

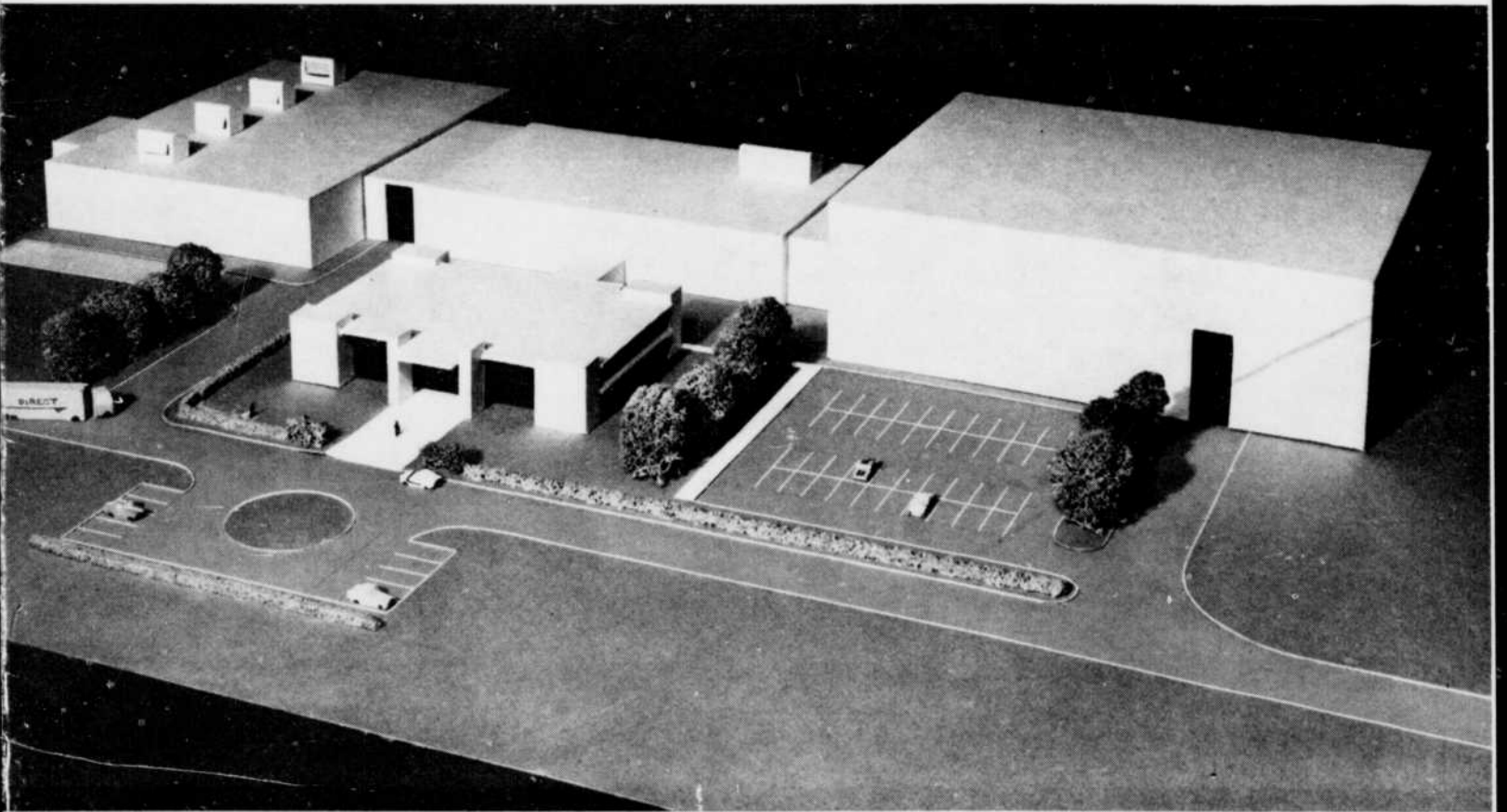


JANVIER 1972

NO 274

58^e année

INGÉNIEUR



Affranchissement en numéraire au tarif de la troisième classe Permis No 1101E
Port de retour garanti : 2500, avenue Marie-Guyard, Montréal 250

M. CLÉMENT GAGNON, ING. P. I.
27 AV. DES HABILLOIS,
QUÉBEC Q. 2ND.

SOUPAPES EN ACIER FORGÉ

Lorsque vous voyez le célèbre losange Jenkins sur une soupape, ne vous posez plus de question: vous avez sous les yeux ce que la main-d'oeuvre la plus habile peut faire de mieux avec les meilleurs matériaux.

Sur une soupape en acier forgé, ce symbole est votre assurance de sécurité et de résistance inégalées, d'une protection exceptionnelle contre les pressions et les températures très élevées. Voilà une soupape vraiment "capable d'en prendre".

Demandez le catalogue n° F71 qui vous indique comment vous pouvez économiser avec les soupapes en acier forgé Jenkins. Adressez votre demande à: Jenkins Bros. Limited, Lachine, Québec.

AVEC LE PLUS GRAND
"FACTEUR DE SÉCURITÉ"
QU'UNE SOUPE
PUISSE OFFRIR



ROBINETS

EXIGEZ LE LOSANGE

JENKINS



Jenkins Bros

EN VENTE PARTOUT CHEZ LES PRINCIPAUX DISTRIBUTEURS.

**ADMINISTRATION
ET RÉDACTION**
2500, avenue Marie-Guyard
Montréal 250, Tél. 739-2451

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

SECRÉTAIRE-ADMINISTRATIVE
Yolande GINGRAS

RÉDACTRICE
Madeleine G. LAMBERT

**COMITÉ CONSULTATIF
DE RÉDACTION**
Pierre LAROCHELLE, ing.,
directeur
Raymond BARETTE, ing.
G.-Réal BOUCHER, ing.
Donald J. BRYANT, ing.
Jean L. CORNELLE, ing.
Josef HODE KEYSER, ing.
Adrien LEROUX, ing.
Michel RIGAUD, ing.
Jean-Charles TREMBLAY, biochim.

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

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

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

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

Tirage certifié : membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau



SOMMAIRE

ARTICLES

- 3 LA COMMANDE DU PROCESSUS
PAR ORDINATEUR À LA COMPAGNIE
DE PAPIER ROLLAND LIMITÉE
par : Lucius Bélanger, chimiste

La commande par ordinateur de machines à papier a pris un essor assez considérable au cours des années 60. Au Québec, l'usine de la Compagnie de Papier Rolland Limitée, à Saint-Jérôme, est la seule usine à avoir développé une telle application de l'ordinateur. L'article décrit les particularités de cette application, et les bénéfices qui en sont tirés.

- 11 L'ANALYSE DU BRUIT EN MILIEUX URBAINS
par : Jean-Gabriel Migneron, ing.

Après avoir démontré la nécessité de la lutte contre le bruit dans les grandes agglomérations, l'auteur développe les trois grandes méthodes d'analyse employées dans ce domaine : l'analyse spectrale, l'analyse statistique des intensités dans le temps et l'analyse spatiale.

RUBRIQUES

- 2 COMMUNIQUÉ :
Institut de Recherche de l'Hydro-Québec (IREQ)
- 22 CONFÉRENCE :
« La lutte à la pollution :
objectifs — coûts — bénéfices »
par : Jean-Paul Gourdeau, ing.
- 9 LE MOIS : Chroniques mensuelles
- 24 RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

NDLR

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

PHOTO COUVERTURE

Maquette du Laboratoire Grande Puissance de
l'Institut de Recherche de l'Hydro-Québec (IREQ)
situé à Varennes, Québec.

COMMUNIQUÉ

Institut de Recherche de l'Hydro-Québec (IREQ)



La dernière phase de l'aménagement de l'Institut de Recherche de l'Hydro-Québec (IREQ), un des plus importants centres de recherches en électricité du monde, est en voie de réalisation.

En effet, l'Hydro-Québec a confié à Louis Donolo Inc. la construction des bâtiments du laboratoire Grande Puissance de l'IREQ. Le montant du contrat est de \$5 817 777.

Les Laboratoires généraux ainsi que le laboratoire Haute Tension ont été respectivement complétés en septembre 1970 et décembre 1971.

La fin des travaux de construction des bâtiments du laboratoire Grande Puissance est prévue pour octobre 1972. Toutefois, l'aménagement complet du laboratoire ne sera réalisé qu'en 1973.

Conçu d'abord pour répondre aux propres exigences de l'Hydro-Québec, l'Institut comble les lacunes de la recherche en électricité au Canada et aux États-Unis. Avec un personnel de quelque 200 scientifiques et techniciens recrutés partout dans le monde, et doté de l'équipement le plus complet et le plus moderne qui soit, l'IREQ est aussi en mesure de répondre aux besoins de recherche de l'entreprise privée et publique.

LE LABORATOIRE GRANDE PUISSANCE

Le laboratoire Grande Puissance, qui occupera une superficie de 115 600 pieds carrés, se composera de quatre blocs inter-reliés.

Le bloc « A » abritera les cellules d'essais de l'appareillage à des tensions de 2 000 à 70 000 volts, ainsi que les laboratoires à très forts courants et à courant continu. Les cellules d'essais sont construites en béton armé. Les murs ont deux pieds d'épaisseur pour résister aux éclatements durant les essais de destruction.

Le bloc « B » comprendra notamment des salles de montage, un dépôt, une chambre froide, un atelier d'instrumentation, une salle de mécanique et un poste de distribution à 25 kilovolts.

Le bloc « C » abritera les bureaux du personnel, la salle de commande générale et d'autres services connexes.

Le bloc « D » comprendra trois cellules d'essais à des tensions supérieures à 80 000 volts et pouvant atteindre 1 200 000 volts, des salles de commandes et un abri pour l'équipement d'essais synthétiques.

L'énergie requise par le laboratoire Grande Puissance sera fournie par trois lignes à 220, 315 et 735 kilovolts provenant du poste Boucherville, situé à un mille de l'Institut.

ÉTAPES DE L'AMÉNAGEMENT

L'aménagement complet du laboratoire Grande Puissance, dernière phase de la réalisation de l'IREQ, comporte trois étapes :

Étape de 1971 :

construction des bâtiments, aménagement des circuits à 220 kilovolts du poste, et installation de trois transformateurs de court-circuit à 230 MVA chacun pour l'alimentation des cellules d'essais à 25 kilovolts.

Étape de 1972 :

aménagement des circuits à 315 kilovolts et 735 kilovolts et installation de six transformateurs de court-circuit à 1 200 MVA chacun pour l'alimentation des cellules d'essais de 70 à 735 kilovolts.

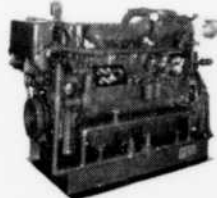
Étape de 1973 :

aménagement du laboratoire d'essais synthétiques.

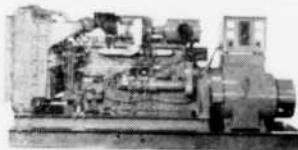
Le laboratoire Grande Puissance servira à la recherche et aux tests sur la puissance actuelle et future en courants continu et alternatif de l'équipement.

Il sera possible de faire un appel de puissance sur le réseau de l'Hydro-Québec de l'ordre de 7 200 MVA pour les essais de court-circuit. Les méthodes synthétiques permettront des essais de court-circuit pour des puissances équivalentes de six à dix fois plus grandes.

L'architecte du laboratoire Grande Puissance est M. Jean G. Gélinas, les ingénieurs-conseils sont Lalonde, Girouard, Letendre & Associés. Le directeur du projet IREQ est M. Paul Carrière, de l'Hydro-Québec.



Spécifiez DIESEL RUSTON... des vies peuvent en dépendre.



MOTEURS DE POMPES AUTOMATIQUES À INCENDIE

(homologués par Underwriter's Laboratories of Canada)

GROUPES GÉNÉRATEURS

Employés dans les climats arctiques ou tropicaux, les diesels *Ruston*, *Paxman* et *Dorman* ont acquis une réputation

universelle de fiabilité et d'économie. Voyez toute la gamme de nos modèles. Ruston Diesels Limited se chargera de l'installation complète (y compris l'équipement de commande et de contrôle) et de l'entretien.

La répartition des ateliers d'entretien et entrepôts de pièces Ruston — St-Jean (T.-N.), Halifax, Montréal, Toronto, Winnipeg et Vancouver — vous assure un service rapide en tout temps et réduit au minimum la durée d'immobilisation.

Il existe des modèles pour toutes les exigences, de 10 à 8,850 c.v. de puissance effective, pour charge de base ou de secours, pour la production d'énergie, les installations de pompage électrique ou pour emploi industriel.

SUITE 535, 3300 BOUL. CAVENDISH
N.D.G., MONTRÉAL 261, P.Q.
TÉL: (514)487-7920
St. John's • Halifax • Toronto • Vancouver

**Diesels
Ruston** LIMITÉE

Representants: MID-CONTINENT SUPPLY CO. INC. Alberta, Sask.; HENDERSON POWER EQUIPMENT LTD. Manitoba, Lakehead

LA COMMANDE DU PROCESSUS PAR ORDINATEUR à la Compagnie de Papier Rolland Limitée

par Lucius Bélanger, chimiste

Notes biographiques :

M. Bélanger est un diplômé de l'Université de Montréal, B.Sc. (Chimie), promotion 1957.

D'abord responsable de projets au Département Technique de la Compagnie de Papier Rolland Limitée, il y a acquis une très bonne connaissance des divers aspects du processus de fabrication du papier.

Il a ensuite dirigé le projet d'application de l'ordinateur à la régulation de processus, et occupe maintenant le poste de Directeur de l'Informatique dans la même entreprise.

Introduction

Quoique l'industrie papetière ne soit pas aussi avancée que certaines autres industries dans l'emploi de l'ordinateur pour la commande de son processus, ses premières expériences dans ce domaine remontent déjà à quelques années, soit aux environs de 1961.

Aujourd'hui, on compte plusieurs dizaines d'ordinateurs appliqués à une ou plusieurs étapes du processus de fabrication des pâtes et du papier. Il n'est plus rare, dans les projets de construction de nouvelles machines ou de nouvelles usines, de voir apparaître l'ordinateur de commande de processus dès le stade de conception de l'usine ou de la machine.

La plus grande partie de ces applications, soit environ 50, se trouve aux États-Unis. On en compte aussi un certain nombre en Europe, particulièrement en Scandinavie, et quelques-unes au Canada.

En gros, on peut distinguer deux types d'installations. Le premier consiste en l'utilisation d'un ordinateur relativement puissant et d'usage général appliqué ou applicable à la surveillance ou à la régulation d'un assez grand nombre de fonctions de toutes sortes ; dans ce type d'installation, le développement des diverses applications de l'ordinateur est généralement à la charge de l'utilisateur, tant pour l'instrumentation et l'équipement auxiliaire que pour le développement et la programmation des fonctions de commande. Le second type, de popularité plus récente, consiste en l'usage d'un mini-ordinateur dédié à un nombre restreint de fonctions ; ces ordinateurs sont généralement pré-programmés comme partie d'un « package » comprenant aussi l'instrumentation de mesure et de commande.

Généralités

La Compagnie de Papier Rolland

La Compagnie de Papier Rolland n'est pas une entreprise verticalement intégrée. Elle obtient la matière première déjà préparée sous forme de pâtes de diverses qualités et ses activités consistent en la transformation de ces pâtes en papiers fins, c'est-à-dire en une multitude de produits de qualités diverses, destinés principalement à l'impression et à la conversion en papeterie de bureau.

La Compagnie de Papier Rolland a six machines à papier en opération dans deux moulins, soit à Saint-Jérôme et Mont Rolland ; leur capacité totale de production est d'environ 100,000 tonnes par année. Elle a de plus une filiale à Toronto, spécialisée dans le traitement de la surface (couchage) de certains produits principalement destinés à l'impression de haute qualité.

Le Processus de Fabrication

Les lecteurs non familiers avec la fabrication du papier auront intérêt à consulter le diagramme (figure 1), illustrant d'une façon schématique les principaux éléments d'un tel processus.

La première partie, communément appelée la préparation des pâtes, consiste en la désintégration dans l'eau et le mélange des pâtes jusqu'à l'obtention d'une suspension uniforme d'environ 4% de concentration. Ce mélange circule ensuite à travers des raffineurs, constitués essentiellement de deux surfaces rainurées, dont l'une est en mouvement par rapport à l'autre, et dont l'effet est de couper la fibre et en briser les parois ; cette action est essentielle à l'obtention d'une feuille forte de formation régulière. La pâte raffinée est ensuite nettoyée dans des épurateurs centrifuges, diluée à une concentration de 0.5% par l'eau recirculée de la machine à papier, puis admise à la caisse de tête. Tout au long de ce processus, l'on ajoute divers produits chimiques destinés à accroître la force, l'opacité et la brillance de la feuille, à lui conférer la teinte désirée et un bon degré de résistance à l'encre, et à favoriser la rétention sur la toile du Fourdrinier.

La caisse de tête transforme l'écoulement en tuyau en un jet de vitesse uniforme, ayant une épaisseur d'en-

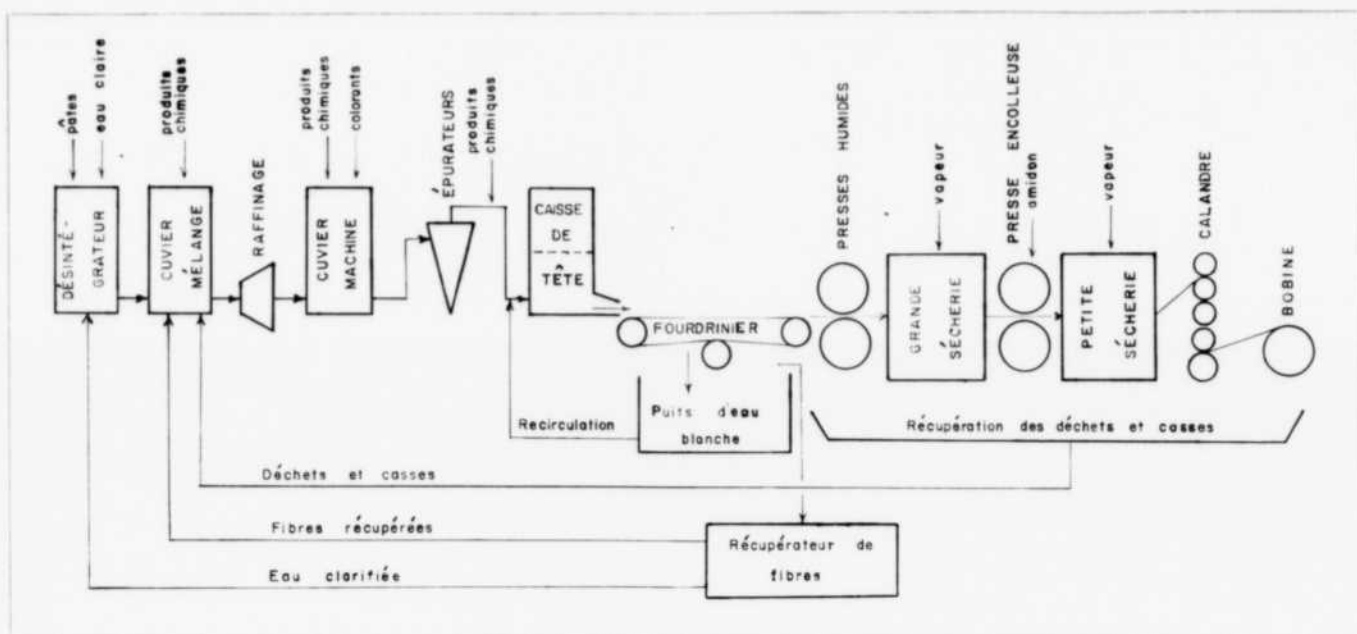


Figure 1 — Représentation schématique du processus de fabrication du papier.

viron un pouce et une largeur égale à celle de la machine à papier. Ce jet se décharge sur la toile du Fourdrinier à une vitesse à peu près égale à celle de la toile elle-même. L'eau filtre à travers la toile, entraînant avec elle une petite partie des fibres, tandis que la majeure partie demeure sur la toile en mouvement et y forme la feuille de papier.

Quittant le Fourdrinier avec un contenu en solides de 20%, la feuille pénètre dans une section de presses qui augmentera ce contenu en solides à environ 40%.

L'opération suivante est le séchage effectué par passage de la feuille sur plusieurs cylindres chauffés à la vapeur. Après un premier séchage, le papier est saturé par une suspension d'amidon dans le but d'en augmenter la force, séché à nouveau jusqu'à un contenu d'humidité d'environ 5%, glacé par calandrage, puis embobiné.

Le processus est complété par un ensemble de circuits de récupération des déchets et des fibres et de recirculation des eaux.

La régulation par ordinateur

Un tel processus comporte plus de 200 boucles primaires pouvant être soumises à la régulation digitale directe. Cependant, dans plusieurs des applications et spécifiquement à la Compagnie Rolland, l'utilisation de l'ordinateur est plutôt concentrée sur la régulation auto-adaptative de variables impliquant une dynamique complexe, la régulation coordonnée de plusieurs variables et le découpage de plusieurs boucles de régulation comportant des interactions mutuelles. Comme exemples d'intérêt à la Compagnie Rolland, mentionnons le réglage de l'humidité moyenne et du poids unitaire moyen, la correction des variations de poids et d'humidité en travers de la machine à papier, la commande de l'addition de plusieurs produits chimiques, la commande des changements de fabrication, et éventuellement le réglage de la couleur. La commande des changements de fabrication est d'un intérêt assez particulier à la Rolland, étant donné la fréquence élevée de tels changements dans le type de fabrication qui nous concerne.

L'application d'un ordinateur à la régulation de variables ou fonctions d'un tel processus est assez coûteuse, de sorte qu'elle ne peut être rentable que sur des machines à papier ayant un assez gros volume de production, et déjà bien équipée en instruments de mesure modernes. A la Compagnie Rolland, elle est donc limitée aux deux machines les plus récentes. L'une date de 1957 et produit une feuille de 144 pouces de largeur, à la vitesse de 800-1100 pieds par minute. L'autre opère depuis 1966, à une vitesse de 800-1350 pieds par minute, et produit une feuille de 172 pouces de largeur. Le poids unitaire des papiers fabriqués sur ces deux machines varie de 55 à 200 lb par million de pouces carrés.

Dans ce type de fabrication, les avantages les plus immédiats de la commande par ordinateur sont les suivants :

- une importante diminution des temps perdus par les changements ;
- une augmentation significative de la vitesse de fabrication ;
- une diminution des rejets ;
- une économie substantielle de matières premières.

Certains de ces avantages sont reliés à la meilleure qualité des produits fabriqués, et les autres au gain en capacité de production. Dans les conditions les plus favorables où les circonstances économiques permettent d'utiliser le gain de capacité, la période de recouvrement de l'investissement requis est de l'ordre de 4 ans.

L'équipement

L'ordinateur

Étant donné l'étendue du domaine d'application proposé, et ce sur deux machines à papier, l'ordinateur en est un de puissance moyenne et d'usage général. Il s'agit d'un IBM 1800 de 4 microsecondes de cycle interne et de 24 mille mots de mémoire interne. Il est équipé d'une mémoire auxiliaire de 3 disques, totalisant une capacité de 1.5 million de mots, de quatre petites imprimantes situées près des machines à papier, et d'autres périphériques auxiliaires (figure 2).

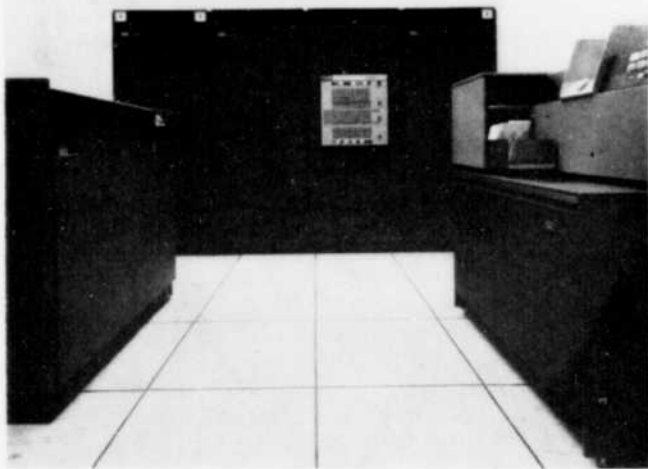


Figure 2 — L'ordinateur — IBM 1800.

Liaison ordinateur-processus

La liaison du processus avec l'ordinateur au niveau des entrées est assurée par 87 signaux du type analogique, 51 contacts de détection d'état (fermé-ouvert), 29 contacts d'interruption et 32 trains d'impulsions reçus par trois compteurs au moyen de multiplexages. Les organes de commandes (sorties) sont 48 trains d'impulsions et 58 actions-contacts. L'interface a nécessité la conversion d'un grand nombre de signaux pneumatiques et le développement de plusieurs circuits de transformation, de filtration ou de génération de signaux. En général, lorsque plusieurs unités d'une même espèce ont été requises, ou lorsqu'il a fallu rencontrer des spécifications un peu particulières, ces circuits ont été conçus et construits sur place. Cette approche a contribué à diminuer sensiblement le coût de l'équipement, la quantité de pièces de rechange à conserver et l'ampleur des problèmes d'installation. Elle a de plus permis de développer toute la compétence requise pour assurer par la suite la bonne marche continue de tout cet équipement.

Liaison opérateur-ordinateur

La liaison entre les opérateurs des machines à papier et l'ordinateur est réalisée au moyen de trois panneaux d'opération et des 4 petites imprimantes situées aux endroits stratégiques près des machines. Les panneaux d'opération ont aussi été réalisés sur place, dans le but de minimiser le coût des facilités et la dimension des programmes requis à l'ordinateur pour les servir. Ces panneaux peuvent être utilisés simultanément par 6 opérateurs de deux machines à papier, avec un encombrement de la mémoire de moins de 200 mots, et tout en ne requérant à l'ordinateur qu'un seul ensemble de points d'entrée (figure 3).

Transport des signaux

Le ræcord à l'ordinateur de tous les signaux impliqués a nécessité l'usage de 130.000 pieds de fil blindé à deux conducteurs, et de 7.000 pieds de fil à 32 conducteurs. Les capteurs les plus distants sont à 500 pieds de l'ordinateur, et le bruit maximal mesuré sur les signaux de ces capteurs ne dépasse pas 200 microvolts.

Les programmes

Comme pour l'interface physique, le développement des modèles du processus, des algorithmes de régulation et des programmes d'ordinateur a été assuré en presque totalité par le personnel de l'entreprise. On a formé à cette fin une équipe regroupant des connaissances dans le processus, dans les techniques et mathématiques de régulation, dans l'instrumentation pneumatique et électronique et dans l'ordinateur. Dans la phase la plus intensive de la réalisation du projet, cette équipe était composée de trois ingénieurs, supportés par cinq programmeurs et instrumentistes, et faisait appel au support de nombreux ingénieurs et techniciens des départements de fabrication et de services.

L'ensemble des programmes a été construit autour du software TSX de IBM, modifié dans certains aspects pour en améliorer la performance ou rencontrer certaines particularités spécifiques. Plus de 90% des programmes sont écrits en *fortran*, l'usage de *l'assembler* ayant été limité aux programmes résidant en permanence en mémoire interne.

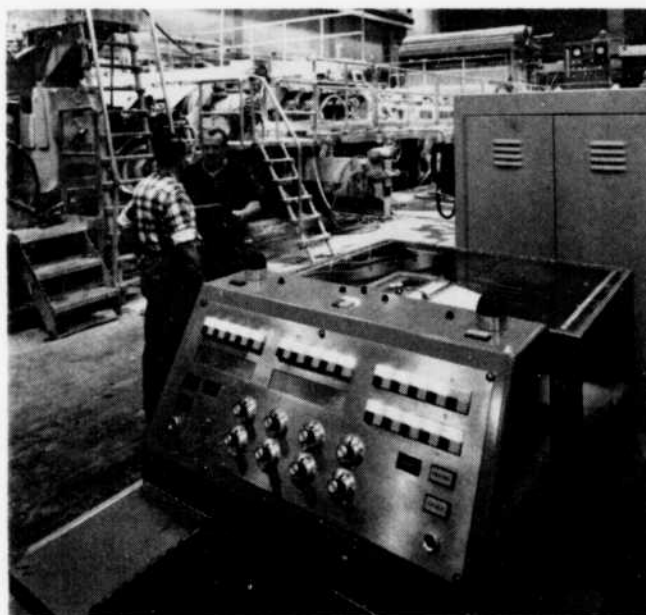


Figure 3 — Panneau d'opération.

Acquisition et exploitation de l'information

La majorité des signaux reliés à l'ordinateur sont échantillonnés à toutes les 8 secondes et accumulés sans conversion dans la mémoire interne, jusqu'à l'obtention de 8 séries d'échantillons. Quelques exceptions sont échantillonnées à la fréquence de 1.2 seconde et de 80 millisecondes. L'information ainsi accumulée est ensuite convertie en unités physiques, utilisée dans diverses formes de commandes et entreposée pour fin de rapports analytiques variés sur les conditions d'opération, la consommation des matières premières, la détection des périodes non-productives.

Modèle de la partie humide

La partie humide de la machine à papier est celle où se forme la feuille : elle débute à la sortie du cuvier de la machine et se termine à la fin du Fourdrinier. De multiples variables entourent cette section, et pour plusieurs fonctions de régulation ou de commande, il est

nécessaire d'en établir une image ou modèle dynamique faisant intervenir les relations entre ces variables décalées dans le temps. Le développement d'un tel modèle peut être théorique ou pratique. Le modèle pratique est plus facile à établir, mais son application est difficile dans un processus complexe où les conditions d'opération sont extrêmement variées ; le très grand nombre d'expériences requis pour identifier la valeur des nombreux paramètres ou coefficients qu'il contient est en effet prohibitif.

C'est pourquoi nous avons préféré le développement d'un modèle surtout théorique, représentant les principales variables le plus fidèlement possible, et construit de façon à prévoir l'ajustement dynamique des quelques coefficients qui y sont demeurés. Cette approche s'est avérée très profitable, puisque le modèle général ainsi obtenu a pu être adapté à une seconde machine à papier avec un minimum d'efforts, et que sa performance ne s'est pas détériorée en dépit de modifications substantielles au processus et aux conditions d'opération.

Ce modèle a été développé à partir d'une représentation simplifiée du processus, illustrée à la figure 4. La seule simplification importante de ce diagramme consiste dans le fait d'y avoir englobé dans la caisse de tête les recirculations entourant ce secteur.

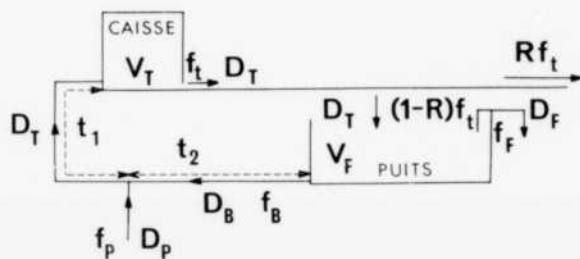


Figure 4 — Représentation schématique de la partie humide de la machine, utilisée pour le développement du modèle du processus.

De cette représentation sont tirées deux équations différentielles non linéaires, décrivant respectivement l'effet de la caisse de tête et du puits d'eau blanche.

$$f'_t = f(D_T, D'_T, V_T, f_p, f_t, t_1, t_2) \quad (1)$$

$$f'_B = f(D_T, D_B, D'_B, V_F, f_B, f_p, f_t, R) \quad (2)$$

La filtration sur la toile du Fourdrinier est décrite par une équation empirique, destinée à maintenir un contenu en solides constant à la fin du Fourdrinier, et mettant en relation le poids unitaire du papier, le débit à la caisse de tête et la vitesse de la machine :

$$D_T = f(BW, \text{Vitesse}) \quad (3)$$

Les autres variables sont reliées par une expression de la balance du matériel en état de régime permanent :

$$BW = f(C_{sp}, R, \text{Vitesse}, D_P, D_T) \quad (4)$$

Afin de décrire les changements de rétention sur la toile du Fourdrinier, une expression simple a été développée par la comparaison de résultats de simulation avec les résultats obtenus d'expériences sur la machine à papier.

$$\frac{\Delta R}{\Delta BW} = f(R, BW) \quad (5)$$

Ces 5 équations, formant le modèle de la partie humide de la machine, ont été insérées dans un programme de simulation de processus continu (CSMP de IBM), et la réponse du modèle à un changement brusque du débit de pâte épaisse D_p a été observée pour des conditions d'opération variées. La comparaison de ces observations avec la réponse réelle de la machine à papier a permis de déterminer les volumes effectifs de mélange autour de la caisse de tête (V_T) et du puits d'eau blanche (V_F). On en a obtenu un volume de caisse de tête fictif plus grand que le volume réel, prenant en considération l'effet des recirculations qui entourent cette caisse. Quant au volume déterminé pour le puits d'eau blanche, il est plus petit que le volume physique, indiquant qu'il n'y a mélange réel que dans la partie supérieure du puits ; le reste du volume du puits apparaît comme partie intégrale du temps de transport t_2 . La figure 5 compare, pour un ensemble de conditions données, la réponse du modèle calibré à celle de la machine à papier.

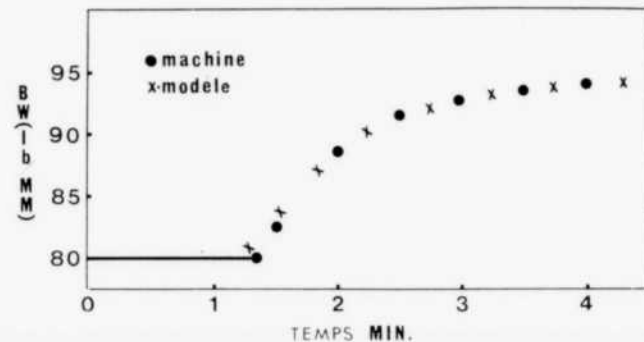


Figure 5 — Comparaison entre la réponse de la machine et celle du modèle, pour un changement brusque du débit de la pâte épaisse.

Changements de fabrication

Ce modèle sert à changer par ordinateur la vitesse de fabrication ou le type de papier en fabrication. Le changement se produit en trois étapes :

- 1) L'opérateur de la machine à papier demande à l'ordinateur, par le panneau à sa disposition, les conditions d'opération pour le type de papier à fabriquer. Il reçoit alors sur son imprimante l'information désirée, vérifie cette information, la modifie au besoin et demande à l'ordinateur de préparer le changement de fabrication.
- 2) L'ordinateur prend connaissance des conditions présentes d'opération et de celles auxquelles il doit arriver, simule au moyen du modèle le changement à exécuter, et en obtient la trajectoire qu'il devra faire suivre à chacune des variables impliquées pour maintenir le processus en équilibre tout en minimisant la durée du changement.
- 3) Sur demande de l'opérateur, l'ordinateur applique les trajectoires calculées.

Les variables manipulées par l'ordinateur lors de ces changements sont le débit de pâte épaisse, la vitesse

de la machine, la pression et l'ouverture de la caisse de tête et la pression de vapeur de la dernière sécherie. La surveillance de l'addition des divers produits chimiques viendra bientôt s'ajouter à ce programme.

Réglage du poids unitaire

Dans le réglage du poids unitaire du papier, les variations à corriger sont habituellement petites, de sorte qu'une approximation linéaire des équations différentielles du modèle analytique est suffisamment précise. L'expression résultante est la suivante :

$$BW(t) = BW_n + \Delta BW (1 + A_1 e^{-B_1(t-t_d)} - (A_1 + 1)e^{-B_2(t-t_d)}) \quad (6)$$

Les paramètres A_1 , B_1 et B_2 sont fonction des conditions d'opération connues, auxquelles ils s'adaptent automatiquement :

$$A_1, B_1 \text{ et } B_2 = f(D_T, D_P, V_T, V_P, R) \quad (7)$$

Comme le délai de transport t_d et la constante de temps du système sont relativement élevés, l'algorithme de régulation doit tenir compte, par référence au modèle linéaire, de la fraction $f(t)$ des corrections antérieures qui n'est pas encore arrivée au niveau de l'appareil de mesure :

$$f(t) = -A_1 e^{-B_1(t-t_d)} + (A_1 + 1)e^{-B_2(t-t_d)} \quad (8)$$

Les corrections à effectuer en terme de poids unitaire sont traduites en débit par un algorithme des plus simples, dont le gain est égal à l'unité.

Modèle de la sécherie

Pour la régulation de l'humidité du papier, à cause de la complexité du processus, il a fallu assumer que la sécherie répondait tout simplement selon une forme exponentielle du premier degré, comprenant un délai de transport t_d :

$$H(t) = H_n + \Delta H (1 - e^{-t/T_c(t-t_d)}) \quad (9)$$

La fraction $f(t)$ de la correction antérieure qui n'est pas encore arrivée au point de mesure au temps t est obtenue par l'expression :

$$f(t) = e^{-t/T_c(t-t_d)} \quad (10)$$

Le modèle repose sur un certain nombre d'expressions empiriques ajustant dynamiquement la valeur de la constante de temps T_c , du facteur de gain et du facteur de découplage entre les variations du poids et celles de l'humidité. Les expressions ont la forme de dérivées partielles mettant en relation les principales variables entourant cette section du processus.

L'algorithme de régulation

Il existe un très grand choix d'algorithmes plus ou moins complexes. Celui que nous utilisons à la Rolland est extrêmement simple ; couplé avec le modèle $f(t)$, il permet des corrections fréquentes sans instabilité. À la figure 6, sa performance est comparée à celle du régulateur analogique utilisé antérieurement.

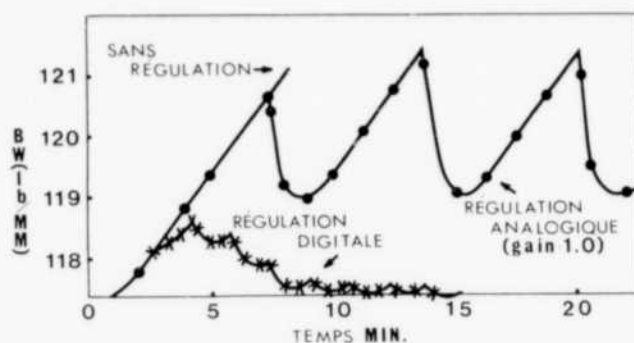


Figure 6 — Comparaison entre le comportement des régulateurs analogique et digital, pour une perturbation continue de 0.25% dans la concentration de la pâte épaisse.

Cet algorithme a la forme suivante :

$$C_n = -E_n - \sum_{i=1}^n C_{n-i} f(iT - t_d)$$

Il exprime que la correction n doit être égale à la valeur négative de la déviation mesurée, plus la valeur négative de la somme des fractions des corrections antérieures qui n'ont pas encore atteint le point de mesure.

Un élément de complexité s'ajoute à cet ensemble, provenant du fait que la mesure n'est pas instantanée. Elle est en fait composée d'échantillons provenant d'un balayage de toute la largeur de la feuille en une période de 70 secondes. L'effet diagonal obtenu doit lui-même être traité de façon à séparer les composantes de variation sens machine et sens travers. Ce traitement requiert un algorithme relativement complexe faisant lui aussi usage du modèle du processus, et de l'historique des récentes corrections.

Correction des variations en travers de la machine

L'obtention d'une humidité et d'un poids moyen constants n'est pas suffisante pour obtenir une feuille parfaite. Il faut aussi assurer l'uniformité dans toute la largeur de la feuille.

À cet effet, un programme statistique analyse les variations concernées, effectue le découplage entre celles du poids et celles de l'humidité, et détermine les corrections nécessaires aux 30 ajustements locaux de l'ouverture de la caisse de tête et aux 10 ajustements des ventilateurs à travers la sécherie.

L'application de ce programme à la correction des variations d'humidité est encore au stage expérimental, mais son application au poids a déjà donné les résultats les plus satisfaisants.

Résultats

Ce projet a débuté au cours de 1967. L'ordinateur était installé et les programmes de recueil de l'information étaient en opération dès la fin de 1969.

Depuis ce temps les diverses fonctions que nous avons décrites ont été développées et mises en application sur une première machine à papier. L'adaptation

des programmes pour la seconde machine est à peu près complète et ces programmes seront bientôt totalement en usage.

Des bénéfices très substantiels en ont été tirés, en plus de maints avantages indirects reliés surtout à l'information plus complète sur la conduite du processus et au meilleur état de l'instrumentation.

Le programme de changement de fabrication a été utilisé très régulièrement (plus de 1000 fois), réduisant la durée moyenne des changements de 15.2 à 4 minutes. Le changement le plus important a consisté dans le passage d'une fabrication d'un papier de 180 lb par million de pouces carrés à 850 pieds par minute à un papier de 84 lb à 1200 pieds par minute.

Le même programme peut être utilisé tout simplement pour un changement de vitesse. Dans un essai expérimental, la vitesse d'une machine fut portée de 1170 à 1465 pieds par minute sans perte de papier. Cette facilité, couplée avec l'information plus complète sur le processus, a permis d'augmenter de plus de 3% la vitesse moyenne de la première machine attachée à l'ordinateur.

Dans le réglage du poids et de l'humidité, il a été possible de réduire d'environ 50% les variations qui existaient lors de l'usage de régulateurs conventionnels. La déviation standard du poids moyen est en effet passée de 1.2 à 0.5 lb par million de pouces carrés, tandis que celle de l'humidité moyenne est diminuée de 0.16% à 0.08%. Quant aux variations du poids en travers de la machine, elles ont été réduites de plus de 65%.

Des bénéfices assez importants sont aussi attendus de la mise en marche des programmes pour la correction de l'humidité en travers de la machine, et pour la surveillance de l'addition des divers produits chimiques.

Les plans à plus long terme incluent le réglage de la coloration, de l'opacité et de la tension entre les di-

verses sections de la machine à papier. Il s'agit là d'applications difficiles qui ne manqueront certes pas de soutenir l'intérêt des ingénieurs et techniciens impliqués dans ces réalisations. ■

DÉFINITION DES SYMBOLES

Spéciaux

x'	dérivé de x par rapport au temps
$f(x)$	fonction de la variable x
Δx	Variation de x

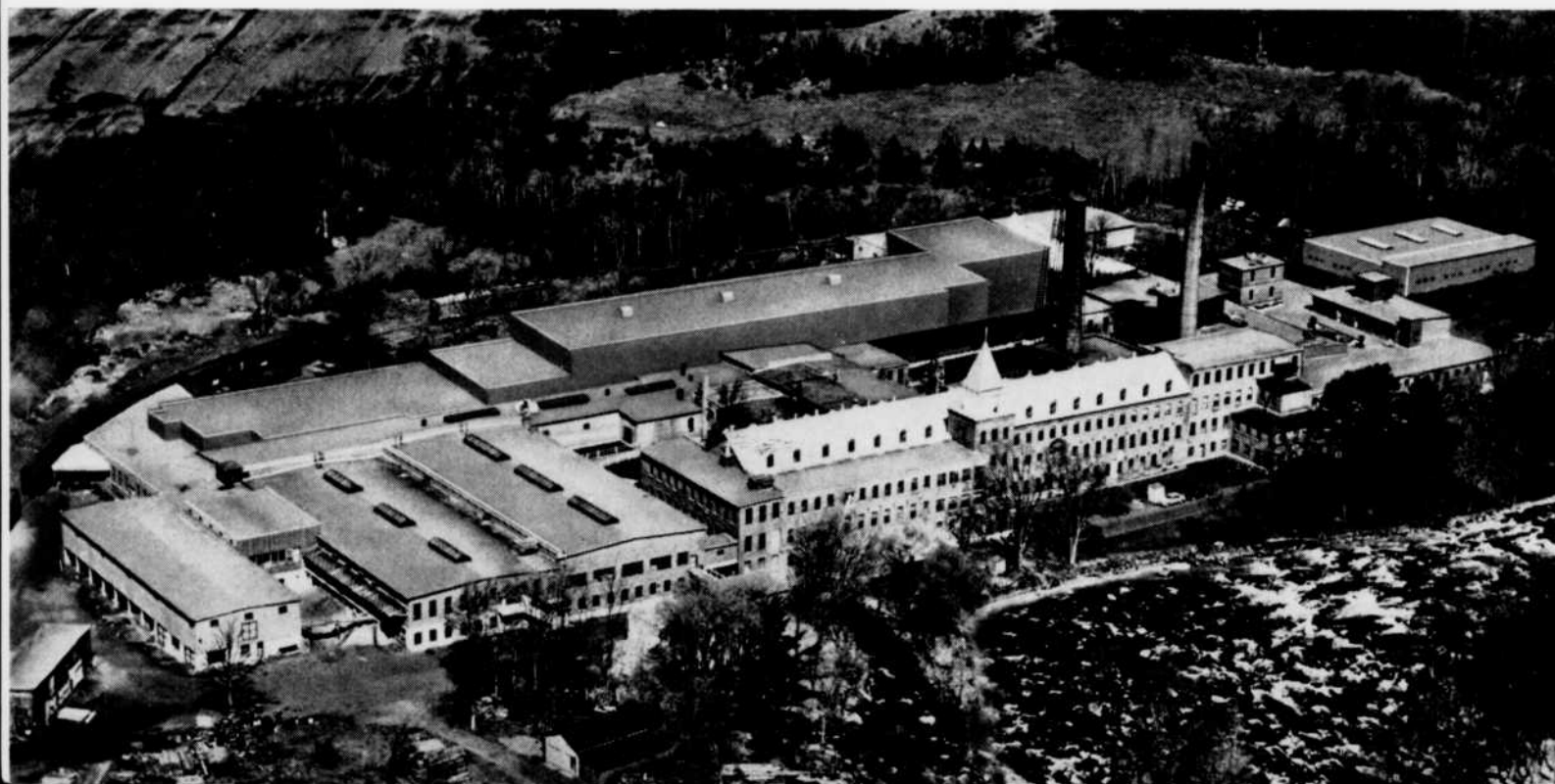
Souscription

T et t	réfèrent à la caisse de tête
B	réfère aux recirculations provenant du puits d'eau blanche
F	réfère au débordement du puits d'eau blanche
P	réfère à l'arrivée de nouvelle pâte (pâte épaisse)
n	rang de la variable souscrite
o	Initial, c'est-à-dire au temps $t = 0$

Variables

D	débit d'eau
f	débit de solides
V	volume
R	rétention sur la toile du Fourdrinier
t_1	temps de transport entre la valve d'entrée de la nouvelle pâte et la caisse de tête
t_2	temps de transport entre le puits d'eau blanche et l'entrée de nouvelle pâte
BW	poids unitaire en lb par million de pouces carrés (lb/MM)
C_{sp}	concentration en solides de la nouvelle pâte
H	humidité
I_c	constante de temps de la sécherie
C	correction, en unité de poids ou d'humidité
E	erreur, en unité de poids ou d'humidité
T	temps entre chaque correction
t_d	temps de transport, pour le poids ou l'humidité
e	base des logarithmes naturels
t	temps

Vue de la principale usine de la Compagnie de Papier Rolland Limitée, située à Saint-Jérôme, Québec.



LE

MOIS

INGÉNIEURS DEMANDÉS

CARNET / EN BREF

NÉCROLOGIE / NOMINATION

Ingénieurs demandés

— **ARSENAULT, GARNEAU & ASSOCIÉS**, ingénieurs-conseils (M. Paul-André Collin) 1550 ouest, rue de Louvain, Montréal 355, Qué. Tél. : (514) 389-5958.

Ingénieur mécanicien, de préférence avec 3 à 5 années ou plus d'expérience pratique, pour « design » de projets de mécanique du bâtiment, chez ingénieurs-conseils à Montréal. À l'occasion, le candidat choisi aura à faire la surveillance de l'installation des systèmes projetés. Salaire : suivant expérience.

— **INTERMÉDIAIRE : M. Raymond Barbeau, ing.**, 955 est, boulevard de Maisonneuve, Montréal 132, Qué.

Ingénieur civil, couramment bilingue et ayant bonne expérience pratique en génie municipal, pour assumer des fonctions semblables à celles d'un gérant de municipalité, dans le grand nord du Québec. Salaire : à la mesure de l'expérience du candidat.

Note : Les intéressés sont priés de poser leur candidature par écrit, en envoyant « curriculum vitae » à M. Barbeau.

— **INTERMÉDIAIRE : M. Pierre Beaudry, C.P.** 1058, Place d'Armes, Montréal 126, Qué.

Cet intermédiaire représente une firme faisant le commerce de produits liquides, laquelle veut engager un ingénieur mécanicien ou de toute autre spécialité, au courant des opérations des établissements industriels, pour le poste de « Ingénieur des Opérations », dont les fonctions comprendront, entre autres : 1. — Réception, manutention et entreposage de la marchandise reçue des fournisseurs ; 2. — Embouteillage de la marchandise reçue en barils ou autres grands contenants ; 3. — Approvisionnement efficace des succursales de vente au détail ; 4. — Établissement de programmes d'entretien préventif et correctif, pour assurer le bon état de fonctionnement de l'équipement et des bâtisses.

Travail à Montréal. Salaire : suivant expérience.

Note : Prière de poser candidature par écrit, en envoyant « curriculum vitae » à M. Beaudry, mentionnant salaire désiré.

— **BELL CANADA** (M. Gabriel Hénault, ing.) 550 ouest, rue Sherbrooke, Montréal 111, Qué. Tél. : (514) 870-2424.

Jeune ingénieur électricien bilingue avec environ 2 ans d'expérience, pour « design » de filerie d'éclairage et de force motrice, pour édifices industriels et commerciaux à Montréal. Salaire : à discuter.

— **CEGEP DE TROIS-RIVIÈRES** (M. Claude Simard, professeur) 2500, rue de Courval, Trois-Rivières, Qué. Tél. : (819) 378-9171.

Ingénieur métallurgiste avec 1 ou 2 ans d'expérience dans la spécialité, pour enseigner au Département des Techniques métallurgiques. Salaire : suivant normes courantes.

Note : Prière de poser candidature par écrit, en envoyant « curriculum vitae » à M. Simard, ou en téléphonant, frais virés, pour prendre rendez-vous.

— **CHEMCELL LTD.** (M. Henri Bouchard, Surintendant du personnel) Drummondville, Qué. Tél. : (819) 478-1451.

a) Ingénieur mécanicien, bilingue de préférence, avec 2 à 5 années d'expérience pratique dans l'industrie, pour s'occuper d'entretien mécanique des systèmes et machines.

b) Ingénieur mécanicien, avec 2 à 6 années d'expérience pratique dans l'industrie, pour poste d'ingénieur de projets.

c) Ingénieur industriel, bilingue, avec expérience dans cette discipline, pour travail dans une ou plusieurs phases du génie industriel.

Note : Dans les trois cas, travail dans fabrique de textiles à Drummondville. Salaire selon expérience. Prière de poser candidature par écrit, en envoyant « curriculum vitae » à M. Bouchard.

— **COMMISSION DE TRANSPORT DE LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE MONTRÉAL** (M. Jos Labrie, Surintendant du Bureau de Placement et Promotions) 159 ouest, rue Craig, Montréal 126, Qué.

Ingénieur industriel avec expérience de l'analyse et la simplification du travail, l'analyse statistique et la conception de systèmes pour le contrôle et la réduction des coûts d'opération, l'informatique, etc., pour travail sous la direction de l'ingénieur-surintendant de la division Analyses opérationnelles au service du Transport. Travail à Montréal. Salaire : selon la compétence du candidat.

— **INTERMÉDIAIRE : M. Louis J. Dugas, ing.**, 1880 Florida, Ottawa 8, Ontario. Tél. : (613) 995-7680.

Cet ingénieur cherche un ingénieur civil bilingue avec 5 à 10 années d'expérience générale de la construction de bâtiments, qui serait intéressé à s'occuper de restauration de bâtiments historiques. Outre les connaissances habituelles du génie civil, cet ingénieur doit instinctivement penser à toutes les autres spécialités du génie qui entrent dans tout projet de construction tel que plomberie, chauffage, électricité, etc. Le candidat choisit travaillera sous M. Dugas au bureau d'Ottawa, mais devra voyager (environ une semaine par mois) au début, surtout dans l'est de l'Ontario, le Québec et les Maritimes.

Note : Les intéressés sont priés de poser leur candidature par écrit, en envoyant « curriculum vitae » à M. Dugas.

— **HEWITT ÉQUIPEMENT LTÉE** (M. Édouard Aust, Directeur adjoint du personnel) 5001 Trans Canada Highway, Pointe-Claire, Dorval 730, Qué. Tél. : (514) 697-6915, poste 181.

Jeune ingénieur industriel, mécanicien ou civil, âgé de 25 à 30 ans, bilingue, dynamique et ambitieux, capable de prendre charge de projets et possédant une personnalité et des qualifications qui lui permettront d'accéder rapidement à un poste de direction, pour travail au département de l'ingénierie d'une société très progressive dans le domaine de l'équipement lourd. Travail à Pointe-Claire. Salaire initial : environ \$10,000, à discuter.

Tout ingénieur qui acceptera un des postes offerts dans cette liste est prié d'en avvertir le Directeur du Bureau de placement des Diplômés, M. Charles-E. Tourigny, ing., téléphone : 739-2451, poste 218.

— **COMBUSTION ENGINEERING SUPERHEATER LTD.** (Mr. D.F. Egli, Manager Personnel Relations) 1140 ouest, de Maisonneuve, Montréal 110, Qué. Tél. : (514) 842-8701.

Diplômé en génie mécanique, couramment bilingue et ayant deux ans d'expérience dans l'industrie, pour stage de formation en développement de procédés de fabrication, au Centre de Recherche Nucléaire, à Sherbrooke, Qué.

— **VILLE DE LAPRAIRIE** (M. Jean-Marie Lamoureux, maire) Hôtel-de-Ville, 600, boulevard Ste-Élisabeth, Laprairie, Qué.

Ingénieur civil avec 5 ou 6 années ou plus d'expérience en génie municipal, pour le poste d'Ingénieur de la Ville de Laprairie. Salaire : à la mesure de l'expérience du candidat.

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

— **LORRAIN & GÉRIN-LAJOIE**, ingénieurs-conseils (M. Alex Lorrain, ing.) 4070 ouest, rue Jean-Talon, Montréal 308, Qué. Tél. : (514) 731-3556.

Ingénieur en structures, ayant de 3 à 5 années d'expérience pratique, pour « design » de charpentes de béton et/ou acier pour édifices ou viaducs, ainsi que pour la surveillance de chantier à l'occasion. Le candidat choisi pourra être appelé à séjourner à l'extérieur de la métropole pour périodes déterminées. Salaire : selon expérience.

— **INTERMÉDIAIRE** : M. Paul Mignault, conseiller en administration, 184 Bromley, St-Lambert, Qué. Tél. : (514) 671-2706.

Gérant d'usine et de production — Ingénieur mécanicien, canadien-français bilingue avec 3 à 5 années ou plus d'expérience en production industrielle, de préférence dans le domaine de produits fabriqués à partir de métal en feuilles ou d'extrusions de plastiques, pour le poste de gérant d'usine et de production, dans fabrique établie à Montréal. Salaire : de \$20,000 à \$25,000 suivant expérience.

Note : Poste à être rempli le plus tôt possible. Prière de téléphoner à M. Mignault entre 9h et 12 h, pour prendre rendez-vous.

— **MINISTÈRE DES TRANSPORTS**, Aéroport International de Montréal.

Le Bureau de placement des diplômés de Polytechnique a été prié de collaborer avec le ministère des Transports, pour recruter quatre ingénieurs électriciens ou électroniciens pour remplir des postes vacants à la direction des Télécommunications du ministère des Transports. Les postes à remplir sont ceux de : 1. — Chef de la Planification ; 2. — Ingénieur régional de l'entretien ; 3. — Coordonnateur des Services de Télécommunications ; 4. — Ingénieur, spécialiste en communications par câbles téléphoniques.

Le Directeur du Bureau de placement, M. Charles-E. Tourigny, se fera un plaisir de fournir, sur demande, une formule pour poser candidature. Tél. : (514) 739-2451, poste 218.

— **NORANDA METAL INDUSTRIES LTD.** (M. Guy April, Surintendant du Personnel) 10930 est, rue Sherbrooke, Montréal-Est 550, Qué. Tél. : (514) 645-8741, local 254.

Ingénieur industriel bilingue, avec un peu d'expérience pratique dans établissement industriel, pour travail dans une ou plusieurs disciplines du génie industriel, dans industrie métallurgique à Montréal-Est. Salaire : selon expérience du candidat ; à discuter.

— **NORANDA MINES LTD.** (M. T.R. Ruduicki) 44 King Street West, Toronto, Ont. Tél. : (416) 362-7111.

Ingénieur mécanicien bilingue, diplômé de 1970, '69 ou '68, avec expérience pratique dans industrie (de préférence mine, smelter, hydro) pour assister l'ingénieur des projets dans un programme d'expansion. Le candidat choisi aura à s'occuper de surveillance des installations en tenant compte des coûts d'installation. Travail à Noranda, Qué. Salaire : à discuter.

Note : Poser candidature par écrit (en anglais), en envoyant « curriculum vitae » à Toronto.

— **JEAN-MARIE MARQUIS & ASSOCIÉS**, ingénieurs-conseils (M. Jean-Marie Marquis, ing.) 471, avenue Cathédrale, Rimouski, Qué. Tél. : (418) 723-6614.

Ingénieur en structures avec expérience dans cette discipline, pour « design » de charpentes de bâtiments, ponts, viaducs, etc., dans bureau d'ingénieurs-conseils à Rimouski. Salaire : selon expérience.

— **PORTLAND CEMENT ASSOCIATION** (M. Robert Roberge, ing., Gérant régional) 1010 ouest, rue Ste-Catherine, Montréal 110, Qué. Tél. : (514) 866-1882.

Ingénieur de Territoire — Ingénieur couramment bilingue, doué d'entregent et ayant 5 années ou plus d'expérience en construction de bâtiments ainsi que dans le domaine de la promotion pour représentation technique auprès des ingénieurs-conseils, architectes et entrepreneurs dans la Province de Québec. Bureau à Montréal. Territoire : Montréal. Salaire : à discuter.

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

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

Travail à Montréal. Salaire : selon expérience du candidat.

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

— **TRUDEAU, GASCON, LALANCETTE & ASSOCIÉS**, ingénieurs-conseils (M. Jean-Louis Bourret, ing.) Suite 2220, Place du Canada, Montréal 101, Qué. Tél. : (514) 866-2471.

Ingénieur civil avec 2 à 5 années d'expérience en calcul des charpentes, pour travail dans cette discipline chez ingénieurs-conseils à Montréal. Salaire : selon expérience du candidat.

— **UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI** (M. Jacques Druetz, Section génie mécanique) 930 est, rue Jacques-Cartier, Chicoutimi, Qué. Tél. : (418) 549-4354.

Ingénieur mécanicien avec 1 à 2 ans ou plus d'expérience pratique, pour le poste d'Auxiliaire d'Enseignement à l'U.Q. à Chicoutimi. Il aura à organiser les laboratoires, surveiller les séances de manipulations, corriger les rapports et assister les professeurs pour des séances d'exercices.

Note : Poser candidature par écrit, en envoyant « curriculum vitae ».

— **U.S.M. LIMITÉE** (M. Joseph Beaupré) 2610, avenue Bennett, Montréal 404, Qué. Tél. : (514) 255-3631.

Ingénieur bilingue, diplômé en Génie chimique, industriel ou physique, âgé d'environ 30 ans, ayant 4 ou 5 années d'expérience pratique dans les produits tels que les adhésifs, caoutchoucs, peintures, « coatings », etc., pour prendre charge de la production dans fabrique d'adhésifs à Montréal. Éventuellement, cet ingénieur sera appelé à assumer la charge entière de la manufacture, des laboratoires, etc., en plus d'assurer la liaison avec le service de la mise en marché. Salaire initial : environ \$12,000.

(suite page 20)



INGÉNIEUR VENDEUR

Un distributeur des produits de climatisation Carrier recherche un jeune ingénieur bilingue, diplômé en mécanique, pouvant traiter avec les dépositaires, les entrepreneurs et les ingénieurs-conseils de la région de Montréal. Le candidat choisi bénéficiera d'un entraînement complet. Salaire de base, commission et frais de déplacement. Écrivez à : Carrier, C.P. 140, Station H, Montréal.

L'ANALYSE DU BRUIT EN MILIEUX URBAINS

par Jean-Gabriel Migneron, ing.

Notes biographiques :

L'auteur, membre de la C.I.Q., est un ingénieur en génie civil spécialisé dans le bâtiment. Il est également titulaire d'une maîtrise en urbanisme de l'Université de Montréal. Il poursuit depuis deux ans des recherches sur le bruit urbain, en collaboration avec le Service de Santé de la Ville de Montréal, dans le but de compléter une thèse de doctorat sur ce sujet à la Faculté de l'Aménagement de l'Université de Montréal. Enfin, l'auteur a la charge de l'enseignement de l'acoustique urbaine à l'Université Laval.



Nécessité de la lutte contre le bruit

La pollution prend de plus en plus d'importance dans les préoccupations des planificateurs, surtout en ce qui concerne la planification des grandes zones métropolitaines. Les structures urbaines doivent être bien conçues pour faciliter l'enchaînement harmonieux des activités humaines, mais la ville ne doit pas pour autant affecter, à court ou à long terme, la santé de ses habitants. Parmi les diverses formes de pollution urbaine, le bruit semble être un élément moins important que les pollutions de l'air ou de l'eau ; il serait néanmoins dangereux d'en ignorer les effets et de ne pas chercher à le contrôler.

Avant d'envisager les moyens de contrôler cette pollution acoustique, il est nécessaire de voir où elle commence réellement. Si l'on compare les environnements acoustiques des milieux naturels avec ceux des villes, on constate qu'en général le bruit moyen des milieux naturels est plus faible que celui des villes ; il se situe presque toujours au-dessous de 40 décibels (A). Cependant, rien ne permet d'affirmer, de prime abord,

que l'homme ne puisse pas supporter les bruits de la ville sans que sa santé en soit affectée. Pour faire apparaître définitivement la notion de pollution acoustique des milieux urbains, il est nécessaire de considérer les effets du bruit sur le corps et sur les activités de l'homme. On doit généralement distinguer, parmi ces effets, ceux qui possèdent un caractère somatique et ceux dont les répercussions sont surtout psychiques.

Sur le plan 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 professionnelles¹. On peut définitivement supposer que des ambiances acoustiques urbaines intenses auront les mêmes effets que celles de certaines industries. Déjà on peut s'inquiéter du caractère héréditaire de l'atteinte portée à la fonction auditive. Une enquête menée ces dernières années dans les quartiers centraux de Montréal a démontré que, chez les enfants fréquentant les écoles de ces quartiers, le taux de surdité était plus élevé que ce qui semble normalement admis. On peut certes vivre sourd, mais n'est-il pas nécessaire de conserver, autant que faire se peut, ce sens admirable qu'est la fonction auditive ? L'audition est, en effet, l'un des principaux vecteurs de la communication ; elle constitue un facteur d'épanouissement intellectuel et d'accession à la connaissance, en plus d'être très utile sur le plan de la sécurité corporelle. En deçà de ces effets somatiques lents de dégradation progressive de l'audition, le bruit peut provoquer, suivant son intensité et sa violence, une dilatation de la pupille suivie de troubles de la vision, une dilatation des vaisseaux sanguins, une élévation de la tension artérielle et une accélération du rythme cardiaque. On peut donc définitivement parler d'une véritable agression par le bruit. Les médecins évaluent à 60 phons, soit un peu plus de 50 décibels (A), le seuil possible de cette agression².

Sur le plan psychique, les troubles sont difficilement mesurables ; ils peuvent être plus prononcés encore que les troubles somatiques. Leroy, C. écrit à ce sujet, dans la revue « Santé Mentale » : « Si on soumet un sujet à

1. À ce propos, on ne peut trouver meilleur exemple que dans une lettre ouverte de Gladys McDonald, publiée dans la revue « Le Papetier » No 5, Québec, décembre 1969.

2. D'après « Le bruit », Documenta Geigy, 8 p. Produits pharmaceutiques Geigy, Bâle, 1968.

des stimulations sonores excessives, diffuses, significatives ou non, mais extrêmement intenses et variées, on obtient le même effet que l'isolement sensoriel, c'est-à-dire une déstructuration de son schéma corporel et du cours de la pensée ». Les effets psychiques du bruit ne peuvent se comprendre « qu'en fonction de celui qui le perçoit, de ce qu'a été sa vie, son histoire, ses intérêts, ses activités et de ce qu'est son projet et son travail... Tout dépend de la gêne aux signaux que perçoit, que veut percevoir, doit percevoir ou ne désire pas percevoir tel sujet »³.

La gêne commence à partir du moment où le bruit affecte la communication, le repos ou le recueillement. Par exemple, dès le moment où un bruit vient perturber la perception auditive d'une personne, surtout à partir du moment où cette personne en est consciente, elle n'est psychiquement plus capable de l'oublier. Tout un processus neuro-physiologique s'est mis irrémédiablement en marche et elle ne peut plus percevoir autre chose que le bruit. Alors, la personne s'énerve, elle frappe au mur pour faire savoir à son voisin qu'il l'incommode et elle va se brouiller définitivement avec lui. Le bruit peut donc affecter considérablement, par ses atteintes psychiques, les relations humaines. 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. D'ailleurs, les individus possédant déjà un caractère névrotique sont beaucoup plus sensibles à l'influence du bruit.

Lorsque l'on considère le niveau de bruit qui existe actuellement dans les grandes métropoles, on constate que, non seulement il est très élevé pendant les heures de pointe mais que, de plus, il persiste tout au long de la journée sans jamais présenter une atténuation importante. Par exemple, pour certains carrefours de Montréal, ville qui n'est pas particulièrement bruyante, sur 24 heures consécutives, pendant 15 heures l'intensité du bruit est supérieure à 65 décibels (A). On peut donc définitivement parler de pollution acoustique, car un tel niveau affecte l'audition et le comportement psychique des individus, tout en empêchant la communication et le repos. Le lourd tribut économique que l'on doit payer pour la pollution acoustique se chiffre par des milliers d'accidents, par des milliers d'heures de travail perdues et par d'innombrables soins médicaux les plus divers.

Devant tous les maux que peuvent engendrer les agressions sonores, il importe avant tout de lutter contre le bruit et ce, plus particulièrement encore, dans les villes. D'un point de vue écologique, on dira que l'on doit contrôler l'environnement acoustique des milieux urbains. Un processus complet pour ce contrôle devrait comporter en premier lieu une évaluation de l'état

de pollution actuel ; ceci nécessitant, en plus des mesures acoustiques sur le terrain, l'établissement de critères acceptables, à la fois représentatifs de la réalité humaine et clairement définis sur le plan méthodologique. Après application immédiate des solutions techniques économiquement réalisables, ce processus impliquerait un contrôle permanent de l'effet des directives et des législations mises en œuvre, non seulement sur l'environnement acoustique, mais aussi sur tous les autres aspects de la ville et de son organisation. Bien que de nombreuses recherches soient encore nécessaires pour cerner la réalité complexe de la pollution acoustique, la plupart des organismes intéressés s'efforcent de couvrir une partie du problème. Ainsi, par exemple, le Service de Santé de la Ville de Montréal recherche des solutions immédiates aux nombreuses plaintes qui lui sont soumises, travail pour lequel il rencontre généralement une grande collaboration de la part des compagnies ou des particuliers responsables du bruit. De plus, le Service de Santé prépare des directives à long terme pour les autres services municipaux intéressés tels que l'urbanisme, la police, les achats, les permis et inspections, etc.⁴

Dans le domaine de la lutte contre le bruit, l'ingénieur, qu'il soit spécialisé en génie civil, en habitation ou en électronique, trouve un champ privilégié d'activité, notamment en ce qui concerne les mesures acoustiques nécessaires et le calcul des solutions retenues en matière de protection acoustique. Dans les chapitres qui vont suivre, nous traiterons plus spécialement de la méthodologie de mesure du bruit en milieux urbains et de l'instrumentation nécessaire.

Les méthodes de mesure employées pour les bruits urbains

Pour pouvoir lutter contre le bruit, il faut en premier lieu pouvoir le mesurer, tout autant suivant sa constitution physique que suivant son degré de perception par l'homme et ses effets sur les activités humaines. C'est cette dualité que nous nous efforcerons de préciser tout au long de ce chapitre.

D'un point de vue strictement physique, un son pur est caractérisé par sa fréquence vibratoire, son intensité, sa périodicité temporelle ou sa stabilité d'entretien et son mode de répartition spatiale. En ce qui concerne les bruits, qui sont la plupart du temps constitués par la superposition de multiples fréquences, ils peuvent être définis, en un point de l'espace dans lequel ils se propagent, par leurs fréquences constitutives, les intensités particulières de ses fréquences et l'évolution de ces deux caractéristiques en fonction du temps. Schaeffer, P. a bien illustré cette définition de ce qu'il appelle un « objet sonore », c'est-à-dire d'une onde acoustique simple ou complexe donnée à entendre, par la figure no 1⁵. Dans cette figure, on trouve les trois plans caractéristiques de tous les bruits : le plan harmonique contient, pour un temps déterminé, la composition spectrale du bruit étudié, c'est-à-dire les intensités des différentes fréquences qui le constituent à ce même moment, le plan dynamique contient les variations de l'intensité en fonction du temps et enfin, le plan mélodique contient les variations des fréquences constitutives dans le temps. En ce qui

3. Leroy, C. : « Quelques remarques sur les Effets Psychophysiologiques du Bruit » dans « Santé Mentale », pp. 21-24, Bulletin de la Ligue Française d'Hygiène Mentale, No 4, 1969.

4. « Symposium sur la pollution — troisième journée consacrée au bruit — Compte rendu de la présentation audiovisuelle du 23 septembre 1970 », 57 p., Groupe du Bruit, Service de Santé, Ville de Montréal.

5. Schaeffer, Pierre : *Traité des Objets Musicaux*, 671 p. Éditions du Seuil, Paris, 1966.

concerne les bruits urbains, les deux plans principaux d'analyse sont le plan harmonique et le plan dynamique⁶. On ajoutera à cela qu'il est important de se préoccuper de la répartition spatiale des intensités de bruit. Ainsi, avec ces trois variations : variation des fréquences constitutives à un moment déterminé, variation de l'intensité dans le temps et variation de l'intensité dans l'espace, on peut cerner toute la réalité de l'environnement acoustique urbain.

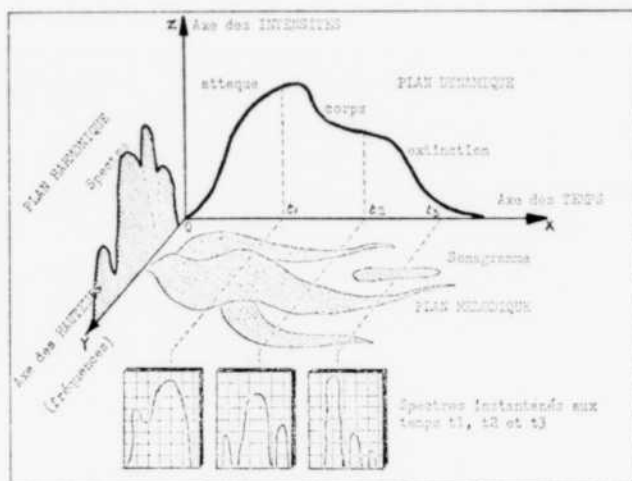


Figure 1 — Les trois plans de coordonnées définissant l'aspect physique de tous les objets sonores (d'après Schaeffer).

Si l'on considère plus particulièrement la composition spectrale, elle est généralement très importante car l'oreille humaine ne perçoit pas également toutes les fréquences du spectre audible. Si, de plus, on étudie un bruit entretenu, c'est-à-dire d'intensité constante dans le temps, sa composition spectrale, relevée sur les lieux où ce bruit est susceptible d'entraîner une gêne, est la seule caractéristique qu'il soit nécessaire de connaître. Dans la représentation d'un spectre de bruit, les fréquences sont notées en Hertz, ou autrement dit en cycles par seconde, et les intensités acoustiques en décibels. Les bruits, comme tous les sons, sont en fait des variations de la pression de l'air autour de la valeur moyenne de la pression atmosphérique. On peut donc évaluer les intensités de bruit par une mesure de la pression dans l'air. Comme il s'agit d'une variation périodique, cette évaluation se fera par l'intermédiaire de la valeur efficace de cette variation de pression. Lorsqu'on étudie à partir de quelle valeur de pression un son devient audible, on constate qu'à la fréquence de 1000 Hertz, fréquence pour laquelle l'oreille humaine est au voisinage de son maximum de sensibilité, ce seuil de perception correspond à une pression de valeur efficace égale à 0,0002 microbar (2×10^{-10} atmosphère environ). C'est cette valeur que les acousticiens ont prise comme référence de la mesure des intensités acoustiques, en suivant la formule :

$$N = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

dans laquelle P est la pression acoustique mesurée et

6. Le plan mélodique, ou sonogramme, n'est utilisé que par les ornithologues pour comparer les chants d'oiseaux ou par les acousticiens pour des recherches portant sur la phonation ou sur le timbre des instruments de musique.

P_0 la pression de référence. Comme le seuil de perception de la douleur pour la fréquence de 1000 Hertz est de 200 microbars, on peut dire que la dynamique totale de l'oreille humaine s'étend sur 120 décibels. En ce qui concerne les fréquences, le spectre audible est variable suivant les individus, il s'étend généralement entre 20 et 16000 Hertz. Lorsque l'on voudra parler d'une intensité acoustique mesurée en décibels sur l'ensemble du spectre audible, on précisera qu'il s'agit de décibels linéaires ; les décibels tout court désignant plus spécifiquement le niveau d'une fréquence ou d'une bande de fréquences particulière. Il existe de nombreuses méthodes pour évaluer l'effet physiologique d'un bruit en fonction de ses fréquences constitutives ; pour les mesures urbaines, ces méthodes ne sont pas toutes nécessaires. D'ailleurs, il faut bien remarquer que la complexité de ce sujet provient de ce que chaque auteur ou chaque organisme de recherche ayant travaillé dans ce domaine a proposé une solution personnelle. Nous ne parlerons ici que des unités de mesure les plus employées ou de celles ayant fait l'objet d'une normalisation internationale.

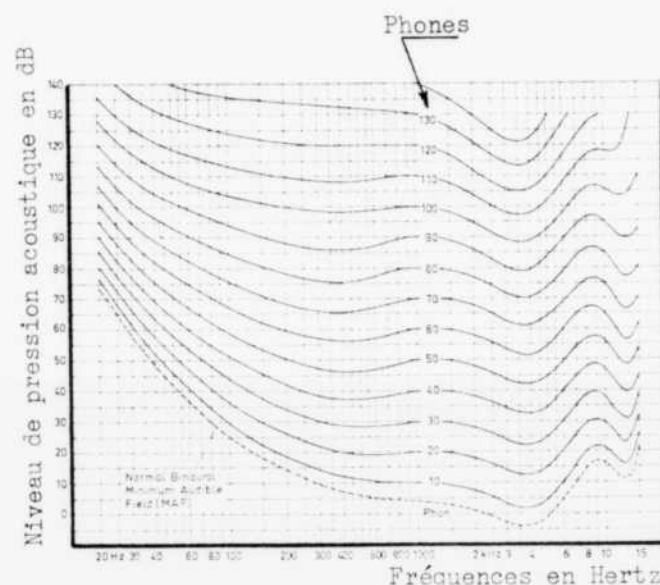


Figure 2 — Les courbes isononiques normales ou courbes d'égale sensibilité auditive de Fletcher (d'après document Brüel & Kjaer).

Au départ de toutes ces méthodes d'évaluation, on retrouve les courbes d'égale sensibilité auditive étudiées par Fletcher en 1933. Ce sont ces courbes, telles qu'elles ont été normalisées internationalement, qui sont représentées sur la figure no 2. Sur ces courbes, les impressions auditives sont évaluées en phones ; le niveau auditif d'un son de fréquence quelconque évalué en phones étant égal au niveau de pression acoustique exprimé en décibels d'un son pur à 1000 Hertz qui donnerait la même impression d'intensité à un auditeur. L'échelle des phones permet bien d'évaluer l'effet d'un son isolé, mais elle ne suffit pas pour évaluer les effets cumulés des multiples fréquences que l'on rencontre dans les bruits les plus ordinaires. Pour une analyse détaillée de la composition spectrale d'un bruit, il faut pouvoir le décomposer suivant des bandes de fréquences et sommer les effets auditifs de ces différentes bandes de fréquences. Toutes les méthodes précises d'évaluation des

effets de la composition spectrale sont basées sur deux considérations : l'oreille humaine ne découpe pas les fréquences linéairement, mais suivant une échelle logarithmique, ainsi doit-on diviser le champ auditif en 24 Barks ou en 9 octaves ; de plus, la largeur du spectre sans influence autour d'une fréquence considérée, que l'on désigne par intervalle critique, est sensiblement égale à 1 Bark ou à $\frac{1}{3}$ d'octave tout au long du spectre audible, sauf pour les basses fréquences pour lesquelles l'intervalle critique est sensiblement plus large⁷. Les diverses méthodes d'évaluation de l'effet physiologique des bruits sont résumées dans le tableau no 1. On remarquera, dans ce tableau, qu'il existe des méthodes plus simples que celles qui procèdent par décomposition spectrale ; il s'agit de l'emploi dans les sonomètres des courbes de correction de fréquence (A), (B) ou (C). Ces courbes normalisées sont données dans la figure no 3. Si l'on compare cette figure no 3 à la figure no 2, on peut constater que les courbes (A) et (B) sont sensiblement les symétriques, par rapport aux lignes horizontales de 40 et 70 décibels, des lignes isosoniques normales de 40 et 70 phones. Ces courbes permettent donc, par une correction électrique du signal issu d'un microphone, d'évaluer simplement l'effet auditif. Les unités résultantes, et notamment le décibel (A), sont très utilisées pour tous les bruits urbains.

TABEAU No 1

Les diverses méthodes et unités servant à l'évaluation de l'effet auditif ou physiologique des bruits.

Unité d'intensité acoustique	Mode d'utilisation	Normes correspondantes ⁸
dB lin.	Mesure de l'intensité acoustique sur tout le spectre audible sans correction de fréquence.	I.S.O. R 31 et R 131
dB (A)	Mesure simple de l'effet physiologique des bruits sur tout le spectre audible avec une correction de fréquence suivant la courbe (A). Initialement limité aux intensités comprises entre 20 et 55 dB mais la plupart du temps généralisé à toutes les intensités du champ audible.	I.E.C. 123 et 179 A.S.A. 51.4 — 1961
dB (B)	Mesure simple de l'effet physiologique des bruits sur tout le spectre audible avec une correction de fréquence suivant la courbe (B). Initialement limité aux intensités comprises entre 55 et 85 dB.	
dB (C)	Mesure simple de l'effet physiologique des bruits sur tout le spectre audible avec une correction de fréquence suivant la courbe (C). Initialement limité aux intensités supérieures à 85 dB.	

7. En fait, le Bark est une unité subjective et l'octave une unité physique. L'intervalle critique reste égal à 1 Bark tout au long du spectre audible. On peut supposer que le mécanisme de l'oreille qui permet de différencier subjectivement les fréquences commande également la largeur de bande de fréquence critique.

8. I.S.O. : Organisation Internationale de Normalisation.
I.E.C. : Comité Electrotechnique International.
A.S.A. : American Standards Association.

TABEAU No 1 (suite)

Les diverses méthodes et unités servant à l'évaluation de l'effet auditif ou physiologique des bruits.

Unité d'intensité acoustique	Mode d'utilisation	Normes correspondantes
dB (D)	Mesure simple de l'effet physiologique des bruits d'avions (renforcement de l'effet des fréquences comprises entre 2.000 et 5.000 Hz) sur tout le spectre audible avec une correction de fréquence suivant la courbe (D).	non normalisé (mais tend à se généraliser)
Phone	Mesure de l'effet physiologique des bruits de fréquence pure ou des bruits de bande de fréquences étroite.	I.S.O. R 226
Phone (OD) (Octave Diffuse Sound)	Mesure de l'effet physiologique des bruits en champ diffus (avec des réverbérations) et de caractère entretenu. Décomposition du spectre en 8 ou 9 bandes d'octave (de 31.5/63 à 8000 Hz). Unité d'évaluation intermédiaire par bande d'octave le <i>son</i> . Compilé suivant la méthode et les courbes de Stevens. Formules : $S_{total} = S_{max} + 0.3 (\sum S - S_{max})$ Phone (OD) = $40 + 10 \log_2 Stot.$	I.S.O. R 532
PN dB Perceived Noise Level	Mesure de l'effet physiologique des bruits d'avions (renforcement de l'effet des fréquences comprises entre 2000 et 5000 Hz). Décomposition du spectre en 8 ou 9 bandes d'octave (de 31.5/63 à 8000 Hz). Unité d'évaluation intermédiaire par bande d'octave le <i>noys</i> . Compilé suivant la méthode et les courbes de Kryter. Formules : $N_{total} = N_{max} + 0.3 (\sum N - N_{max})$ PN dB = $40 + 10 \log_2 N_{tot}.$	I.S.O. R 507
Phone (GF) (« Gruppen » Frontal Sound)	Mesure de l'effet physiologique des bruits frontaux (en champ libre) de caractère éventuellement non entretenu. Décomposition du spectre en 2 bandes d'un octave, 1 bande de $\frac{2}{3}$ d'octave et 17 bandes de $\frac{1}{3}$ d'octave (63/125/224 à 12500 Hz). Unité d'évaluation intermédiaire la densité auditive exprimée en <i>son</i> (GF)/Bark. Compilé suivant la méthode et les graphiques spéciaux de Swicker en tenant compte de l'effet de masque des bandes de fréquences les unes par rapport aux autres. Mesure de la surface obtenue en <i>son</i> (GF). Formule : Phone (GF) = $40 + 10 \log_2 \text{son} (GF)$	I.S.O. R 532
Phone (GD) (« Gruppen » Diffuse Sound)	Même méthode que la précédente mais pour les bruits diffus (avec réverbérations). Formule : Phone (GD) = $40 + 10 \log_2 \text{son} (GD)$	

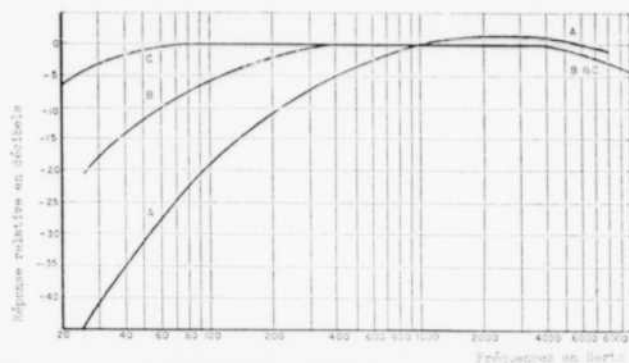


Figure 3 — Les courbes de correction physiologique normalisées pour les sonomètres.

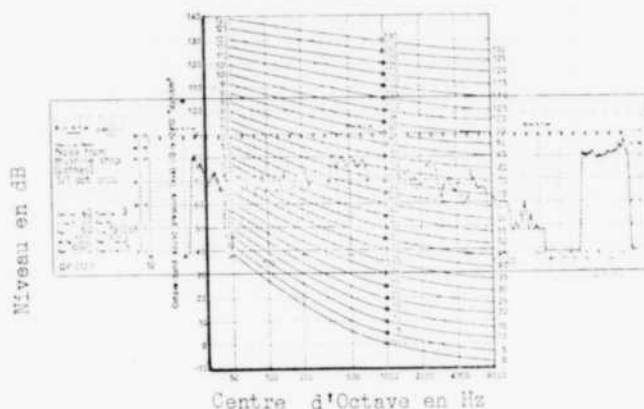


Figure 4 — Exemple d'utilisation des critères de bruit NR avec une analyse automatique de fréquences au $\frac{1}{3}$ d'octave (d'après document Brüel & Kjaer).

Sur le plan des mesures proprement dites, on doit donc pouvoir découper le spectre des fréquences d'un bruit ou le corriger pour en évaluer l'effet auditif. Les sonomètres portatifs comportent généralement les courbes de correction (A), (B) et (C); de plus, pour des analyses à l'octave des bruits de caractère entretenu, comme ceux provenant des ventilateurs, des conditionneurs d'air, des tours de refroidissement, etc., la plupart des sonomètres portatifs de précision peuvent être munis de filtres à l'octave travaillant entre 31,5 et 16000 Hz. Les analyses au $\frac{1}{3}$ d'octave nécessitent un matériel plus lourd. Ces appareils sont généralement automatisés par synchronisation d'un enregistreur graphique avec les filtres de fréquence. Si l'électronique moderne permet l'analyse spectrale instantanée d'un bruit quelconque d'intensité fluctuante, dans les appareils les plus courants on peut rendre le bruit d'intensité constante, durant la période nécessaire à l'analyse, en recopiant la partie intéressante de ce bruit sur une boucle magnétique sans fin. La figure no 4 montre un exemple de bruit analysé automatiquement au $\frac{1}{3}$ d'octave. Sur cette figure, on peut voir que le bruit est évalué à l'aide de courbes superposées au spectre analysé. Ces courbes sont des critères, établis en fonction de la gêne par le bruit en général et de l'interférence à la communication, qui permettent de juger de l'admissibilité du niveau de bruit pour une utilisation particulière des locaux étudiés. L'emploi des critères de bruit admissible, sous for-

9. Beranek, Leo L.: *Noise Reduction*, 752 p. (voir pp. 518-524), McGraw Hill Book Co., New York, 1960.

10. Kosten, C.W. and Van Os, G.J.: « Community Reaction Criteria For External Noises », pp. 373-379, in *The Control of Noise*, National Physical Laboratory, Symposium No. 12, H.M.S.O., London, 1962.

me de courbes d'évaluation, est beaucoup plus généralisé pour l'étude des bruits urbains que les méthodes d'analyse complexes de l'effet physiologique. Il existe deux critères principaux: le « Noise Criteria » dû à Leo Beranek⁹ et le « Noise Rating », indice qui a déjà fait l'objet d'un projet de recommandation internationale¹⁰; ces deux critères sont particulièrement utiles pour tous les bruits de caractère entretenu tels la machinerie, les ventilateurs, les conditionneurs d'air, les tours de refroidissement, etc. La figure no 4, déjà signalée, montre l'usage de l'indice NR. Le spectre obtenu automatiquement sur papier enregistreur doit être comparé aux courbes de critère de bruit: lorsque l'on utilise ces courbes, des pointes de 5 décibels sont généralement admissibles dans une des bandes d'octave, ainsi le bruit représenté atteint-il le niveau NR-75, c'est-à-dire qu'il est tout juste tolérable pour un atelier. La figure no 5 montre, elle, l'usage des courbes NC, elle représente les résultats d'une expertise faite par les techniciens de la Ville de Montréal à la suite d'une plainte de bruit. Sur cette figure, on peut voir les améliorations successives apportées par la compagnie responsable du bruit: la première courbe, située entre NC-75 et NC-80, montre le bruit relevé dans la ruelle passant à l'arrière de l'immeuble de la compagnie à l'origine de la plainte (11 juin); la seconde courbe, située à NC-60, résulte de l'isolation par une feuille de plomb d'une porte conduisant le bruit et de la suppression de certains ventilateurs (23 juillet); enfin, la dernière courbe, située entre NC-50 et NC-55, a été obtenue grâce à des silencieux posés sur les échappements pneumatiques de la machinerie (31 juillet). En tenant compte de l'isolement propre des logements, le niveau de bruit ainsi réduit est devenu admissible pour les personnes résidant à proximité de cette compagnie. Dans ce type d'expertise, le bruit à caractère continu doit être analysé devant la porte ou les fenêtres du bâtiment résidentiel le plus proche de la source de bruit. L'évaluation de la gêne par le bruit peut se faire ensuite à l'aide d'un tableau, tel que le tableau no 2 représentant les indices NR acceptables pour différents modes d'occupation des locaux.

TABLEAU No 2

Indices de bruit suggérés pour différents modes d'occupation des locaux.

Valeurs de l'indice NR	Mode d'occupation
20 — 30	Chambre à coucher, hôpitaux, studio de télévision, salle de séjour, théâtre, église, cinéma, salle de concert, petit bureau, salle de lecture, salle de conférence.
30 — 40	Grand bureau, magasin, magasin à rayons, salle d'assemblée, restaurant tranquille.
40 — 50	Grande salle de restaurant, salle de secrétariat, gymnase.
50 — 60	Salle de mécanographie.
70 — 80	Ateliers.

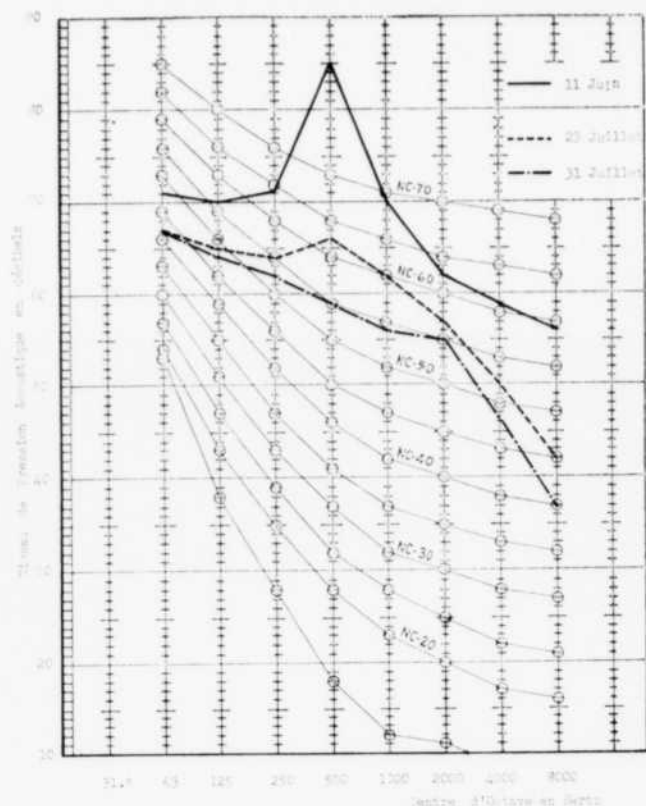


Figure 5 — Exemple d'utilisation des critères de bruit NC dans la lutte contre le bruit des manufactures à Montréal.

À l'inverse des méthodes d'analyse spectrale qui ont été développées depuis de nombreuses années, l'étude des variations de l'intensité des bruits dans le temps est une préoccupation toute récente des chercheurs. Le premier appareil conçu pour analyser statistiquement la distribution des intensités de bruit date de 1963¹¹. Les recherches statistiques dans le domaine de l'analyse dynamique du bruit ont pour but d'évaluer la gêne auditive en fonction du temps. Ceci s'applique donc particulièrement bien au bruit de la circulation urbaine. Depuis le début des années 60, de nombreuses recherches ont été poursuivies afin de cerner ce problème de la gêne par le bruit de la circulation automobile, notamment dans les divers pays d'Europe. Les premières études dans ce domaine à Montréal datent de 1967¹²; actuellement la Ville de Montréal possède un camion laboratoire spécialement aménagé à cet usage, la description de ce camion fera d'ailleurs l'objet d'un prochain article. La méthode utilisée consiste à relever les intensités de bruit en ne prenant qu'un intervalle de temps très court entre les mesures et à procéder ensuite à l'analyse statistique

11. Kittelsen, K.E. and Poulsen, C.: « Statistical Analysis of Sound Levels », pp. 1-23, in *Brüel & Kjaer Technical Review*, No. 1, Naerum, Denmark, 1964.

12. Lebourdais, Raymond et Senay, Jean-Paul: *Étude du Bruit*, 91 p. et annexes, Service de Santé, Ville de Montréal, 1967.

13. Dans l'article que nous consacrerons au camion laboratoire et à son opération, nous montrerons l'établissement d'une typologie de l'environnement acoustique des différents quartiers en fonction des résultats statistiques pendant des périodes de 24 heures.

des résultats obtenus. Le microphone doit être placé suffisamment haut, de manière qu'il puisse relever l'ambiance acoustique devant les habitations sans capter les bruits spécifiques au trottoir, tels que les conversations des piétons. Nous reviendrons tout spécialement sur le dispositif de mesure dans l'article suivant. La figure no 6 montre un exemple d'enregistrement continu du niveau de bruit utilisant une correction en fréquence simple suivant la courbe (A) et relevé pendant une période d'une heure au coin des rues St-Hubert et Faillon à Montréal. La figure no 7, qui lui fait suite, donne la distribution des intensités de bruit en fonction du temps pendant cette même période. Généralement, dans une artère suffisamment achalandée et pendant un temps de mesure suffisamment long, la distribution du bruit de la circulation est gaussienne, c'est-à-dire qu'elle suit la loi normale. La valeur moyenne des intensités de bruit est logarithmiquement proportionnelle au débit de circulation exprimé en nombre de véhicules par heure et la forme de la distribution, notée par son écart-type, est liée au type d'artère que l'on étudie: rue de distribution, rue de desserte ou autoroute urbaine. La plupart du temps on procède, pour ce type d'analyse, pendant une période de 24 heures, en tenant compte de la partie diurne et de la partie nocturne des résultats obtenus¹³.

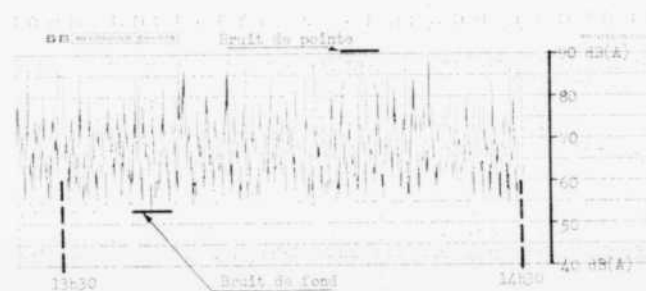


Figure 6 — Exemple d'enregistrement des intensités de bruit pendant une heure.

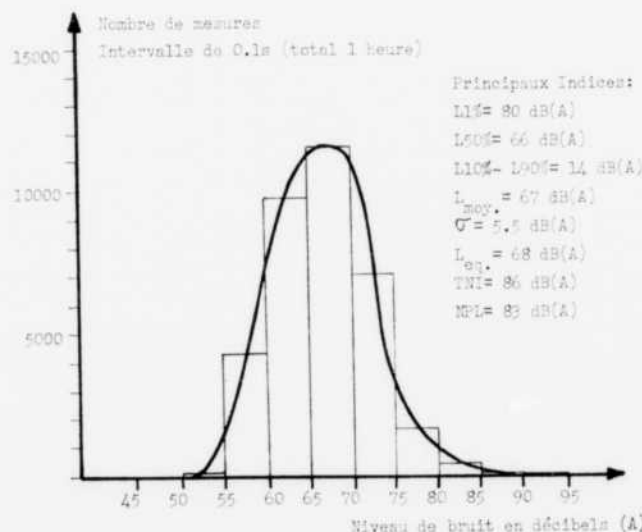


Figure 7 — Histogramme des intensités de bruit relevées tous les 1/10e de seconde pendant une heure avec les résultats des différents indices statistiquement utilisés.

Les principaux indices utilisés pour caractériser le bruit de la circulation automobile sont les suivants :

- Le niveau atteint ou dépassé pendant 50% du temps, caractéristique de la gêne moyenne (noté L50%), utilisé en France en corrélation avec la gêne ¹⁴.
- Le niveau atteint ou dépassé pendant 1% du temps, caractéristique des pointes de bruit (noté L1%).
- L'écart entre le niveau atteint ou dépassé pendant 10% du temps et le niveau atteint ou dépassé pendant 90% du temps, cet écart est caractéristique du type de circulation (noté L10% — L90%).
- Le niveau de bruit énergétiquement équivalent pendant un temps t, issu de la formule :

$$L_{eq,t} = 10 \log \left(\frac{1}{t} \int_0^t 10^{\frac{N}{10}} dt \right), \text{ utilisée en Allemagne, en Suisse et en Suède }^{15}.$$

- Le Traffic Noise Index, compilé suivant la formule :

$$TNI = L_{90\%} + 4(L_{10\%} - L_{90\%}) - 30$$

utilisé en Angleterre pour caractériser le type de circulation ¹⁶.

- Le Noise Pollution Level, compilé suivant la formule :

$$NPL = L_{50\%} + (L_{10\%} - L_{90\%}) + \frac{(L_{10\%} - L_{90\%})^2}{60}$$

utilisé également en Angleterre pour évaluer l'état de l'environnement acoustique de différents quartiers ¹⁷.

Toutes les recherches dans ce domaine sont encore trop récentes pour que nous puissions nous prononcer sur la validité de l'un ou l'autre de ces concepts. De même, en ce qui concerne l'évaluation de la gêne par le trafic aérien pendant une période de temps déterminée, il existe également une grande variété d'indices dont les origines et les procédures d'utilisation sortent du cadre du présent article.

En plus des analyses de composition spectrale et des analyses de la distribution statistique des intensités

14. Aubrec, D., Auzou, S. et Rapin, J.M.: *Étude de la Gêne due au Trafic Automobile Urbain*, 76 p., Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Paris, 1971.

15. Dans cette formule N désigne l'intensité de bruit instantanée.

16. Griffiths, I.D. and Langdon, F.J.: « Subjective Response to Road Traffic Noise », pp. 16-32, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 8, July 1968.

17. Indice proposé récemment en Angleterre par la National Physical Laboratory.

18. Certains auteurs recommandent l'usage du bruit de pointe pour une cartographie de la nuisance maximale. Voir Ternisien, Jean A.: *La lutte contre les Pollutions*, pp. 87-88, Presses Universitaires de France, Paris, 1968.

19. Migneron, J.-Gabriel: « L'Analyse du Bruit de Fond et son Application à la Planification Urbaine », 88 p., Faculté de l'Aménagement, Université de Montréal, 1971.

de bruit dans le temps, il reste, pour l'ingénieur responsable du contrôle du bruit dans une ville, à étudier la répartition des intensités de bruit dans le tissu urbain. C'est le domaine de l'analyse spatiale du bruit. Si l'on considère que le niveau de bruit est essentiellement fluctuant dans une ville, en se rapportant à la figure no 5, on voit qu'avec un sonomètre simple, positionné suivant la courbe de correction physiologique (A), on ne peut mesurer facilement, dans une période de temps raisonnable, que le niveau de pointe ou le niveau de bruit de fond. C'est-à-dire, respectivement, le niveau atteint pendant une fraction très courte du temps de mesure et le niveau atteint ou dépassé pendant 100% du temps de mesure au point considéré. Comme le bruit de pointe est généralement beaucoup plus variable que le bruit de fond, c'est cette dernière mesure que nous avons retenue pour nos recherches en matière de cartographie du bruit urbain ¹⁸. Pour la Ville de Montréal, nous avons mis au point une cartographie systématique du bruit de fond. Cet ensemble d'analyse comporte 28 secteurs cartographiés automatiquement sur ordinateur à l'échelle de 400 pieds au pouce, soit au total 9000 points de mesure. Ces mesures ont été complétées durant l'été 1971; elles sont présentement en cours de traitement informatique. Les cartes obtenues automatiquement peuvent être lues à l'aide de bases transparentes représentant les rues. Il a été effectué un relevé de bruit de fond diurne, c'est-à-dire pendant les périodes normales de travail, pour tous les carrefours de la ville; le temps de station sur les points de mesure étant variable entre 3 et 15 minutes suivant le trafic automobile local. À partir des valeurs en décibels (A) mesurées aux carrefours, l'ordinateur interpole toute la carte linéairement, en suivant les axes des rues; celles-ci sont généralement des zones de propagation acoustique privilégiées des différents bruits. Ce type de carte de bruit est destiné à la préparation de règlements de bruit liés au zonage urbanistique; on peut notamment y relever l'influence des grandes voies de circulation, comme le boulevard Métropolitain ou le boulevard Décarie, ainsi que celle des principales zones industrielles de la métropole. La carte de la figure no 8 montre, à titre d'exemple, un groupe d'îlots urbains découpés, du point de vue de l'environnement acoustique, en cinq classes de bruit de fond de 45 à 65 décibels (A). Cette carte de détail, représentée telle que fournie par l'ordinateur, concerne le secteur compris entre les rues Papineau, Mont-Royal, du Parc Lafontaine et Christophe-Colomb. Elle comporte 129 points de mesure, pris non seulement aux carrefours, mais également dans les ruelles; elle a été spécialement établie pour une étude locale d'urbanisme et de design urbain, en rapport avec notre recherche ¹⁹.

L'analyse spatiale des intensités de bruit se fait généralement suivant un plan horizontal; cependant, pour le voisinage des voies rapides urbaines, on peut étudier également la répartition des intensités de bruit dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe de circulation. Aux abords immédiats d'une autoroute, les niveaux de bruit sont sensiblement constants par suite du grand nombre de véhicules en circulation; l'écart L 10% — L 90% de la distribution des intensités dans le temps est très faible; on peut donc relever aisément une valeur moyenne du niveau de bruit en un point de l'espace.

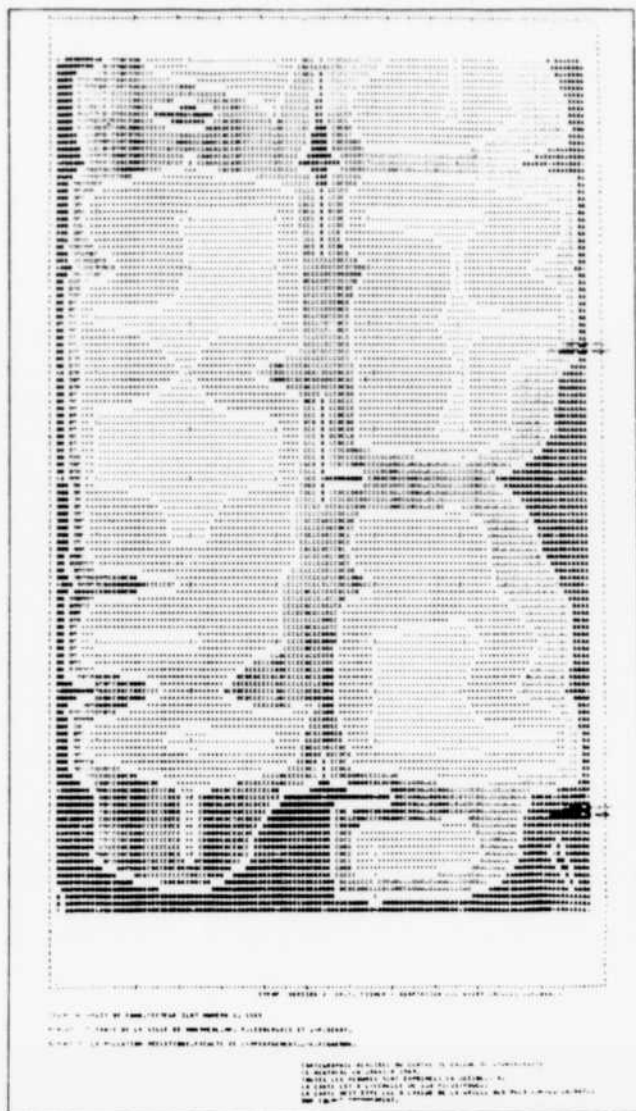


Figure 8 — Exemple de cartographie automatique de détail du bruit de fond.

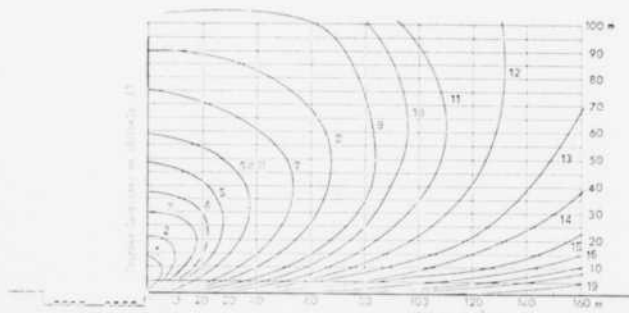


Figure 9 — Analyse de la répartition des intensités de bruit autour d'une autoroute (d'après document C.S.T.B., Paris).

20. Auzou, S. et Lamure, C.: « Le Bruit aux Abords des Autoroutes », pp. 1-6, Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, No 669, Vol. 78, février 1966.

21. Rapin, J.M.: Étude des Modes de Protection Phonique aux Abords des Voies Rapides Urbaines, 112 p., Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Paris, 1969.

D'un point de vue pratique, pour mesurer les intensités de bruit dans l'espace environnant une autoroute existante, on peut utiliser un ballon portant le microphone relié au dispositif de mesure²⁰. Au stade du projet, il est possible de construire une maquette en réduction de l'autoroute et de son voisinage, mais on devra augmenter en proportion les fréquences des bruits émis comme équivalents à ceux de la circulation réelle, ainsi les phénomènes acoustiques de réflexion et de diffraction seront-ils semblables à la réalité. La figure no 9 montre des courbes d'égale intensité de bruit relevées par ce procédé des mesures sur maquette²¹. Actuellement, il est parfaitement possible de calculer toutes les protections acoustiques nécessaires pour les voies rapides urbaines : choix d'un profil, calcul des écrans de protection, éloignement des habitations, nombre d'étages que l'on peut tolérer, etc. Il n'en tient qu'aux autorités concernées pour exiger que de telles études soient faites sur toutes les autoroutes de la province. À titre d'exemple, la figure no 10 montre une méthode graphique simple pour le calcul des écrans acoustiques au voisinage des autoroutes. Là encore, les détails de ces méthodes d'évaluation de l'emprise acoustique des autoroutes sortent quelque peu des propos de cet article.

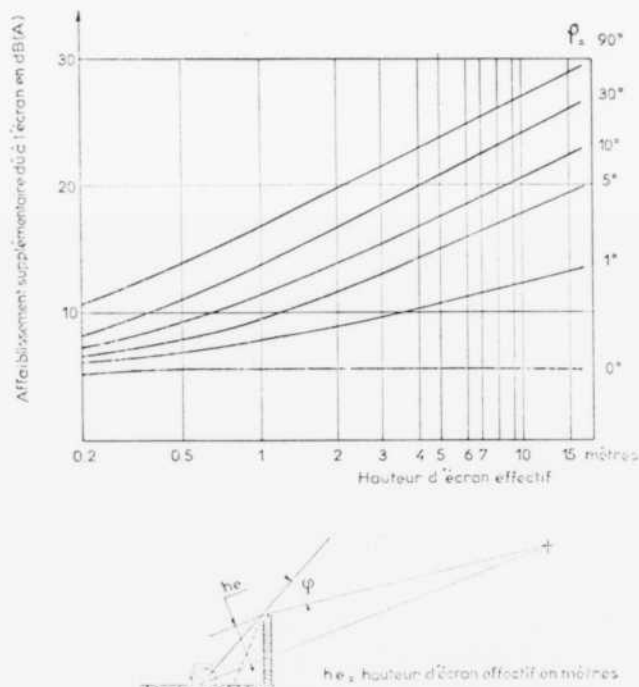


Figure 10 — Méthode graphique simple pour le calcul des écrans acoustiques au voisinage des voies rapides (d'après document C.S.T.B., Paris).

En définitive, le bruit est une forme de pollution spatialement localisée, que l'on peut maintenant parfaitement mesurer et que l'on peut même prédire avec suffisamment de précision. Si la lutte contre le bruit à sa source rencontre souvent des impératifs économiques actuellement insurmontables, comme, par exemple, la

suppression des moteurs à explosion, il n'en est pas de même de la protection contre le bruit. L'urbaniste et l'ingénieur doivent pouvoir collaborer pour réaliser ensemble une organisation de l'espace urbain telle, que les villes contemporaines retrouvent progressivement un silence si indispensable à l'homme. ■

BIBLIOGRAPHIE

- BERANEK, Léo L.** : (Éditeur)
Noise Reduction, 752 p.,
McGraw Hill Book Co., New York, 1960.
- BROCH, Jens Trampe** :
The Application of the Brüel & Kjaer Measuring Systems to Acoustic Noise Measurements, 138 p.,
Ed. Bruel & Kjaer, Naerum, Denmark, 1969.
- GROGNOT, Dr P.** :
Les Effets du Bruit sur l'Organisme Humain, 57 p.,
Extr. Nos 120 à 125, *Horizons Médicaux*,
Ed. Laboratoire de l'Hépatol, Paris, 1965.
- HARRIS, Cyril M.** : (Éditeur)
Handbook of Noise Control, 1034 p.,
McGraw Hill Book Co., New York, 1957.
- MIGNERON, J.-Gabriel** :
Groupe de Recherche sur la Pollution Acoustique des Milieux Urbains — Rapport d'Activité 1969-70, 160 p.,
Faculté de l'Aménagement, Université de Montréal, 1970.
- MIGNERON, J.-Gabriel** :
Normes et Législations relatives au Bruit Urbain, 153 p.,
Faculté de l'Aménagement, Université de Montréal, 1971.
- PARKIN, P.H. and HUMPHREYS, H.R.** :
Acoustics Noise and Buildings, 331 p.,
Faber and Faber Ltd., London, 1958.
- PETERSON, Arnold P.G. and GROSS, Erwin E. Jr.** :
Handbook of Noise Measurement, 282 p.,
Ed. General Radio Co., West Concord, Massachusetts, 1967.
- TAMBOISE, Maurice** :
Le Bruit Fléau Social, 127 p.,
Hachette, Paris, 1965.

Note : Nous publierons, dans notre numéro de février 1972, un article de notre collaborateur, M. Jean-Gabriel Migneron, décrivant le camion laboratoire réalisé pour le compte du Service de Santé de la Ville de Montréal.

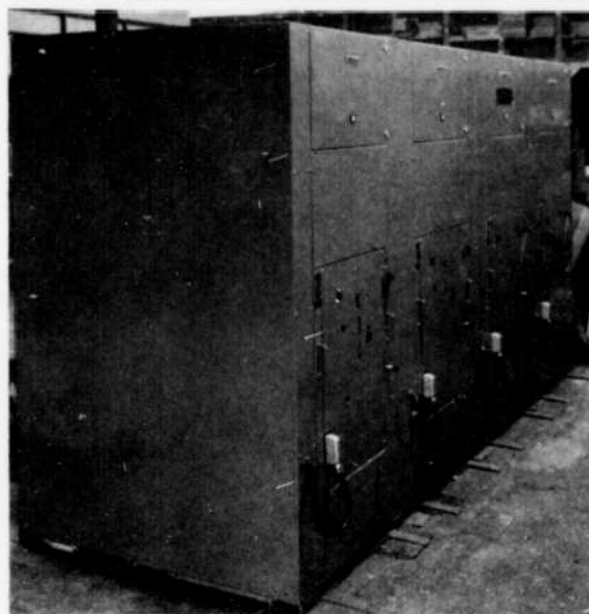
COMPAGNIE NATIONALE DE FORAGE ET SONDAGE INC. (1937)

615, rue Belmont, Montréal 101

Spécialistes en Géotechnique

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

Tél. : 866-2433



Une des quatre sous-stations « MONTEL » 16.5 KV du Poste Gagnon de la Côte d'Ivoire (Afrique).



MONTEL INC.

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



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

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

Examinez ces diverses fonctions d'officier :

INGÉNIEURS : MATÉRIEL TERRESTRE, MILITAIRE, MARITIME.
CONTRÔLEUR DU TRAFIC AÉRIEN
OFFICIERS : NAVAL, D'INFANTERIE.

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

Pourquoi ne pas consulter un membre des Forces canadiennes ?

Montréal :
1254, Bishop - 283-6518
Québec :
1048, St-Jean - 694-3636
Sherbrooke :
50, Couture - 562-0870

Trois-Rivières :
1368, Notre-Dame - 374-3510
Chicoutimi :
200 est, Racine - 543-1880
Rimouski :
80 ouest, St-Germain - 723-5271



**LES FORCES
ARMÉES CANADIENNES**

CARNET

ARCHAMBAULT, Claude, Poly '63, détenteur d'un diplôme de maîtrise en transport obtenu de Texas A & M University en 1967, et professeur à plein temps à l'École Polytechnique, s'est joint récemment à la firme De Leuw, Cather & Associés, ingénieurs-conseils de Montréal.

Il est aussi chargé de cours à la division de transport du Département de génie civil à l'École Polytechnique, ainsi qu'à l'Université Sir George Williams, à Montréal.

ARCHAMBAULT, Raynald, Poly '64, qui travaillait auparavant pour Shell Canada Ltd., à Toronto, est maintenant à l'emploi de la société Golden Eagle Canada Ltd., à la raffinerie de pétrole de St-Romuald, comté de Lévis, Qué.

Bell Canada

M. Léonce Montambault, vice-président de Bell Canada pour la zone est, annonce la nomination de M. Charles Terreault au poste d'ingénieur en chef, zone est.

M. Terreault, qui était auparavant ingénieur en chef adjoint, a ses bureaux à Québec. Il est entré à Bell Canada en 1959, après avoir obtenu un diplôme d'ingénieur en électricité de l'École Polytechnique, affiliée à l'Université de Montréal.

Il a également travaillé aux laboratoires de « Recherches Bell-Northern » à Ottawa de 1969 à 1971. M. Terreault est membre de la Corporation des ingénieurs du Québec et de l'Institut des ingénieurs en électricité et en électronique.

BEGIN, Pierre, Poly '69, qui est revenu au Canada en août dernier après un voyage de visites industrielles en Europe, particulièrement dans l'industrie automobile, vient d'accepter un poste dans le département « automotive equipment », à la société Bell Canada, à Montréal.

BELLIER, Serge, Poly '68, a complété avec succès, fin septembre 1971, ses études de doctorat en Sciences des Matériaux, à l'université de Sussex, en Angleterre.

Il est de retour au Canada, habite à Ottawa, et travaille pour le gouvernement du Canada.

BOISVERT, Jean, Poly '69 qui était auparavant gérant de l'ingénierie des procédés, chez Thiokol Fibres Canada Ltd., à Richmond, Qué., est maintenant à l'emploi de Bobtex Corporation Ltd., société spécialisée en recherches et développement pour l'industrie du textile, à Montréal.

BOUDREAU, Jacques, Poly '59, qui était auparavant conseiller à la protection du milieu, à l'emploi de la société Gulf Oil Canada Ltd., à Varennes, est maintenant ingénieur de projets, au bureau d'études W. J. Cosgrove & Associates, ingénieurs-conseils, à Montréal.

Dans ses nouvelles fonctions, il s'occupe entre autres de projets de contrôle de la pollution industrielle.

BOUSQUET, Raymond, Poly '70, qui était auparavant à l'emploi de la société Franki Canada Ltée, à Ville Mont-Royal, poursuit présentement des études de maîtrise en mécanique des sols, à l'École Polytechnique.

DEROCHE, Ronald-P., Poly '68, qui était jusqu'à récemment à l'emploi du Département des Transports de l'État de New York, à Watertown, N.Y., est maintenant ingénieur de chantier à la Manicouagan (centrale de Manic 3), pour la compagnie Royalmount Construction Ltd., de Montréal.

GAGNÉ, Jean-Guy, Poly '61, qui travaillait autrefois comme ingénieur de projets, à la division Jarry Hydraulics de la société Abex Industries of Canada Ltd., est maintenant à l'emploi du Centre de Recherche Industrielle du Québec, à la Place Bonaventure, à Montréal.

GRENIER, Jean-Claude, Poly '66, qui travaillait pour Gulf Oil, autrefois Shawinigan Chemicals, à Varennes, est maintenant à l'emploi de la société Continental Can Co. of Canada Ltd., à son usine de Ville Saint-Laurent, Qué.

LAMOTHE, Raynald, Poly '69, qui travaillait auparavant pour la société Steel Company of Canada, a récemment ouvert un bureau d'ingénieur-conseil à Montréal.

Ce bureau d'études s'occupe principalement de projets de génie civil tels que conception et calcul de charpentes, étude des sols, génie municipal, et autres projets du même genre.

LEROUX, Jean-Gilles, Poly '59, qui travaillait autrefois pour Désourdy Construction Ltée, et qui a laissé son poste pour entreprendre un voyage autour du monde il y a quelques mois, est revenu au Canada en novembre dernier.

Il est présentement à l'emploi du bureau d'études Jean-J. Dury, ingénieur-conseil, spécialisé en mécanique des sols, fondations et autres travaux connexes. L'ingénieur Dury est un diplômé de Poly, promotion 1942.

MONGEAU, Claude, Poly '57, qui travaillait auparavant pour le bureau d'ingénieurs-conseils, Lalonde, Girouard, Letendre & Associés, a assumé récemment la direction du département de génie municipal, au sein de l'étude Barré, Pellerin, Lemoine, Toutant & Associés, ingénieurs-conseils, à Montréal.

ROY, Joseph-Jacques, Poly '60, qui était auparavant à l'emploi du bureau d'études Surveyer, Nenniger & Chênevert, ingénieurs-conseils à Montréal, travaille maintenant à la fabrique de produits alimentaires Fisher Bros. Inc., au Mont St-Hilaire, Qué.

ST-ONGE, Hughes, Poly '65, qui vient de recevoir un doctorat (Ph.D.) du Massachusetts Institute of Technology, est de retour au Québec après un séjour de cinq années d'études aux États-Unis.

Depuis avril 1971, il occupe le poste de chercheur à la Direction Science des Matériaux de l'Institut de Recherche de l'Hydro-Québec (IREQ), à Varennes, Qué.

VAILLANT, Jean-René, Poly '63, qui était autrefois à l'emploi de la firme Lalonde, Girouard, Letendre & Associés, travaille maintenant au bureau d'études Desjardins, Sauriol & Associés, ingénieurs-conseils, à Ville de Laval, Qué.

ZALZAL, Bichara, Poly '67, qui a récemment terminé ses études de Maîtrise en Gestion des Entreprises, à l'Université Laval, est à l'emploi de la Banque d'Expansion Industrielle depuis le début de novembre, où il a été nommé officier d'investigation.

EN BREF

L'IRON ORE COMPANY OF CANADA SUBVENTIONNE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE



À gauche, le président de l'École Polytechnique de Montréal, monsieur J.-Bernard Lavigueur, recevant de monsieur Peter Mayer, directeur des services d'ingénierie de l'Iron Ore Company of Canada, un chèque destiné à la recherche pour une période de trois ans. Par ce geste tangible, l'I.O.C.C. reconnaît la nécessité d'une collaboration entre l'industrie et le monde universitaire.

L'Iron Ore Company of Canada est l'un des plus grands producteurs de minerai de fer au monde. Ses succès s'expliquent principalement par le dynamisme, la clairvoyance et la largeur de vues de l'équipe dirigeante, qui est toujours à l'affût de nouvelles techniques susceptibles d'améliorer la qualité des minerais extraits, des concentrés et des boulettes produites, et d'abaisser les coûts de production. En 1970

7.6 millions de tonnes fortes de minerai de fer étaient extraites de ses mines à Schefferville ;

10.5 millions de tonnes fortes de boulettes et

1.9 million de tonnes fortes de concentrés étaient produites dans ses installations de Labrador City.

Une collaboration étroite avec l'industrie est recherchée par l'École Polytechnique, afin de s'assurer que les ingénieurs qu'elle forme répondront aux besoins de l'industrie. L'Iron Ore Company of Canada, par ce geste concret, vient d'affirmer sa foi en cette formule. En effet, en 1968, elle attribuait à l'École Polytechnique une subvention de \$50,000, répartie sur trois ans, pour permettre au département de génie minier de cette institution de développer des méthodes à l'aide desquelles il est possible d'optimiser la manutention du minerai, de l'excavation jusqu'aux hauts-fourneaux, y compris le transport par voie ferrée et voie maritime. Satisfaite des résultats obtenus jusqu'à maintenant, l'I.O.C.C. a décidé de continuer et même d'accentuer sa collaboration avec l'École Polytechnique en prolongeant le programme de recherche pour une seconde période de trois ans.

Au cours de cette période, une équipe multidisciplinaire, sous la direction du professeur Jorgen Elbrond et composée de professeurs et chercheurs des départements de génie minier, géologique, métallurgique, industriel et mathématiques, développera des techniques permettant d'optimiser toutes les étapes de l'exploitation d'un ou de plusieurs gisements y compris, entre autres, l'évaluation des réserves, le design des fosses, les techniques de mélange, les programmes d'extraction, etc.

NÉCROLOGIE

VANIER, Georges, Poly '10, est décédé à Paris le 2 juillet 1971, à l'âge de 83 ans.

Un an après avoir obtenu son diplôme d'Ingénieur civil à l'École Polytechnique de Montréal, il alla étudier l'architecture à l'École des Beaux-Arts de Paris. Diplômé Architecte, il fit ses débuts professionnels aux ateliers Laloux. Durant toute sa carrière, il pratiqua à Paris comme architecte plutôt qu'à titre d'ingénieur civil.

NOMINATION

PEPSI-COLA CANADA LTÉE



M. André Rousseau, ing.

La société Pepsi-Cola Canada Ltée annonce la nomination de M. André Rousseau, ingénieur, au poste de Surintendant de l'usine de la compagnie à Ville Mont-Royal.

M. Rousseau a fait ses études de génie à l'École Polytechnique de Montréal, où il obtint les diplômes de Bachelier ès Sciences appliquées et Ingénieur mécanicien, en 1965. Il est membre de la Corporation des Ingénieurs du Québec.



DIVISION DES SERVICES PROFESSIONNELS WARNOCK HERSEY INTERNATIONAL LIMITED

Services de consultation

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

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

"LA LUTTE À LA POLLUTION: OBJECTIFS — COÛTS — BÉNÉFICES"

Conférence présentée à La Chambre de Commerce de la Province de Québec, novembre 1971, par
M. Jean-Paul Gourdeau, ing., vice-président —
opérations à la société Surveyer, Nenniger & Chênevert Inc.

1. INTRODUCTION

Notre siècle est un siècle prodigieux, le plus prodigieux sans doute de toute l'histoire du monde. Nous consommons les ressources de notre planète à une allure jamais connue auparavant. L'homme gratte pour ainsi dire la surface du globe pour nourrir une population qui augmente sans cesse, et l'industrie moderne met littéralement le sol sens dessus dessous, avec une violence observée autrefois dans le voisinage des volcans seulement.

Tout cela tend à créer un nouveau milieu ambiant, un milieu dont nous ignorons encore s'il sera sain et habitable pour nos descendants.

Il est évident que nous vivons tous dans des limites relativement restreintes car notre planète dispose encore de 145 millions de milles carrés d'océan et de 48 millions de milles carrés de surface terrestre. Tout changement que nous apportons à notre milieu, depuis la construction de nouvelles villes jusqu'à l'explosion d'engins nucléaires, a pour nous, de profondes répercussions biologiques. Si nous modifions les choses qui nous entourent, nous devons nous adapter à de nouvelles conditions d'existence.

La théorie de la survivance du plus apte, énoncée par Darwin, ne signifie pas nécessairement la survivance du meilleur, mais simplement la survivance des êtres les plus aptes à faire face aux circonstances dans lesquelles ils se trouvent.

2. EN QUOI CONSISTE NOTRE ENVIRONNEMENT

Du point de vue de la vie humaine, le mot « environnement » est un terme au sens très large. C'est la localité où nous vivons, les villes, les montagnes lointaines ainsi que l'action des hommes dont l'influence affecte de quelque façon la collectivité où nous vivons.

Fondamentalement notre environnement est un complexe ordonné de choses et d'événements. La vie ne peut prospérer sans un certain équilibre entre les champs et les villes; entre les plantes, les animaux et les hommes; entre l'air, l'eau, le sol et l'industrie. L'homme n'est qu'une infime partie de ce vaste système, mais il est le seul qui possède le grand pouvoir d'intervenir dans les voies de la nature. Il a donc le devoir de l'étudier en profondeur afin que cette intervention soit bienfaisante.

3. DIMENSIONS DU PROBLÈME

Il y a cent ans, les villes canadiennes déversaient leurs eaux usées directement dans la rivière la plus proche, et personne ne s'inquiétait des conséquences, car l'environnement était alors en mesure de s'adapter raisonnablement aux charges qui lui étaient imposées.

Aujourd'hui, l'environnement est à la mode. Ministères, commissions et comités surgissent pour le défendre dans tous les pays industrialisés. Les journaux lui ouvrent une rubrique spéciale. Ainsi l'on constate que selon l'opinion de certains spécialistes, la fin du monde est proche, et que l'homme est menacé d'extinction si l'air et l'eau ne sont pas ramenés à leur qualité d'il y a cent ans. D'autres spécialistes prônent le maintien du statu quo. Le Canada n'est-il pas le pays le plus riche du monde en eau douce, ayant un potentiel de 70,000 gallons d'eau par jour par personne; alors pourquoi s'inquiéter?

Cet engouement récent, soudain, presque mondain pour les problèmes associés à notre environnement est certainement susceptible de causer un doute sérieux dans l'esprit de la majorité silencieuse.

L'inquiétude et l'incertitude sont engendrées par les problèmes associés aux causes fondamentales suivantes:

1. Population

La population du Canada augmente à un rythme sans cesse croissant. En effet la population canadienne en 1960 était d'environ 17,800,000 alors qu'elle est estimée à 25,200,000 en 1980.

En plus de cette augmentation continue qui taxe de plus en plus le milieu où l'on vit, il y a le phénomène d'urbanisation. En 1961, 44% de la population canadienne vivait dans des villes de 100,000 habitants et plus, et 26% dans des centres urbains de 1,000 à 100,000 habitants. Donc 70% de la population canadienne résidait dans des centres urbains.

Selon les tendances actuelles, on estime qu'en 1980, 60% de la population canadienne habitera les grandes villes de 100,000 habitants et plus, et 21% dans des centres urbains de 1,000 à 100,000 habitants. Par conséquent, 81% de la population canadienne habitera alors des centres urbains.

2. Croissance économique

Au cours du dernier siècle, la loi de la croissance économique a été partie intégrante de notre vie journalière. La mise au point des machines effectuée au cours de notre ère industrielle, alliée à l'amélioration de nos capacités technologiques et gestionnelles, ainsi qu'une main-d'œuvre plus compétente ont augmenté notre productivité réelle de deux à trois pour cent par année.

Par exemple le produit national brut des États-Unis passera de \$900 milliards en 1970, à \$1,500 milliards en 1980. L'augmentation a été plus marquée de 1956 à 1970 que de 1620 à 1956.

Il y a donc danger que nous devenions les victimes de notre propre productivité et de notre affluence technologique.

3. Communications

Notre société doit constamment faire face à un problème sérieux: le manque de compréhension entre les professionnels et les spécialistes. Présentement les intérêts multi-disciplinaires des ingénieurs, économistes, écologistes, biologistes, sociologues, chimistes et géographes, ne sont pas développés pour résoudre de façon compréhensive les problèmes complexes de notre environnement.

De plus, les membres du parlement sont incertains devant l'approche non coordonnée adoptée à l'heure actuelle, et ils ne sont pas soucieux de faire face aux réalités devant la réaction d'un public très mal informé.

4. COÛTS DE LA CONSERVATION DE NOTRE ENVIRONNEMENT

Personne ne s'oppose réellement à l'assainissement de notre environnement, du moins jusqu'à une dépollution convenable. Cependant, le degré d'assainissement nécessaire est toujours associé à deux facteurs: les coûts impliqués et qui paiera la note.

Une analyse approfondie des coûts et des répercussions économiques de la conservation de notre environnement constituerait en soi une étude très complexe. J'aimerais cependant discuter des coûts associés à certains éléments primordiaux à notre environnement.

1. Pollution de l'eau

Des estimations récentes établissent qu'aux États-Unis le coût de construction d'usines d'épuration, requises pour les cinq prochaines années, sera de \$26 à \$29 milliards, et ce chiffre ne comprend pas les coûts rattachés à l'élimination des déversements de trop plein de réseaux combinés. Ces derniers sont estimés à \$50 milliards.

Au Canada, on a établi que présentement pour enrayer et stabiliser la pollution des eaux, il en coûterait de \$4 à \$5 milliards.

2. Ordures ménagères

L'élimination des ordures constitue un problème très sérieux. On évalue présentement de \$15 à \$40 par personne l'investissement requis pour l'élimination des ordures ménagères. Des extrapolations faites pour plusieurs années à venir démontrent que ces coûts ne cesseront de croître. En effet, au cours des quarante dernières années, la production d'ordures par personne est passée de 2 à 4 livres par jour. D'ici dix ans, le coût annuel de l'élimination des ordures coûtera aux Canadiens près de 500 millions de dollars, c'est-à-dire le double du montant déboursé par chaque citoyen présentement.

3. Pollution de l'air

Selon une étude menée par la « National Air Pollution Control Administration », on a établi qu'en 1972 il serait nécessaire de dépenser aux États-Unis plus de \$609 millions additionnels pour diminuer les émanations d'anhydride sulfureux et de poussières de 5 à 15%.

5. COÛTS ASSOCIÉS À LA DÉTÉRIORATION DE NOTRE ENVIRONNEMENT

Plusieurs chercheurs ont aussi évalué les coûts associés à la détérioration de notre environnement. Ainsi, dans un article publié récemment par le « U.S. Department of Health, Education and Welfare », sur une étude comparative de deux villes américaines ayant des conditions socio-économiques et climatiques semblables, il a été établi que la ville qui subissait deux fois plus de pollution de l'air ambiant (230 microgrammes/m³ vs 115 microgrammes/m³) devait déboursier pour le nettoyage une dépense additionnelle totale de \$84 par personne par année. Il est sans doute intéressant de savoir qu'à Montréal la concentration moyenne en 1970 était de 103 microgrammes/m³.

De plus, deux chercheurs américains, Anderson et Crocker, ont calculé que la perte de valeurs immobilières s'élevait (en 1965) à \$621 millions. Le seul fait de diminuer de 5 à 15% les concentrations de polluants dans l'air se traduirait par une augmentation de 2 à 5% de la valeur immobilière.

6. APPROCHE SUGGÉRÉE

Devant de telles sommes d'argent, nous sommes tous en droit de nous demander si le contrôle de la pollution est économiquement réalisable. Y aurait-il une incompatibilité entre l'expansion économique d'un pays et la préservation de son environnement ?

Il n'y a aucun doute que la conservation de notre environnement nécessitera des dépenses très considérables de la part de l'industrie et du public mais qui peut réellement prétendre que nous pouvons nous permettre de ne pas relever ce défi ?

Le Président Nixon, dans un discours qu'il a prononcé récemment à Chicago, a souligné que tout programme pour la conservation de l'environnement du continent nord-américain devra être évalué en fonction des effets que ce programme aura sur l'expansion économique et sur le nombre d'emplois qu'il faudra créer.

Il est donc essentiel que la conservation de notre environnement soit évaluée en fonction de l'interdépendance des ressources financières disponibles, de l'évolution sociale de notre milieu et de la volonté réelle de l'homme de sacrifier certaines parties de son bien-être actuel

pour améliorer la qualité de l'environnement dans lequel il vit.

Je considère donc qu'une méthode rationnelle devra être adoptée afin d'optimiser les coûts impliqués en fonction des bénéfices qui en résulteront. Cette méthode comporterait le programme d'action suivant.

1. Inventaire

La première étape à franchir consiste à faire un inventaire complet des divers éléments susceptibles d'affecter la conservation de notre environnement, nos ressources financières disponibles, nos besoins et le climat social qui existe dans la région concernée.

2. Objectifs

Établir les objectifs susceptibles d'être atteints, en fonction des informations tabulées dans l'inventaire. Il doit être cependant clair à tous que ces objectifs sont, à ce stade, préliminaires et qu'ils seront précisés et quantifiés à la suite d'études subséquentes. C'est aussi à ce stade que l'on doit évaluer la volonté des parties en cause de conserver leur environnement.

3. Coûts

La détermination des coûts du programme de conservation en fonction des objectifs possibles constitue l'étape suivante. Ces coûts seraient établis en principe, suivant la méthode mise au point par certaines organisations américaines et européennes.

4. Bénéfices

Les coûts impliqués dans la réalisation de tout programme doivent être évalués en fonction des bénéfices qui en résulteront. Ces bénéfices s'inscrivent dans deux catégories principales. Les bénéfices tangibles ou directs s'identifient rapidement, tels que le contrôle des inondations, l'augmentation de la production agricole par irrigation, la pêche commerciale, l'augmentation de la valeur immobilière, et ils sont faciles à quantifier en terme de dollars.

Les bénéfices intangibles ou indirects sont plus difficiles à quantifier, tels que la qualité de notre milieu, l'amélioration de notre santé, les loisirs. Cependant, au cours de la dernière décennie, des techniques ont été mises au point qui nous permettent d'évaluer plus précisément les coûts et les bénéfices associés à la conservation de notre environnement.

5. Développement du programme

Une fois les différents coûts et bénéfices établis en fonction des objectifs possibles, nous devons faire face au problème de les optimiser en fonction des ressources financières disponibles et de notre volonté réelle de conserver notre environnement.

Il est donc essentiel à ce stade, de présenter objectivement à tous les citoyens concernés, les différentes solutions qui s'offrent à eux. Tout en évaluant ces solutions, nous devons nous réaliser que le choix éventuel du programme d'action ne sera pas fondé seulement sur les politiques économiques traditionnelles telles que : plein emploi, augmentation du produit national brut, balance de paiements équitable, etc.

Il n'y a aucun doute que l'analyse économique nous aidera à comprendre les différents aspects du choix à faire, toutefois nous devons inclure également dans ces objectifs un nouveau terme : « La qualité de la vie ». En effet, l'on constate qu'il peut y avoir une différence entre croissance économique et « la bonne vie ». Même le riche a un choix à faire.

Enfin, pour que nous soyons en mesure de choisir librement, il est essentiel que nous sachions évaluer les coûts impliqués, les bénéfices possibles et leurs répercussions sur notre environnement. Cessons donc les déclarations sensationnelles et les vœux pieux. Évaluons objectivement les solutions de rechange possibles et adaptons-nous au milieu ambiant qui résultera de notre choix.

7. CONCLUSION

Il peut vous sembler qu'un tel programme d'action soit utopique et non réalisable. J'aimerais seulement souligner, en conclusion, deux exemples où ce principe a été utilisé et fonctionne d'un façon très satisfaisante.

1. Vallée de la Ruhr

Le bassin de la rivière Ruhr en Allemagne de l'Ouest, est régi par un organisme créé par deux associations groupant les industries, municipalités et particuliers qui utilisent l'eau de la rivière soit pour l'alimentation, soit pour le déversement d'eaux-vannes. Cet organisme exige une redevance de tous ceux qui utilisent de quelque façon que ce soit l'eau de la rivière. Cette redevance est

(suite page 24)



**Desjardins + Sauriol
et Associés**

Ingénieurs-Conseils

400 boul. Labelle, Chomedey, Laval
681-9221

**LABORATOIRE
D'INSPECTION
ET D'ESSAIS INC.**

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

8594, LAFRENAIE, MONTRÉAL 458, (514) 325-3040

335, ST-HUBERT, JONQUIÈRE, (418) 542-2927

2660, CHEMIN STE-FOY, C.P. 220, QUÉBEC 10, (418) 653-8704

SURVEILLANT-INSTRUMENTATION INDUSTRIE LOURDE

Jusqu'à \$15,000

Notre client, possédant d'importantes installations au Québec, recherche un ingénieur diplômé en électricité ou mécanique, et possédant de 8-10 ans d'expérience dans le domaine de l'instrumentation industrielle. Le titulaire relèvera du surintendant de l'entretien et sera responsable de diriger toute la section instrumentation, y compris la supervision d'un personnel d'environ 20 contremaîtres et techniciens. Entre autre il aura à s'occuper de l'entretien préventif, des réparations et de l'installation de l'instrumentation et des contrôles sur une variété de pièces d'équipement dont plusieurs sont uniques, tels que fours électriques, systèmes de chargement, circuit fermé de télévision, récupération des gaz, fours rotatifs, balances, etc. Il dirigera également l'entretien et les réparations de l'instrumentation de l'équipement mobile lourd, tels locomotives, béliers mécaniques, pelles chargeuses, etc. La préférence sera accordée à un candidat bilingue ayant démontré des aptitudes à diriger du personnel. Endroit : Près de Montréal.

Si intéressé, veuillez communiquer confidentiellement avec G. Maurice Gilbert, ing., référant au dossier LI-536M.

DIVISION ADMINISTRATIVE



LE CONSEIL DE PLACEMENT PROFESSIONNEL

555 ouest, boul. Dorchester, Montréal 128 • 866-2807

Conseillers en Personnel depuis 1927

Pour le compte de l'un de nos clients, le Conseil de Placement Professionnel recherche plusieurs ingénieurs industriels, possédant de l'expérience dans l'industrie lourde.

INGÉNIEUR INDUSTRIEL SENIOR

Jusqu'à \$16,000

Ingénieur industriel ou mécanique diplômé, possédant de 5 à 8 ans d'expérience en génie industriel, de préférence dans l'industrie lourde. Le candidat choisi s'occupera d'études de rentabilités concernant les projets d'importance à l'usine, d'études portant sur les techniques et méthodes d'opérations en cours, reliées aux divisions de la production et de l'entretien. Il aura également à planifier et diriger le travail de plusieurs ingénieurs et techniciens, s'occuper de problèmes reliés aux études de coûts, de manutention, d'évaluation de tâches et de simplifications des méthodes de travail en cours. Le bilinguisme est nécessaire. Endroit : Près de Montréal.

INGÉNIEUR INDUSTRIEL

Jusqu'à \$13,000

Ingénieur industriel possédant de 3 à 5 ans d'expérience dans l'industrie minière ou des métaux ferreux ou non-ferreux, pour s'occuper d'études et de projets portant sur les améliorations à apporter à la productivité, l'utilisation de l'équipement, la simplification des méthodes de travail et les études de rentabilités. Relevant d'un ingénieur industriel senior, il aura également à diriger du personnel technique comprenant des techniciens et analystes. Endroit : Près de Montréal.

Si intéressé, veuillez communiquer confidentiellement avec M. G. Maurice Gilbert, ing., référant au dossier LI-535M.

DIVISION ADMINISTRATIVE



LE CONSEIL DE PLACEMENT PROFESSIONNEL

555 ouest, boul. Dorchester, Montréal 128 • 866-2807

Conseillers en Personnel depuis 1927

RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

•	
Bell Canada	20
•	
Compagnie Nationale de Forage et Sondages Inc.	19
Conseil de Placement Professionnel, Le	24
•	
Desjardins, Sauriol & Associés	22
•	
Jenkins Bros. Limited	Couv. II
•	
Klockner-Moeller Ltée	Couv. III
•	
Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc.	22
Les Forces armées canadiennes	19
•	
Montel Inc.	19
•	
Ruston Diesels Ltd.	2
•	
Warnock Hersey International Ltd. ...	21

(suite de la page 23)

utilisée pour financer les ouvrages requis pour la conservation de la qualité et de la quantité de l'eau de la rivière Ruhr. Cet organisme a autorité sur tous les usagers de la rivière. Il fonctionne depuis près de 60 ans et a permis la conservation de la qualité du milieu tout en favorisant une croissance économique remarquable. Il faut admettre que peu de régions fluviales sont aussi intensément industrialisées que la vallée de la Ruhr.

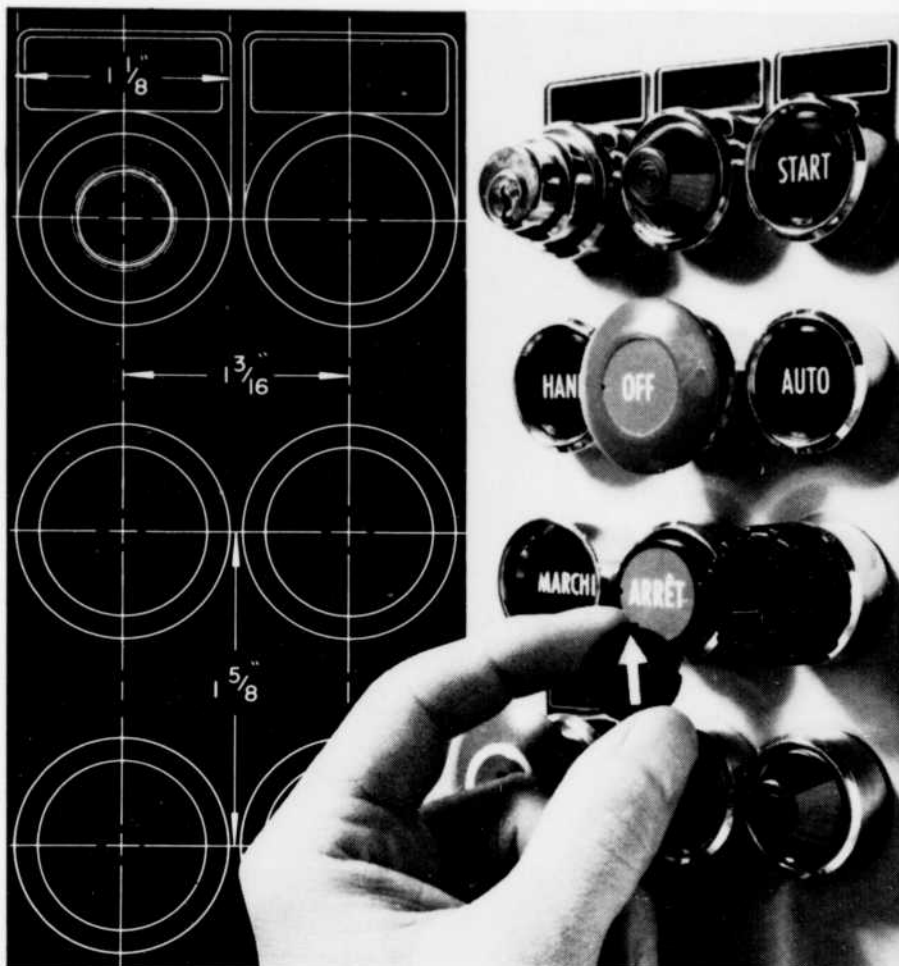
2. ORSANCO

En 1948, huit États de la vallée de la rivière Ohio ont institué un programme d'action pour l'assainissement de cette rivière. Agissant par persuasion plutôt que par législation, ORSANCO a réussi à motiver les industries et les municipalités à investir plus d'un milliard de dollars. Depuis l'on constate que 94% des eaux-vannes de toute la population du bassin est traité convenablement et que 89% des 1,769 industries qui déversent leurs eaux-vannes respectent les normes établies par ORSANCO.

Ces deux exemples démontrent qu'un tel programme n'est pas utopique mais réalisable. Cependant, il ne faut pas croire que les résultats seront immédiats, car un tel programme naîtra d'une action concertée et soutenue des personnes concernées. Qu'on adopte le principe « qui pollue paie » ; la population aujourd'hui ne se laissera plus bernier par les slogans « éducation gratuite », « frais médicaux gratuits », car elle réalise qu'éventuellement elle paie toujours la note. ■

Espaces restreints?

Il vous faut ces nouveaux **boutons-poussoirs**. D'encombrement réduit, ils sont robustes en plus.



Performance technique garantie

Opérateurs réguliers
et blocs de contact

Vie mécanique	10 x 10 ⁶ opérations
Durée des contacts à C.A.	100VA 10 x 10 ⁶ opérations
Tension maximale	600V
Ampérage continu	10A
Courant nominal de fermeture	
cos φ = 0.7 (C.A.)	60A
Courant nominal de rupture	
cos φ = 0.4 (C.A.)	10A
Gamme de température ambiante	+60°C à -40°C
Résistance aux chocs	5g

Pour de plus amples renseignements,
voyez notre catalogue général.

Ce qui est possible avec les boutons réguliers, Klockner-Moeller vous l'offre avec la nouvelle série 22.5 \varnothing mais avec un "plus". Par un espacement horizontal centre-à-centre de 1 3/16" et vertical de 1 5/8" vous pouvez prévoir douze unités au lieu de seulement neuf avec l'autre série.

Robustesse? Aucun problème, ils sont de la classe "service intensif" pour applications jusqu'à 600 volts, et supportés par la garantie exclusive de performance Klockner-Moeller.

Cette nouvelle et attrayante série 22.5 \varnothing comprend les postes à dispositifs multiples munis de voyants, blocs de contacts et tous les autres accessoires

connexes au bouton-poussoir. Les étiquettes-repères sont facilement échangeables par le devant, sans déranger aucune pièce, n'affectant pas ainsi, les propriétés d'étanchéité à l'huile ou à la poussière.

Les boutons-poussoirs de Klockner-Moeller sont entièrement isolés, gage de sécurité pour l'opérateur.

Renseignez-vous auprès de votre représentant Klockner-Moeller; et découvrez les avantages de ces nouveaux boutons-poussoirs. Qui sait, peut-être solutionneront-ils quelques-uns de vos problèmes!

De tels
boutons-poussoirs
sont exclusifs à



KLOCKNER-MOELLER

KLOCKNER-MOELLER LTEE, FABRICANTS DE CONTROLES ELECTRIQUES INDUSTRIELS
Succursales à Québec, Montréal, Toronto Ouest (Bramalea) et Toronto Est (Toronto), London,
Winnipeg et Vancouver. Bureau de Ventes de l'Alberta à Calgary.

Représentants à Saint John, N.B., Halifax, N.E., et St. John's, T.N.



Deux unités de production modernes et efficaces :
les machines à papier no 7 et no 8 à l'usine Rolland de Saint-Jérôme.