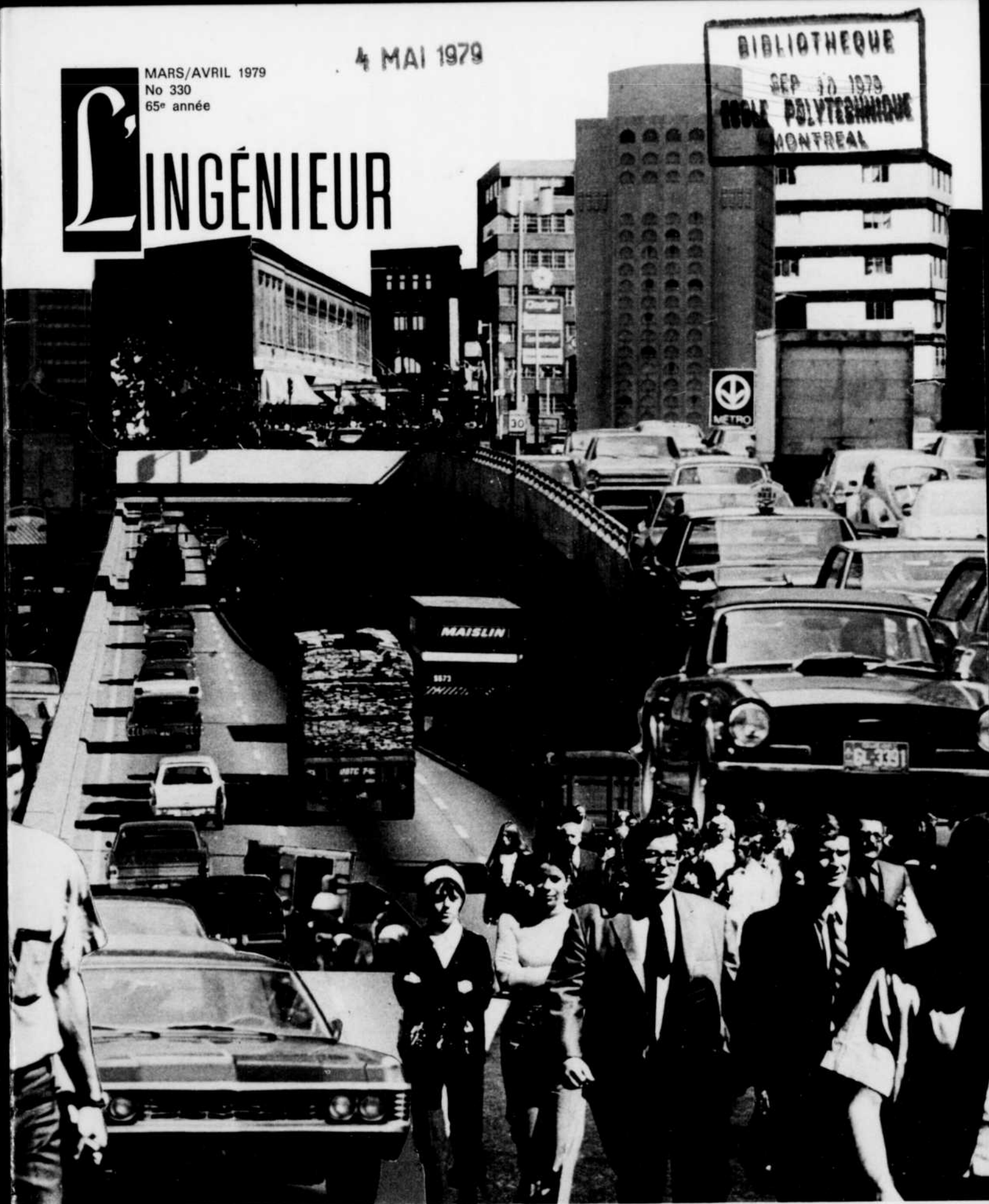


MARS/AVRIL 1979
No 330
65^e année

4 MAI 1979

L'INGÉNIEUR



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

M. Michel Risauf, Ing., P. 63
Ecole Polytechnique
C.P. 6079 Succ. A
Montréal
H3C 3A7

À l'affiche: les machines à écrire Xerox à affichage



Vous voyez des machines représentant à merveille les progrès réalisés dans le domaine du traitement des mots.

Les nouveaux systèmes de dactylographie Xerox 850.

Avec eux, vous pouvez rapidement faire des brouillons et des révisions compliquées sur écran, sans toucher à une feuille de papier. Ensuite, appuyez simplement sur un bouton et vous obtenez ce que vous avez tapé...à la lettre.

Les systèmes 850 rendent instantanément accessibles des dossiers de 280 pages de format standard.

Cependant, ils sont si faciles à utiliser que n'importe quelle dactylo peut apprendre leur maniement... aisément.

Si les progrès réalisés dans le traitement des mots vous intéressent, pensez à un nom bien connu. Xerox.

Xerox du Canada Limitée
XEROX

XEROX est une marque déposée de XEROX CORPORATION, utilisée par XEROX DU CANADA LIMITÉE en tant qu'usager inscrit. 850 est une marque de commerce de XEROX CORPORATION.

ADMINISTRATION ET RÉDACTION

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

COMITÉ ADMINISTRATIF

Guy SICARD, ing.
président
Jacques DE BROUX, ing.
Roger FYEN, ing.
René GINGRAS, ing.
Pierre GRAND'MAISON, ing.
André-A. LOISELLE, ing.
Michel ROBERT, ing.

SECRÉTAIRE ADMINISTRATIVE

Yolande GINGRAS

RÉDACTRICE

Madeleine G. LAMBERT

COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION

Thomas AQUIN, ing.
directeur
André BAZERGUL, ing.
Bernard BELAND, ing.
Gérald BÉLANGER, ing.
Guy DROUIN, ing.
Marc DROUIN, ing.
Marcel FRENETTE, ing.
Norman McNEIL, ing.
Thomas J.F. PAVLASEK, ing.
Marc TRUDEAU, ing.
Clement VIGNEAULT, ing.
Charles VILLEMAIRE, ing.

PUBLICITÉ

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

ÉDITEURS :

Association des Diplômés de Polytechnique
En collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal,
la Faculté des Sciences et de Génie de l'Université Laval et
la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Sher-
brooke. Publication bimestrielle. — Imprimeur : Les Pres-
ses Elite.

ABONNEMENTS :

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

DROITS D'AUTEURS : Les auteurs des articles publiés dans L'INGÉNIEUR conservent l'entière responsabilité des théories ou des opinions émises par eux. Reproduction permise, avec mention de source ; on voudra bien cependant faire parvenir à la Rédaction un exemplaire de la publication dans laquelle paraîtront ces articles. — Engineering Index, Biol., Chem., Sci. Abstracts, Periodex et Radar signalent les articles publiés dans L'INGÉNIEUR — ISSN — 0020-1138 — Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec.

Tirage certifié : membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau

ccab



MARS/AVRIL 1979
No 330
65^e année

L'INGÉNIEUR



ARTICLES

3 BRUIT URBAIN ET NORMES RELATIVES A L'HABITATION

par Jean-Gabriel Migneron, Ph.D., ing.

Après présentation des différentes sources de bruit dans l'environnement acoustique des milieux urbanisés, cet article décrit les paramètres usuels pour l'analyse dynamique du bruit. Il s'attache ensuite aux normes et législations applicables au bruit en matière d'habitation, à la disposition des bâtiments et à l'isolation des façades en vue de la réduction du bruit dans les logements.

17 LA DÉMARCHE SYSTÉMIQUE ET LA FORMATION PROFESSIONNELLE DE L'INGÉNIEUR

par André B. Turgeon, D.Sc., ing.

La problématique en système est l'art d'élaborer et de poser clairement les problèmes complexes, compte tenu de contraintes multiples et d'objectifs globaux. Cette démarche à caractère méthodologique doit aussi observer rigoureusement les transformations de ces problèmes au cours de la réflexion.

L'auteur dégage les notions de base et présente les techniques, les outils, les méthodes qui rendent la systémique féconde et efficace dans l'étude des grands projets sociaux-techniques.

29 SIMULATION DE TEMPÊTE DE NEIGE EN LABORATOIRE

par Marcel Frenette, D.Sc., ing.

Après un bref résumé du comportement dynamique de la neige au sol et des caractéristiques principales des conditions de neige et de vent au cours d'une tempête, l'auteur décrit sommairement la méthode utilisée pour simuler les tempêtes de neige en laboratoire. L'exemple utilisé est celui du Centre fiscal canadien du Ministère du Revenu devant être construit à Jonquière, province de Québec.

Par cette étude, l'auteur démontre que les effets d'une tempête de neige peuvent être minimisés et contrôlés par des mesures et des travaux correctifs appropriés.

RUBRIQUES

39 FONDATION DES DIPLÔMÉS DE POLYTECHNIQUE Rapport annuel 1978

44 LE MOIS : chroniques mensuelles

46 ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL

Rapport du Comité des bourses

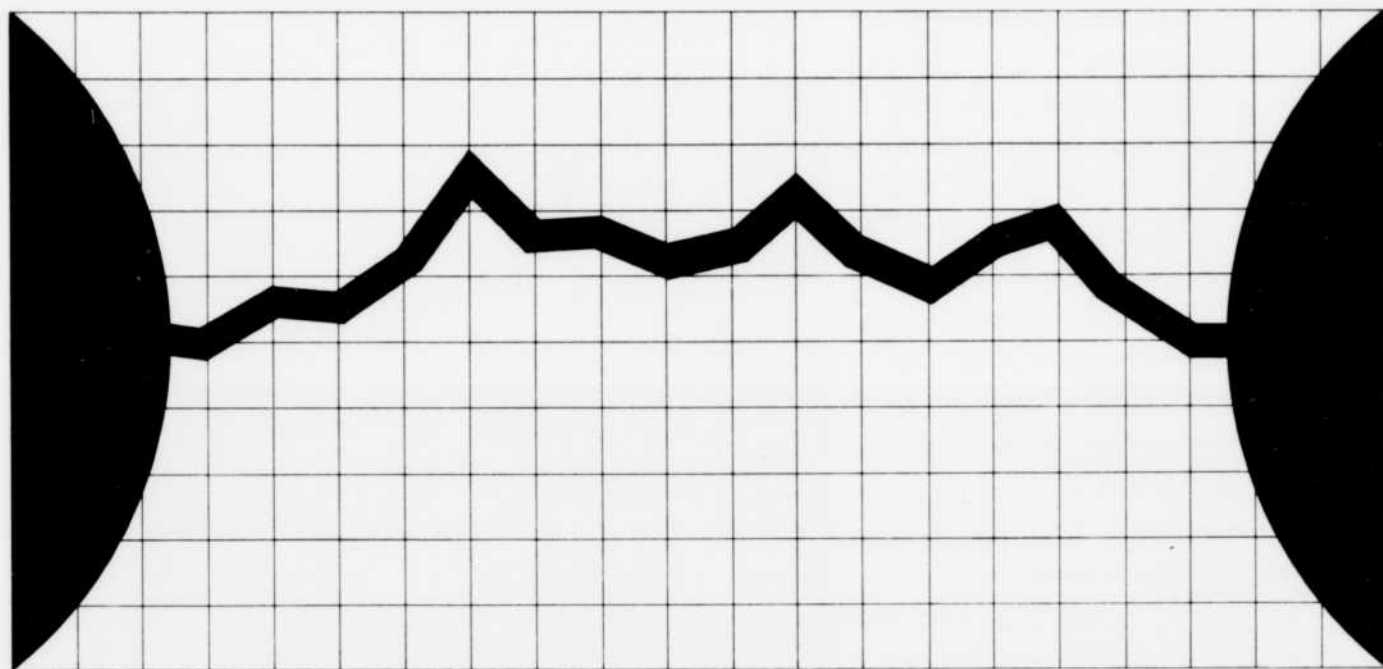
52 CORRECTION

52 RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

PAGE COUVERTURE

Les centres nerveux des grandes métropoles, dont quelques-uns sont montrés en page couverture, font l'objet d'études importantes sur le bruit. L'auteur Jean-Gabriel Migneron traite de ce sujet en page 3 du présent numéro.

Une nouvelle dimension dans le domaine canadien de l'électricité



En ajoutant la gamme de produits Siemens-Allis à la nôtre, nous pouvons maintenant vous offrir le meilleur des deux mondes. Siemens-Allis Inc., l'association américaine de Siemens SA et Allis-Chalmers Corporation, réunit d'une part la recherche innovatrice et l'expertise en génie de Siemens, et d'autre part le savoir-faire nord-américain en fabrication et la capacité de production d'Allis-Chalmers, incluant ceux d'une nouvelle filiale

Siemens-Allis au Canada. Cette association amène une nouvelle dimension dans le domaine canadien de l'électricité. Elle élargit la portée de Siemens Electric Limitée en mettant dans nos mains une gamme plus complète de produits fabriqués au Canada. La nouvelle gamme Siemens-Allis, complémentaire à nos produits et services existants, comprend des commutateurs à basse et à haute tension, des démarreurs de moteurs

à haute tension, des moteurs, des disjoncteurs à gros volume d'huile et des régulateurs de tension. Renseignez-vous sur la façon de satisfaire tous vos besoins en appareillages électriques d'un seul fournisseur en appelant ou en écrivant à: Siemens Electric Limitée
Groupe d'équipement électrique
7300 route Trans-canadienne
Pointe-Claire, Québec H9R 1C7
Tél.: (514) 695-7300
Telex: 05-822778

Siemens introduit la gamme de produits Siemens-Allis

BRUIT URBAIN ET NORMES RELATIVES À L'HABITATION

par Jean-Gabriel Migneron, Ph.D., ing. *

Sommaire

Après présentation des différentes sources de bruit dans l'environnement acoustique des milieux urbanisés, cet article décrit les paramètres usuels pour l'analyse dynamique du bruit. Il s'attache ensuite aux normes et législations applicables au bruit en matière d'habitation, à la disposition des bâtiments et à l'isolation des façades en vue de la réduction du bruit dans les logements.

I — Introduction

La plupart des objets sonores qui composent l'environnement acoustique moderne des milieux urbains sont produits par les techniques de déplacement des hommes et des marchandises. Les équipements et les infrastructures de transport sont, en effet, les sources de vibrations et de bruits les plus importantes dans toutes les grandes villes.

Parmi les divers moyens de transport, la principale source de bruit reste, sans aucun doute, la circulation automobile. Cette affirmation est doublement prouvée, tant par les aspects physiques de son impact que par l'ampleur des réactions qu'elle suscite chez tous les citoyens. C'est pourquoi nous consacrerons un prochain article aux méthodes de contrôle de l'environnement acoustique généré par la circulation automobile, ceci surtout par le biais du génie et de l'urbanisme. La cir-



Figure 1 — Exemple d'un édifice résidentiel situé en bordure immédiate d'une voie de circulation importante (boulevard Métropolitain, Montréal).

culacion urbaine, ou plus généralement la circulation routière, produit des bruits de niveau sonore et de composition spectrale très variés. Ces bruits dépendent des types de véhicules, des conditions d'utilisation, telles que l'accélération, la vitesse ou le freinage, de la charge transportée, etc., le principal paramètre restant néanmoins le débit total de la circulation. Les infrastructures routières ont aussi une influence prépondérante sur le mode de propagation des ondes acoustiques, ne serait-ce, par exemple, que la présence dans les milieux urbains de nombreux feux de circulation, qui augmentent le niveau sonore et modifient la dynamique du bruit. Dans un véhicule automobile ordinaire en mouvement, mû par un moteur à explosion conventionnel, les sources sonores sont multiples : les explosions elles-mêmes, les bruits de la compression, de l'échappement et des silencieux, des pièces mécaniques, du ventilateur, des vibrations de la carrosserie et, enfin, le bruit des pneumatiques sur le revêtement de la chaussée et les bruits aérodynamiques liés à la vitesse. Selon les conditions technologiques actuelles, même

*
L'auteur :

M. Jean-Gabriel Migneron, ingénieur conseil, membre de l'OIQ, est également diplômé en urbanisme et titulaire d'un doctorat en aménagement. Il enseigne l'acoustique architecturale et urbaine à l'Université Laval depuis 1971. Le présent article ainsi que l'article qui sera publié dans un prochain numéro sont partiellement extraits d'un volumineux ouvrage en acoustique urbaine à paraître bientôt aux éditions Masson (Paris) et aux Presses de l'Université Laval (Québec).

si vues de l'intérieur les automobiles nous semblent plus silencieuses, il ne faut pas en conclure une réduction notable des niveaux de pression acoustique produits par l'ensemble du trafic d'une même voie de circulation. Toutes les recherches prouvent, s'il en était encore besoin, le caractère éminemment bruyant de tout ce qui se déplace sur roues, entraîné par le désormais éternel moteur à explosion. La deuxième source sonore, liée au déplacement des biens et des personnes, est constituée par les mouvements de plus en plus nombreux des aéronefs. Même si on exclut le voisinage immédiat des grands aéroports qui, hélas, sont bien souvent urbanisés jusqu'à la clôture des pistes principales, le bruit des avions se répand sur tout le territoire aménagé. Les espaces urbains qui bénéficient de ce type nouveau d'environnement acoustique vont toujours en croissant. Au développement des villes, correspond, en effet, une augmentation exponentielle du trafic aérien, tant en fonction du nombre de personnes déplacées, du poids des marchandises, que du nombre d'appareils en circulation. Les transports ferroviaires s'ajoutent finalement comme la troisième source d'objets sonores en milieux urbanisés. Dans ce cas-ci, ce ne sont pas toujours les véhicules moteurs qui sont en cause, ceci surtout depuis la disparition de la traction à vapeur, il s'agit assez souvent des voies ferrées elles-mêmes. La technologie du rail : tronçons longs ou courts, raccord continu, rayon de courbure, nombre d'aiguillages, etc., peut être la source principale de bruit en relation avec la vitesse de roulement. Néanmoins, le problème du bruit des transports ferroviaires reste surtout un problème européen ; en Amérique du Nord, nous ne connaissons pas, heureusement ou malheureusement, les vitesses de circulation ferroviaires utilisées sur les lignes électrifiées européennes. Nous percevons plutôt les vibrations des trains roulant à faible vitesse et l'utilisation, parfois abusive, des cloches ou autres avertisseurs de locomotives.

Malgré cet environnement sonore défavorable, il existe dans nos villes de nombreux édifices tels que les écoles, les églises, les théâtres, les salles de concerts, les studios de radio et de télévision, ou même les cabines téléphoniques, qui doivent bénéficier d'un niveau de bruit relativement bas. Il est donc nécessaire de les protéger de l'environnement acoustique extérieur, soit par l'isolation, soit par l'éloignement. Le citadin a absolument besoin de ces lieux silencieux, pour établir une communication auditive complète. Si le silence ne peut définitivement plus se retrouver dans les espaces extérieurs, dans les habitations elles-mêmes, la fonction de communication est également menacée. Les membres d'une même famille doivent pouvoir se parler, échanger oralement leurs idées et leurs informations, ou bien écouter leur récepteur de radio ou de télévision. En plus du silence nécessaire à la communication, dans les habitations, il est d'autres activités qui nécessitent un environnement acoustique adéquat. Parmi celles-ci, on peut mentionner la nutrition, la lecture, les jeux, la détente et, surtout, le repos sous toutes ses formes, cette dernière fonction étant capitale. Le niveau de bruit doit être, en effet, suffisamment bas pendant toutes les périodes de repos, notamment au cours de la nuit, ceci afin de permettre la relaxation nécessaire à la fatigue auditive de la journée, ainsi que le dé-

roulement normal de toutes les fonctions régénératrices du sommeil. Le silence est d'autant plus nécessaire, pendant la nuit, que la fonction auditive est l'une des perceptions qui n'est jamais interrompue. C'est pourquoi le moindre bruit inopportun provoque immédiatement le réveil, ou bien encore, il diminue de façon importante la profondeur du sommeil. Les bruits nocturnes, même bien connus de celui qui les subit, entraînent un sommeil agité et une diminution des capacités de récupération. Le silence, s'il est nécessaire aux bien portants, est encore plus indispensable pour certains malades. Les hôpitaux bénéficient malheureusement, trop souvent, de l'environnement acoustique défavorable des centres-villes, ce qui ne permet généralement pas d'atteindre ce silence tant désiré.

Nous avons ainsi commencé à démontrer comment le bruit peut pénétrer insidieusement l'existence même de l'homme urbain. Mais où commence le danger physiologique ou mental, à quel niveau peut-on parler d'un état de pollution acoustique ? Parmi les effets du bruit, il nous faut distinguer ceux qui ont un caractère somatique : l'exposition à un bruit intense, pendant une longue durée, entraîne nécessairement des troubles de l'audition. Cette première atteinte est celle de toutes les surdités professionnelles. On peut supposer que certaines ambiances acoustiques urbaines auront les mêmes effets que le bruit industriel. Il a été souvent démontré, à propos de la communication, combien le sens de l'ouïe était un facteur d'épanouissement intellectuel et d'accession à la connaissance et comment il était indispensable sur le plan de la sécurité corporelle. En plus de ces effets somatiques lents, de dégradation progressive de l'audition, le bruit provoque, suivant son niveau de pression et sa dynamique, diverses manifestations physiologiques surtout de nature neuro-végétative. On parle même d'une véritable agression par le bruit, puisque les médecins évaluent à un niveau très inférieur à ceux ordinairement rencontrés dans les milieux urbains, le seuil possible de ces manifestations. Sur le plan psychique, les troubles, bien que difficilement mesurables, sont souvent plus prononcés encore que les troubles somatiques. La gêne commence à partir du moment où le bruit affecte les activités, la communication, le repos ou le recueillement. Le bruit peut même bouleverser, par ses atteintes psychiques, les relations humaines et le déroulement normal des activités sociales. Le manque d'isolation dans les habitations entraîne nécessairement, pour les résidents, une gêne importante due au bruit, soit qu'il provienne de l'extérieur de l'habitation, ou bien encore, qu'il ait pour source directe les équipements de l'édifice ou les activités des autres résidents. Cette agression, dans les logements ou dans les locaux de travail, peut provoquer différents troubles qui vont des simples maux de tête à la névrose et à la dépression.

Lorsqu'on considère les niveaux de bruit qui existent dans les grandes métropoles, non seulement ils sont très élevés mais, de plus, ils persistent tout au long de la journée, sans jamais présenter une atténuation qui permettrait une réelle récupération auditive. On peut donc définitivement parler de pollution acoustique, car un tel niveau affecte l'audition et le comportement psychique des individus, tout en diminuant la qualité de toutes les activités humaines. De nombreuses solu-

tions d'aménagement, tant architecturales qu'urbanistiques, peuvent être mises en œuvre, sans qu'il en résulte une augmentation notable des dépenses publiques. Comme toutes les formes de lutte contre la pollution, la réduction des problèmes soulevés par le bruit constitue, à long terme, un investissement non seulement indispensable, mais encore rentable, pour le développement de notre société.

II — Analyse dynamique du bruit urbain

Les premières mesures destinées à prendre en compte le caractère fluctuant du bruit urbain sont dues à KOSTERS, BIERRETH et KEMPER, qui enregistrèrent, dès 1938, pour 260 points de la ville de Berlin, les variations du bruit dans des périodes de deux minutes et intégrèrent au planimètre les courbes de variations obtenues [1]*. Au début des années 1950, avec l'apparition des analyseurs de fréquence, la plupart des chercheurs se sont plutôt occupés de la composition spectrale des différentes sources de bruit urbain [2,3]. Les méthodes de plus en plus complexes d'évaluation de l'effet physiologique ont pris momentanément la première place parmi les sujets d'études, sans qu'elles puissent s'appliquer, en l'absence de techniques digitales, à l'analyse dynamique des objets sonores. Cependant, avec les études de bruit de circulation, menées à Londres entre 1961 et 1962, il a été finalement démontré que les résultats obtenus à partir de la courbe de pondération (A) des sonomètres étaient en complète corrélation avec les valeurs calculées résultant des analyses spectrales [4,5]. L'usage du décibel (A) s'est ainsi rapidement imposé dans toutes les mesures de bruits urbains, à l'exception du bruit généré par les aéronefs. Ce qui

est encore plus important, dans ces études londonniennes, c'est l'emploi, pour la première fois, des méthodes statistiques pour l'analyse des fluctuations du niveau sonore. Les critères retenus pour ces premières recherches sont les niveaux dépassés pendant 90% du temps et 10% du temps ; l'intervalle résultant entre ces niveaux de bruit limites en dB (A), représentatif de 80% du temps d'analyse, est désigné par l'expression « *noise climate* ». Enfin, en 1963, la compagnie danoise BRUEL & KJAER commercialisait un appareil capable d'enregistrer sur des compteurs électroniques la fréquence d'apparition des différents niveaux de bruit, avec une constante de temps minimum égale au dixième de seconde. KITTELSEN et POULSEN, après avoir décrit cet appareil, ont étudié les premiers paramètres pour l'analyse statistique de la dynamique des environnements sonores et proposé quelques applications, que ce soit pour le bruit urbain, le bruit industriel ou le voisinage des aéroports [6].

Les valeurs statistiques se rapportant à la période d'analyse sont généralement traduites en pourcentage du nombre total des comptages ; par analogie, on peut donc dire que les indications statistiques sont données en pourcentage de la période d'étude. Par exemple, la valeur dite L50% correspond au niveau de bruit atteint ou dépassé pendant 50% du temps de la période d'analyse, c'est-à-dire que pendant la moitié du temps, le niveau de bruit se trouve en-dessous de cette valeur. Les paramètres statistiques indiqués pour les trois exemples de la figure 2 sont les plus simples parmi ceux mis de l'avant par les différents auteurs, puisque dérivés directement de la distribution. Comme nous venons de le signaler, les chercheurs anglais se sont attachés aux valeurs L10% et L90% ; depuis 1963, cette position n'a pas changé, puisque les recommandations relatives au bruit de la circulation urbaine produites en

* Voir bibliographie à la fin de l'article.

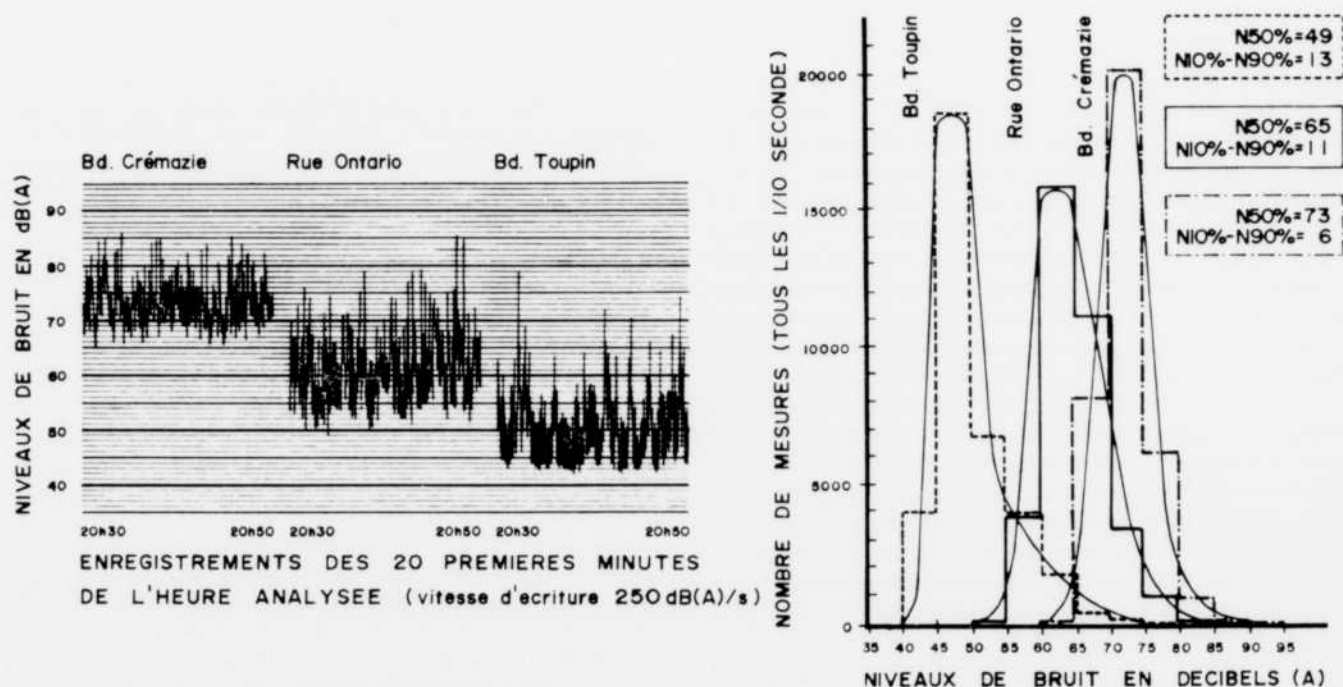


Figure 2 — Comparaison des distributions statistiques des niveaux de bruit pour trois artères différentes enregistrées à la même heure.

Angleterre utilisent toujours, comme référence du niveau de bruit produit par le trafic automobile, la valeur L10% [7.8]. Quant à la valeur L50%, elle a été préférée, pendant de nombreuses années, par les chercheurs français du CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT, comme l'un des meilleurs indicateurs de la gêne ressentie pour la population dérangée par le bruit [9]. La valeur L100% est celle qui caractérise le niveau de bruit de fond, elle constitue un paramètre important pour la cartographie des niveaux de bruit urbain*. Il s'agit simplement du minimum absolu du niveau de bruit pendant la période de mesure ; ce minimum est facile à relever sur un enregistrement graphique, mais le comptage statistique ne peut le fournir directement. Il est néanmoins possible, à partir de la distribution, de calculer statistiquement une valeur voisine, telle que L99%. Enfin, la valeur L1% du temps est très significative du bruit de pointe ; elle a été également prise en considération par différents chercheurs [10].

En 1971, lorsque nous avons réalisé nos premières recherches en matière d'analyse dynamique du bruit urbain, nous avons dû suivre une procédure expérimentale assez lourde, pour la mesure, l'enregistrement et les comptages des résultats statistiques [11]. Les découvertes récentes de la technologie ont, cependant, permis la création de mini-ordinateurs, destinés à la compilation directe des niveaux fluctuants de bruit. Ces équipements sont capables de fournir directement les caractéristiques dynamiques de l'environnement acoustique, pendant une période de temps déterminée, par affichage direct des résultats statistiques, et même, pour certains modèles, à l'aide d'une imprimante programmée ; c'est-à-dire que là où la procédure nous obligeait à une longue station expérimentale suivie de nombreux calculs, il est maintenant possible d'obtenir automatiquement les résultats désirés. Ce type d'équipement reste cependant très coûteux ; on ne peut que souhaiter qu'il devienne rapidement accessible pour le contrôle ordinaire de tous les bruits fluctuants, urbains ou industriels.

Depuis une dizaine d'années, une autre approche a été développée sur le plan technique et méthodologique, afin de tenir compte des variations dynamiques, il s'agit de la mesure du niveau continu équivalent, obtenu par intégration des valeurs prises par le niveau de bruit dans une période de temps considérée. Cette méthode, initialement réservée au bruit industriel, avec les dosimètres de bruit (appareils autonomes fournissant directement le niveau énergétique équivalent), tend à se généraliser pour tous les problèmes de bruits urbains [12]. L'emploi d'une méthode d'intégration des niveaux de bruit est d'ailleurs à l'origine, comme nous l'avons déjà mentionné, de toutes les procédures d'analyse dynamique. L'ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION, dans sa recommandation R 1996 [13], a proposé une formule fondée sur le principe de l'équivalence de l'énergie, pour relier le niveau acoustique équivalent aux résultats statistiques obtenus par comptages, tels que ceux que nous venons de décrire.

Cette formule découle de l'intégration de la manière suivante :

$$Leq = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{L(t)/10}{10} dt$$

$$\text{et } Leq = 10 \log \frac{1}{100} \sum_i t_i 10^{Li/10}$$

Dans ces équations, T est la durée de la période d'analyse, L(t) le niveau de bruit instantané en dB (A), Li est le niveau correspondant à la moyenne de la classe statistique i en dB (A), qui peut être la moyenne arithmétique de la classe i, si les intervalles de classes sont inférieurs ou égaux à 5 dB (A), et, enfin, ti est l'intervalle de temps, exprimé en pourcentage de la durée totale T, pour lequel le niveau acoustique est dans les limites de la classe i [13]. Le niveau continu équivalent, ou simplement *niveau équivalent*, peut maintenant être obtenu par lecture directe, sur certains sonomètres portatifs, avec programmation du temps d'analyse. L'aspect conceptuel parfait du niveau énergétique équivalent, ainsi que cette disponibilité de l'équipement moderne, sont à l'origine d'un intérêt de plus en plus croissant pour cet indice Leq. D'autres indices ou critères ont été développés à partir des résultats statistiques de l'analyse dynamique. Le premier l'a été par les chercheurs anglais de la BUILDING RESEARCH STATION, sous la désignation de « *traffic noise index* » (TNI). Proposée par GRIFFITHS et LANGDON, la formule du TNI n'utilisait exclusivement que les niveaux atteints ou dépassés pendant 10% et 90% du temps. Cet indice d'évaluation de l'impact acoustique de la circulation automobile n'a été, en fait, que très peu employé en dehors des travaux de la B.R.S. [14].

Ce désintéressement provient surtout du trop grand coefficient donné à l'écart (L10% - L90%), cette importance n'étant pas toujours significative de l'impact réel du bruit de la circulation. Afin de comparer les différents indices, lorsque la circulation est intense et régulière, c'est-à-dire pour une distribution normale des niveaux de bruit, on peut d'ailleurs écrire les relations suivantes :

$$\begin{aligned} L10\% &= L50\% + 1.28\sigma \\ \text{ou} \quad (L10\% - L90\%) &= 2.56\sigma \end{aligned}$$

dans lesquelles σ est l'écart type de la distribution statistique. En 1969, enfin, en s'inspirant de la définition du TNI, ROBINSON a mis au point un nouvel indice appelé « *noise pollution level* » (NPL). Ce dernier indice découle du principe que la nuisance est liée au niveau énergétique équivalent et qu'elle dépend de l'étendue de la dynamique du bruit ; il n'accorde toutefois pas autant d'importance que le TNI, à l'écart-type de la distribution ou à l'écart (L10% - L90%). La formule du NPL est finalement la suivante :

$$NPL = Leq + 2.56\sigma$$

$$\text{ou } NPL = Leq + (L10\% - L90\%) \quad [15, 16].$$

* Un exemple cartographique de ce genre sera présenté dans le prochain article.

En fait, une valeur approchée du NPL peut être également obtenue à l'aide de l'expression :

$$\text{NPL} = \text{L50\%} + (\text{L10\%} - \text{L90\%}) + 1/60 (\text{L10\%} - \text{L90\%})^2$$

[34]

formule dans laquelle Leq correspond à peu près à la valeur du niveau énergétique moyen calculé par intégration sur une loi normale [1].

Dans le but de préparer le règlement municipal de bruit pour la Ville de Montréal, nous avons été amenés, en 1973, à étudier certaines définitions, de manière à normaliser les opérations de mesures et à les simplifier, pour toutes les expertises municipales. Ces propositions ont finalement débouché sur la formulation par les autorités du règlement municipal no 4996 [17] et sur les ordonnances de 1977. Nous avons classifié six types de bruits différents, correspondant chacun à une procédure d'évaluation la plus simple possible, toujours basée sur l'emploi du dB (A). Ce sont les bruits continus, les bruits impulsifs, les bruits porteurs d'une information, les bruits intermittents, les bruits présentant des sons purs audibles et surtout les bruits fluctuants. Pour ces définitions indispensables à toute législation relative au bruit urbain, nous nous sommes fortement inspirés de la recommandation I.S.O. R1996 [13] portant sur l'estimation du bruit par rapport aux réactions des collectivités. La plus importante de ces définitions concerne les bruits fluctuants, elle s'applique, d'une manière générale, à tous les types de bruit qui ne pourront pas se classer parmi les bruits continus, impulsifs ou porteurs d'une information, ou bien encore, parmi les bruits intermittents qui, pendant leurs périodes d'émission, se rattachent à ces trois premières catégories. Il est probable que les détails légaux assez restrictifs qui ont été ajoutés dans les définitions des bruits continus, impulsifs et intermittents, ramèneront très souvent les procédures de contrôle sur le cas des bruits fluctuants. Ceux-ci peuvent, en effet, être évalués d'une manière indiscutable, puisqu'ils font nécessairement l'objet d'une analyse statistique.

En ce qui concerne l'évaluation proprement dite des bruits fluctuants, nous voulions satisfaire une double exigence : tout d'abord, rester très près de la norme internationale, qui recommande l'emploi du niveau équivalent pour l'estimation de ces bruits et, ensuite, marquer les différences de perception en milieux urbains ; c'est-à-dire, accorder à la valeur mesurée du niveau de ces bruits une pondération bien caractéristique de la gêne produite par leur dynamique. C'est pourquoi nous avons considéré pour référence, le niveau corrigé $\text{Leq} + 5 \text{ dB (A)}$, niveau dont on peut obtenir une valeur approchée en appliquant au niveau $\text{L50\%}$ une correction comprise entre 0.3 et 0.8 fois l'écart ($\text{L10\%} - \text{L90\%}$). En fait, seule la formule du NPL « noise pollution level », décrite précédemment, attribue une nuisance supplémentaire au niveau d'un bruit fluctuant, par rapport à une mesure initiale plutôt moyenne, que ce soit Leq ou $\text{L50\%}$. Cependant, dans le cas où la dynamique des bruits fluctuants est assez grande, cette correction ne permet pas une correspondance harmonieuse avec les autres définitions législatives. Comme le montre la figure 3, représentant la pénétration de la dynamique du bruit mesurée de part et

d'autre de la façade d'une maison unifamiliale, dans certains quartiers résidentiels, il est courant de rencontrer des écarts ($\text{L10\%} - \text{L90\%}$) supérieurs à 20 dB (A), ce qui peut entraîner une valeur artificiellement élevée de l'indice NPL. Nous avons finalement retenu, dans notre proposition de législation, une formule qui reste simple à calculer et qui offre un bon compromis entre le NPL ou le niveau corrigé $\text{Leq} + 5 \text{ dB (A)}$ et l'absence de toute pondération pour la nature fluctuante du bruit soit le *niveau de bruit statistique* (NBS), qui est en quelque sorte une valeur normalisée du niveau $\text{L10\%}$.

$$\text{NBS} = \text{L50\%} + 1/2 (\text{L10\%} - \text{L90\%})$$

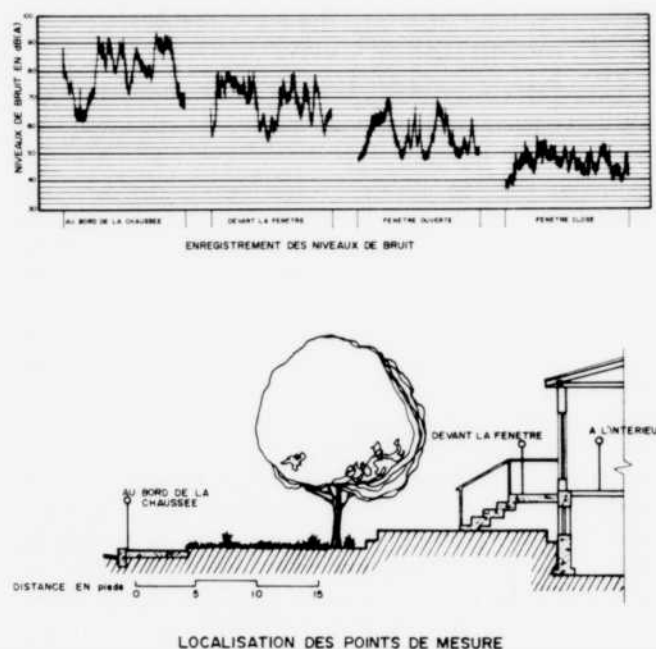


Figure 3 — Étude de la décroissance dynamique du bruit de la circulation au travers d'une fenêtre (boulevard Laurier, Québec).

Il semble, cependant, que la tendance actuelle vise à la généralisation du niveau de bruit équivalent, soit l'indice Leq ; HAJEK, MAY et NORTHWOOD [18, 19, 20] affirment, par exemple, la supériorité de cet indice Leq pour les modèles de bruit de la circulation, alors que GILBERT [21] étend son emploi afin de tenir compte également du bruit des avions. Les avantages les plus souvent cités sont : une bonne corrélation avec la gêne, une universalité par rapport aux différents moyens de transports (route, rail ou avion), une grande simplicité de mesure avec les nouveaux types de sonomètres, une grande sensibilité aux pointes de bruit occasionnelles, et, enfin, la possibilité de sommer directement les niveaux de différentes sources de bruit. Ce dernier point peut sembler le plus important, car l'addition directe des niveaux exprimés selon les indices tels que $\text{L10\%}$ ou $\text{L90\%}$ n'a pas de valeur conceptuelle. C'est donc le niveau équivalent qui a été finalement retenu par les autorités municipales, en conformité avec de nombreuses publications et notamment les recommandations de la SOCIÉTÉ CENTRALE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT [22].

Tout en reconnaissant ce caractère pratique et universel de cet indice, nous avons vérifié dans une série

de mesures récentes, réalisées pour différentes voies de circulation de la conurbation de Québec, un certain manque de corrélation entre l'indice Leq résultant, le débit de la circulation, le pourcentage de véhicules lourds et la qualité de l'environnement réellement ressentie par les résidents. Comparativement aux niveaux L50% ou NBS, le niveau équivalent Leq présente une plus faible dispersion et semble être moins significatif de la hiérarchie des voies urbaines de circulation et de leur nuisance [23]. Une bonne précision des mesures et des calculs associés est donc fortement recommandable, pour l'application normative de cet indice en milieux urbains.

III — Normes et législations applicables aux niveaux de bruit relevés dans les logements

En ce qui concerne les limites précises du niveau de bruit urbain ou communautaire admissible dans les habitations, il était difficile, jusqu'à ces toutes dernières années, de trouver les informations nécessaires, tant au point de vue de la normalisation officielle que dans les ouvrages reconnus en acoustique environnementale. La recommandation internationale (I.S.O. R 1996) de 1971 [13] mentionne simplement que « *Le critère de base pour les immeubles résidentiels doit se situer dans l'intervalle de 35 à 45 dB (A) pour les bruits extérieurs* ». On peut supposer, toutefois, qu'il s'agit du bruit provenant de l'extérieur, mais mesuré à l'intérieur des habitations. Avec un certain humour, la norme internationale précise encore que la valeur de base, pour un pays, doit être fixée en fonction des habitudes de vie des gens. Toute législation nationale, dans un domaine aussi délicat que celui de la qualité de l'habitation en relation avec son environnement acoustique, doit être non seulement valable sur le plan scientifique, mais surtout pratiquement applicable; ce qui nécessite le soutien d'organismes puissants de contrôle, que ce soit en matière de transport, de circulation, d'urbanisme ou de construction résidentielle. On conçoit donc aisément que peu de gouvernements se soient lancés avec fermeté sur le chemin d'une législation générale relative au bruit résidentiel, même si tous en reconnaissent la nécessité. Ne sont-ils pas, indirectement, les principaux responsables du bruit, tant pour les autoroutes que pour les aéroports? En 1963, en Angleterre, le COMMITTEE ON THE PROBLEM OF NOISE [4] recommandait que le niveau statistique L10% soit compris entre 40 et 50 dB (A) le jour, et 30 et 35 dB (A) la nuit. De son côté, en 1964, le CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT préconisait en France, comme limite de bruit généralement acceptée par les occupants, les valeurs de 35 à 40 dB (A), pour une salle de séjour, et de 30 à 35 dB (A), pour une chambre à coucher [24]. Il s'agissait strictement, dans ces deux pays, de recommandations de la part des spécialistes du bruit et de la qualité de l'habitation. Il est très facile de constater, dans toutes les grandes métropoles, qu'une très grande quantité de logements ne répondent pas à ces exigences.

Si le contrôle de la pénétration du bruit urbain dans les logements s'est avéré difficile, tant techniquement que légalement, on s'est néanmoins préoccupé très tôt des bruits produits à l'intérieur même des immeubles

d'habitation collective. En 1969, par exemple, le gouvernement français légiférait sur le niveau de bruit admissible dans les habitations. Cette loi limitait à 35 dB (A) le niveau de bruit à l'intérieur des logements, ceci ne s'appliquant qu'aux seuls bruits issus des autres parties de l'immeuble, et à 30 dB (A) le niveau provenant des équipements collectifs, tels qu'ascenseurs et chaufferies. À des fins de vérification, il était également précisé que cette valeur limite correspondait à celle d'un bruit de spectre continu de 125 à 4,000 Hz, qui serait établi dans les locaux voisins, sans dépasser par bande d'octave 80 dB pour un autre logement, 85 dB pour un local commercial, artisanal ou industriel, et 70 dB pour une circulation intérieure. Quant à la transmission des bruits d'impact, elle ne devait pas engendrer un niveau de bruit perçu supérieur à 70 dB (A) [25]. Toujours à propos de l'expérience française, suite à de nombreux problèmes d'isolation dans les nouvelles constructions résidentielles, le gouvernement a finalement publié, en 1972, des critères applicables à un *label confort acoustique*. L'arrêté instituant ce label porte non seulement sur l'isolation phonique pour les bruits émis dans les autres parties d'un même bâtiment d'habitation, mais également sur l'isolation des façades par rapport aux bruits extérieurs. Un tel label de qualité, même s'il représente un progrès remarquable pour la lutte contre le bruit, ne résout pas complètement le problème de la pénétration des bruits extérieurs à l'habitation, notamment, ceux engendrés par la circulation automobile. À moins qu'ils ne disposent de fenêtres ou de ventilations spéciales, les occupants doivent s'enfermer dans leurs logements, pour pouvoir bénéficier de l'isolation phonique requise, mais en même temps manquer d'une aération souhaitable.

Dans le contexte canadien, les problèmes de bruits extérieurs sont essentiellement saisonniers, puisque l'isolation thermique poussée des fenêtres des habitations est utilisée à son maximum pendant environ six mois. Par contre, en période estivale, il faut admettre que les gens puissent ouvrir leurs fenêtres, sans pour cela être agressés par les bruits locaux de leur quartier ou celui des voies de circulation environnantes. Comme nous le montrerons par la suite, c'est ce point de vue que nous avons fait valoir pour la législation générale sur le bruit adoptée à Montréal. Sur le plan fédéral, en 1977, la SOCIÉTÉ CENTRALE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT a formulé des normes applicables à tout nouveau projet domiciliaire au Canada. Ces normes définissent, en plus des niveaux de bruit admissibles, une procédure de calcul relative à l'impact de la circulation automobile et à celui des chemins de fer. Les niveaux équivalents de bruit (Leq) recommandés sont de 35 dB (A) dans une chambre à coucher, de 40 dB (A) dans une salle à manger ou de séjour, de 45 dB (A) dans les pièces de service (cuisine, bain, entrée, etc.) et de 55 dB (A) pour tous les espaces extérieurs utilisés pour la récréation [22]. Au point de vue de l'isolation, le CODE NATIONAL DU BÂTIMENT précise qu'elle doit atteindre au moins STC-45 (« *soud transmission class* »), entre deux logements d'un même édifice ou entre un logement et un local commun à deux logements ou plus [26]. De nombreuses mesures d'isolation sur chantier nous ont montré que cette norme est assez rarement atteinte dans l'habitation multifamiliale ordinaire. Quant à la procédure de mesure elle-même, elle

pourrait être efficacement simplifiée, tel que proposé par l'AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS [36], puisque dans la plupart des cas, les résultats obtenus par compilation à l'octave ou au tiers d'octave, selon le critère STC, et ceux directement mesurés en dB (A) sont très voisins.

C'est à la demande de la Ville de Montréal que nous avons été amenés à construire, en 1973, un système cohérent de normes de bruits admissibles, tant pour l'habitation que pour les autres édifices couramment rencontrés dans les milieux urbains. Le travail préliminaire de recherche, en plus d'une cartographie générale de bruit et d'une série d'analyses statistiques de 24 heures suivant la nature des quartiers, a surtout consisté dans une étude des niveaux de bruit intérieurs et extérieurs aux habitations, pour les quartiers les plus bruyants de la métropole, complétée par des mesures de bruit dans les hôpitaux. Cette recherche sur les niveaux de bruit, dans les logements les plus défavorisés du point de vue de leur environnement acoustique, nous avait donné une idée assez réaliste de la limite absolue du niveau de bruit admissible pour toute habitation sise sur le territoire métropolitain. Cette limite absolue a été établie pour la nuit à 43 dB (A), ce qui permet encore le sommeil, même s'il ne s'agit pas d'un optimum. Cette valeur correspond au niveau intérieur moyen, fenêtre fermée, pour 50% des logements bruyants expertisés en période diurne. Quand on considère la composition spectrale assez régulière du bruit urbain, on peut admettre, après avoir exclu les phénomènes de fluctuation ou d'intermittence du bruit, phénomène déjà pris en compte par une correction adéquate du calcul du niveau de bruit, que cette valeur admissible réaliste de 43 dB (A) n'est pas trop inhumaine. Il est en effet toujours possible de fixer une limite de bruit hypothétique, qui corresponde nullement à la réalité urbaine, avec pour conséquence, que dans la plupart des cas de plaintes, les services habilités pour la lutte contre le bruit seront incapables d'apporter une correction à l'état de l'environnement, puisque les dérangements ordinaires, essentiellement dus à la circulation automobile et à l'activité du quartier, risquent d'être eux-mêmes supérieurs à la limite fixée, jusqu'à une heure avancée de la nuit. Dans ce sens, parler d'une norme de bruit dans une chambre à coucher de 35 dB (A) de nuit, ne correspond à rien. Par exemple, sur les 8640 points de mesure de la carte générale du bruit de fond de Montréal, réalisée en 1971, 28% des points entraîneraient déjà des niveaux minimums de bruit supérieurs, même en tenant compte d'une baisse nocturne de 6 dB (A) et d'une atténuation moyenne de 14 dB (A) pour une fenêtre entrouverte. Comme on le verra par la suite, une correction adéquate en fonction de l'environnement du quartier doit être appliquée à la norme admissible, ce qui laisse entendre que la limite absolue fixée ici ne s'adresse qu'aux secteurs les plus défavorisés. On doit remarquer, enfin, que dans le cas des nouveaux projets domiciliaires, il devrait en être tout autrement; on ne peut que se féliciter de la sévérité des nouvelles normes fixées par la S.C.H.L., normes décrites précédemment.

Conformément à la recommandation I.S.O. R 1996 [13], trois périodes normatives ont été adoptées pour la

division de la journée de 24 heures; pour des raisons légales, ces trois périodes ont été fixées, dans la version définitive de la législation, à 7h00-19h00, 19h00-23h00, et 23h00-7h00 [27]. La procédure proposée se divisait également en deux parties, suivant que le niveau de bruit admissible devait être relevé à l'intérieur ou à l'extérieur des locaux considérés. Pour les limites de bruit admissibles proprement dites, à l'intérieur des locaux ou dans leur voisinage, nous ne distinguerons ici que les trois types de locaux pour lesquels la législation municipale avait le plus d'importance. Il s'agit des habitations, des hôpitaux et des bureaux privés ou des locaux commerciaux dans lesquels le public est normalement admis. Afin de tenir compte de l'environnement acoustique du quartier correspondant aux locaux expertisés, le *tableau 1* indique les corrections à apporter aux limites de bruit admissibles, en fonction du niveau de bruit régnant à l'extérieur, ceci qu'il s'agisse des habitations, des hôpitaux ou bien encore des locaux commerciaux. En 1973, nous avons fixé comme niveau de référence, pour la qualité de l'environnement acoustique du quartier, le niveau moyen de bruit de fond relevé en quatre points au voisinage de l'édifice expertisé. Les mesures de bruit de fond, dans ce cas particulier, nous semblent encore très valables, puisqu'il est difficile d'envisager, pour toutes les plaintes de bruit, diurnes ou nocturnes, de procéder à des compilations statistiques des niveaux de bruit régnant dans le quartier. Par contre, il est toujours facile d'effectuer, pour quelques points situés dans les environs immédiats des locaux dérangés par le bruit, une mesure rapide du bruit de fond. Les législateurs municipaux ont d'ailleurs repris les valeurs du *tableau 1* et fixé la procédure à suivre pour trois points de contrôle du bruit de fond [27]. Comme on peut le constater, ce tableau est important: il accorde une protection supérieure au voisinage des hôpitaux, alors que pour l'habitation, la correction est encore raisonnable, puisqu'elle n'accepte pas d'augmentation de plus de 5 dB (A), quelle que soit la dégradation de l'environnement acoustique du quartier dans lequel se trouve le logement concerné. De la même manière, pour ne pas défavoriser les quartiers les plus bruyants, par rapport aux quartiers résidentiels bien isolés de tout trafic automobile, la correction se limite pour les quartiers calmes à 3 dB (A). Pour en venir aux normes admissibles elles-mêmes et surtout à celles qui concernent l'habitation et son voisinage, pendant la nuit, dans une chambre à coucher, la limite du niveau de bruit admissible a été fixée à 38 dB (A), alors que pendant la soirée, cette même limite du niveau de bruit admissible dans une chambre à coucher, un salon ou un vivoir, devrait être de 40 dB (A). Enfin, en toute autre circonstance et pour toutes les autres parties d'un logement, le niveau de bruit admissible devrait pouvoir atteindre 45 dB (A). Si nous regardons plus spécialement la valeur du niveau de bruit admissible dans une chambre à coucher, on constate que dans un quartier très calme, ce niveau est en fait de 35 dB (A), tel que recommandé récemment par la S.C.H.L. [22], alors que dans un quartier d'activité moyenne, la correction est nulle et que pour un quartier très animé et très bruyant, ce même niveau atteint 43 dB (A), c'est-à-dire la limite absolue établie précédemment. Toutes les limites définies ci-dessus sont applicables aux mesures relatives

aux bruits provenant de l'extérieur ou de tout autre local contigu au logement. Toutes les fois où cela sera possible, l'expertise relative aux niveaux de bruit régnant dans un logement devra se faire dans les pièces directement perturbées par le bruit. En période estivale, soit des mois de mai à octobre, inclusivement, nous avons recommandé que les fenêtres des pièces mesurées puissent être suffisamment entrouvertes, de manière à obtenir une ventilation adéquate du logement. Étant bien entendu qu'en aucune circonstance, on ne pourra procéder à des mesures à proximité d'une fenêtre complètement ouverte. Lorsque des mesures de bruit doivent être prises à l'extérieur d'un logement, les corrections supplémentaires que l'on peut apporter au niveau de bruit admissible sont les suivantes :

- cas d'une fenêtre qui doit normalement s'ouvrir afin d'assurer une ventilation adéquate du logement + 15 dB (A)
- cas d'une porte ou d'une fenêtre qui doit normalement rester close + 25 dB (A)

TABLEAU I				
Corrections applicables aux limites de bruit admissibles dans les locaux, en fonction du niveau de bruit de fond du quartier correspondant.				
Moyenne des niveaux de bruit de fond mesurés en 4 points dans le voisinage des locaux expertisés en dB (A)		Correction à apporter aux limites de bruit admissibles dans les locaux, en dB (A)		
Période diurne	Période nocturne	Habitations	Hôpitaux	Commerces ou bureaux
43 et moins	40 et moins	-3	-4	0
44 - 47	41 - 44	-2	-2	0
48 - 53	45 - 48	0	0	0
54 - 59	49 - 52	+2	+2	+2
60 et plus	53 et plus	+5	+2	+5

Comme on peut le constater sur le *tableau II* les ingénieurs de la Ville de Montréal ont simplifié cette partie de la législation, pour ne finalement retenir que la seule valeur de 60 dB (A), pour le niveau de bruit équivalent dans tous les espaces extérieurs aux habitations, alors que de son côté, pour les nouveaux projets domiciliaires, la S.C.H.L. recommande 55 dB (A) [27, 22]. Enfin, même si ces limites de bruit admissibles, pour les fins législatives de la Ville de Montréal, suivent surtout la notion de propriété, elles peuvent être facilement étendues à tous les problèmes de bruit dans les logements, tels que l'impact de la circulation automobile. Nous avons d'ailleurs utilisé avec succès ce genre de critère, pour de nombreuses expertises concernant les voies de circulation, notamment en considérant la valeur moyenne de 54 ou 55 dB (A), devant les fenêtres d'un logement, comme étant le niveau optimum auquel il fallait ramener le bruit produit par une autoroute urbaine. Ce *tableau II* résume finalement les principales limites retenues par le législateur et adoptées en 1977. Pour la mise en vigueur de cette législation, la Ville de Montréal dispose maintenant d'une division importante pour le contrôle du bruit et d'un matériel d'analyse digital sophistiqué ; on peut donc

espérer une amélioration substantielle, à plus ou moins brève échéance, de la qualité de l'environnement acoustique de tous les quartiers résidentiels de la Métropole.

TABLEAU II			
Normes de bruit finalement adoptées par la Ville de Montréal pour sa législation (VILLE DE MONTREAL, 1977, pp. 15 et 19, [27]).			
Nature des locaux expertisés	Niveaux de bruit admissibles en dB (A) suivant la période du jour*		
	23h00 - 7h00	19h00 - 23h00	7h00 - 19h00
Bâtiments d'habitations			
- Chambre à coucher	38	40	45
- Salle de séjour	40	40	45
- Autres parties	45	45	45
Autres bâtiments			
- Bureau privé	45	45	45
- Bureau recevant ordinairement le public	50	50	50
- Atelier ou local utilisé pour fabrication, réparation ou entretien	55	55	55
Chambre à coucher d'un hôpital ou établissement analogue	38	38	45
Autre partie d'un hôpital ou établissement analogue	45	45	45
Parc, cour ou terrain pour récréation, sport ou campement	50	60	60

Remarque (*) : Ces niveaux admissibles sont sujets à correction suivant le niveau de bruit de fond du quartier considéré.

IV - Disposition des bâtiments et isolation des façades en vue de la réduction du bruit

De façon très générale, deux dispositions sont possibles dans les grands ensembles d'habitation : l'implantation des bâtiments parallèles à la voie de circulation, ou l'implantation en épi, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe de la chaussée. Dans le premier cas, soit l'implantation parallèle, il est nécessaire, s'il s'agit exclusivement d'immeubles d'habitation, que les chambres et les pièces de séjour soient situées sur les façades opposées à celles bordant la voie de circulation. Les pièces ainsi disposées seront protégées, d'abord parce que le bruit devra traverser les zones de service des logements, telles que les cuisines, les salles de bain, les vestibules ou les escaliers de circulation intérieure, ensuite parce qu'il devra subir une diffraction autour de l'édifice, les fenêtres des chambres se trouvant dans la zone d'ombre acoustique. Lorsqu'on désire utiliser cette même disposition, pour protéger un projet d'habitation par une implantation d'édifices commerciaux parallèles à l'axe de circulation, ceux-ci devraient être les plus longs et les plus hauts possible, en respect avec les

autres obligations urbanistiques. Pour ces édifices commerciaux de distribution ou de bureaux, tout comme pour un hôtel bénéficiant d'un dispositif complet d'air conditionné, l'isolation des façades exposées au bruit de la circulation sera généralement suffisante (avec un double vitrage épais), pour assurer à l'intérieur de ces immeubles, utilisés comme écrans, un niveau de bruit acceptable. Lorsque plusieurs rangées d'édifices seront parallèles à une même voie importante de circulation, il est également possible de profiter au maximum de la zone d'ombre acoustique créée par chacun des bâtiments, en élevant la hauteur des façades suivant l'iso-contour de bruit résultant de la diffraction par la rangée d'édifices précédente, en commençant par la plus exposée au bord de la chaussée. Cette technique est désignée, dans certaines publications, sous le nom d'*épannelage des bâtiments*, c'est-à-dire une adaptation de la hauteur des constructions aux conditions de propagation du bruit [35]. La deuxième de ces dispositions générales, soit l'implantation en épi, pour un projet de grand ensemble résidentiel, évite une élévation du niveau de pression qui pourrait résulter des réflexions sur les façades dans le voisinage immédiat de la voie de circulation. Cependant, même si cette disposition évite le renforcement du bruit, aucune des façades n'est, en définitive, réellement protégée. C'est seulement sous l'effet de la distance que les personnes, demeurant le plus loin de la chaussée, bénéficient d'un meilleur environnement acoustique.

Au point de vue des dispositions architecturales, à l'intérieur même des logements, on pourra se référer à la figure 4. Cette figure donne deux exemples de logements, organisés de telle manière que l'une des façades puisse être directement exposée au bruit, alors que l'autre rassemble les pièces d'habitation principales qui doivent être protégées, telles que les chambres et les séjours [7]. Cette figure 4 rappelle également que pour le développement d'un secteur résidentiel au voisinage d'un aéroport, il est intéressant de disposer les chambres à coucher au rez-de-chaussée, de manière à offrir, pendant la nuit, une protection supplémentaire due à la présence de l'étage supérieur. Une telle disposition n'est peut-être pas toujours valable sur le plan fonctionnel, par contre, l'architecte peut souvent tirer profit d'une dénivellation du site et organiser ses plans types de telle façon qu'on puisse entrer de plain-pied à l'étage, ou bien que les chambres à coucher soient en demi-sous-sol, suivant la topographie du terrain.

Pour des constructions en hauteur, dans un quartier résidentiel à haute densité, il faut enfin noter deux dispositions acoustiques importantes des façades : ce sont les effets de *loggia* et d'*attique*. Ces effets combinés d'écran et d'absorption sont représentés dans la figure 5. L'effet d'attique ne nécessite aucune explication, il dépend surtout de l'effet de l'écran résultant d'un retrait suffisant de la façade par rapport au mur d'appui [10]. Par contre, l'effet de loggia mérite quelque attention : provoqué par la présence de balcons sur les façades, il peut être assez important pour le contrôle du bruit. La réduction obtenue devient intéressante, dans la mesure où le garde-corps de ces balcons est constitué d'un mur plein (en béton ou en verre épais) et où le plafond des loggias est recouvert d'un traitement absorbant. STRY-JENSKI [28] a d'ailleurs proposé une méthode de calcul

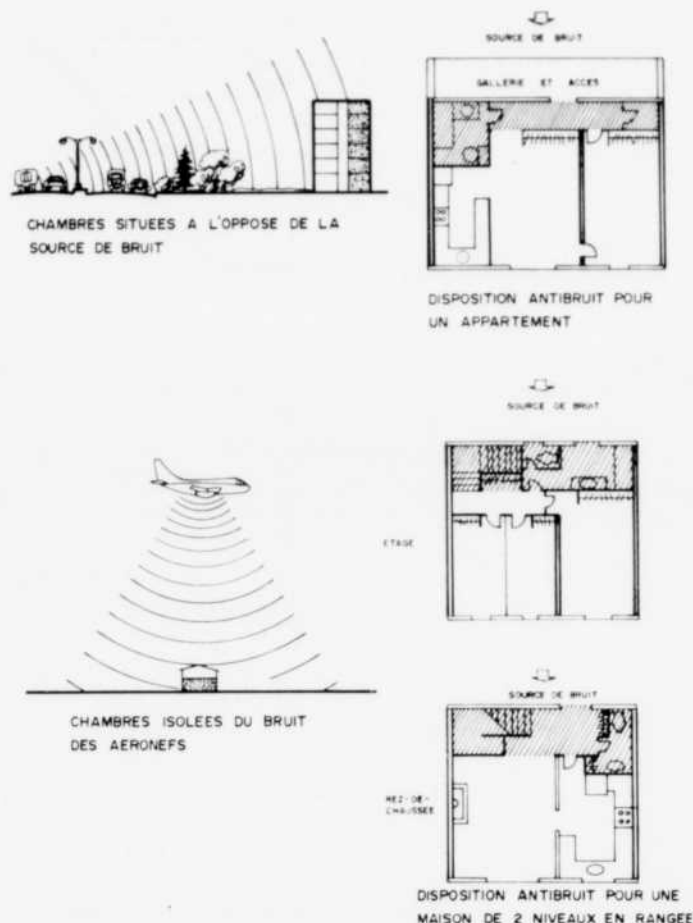


Figure 4 — Exemples de dispositions possibles des logements pour protéger les chambres et les pièces principales du bruit (d'après GREATER LONDON COUNCIL, 1970, et S.C.H.L., 1972, [7,33]).

pour la réduction du niveau de bruit obtenue devant le vitrage des appartements, par rapport au niveau régnant en avant de la façade constituée par les balcons. Cette réduction du bruit peut varier entre 1 et 5 dB (A), elle augmente avec l'angle d'incidence, tout en dépendant de la géométrie du balcon et du coefficient d'absorption du matériau insonorisant choisi. Dans une étude pratique récente, concernant cet effet des balcons, MAY [29] rapporte qu'à partir du 8^e étage des grands édifices d'habitation localisés au voisinage d'une voie rapide urbaine, le niveau de bruit est au moins supérieur de 10 dB (A). Le traitement du plafond des loggias correspond à 5 dB (A) de réduction et la couverture d'au moins un tiers de toutes les surfaces par un absorbant de coefficient égal à 1 peut aboutir à une réduction d'environ 8 dB (A).

En ce qui concerne la pénétration du bruit proprement dite dans les logements, l'isolation thermique importante, imposée par les conditions climatiques canadiennes, renforce très favorablement l'isolation acoustique des façades. En fait, si on exclut les zones les plus exposées au bruit, telles que les centres-villes, les voisinages d'autoroutes ou les zones aéroportuaires, cette pénétration du bruit dans les habitations, d'une manière pas trop insupportable, reste essentiellement un problème saisonnier. C'est-à-dire que pendant la période estivale, les gens se tiennent plus facilement dehors, ils veulent accéder à leur galerie ou à leur jardin et, surtout, laisser leurs fenêtres ouvertes, dans le but d'assu-

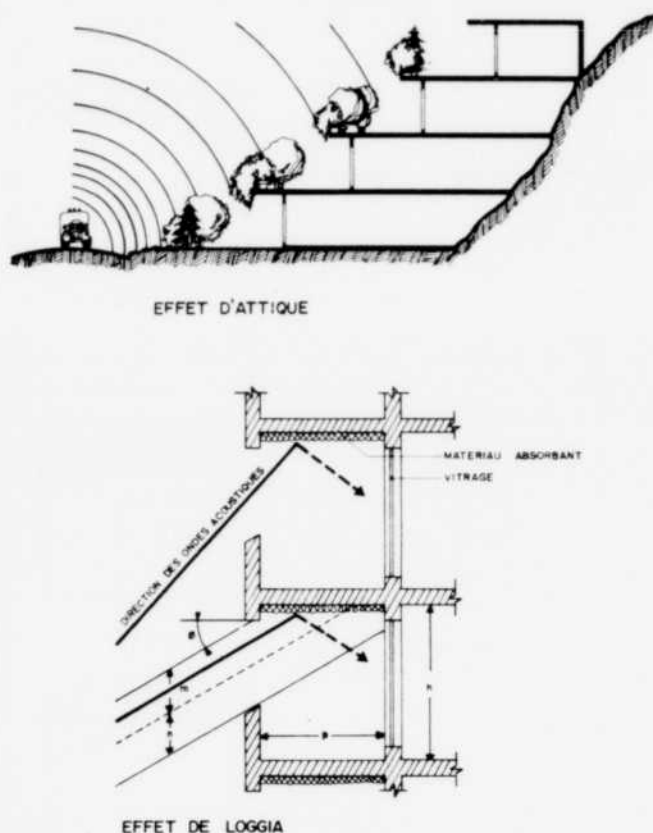


Figure 5 — Dispositions possibles des façades destinées à réduire la pénétration du bruit dans les logements — Effets d'attique et de loggia (d'après LAUBER, 1976, et STRYJENSKI, 1970, [10, 28]).

rer une ventilation suffisante de leur logement. Nos résultats de mesure, relatifs à l'isolation acoustique moyenne des fenêtres à Montréal, montrent qu'avec 25 dB (A) d'atténuation pour une fenêtre fermée, cette partie de l'enveloppe des bâtiments est évidemment la plus faible du point de vue de la pénétration du bruit. Cette constatation exclut les très basses fréquences souvent transmises, à partir des vibrations de la chaussée, dans toutes les parties d'un édifice. Dans la plupart des quartiers résidentiels, il est cependant difficile d'imposer pour les édifices réservés à l'habitation, des fenêtres plus lourdes et de technologie plus complexe que celles à parois doubles, généralement utilisées dans la construction canadienne. Nous pensons que la protection de l'environnement acoustique, notamment en ce qui concerne la circulation automobile, doit se faire également à un autre niveau que celui de l'enveloppe des habitations, puisque les occupants doivent pouvoir bénéficier d'un contact suffisant avec le milieu extérieur pendant toute la période estivale. Dans les cas extrêmes, le seul moyen d'échapper à ce problème de fenêtres, mal isolées ou simplement ouvertes, consistera à appliquer le principe de ventilation naturelle représentée sur la figure 6. Cette solution tirée de l'ouvrage de STRYJENSKI [28] est complétée par une adaptation à la construction résidentielle avec structure de bois, telle qu'utilisée couramment chez nous; d'autres variantes sont également possibles, suivant les matériaux et les techniques de construction [30, 31]. En certaines circonstances, pour remédier à une situation existante de pollution par le bruit, il sera peut-être né-

cessaire d'expérimenter ce dispositif, quitte à le compléter par un système de ventilation mécanique pour les journées de grande chaleur.

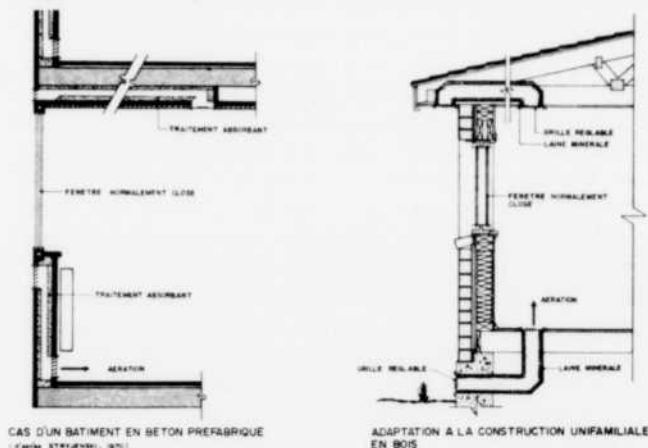


Figure 6 — Dispositif de ventilation avec traitement acoustique pour les logements situés dans des quartiers très bruyants.

Pour terminer ces quelques commentaires relatifs à l'isolation des façades, nous pouvons décrire rapidement la méthode de calcul globale des isolements pour les nouveaux projets d'habitation, telle que proposée dans le modèle d'impact C.N.R./S.C.H.L. [22, 32]. Ce modèle d'impact prend pour paramètre le niveau équivalent résultant sur les façades, de telle manière qu'une façade directement exposée n'ait aucune correction, alors que pour une façade perpendiculaire à la circulation, ce niveau doit être réduit de 3 dB (A), et que pour une façade complètement dans l'ombre acoustique, cette réduction atteigne 15 dB (A). Néanmoins, dans le cas d'éventuelles réflexions sur un édifice parallèle, cette dernière réduction devrait être ramenée à 10 dB (A). L'isolation requise, pour la façade d'une pièce de fonction déterminée, à l'intérieur d'une habitation, peut être obtenue à l'aide de la relation :

$$FI = Leq_{(ext.)} - Leq_{(int.)} + 10 \log n + 2$$

Dans cette formule, FI désigne le facteur d'isolement souhaité et n le nombre d'éléments de construction constituant la façade considérée. Par exemple, n est égal à 2, pour un mur droit et une fenêtre, ou à 3, pour une porte, une fenêtre et un mur, etc... Quant au niveau équivalent souhaité à l'intérieur de la pièce d'habitation étudiée, désigné ici par $Leq_{(int.)}$, il est fixé, comme nous l'avons déjà mentionné, à 35 dB (A) pour une chambre à coucher, 40 dB (A) pour un séjour ou une salle à manger et à 45 dB (A) pour une cuisine ou une salle de bain. La constante 2, enfin, ne sert dans cette formule que pour tenir compte des différences de composition spectrale entre le bruit de la circulation routière et celui de la circulation aérienne; le concept du *facteur d'isolement* ayant été développé initialement pour le bruit des avions [33]. Après avoir calculé ce facteur d'isolement requis, il est alors possible de sélectionner les matériaux susceptibles de constituer l'enveloppe finale du bâtiment étudié. Les architectes ou les ingénieurs peuvent choisir dans des tables, semblables à celle du tableau 3, les éléments de construction, portes, fenêtres ou murs, répondant aux exigences.

TABLEAU III							
Résumé des tables de facteurs d'isolement pouvant servir au choix des matériaux de construction (d'après S.C.H.L., 1977, pp. 70-73, [22]).							
Description des types de murs extérieurs ou des ouvertures	Facteurs d'insonorisation en fonction du pourcentage de la surface du mur ou de l'ouverture par rapport à la surface de plancher considéré						
	5%	10%	20%	40%	60%	80%	100%
Mur à ossature de bois 5×10 cm, avec laine minérale 5 cm, feuille de gypse de 12 mm revêtement et parement de bois ou de métal	—	—	44	41	39	38	37
Même mur que le premier, avec isolant rigide de 25 à 50 mm	—	—	45	42	40	39	38
Même mur que le premier, avec espace d'air de 25 mm et extérieur en briques de 10 cm	—	—	54	51	49	48	47
Mur à ossature de blocs de béton de 15 cm, finition de feuille de gypse de 12 mm et extérieur en briques de 10 cm	—	—	58	55	53	52	51
Mur en béton de 20 cm, avec isolant rigide de 25 à 50 mm et feuille de gypse de 12 mm	—	—	62	59	57	56	55
Fenêtre double, en verre de 24 oz. et espace d'air de 4 à 6 cm	43	40	37	34	—	—	—
Fenêtre avec vitrage double scellé de 24 oz.	37	34	31	28	—	—	—
Porte de bois isoplane massive de 35 mm	38	35	32	—	—	—	—

d'isolation acoustique. Comme on peut le constater sur ce tableau, les valeurs résultantes du facteur d'isolement, pour un matériau déterminé, dépendent de la surface de la façade qu'il occupe par rapport à la surface du plancher de la pièce correspondante; ces valeurs ayant été établies pour un temps de réverbération moyen de 0.5 seconde. 

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE DES OUVRAGES CITÉS

- AUZOU, S. et RAPIN, J.M. :
Le Bruit en Site Urbain, Contrat No 70-050, Ministère de l'Equip. et du Logement, Centre Scien. et Techn. du Bâtiment, Paris (1971).
- BONVALLET, G.L. :
« Levels and Spectra of Transportation Vehicles Noises », in *Journal of Acoustical Soc. of Am.*, Vol. 22, pp. 201-205 (1950).
- STEVENS, K.N. :
NACA Technical Note 3379 (1954) et Chap. 35 (Community noise and city planning) en coll. avec BARUCH, J.J., in *Handbook of Noise Control* (1957).
- COMMITTEE ON THE PROBLEM OF NOISE :
Noise, Final Report (WILSON Committee), Her Majesty's Stationery Office, Cmnd. 2056, London (1963).

- McKENNEL, A.C. et HUNT, E.A. :
Noise Annoyance in Central London, The Government Social Survey, SS-332 (1966).
- KITTELSEN, K.E. et POULSEN, C. :
« Statistical Analysis of Sound Levels », in *Techn. Review*, Brüel & Kjaer, No. 1, pp. 3-23 (1964).
- GREATER LONDON COUNCIL :
Traffic Noise Major Urban Roads, Depart. of Architecture and Civic Design, Urban Design, Bull. No. 1, Greater London Council, London (1970).
- BUILDING RESEARCH STATION :
« Prediction of Traffic Noise : Part 1 and Part 2 », in *Building Research Establish. Digest*, Nos. 185 et 186, Her Majesty's Stationery Office (1976).
- AUBREE, D., AUZOU, S. et RAPIN, J.M. :
Etude de la Gêne due au Trafic Automobile Urbain, contrat 68-01-389, compte-rendu scien., Centre Scien. et Techn. du Bâtiment, Paris (1971).
- LAUBER, A. :
Lärmbekämpfung — Strassenverkehrslärm, E.T.H.Z., Zürich (1976).
- MIGNERON, J.-G. :
« Réalisation d'un camion laboratoire pour l'analyse du bruit urbain », in *l'Ingénieur*, No 275, pp. 10-16, Montréal (1972).
- GILBERT, P. :
« Bruit des moyens de transport — Expression en niveau acoustique équivalent L_{eq} », in *Cahiers du C.S.T.B.*, Vol. 185, No 1482, pp. 1-25, Centre Scien. et Techn. du Bâtiment, Paris (1977).
- ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION :
Estimation du Bruit par Rapport aux Réactions des Collectivités, 12 p., Recommandation I.S.O. R1996 (1971).
- GRIFFITHS, I.D. et LANGDON, F.J. :
« Subjective Response to Road Traffic Noise », in *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 8, pp. 16-32 (1968).
- ROBINSON, D.W. :
The Concept of Noise Pollution Level, NPL Aero Rept. AC3S, National Physical Laboratory, Teddington, England (1969).
- ROBINSON, D.W. :
« Towards a Unified System of Noise Assessment », in *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 14, pp. 279-298 (1971).
- VILLE DE MONTREAL :
Règlement No 4996, sur le Bruit, Montréal (1976).
- HAJEK, J.J. :
« An L_{eq} Traffic Noise Prediction Method », Ontario Ministry of Transportation and Communications, Research and Development Div., Doc. 78-AC-04, Toronto (1976).
- MAY, D.N. :
« Descriptors of Freeway Noise : a Guide for Transportation Planners », Ontario Ministry of Transportation and Communications, Research and Development Div., Doc. 77-AC-07, Toronto (1977).
- NORTHWOOD, T.D. :
« Approach to Regulations for Housing Near Major Sources of Road and Rail Noise », research pap., Div. of Building Research, C.N.R., Ottawa (1978).
- GILBERT, P. :
Recherche d'un Indice Commun lorsque la Gêne est due à un Bruit d'Avions ou à un Bruit de Circulation Automobile, contrat 76086, rapp. de fin d'étude, Centre Scien. et Techn. du Bâtiment, Paris (1977).

22. SOCIÉTÉ CENTRALE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT :
Le bruit du Trafic Routier et Ferroviaire : ses Effets sur l'Habitation, S.C.H.L., Ottawa (1977).
23. MIGNERON, J.-G. :
Acoustique Urbaine, à paraître, Ed. Masson, Paris et Les Presses de l'Univ. Laval, Québec (1979).
24. CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT :
« Mise à jour de la notice technique pour l'application du règlement de la construction », in Cahiers du C.S.T.B., No 554, Vol. 66, pp. 1-5, Centre Scien. et Techn. du Bâtiment, Paris (1964).
25. JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE :
Recueil des Textes Relatifs au Bruit, J.O. No 1382, 139 p. (1972).
26. CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES :
Code Canadien de Construction Résidentielle (Normes Résidentielles), 1970, Com. Assoc. sur le Code National du Bâtiment et C.N.R., NRCC No 11562F, Ottawa (1972).
27. VILLE DE MONTRÉAL :
Ordonnance No 2 — Règlement No 4996 sur le Bruit (Bruit dans les lieux habités), Montréal (1977).
28. STRYJENSKI, J. :
L'Acoustique Appliquée à l'Urbanisme, Ed. Techniques, Genève, 148 p. (analyse bibliographique parue en 1970).
29. MAY, D.N. :
Traffic Noise and High-Rise Balconies, Ontario Ministry of Transportation and Communications, Research and Development Div., Doc. 77-AC-2, Toronto (1977).
30. DUPREY, B. :
Isolation et Insonorisation des Menuiseries, Centre de Rech. d'Architecture d'Urbanisme et de Construction, Ed. Eyrolles, Paris (1971).
31. JOSSE, R. :
Notions d'acoustique à l'usage des architectes, ingénieurs et urbanistes, Ed. Eyrolles, Paris, 288 p. (1972).
32. QUIRT, J.D. :
« Keeping Traffic Noise Outdoors », research pap., Div. of Building Research, C.N.R., Ottawa (1977).
33. SOCIÉTÉ CENTRALE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT :
Nouveaux Secteurs Résidentiels à Proximité des Aéroports (Supplément au manuel pour l'aménagement des espaces extérieurs), S.C.H.L., Ottawa (1972).
34. BERANEK, L.L. :
« Criteria for Noise and Vibration in Communities Buildings and Vehicles », in Noise and Vibration Control, Ed. BERANEK, L.L., Chap. 18, pp. 554-603 (1971).
35. CENTRE D'ÉTUDES DES TRANSPORTS URBAINS :
Z.A.C. Buclos — Grand-Pré — Autoroute A41 — Commune de Meylan (Isère), cahier No 1, Min. de l'Équipement, Paris (1976).
36. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS :
« Tentative Recommended Practice for Determining a Single-Number Rating of Airborne Sound Isolation in Multiunit Building Specifications », E597-77T, A.S.T.M., Philadelphia, 1977.

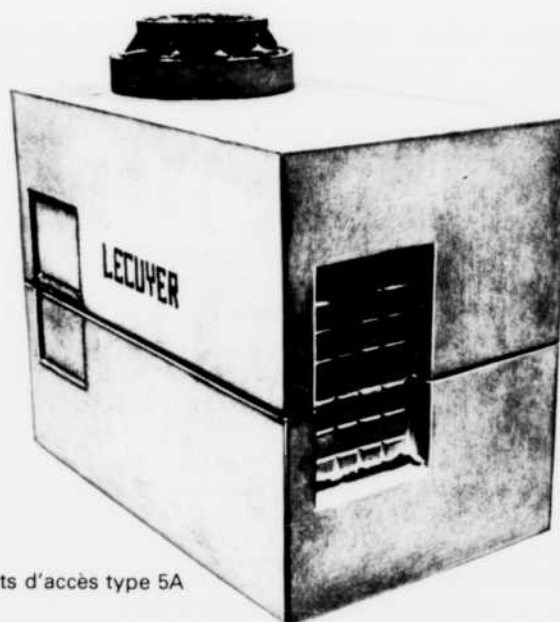
Lécuyer a du nouveau pour vous



Base de lampadaire
A.L. 295



Puits d'accès
A.L. 294-A
A.L. 293

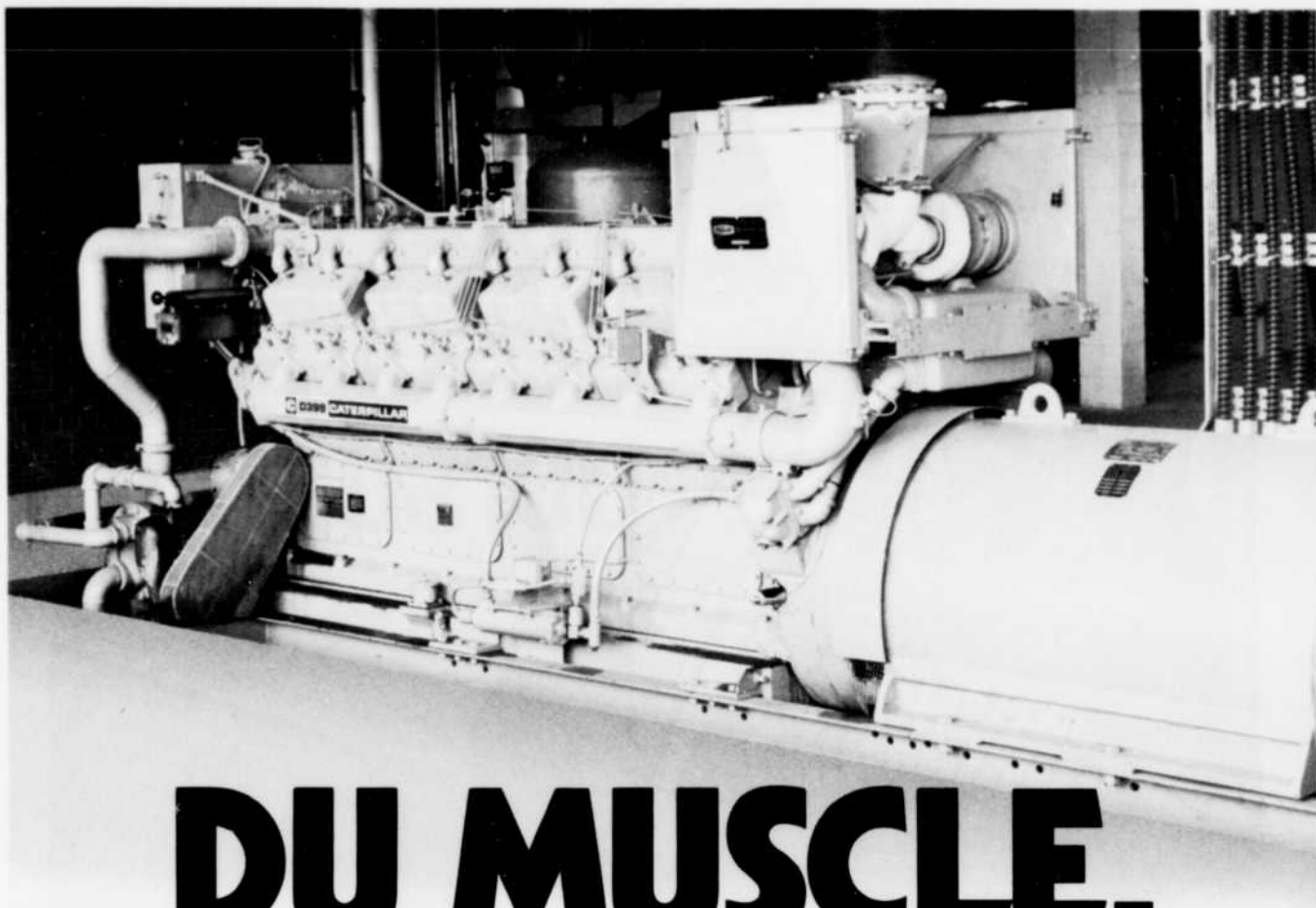


Puits d'accès type 5A

Puits d'accès en béton préfabriqués pour conduites d'électricité rencontrant les normes de la division des améliorations locales et de la Commission des services électriques de la ville de Montréal

LECUYER

Manufacturier de chambres d'accès en béton préfabriqués
égout-aqueduc-électricité
C.P. 577, St-Rémi, Cté Napierville, Québec
Tél.: (514) 454-3928, 861-5623

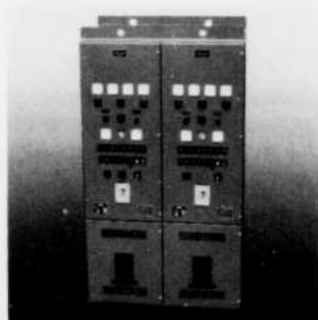


DU MUSCLE. À TEMPS PLEIN.

DE L'ÉNERGIE HEWITT.

Pour du muscle qui ne lâche pas, faites appel à la large gamme de groupes électrogènes diesel Caterpillar et d'armoires de commande Hewitt. Il sont conçus en vue d'assurer un fonctionnement continu — que ce soit comme source d'énergie primaire dans

des endroits isolés ou comme source d'énergie auxiliaire de secours dans l'éventualité de pannes. La capacité de puissance varie entre



12 kw et 930 kw. Hôpitaux, centres de contrôle de la circulation, usines, gratte-ciel, bateaux, usines de traitement des eaux, tous trouvent réponse à leurs besoins chez Hewitt. Et grâce à la qualité de son service et de son système de pièces de rechange,

Hewitt vous assure l'efficacité continue et la haute performance de ses "muscles à plein temps" CAT. Pour plus de renseignements, appelez-nous. Hewitt.



CATERPILLAR
Reg'd.

HEWITT ÉQUIPEMENT LIMITÉE
Montréal, Québec, Chicoutimi, Sept Îles, Hull, Val d'Or, Baie James.

Caterpillar, Cat et  sont des marques déposées de Caterpillar Tractor Co. -



Vous avez besoin de personnel?

Nous ferons des pieds et des mains pour vous en trouver, pour harmoniser les compétences disponibles sur le marché aux exigences des postes que vous avez à combler.

Nous disposons de 440 succursales au Canada dont 145 au Québec. Nous sommes partout. Nous sommes près de chez vous.

Des professionnels du placement sont à votre disposition dans chacun de nos bureaux. Parmi ces spécialistes il y a une personne qui connaît votre industrie. Demandez-lui de combler vos postes vacants. Elle s'en occupera personnellement.

Votre conseiller en main-d'oeuvre identifiera des candidats qualifiés et vous les présentera. Il a accès direct à un vaste bassin de travailleurs par l'entremise d'un réseau de communication ultra-moderne. Il peut vous aider à recruter dans tous les coins de la province, du pays.

Rencontrez votre conseiller. Il mettra tous les moyens dont il dispose à votre service. Au besoin, il vous expliquera comment vous pouvez bénéficier de nos programmes d'aide financière.

Faites-nous confiance. Communiquez avec votre conseiller en main-d'oeuvre.

Vous économiserez temps, argent et énergie.

Le Centre d'Emploi du Canada. Votre service d'emploi.



Emploi et
Immigration Canada

Employment and
Immigration Canada

LA DÉMARCHE SYSTÉMIQUE ET LA FORMATION PROFESSIONNELLE DE L'INGÉNIEUR

par André B. Turgeon, D.Sc., ing. *

Sommaire

La problématique en système est l'art d'élaborer et de poser clairement les problèmes complexes, compte tenu de contraintes multiples et d'objectifs globaux. Cette démarche à caractère méthodologique doit aussi observer rigoureusement les transformations de ces problèmes au cours de la réflexion.

L'auteur dégage les notions de base et présente les techniques, les outils, les méthodes qui rendent la systémique féconde et efficace dans l'étude des grands projets sociaux-techniques.

L'esprit scientifique nous interdit d'avoir une opinion sur des questions que nous ne comprenons pas, sur des questions que nous ne savons pas formuler clairement [1].

Gaston Bachelard

1. Préambule

Vers les années 70, suite aux suggestions de l'Opération Sciences Appliquées, l'Ecole Polytechnique à l'instar des Facultés des Sciences Appliquées du Québec a perçu que les petites entreprises et les services publics, gouvernementaux et urbains, avaient besoin d'ingénieurs généralistes. Sans abandonner la formation de spécialistes dans des domaines bien définis en regard des besoins de la société, elle a cherché à établir un consensus sur un tronc commun de matières de base.

*

L'auteur :

Le docteur Turgeon, A.B., est professeur titulaire au département de génie électrique, Ecole Polytechnique de Montréal, et directeur du programme de génie des systèmes.

Il a fait des études de maîtrise et de doctorat à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et l'Ecole Supérieure d'Electricité de Paris, sous l'égide de l'Université de Paris.

Cette réflexion longue et laborieuse a permis de faire l'utile coordination à la base des disciplines et de réaliser le dialogue nécessaire pour l'ouverture à l'interdisciplinarité.

Cette réforme des programmes d'enseignement n'a pu s'accomplir que par une symbiose des formations spécialisées et il va de soi que ce genre d'opération impose son climat polémique. Le problème majeur étant que les spécialistes ne veulent pas accepter un retour à l'ingénieur général qui ne saurait exister de nos jours, compte tenu du haut degré de technicité de la société industrielle.

Il est toutefois récent de voir l'Ecole Polytechnique aborder le problème de la coordination au sommet des interactions disciplinaires. Pourtant dans l'édifice scientifique s'il est important d'entretenir un *dialogue nécessaire* sur les manières de résoudre conjointement les problèmes usuels, il est impérieux de le maintenir et de le prolonger au niveau des interventions spécialisées et complexes lorsque les matériaux et les techniques sont poussés à leur limite et sont utilisés dans des conditions nouvelles et imprévisibles.

Il existe une distinction entre l'ingénieur qui doit comprendre une diversité de techniques classiques pour contribuer valablement à la solution des problèmes usuels et celui qui doit assurer la coordination et la cohésion des diverses solutions spécialisées dans un grand projet. A notre avis, dans le premier cas il s'agit d'une *formation de généraliste* qui doit être incluse dans l'apprentissage de l'art de l'ingénieur. Dans le second cas, il s'agit d'une *formation de globaliste* qu'il n'est possible d'acquérir qu'après avoir reçu un solide entraînement dans une discipline donnée du génie. Il est même souhaitable d'avoir été rompu à la pratique du génie avant d'aborder des études de ce type. En fait, l'ouverture à la multidisciplinarité n'est possible que si les candidats possèdent déjà la démarche, l'esprit, la méthodologie et l'art de l'ingénieur. Plus concrètement, il semble difficile de vouloir donner une vision globale ou macroscopique à un candidat qui n'aurait pas appris à voir les problèmes techniques et à en résoudre

certain, compte tenu des contraintes sociales, économiques et environnementales.

Notre propos est de présenter un domaine qui s'impose particulièrement depuis quelques années : les systèmes. En effet, les grandes et moyennes entreprises, les services tant gouvernementaux qu'urbains et les groupes de génie conseil doivent affronter des problèmes de plus en plus complexes et variés. La croissance désordonnée des villes rend pratiquement inextricable les problèmes du transport, de l'approvisionnement en eau, de la pollution, etc. La conception de grands projets hydro-électriques et thermonucléaires, de vastes centres de traitement des eaux, de réseaux de distribution d'énergie et de communication imposent une vision d'ensemble en plus de l'adéquation solution de multiples problèmes techniques. Les grands projets aérospaciaux, l'avionnerie et les grandes entreprises ont permis d'éprouver et de dégager la problématique et la méthodologie de l'ingénierie des systèmes. Il n'est donc pas abusif de vouloir proposer un programme d'enseignement professionnel s'inscrivant au niveau de l'éducation permanente dans le domaine de l'ingénierie des systèmes. D'ailleurs un tel enseignement existe dans bon nombre d'universités américaines [2] et canadiennes et dans les grandes écoles françaises [5].

2. L'ingénierie des systèmes

Nous allons reprendre ici une proposition de Bode [3] qui nous semble assez éclairante : « *L'ingénieur de systèmes, dit-il, fait l'office d'architecte dans l'élaboration et l'exécution d'un grand projet technique* ». En effet, il doit connaître les éléments, les méthodes et les techniques de manière à assurer la coordination des efforts et à vérifier la compatibilité des interventions complexes et variées. Evidemment l'architecte ne peut se substituer à l'ingénieur, au menuisier ou au plombier. Mais il doit savoir ce que font et peuvent faire ces derniers tant avec leurs connaissances qu'avec les matériaux et moyens disponibles. Il doit surtout avoir en tête la conception de l'ensemble qui, malgré la diversité des interventions et la variété des contributions, doit conserver une harmonie dans la réalisation finale.

Il est maintenant reconnu que la mise au point de systèmes complexes et les interventions importantes sur le milieu produisent des phénomènes imprévus, nouveaux et souvent catastrophiques. Le seul sens de la bonne gestion, l'application méthodique des sciences de l'administration ne peuvent résoudre les problèmes qui en découlent. En fait, c'est dans la conception même de l'ouvrage, dans l'application des techniques évoluées qu'il convient de chercher les « vices » de conception, les défaillances des techniques ou encore les effets imprévus de couplage des diverses interventions complexes sur le milieu. E.F. Howard [4] souligne « que dans notre société actuelle, la primauté accordée systématiquement à des objectifs de coût conduit à une surabondance des activités et effectifs dédiés à la gestion et à une insuffisance de ceux reliés à l'ingénierie : conception et développement ». C'est en fonction d'une problématique globale que se définit le rôle de l'ingénieur de système.

Selon Chinal [5] « la méthode des systèmes est un ensemble de procédés permettant l'intégration de disciplines ou facteurs de design nombreux, complexes et variés. Elle se préoccupe des problèmes pratiques posés par la conception, le développement ou la production d'un système complexe ».

L'ingénierie des systèmes est donc une méthodologie d'approche des problèmes techniques avec un souci des répercussions sociales, économiques et environnementales. Elle regroupe un ensemble organisé et cohérent de concepts, de procédures et de techniques d'ordre théorique, empirique et expérimental, relatif à l'analyse, la conception, le développement et la production d'un système complexe en fonction d'objectifs définis.

3. Problématique en système

3.1 Notions de base

La problématique est l'art d'élaborer et de poser clairement les problèmes et aussi d'observer rigoureusement leurs transformations dans le processus de réflexion. A partir de cette définition, il est possible de dégager des notions fondamentales sur la réflexion systématique et de produire une représentation assez simple des étapes d'études et de phase de développement d'un système.

L'appréhension d'un objet par la méthode scientifique est un processus de réflexion rétro-actif comme l'indique le schéma 1. L'objet est d'abord observé grossièrement et se laisse saisir dans ses propriétés et ses formes les plus « voyantes », les plus immédiates. Ainsi, l'esprit de synthèse avec des efforts inductifs projette un premier profil de l'objet. Ces premières réflexions donnent la physionomie initiale de l'objet abstrait ; elle est surtout constituée d'images spontanées. Pour un esprit non-averti, là s'arrête la réflexion : l'hypothèse initiale est synthèse.

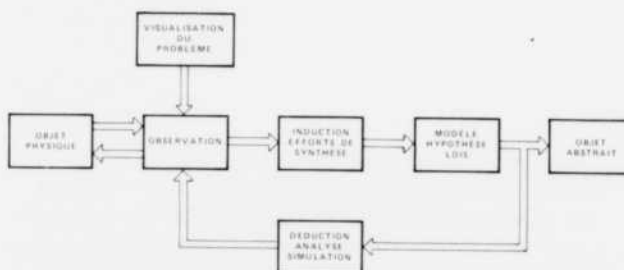


Figure 1 - Appréhension scientifique d'un objet.

Mais le scientifique soumet cette proposition, ce modèle, à des spéculations d'ordre théorique et à des simulations et, par déduction et analyse, il vient en confronter les données avec celles obtenues expérimentalement sur l'objet réel. Il s'établit alors une nouvelle observation, « une vision réfléchie ». Ainsi, dans un processus itératif et discursif de réflexion cohérente, il est possible de dégager un « objet abstrait acceptable » après plusieurs cycles de raisonnement.

Ce cheminement de la réflexion scientifique est fondamental dans l'approche systémique d'un problème.

Des éléments invariants de la problématique concernent les étapes logiques à suivre pour poser et résoudre convenablement les problèmes et constituent une dimension du déroulement de la solution en suivant les transpositions du problème. Une autre dimension de la problématique concerne la vie, les phases de développement du système, de sa création à sa mise hors service. Un système n'est pas créé spontanément, il émerge d'une description plus ou moins floue. Il prend de la couleur et des formes dans les bureaux d'études, puis il est produit et mis en service.

Cette notion sur la réflexion scientifique et cette morphologie de la problématique seront maintenant exprimées en systémique.

3.2 Appréhension systémique d'un problème

Quelques modifications mineures au processus de réflexion scientifique permettent de présenter l'organigramme logique de l'approche systémique. En fait, il suffit d'insister sur le fonctionnement du processus de réflexion en incorporant la notion de modèle et en associant la simulation.

D'abord l'échelle de vision de l'observateur est de première importance. Comme l'affirme Le Comte du Nouy [6], l'objet abstrait dépend de l'observateur. Il reflète sa culture, ses intérêts, ses valeurs. Il n'est certainement pas inutile d'exposer ici une autre idée du même auteur qui cadre bien avec la démarche systémique. *Le but de la réflexion scientifique n'est pas de connaître un phénomène mais bien simplement d'en expliquer son comportement dans des circonstances données* [6].

C'est donc un système abstrait qui reflète les comportements observés du système réel qui fait l'objet de nos recherches. Il n'est donc pas la connaissance absolue du réel mais une connaissance relative dépendant de ceux qui l'observent. Un ingénieur et un sociologue ne voient pas les mêmes choses !

Les diverses activités de la réflexion systémique peuvent aussi être représentées par la figure 2. D'abord, à partir de l'observation, l'effort de synthèse fait une première *caractérisation* du problème : considération des limites, des structures, des variables, selon les étapes de la solution. Ce premier jet est immédiatement soumis à l'*adéquation* ou des tests, des objections logiques simples viennent vérifier les hypothèses initiales. C'est une phase déductive avec ces rétro-actions itératives. La *paramétrisation* concerne les activités tant analytiques qu'expérimentales qu'il faut faire pour regrouper les données et les expériences utiles au calcul des paramètres pertinents. Enfin, la *vérification* permet d'évaluer les qualités et les défauts de notre scénario ou de notre modèle.

Cette représentation reflète les idées maîtresses préconisées par Zadeh [7] dans l'approche d'un problème de modélisation. En fait, l'établissement d'un scénario où la recherche d'un modèle mathématique complexe ne sert qu'une cause : représenter les aspects de la réalité qui nous préoccupent dans une situation définie.

La réflexion systémique est fortement appuyée par l'informatique et la simulation. En fait, l'ordinateur

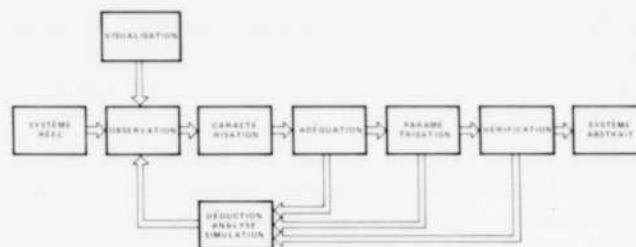


Figure 2 — Représentation de la réflexion systémique.

n'est qu'un prolongement de l'esprit humain, il dégage la réflexion et le travail mental de toutes les activités de compilations programmables. A notre avis, les capacités d'analyse et de synthèse s'y trouvent largement améliorées.

3.3 Morphologie de la démarche systémique

Une première dimension, tel que mentionné précédemment, concerne les étapes logiques à suivre pour résoudre le problème global. Divers auteurs [8, 9, 10] ont traité de cette question. La procédure proposée par Hall [11] est intéressante mais elle ne distingue pas clairement la réflexion rétro-active et les étapes fondamentales conduisant à la solution. Pour notre part, relevons cinq étapes :

- la position du problème
- la définition des objectifs et des contraintes
- l'élaboration des modèles
- l'optimisation
- la sélection de la solution

Chacune de ces étapes est prise en charge par le processus systémique de réflexion et conduit à un traitement approprié des données pertinentes du système réel.

Une seconde dimension du problème concerne l'évolution du système, de sa création à sa mise hors service. Continuellement la société revoit ses besoins face à son affrontement avec le milieu. Les exigences de la collectivité, les contraintes de l'environnement, les répercussions sur le milieu des interventions complexes définissent de nouveaux problèmes et besoins. Sous forme de commande, ces problèmes à résoudre et ces besoins à satisfaire mettent en marche un ensemble d'activités du circuit moyens-besoins. Ainsi, comme

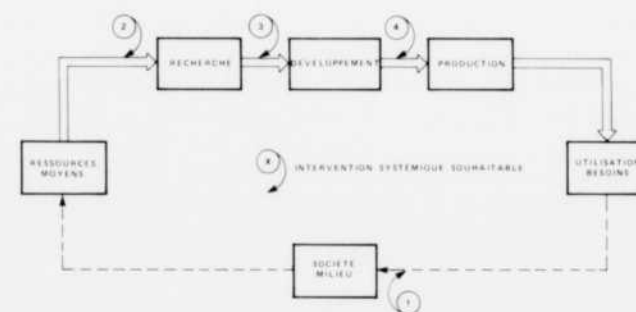


Figure 3 — Points stratégiques d'application de l'approche systémique dans la circulation Moyens - Besoins.

l'indique la *figure 3*, un système doit vivre diverses phases, émergeant des ressources et aboutissant à sa fonction définitive, puis éventuellement à son retrait.

Bode [3] a déjà décrit les points forts de l'activité systémique en les situant aux interfaces dans le cycle — recherche, développement, production — comme indiqués à la *figure 3*. Plus méthodique, Hall [11] a défini les six phases de la vie d'un système dans sa circulation des ressources aux utilisations.

- Planification du programme
- Planification d'un projet
- Développement d'un système
- Production d'un système
- Opération d'un système
- Mise hors service

Chacune de ces phases a ses particularités. La planification du programme [12], étayée d'études prospectives et prévisionnelles sur les besoins, dégage les activités et projets qu'il faut faire pour rencontrer les exigences nouvellement définies. La planification d'un projet concerne les études préliminaires et de faisabilité en fonction d'un projet particulier défini au niveau du programme.

Ces deux premières phases permettent de prendre des décisions qui impliqueront désormais le développement, la production et l'opération de divers systèmes et la mise hors service de d'autres.

A l'instar de Hall [11], il est possible de construire une représentation bidimensionnelle (*figure 4*) des activités de la démarche systémique.

Les études de chaque phase de la vie d'un système seront conduites par la démarche systémique avec son processus de réflexion rétro-actif et les étapes de la solution.

Dans cette matrice, le processus suit logiquement le déroulement de la solution de gauche à droite. Toutes les activités accomplies à chaque étape (A_{ji}) d'une rangée (j) constituent la filière (A_j) de la phase correspondante.

Les phases de la vie du système imposent aussi leur ordre chronologique, de haut en bas. Ainsi, la filière A_3 qui concerne le développement du système est indispensable à l'initiation des travaux de la quatrième rangée sur la production du système.

4. La formation professionnelle en système

4.1 La notion de modèle

La notion de système ne peut se passer de celle de modèle [13]. Ainsi, la représentation d'un système physique par un modèle est un problème fondamental en ingénierie des systèmes. L'identification structurelle

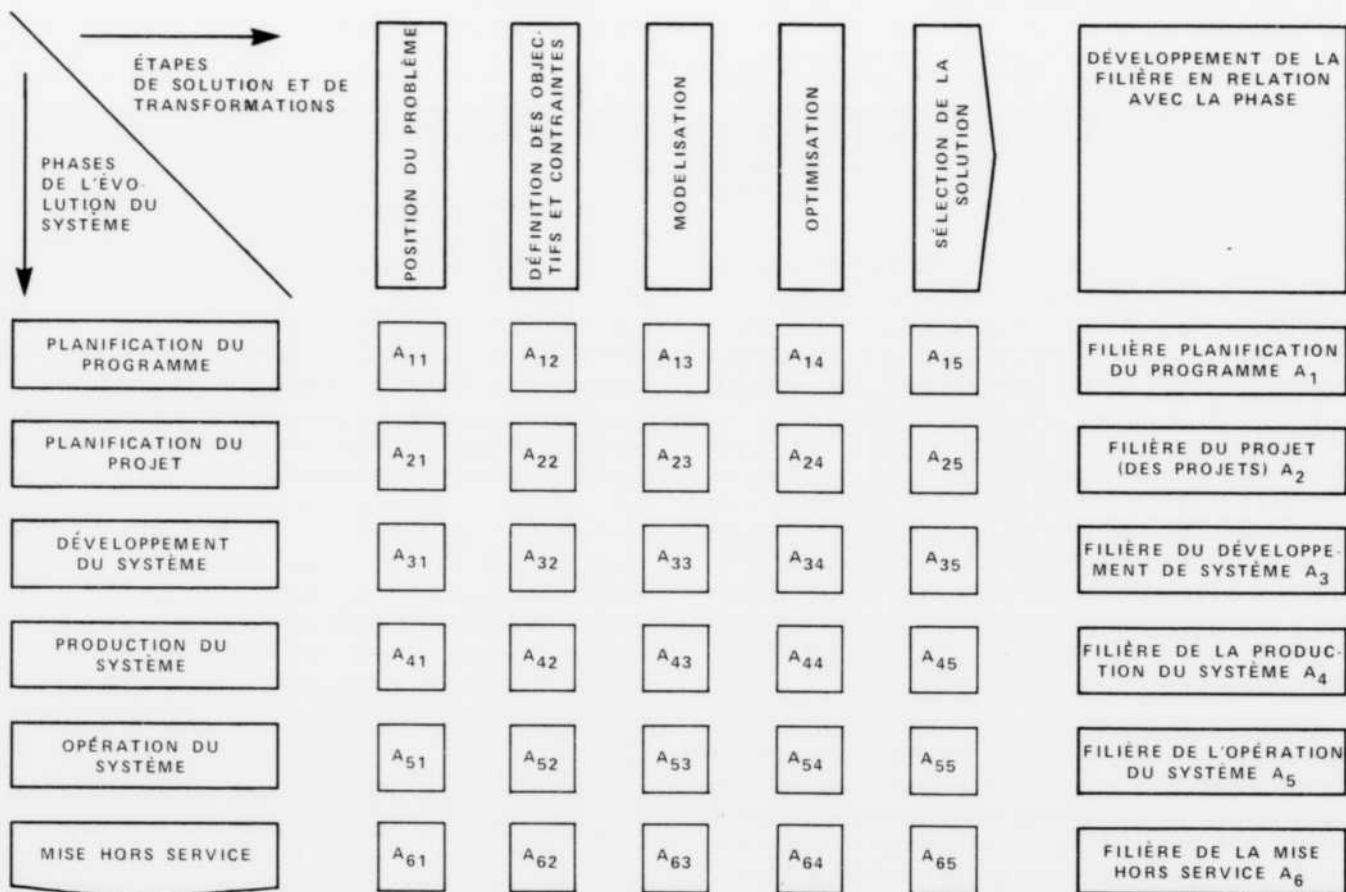


Figure 4 — Morphologie de la démarche systémique et constitution des filières.

d'un système, c'est-à-dire la recherche d'un ensemble d'éléments simples et de leur organisation topologique, est féconde. Avec des simulations, il est possible d'établir les relations comportementales qui existent entre certaines variables du processus en causalité avec des stimuli locaux. Les travaux de J. Forrester [14, 15] sont des contributions majeures dans ce sens.

Il demeure cependant que cette approche à la modélisation est assez contraignante. Des méthodes plus globales [16] permettent d'élaborer des modèles de systèmes complexes sans se perdre dans une description assez cartésienne de tous les phénomènes en cause dans le processus. Il existe dans un problème de système deux types de modèles à identifier : les modèles des systèmes en présence qui « mathématisent » les relations dynamiques et statiques des entrées-sorties et les fonctionnelles d'optimisation qui rendent compte des exigences, des objectifs et des contraintes imposés. Les uns comme les autres posent un problème sérieux de paramétrisation et de traitement de données.

Plus récemment est apparue la notion de scénarios [13] qui permet de « modéliser » les situations futures par la description plus ou moins poussée et précise de leurs attributs significatifs. Dans les études de prospectives, on s'aperçoit vite que cette méthode englobe un ensemble de modèles qui permettent de tenir compte des variables maîtresses et de dégager par simulation les « faits porteurs d'avenir ».

4.2 La méthodologie des systèmes

L'ouverture à l'approche systémique des problèmes ne peut se faire par la seule juxtaposition d'une ou plusieurs disciplines mais par le développement des méthodes, des techniques et des outils qui rendent possible la démarche systémique. Très simplement Sage [17] affirme que la méthodologie des systèmes consiste en la relation à établir entre les outils et les activités de la réflexion en cause. Ayant situé l'approche systémique dans une problématique définie, il semble tout naturel de décrire et de regrouper les outils indispensables en observant les activités et les étapes du cycle de réflexion.

- Les méthodes d'analyse de système en présence de signaux déterministes ou aléatoires sont très importantes. Elles développent la capacité d'élaboration de modèles, donc celle de synthèse.
- Dans un projet de grande taille, le problème majeur concerne le traitement de données dans leurs diversités et dans leurs caractères aléatoires. La collecte des données pertinentes et leur analyse adéquate sont donc des outils de la systémique.
- L'optimisation des coûts, des performances, des facteurs de qualité, compte tenu de contraintes multiples, pose aussi un problème. Les méthodes de la recherche opérationnelle : programmation mathématique, calcul des variations, théorie des graphes et des réseaux, sont hautement sollicitées.
- L'analyse et l'optimisation de systèmes à structure complexe exigent un ensemble de travaux importants qu'il n'est pas possible d'accomplir sans le support de l'informatique et de la simulation.

- Enfin, la présentation de la démarche systémique qui établit la relation entre les outils et les activités relève de la problématique particulière des systèmes. A ce niveau, il est possible d'affronter des problèmes types et de dégager la démarche la plus féconde.

Un programme de base en système ne saurait se passer d'enseignement sur ces activités propres au cycle de réflexion. L'Ecole Polytechnique a développé un programme dans ce sens. Il est disponible à l'Education Permanente dès septembre 1979. Sa mise au point est le fruit de plusieurs années de réflexion et de discussions. Il s'adresse aux ingénieurs de toutes disciplines.

4.3 Les domaines d'applications

De Rosnay [13] fait une étude assez magistrale des grands systèmes : l'écologie, l'économie, la ville, l'entreprise, l'organisme, la cellule. La méthode des systèmes se montre des plus utiles dans l'explication des comportements d'ensemble complexe. Mais avant tout, la systémique est un art de penser les grands problèmes en fonction d'objectifs.

Comme le prétend Sage [17] et Schumacher [18], il faut désormais que la technologie se soucie des institutions et des valeurs, qu'elle soit au service de la société et non pas asservie aux intérêts financiers et politiques.

Aussi, est-il permis de croire que désormais la technologie ne sera plus appliquée par simple diagnostic posé sur des symptômes, sur des demandes ou même pour une stimulation de la consommation.

Il faudra donc revoir les interventions technologiques avec ce nouveau cadre. Sans être exhaustif, quelques problèmes globaux peuvent être relevés.

Dans le vaste domaine des ressources naturelles, il sera nécessaire de trouver des solutions qui ne se fondent plus sur l'existence de réserves inépuisables et providentielles [18, 19]. Une gestion des ressources en accord avec les besoins fondamentaux et, surtout, la conversion à long terme à l'utilisation des ressources renouvelables est souhaitable [18].

Le secteur de l'énergie est largement affecté par la crise du pétrole. Nombreux sont les pays qui revoient leurs politiques énergétiques et étudient divers scénarios qui peuvent bouleverser les styles de vie actuels. L'habitation, le transport, l'industrie sont à repenser en tenant compte de contraintes sévères.

Le domaine de l'eau est aussi un carrefour. Les besoins énormes de l'industrie et de la population ont contribué à fausser le cycle naturel de régénération de l'eau. Les déchets toxiques, les détergents, nombre de produits ont dégradé les sources d'eau potable et ont endommagé la flore et la faune aquatiques. L'homme est donc obligé d'intervenir dans le cycle de régénération de l'eau pour rétablir l'équilibre qu'il a lui-même rompu.

Il en est ainsi des métaux, des polymères, etc. dont l'usage est abusif et dépasse largement nos vraies capacités pour aboutir en des amas de rebuts non bio-dégradables.

Les grandes entreprises, les services publics, les groupes de génie conseil sont chaque jour confrontés avec ces nouveaux problèmes qu'il n'est pas possible d'isoler d'un grand réseau, d'un ensemble. De plus, les grands projets sont désormais soumis à l'opinion publique et il devient difficile d'apporter une solution qui ne corresponde pas aux institutions et aux valeurs. Les solutions techniques doivent s'imbriquer dans un ensemble compréhensible et explicable. Il est tout à fait impossible de le faire après coup : c'est au niveau de la conception qu'il faut agir. Le génie des systèmes peut, donc il nous semble, aider l'ingénieur à relever ce défi.

5. Conclusion

Le développement de la science et de la technologie s'explique assez bien à l'aide des mécanismes et des concepts propres aux processus évolutifs et cybernétiques. Par le passé, l'emphase a été mise sur la diversité structurelle et sur la spécialisation de manière à résoudre efficacement des problèmes spécifiques, variés et complexes. Telles les sociétés d'insectes, nous avons formé des individus en conséquence : chacun ayant un rôle défini et un domaine d'action spécifique. Par tradition et par besoin, les milieux universitaires sont devenus les centres d'entraînement de spécialistes. De plus, les inventaires des connaissances usuelles et scientifiques y ont été méthodiquement mis à jour et les nouveaux moyens y ont été savamment élaborés tant pour les besoins immédiats que pour les spéculations plus lointaines.

Ce processus de formation disciplinaire est vital pour l'avancement de notre société. C'est le fruit de sa longue lutte pour surmonter les difficultés qui surgissent de toutes parts et pour contrer les antagonistes de notre environnement.

Présentement la collectivité est au prise avec de nouveaux problèmes créés par les effets secondaires et par les interactions imprévues des interventions techniques et scientifiques. Les solutions à ces problèmes doivent être abordées et souvent repensées en tenant compte des multiples contraintes et des comportements à long terme [19]. Le rôle du scientifique ne se cantonne plus dans la recherche de solution spécialisée mais dans l'intégration fonctionnelle de l'intervention sur le milieu malgré sa diversité de structures et son haut degré de technicité. La formation de globaliste qui confère une démarche systémique à l'ingénieur procure une vision d'ensemble et un sens de la coordination qui rencontrent ces exigences.

Le processus de réflexion découlant de la synthèse et de l'analyse d'un système s'ajoute à l'observation, au microscope dont parle De Rosnay [13] pour pénétrer d'avantage les problèmes.

La solution développée en fonction d'une finalité, d'un système de valeur soucieux du long terme, correspond aux exigences des temps. Ainsi, les interventions technologiques ne vont-elles pas se limiter seulement à l'examen des symptômes mais elles doivent tenir compte des institutions et des valeurs sociétales [17].

RÉFÉRENCES

1. G. BACHELARD, « *La formation de l'esprit scientifique* », Librairie Philosophique, J. Vrin, 257 pages, Paris 1977.
2. R.F. VIDALE, « *University Programs in Systems Engineering* », IEEE Transaction, Systems Science and Cybernetics, Vol. SSC-6, #3, pp. 217-229, July 1970.
3. H. W. BODE, « *The Systems Approach* », Applied Science & Engineering, pp. 73-94, N.S.A., 1967.
4. E.F. HOWARD, « *Systems Engineering and its Management* », Technical Report, 46 Plant Street, New London, Connecticut 1969.
5. J. CHINAL, « *Les systèmes et la formation de l'ingénieur* », l'Armement, Paris 1973.
6. Le Comte du NOÛY, « *L'homme et sa destinée* », livre de poche chrétien, 447 pages, 1948.
7. L.A. ZADEH, « *From Circuit Theory to System Theory* », Proc of IRE, #50, pp. 856-865, 1962.
8. R. NEUFVILLE, J.H. STAFFORD, « *Systems Analysis for Engineers and Managers* », McGraw Hill, 368 pages, 1971.
9. L. Von BERTALANFFY, « *General System Theory* », Braziller, New York, 1968.
10. W.R. ASHBY, « *General Systems Theory as a New Discipline* », General Systems Yearbook, #3, 1958.
11. A.D. HALL, « *A Three Dimensional Morphology of Systems Engineering* », IEEE Trans. on Systems Science and Cybernetics Vol. #5, #2 pp. 156-160, Ap. 1969.
12. J.D. HILL & J.N. WARFIELD, « *Unified Program Planning* », IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics Vol. SMC-2, #5, pp. 610-621, Nov. 1972.
13. J. DE ROSNAY, « *Le microscope : vers une vision globale* », Editions du Seuil, 295 pages, 1975.
14. J.W. FORRESTER, « *Urban Dynamics* », MIT, Press Cambridge, Mars 1969.
15. J.W. FORRESTER, « *Industrial Dynamics* », MIT, Press Cambridge, Mars 1961.
16. P. EYKHOFF, « *System Identification* », John Wiley & Sons, 555 pages, 1974.
17. A.P. SAGE, « *Methodology for Large Scale Systems* », McGraw Hill Book, 445 pages, 1977.
18. E.F. SCHUMACHER, « *Small is Beautiful : une société à la mesure de l'homme* », Contretemps - Le Seuil - 316 pages, 1973.
19. D. MEADOWS, « *Halte à la Croissance* », Fayard, Paris 1972.

REMERCIEMENTS

L'auteur désire remercier les membres du Comité Pédagogique du Programme de génie des systèmes à l'Ecole Polytechnique : professeurs-ingénieurs de diverses disciplines, pour leur collaboration précieuse et leurs discussions éclairantes.



Ce qui nous échappe nous coûte très cher

Avec 34% de la consommation totale en pétrole, en électricité, en gaz et en charbon, le secteur industriel est le plus grand utilisateur d'énergie au Québec. Il sera donc le plus touché par les augmentations des coûts de l'énergie. Un pourcentage élevé de cette consommation est malheureusement gaspillée ou mal utilisée.

Aucun moyen de réduire votre consommation d'énergie ne doit vous échapper

À cette fin, le Bureau des économies d'énergie propose aux entreprises dont les dépenses en énergie atteignent ou dépassent \$20,000 par année, une analyse sans frais de leur rendement énergétique.

programme
Énergiebus



Deux ingénieurs spécialisés se rendront chez vous à bord d'un véhicule muni d'un ordinateur programmé de façon à établir votre bilan énergétique. Avec vous, ils analyseront votre consommation et vous suggéreront les améliorations à apporter pour réduire votre facture d'énergie. Le programme ÉNERGIEBUS est administré par le BUREAU DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DU QUÉBEC en collaboration avec l'Hydro-Québec et le M.I.C. Les frais sont partagés entre le gouvernement du Québec et le gouvernement du Canada.

Énergiebus peut aller chez vous

si vous en faites la demande au



Gouvernement du Québec
Bureau des économies d'énergie

360, ouest Saint-Jacques, Montréal H2Y 1P5, tél.: 514-873-5463



HEWLETT-PACKARD VOUS FAIT UN CADEAU: OBTENEZ GRATUITEMENT DES LIVRES D'APPLICATIONS A L'ACHAT D'UNE CALCULATRICE PROGRAMMABLE

Les calculatrices programmables vous intéressent? Alors, pensez à Hewlett-Packard. Si vous achetez une calculatrice programmable HP entre le 15 mars et le 31 mai 1979, vous obtiendrez un coupon échangeable contre livres ou cartes pré-enregistrées (logiciel) d'une valeur maximale de \$136.00.

HP-33E & HP-38E: Un choix de 2 livres d'Applications (une valeur de \$15.00)

HP-29C & HP-19C: Un choix de 4 livres d'applications (une valeur de \$46.00)

HP-67 & HP-97: Un choix de 5 livres d'applications et 1 bibliothèque de programmes (une valeur de \$136.00)

VENEZ NOUS VOIR AVANT LE 31 MAI POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS AU SUJET DE CETTE OFFRE LIMITEE.

A noter: Les livres d'applications sont disponibles en anglais seulement. Les cartes pré-enregistrées marquées d'un (*) sont disponibles en anglais et en français.

MANUELS D'APPLICATIONS HP 33E: mathématiques, statistiques, ingénierie pour étudiants, arpentage.

MANUELS D'APPLICATIONS HP 38E: biens immobiliers, crédit, épargne et location.

MANUELS D'APPLICATIONS HP 19C/29C: mathématiques, statistiques, finances, électronique, arpentage, jeux, navigation génie civil, génie mécanique, ingénierie pour étudiants.

BIBLIOTHEQUE DE PROGRAMMES (cartes magnétiques) HP 67/97: électronique*, finances*, laboratoire clinique et médecine nucléaire, génie civil, navigation, arpentage, statistiques*, mathématiques*, génie mécanique, jeux.

MANUELS D'APPLICATION HP 67/97: un vaste choix de 40 manuels dans les domaines suivants: Ingénierie, Sciences, Affaires, Calcul, Médecine et autres.

Prix: HP 33E: \$134.75, HP 38E: \$168.25, HP 29C: \$217.95, HP 19C: \$332.50, HP 67: \$568., HP97: \$947.

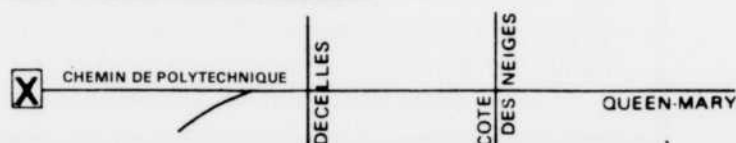
Les prix sont sujets à changement sans préavis.

Des dépliants détaillés sont à votre disposition. Pourquoi payer plus cher ailleurs? Venez nous voir.

* Commandes postales acceptées avec chèque visé; prière d'ajouter la taxe de vente provinciale (8%) et les frais d'expédition de \$4.00 [\$6.00 pour les modèles de plus de \$200.].

COOPERATIVE ETUDIANTE DE POLYTECHNIQUE

Local C-106
Ecole Polytechnique
Campus de l'Université de Montréal
C.P. 6079, Succ. "A"
Montréal H3C 3A7
TEL: (514) 344 4841



UNE BONNE NOUVELLE: ON A DU GAZ À PROFUSION!



Les réserves de gaz naturel découvertes au pays au cours des dernières années peuvent amplement satisfaire à nos besoins en énergie pour les années à venir. En fait, le gaz naturel est en voie de devenir la source d'énergie par excellence pour assurer la croissance économique du Canada.

C'est là une bonne nouvelle.

D'une situation de pénurie à une situation d'abondance

L'abondance de ce combustible propre et efficace est un facteur important qui devrait nous inciter à choisir cette forme d'énergie.

Le gaz naturel est une source d'énergie de chez nous; une énergie propre, économique et abondante.

Les réserves sont là et le prix est bon. Quel meilleur moment pour considérer sérieusement cette source d'énergie, aujourd'hui et dans l'avenir?

L'expansion de l'industrie du gaz naturel est dans notre intérêt à tous

Que vous soyez usager résidentiel ou industriel, songez que le gaz est actuellement la seule forme d'énergie à présenter de solides garanties d'approvisionnement. Aucune autre source d'énergie n'offre de pareilles perspectives.

Et puis, le prix du gaz naturel se compare, en général, au prix des autres formes d'énergie.

Comment pouvons-nous en tirer le meilleur profit?

Pour notre part, chez TransCanada PipeLines, nous nous efforçons d'acheminer le gaz naturel à un plus grand nombre de collectivités afin qu'elles puissent bénéficier de ses avantages. Nous travaillons présentement à la mise au point d'un grand projet de prolongation de notre réseau jusqu'à l'est du Québec. De plus, nous comptons bien approvisionner les Maritimes.

Ces grands projets témoignent de notre conviction que le gaz naturel contribuera à assurer la croissance du pays au delà de l'an 2000. Le gaz est manifestement promis à un brillant avenir.

Quant à vous, que vous soyez gérant d'usine, ingénieur, restaurateur ou propriétaire d'une maison, il vous faut voir les choses en face: l'utilisation du gaz vous sera profitable dès aujourd'hui et se traduira par d'importants avantages économiques à long terme.

Le gaz naturel: des avantages à profusion!

Comptez sur le gaz

Plus vous «inventerez» de façons de mieux utiliser le gaz, plus l'industrie du gaz aura de chances d'exploiter de nouvelles réserves, de développer de nouvelles techniques et de prolonger le réseau de distribution. Votre distributeur de gaz naturel vous donnera tous les détails sur les avantages que vous offre le gaz. Renseignez-vous dès aujourd'hui. C'est toujours reconfortant d'apprendre de bonnes nouvelles.



TransCanada PipeLines



**LE GAZ NATUREL
...L'ÉNERGIE DE L'AVENIR.**

**Profitez en...
dès aujourd'hui.**

Xerox 3107

Le petit copieur qui fait grand et petit à la fois.

Parfois vous désirez obtenir des copies d'un format identique à celui de l'original. Parfois aussi, c'est le contraire. Surtout si l'original est de grande dimension et peu maniable, comme des plans ou dessins techniques.

Régalez alors ce problème grâce au copieur Xerox 3107.

Un document 14 x 18? Il peut vous le réduire à 8½ x 11! Un document 14 x 25? Il peut vous en donner des copies au même format!

Sans compter qu'il peut être régulier avec tout document de format régulier.

Et, bien sûr, toujours la même haute qualité Xerox, peu importe le format, même avec des originaux de couleurs.

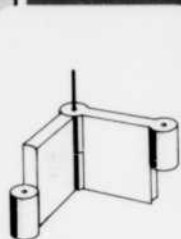
Alors dites-vous bien que si votre problème est une question de dimension, le copieur Xerox 3107 est la solution à votre mesure. Voilà bien le plus petit copieur à offrir autant de choix.

Xerox du Canada Limitée
XEROX



MONTCO

EMBELLISSONS NOS VILLES AVEC UN DÉCOR HARMONIEUX



UNI-VARIANT ET PAVÉ-UNI

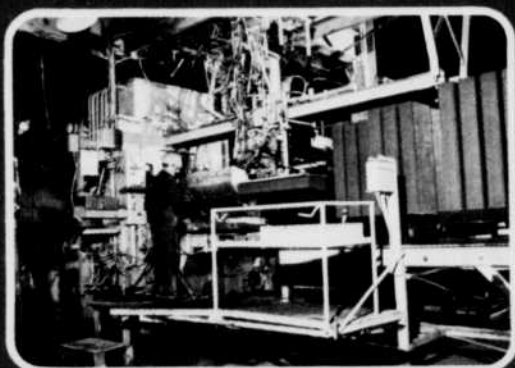
par leur simplicité et leur grande versatilité, permettent une multitude d'arrangements.

SÉCURITÉ À LOUER BARRIÈRE DE SÉCURITÉ

- réduit les accidents,
- permet de maintenir la vitesse,
- assure la sécurité de l'ouvrier,
- augmente la productivité,
- minimise les coûts de protection.



BORDURE PRÉFABRIQUÉE



QUALITÉ SUPÉRIEURE
par la fabrication unique en usine



EFFICACITÉ
par la rapidité et simplicité de la pose

SIMULATION DE TEMPÊTE DE NEIGE EN LABORATOIRE

par Marcel Frenette, D.Sc., ing. *

Sommaire

Après un bref résumé du comportement dynamique de la neige au sol et des caractéristiques principales des conditions de neige et de vent au cours d'une tempête, l'auteur décrit sommairement la méthode utilisée pour simuler les tempêtes de neige en laboratoire. L'exemple utilisé est celui du Centre fiscal canadien du Ministère du Revenu devant être construit à Jonquière, province de Québec.

Par cette étude, l'auteur démontre que les effets d'une tempête de neige peuvent être minimisés et contrôlés par des mesures et des travaux correctifs appropriés.

I — Introduction

Avant l'époque du transport rapide, c'est-à-dire celle du chemin de fer, de l'automobile et de l'avion, la neige était un élément qu'on acceptait comme faisant partie de la vie de tous les jours d'hiver. Anciennement, même les prévisions météorologiques ne pouvaient garantir l'activité du lendemain et on devait s'accommoder des risques qu'apportaient les chutes de neige, les rafales et même les tempêtes hivernales de longue durée.

De nos jours, il faut tenir compte des éléments météorologiques, et plus particulièrement de la neige et du vent, si l'on veut favoriser le progrès, l'économie et le dynamisme du pays. Pour cette raison, l'étude des chutes de neige, et des vents qui les accompagnent ou qui les suivent, est nécessaire pour contrôler l'accumulation éventuelle de la neige et la formation de congères là où les problèmes sont prévisibles.

*
L'auteur :

M. Marcel Frenette, D.Sc., ing., est professeur titulaire au Département de génie civil de l'Université Laval. Il est spécialisé dans le domaine de l'hydraulique et du transport solide en milieu nordique.

Les lois régissant la dynamique des vents s'apparentent à celles de la dynamique des cours d'eau, toutes deux dérivant des mêmes concepts fondamentaux de la mécanique des fluides.

Il existe conséquemment des similitudes entre le transport solide éolien et le transport solide dans les cours d'eau, si bien que le mouvement de la neige associé au vent peut très bien être représenté par le mouvement des solides dans les eaux courantes.

Tout comme un obstacle dans un cours d'eau peut engendrer la formation de dépôts sous forme d'îlots, de langues, de dunes, etc., un édifice peut entraîner des amoncellements importants de neige sous des formes analogues. Dans les deux cas, il faut normalement prévoir des modes de contrôle afin de pallier aux problèmes encourus.

Aujourd'hui, avec l'aide des techniques modernes, on peut prévoir non seulement la hauteur des précipitations de neige, mais les effets du vent sur ces précipitations lors des tempêtes et, par conséquent, les accumulations probables de neige sur des aires spécifiquement délimitées et à relief déterminé. Il est même possible, connaissant la direction et la vitesse des vents, de diriger et de limiter les accumulations de neige sur les routes, les aéroports, les aires de stationnement, les grands immeubles et leur voisinage ou à l'inverse de favoriser les accumulations de neige, comme sur les pistes de ski.

La complexité des éléments et des phénomènes qui interviennent dans des études du genre oblige cependant à procéder par simulation au moyen de modèles physiques à échelle réduite. Cela appelle, au départ, la connaissance des conditions climatiques régionales ou locales afin d'établir le comportement dynamique de la neige durant les tempêtes : lesquelles doivent être simulées, par la suite, dans le modèle.

II — Dynamique de la neige

La neige qui tombe et qui constitue le manteau nival se tasse en même temps qu'elle subit des métamorpho-

ses variées. Lorsqu'elle est sèche et non cohérente, la neige est transportée par le vent et forme des ondulations (rides, vagues, dunes...) en terrain plat et rugueux ou des congères en milieu accidenté tel derrière les obstacles ou dans les dépressions. Elle peut aussi se déposer lentement, en chute libre, comme en forêt ou au contraire être complètement balayé si la surface est lisse (exemple : sur la glace d'un lac).

Contrairement au concept général, les amoncellements de neige ne sont pas nécessairement le résultat d'épaisses chutes de neige, mais plutôt celui de l'action du vent, spécialement si ce vent a une vitesse qui n'est pas très variable et une direction prépondérante.

Les flocons de neige ont des vitesses de chute allant de 20 à 50 cm/s, dépendant de leur forme, de leur taille et de leur densité. Ainsi, le transport en suspension est très important avant que la neige touche le sol puisqu'il est le seul, ou presque, à jouer à plus de 25 cm du sol.

D'après les chercheurs russes Khrigian (1964) et Kotlyakow (1961), le début de l'entraînement de la neige au sol commence à des vitesses de vent de l'ordre de 4 à 5 m/s* (18 km/h). Pour Diamond et Gerdell (1965) le vent doit atteindre 7.7 m/s. Cet écart est normal, si l'on considère que le début d'entraînement est fonction des particularités propres à chaque flocon et aux conditions du milieu ambiant.

De fait, la neige fraîchement tombée peut provenir de flocons en forme d'étoiles, de plaquettes, d'aiguilles ou de prismes, plus ou moins humide, qui s'agglomèrent les uns aux autres pour constituer de plus gros flocons. Il en découle différents types de neige comme la neige poudreuse (à consistance de poudre), la neige humide (dense et collante), la neige granuleuse (en cristaux), etc.

Il y a aussi relation entre la densité de la neige fraîche et la température de l'air pendant la chute. La densité varie en général de 0.05 à 0.15 gr/cm³ pour des températures allant de -20°C à 3°C, la moyenne étant de 0.10 gr/cm³ (valeur utilisée comme équivalent en eau (1/10) dans les bilans hydrologiques d'hiver).

* m/s = mètre par seconde.

On peut dès lors imaginer une influence directe des conditions atmosphériques régionales (température, degré d'humidité...) sur les mouvements de la neige.

Néanmoins, tous les auteurs récents sont d'accord pour admettre qu'en moyenne l'entraînement de la neige au sol s'effectue à des vitesses de vent de l'ordre de 5 à 6 m/s.

Il existe trois processus de mouvement de neige au sol (figure 1) :

- Charriage (ou reptation) :

si les vents sont assez faibles — soit aux conditions de début d'entraînement. Le mouvement s'effectue alors par roulement plutôt que par glissement des flocons sur la surface du sol.

- Saltation :

si les vents sont moyennement forts, soit entre 6 et 9 m/s, le mouvement des flocons s'effectue par bond, appelé phénomène de saltation. Ce mode de transport représente en temps normal (tempête moyenne) près de 99 pour cent de la charge à moins de 1 cm du sol.

- Suspension dans l'air :

si les vents sont assez violents, soit entre 10 et 18 m/s, une partie des flocons de neige entre alors en suspension par diffusion turbulente. On estime cependant à près de 50 pour cent la charge contenue dans les trois premiers centimètres au-dessus du sol et presque autant dans les autres 20 cm. Au-dessus de 20 ou 25 cm du sol, on remarque une concentration équivalente à celle des précipitations retrouvée dans l'atmosphère. Encore là, la plus grande partie du transport se fait près du sol.

si les vents deviennent très forts, soit supérieurs à 18 ou 20 m/s, la neige en mouvement prend alors la forme d'un brouillard épais et les panaches de neige peuvent atteindre plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de mètres au-dessus du sol.

Du point de vue pratique, c'est cependant le transport par charriage, saltation ou en suspension dans l'air près du sol qu'il importe de contrôler puisque des

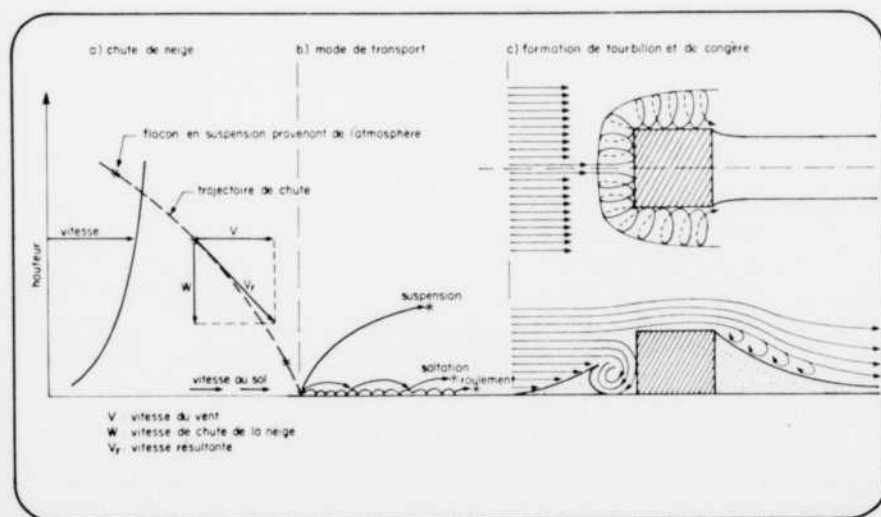


Figure 1 — Illustration de la dynamique de la neige.

expériences récentes ont démontré que, d'une tempête à l'autre, environ 90 pour cent de la neige est transportée dans les 10 premiers centimètres au-dessus du sol, six pour cent entre 10 et 20 cm de hauteur, un pour cent seulement dans les tranches suivantes : 20-30 cm, 30-50 cm, 50-100 cm et 100-200 cm (*Lliboutry, 1964*).

Les durées de tempêtes sont en général très courtes. Il est rare qu'elles dépassent 24 heures, à moins d'être causées par deux ou trois fronts successifs ; mais dans 50 pour cent des cas, elles ne dépassent pas six heures.

Les particules de neige frappant un objet rebondissent en mouvement circulaire dans un tourbillon de vent et continuent leur course soit par le dessus, soit par les côtés de l'objet. Ce fait est particulièrement vrai si la façade de l'obstacle est plate, telle celle d'un mur ou d'une clôture fermée.

Autour des obstacles, notamment dans les zones de plus faible turbulence et où les vitesses sont réduites, la neige charriée par le vent s'accumule en congère. Ces zones sont situées normalement sur le côté opposé au vent. Souvent la congère n'est pas contiguë à l'obstacle, mais en est séparée par un fossé créé par un tourbillon à axe horizontal qui se forme derrière l'obstacle.

Lorsque les façades d'un obstacle, comme les murs d'un bâtiment, ne sont pas parallèles ou perpendiculaires à la direction du vent, un tourbillon d'axe vertical se crée aux angles, qui maintient une partie des côtés sous le vent libre de neige. On peut tirer profit d'une telle situation en plaçant les portes d'un bâtiment à des endroits à la fois relativement abrités du vent et dégagés de neige.

En somme, l'étude de la neige en mouvement est une science complexe qui peut être brièvement décrite comme le résultat de la dissipation de l'énergie. Si l'énergie éolienne est concentrée, les surfaces de la neige sont balayées, tandis que si elle se dissipe, il se produit de grandes accumulations de neige. En conséquence, sachant comment la neige s'amoncelle et pourquoi le vent tourbillonne, il est possible, par des méthodes appropriées, de contrecarrer les éléments néfastes sur un site déterminé.

III — Données de base nécessaires aux études

3.1 Paramètres physiques

A peu près toutes les singularités physiques d'un milieu donné peuvent influencer le mouvement de la neige au sol. Citons en exemple : le relief, la végétation, les édifices, les plans d'eau, etc.

Dans une étude de neige, il y a lieu de connaître toutes les modifications ultérieures prévisibles car un changement, même mineur, du milieu physique, peut avoir des conséquences très néfastes sur le taux et les zones d'amoncellement de neige. Exemple : une haie devant un édifice peut faire toute la différence entre un fort ou un faible taux d'accumulation devant une porte d'entrée.

3.2 Climat

Evidemment, on s'intéresse ici aux conditions hivernales, avec un climat et souvent un micro-climat spé-

cifique à chaque endroit. Par exemple, la durée de l'hiver dans le Labrador est plus longue qu'à Montréal alors que les précipitations sont moindres. Au Saguenay, par ailleurs, les vents dominant pendant les tempêtes diffèrent de ceux observés dans la vallée du Saint-Laurent.

En général, au Québec, dans les régions habitées, les premières gelées se produisent tôt à l'automne, soit dans la première quinzaine de septembre et tard au printemps, soit dans la dernière quinzaine de mai. La susceptibilité de chute de neige se situe donc dans ces climats, quoique en général, on admet comme « mois neigeux » : novembre, décembre, janvier, février et mars. Bien sûr, plus on monte vers le nord ou en altitude, plus le calendrier hivernal s'allonge et plus on va vers le sud, plus il se contracte.

Il est rare cependant que les données de météo soient prélevées au lieu même du site étudié : il faut alors s'en remettre à la station repère la plus proche en s'assurant que les deux endroits subissent les mêmes caprices du temps.

A noter que, même si les conditions générales de neige et de vent d'un milieu sont bien connues ou font l'objet d'une surveillance étroite, l'effet combiné des deux phénomènes, constituant, du reste, la tourmente ou la tempête de neige, demeure difficile à prévoir. Cela s'explique par le fait que les effets d'une tempête résultent non seulement des constituantes météorologiques (neige et vent) mais aussi des caractéristiques du milieu physique lui-même. C'est pourquoi les résultats d'une tempête diffèrent d'un endroit à un autre au cours d'un même épisode neigeux à cause de la variabilité des milieux physiques.

Bref, s'il est relativement facile de procéder à des analyses quantitatives de la neige tombée au sol ou de la dominance des vents, cela devient très complexe dès que les deux phénomènes sont combinés et joints au milieu physique. C'est pourquoi il s'avère très efficace de procéder avec un modèle réduit.

IV — Analyses statistiques de la neige et du vent

Dans les stations repères, on applique les normes édictées par le Service de l'Environnement atmosphérique du Canada. Les données recueillies fournissent la moyenne de chute de neige tombée au sol sans égard aux conditions ou effets du vent.

A titre d'exemple, nous procéderons avec des données recueillies à l'aéroport de Bagotville. Les coordonnées géographiques de la station repère, qui est plus que trentenaire sont : une latitude nord de 48 degrés 20 minutes, une longitude ouest de 71 degrés 00 minutes et une altitude de 163 mètres. Les relevés ont débuté en 1942 et se poursuivent toujours (période d'analyse 1942-1975).

4.1 Précipitation totale de neige

Les valeurs annuelles de précipitation de neige, indépendamment du vent, sont montrées dans leur ordre chronologique en *figure 2a*.

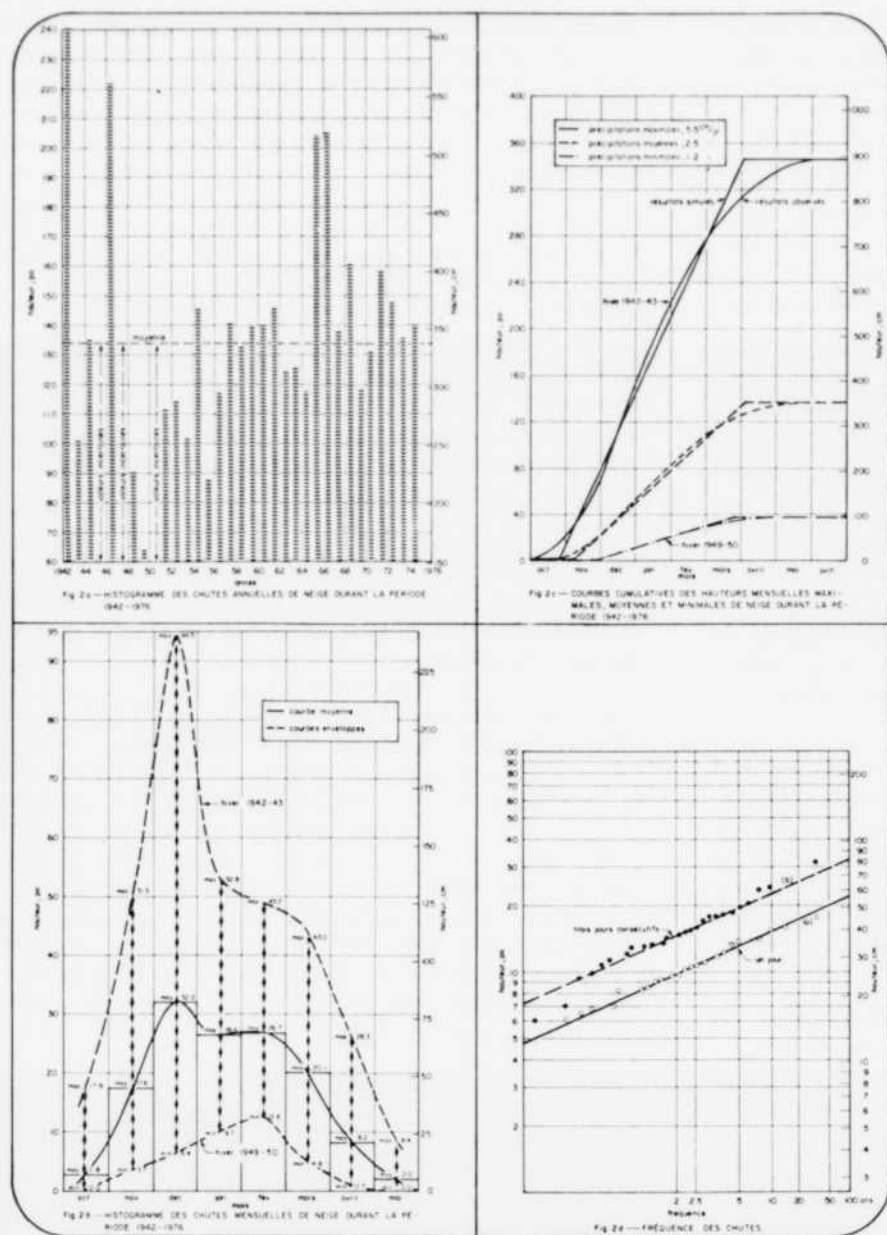


Figure 2 — Précipitation de neige à Bagotville.

Pour la période d'enregistrement (34 ans), une hauteur moyenne de neige de 340 cm a été observée avec un maximum de 610 cm (hiver 1942-43) et un minimum de 162 cm (hiver 1949-50). Durant la saison hivernale, c'est normalement en décembre que Bagotville enregistre sa hauteur maximale de neige (figures 2b, 2c). Enfin, la saison des neiges s'étale sur huit mois puisqu'on observe, en moyenne, 7 cm en octobre et 5 cm en mai. En cumulant les valeurs mensuelles des hauteurs de chute de neige, on obtient les trois courbes de la figure 2c. On constate que les précipitations de neige en décembre, janvier et février sont les plus importantes et correspondent, en moyenne, à 2.5 cm/j avec un maximum de 5.5 cm/j et un minimum de 1.2 cm/j. Ces données se réfèrent au nombre total de jours et non exclusivement au nombre de jours de neige.

En première approximation, les taux de précipitations peuvent être étalés sur l'ensemble de la période purement hivernale, c'est-à-dire du 1^{er} novembre au 31

mars (5 mois) en adoptant une forme linéaire d'intensité, soit la forme la plus simple. La figure 2c montre une assez bonne concordance de cette approximation.

4.1.2 Chutes importantes

Précipitations journalières : La hauteur d'une chute est fixée arbitrairement à 20 cm ou plus en un jour. Au cours de la période observée (1942-76) 58 chutes importantes de neige furent observées, dont 11 au cours du seul hiver 1942-43. L'analyse statistique de ces données a permis d'établir des temps de récurrence relatifs à différentes intensités de chutes, selon la loi Pearson III, comme le montre la courbe (a) de la figure 2d qui indique la probabilité d'une chute de hauteur déterminée en un jour. En résumé, les grosses accumulations d'un jour représentent en moyenne (2.33 ans) 25 cm de neige au sol avec un écart type de 8.1 cm, tandis que l'accumulation centenaire donne 50 cm environ. La pire tempête observée (1942) faisant 45 cm avait, selon la courbe, un temps de récurrence de l'ordre de 20 ans.

Précipitations prolongées : Il est possible de considérer aussi l'importance d'une chute de neige d'au moins 20 cm de hauteur qui est tombée ou s'est prolongée durant une période allant jusqu'à trois jours consécutifs. A Bagotville, on a enregistré, depuis 1942, 114 chutes de neige de plus de 20 cm qui sont tombées durant des périodes de un à trois jours. La hauteur moyenne des chutes est de 40 cm et leur écart type est de 14 cm. Similairement aux études précédentes, la courbe (b) de la figure 2d indique la probabilité d'une chute de hauteur déterminée durant une période de un à trois jours consécutifs. L'accumulation centenaire prolongée, voisine de 80 cm a été atteinte au moins une fois, soit au cours de l'hiver 1942-43.

4.2 Dominance des vents

Afin de connaître l'accumulation de neige durant les tourmentes, il est nécessaire de connaître non seulement la hauteur des chutes, mais également la vitesse et la direction des vents. C'est que par suite des obstacles, du relief, des édifices ou des arbres, le vent balaie la neige sur certaines surfaces et l'accumule en bancs sur d'autres.

4.2.1. Direction

La figure 3a montre la rose générale des vents (avec ou sans neige) de Bagotville construite avec les données

horaires de la période 1953-1972. En figure 3b, la rose des vents a été construite avec les données d'hiver seul, soit du premier octobre au premier avril entre 1956-1975. On remarque que les vents dominants soufflent, dans chaque cas, par ordre d'importance : ONO, O, E et ESE.

La figure 3c offre une rose des « vents neigeux », c'est-à-dire basée sur la fréquence des vents moyens journaliers pour les jours de neige durant lesquels il tombe plus de 12 cm de neige. Cette fois les vents dominants soufflent, par ordre d'importance : ESE, E, O et ONO, c'est-à-dire dans un sens contraire à celui montré dans les figures précédentes. La dominance des vents durant les tourmentes se traduit donc par : direction E et ESE (45%) et direction O (31%).

Enfin, en figure 3d, la rose traduit les conditions de vent les lendemains de tempête, communément appelé « revers de tempête ». On constate que le vent souffle alors d'ouest en est presque tout le temps.

4.2.2 Vitesse

Les diverses roses des vents présentées sont construites d'après la fréquence de leurs directions. Or, il est nécessaire de connaître aussi la vitesse des vents si l'on veut réellement analyser leur portée sur l'accumulation de la neige.

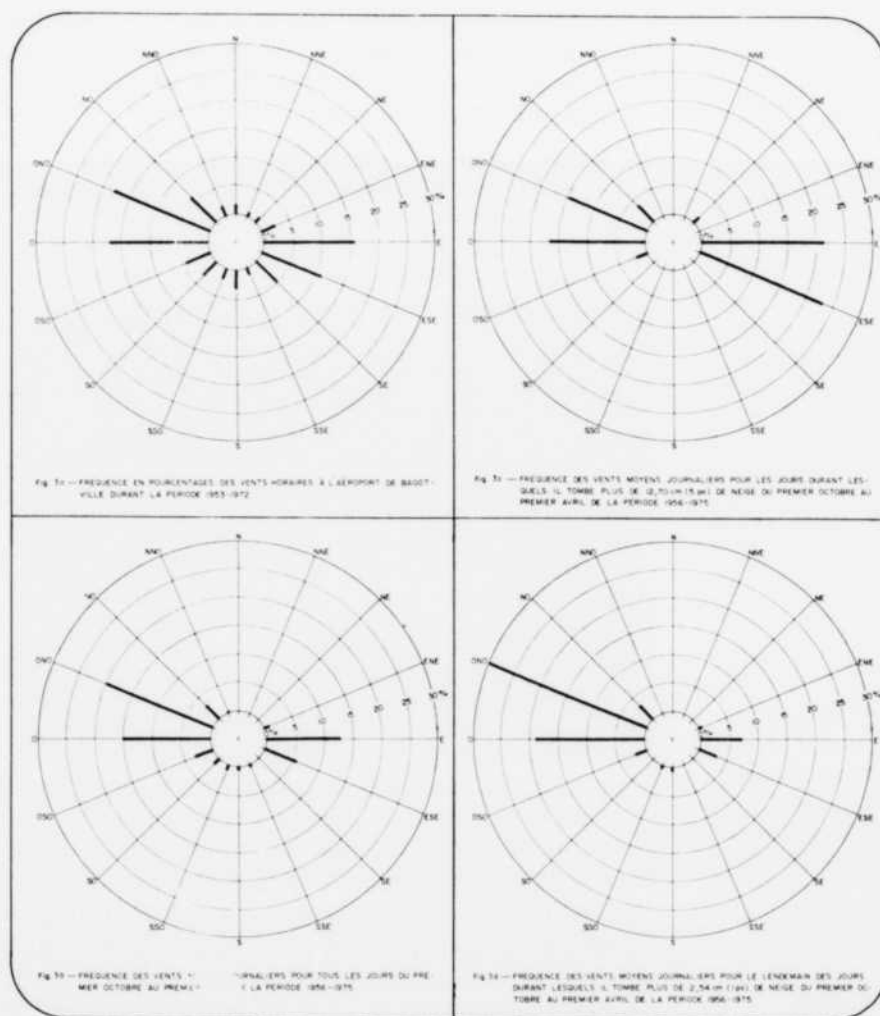


Figure 3 — Dominance des vents à Bagotville.

Le tableau 1 donne, pour chacune des directions dominantes enregistrées, les valeurs maximale, moyenne et minimale des plus fortes rafales mensuelles. Ces rafales varient de 32 kilomètres à l'heure (20 m/h) — les plus fréquentes — pour les vents d'est-sud-est à 120 kilomètres à l'heure (75 m/h) pour les vents d'ouest.

Tableau 1
Vitesses du vent

Direction dominante	E		ESE		O		ONO	
Vitesse	m/h	km/h	m/h	km/h	m/h	km/h	m/h	km/h
maximale	70	112	66	106	75	120	62	99
moyenne	35	56	38	61	39	62	42	67
minimale	21	35	20	32	22	35	25	40

Il faut ajouter qu'une rafale peut durer de quelques secondes à plusieurs minutes et qu'elle n'est pas nécessairement accompagnée en hiver d'une chute de neige. Cependant, la rafale souffle la neige déjà tombée au sol, particulièrement si cette dernière est duveteuse, poudreuse et instable, et peut la charrier et la transporter à de très grandes distances si aucun obstacle ou aucun tourbillon ne l'arrête ou ne la fait s'amonceler en bancs ou en congères.

V — Étude sur modèle réduit

5.1 Généralités

Les trois types de mouvement de neige décrits précédemment, soit le transport par charriage, par saltation et en suspension, se retrouvent d'une façon analogue dans les processus de transport de sable dans le désert en période de vent ou dans les processus de transport solide dans les cours d'eau.

Il devient donc possible d'appliquer à la neige les connaissances acquises sur les vents de sable et sur l'hydrodynamique des cours d'eau et d'établir ainsi une similitude entre les divers mouvements similairement aux dunes dans le désert ou aux dépôts de sable dans le lit des rivières.

On peut ainsi très bien simuler le comportement de la neige autour d'un obstacle, en utilisant l'air et le sable (modèle aérodynamique) ou l'eau et le sable (modèle hydrodynamique) en respectant certains critères de similitude, notamment la dominance du type de mouvement.

5.2 Echelle de similitudes

La théorie de similitude exige que, d'après le cas étudié, certains nombres sans dimension (Exemple : nombre de Froude, nombre de Reynolds, nombre d'Euler, etc.) soient les mêmes en nature et sur le modèle. Dans la simulation de tempête de neige, il y a cinq conditions à respecter :

- similitude géométrique (prototype-vs-modèle)
- similitude densimétrique :

$$\frac{\rho_{\text{neige}}}{\rho_{\text{sable}}} ; \frac{\gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{eau}}} \text{ (simulation hydrodynamique)}$$

c) similitude cinématique : $\frac{w}{u}$

d) similitude mécanique : $\frac{u^2}{gd}$
 (nombre de Froude des particules)

- e) similitude de mouvement : charriage, saltation et suspension dans l'air, c'est-à-dire similitude du cisaillement ou de tension tangentielle.

ρ = masse spécifique des solides

γ = densité du fluide

w = vitesse de chute des particules

u = vitesse du vent

d = diamètre des particules

g = accélération terrestre

VI — Exemple type : Centre des données fiscales de Jonquière

L'exemple retenu se réfère à un projet d'étude effectué au département de Génie Civil de l'Université Laval, en vue de pallier aux problèmes éventuels d'accumulation de neige au Centre fiscal canadien du Ministère du Revenu devant être construit à Jonquière, province de Québec. Les conditions climatiques assimilées se retrouvent en chapitre III.

6.1 Objectifs spécifiques

- définir les zones potentielles d'accumulation de neige sur le site afin de localiser l'édifice, l'aire de stationnement et les voies d'accès ;
- établir les zones potentielles d'amoncellement de neige sur le toit et autour de l'édifice afin de faciliter les travaux de conception : emplacement des sorties de secours, emplacement de puits de lumière et du système de ventilation, calcul de charpente, etc. ;
- établir les mesures correctives à apporter à l'édifice afin de réduire les taux d'accumulation dans les entrées de service, sorties de secours, et sur le toit ;
- fournir des normes sur l'aménagement paysager afin de tirer profit des aménagements ou terrassements.

6.2 Le modèle

Le montage expérimental du modèle en question consiste en la construction de maquettes à échelle réduite montées sur une plaque tournante de deux mètres de diamètre, le tout intégré à un canal hydraulique de 2 m X 1.25 m X 30 m de largeur, de hauteur, et de longueur. Le modèle comprend tous les détails particuliers entourant le point d'étude (topographie, boisés, ravins, collines, etc.). Par contre, l'eau remplace l'air et le sable fin de silice tient lieu de la neige.

La plaque tournante, quant à elle, permet d'observer localement le comportement de la neige au cours des tempêtes pour toute direction de vent, y compris celui du revers des tempêtes.

En tout, trois maquettes furent réalisées, dont deux à l'échelle 1:400 et la dernière, à l'échelle 1:250. La première maquette représentait le terrain naturel avant aménagement (*photo 1*). Elle a permis de calibrer le modèle, de déceler les zones naturelles d'accumulation et de connaître l'influence de l'imposition de l'édifice sur son nouvel environnement.



Photo 1 — Maquette — terrain naturel (échelle 1/400).

L'aménagement complet du site avec son nouvel environnement (*photo 2*) a été reproduit sur la deuxième maquette, ce qui a permis de constater comment la neige s'accumulait sur l'édifice et aux environs (chemin d'accès, stationnement) et d'identifier les causes d'accumulation de neige par études de trajectoires de courant. Les mesures correctives pour amoindrir les effets de la neige sur le site proprement dit furent développées à partir de cette maquette.



Photo 2 — Maquette — terrain aménagé (échelle 1/400).

La troisième maquette, à plus grande échelle, a servi uniquement à observer le comportement de la neige sur l'édifice et sur son pourtour afin de rechercher les solutions aptes à satisfaire les objectifs visés par l'étude.

6.3 Essais et résultats

6.3.1 Enneigement du site en général avant les mesures correctives

Le site a été divisé en six zones (*figures 4a et 4b*) afin de visualiser le comportement de la neige suivant que le vent est de l'est ou de l'ouest. Les résultats sont résumés dans les *tableaux II et III*. Le premier tableau se réfère à l'étude du terrain naturel et le deuxième au site totalement aménagé.

A remarquer, que la section réservée au stationnement (#3) subit très peu l'influence des tempêtes de neige, tandis que l'édifice joue une influence majeure sur son propre environnement, si l'on compare les accumulations avant et après aménagement dans la zone 4b.

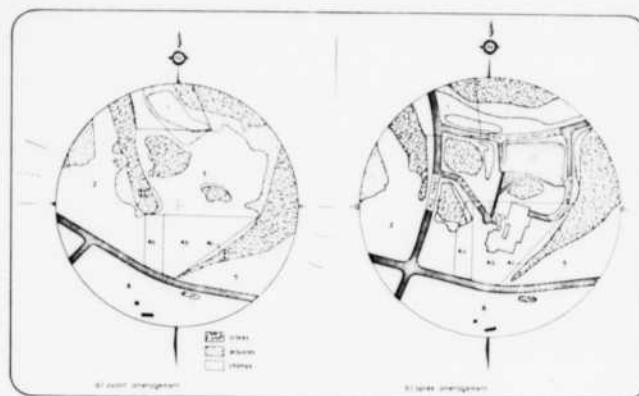


Figure 4 — Illustration des lieux et zonage du site.

Tableau II
Zones d'accumulation
sur le terrain naturel (sans l'édifice)

Accumulation de neige	Direction du vent	
	EST	OUEST
très forte	Ravins I, II	Ravins I, II
forte	4a, 5	2, 4c
moyenne	3	3
faible	4b, 6	3, 4b
très faible	1, 2, 4c	1, 4a, 5, 6

Tableau III
Zones d'accumulation
sur le terrain une fois l'édifice érigé,
mais sans mesure de contrôle

Accumulation de neige	Direction du vent	
	EST	OUEST
très forte	4b, (surtout devant l'édifice)	4b, (surtout derrière l'édifice)
forte	5	2
moyenne	3	3, 4c
faible	4a, 4c	
très faible	1, 2, 6	1, 5, 4a, 6

6.3.2 Enneigement de l'édifice proprement dit

Macroturbulence autour de l'édifice

Outre son propre environnement, les deux facteurs qui font qu'un édifice s'enneige sont sa forme et l'orientation de sa structure par rapport au vent qui affecte les trajectoires de courant.

De fait, l'implantation d'un édifice donne naissance à de nouvelles trajectoires de vents, et l'orientation de ces trajectoires va enneiger ou balayer les endroits critiques de l'édifice. Comme le montre la figure 5a, les courants sont plus ou moins importants suivant que la direction est E ou ESE d'une part, O ou ONO d'autre part. L'effet d'aspiration produit par l'édifice se manifeste donc par ces courants tourbillonnaires.

Enneigement avant les correctifs

Afin de faciliter les explications, l'entrée principale et l'entrée de service ont été identifiées par les lettres A et B sur la figure 5a, tandis que les sorties de secours sont définies par les numéros 1, 2, 3 et 4.

Enneigement associé aux vents d'est

Sans correctif, la figure 5b et la photo 3 indiquent que les sorties de secours, l'entrée avant et le toit près du cabanon s'enneigent de manière importante. La neige venant du toit est la cause de l'enneigement excessif de la sortie de secours no 2. A la sortie no 1, il se produit des turbulences provoquant un enneigement important. Devant l'entrée principale, la neige venant du toit et du côté nord de l'édifice est ramenée par le courant

de retour provoquant ainsi un dépôt important de neige (les épaisseurs relatives sont données à la figure 4b).

Enneigement associé aux vents d'ouest

La photo 4 et la figure 5c montrent une très forte accumulation dans l'entrée de service et la sortie 3. Aussi, le cabanon provoque une accumulation totale plus importante sur le toit que lorsque le vent vient de l'est. La cause de l'enneigement dans l'entrée de service est associée en grande partie à la neige venant du toit et à l'existence du courant de retour aspirant la neige vers cet endroit. A la sortie 3, il existe des turbulences provoquant l'enneigement de la même façon qu'à la sortie 1, tandis qu'à la sortie 4 il revient moins de neige quoique les accumulations ne soient pas négligeables.

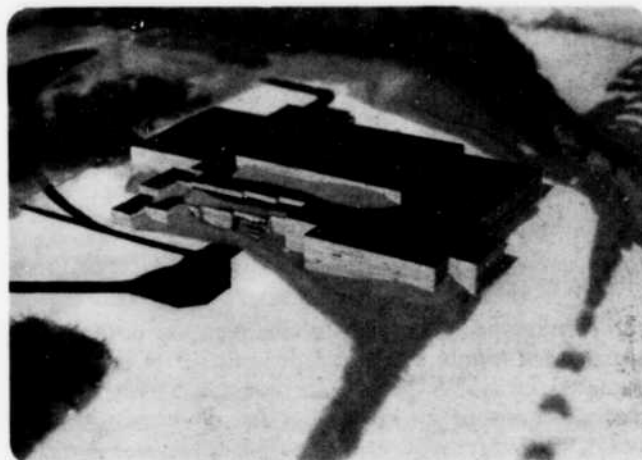


Photo 3 — Disposition de la neige autour de l'édifice sans mesure de protection pour une tempête de l'est.

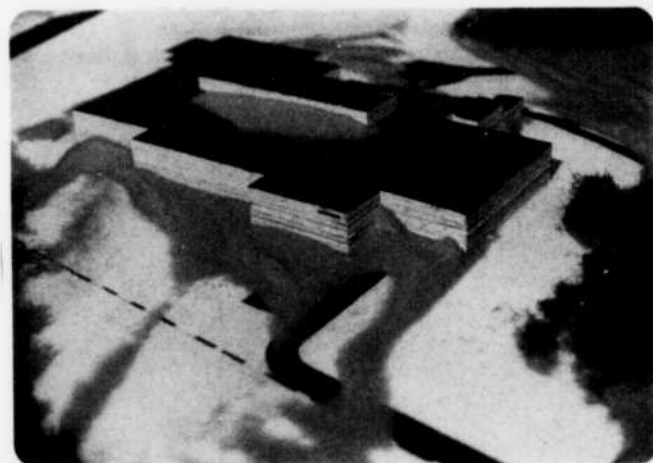


Photo 4 — Disposition de la neige autour de l'édifice sans mesure de protection pour une tempête de l'ouest.

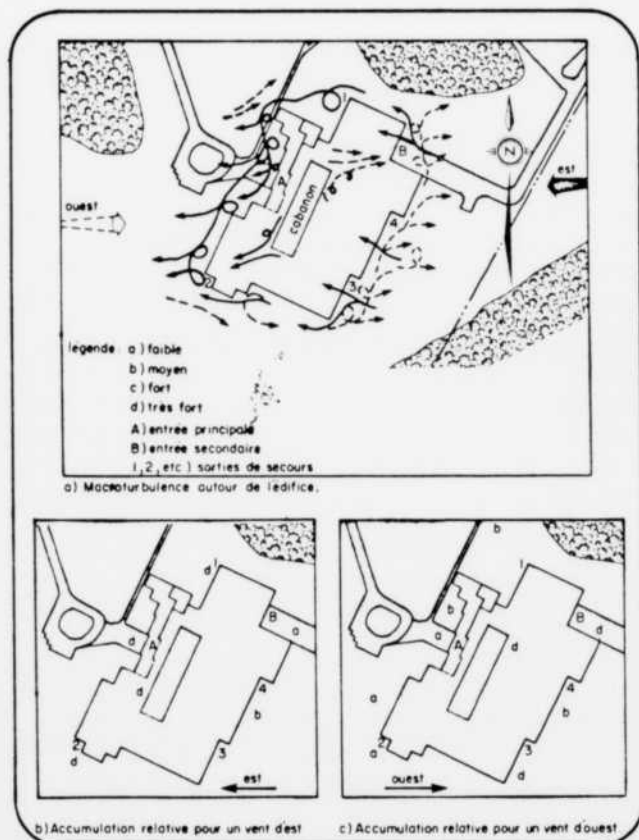


Figure 5 — Schématisation des résultats: macroturbulence et amoncellement de neige avant les mesures correctives.

6.4 Résumé des corrections apportées

Pour corriger ces amoncellements de neige, il s'agit de dévier les vents ou de les atténuer en leur faisant perdre de l'énergie ou même encore de créer de la turbulence à l'aide d'obstacles sur leur passage.



Photo 5 – Disposition de la neige en avant de l'édifice avec les mesures de protection préconisées, tempête d'est.

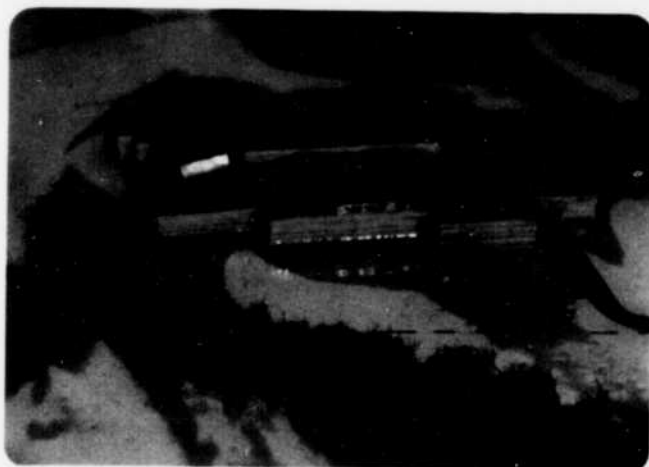


Photo 6 – Disposition de la neige derrière l'édifice avec les mesures de protection préconisées, tempête d'ouest.

Plusieurs techniques peuvent être envisagées pour pallier aux problèmes d'enneigement. Citons en exemple : les clôtures, les marquises, les parapets, les déflecteurs, les arbres, les haies, etc. Il s'agit ici de déterminer avec le modèle le rendement de chaque système afin de sélectionner les combinaisons les plus efficaces. Ce travail exige un très grand nombre d'essais qu'il serait trop long de décrire ici.

Aussi, nous présenterons les résultats qui ont conduit aux recommandations schématisées à la figure 6 :

- installer des marquises au-dessus des sorties de secours et de l'entrée de service ;
- installer une marquise rabattue au sol ou une protection en toile au-dessus de l'entrée principale ;
- déplacer le cabanon sur le toit afin de réduire les accumulations de neige dans l'entrée de service et la sortie de secours no 2 ;
- modifier légèrement la façade de la bâtisse en faisant disparaître un module de terrasse, afin de réduire les amoncellements devant l'entrée principale ;

- installer des parapets à certains endroits sur le toit, de façon à augmenter la turbulence et éloigner la neige de l'édifice ;
- installer deux déflecteurs à neige sur le toit afin de contrer les courants acheminant la neige vers l'entrée de service et la sortie de secours no 2 ;
- planter des conifères ayant au moins 20 pieds de hauteur dans les coins A et B de l'édifice (pour gêner les courants d'aspiration (figure 5a) ;
- installer des haies permanentes ou simplement des clôtures à neige (en hiver) en a, b et c ;
- planter des arbustes de 5 et 6 pieds de hauteur en C, soit devant l'édifice pour diminuer les courants de retour ;
- près des aires de stationnement, ne planter que de grands feuillus très distancés en cas d'aménagement paysager ;
- conserver le territoire D libre de toute plantation afin d'éviter l'enneigement de la sortie de secours no 2.

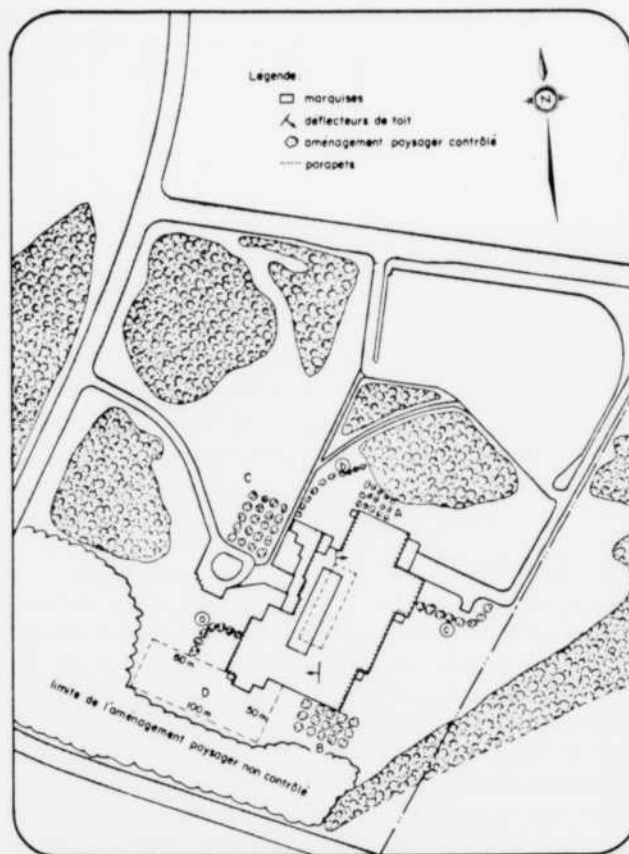


Figure 6 – Résumé des corrections à apporter à l'édifice et au site.

En plus, les limites de l'aménagement paysager, la forme finale de stationnement et les voies d'accès ont été fixées pour éviter toute influence de l'aménagement sur la structure et vice-versa.

Afin d'avoir une vue d'ensemble du phénomène, les résultats avant et après correctifs sont portés en graphique (figure 7). Les flèches indiquent s'il y a eu diminution ou augmentation de la neige aux endroits critiques. Ainsi, il y a amélioration à l'entrée avant et de service, aux sorties de secours 1, 2 et 3, de même que sur la terrasse. Par contre, il y a augmentation de la neige sur le toit, près du cabanon, pour un vent d'est, de même qu'au sud de la sortie 4. Les résultats sont demeurés stables cependant près de la sortie 4 (faible accumulation au départ) et sur le toit à proximité du cabanon pour un vent d'ouest.

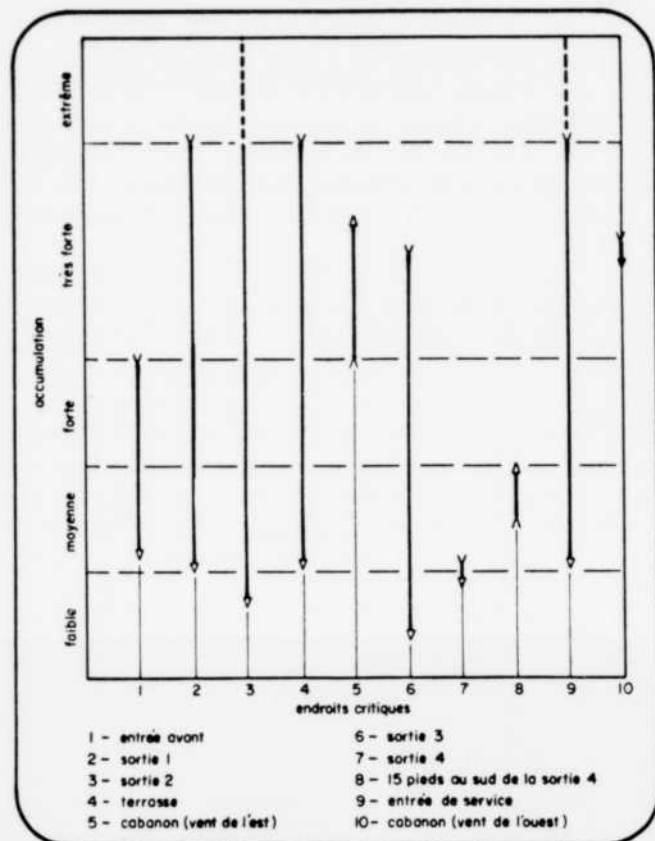


Figure 7 - Hauteur de neige avant et après corrections.

VII - Conclusion

Les problèmes associés à la neige et surtout au vent sont nombreux et très diversifiés. La science actuelle permet néanmoins de prédire non seulement les apports de neige ou le vent qui les accompagne mais, aussi, les moyens à prendre pour les contrôler. Les modèles de similitude permettent en effet de procéder aux recherches de solutions aptes à atténuer les problèmes causés par le vent et la neige, là où les accumulations sont trop fortes, ou au contraire à les accentuer, là où les besoins sont présents (exemple : piste de ski).

Cette technique de simulation de tempête de neige représente donc un outil fort intéressant pour les concepteurs de projet ayant à composer avec nos hivers froids, neigeux et venteux. Les bénéfices à en tirer sont grands. Qu'il suffise de penser aux frais d'entretien ou de déneigement pour s'en convaincre. 

RÉFÉRENCES

- BOSSOLESKO et DAGNINO, Tiré de Lliboutry (6).
- DIAMOND and GERDEL, 1965. « *Studies on Vehicular Trafficability of Snow* » Sipre, 78 p.
- FERLAND, M.-G. et R.-M. GAGNON, 1974. « *Climat du Québec méridional* » Bul. MP-13, Service de la Météorologie. Ministère des Richesses Naturelles, Québec, 93 p.
- FRENETTE, M., G.-O. VILLENEUVE et J. BLOUIN, 1978 « *Solution aux problèmes d'enneigement* » Centre des données fiscales de Jonquière.
- KHRGIAN : Tiré de Lliboutry (6).
- KOTLYAKOW, V.M., 1961. « *Results of a Study of the Processes of Formation and Structure of the Ice Sheet in Eastern Antarctica* » AIHS, Helsinki, pp. 88-98.
- LLIBOUTRY, LOUIS, 1964. « *Traité de glaciologie* » Tome 1, Masson & Cie, éditeurs, Paris (VIème), 427 p.
- RADOCK, U., 1977. « *Snow Drift* » Journal of Glaciology, International Glaciology Society, Cambridge, England, Vol. 19 (81) : 128-139.
- SCHRIEVER, W.R., 1977. « *Effets du vent sur les maisons mobiles* » Digest de la construction au Canada, Div. des recherches sur le bâtiment, Conseil national de recherches du Canada, 5 p.
- SERVICE DE LA MÉTÉOROLOGIE, 1976. Bulletin météorologique, Ministère des Richesses naturelles, Québec. Supplément 1976, Vol. XV (13) : 129 p.
- VILLENEUVE, G.-OSCAR, 1959. « *Bref aperçu climatique du Québec méridional* » Mélanges géographiques canadiens offerts à Raoul Blanchard, Les Presses universitaires Laval, Québec, pp. 153-163.

REMERCIEMENTS

L'auteur exprime ses remerciements à la firme Dallaire et Brassard, de Jonquière, Architectes Conseils du Centre fiscal canadien du Ministère du Revenu et au Ministère des Travaux publics Canada pour leur bienveillante collaboration au cours de l'étude, et leur permission de présenter cet article résumé.

L'auteur tient également à souligner la participation de l'Université Laval pour les facilités accordées et la disposition du laboratoire d'hydraulique, en vue de la réalisation de cette étude.



Fondation des Diplômés de Polytechnique

*Corporation sans but lucratif constituée
en vertu de la loi des compagnies du Québec*

RAPPORT ANNUEL 1978

Message du président

Au terme de l'exercice 1978, le Conseil d'administration de la Fondation des Diplômés de Polytechnique publie son 6e rapport annuel. Après quatre assemblées régulières et une assemblée générale spéciale au cours de l'année, la Fondation a tenu son assemblée annuelle le 28 mars 1979.

Ce rapport est particulièrement destiné à informer ceux qui, par leur soutien financier, appuient les objectifs de la Fondation qui consistent à promouvoir le développement des études supérieures et de la recherche à l'École Polytechnique.

Les revenus du capital inaliénable grandement accru par les fonds recueillis lors de la Campagne du Centenaire de l'École Polytechnique permettent à la Fondation de réaliser ses objectifs par :

- Son service de bourses au niveau de la maîtrise et du doctorat, assurant ainsi la présence de jeunes ingénieurs dans tous les domaines de pointe.
- Ses subventions à la Chaire Augustin-Frigon, supportant ainsi le parrainage de projets visant à inviter des professeurs de grande réputation ou des conférenciers éminents dans des disciplines nouvelles ou en voie de développement.
- Son support à la recherche, favorisant ainsi l'essor du génie québécois.

Pour conserver son dynamisme et être fidèle à son projet originel d'aide aux étudiants de tous les niveaux, le Conseil d'administration a révisé les règlements généraux et particuliers afin de les rendre conformes aux besoins de l'heure.

Les succès obtenus à la Fondation sont dus à la collaboration soutenue et indéfectible des industriels, des commerçants, des ingénieurs-conseils, des diplômés de Polytechnique et du personnel de l'École.

Les administrateurs et les membres de la Fondation s'associent aux bénéficiaires pour remercier chaleureusement tous les participants à cette réussite collective. La Fondation accueille toujours avec empressement toute contribution qui favorisera l'essor du génie.

Michèle Thibodeau-DeGuire, ing.

Conseil d'administration

Michèle THIBODEAU-DEGUIRE, ing. Président
Ingénieur-conseil
Francis Boulva & Associés

Pierre GRAND'MAISON, ing. Vice-président
Directeur de l'Ingénierie et Services
Johnson Wire Weaving

René GINGRAS, ing. Vice-président
Directeur du développement des infrastructures
Société de Développement de la Baie James

Guy SICARD, ing. Secrétaire-trésorier
Conseiller technique
Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc.

Claude HOTTE, ing. Administrateur
Vice-président & directeur général
Gendron, Lefebvre Inc.

Roger CHARBONNEAU, c.a. Administrateur
Directeur
Comité de la Planification
Hautes Études Commerciales

J. Lambert TOUPIN, c.r. Administrateur
Martineau, Walker, Allison, Beaulieu,
MacKell & Clermont, avocats

Ces administrateurs ont été élus pour un mandat d'un an à l'assemblée annuelle des trente-cinq membres de la Fondation, tenue le 30 mars 1978.

**CAMPAGNE DE LA FONDATION
DES DIPLÔMÉS DE POLYTECHNIQUE**
lancée en 1973 à l'occasion du Centenaire de
l'École Polytechnique

SOMMAIRE DES DONS AU 31 DÉCEMBRE 1978

	Montant souscrit	Montant versé	Montant à percevoir
• Industrie et commerce	\$643,997.95	\$643,497.95	\$500.00
• Ingénieurs-conseils et diplômés	131,232.21	130,629.90	602.31
• Personnel de poly- technique et autres	3,996.00	3,981.00	15.00
TOTAL	\$779,226.16	\$778,108.85	\$1,117.31

Montant souscrit	= 77.9%	Montant versé	= 99.8%
Objectif de la Campagne (\$1,000,000)		Montant souscrit	

**SOMMAIRE DES ÉTATS FINANCIERS
au 31 décembre 1978**

BILAN

	1978	1977
Actif		
• à court terme	\$110 295	\$ 86 321
• placements — au coût	863 691	847 036
	<u>\$973 986</u>	<u>\$933 357</u>
Passif		
• à court terme	\$ 39 578	\$ 24 013
Avoir de la Fondation		
• capital inaliénable	892 676	876 816
• revenus accumulés	41 732	32 528
	<u>\$973 986</u>	<u>\$933 357</u>

ÉTAT DES REVENUS ET DÉPENSES

Revenus	\$ 92 112	\$ 86 012
Dépenses	18 908	16 589
Revenus pour fins de distribution	<u>\$ 73 204</u>	<u>\$ 69 423</u>
• bourses	39 000	44 100
• Chaire Augustin-Frigon	15 000	12 000
• fonds de recherche	10 000	6 569
	<u>64 000</u>	<u>62 669</u>
Revenu net	<u>\$ 9 204</u>	<u>\$ 6 754</u>

Service des bourses

Les bourses de la Fondation des Diplômés de Polytechnique (d'une valeur individuelle de \$4 500 pour l'année universitaire 1978-79) sont offertes aux diplômés des écoles ou facultés de génie pour études supérieures poursuivies à plein temps à l'École Polytechnique.

La sélection des étudiants, postulants à une bourse, est faite par le Conseil d'administration sur recommandation des membres d'un comité permanent d'évaluation, nommés par le Conseil, composé de deux représentants du secteur de l'industrie et de trois représentants du secteur de l'enseignement et de la recherche. Ont siégé sur le comité en 1978, messieurs Roland Doré, Ph.D., ing., président, Julien Dubuc, D.Sc.A., ing., Jean Rousselle, M.Sc.A., ing., J.J. Archambault, ing. et Pierre C. Chagnon, ing.

Les critères de sélection sont l'excellence du dossier académique, la qualité de l'expérience professionnelle ou de l'expérience en recherche, la motivation, les qualités personnelles et la valeur du programme envisagé avec sa correspondance dans l'un des axes de développement de l'École Polytechnique.

**BOURSES OCTROYÉES AU COURS
DE L'EXERCICE 1978
Année universitaire 1978-79**

Trente-neuf candidats ont présenté une demande de bourse, dont trente au niveau de la maîtrise et neuf au niveau du doctorat.

Le tableau suivant ventile les bourses octroyées à huit de ces candidats, dont sept au niveau de la maîtrise et un à celui du doctorat.

Boursiers	Discipline	Bourse
Jacques Bourbonnais	Doctorat — Génie civil	\$4 500
Denis Burroughs	Maîtrise — Génie civil	\$4 500
Pierre Côté	Maîtrise — Génie civil	\$4 500
Danielle Gagnon	Maîtrise — Génie minéral	\$4 500
Yves Lizotte	Maîtrise — Génie minéral	\$4 500
Michel Lussier	Maîtrise — Génie biomédical	\$4 500
Serge Pélissou	Maîtrise — Génie mécanique	\$3 000
Richard Pitre	Maîtrise — Génie physique	\$4 500

Service des prêts

La Fondation a continué d'aider en 1978 les étudiants du premier cycle, en accordant à treize étudiants au niveau du baccalauréat des prêts totalisant la somme de \$7 900.

Durant la même période, trente-trois diplômés ont effectué le remboursement total ou partiel de leur emprunt, capital et intérêts, pour une somme globale de \$6 256.

Au 31 décembre 1978, le total des emprunts que se partagent cinquante-trois débiteurs est de \$31 944.

Chaire Augustin-Frigon

Au cours de l'année écoulée, la Fondation a engagé la somme de \$15 000 en support à la Chaire Augustin-Frigon dont l'objectif premier est de faciliter la venue à l'École Polytechnique de professeurs et conférenciers éminents dans les domaines de pointe et les nouvelles disciplines appliquées.

C'est au Comité d'administration de la Chaire Augustin-Frigon, créée le 6 mars 1975, que le Conseil d'administration de l'École Polytechnique a confié le rôle d'administrer les fonds alloués.

Ont siégé sur ce comité pour l'année écoulée :

MM.

Roger P. LANGLOIS	Directeur de l'École Polytechnique
Rémi TOUGAS	Directeur des études à l'École Polytechnique
Roger A. BLAIS	Directeur de la recherche à l'École Polytechnique
Bernard LANCTÔT	Adjoint au Directeur de l'École Polytechnique Secrétaire du Conseil académique Président du comité
Mme	
Michèle Thibodeau-DEGUIRE	Président de la Fondation des Diplômés de Polytechnique

Le Comité continue de parrainer les colloques Augustin-Frigon, lesquels se tiennent à l'École Polytechnique. Ceux de mai et octobre 1978 étaient respectivement intitulés :

- L'industrie technologique et les services de santé
- L'industrie minière et l'exploration au Québec

Celui prévu pour mai 1979 concerne « Les micro-processeurs et l'évolution dans les techniques de l'électronique ».

Le succès obtenu dans ces activités ne peut qu'accroître le rayonnement de l'École et favoriser le développement des professeurs, étudiants et diplômés.

L'année 1978 aura permis à la Chaire d'atteindre les objectifs louables qu'elle s'était fixés.

Subvention à la recherche

Dans le cadre du troisième objectif fixé lors de la « Campagne du Centenaire » (1973), la Fondation se proposait d'aider au développement de la recherche dans un des domaines prioritaires de l'École Polytechnique. En 1978, une somme de \$10 000 lui a été attribuée pour couvrir une partie du traitement d'un attaché de recherche œuvrant dans le génie biomédical. Cette subvention a servi notamment à accélérer les travaux des chercheurs dans ce domaine et à assurer une industrialisation plus rapide des inventions qui en ont résulté.

Gestion du fonds de capital

Le placement des avoirs de la Fondation est assujéti aux restrictions, limitations et contraintes de la « Loi sur les compagnies d'assurances canadiennes et britanniques (Canada) ».

Dans le cadre de cette loi, le Conseil d'administration a chargé un comité de placements, dont il est directe-

ment responsable, de placer progressivement les valeurs de la Fondation, au fur et à mesure de leur échéance, ainsi que les nouveaux dons perçus.

Le portefeuille de la Fondation offre un caractère de garantie en se limitant aux secteurs des obligations et des certificats de dépôt. Le rendement moyen de l'actif est de 9.5%.

SOMMAIRE DES BOURSES OCTROYÉES DEPUIS 1973

Discipline en génie	Niveau		Nombre total des bourses
	Maîtrise	Doctorat	
Civil	9	4	13
Électrique	7	1	8
Physique	4	4	8
Nucléaire	7	—	7
Mécanique	5	1	6
Minéral	2	4	6
Géologique	2	—	2
Chimique	1	—	1
Industriel	1	—	1
Métallurgique	1	—	1
Biomédical	1	—	1
	40	14	54

À ce cumul du nombre de bourses correspond un octroi global de \$197,960.

Vérification des comptes

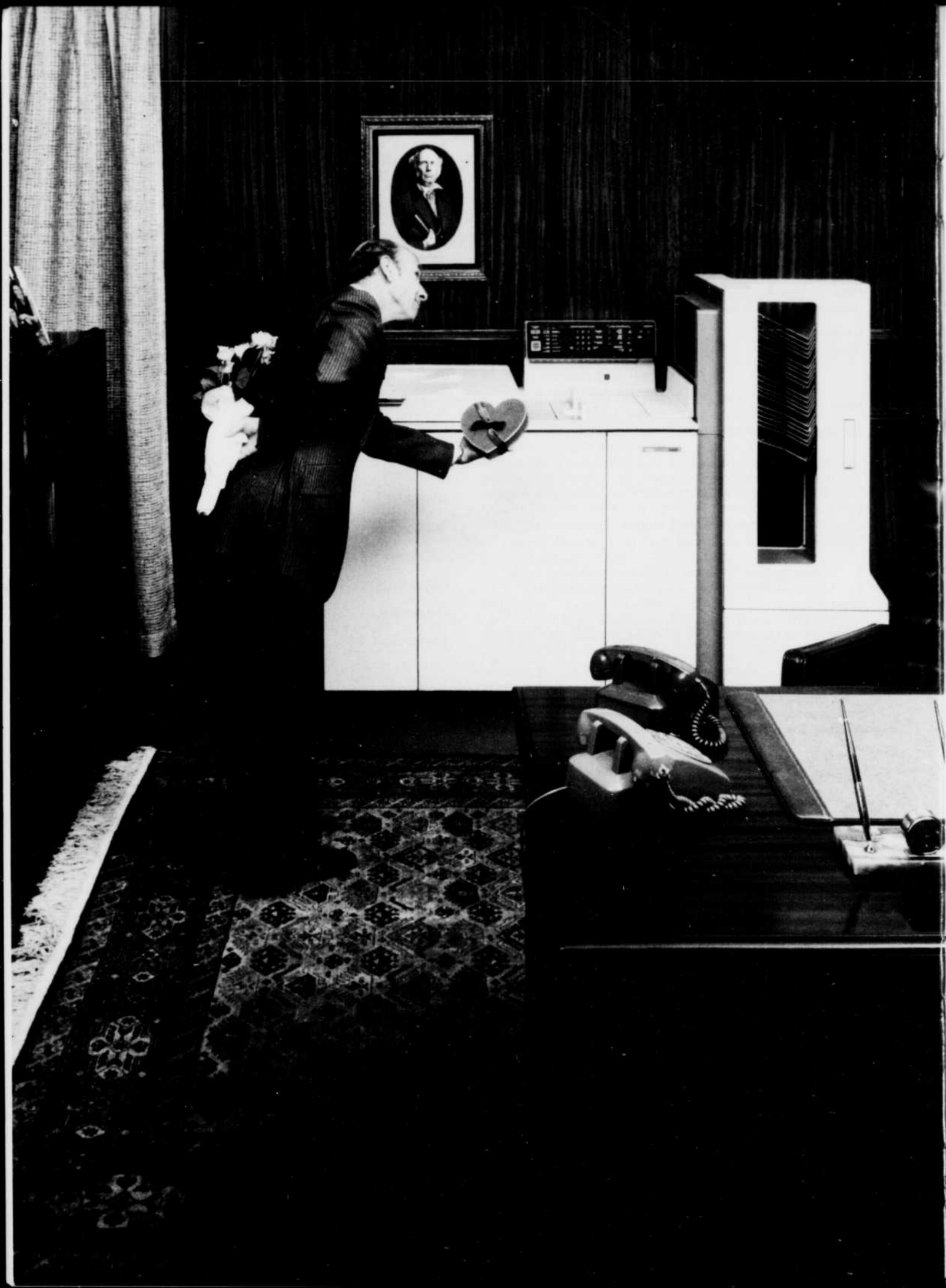
Les états financiers de la Fondation des Diplômés de Polytechnique, pour l'année financière se terminant le 31 décembre 1978, ont été vérifiés par la firme Maheu, Noiseux & Associés, comptables agréés.

Secrétariat administratif

Le secrétariat de l'Association des Diplômés de Polytechnique, sous la férule de son directeur général, madame Yolande Gingras, a été désigné pour donner effet aux décisions et résolutions du Conseil d'administration de la Fondation.

Siège social

École Polytechnique — Bureau B 305
Campus de l'Université de Montréal
Case postale 6079 — succursale A
Montréal H3C 3A7 (Québec) Canada



La nouvelle Xerox 5400.

Vous aimerez surtout son génie.

La nouvelle Xerox 5400 gagne à être connue. Vous l'aimerez d'abord pour l'irréprochable qualité de ses copies.

Vous l'aimerez pour son aménagement-document semi-automatique. Vous l'aimerez pour son recto-verso automatique. Vous l'aimerez pour sa trieuse intégrée, en option.

Mais vous l'aimerez surtout pour son



génie... un mini-ordinateur plein de ressources.

A lui seul, il peut vous indiquer comment voir vous-même à certains réglages d'ordre mineur, ou si vous devez faire appel à un technicien Xerox. Il peut même aider à accélérer le travail de ce dernier. La nouvelle Xerox 5400. Si le génie vous attire, ce pourrait être le coup de foudre.

Xerox du Canada Limitée
XEROX

XEROX est une marque déposée de XEROX CORPORATION utilisée par XEROX DU CANADA LIMITÉE en tant qu'utilisateur inscrit.
5400 est une marque déposée de XEROX CORPORATION et n'existe que dans certaines régions.

LE

MOIS

OFFRES D'EMPLOI

ÉVÉNEMENTS À VENIR

NOMINATIONS

OFFRES D'EMPLOI

— **ACIERS ATLAS STEELS, Division de Rio Algom Limited** (M. Jacques Paquette, directeur du personnel) case postale 510, Tracy, Québec J3P 5P1. Téléphone (514) 742-2721.

1) Ingénieur industriel en chef

Le poste d'ingénieur industriel en chef au sein de l'équipe de direction de l'usine de Tracy, située à environ 50 milles de Montréal, exige un ingénieur bilingue, possédant une expérience acquise dans une aciérie ou dans l'industrie lourde.

Les responsabilités qui incombent à ce poste sont de coordonner et d'appliquer les fonctions relevant du génie industriel afin d'obtenir une utilisation optimale des ressources.

2) Ingénieur industriel

Ce poste vacant à l'usine de Tracy comporte les activités suivantes : réduction des coûts, implantation des installations, ordonnancement des procédés de fabrication, planification des services, standard, évaluation et justification d'équipement et d'installation, et exige un ingénieur possédant une bonne expérience dans les activités variées du génie industriel, préférablement acquise dans une aciérie ou dans une industrie lourde.

Note : Les personnes intéressées à ces deux postes sont invitées à soumettre leur candidature à M. Jacques Paquette, directeur du personnel.

— **COLT INDUSTRIES (CANADA) LTÉE**, Division Crucible Steel (a/s Directeur du personnel) case postale 520, Sorel, Québec J3P 5P2.

Ingénieur — génie industriel

Cet important fabricant d'aciers spéciaux au Canada recherche un ingénieur industriel pour son usine située à St-Joseph de Sorel, à environ 40 milles de Montréal.

Le candidat bilingue devra détenir un diplôme universitaire en génie industriel ou mécanique et posséder un minimum de trois (3) à cinq (5) années d'expérience dans le secteur de la production par lot plutôt qu'en série. Une attention particulière sera accordée aux candidats ayant acquis leur expérience dans une fonderie ou dans un atelier d'usinage.

Se rapportant au Directeur d'Usine, l'ingénieur industriel voit au développement et à l'amélioration des méthodes de production. Il analyse la situation actuelle et propose les changements de procédés pour améliorer et accroître la productivité et abaisser les prix de revient.

Conditions salariales à discuter et à établir selon l'expérience du candidat.

Les personnes intéressées sont invitées à soumettre leur candidature par écrit au Directeur du personnel, à l'adresse ci-dessus mentionnée.

— **ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL** (Dr. E. Bilgen, Département de génie mécanique) case postale 6079, succursale A, Montréal, Québec H3C 3A7. Téléphone : (514) 344-4892.

Associé de recherche

Le Département de génie mécanique de l'École Polytechnique demande un associé de recherche pour effectuer, au sein d'une équipe de recherches, des travaux portant sur l'utilisation de l'énergie solaire.

Le titulaire de ce poste doit : a) posséder un doctorat dans les domaines de transfert thermique et de l'écoulement des fluides reliés à l'utilisation de l'énergie solaire et à la conversion d'énergie ; b) connaître les méthodes analytiques, numériques et expérimentales.

Durée du contrat : Une année avec possibilité de renouvellement.

Les personnes intéressées sont invitées à faire parvenir leur curriculum vitae accompagné de trois références au Dr E. Bilgen à l'adresse ci-dessus mentionnée.

— **LECLAIR, RIEL, DIONNE & ASSOCIÉS**, Ingénieurs-conseils (M. Lucien Leclair, ing.) 3461 est, boulevard Gouin, bureau 510, Montréal, Québec H1H 1B2. Téléphone : (514) 325-1280.

1) Ingénieur en mécanique

Pour assurer la direction d'un groupe de techniciens et de dessinateurs, ce bureau d'ingénieurs-conseils est à la recherche d'un ingénieur, diplômé en génie mécanique, possédant un minimum de sept (7) années d'expérience dans un bureau d'ingénieurs-conseils.

Le titulaire de ce poste aura surtout à œuvrer dans le domaine des édifices commerciaux, scolaires et industriels, de même que des habitations multiples. De plus, ce poste offre des possibilités d'association.

2) Ingénieur en structure

Ce poste exige un ingénieur diplômé en génie civil, possédant un minimum de cinq (5) années d'expérience dans des travaux de structure de béton et d'acier et dans la conception des plans d'édifices à multi-étages et d'édifices commerciaux.

Note : a) Pour les deux postes, les conditions salariales sont à discuter et à établir selon les qualifications et l'expérience. Elles comportent, de plus, toute la gamme des bénéfices marginaux. b) Les personnes intéressées sont invitées à soumettre leur candidature à M. Lucien Leclair, ing.

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

— **TECHMATE INC.** (M. Rolland Simard, relations publiques)
41, rue Cantin, bureau 60 (case postale 548) Jonquière, Québec
G7X 7W4. Téléphone : (418) 547-5719.

Ingénieur de projets — division géotechnique

Cette société, spécialisée en études et sondages géotechniques ainsi qu'en contrôle qualitatif de matériaux tels que béton, asphalte et acier, recherche pour son bureau de Jonquière un ingénieur possédant une maîtrise en mécanique des sols avec 3 ou 4 années d'expérience ou l'équivalent, soit un minimum de 6 années d'expérience pratique en mécanique des sols.

Le titulaire du poste aura la responsabilité des projets de la division géotechnique. Il devra planifier, organiser et diriger toutes les activités techniques des projets en mécanique des sols tels que : édifices, ponts, digues, etc., et effectuera la rédaction du rapport final incluant les recommandations.

Les personnes intéressées sont invitées à soumettre leur candidature accompagnée de leur curriculum vitae aux soins de M. Rolland Simard à l'adresse ci-dessus mentionnée.

— **STEINBERG INC.** (M. Pierre Filiatrault, service d'embauche)
Plaza Alexis Nihon, 1500, rue Atwater, Montréal, Québec
H3Z 1Y3. Téléphone : (514) 931-9131.

Ingénieur en mécanique

Cette entreprise est à la recherche d'un ingénieur diplômé en génie mécanique ou industriel, membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec, possédant de cinq (5) à huit (8) années d'expérience et un sens développé des relations humaines.

Sous la responsabilité du Directeur de l'Ingénierie, le titulaire du poste doit voir à la bonne marche des opérations de sa division et fournir l'aide technique aux secteurs Construction et Architecture.

Echelle salariale : de \$25,000 à \$30,000 selon qualifications et expérience. Lieu de travail : Montréal.

Les candidats intéressés sont priés de s'adresser à M. Pierre Filiatrault.

L'UNIVERSITÉ DE MONCTON Sollicite des candidatures de PROFESSEURS

GÉNIE CIVIL :

Fonctions :

Enseignement au niveau des 1er et 2e cycles ainsi que de la recherche. Les domaines concernés sont le génie sanitaire et la technologie de l'environnement.

Qualifications :

Ph.D. ou maîtrise avec expérience pratique substantielle. Les candidats doivent être membres ou éligibles à être membres d'une association d'ingénieurs professionnels.

GÉNIE INDUSTRIEL

Fonctions :

Enseignement au niveau du 1er cycle en électricité et en systèmes. Le poste est d'une durée d'une année seulement.

Qualifications :

Ph.D. ou maîtrise avec expérience pratique.

CANDIDATURES

La date d'entrée en fonction est le 1^{er} juillet 1979. Les candidatures seront considérées selon leur ordre d'arrivée. Les candidats doivent maîtriser la langue française, tant orale qu'écrite. Toute candidature doit comporter un curriculum vitae détaillé avec le nom de trois répondants et être transmise au

Directeur, Département de génie
Faculté des sciences et de génie
Université de Moncton
Moncton, Nouveau-Brunswick
E1A 3E9
Téléphone : (506) 858-4309

FRANC PARLER

Sur l'emploi de travailleurs spécialisés pour les projets de construction

par :

Inge M.
STAMP



agent des relations de travail
et coordonnatrice du recrutement

Le recrutement de travailleurs spécialisés pour un projet dirigé par Bechtel commence au centre principal le plus près du site même des travaux. De là, nous allons progressivement vers d'autres villes de la province concernée, des provinces avoisinantes ou partout au Canada si les besoins l'exigent. On peut généralement trouver des travailleurs non spécialisés localement mais les plus spécialisés ne s'y trouvent pas toujours en nombre suffisant — à l'occasion, nous devons même les chercher à l'étranger.

Pour les projets d'envergure, tel le projet Syncrude en Alberta, la responsabilité du recrutement de la main-d'oeuvre spécialisée relève directement de l'administrateur du projet. Les contacts sont établis initialement avec les directeurs locaux des syndicats qui nous réfèrent le personnel qualifié.

Lorsque le déplacement des travailleurs hors de leur province est nécessaire, ceux-ci sont remboursés pour le coût du voyage aller; le coût aller-retour est payé si le séjour est d'une période de temps déterminée. La plupart des bureaux syndicaux collaborent étroitement à l'organisation du transport des travailleurs en s'assurant qu'ils seront ponctuels à l'aéroport et munis de tous les outils nécessaires à l'exercice de leur métier. Les groupes de travailleurs sont généralement accueillis à leur arrivée à destination par un représentant Bechtel.

Que nécessite le maintien d'une force adéquate de travailleurs spécialisés? D'abord, l'établissement d'un recensement national continu de l'emploi des travailleurs spécialisés afin de déterminer la disponibilité de ceux-ci et leur mobilité à un certain moment donné. L'entretien de bonnes relations de travail avec les syndicats est évidemment avantageux. Il est aussi nécessaire de savoir quand et comment on peut avoir recours aux gouvernements provinciaux et à la Main-d'Oeuvre du Canada lorsque les sources locales de travailleurs spécialisés ne suffisent pas aux besoins. Mais le plus important est de ne jamais oublier que les travailleurs sont des personnes et non simplement des statistiques que l'on compile pour satisfaire des besoins.



BECHTEL CANADA

Les bâtisseurs de l'industrie

Montreal Toronto Edmonton Calgary Vancouver

— LA SOCIÉTÉ CALDWELL — Recrutement de cadres (M. Jean E. Laurendeau) 1115 ouest, rue Sherbrooke, bureau 2201, Montréal, Québec H3A 1H3. Téléphone : (514) 849-5357.

Spécialiste de la vente — Projet 9313

Pour une société internationale, fournisseur de services et de produits spécialisés aux aciéries, aux gouvernements et aux entreprises en routes et en transport, ce bureau recherche un candidat bilingue, ayant fait, de préférence, des études en génie civil ou minier et possédant une expérience de la vente d'équipements ou de matériaux de construction, pour travailler au Québec à la commercialisation de produits et établir éventuellement un service complet.

Conditions salariales à discuter et à établir selon l'expérience et les qualifications.

— SOCIÉTÉ DE DÉVELOPPEMENT DE LA BAIE JAMES (M. Jean-Charles Lima, Service des ressources humaines) 800 est, boulevard de Maisonneuve — 22^e étage, Montréal, Québec H2L 4M6. Téléphone : (514) 284-0270.

Chef de division — entretien routier

Cette société est à la recherche d'un ingénieur diplômé en génie civil, possédant un minimum de cinq (5) années d'expérience en entretien routier, avec bonne connaissance du rendement des équipements lourds. Une expérience acquise dans l'entreprise en rapport avec l'entretien et la construction en général serait un atout.

Conditions : Salaire intéressant incluant une gamme complète d'avantages sociaux. Lieu de travail : Baie James (LG2).

Les personnes intéressées sont priées de s'adresser à M. Jean-Charles Lima.



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Comité des bourses

Grâce à la générosité des organismes et compagnies dont les noms apparaissent dans le tableau ci-dessous, vingt étudiants du premier cycle ont obtenu, sur recommandation du comité des bourses de l'École Polytechnique, des bourses d'études d'un montant variant de \$300 à \$1,000 pour l'année universitaire 1978-79.

Nos félicitations à tous les boursiers et nos remerciements aux donateurs.

DONATEURS	BOURSIERS	DÉPARTEMENTS	NIVEAUX
Canadian Bechtel Limited (Bechtel Foundation of Canada)	Denis Beaulieu	Génie Mécanique	2
	Louis Dufour	Génie Métallurgique	1
Fer et Titane du Québec Inc.	Gilbert Demers	Génie Industriel	3
	François Nadon	Génie Industriel	4
	Denis Fraser	Génie Mécanique	4
	Daniel Mathieu	Génie Métallurgique	3
	Michel Bourassa	Génie Métallurgique	3
Georges Daigneault Limitée	Normand Laniel	Génie Electrique	4
IBM Canada Limitée	Denis Dubois	Génie Industriel	2
	Benoit Meilleur	Génie Electrique	1
Iron Ore of Canada	Lucie Bourbeau	Génie Civil	4
	Stephane Lafortune	Génie Electrique	3
Johnson & Johnson Limited	Carole Emard	Génie Chimique	4
Kiewit (Les Entreprises Kiewit Limitée)	Daniel Leblanc	Génie Civil	4
La Compagnie Minière Québec Cartier	Denis Labrie	Génie Minier	3
Les Chantiers Davie Limitée	Daniel Provencher	Génie Mécanique	4
	Jan Janssen	Génie Mécanique	3
Ordre des ingénieurs du Québec	Yves Raymond	Génie Electrique	4
Patino Mining Corporation (Patino)	Paul Lortie	Génie Géologique	4
Women's Association of the Montreal Branch (Canadian Institute of Mining & Metallurgy)	Sylvie Langlois	Génie Métallurgique	3

Événements à venir

ÉCOLES DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES Centre de formation et de perfectionnement en administration

Il y a séminaires et séminaires...

Les séminaires des HEC permettent aux hommes d'affaires et aux gestionnaires d'élargir, selon leur choix, leur champ de connaissance dans différents domaines, tels l'administration générale, le comportement, le droit des affaires, l'exportation, la finance, la fiscalité, le marketing, le personnel, la production, les relations de travail.

De plus, ceux qui y participent peuvent tirer un profit immédiat des expériences que d'autres, animateurs ou participants, ont pu vivre.

C'est pourquoi, au printemps 1979, le Centre de formation et de perfectionnement en administration vous propose, entre autres :

Des séminaires

EN AVANTAGES SOCIAUX

- L'administration des régimes de prévoyance collective
les 17 et 18 mai 1979

EN DROIT DES AFFAIRES

- Commercialisation d'un produit : les exigences de la loi
les 3 et 4 mai 1979

EN MANAGEMENT

- Gestion des cadres
les 22, 23, 24 et 25 mai 1979 en résidence

EN RESSOURCES HUMAINES

- Motivation et satisfaction au travail
les 24 et 25 mai 1979

EN PRODUCTION

- Gestion et contrôle de la qualité
les 10 et 11 mai 1979

N'hésitez pas à demander renseignements et brochure contenant la liste et la description des séminaires à :

*École des Hautes Études Commerciales
Centre de formation et de
perfectionnement en administration
5255, avenue Decelles
Montréal (Québec)
Téléphone : (514) 343-4495*

ENVIRONNEMENT CANADA CONFÉRENCE Château Frontenac Québec (Québec) les 14 et 15 mai 1979

Le ministère de l'Environnement du Canada tiendra, les 14 et 15 mai 1979, au Château Frontenac de Québec, une conférence sous le thème « *Les contaminants dans l'environnement* ».

L'INGÉNIEUR

Cette conférence, qui s'adresse aux professionnels œuvrant dans l'environnement, se déroulera en français. Des services d'interprétation simultanée, en langue anglaise, seront offerts tout au long de la conférence.

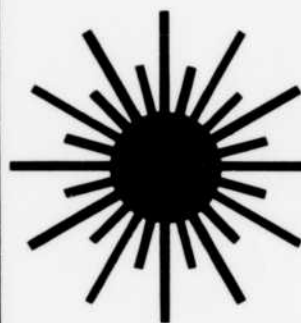
Quatre sous-thèmes ont été retenus :

- la propagation des contaminants par voie atmosphérique
- les contaminants et les milieux terrestres et aquatiques
- les contaminants et l'alimentation
- les contaminants et la santé humaine

Les participants à la conférence seront invités, la journée du 16 mai, à une visite au Cap Tourmente, l'une des plus belles et des plus importantes réserves du Service canadien de la faune, située à environ 50 kilomètres de la ville de Québec.

Le Comité d'organisation est présidé par :

*M. Claude Triquet
Directeur régional des eaux intérieures
Environnement Canada
2700, boulevard Laurier
STE-FOY (Québec) G1V 4H5
Téléphone : (418) 694-3921*



Symposium sur les fibres optiques

**Du 28 au 31 mai 1979
La Pocatière**

La Commission de formation professionnelle de la Main-d'Oeuvre de la région Bas St-Laurent - Gaspésie en collaboration avec le CEGEP de La Pocatière organise du 28 au 31 mai 1979 à La Pocatière un Symposium sur les fibres optiques.

Ce Symposium s'adresse surtout aux techniciens, ingénieurs, chercheurs, enseignants et industriels préoccupés par cette nouvelle technologie en communication.

Contenu : Types de fibres, caractéristiques des fibres, émetteurs-récepteurs coupleurs et dérivateurs, principales utilisations et importance économique.

Activités : Conférences de spécialistes européens et nord-américains, exposition et montages opérationnels.

Pour de plus amples renseignements ou pour toute inscription, adressez-vous à : **La Commission de formation professionnelle**

**de la Main-d'Oeuvre
de la région Bas St-Laurent - Gaspésie
350, boulevard Arthur-Buies ouest
Rimouski, Qué.
Tél. : (418) 723-5677**



**Commission de
Formation
Professionnelle**
de la Main-d'œuvre
région Bas St-Laurent - Gaspésie

NOMINATION



M. Maurice Marcil, directeur régional de l'Association Canadienne du Ciment Portland est heureux de vous présenter M. Waguih Chikani, nouvel ingénieur en structure au service de l'Association. M. Chikani possède une bonne expérience dans la préfabrication et le génie conseil. A partir de notre bureau de Montréal, l'Association s'occupe entre autres de services techniques auprès des designers, des constructeurs et des producteurs de produits de ciment Portland.

BEAULIER AÉRAULIQUE INDUSTRIELLE INC.



M. J. PIERRE NORMANDEAU, ING.

« Le Président de la firme d'aéraulique industrielle, Monsieur Maurice Beaudet, ing., annonce la nomination de J. Pierre Normandeau, ing., au poste de vice-président.

La firme Beaulier Inc met à la disposition de l'industrie un effectif de plus de 10 ans d'expérience en étude, fabrication, installation, mise en marche et calibration de système de traitement et de distribution de l'air. »

Événements à venir

(suite de la page 47)

COURS INTENSIF EN GÉOTECHNIQUE

Université de Sherbrooke
Sherbrooke (Québec)
du 30 avril au 4 mai 1979

Le cours intensif sur les essais et le contrôle en géotechnique est organisé par l'Université de Sherbrooke, en collaboration avec un comité de normalisation où siègent des représentants de l'Université de Sherbrooke, du Ministère des transports du Québec, du Ministère des richesses naturelles du Québec, de l'Hydro-Québec, de la Société d'énergie de la Baie James et de l'Association Canadienne des Laboratoires d'Essais.

Le cours, d'une durée de 45 heures, traitera des procédures et des techniques d'essais reliées à l'identification des sols, aux forages et prélèvements d'échantillons, à la mesure de la perméabilité et des pressions d'eau in situ et du contrôle de la densité lors de la mise en place.

Pour de plus amples renseignements et pour inscription, prière de s'adresser à :

Dr Guy Lefebvre
Université de Sherbrooke
Faculté des Sciences appliquées
Département de génie civil
SHERBROOKE (Québec) J1K 2R1

BELL CANADA



(O. Tropea)



(J.V.R. Cyr)



(L. Montambault)

Plusieurs nominations à la haute direction ont été annoncées par Bell Canada.

M. Orland Tropea, auparavant vice-président exécutif (administration), est nommé au poste de vice-président exécutif (affaires générales) et assumera la responsabilité de la comptabilité, des services financiers, de la trésorerie, des systèmes, des affaires juridiques et générales.

M. Raymond Cyr, anciennement vice-président exécutif (Région du Québec), occupera le poste de vice-président exécutif (administration) et assumera la responsabilité du rendement de l'entreprise, des questions de réglementation, du personnel, ainsi que des affaires publiques et de l'environnement.

M. Léonce Montambault, qui était vice-président (services abonnés) à la Région du Québec, est nommé vice-président exécutif (Région du Québec).

CANPLAST 79

Québec Hilton et
Centre Municipal des
Congrès de Québec
Québec, 13-16 mai 1979

Le thème — *pourquoi et comment rendre le Canada et l'industrie du plastique compétitifs* — sera le point dominant de CanPlast 79, la 35e Conférence de la Société des industries du plastique du Canada qui se tiendra dans la ville de Québec, les 13, 14, 15 et 16 mai, au Québec Hilton et au Centre Municipal des Congrès de Québec. L'objectif — *discuter pourquoi et comment le Canada doit affronter la concurrence en se servant d'exemples de compagnies qui ont réussi et en analysant les marchés compétitifs éventuels.*

Une exposition commerciale se tiendra en même temps que la Conférence pour montrer les nouvelles réalisations dans les produits et équipements.

La SIP a nommé l'agence Kuehne & Nagel Travel pour s'occuper de toutes les réservations pour CanPlast 79.

Montréal : Kuehne & Nagel Travel
a/s M. U. Schulze
371 ouest, rue St-Jacques
Montréal (Québec) H2Y 1N9
Téléphone : (514) 842-9731

**ORDRE DES INGÉNIEURS
DU QUÉBEC**
Congrès 1979
Hôtel Bonaventure
Montréal, 1er et 2 juin

L'ingénieur et l'énergie, tel est le thème du congrès 79 de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

L'ingénieur Lionel Boulet, fondateur et directeur général de l'Institut de recherche de l'Hydro-Québec (IREQ), a accepté la présidence du comité organisateur.

Les ingénieurs du Québec se pencheront donc, à leur tour et à leur façon, sur les questions énergétiques et le rôle important qu'ils ont à y jouer.

Pour de plus amples renseignements, prière de s'adresser au

Secrétariat

Ordre des ingénieurs du Québec

2075, rue University

Montréal, Québec H3A 1K8

Téléphone : (514) 845-6141

**SYMPOSIUM IFAC DE
MONTREAL — 1980**

L'International Federation of Automatic Controls tiendra son 3^e symposium sur « L'automatisation de l'extraction et du traitement des minerais et des métaux » du 18 au 20 août 1980 à l'École Polytechnique, Montréal, Québec, Canada.

Appel aux communications

Toutes les personnes concernées par les thèmes énumérés ci-après sont invitées à envoyer un résumé en anglais ou en français (200 à 300 mots maximum, en 5 exemplaires) *avant le 15 août 1979* au :

Professeur J. O'Shea

École Polytechnique

C.P. 6079, Succ. « A »

Montréal (Québec)

H3C 3A7 (Canada)

Thèmes

Les communications, pour être choisies, devront se rapporter aux sujets suivants :

- **Mine**
Prospection, conception assistée par ordinateur de design de la mine, manutention, transport, méthodes et appareillages d'exploitation, contrôle de l'environnement, surveillance, dispatching et ordonnancement.
- **Traitement de minerais et métallurgie extractive**
Broyage et flottation, agglomération, valorisation, haut-fourneaux, réduction directe, électrolyse, pyrométallurgie, sinterisation, opération des fours rotatifs.
- **Elaboration des métaux**
Sidérurgie, production des métaux non-ferreux, fours de réchauffements, laminaires, coulée continue.
- **Ordinateurs et matériel de commande**
Étude des systèmes, conception de l'équipement, interfaces et transmission des données, interaction homme-machine, systèmes de commande distribuée, logi-

ciel de commande, moniteur en temps réel, langages de programmation, langages d'application.

- **Instrumentation périphérique**
Techniques de mesure des processus concernés, utilisation et conception des capteurs, acquisition de données et télémesure.
- **Théorie de la commande**
Identification, modélisation, optimisation, analyse de la sensibilité et de la stabilité, algorithmes de commande des processus concernés.
- **Ingénierie des systèmes**
Justification économique de la commande par ordinateur, fiabilité, facteurs humains, méthode des systèmes intégrés, études de cas de systèmes de commande par ordinateur.

Objectifs

Ce symposium sera une occasion de faire le point sur les progrès qui ont été accomplis depuis le 2^e symposium de Johannesburg, en 1976, portant sur l'application de l'Automatique dans les mines, dans les usines de traitement de minerais et dans les procédés métallurgiques. Il favorisera aussi les discussions sur les orientations nouvelles de l'automatique dans ces domaines et encouragera les échanges de connaissances au niveau international.

Note

Toute demande de renseignements d'ordre administratif doit être envoyée au Secrétariat du Symposium :

C.D.T. — École Polytechnique

C.P. 6079, Succ. « A »

Montréal, Québec

H3C 3A7 (Canada)

TROIS BOURSES D'ÉTUDES DE \$5,000.00 OFFERTES AUX INGÉNIEURS

Le programme des prix aux ingénieurs, sous l'égide de Nalaco, offre trois bourses d'études de \$5,000 pour fournir une aide financière à des ingénieurs retournant à l'université pour poursuivre leurs études ou faire de la recherche, de préférence en relation avec le génie.

Pour être admissible, le candidat doit être membre en règle de l'une des onze associations constituant le C.C.1; il doit être admis à continuer des études supérieures par une université reconnue et doit avoir travaillé dans le génie pendant plus de 2 ans après l'obtention de son diplôme ou d'un équivalent.

Le programme est administré par le Comité de sélection du Programme national des prix aux ingénieurs du Conseil Canadien des Ingénieurs à qui les demandes doivent être envoyées avant le 15 mai.

Pour recevoir de plus amples renseignements ainsi qu'un formulaire de demande, adressez-vous à votre association ou au:



**PROGRAMME DES BOURSES D'ÉTUDES
DIVISION DES RÉGIMES SPÉCIAUX
LA COMPAGNIE D'ASSURANCE-VIE
NORTH AMERICAN LIFE
105 ADELAIDE STREET WEST
TORONTO, ONTARIO M5H 1R1**



Beaulier inc.

aéraulique industrielle

maurice beaudet ing.
gilles catellier, tech.
j-pierre normandeau, ing.
6955 boul. taschereau,
ch. 5,
brossard, québec J4Z 1A7
(514) 462-0340

systèmes de traitement et de distribution de l'air

- transport pneumatique
- épargne d'énergie
- conditionnement
- dépollution
- ventilation
- hygrométrie



Lalonde
Girouard
Letendre
& Associés Ltée

1400 ouest, rue Sauvé
suite 214
Montréal, Qué. H4N 1C5
(514) 337-1030

Experts
Conseils

LUPIEN, ROSENBERG & ASSOCIÉS INC.

études de sols et matériaux

- Investigations sur le terrain : sondages et essais
- Mécanique des sols et des roches : pieux, caissons, radiers, semelles, parois moulées, tunnels
- Design d'ouvrages en terre : digues, barrages, remblais
- Photogéologie : recherche de matériaux d'emprunt, études de tracés, choix de sites d'aménagement
- Investigations de déficiences
- Instrumentation
- Environnement physique : études d'impact
- Contrôle des matériaux et procédures de construction
- Essais en laboratoire

960, 24e Avenue, Lachine, Québec, H8S 3W7
Tél : (514) 637-3746

TECHMONT INC.

GÉOTECHNIQUE
CONTRÔLE DES MATÉRIAUX
PHOTOINTERPRÉTATION

1310 ouest, CHABANEL
MONTREAL, QUEBEC H4N 1H4
(514) 384-3730



Desjardins+Sauriol
& Associés

Ingénieurs-conseils

1200 OUEST, BOUL. ST-MARTIN, LAVAL H7S 2E4 (514) 384-5660

- CONTRÔLE DES MATÉRIAUX
- ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
- ANALYSES CHIMIQUES

Tél.: 336-5650



Les Laboratoires Industriels et Commerciaux Limitée
190 Benjamin-Hudson, St-Laurent
Québec, Canada H4N 1H8

fondée en 1928

ASSOCIATION CANADIENNE DU CIMENT PORTLAND

Vous possédez notre volume : *METRIC DESIGN HANDBOOK* for reinforced concrete elements in accordance with the strength design method of CSA A23.3 - M77. Ce dernier a été révisé et si vous n'avez pas reçu les feuilles de corrections, veuillez compléter ce coupon et nous le retourner.

Date de l'achat du volume :

NOM :
ADRESSE :
VILLE :
PROVINCE : CODE POSTAL
TÉLÉPHONE :

ASSOCIATION CANADIENNE DU CIMENT PORTLAND

1010 ouest, rue Ste-Catherine, Suite 346
Montréal, Québec H3B 1G1

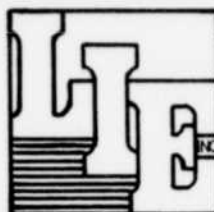


ASSOCIATION
CANADIENNE DU CIMENT PORTLAND

Région du Québec, 1010 ouest, Ste-Catherine, Montréal, Qué. H3B 1G1

LABORATOIRE D'INSPECTION & D'ESSAIS INC.

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



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

3380, boul. Hamel
C.P. 9220, Succ. Ste-Foy
Ste-Foy G1V 4B1
Tél.: (418) 872-3381



Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.
CONSULTANTS

génie, planification
et services
multidisciplinaires

1134 ouest, rue Ste-Catherine, Montréal Québec H3B 1H4

BOUTHILLETTE PARIZEAU & ASSOCIÉS

INGÉNIEURS-CONSEILS
Mécanique - Électricité

9825, rue VERVILLE
Montréal H3L 3E1

Téléphone : (514) 387-3747

CARMEL, FYEN, JACQUES & ASSOCIÉS INGÉNIEURS - CONSEILS

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

Tél. : 274-5671

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



GÉOPHYSIQUE
FRANCE-QUEBEC INC.

ÉTUDES, LEVÉS GÉOPHYSIQUES

GENIE CIVIL
ENVIRONNEMENT
EXPLORATION MINIÈRE

894, rue Front, Longueuil, Qué., J4K 1Z7 / (514) 679-2400
C.P. 751, Val d'Or, Qué., J9P 4P8 / (819) 825-5777
152 Parkview Place, Sud-est, Calgary, Alb., T2J 4W5

VERRE ET TECHNIQUE

Tous les produits verriers au service de la construction. Études et recherches sur leurs applications et installations.

10801 Ray Lawson, Mtl. 439 (514) 351-2020



DUVAL & DUVAL
INC.

Verre et technique Glass and technology
10801, BOUL RAY LAWSON/MONTREAL H1J 1M5 P.Q./ (514) 351-2020



QUÉFORMAT LTÉE

981 PIERRE-DUPUY
LONGUEUIL
QUEBEC J4K 1A1
674 4901

FORAGES
ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
CONTRÔLE DES MATÉRIAUX



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

Études géotechniques, géologiques, sismiques
Sondages et forages
Contrôle qualitatif : sols, béton, asphalte, métaux
Laboratoires : eaux, sols, matériaux
Assurance qualité, métallurgie, corrosion

Fondée en 1937



Contrôle Technique Appliqué Ltée

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

128 rue Elmslie, LaSalle, Qué. H8R 1V8
Téléphone (514) 365-3111

laboratoire B-Sol Ltée



Géotechnique — Géophysique — Géologie — Hydrogéologie — Sondages —
Forage au diamant — Forage de puits — Expertises — Essais et contrôle
sur les matériaux — Sols — Agrégats — Béton de ciment — Béton bitume-
neux — Métallisation — Produits Métalliques — Peinture

229, BOULEVARD LASALLE
BAIE COMEAU, P.Q.
G4Z 1S7
(418) 296-6788

180, PORTAGE DES MOUSSES
PORT CARTIER, P.Q.
G5B 1E3
(418) 766-6606

520, AVENUE OTIS
SEPT-ÎLES, P.Q.
G4R 1L5
(418) 962-7096



labo s.m. inc.

Société d'experts conseils
spécialisée en :

- Mécanique des sols
- Mécanique des roches
- Géologie de l'ingénieur
- Géophysique (vibration)
- Hydrogéologie
- Surveillance de construction
- Contrôle des procédés de fabrication
- Contrôle qualitatif et quantitatif
- Essais sur matériaux
- Essais non destructifs

76 sud, 12e avenue
Sherbrooke, Qué. J1G 2V4
Téléphone (819) 569-9051

395 Parc Industriel
Longueuil, Qué. J4H 3V7
Téléphone (514) 677-6301

Répertoire des annonceurs

- 48-50 Association Canadienne du Ciment Portland
•
51 Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.
48-50 Beaulier Inc.
45 Bechtel Canada
48 Bell Canada
51 Bouthillette, Parizeau & Associés
23 Bureau des économies d'énergie (Gouvernement du Québec)
•
C IV Canadian Johns-Manville Co. Ltd.
51 Carmel, Fyen, Jacques & Associés
52 Compagnie Nationale de Forage & Sondage Inc.
52 Contrôle Technique Appliqué Ltée
24 Coopérative Etudiante de Polytechnique
•
50 Desjardins + Sauriol & Associés
51 Duval & Duval Inc.
•
16 Emploi et Immigration Canada
•
51 Géophysique France-Québec Inc.
•
15 Hewitt Equipement Limitée
•
C III Jenkins Bros. Limited
•
51 Laboratoire d'Inspection & d'Essais Inc.
52 Laboratoire B-Sol Ltée
52 Labo S.M. Inc.
47 La Commission de Formation Professionnelle
de la Main-d'Oeuvre
49 La Compagnie d'Assurance-Vie North American Life
50 Lalonde, Girouard, Letendre & Associés
14 Lecuyer
50 Les Laboratoires Industriels & Commerciaux Limitée
50 Lupien, Rosenberg & Associés Inc.
•
28 Montco (1966) Ltée
•
51 Quéformat Ltée
•
2 Siemens Electric Ltée
•
50 Techmont Inc.
25 Trans-Canada Pipelines Ltée
•
45 Université de Moncton
•
C II 26-27
42-43 Xerox du Canada Limitée

CORRECTION

L'INGÉNIEUR — Numéro 329 JANVIER/FÉVRIER 1979

Article : « ANALYSE EXPÉRIMENTALE DES CON-
TRAINTES : TECHNIQUES ET DÉVELOPPE-
MENTS RÉCENTS »

par André Bazergui, Ph.D., ing.

p.22 — l'équation en référence, soit :

$$* \text{diffusivité thermique} = \frac{\text{conductivité thermique}}{(\text{chaleur spécifique}) \cdot (\text{densité})}$$

aurait dû lire :

$$* \text{diffusivité thermique} = \frac{\text{conductivité thermique}}{(\text{chaleur spécifique}) \times (\text{densité})}$$

Nous présentons nos excuses à l'auteur, M. André Bazergui, et nous espérons que les lecteurs intéressés à cet article prendront bonne note de cette correction.

La direction

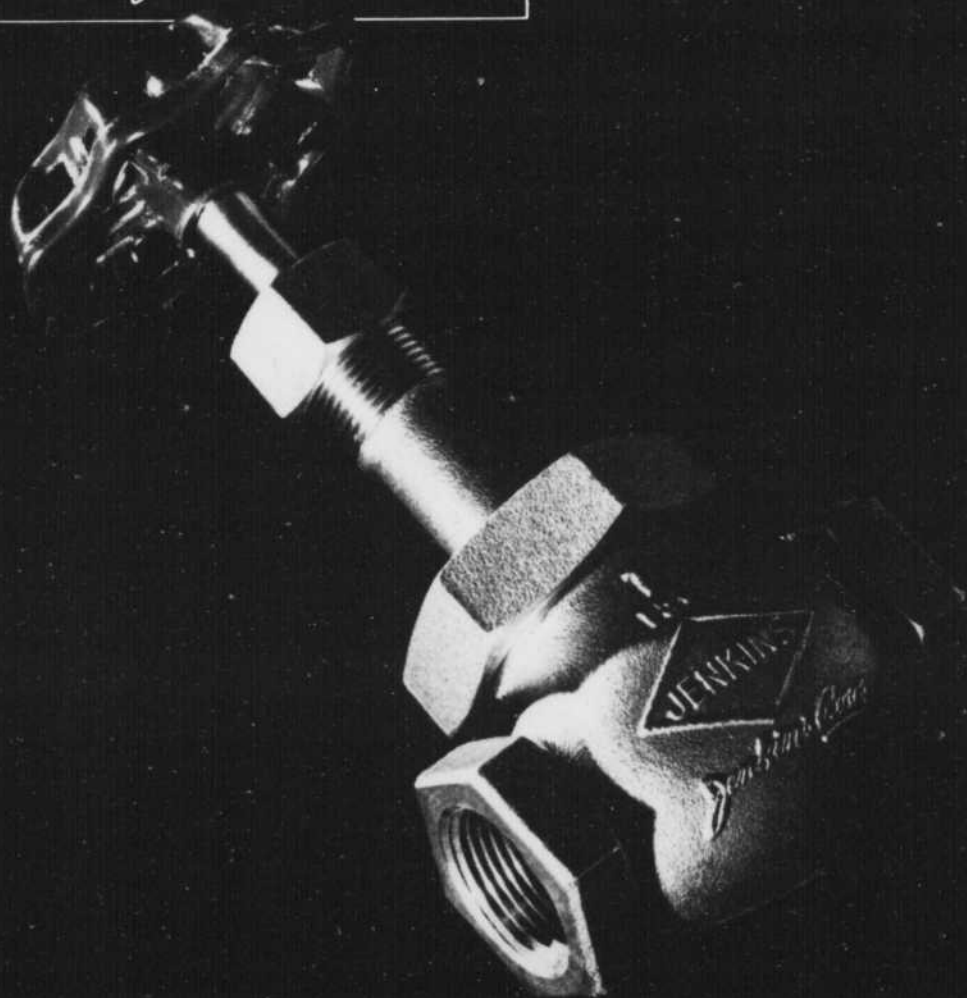
L'INGÉNIEUR

JENKINS

Le spécialiste en valves



Jenkins Bros





Isolant Thermo-12 de 2 1/2" de silicate de calcium revêtant un réservoir de condensation long de 122'.



Isolant monopièce en fibre de verre Micro-Lok 650 sur conduites de vapeur de 10" à la centrale électronucléaire.



Pose d'isolant en fibre de verre Micro-Flex sur conduite de vapeur principale de 30" de diamètre.

L'aménagement électronucléaire Bruce. Johns-Manville y met en oeuvre sa capacité d'isolation intégrale.

Expérience de la pose, rentabilité, contrôle absolu des matériaux isolants destinés aux applications les plus rigoureuses — autant de raisons pour lesquelles Johns-Manville s'est vu confier sa part de ces immenses travaux de plusieurs années.

En fait, ce sont ces mêmes contrôle, capacité et expérience que J-M met à votre disposition pour tout projet exigeant de l'isolation.

Prenez connaissance des propriétés des isolants Thermo-12, Micro-Lok, Spin-Glas, Micro-Flex et de plusieurs autres isolants de hautes et basses températures. Johns-Manville fabrique la gamme mondiale la plus complète d'isolants industriels.

En faisant appel à Johns-Manville, vous mobilisez expertise et rendement démontrés, capacité d'isolation

intégrale. N'est-ce pas justement ce que vous exigez?

Canadian Johns-Manville,
Parc industriel de Brossard,
3000, boul. Industriel, Brossard,
Québec, J4T 3H5



Johns-Manville