses ressources naturelles.

Nos idées à votre service

Johns-Manville 

Port-Credit, Ontario, Canada