

Mai 1983

No 355

69e année



**Les constructions
dans l'espace souterrain**

**L'arbitrage
dans la construction**

La modélisation numérique

JENKINS

Le spécialiste en valves



Du métal en fusion au produit fini,
tout est fait au Canada depuis 1908



JENKINS CANADA INC., LACHINE, QUÉ.

Éditeur

Les Publications l'ingénieur Inc.
Case postale 6980, succursale A
Montréal, Québec H3C 3L4
Tél. : (514) 344-4764

Conseil d'administration

Bernard Lamarre, président
J. Bernard Lavigne, vice-président

Comité exécutif

Guy Drouin, président exécutif
Serge R. Tison, vice-président
Jean Verdy, vice-président
Christian Tessier, secrétaire
Claude Guernier, trésorier
Yolande Gingras, directeur général

Administrateurs

G.-Real Boucher, René Chouinard, Gilles
Delisle, Fernand DeSerres, Roland Doré, Gé-
rald W. Farnell, Lucien Huot, Kenneth C.
Johns, Roger P. Langlois, Jean L. Leduc,
Donat-A. Martinoli, Ovide J. Poitras, Guy Si-
card, Jean-Claude Therrien

Directeur général

Yolande Gingras

Comité consultatif de rédaction

Claude Guernier, ing.
directeur
Denis Angers, ing.
Michel Bilodeau, ing.
G.-Real Boucher, ing.
Octave Caron, ing.
Médéric Desrochers, ing.
Yvon M. Dubois, ing.
Georges Geoffroy, ing.
Maurice Lacasse, ing.
Louis-Charles Laténière, ing.

Rédacteur

Charles Allain

Publicité

Robert Dumouchel
Publications R.A.D. Enr.
1105 boul. Gouin est
Montréal, Québec H2C 1B3
Tél. : (514) 382-2134/-1624

Conception graphique

Jean-Claude Rousseau
Direction des communications
de l'Université de Montréal

Composition

typo-Excell Inc. (514) 655-2663

Imprimeur

Presses Elite Inc.

Abonnements

Canada 15 \$ par année
Étranger 20 \$ par année
À l'unité 3 \$
Six (6) numéros par année

Droits d'auteurs

Les auteurs des articles publiés dans L'INGÉNIEUR conservent l'entière responsabilité des théories et des opinions émises par eux. Reproduction permise, avec mention de la source. On voudra bien cependant faire tenir à la Rédaction un exemplaire de la publication dans laquelle paraîtront les articles. Engineering Index, Biol. Chem., Sci. Abstracts, Periodex et Radar signalent les articles publiés dans L'INGÉNIEUR — ISSN — 0020-1138.

Courrier de deuxième classe
Enregistrement No 5788



4 Le développement des constructions dans l'espace souterrain

Marc Durand, ing.

Cet article présente les diverses possibilités de l'utilisation de l'espace souterrain pour l'amélioration de la qualité de la vie en milieu urbain. Sans viser à en faire une analyse exhaustive, l'auteur expose les avantages et les limitations que présentent les constructions souterraines lorsqu'on les compare à des ouvrages comparables construits en surface. Des exemples tirés des réalisations en Europe, aux États-Unis et au Canada, indiquent que la proportion de l'ensemble des constructions, qui sont maintenant souterraines, augmente de façon constante depuis la fin de la Deuxième Guerre Mondiale.

11 L'arbitrage dans la construction

Pierre Lefort, ing.

L'arbitrage permet de régler les litiges qui peuvent survenir facilement dans le domaine de la construction. L'article décrit les différents types d'arbitrage, leurs avantages et leurs modalités d'application, et trace un court historique de cette procédure : on y précise également le rôle et les qualifications d'un arbitre.

18 L'ingénieur et... la qualité de l'environnement

Lyne Fréchet

25 Une nouvelle approche modulaire à la modélisation numérique

Sylvain Charron, ing. jr et Claude Marche, ing.

L'essor fabuleux de la modélisation numérique ces dernières années est étroitement lié à l'avènement des nouveaux ordinateurs. De nos jours, l'une des techniques numériques utilisées par l'ingénieur est la méthode des éléments finis.

Pour générer et traiter efficacement la lourde structure de données inhérente à son application, une nouvelle approche modulaire a été mise au point. Elle s'avère particulièrement bien adaptée au traitement des milieux hétérogènes souvent rencontrés en pratique.

10 Abstracts

20 Événements à venir

32 Répertoire des annonceurs Coupon d'abonnement

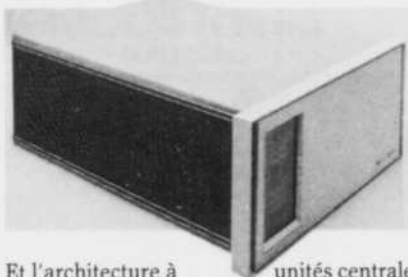
Page couverture

Installation de la verrière du nouveau Palais des Congrès de Montréal.

En 1981, Hewlett-Packard annonçait la microplaquette la plus dense sur le marché des systèmes informatiques.

450,000 transistors dans notre unité centrale de traitement 32-bit sur une microplaquette.

Version boîte montée sur chassis.



Au cours des années, la technologie fait de tels miracles que les tâches jusqu'alors impossibles à réaliser deviennent un jeu d'enfant. Cette microplaquette de circuit intégré, présentée à la page précédente, en est un exemple.

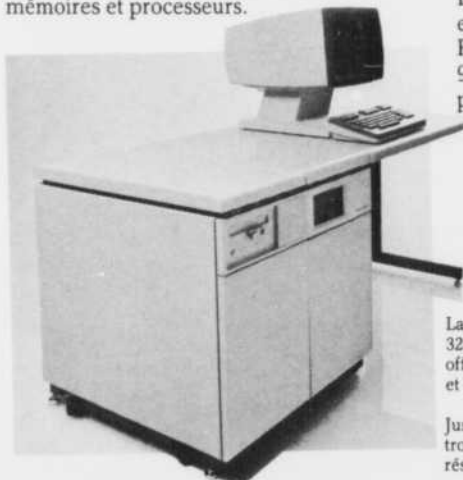
Hewlett-Packard n'a pas réalisé ce miracle dans le seul but de battre les records de la plaquette comptant la plus forte densité de transistors, mais pour installer sur le bureau d'un ingénieur ou d'un scientifique un ordinateur si puissant qu'il puisse effectuer le travail de plusieurs unités centrales coûtant quatre fois le prix.

Ordinateurs 32-bit pour applications 32-bit.

Le nouvel ordinateur HP 9000 utilisant cette microplaquette et quatre autres "super microplaquettes" peuvent, à eux seuls, résoudre des problèmes scientifiques et d'ingénierie de grande envergure. Le scientifique résolvant des équations complexes, l'ingénieur en mécanique préparant l'analyse d'éléments finis ou le modelage en trois dimensions, l'ingénieur électrique analysant des circuits complexes ou concevant des circuits intégrés à grande échelle, sont autant d'ingénieurs que la famille HP 9000 peut aider à résoudre leur problèmes techniques.

Le HP 9000 est offert en trois versions: le poste de travail intégré complet avec clavier, écran de visualisation graphique en couleur ou monochrome, unités de disques fixes ou souples et imprimante. Le boîtier-tiroir pour les constructeurs de systèmes. Et, pour une variété d'applications à l'intention des utilisateurs multiples ou uniques, la version minimeuble qui peut être utilisée avec différentes unités de visualisation et de périphériques.

Tous ces modèles sont de vrais ordinateurs 32-bit avec unité centrale 32-bit, mémoires et processeurs.



Version armoire formant pupitre.

Et l'architecture à unités centrales multiples vous permet, à tout moment, de doubler ou tripler pratiquement votre puissance de traitement en ajoutant une ou deux plaquettes d'unité centrale de traitement, sans augmenter la taille de votre ordinateur.

Deux systèmes d'exploitation valent mieux qu'un.

Le poste de travail intégré est offert dans un choix de systèmes d'exploitation: D'abord le système d'exploitation Basic à haute performance, complété des graphiques 3-D et d'un logiciel innovateur qui à partir d'un programme interprété le compile automatiquement. Ces caractéristiques augmentent substantiellement la vitesse d'exécution du programme, tout en conservant un cadre de développement interactif.

L'autre système d'exploitation, appelé HP-UX, est une version augmentée et supportée totalement, du populaire UNIX[®]. HP-UX, offert sur tous les HP 9000, ajoute la mémoire virtuelle, les graphiques, la gestion de base de données, la transmission de données et la capacité améliorée de traitement de fichier au système de base de UNIX. Les langages de programmation à haut niveau offerts sous HP-UX sont le FORTRAN 77, Pascal et C.

Une grande quantité de logiciels.

La majorité des logiciels existants écrits en HP BASIC, en FORTRAN 77, en Pascal et en C est transférable sur le HP 9000. HP offre aussi les ensembles de programmes en exclusivité mettant l'accent sur le dessin assisté par ordinateur.

La microplaquette d'unité centrale (CPU) 32 bit est liée au "finstrate" qui fait office à la fois de porteur de signal et de dispositif de refroidissement.

Jusqu'à trois plaquettes d'unité centrale (CPU) et trois unités de traitement entrées/sorties peuvent résider dans un seul HP 9000.

Toutes ces caractéristiques intègrent le HP 9000 au sein du réseau HP de productivité du manufacturier (MPN). Des fournisseurs de logiciels (tierce partie) vont fournir des ensembles de logiciels pour ingénierie assistée par ordinateur-utilisant les ordinateurs 32-bit. De plus, les deux systèmes d'exploitation HP 9000, offrent des outils considérables de développement de programmes.

Vous avez aussi un choix d'outils de



Aujourd'hui, c'est le coeur même d'un ordinateur de 32-bit et son prix est si économique que vos ingénieurs et scientifiques supérieurs vont pouvoir disposer de leurs propres unités centrales de traitement.

communication. Le HP 9000 est présentement compatible avec Ethernet™ et avec le gestionnaire de ressources communes de HP (SRM) qui permet au réseaux de HP 9000 et d'ordinateurs de table 16-bit d'utiliser en commun données et périphériques.

Des liaisons avec les ordinateurs centraux sont également disponibles. Et, vers la fin de 1983, HP offrira des réseaux de communication locaux basés sur le standard IEEE-802.

Nouvelle technologie à partir du silicium.

Les cinq super microplaquettes qui ont permis la naissance du HP 9000 sont l'unité centrale 32-bit qui peut exécuter un million d'instructions par seconde; un processeur d'entrées/sorties à huit canaux (IOP); une microplaquette à mémoire à accès sélectif capable de mémoriser 128K octets de données; un contrôleur de mémoire qui corrige jusqu'à 32 mauvaises adresses de mémoire; et une horloge de 19 mégahertz.

Le procédé évolué Hewlett-Packard NMOS-III a permis de mettre 450 000 transistors sur une seule microplaquette de 0,4 centimètre carré. L'extraordinaire densité de composants électroniques aurait normalement nécessité un système de refroidissement élaboré et coûteux.

Au contraire, les ingénieurs HP ont développé une nouvelle structure de montage appelée "finstrate", une plaquette de circuit en cuivre, qui agit à la fois comme une ailette de refroidissement et un substrat. Les "finstrate" contenant les plaquettes

de l'unité centrale (CPU) et l'unité d'entrées/sorties (IOP), la mémoire et l'horloge de système, sont contenus dans un module de la taille d'une valise.

Un utilisateur, un ordinateur de haute performance.

Il est clair que la tendance en ingénierie et dans les calculs scientifiques, s'éloigne des grandes unités centrales de traitement en commun par des utilisateurs multiples, pour aller vers les réseaux de postes de travail individuels puissants, partageant les mêmes périphériques et bases de données. Et on comprend aisément, qu'un ingénieur ou un scientifique contrôlant personnellement un HP 9000 peut résoudre beaucoup plus de problèmes plus facilement et la productivité accrue justifie, à elle seule, le prix des ordinateurs individuels.

Pour de plus amples renseignements sur cette percée technologique des ordinateurs 32-bit, communiquez avec le Bureau de ventes local HP. Vous trouverez l'adresse et le numéro de téléphone dans votre annuaire téléphonique.

Demandez une démonstration par un de nos consultants en informatique ou écrivez à: Département Marcom, Hewlett-Packard (Canada) Ltée., 6877 Goreway Drive, Mississauga, Ontario L4V 1M8.



Affichage graphique pleine couleur ou monochrome est disponible.

Huit clés souples de fonction jouent un rôle important dans un environnement de menu.

L'imprimante thermique est incorporée et produit des graphiques et une sortie alphanumérique.

Unité de disques souples.

En option, disque Winchester 10 Million d'octets.

hp HEWLETT
PACKARD

UNIX™ est une marque déposée de Bell Laboratories.

Ethernet™ est une marque de commerce de Xerox Corporation.

Le développement des constructions dans l'espace souterrain

Marc Durand, ing.

Cet article présente les diverses possibilités de l'utilisation de l'espace souterrain pour l'amélioration de la qualité de la vie en milieu urbain. Sans viser à en faire une analyse exhaustive, l'auteur expose les avantages et les limitations que présentent les constructions souterraines lorsqu'on les compare à des ouvrages comparables construits en surface. Des exemples tirés des réalisations en Europe, aux États-Unis et au Canada, indiquent que la proportion de l'ensemble des constructions, qui sont maintenant souterraines, augmente de façon constante depuis la fin de la Deuxième Guerre Mondiale.

Introduction

La qualité de la vie en milieu urbain est grandement améliorée par l'utilisation de l'espace souterrain : on n'a qu'à imaginer l'importance des effets sur le tissu urbain qu'aurait créés la construction en surface plutôt qu'en profondeur des 60 km de lignes du métro à Montréal. De même, on peut comparer les impacts de l'échangeur Turcot, en voies élevées, et ceux, dix fois moindres, de l'échangeur Université, en voies souterraines.

L'urbanisme souterrain, c'est bien plus, en cette fin du vingtième siècle, que les voies de métro, les tunnels routiers et les égouts. L'article vise à faire connaître les multiples possibilités qu'offre l'environnement souterrain, à l'aide d'exemples de réalisations scandinaves, américaines et locales.

M. Marc Durand, ing., a obtenu en 1968 un B.Sc.A. (géologie) à l'École Polytechnique de Montréal. Il y a complété des études de maîtrise en 1969 pour ensuite obtenir un doctorat à l'École Nationale Supérieure de géologie appliquée de Nancy en 1972. Il est actuellement professeur au département des Sciences de la terre à l'Université du Québec à Montréal.

L'espace souterrain

C'est la partie la plus méconnue de l'environnement et la moins utilisée ; les possibilités qu'elle offre sont cependant des plus intéressantes, en rapport avec certaines préoccupations très actuelles : les économies d'énergie, le stockage de l'énergie ; l'encombrement des villes, les communications ; la pollution par le bruit, l'esthétique urbaine.

L'espace souterrain englobe tout ce qui existe comme volume disponible sous la ville. Pour fins de clarification de l'analyse de ce milieu utilisable, nous le subdivisons en trois zones (figure 1 et tableau I). Les conditions géologiques locales pourront faire fluctuer les coupures que nous avons fixées à 20, 200 et 2000 mètres sur la figure 1, mais ces valeurs demeurent représentatives pour le plus grand nombre des villes nord-américaines.

a) Le *proche espace* occupe le volume qui se situe approximativement de 0 à 20 mètres de profondeur. Le proche espace se distingue des couches plus profondes par sa nature, par les types d'utilisation, et par les méthodes de construction qu'on peut y développer.

A faible profondeur, le substratum est généralement formé de couches géologiques meubles et de couches rocheuses, mais celles-ci sont altérées ou fracturées. Les formations meubles ont une porosité élevée, une compressibilité moyenne à élevée et ne peuvent être le site d'excavations à parois verticales sans un système de soutènement. Les premiers mètres du roc conservent des risques d'instabilité pour la construction de galeries souterraines sans soutènement ; l'eau de la nappe phréatique y circule plus librement, en raison

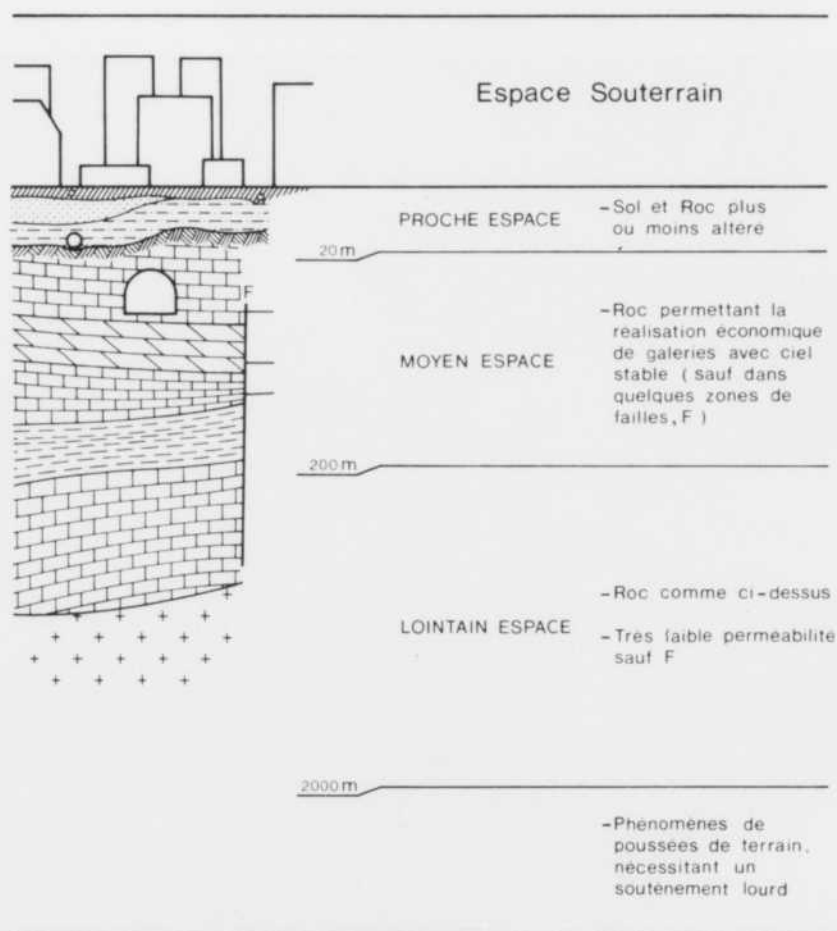


Figure 1 — Les subdivisions de l'espace souterrain.

Tableau I**Les niveaux de l'espace souterrain et leurs utilisations**

Niveau de sol	Utilisation	Méthode d'excavation	Problèmes rencontrés Conditions géotechniques
Proche	• Sous-sols d'édifices	• À ciel ouvert	• Murs de soutènement des parois
	• Voies de communication souterraines		• Venues d'eau
	• Parking		• Sautage, excavation : nuisances temporaires
Moyen	• Stations de métro		
	• Petites utilités publiques	• Quelquefois en tunnel, donc avec un faible couvert peu stable, quand on ne peut faire à ciel ouvert	• Encombrement de cet espace • Nécessite terrain vague, ou expropriation et démolition
	• Voies de communication • Stockage d'hydrocarbures d'aliments, ... etc.	• En tunnel	• Choix possible du tracé, de la profondeur pour obtenir les coûts vs conditions du roc
Lointain	• Abris, voûtes	• À ciel ouvert hors des zones développées si on dispose d'un vaste espace pour un grand projet	• Présences d'accidents géologiques parfois difficiles à pré-déterminer (incertitude quand au coût global final)
	• Grosses conduites d'eau		
	• UPH (Underground pumped hydropower) • Stockage de matières dangereuses	• En tunnel obligatoirement • Longue galerie (rampe) d'acier ou puits pour atteindre le niveau de l'ouvrage, s'ajoute au coût de l'ouvrage même	• Coûts d'investigation plus élevés • Rentabilité uniquement pour des projets de 500.000.000 \$ • Phénomènes de pression, de roc et d'eau : design obligatoirement très méticuleux.

de la présence de nombreuses fissures et d'altération qui diminuent la résistance de cet partie du massif rocheux.

Le proche espace sous les villes est très utilisé, parfois même encombré pour le volume disponible limité. Sous les terrains publics (rues, parcs, etc) on retrouve diverses utilités : égouts, collecteurs pluviaux, conduites d'aqueduc et réservoirs, conduites pour cables, voies et stations de métro, parking, etc. Sous les espaces privés, le volume souterrain offre une possibilité d'extension des immeubles, qui, au centre-ville de Montréal par exemple, occupe trois à cinq niveaux en sous-sol. Traditionnellement, les étages en sous-sol sont occupé par des fonctions de deuxième classe, comme parkings ou entrepôts. Plus récemment, on a démontré qu'ils peuvent servir à bien d'autres usages, comme centres commerciaux, ou comme espace d'affaire au niveau des voies souterraines piétonnières. Dans la métropole, le réseau de corridors, qu'on appelle *le Montréal souterrain* (Hôtel de Ville, 1977), rassemble actuellement 12 km de voies piétonnières à l'abri des rigueurs de notre climat.

En Europe, on a construit dans le proche espace des centres religieux, des centres sportifs et bien d'autres fonctions, qui ont permis d'utiliser le terrain libéré en surface comme parc en prolongement des installations souterraines, ou pour tout autre usage (Granit et al. 1980).

Étant donné la plus faible résistance mécanique du terrain du proche espace, les constructions en tunnel présentent des coûts et des risques plus élevés. La méthode de construction la mieux adaptée et la plus économique est l'excavation à ciel ouvert.

L'utilisation de cet espace doit donc être planifiée et réalisée avant, ou en même temps, que les aménagements de surface dans le même site. Il est souvent techniquement possible de le faire après, mais à des coûts très supérieurs.

b) Le *moyen espace* désigne la tranche du substratum où le milieu naturel offre des conditions de résistance, d'imperméabilité, et de volume permettant un

aménagement pouvant être planifié et construit, indépendamment des constructions existant en surface. Lorsqu'on excave une galerie à 100 m de profondeur dans du roc possédant une bonne résistance, comme celui qu'on retrouve à Montréal, la stabilité de l'ouvrage n'est plus affectée par le poids qu'exercent les édifices au-dessus. L'ingénieur dispose de plus d'un volume et non plus d'une surface; il est possible de créer des aménagements superposés et indépendants, tout en tenant compte de la position des couches plus résistantes et moins perméables; la connaissance précise des conditions géologiques permet d'adapter parfaitement l'ouvrage au site.

Le moyen espace constitue encore une ressource naturelle peu exploitée. À Montréal, il a été utilisé pour une dizaine de kilomètres de tunnels: pour certains tronçons du métro (une partie de la ligne 4), pour les tracés de conduites maitresses de l'aqueduc (figure 2), et pour l'émissaire de l'usine d'épuration de la C.U.M.

La construction y est réalisée de façon souterraine (galeries reliées à des puits d'accès), à des prix économiques lorsqu'il s'agit de projets importants, c'est-à-dire, ceux dont le coût dépasse dix millions de dollars. Le tableau I donne les principales utilisations réalisées actuellement dans le monde, dans cet espace; la figure 3 montre un exemple intéressant en cours de construction à Wesleyville, Ontario: des galeries stockeront dans un roc calcaire (d'un type semblable au roc sous les raffineries de l'est de Montréal) 4,8 millions de barils d'hydrocarbures.

c) Le *lointain espace* forme le volume disponible dans la tranche de terrain que l'on situe de 200 à 2000 m de profondeur. Au delà de cette limite, l'utilisation de l'espace souterrain n'est pas actuellement envisagée, car les coûts de construction reflètent des difficultés techniques résultant du phénomène de grandes pressions. La nature du roc en un lieu, élève ou abaisse cette limite technique et économique.

Le lointain espace est encore moins utilisé que la tranche précédente. Le développement



Figure 2 — Exemple d'utilisation du moyen espace: les nouvelles conduites maitresses de l'aqueduc de Montréal, dont la profondeur atteint 70 m par endroits.

de son utilisation est envisagé pour des grands projets de types nouveaux, entièrement conçus en fonction des caractéristiques propres de l'espace souterrain.

On peut réaliser dans le proche et moyen espace des aménagements conçus pour la surface; mais il est possible de réaliser dans le substratum des aménagements inconcevables en surface. La pleine utilisation des trois dimensions permet, par exemple, d'envisager du stockage d'énergie électrique sous forme hydraulique dans des centrales souterraines à bief aval souterrain (UPH, underground pumped hydropower). Dans ces aménagements, schématisés à la figure 4, on choisit librement la hauteur de chute, pour maximiser la production d'électricité de pointe. L'eau turbinée doit être stockée dans un volume de galeries, qui dépend du débit et de la durée de production hydroélectrique pendant la pointe de la demande. Pendant les heures de faible demande, le bief aval souterrain est vidé par les turbines réversibles, comme dans le cas des centrales à réserve pompée normales. Mais contrairement à ces dernières, l'impact en surface est minime; la localisation de l'ouvrage peut

se faire près du centre même de consommation d'énergie, ou près des lignes de transport du réseau. La hauteur de chute peut être considérable (1000 m) pour optimiser le projet en fonction de la nature géologique du substratum; elle n'est plus limitée par l'obligation de trouver une dénivellation utilisable dans le relief.

Avantages et limitations

Nous n'analyserons ici que ce qui est nouveau et particulier aux aménagements souterrains. Le tableau II servira de grille pour cette brève analyse.

a) *aspect énergétique*: les plus anciennes formes d'habitat souterrain ont utilisé cet espace comme abri, à des époques où les techniques de chauffage et de climatisation étaient rudimentaires. Une cavité souterraine naturelle ou excavée, a pour caractéristiques premières d'offrir un environnement climatique à température et humidité constante, ainsi qu'un milieu à très faible conductivité thermique. En période de crise de l'énergie, il est important de savoir que les chambres souterraines requièrent de 5 à 10 fois moins d'énergie de chauffage

ou de réfrigération. À Kansas City, 1,8 millions de m² d'entrepôts, d'usines et de bureaux souterrains tirent profit de cet avantage (Stauffer, 1977). Bligh et Hamburger (1973) indiquent de plus que, pour les entrepôts d'aliments congelés, on a mesuré une perte de froid de 1°F par jour dans des stockages souterrains, comparativement à 1°F par heure dans des entrepôts de surface. Le massif rocheux donne une grande inertie thermique à tous les systèmes de stockage souterrain de froid ou de chaleur.

Une circulation judicieuse d'air dans des volumes situés en-dessous et au-dessus de la surface du sol permet une climatisation à peu de frais : par exemple, Keshan et Sishu (1981) rapportent que la ville de Chongqing en Chine climatise des cinémas et des usines par circulation d'air dans ses abris de défense civile. Tout édifice qui comporte une partie importante de son volume sous le sol peut profiter d'avantages de ce type.

Le pompage des eaux d'infiltration dans les cavités souterraines occasionne cependant une dépense d'énergie pour l'évacuation vers la surface de ces eaux. Les massifs rocheux trop perméables conviennent donc mal à un aménagement souterrain.

b) *Développement tridimensionnel de la ville* : l'environnement souterrain peut recevoir un développement étagé en sous-sol qui s'affranchit des contraintes existant en surface. Cette occupation amorcée dans le proche espace, s'avance maintenant plus en profondeur, là où les conditions géologiques sont plus favorables.

Cependant, cette utilisation de la partie souterraine de l'environnement se fait sans véritable planification et réglementation. Dans certaines villes plus avancées à ce point de vue, on a constaté que le développement non planifié du sous-sol, apporte les mêmes difficultés que l'absence de zonage en surface. De plus, l'encombrement dont on parle déjà, résulte plus de l'enchevêtrement des multiples utilisations que d'une réelle sur-utilisation du sous-sol.

Les barrières naturelles de la surface (fleuve, colline) qui

contrôlent fortement l'occupation du territoire, n'existent pas pour un développement souterrain. Mais l'espace souterrain possède ses propres barrières naturelles, comme par exemple les zones de faille et de roc fracturé. Il est important de les éviter autant que possible, car les difficultés et les coûts de construction y sont de deux à cinq fois plus élevés.

Les premiers développements souterrains ont eu tendance à suivre des axes déjà tracés pour les conditions de surface. Certains se sont avérés très défavorables par rapport aux caractéristiques géologiques du sous-sol de la ville ; des portions de rues se sont affaissées, ou ont montré des signes d'amorce de rupture, ce qui a occasionné des travaux supplémentaires et des retards.

Les difficultés mentionnées ci-dessus ne se rapportent qu'à une faible partie de notre espace souterrain. Montréal demeure fa-

Tableau II

Avantages, objectifs et limitations de l'utilisation de l'espace souterrain

Avantages — objectifs	Problèmes — limitations
— Economies d'énergie de chauffage ou réfrigération.	— L'air, la lumière à fournir.
— Développement et fonctionnement des villes en utilisant un volume et non plus une surface.	— L'eau souterraine à évacuer.
— Protection de l'environnement en mettant sous terre des aménagements :	— Absence de lois et règlements.
• inesthétiques (réservoirs, entrepôts)	— Encombrement du proche espace.
• bruyants (trains, métro, usines)	— L'eau souterraine très affectée.
• polluants (traitement de déchets)	— Risques parfois d'instabilité affectant les ouvrages en surface.
• à risque (centrales nucléaires)	
— Sécurité : meilleur abri contre le feu, sabotage, vols, conflits.	— Fait appel à des technologies nouvelles, donc moins éprouvées.
— Stockage d'énergie près des lieux de consommation ex : U.P.H. (Underground pumped hydro).	— Technologie nouvelle. Coûts moins certains.
— (Obtention de matériaux de carrière).	— Production de grands volumes de déblais.

vorisée par rapport à d'autres villes par la nature de son substratum.

c) *Protection et qualité de l'environnement* : le développement étagé de la ville, avec les rues et édifices en surface, les conduites d'eau et le métro en souterrain, améliore certes la qualité de la vie urbaine. Les villes scandinaves ont développé de façon beaucoup plus complète encore l'utilisation du sous-sol, pour y installer tout ce qui est inesthétique en surface (ex : réservoirs, entrepôts), ou bruyant (ex : trains, métro, équipement lourd d'usine, concasseurs), ou tout ce qui présente un risque quelconque de contamination de la biosphère (stockage de produits chimiques, radioactifs, usines de traitement).

On envisage de construire à l'avenir les centrales nucléaires en souterrain (Lindbo et Oberth, 1980) afin de minimiser les ris-

ques et les protestations que leur installation en surface suscitent. Le Canada, comme d'autres pays, reconnaît en la lithosphère, la partie de notre environnement la mieux adaptée à recevoir les déchets radioactifs, en raison de sa relative insensibilité face à tout genre de déchets. Les sites envisagés pour les déchets de haute énergie seront cependant éloignés des villes comme mesure supplémentaire de sécurité.

Ces déplacements d'activités vers le sous-sol urbain ne produisent-ils pas aussi un déplacement de la pollution de la biosphère vers la lithosphère? La réponse à cette question est affirmative, mais deux remarques doivent être faites.

L'environnement souterrain, à l'exception des eaux souterraines qui circulent dans les fractures et les interstices du milieu, forme un milieu statique, inerte; la vie ne peut y exister que pour l'homme, dans un environnement aménagé artificiellement.

Les eaux souterraines constituent une source d'eau potable, puisque 1% des eaux consommées dans l'île de Montréal sont pompées des nappes; mais l'utilisation des nappes en milieu urbain décline partout pour de multiples raisons, dont les diminutions de qualité et quantité qui se sont manifestées dans le début de l'urbanisation en surface.

d) *Sécurité*: le concept de grande sécurité, qu'offre l'espace souterrain, est à l'origine de toute une série d'utilisations spécialisées, tant civiles que militaires: centres de commandements, abris anti-atomiques, voûtes bancaires, archives, etc.

Une galerie souterraine profonde peut résister aux pires destructions en surface; ses accès limités la protègent contre les actes de sabotage et les vols. Une galerie taillée dans le roc présente évidemment une structure indestructible par le feu; les événements ont démontré que dans les régions où existent des risques naturels, comme les tornades, ou les séismes, les structures souterraines sont très peu affectées.

Les ouvrages souterrains présentent d'autre part des risques propres, qu'il faut reconnaître. La réalisation de grandes excavations permanentes sous des espaces construits relève d'une

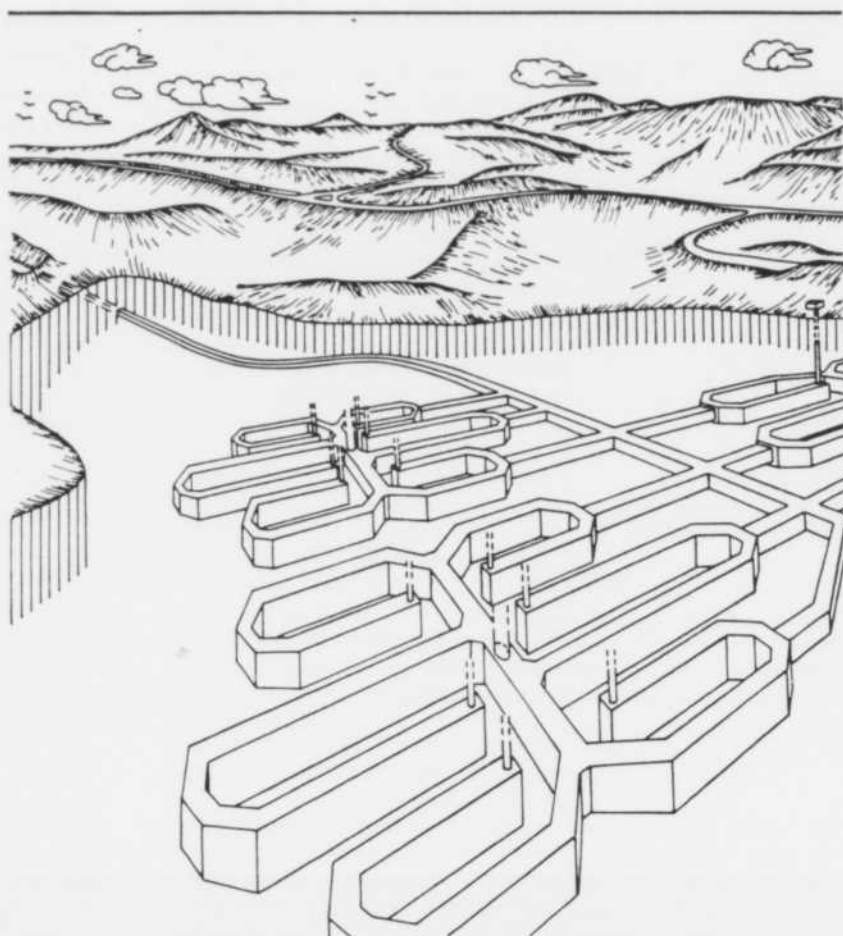
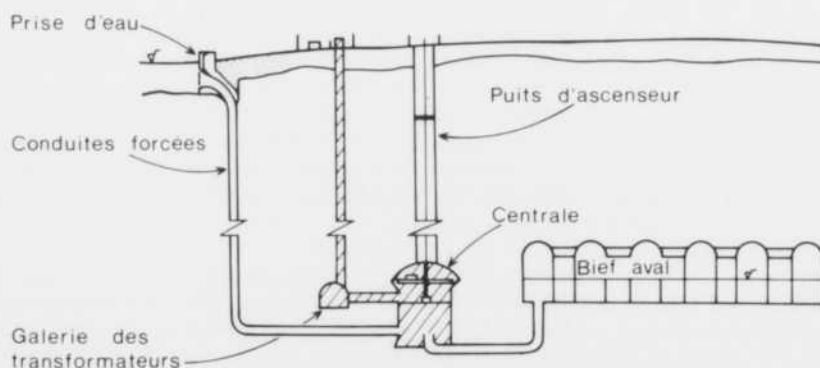


Figure 3 — Stockage d'hydrocarbures à Wesleyville, Ontario; cavernes reliées dont la capacité totale sera de 4,8 millions de barils.

Figure 4 — Centrale à réserve pompée, entièrement souterraine; la profondeur du bief aval et de la centrale est fixée en tenant compte de la position d'une formation géologique propice à une excavation d'envergure à faible prix de revient.

Centrale à réserve pompée



technologie assez nouvelle. Les projets doivent être étudiés avec soin, après des investigations géologiques poussées de ce milieu naturel. Le substratum est encore mal connu, car on n'y a accordé que peu d'attention jusqu'à maintenant. Une excavation mal étudiée présente des risques de subsidence du terrain au-dessus, de chute de blocs dans l'excavation pendant sa construction, et plus rarement, d'effondrement. L'eau d'infiltration, qui doit être évacuée en permanence, présente un risque en cas de panne prolongée du système de pompage, très minime cependant dans les projets bien conçus.

e) *Stockage d'énergie près des lieux de consommation* : les variations dans les courbes de demande, ainsi que dans les courbes de production de certaines formes d'énergie (solaire, éolienne), obligent les autorités responsables à réaliser des installations pour le stockage de l'énergie. En surface ces installations ont un impact important sur l'environnement et leur localisation loin des villes demande la création de lignes additionnelles de transport d'énergie. On examine donc naturellement l'alternative, proche des lieux de consommation d'énergie, qu'offre l'espace souterrain. Les centrales à réserve pompée souterraines (figure 4), le stockage souterrain de combustibles (figure 3) ne sont pas les seules formules possibles ; on pense également à du stockage sous forme de chaleur (Bligh, 1977, Bjurström 1977) d'air comprimé (Pincus, 1978, Milne et al., 1977), et d'électricité dans des aimants super-conducteurs logés dans des cavernes ouvertes dans le moyen espace.

f) *Matériaux extraits des excavations* : les espaces souterrains utilisables sont créés par excavation ; on crée ainsi un volume de déblai important dont on doit disposer. Dans les projets d'envergure où l'on projette d'excaver quelques millions de mètres cubes de roc dans une formation géologique favorable, le matériau excavé constitue un sous-produit intéressant, qui peut servir à diminuer le volume de granulats à produire dans les carrières à ciel ouvert.

Conclusion

L'espace souterrain utilisé depuis fort longtemps de façon marginale, apparaît maintenant comme un nouveau territoire utilisable sous les villes congestionnées. Il permet de libérer la surface des aménagements, qui y diminuent la qualité de la vie ; il offre également la perspective de création de concepts d'aménagements nouveaux, conçus en fonction même des possibilités de ce milieu. Cet environnement minéral est moins sensible que la biosphère en surface ; il peut donc « encaisser » sans trop de mal des impacts qui seraient beaucoup plus dommageables en surface.

Le milieu et les techniques d'aménagement souterrain sont moins éprouvées cependant, de sorte que des risques liés aux constructions souterraines existent malgré tout. Cela se reflète aussi sur les coûts de construction qui ne sont pas encore aussi avantageux qu'ils pourraient l'être. *l'ingénieur*

Références

1. Ahrens, D.J., 1980. Going Under Provides A New Industry for Kansas City. *Underground Space*, vol. 5, pp. 15-24.
2. Bligh, T.P., 1977. Thermal Energy Storage in Large Underground Systems and Buildings.

Rockstore 1977, Stockholm, vol. 1, pp. 63-71.

3. Bligh, T. P. et Hamburger, R., 1973. Conservation of Energy by Use of Underground Space. Nat. Academy of Engineering, Report No. 574-002, pp. 103-118.

4. Bjurström, S., 1977. Transport and Storage of Heated Water in Unlined Rock Openings. Rockstore 1977, Stockholm, vol. 2, pp. 433-440.

5. Granit, M. et al., 1980. Subsurface Public Space Design Aspects. Rockstore 1980, Stockholm, vol. 1, pp. 127-136.

6. Hôtel de Ville, Montréal 1977. Le Montréal souterrain. Communiqué de presse, 7 p.

7. Keshan, Z. et Sishu, X., 1981. A Promising Solution to Surface Congestion : Using the Underground. *Underground Space*, vol. 6, no. 2, pp. 96-99.

8. Lindbo, T. et Oberth, R. C., 1980. Nuclear Power Plants Underground. Rockstore 1980, Stockholm, vol. 2, pp. 515-526.

9. Milne, I. A., Giramonti, A. J. et Lessard, R. D., 1977. Compressed Air Storage in Hard Rock for Use in Power Applications. Rockstore 1977, Stockholm, vol. 2, pp. 423-429.

10. Pincus, H.J., 1978. Geological Aspects of Storage of Compressed Air in Porous, Permeable Rocks. A.I.G.I., c.r. 3^e congrès, Madrid, sec. III, vol. 2, pp. 107-115.

11. Stauffer, 1977. Kansas City's Use of Limestone Mines for Business, Industry and Storage. Rockstore 77, Stockholm, vol. 1, pp. 167-171.

Compagnie Nationale de Forage et Sondage

ÉTUDES GÉOTECHNIQUES, GÉOLOGIQUES, SISMICIQUES

FORAGES D'EXPLORATION

CONTRÔLE QUALITATIF : SOLS, BÉTON, ASPHALTE, MÉTAUX

LABORATOIRES : EAUX, SOLS, MATÉRIAUX

ASSURANCE QUALITÉ, MÉTALLURGIE, CORROSION

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

Lavalin

abstracts

The Development of Underground Constructions 4 by Marc Durand, Eng.

This paper describes various potential uses of underground space aimed at enhancing the quality of life in cities. Without being exhaustive, the author discusses the advantages and limitations of underground constructions compared with equivalent surface constructions. Achievements in Europe, the United States and Canada indicate that, since 1945, underground development is gaining an increasing proportion of the overall volume of urban construction.

Arbitration in Construction 11 Pierre Lefort, Eng.

Arbitration is commonly used to resolve disputes that regularly occur in the construction industry. The paper describes the types of arbitration that actually exist, their advantages and their implementation techniques. A brief historical note describes how arbitration has evolved over the years. Finally, the role and essential qualities of the arbitrator are discussed.

A New Approach to Numerical Modelling 25 by Sylvain Charron, Eng.jr. and Claude Marche, Eng.

The advent of new and powerful computers during the last few years has resulted in a widespread application of numerical models to solve engineering problems. At the present time, one of the numerical techniques utilized by engineers is the finite element method. In order to generate and organize in an efficient manner the complex data structure resulting from its application, a new modular approach has been developed. This approach is particularly suited to the treatment of heterogeneous domains often encountered in engineering practice.

questel

DE NOUVELLES SOURCES D'INFORMATION

Dans le domaine des sciences et techniques et de la technologie en matière politique et sociale, en information juridique et réglementaire, économique et commerciale, QUESTEL vous propose, grâce à plus de 30 banques de données, d'ajouter à votre connaissance des millions de documents.

DES POSSIBILITÉS UNIQUES

Recenser en quelques secondes une littérature internationale sur le cancer (CANCERNET), pouvoir consulter une bibliographie unique sur le design industriel (CECILE), avoir accès à la plus importante collection écrite sur l'énergie (ENERGIRAP), interroger par structures les 5 millions de composés chimiques du fichier EURECAS (CHEMICAL ABSTRACTS), ne sont là que quelques exemples de l'originalité et de la pertinence de l'information que vous livre Questel.

DES SOURCES FIABLES

Des organismes reconnus sur le plan international vous apportent cette nouvelle information: le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), le Centre d'Etudes Nucléaires (CEN), l'Institut Français du Pétrole (IFP), etc. autant de sources sûres disponibles sur QUESTEL.

UN CAGE DE CROISSANCE

Nouveau système d'interrogation des banques diffusées par INFORMATECH. Questel se situe au plus haut niveau de la recherche automatisée en information. Outil de consultation puissant, Questel annonce la diffusion d'un vaste ensemble de données d'origine française et québécoise.

DE VASTES ENSEMBLES DE DONNÉES

QUESTEL vous donne accès, dans leur intégralité, à certains des plus grands fichiers multidisciplinaires existants à ce jour. En choisissant PASCAL (sciences et techniques, technologie) ou FRANCIS (sciences sociales et humaines), vous parcourrez en un seul coup d'oeil la plus importante bibliographie mondiale couvrant l'ensemble des aspects de votre recherche.

QUESTEL marque déposée de
Télésystèmes
diffusé au Canada par

Informatech
3467 Durocher,
Montreal, Que.
H2X 2C6
(514) 845-2206



L'arbitrage dans la construction

Pierre Lefort, ing.

L'arbitrage permet de régler les litiges qui peuvent survenir facilement dans le domaine de la construction. L'article décrit les différents types d'arbitrage, leurs avantages et leurs modalités d'application, et trace un court historique de cette procédure ; on y précise également le rôle et les qualifications d'un arbitre.

Introduction

La construction est un domaine si vaste, complexe et imprévisible qu'il est extrêmement difficile d'inscrire dans un contrat tous ses tenants et aboutissants. Il arrive donc fréquemment que, par suite d'imprécision dans le contrat, il faille ajouter, modifier, changer certaines modalités aux plans ou certaines clauses contractuelles, à la suite d'événements imprévisibles survenus au cours de la construction. C'est lors du règlement qui fait suite à ces changements que des mécontentements surviennent, le propriétaire décidant du quantum ; l'entrepreneur devient alors forcé d'accepter ou de procéder par recours judiciaire pour obtenir ce qu'il croit lui être dû.

Il existe une façon de régler ces mécontentements et litiges qui

surviennent constamment dans la construction : ce moyen pratique est l'*arbitrage*, sans doute le plus approprié à cause de la célérité du règlement, de son faible coût et de l'impartialité des solutions. L'arbitrage n'est pas une procédure nouvelle ; au Québec, l'arbitrage est prévu par le Code de procédure civile aux articles 940 et suivants.

Pour qu'il y ait arbitrage, il doit y avoir une clause au contrat prévoyant ce moyen de régler les disputes, à moins que les parties s'entendent après coup et conviennent de soumettre leur différend à l'arbitrage.

Les types d'arbitrage

Il y a quatre différents types d'arbitrage :

- *L'arbitrage facultatif* : comme son nom l'indique, les parties peuvent convenir de compromettre leurs droits à l'arbitrage, mais n'oblige aucune des parties à accepter. Ce moyen n'est pas très efficace.

- *L'arbitrage obligatoire* : les parties auront droit à l'arbitrage comme moyen de régler leur différend. Ce moyen est déjà une amélioration par rapport au précédent.

- *L'arbitrage obligatoire préjudiciel* : l'arbitrage est obligatoire mais la décision est non finale ; l'une ou l'autre des parties aura toujours le droit au recours judiciaire si la décision ne lui plaît pas.

- *L'arbitrage obligatoire et final* : l'arbitrage est obligatoire et la décision est finale, par conséquent sans droit de s'adresser aux tribunaux, à moins qu'il n'y ait eu fraude ou erreur flagrante ou grossière. Cet arbitrage est réel.

Si l'on veut un règlement rapide, économique et efficace, on doit adopter l'arbitrage obligatoire réel dont la décision est finale et dont les modalités d'application sont prévues et décrites aux articles 940 à 951 du Code de procédure civile du Québec.

Pour que l'arbitrage devienne un moyen de règlement des litiges, il est primordial qu'une clause au contrat prévoie cette application et que cette clause soit claire et précise, de façon à éviter tout recours judiciaire pour

le rejet de l'arbitrage par une des parties. Signalons qu'à maintes reprises, les clauses inscrites au contrat sont ambiguës, conditionnelles et imprécises et maintes fois il y a eu contestation devant les tribunaux : ceux-ci ont souvent accueilli la requête en irrecevabilité et rejeté l'arbitrage ou la nomination d'arbitres à cause de l'imprécision de la clause inscrite.

La clause ne doit pas contenir les mots *peut, peuvent* et ne doit pas être conditionnelle ; elle doit contenir les mots *aura droit, devra, doivent* ; enfin, pour que cette clause soit claire et précise, elle doit indiquer que les parties devront régler tous les différends et litiges par l'arbitrage à l'exclusion du recours judiciaire. Plusieurs formules peuvent être utilisées afin de prévoir clairement le recours à l'arbitrage ; il est souhaitable qu'une seule formule soit étudiée et approuvée par les autorités compétentes afin qu'elle puisse être inscrite dans les contrats sans qu'elle soit à tout moment contestée devant les tribunaux.

Comment s'effectue l'arbitrage

Il y a différentes modalités dans l'arbitrage quant au nombre et à la nomination des arbitres, quant à la procédure suivant les règles du droit, selon que les arbitres aient reçu le pouvoir de statuer comme amiables compositeurs (art. 948, Code de procédure civile)*, quant au délai de la sentence arbitrale, etc. Règle générale, on peut décrire la procédure comme suit :

La clause d'arbitrage inscrite au contrat étant valable, les parties s'entendent pour régler leur différend par l'arbitrage : Chacune des parties nomme un arbitre ; les deux arbitres nommés, choisissent ensemble un tiers arbitre qui deviendra le président du tribunal d'arbitrage ;

L'acte de compromis sera rédigé et signé par les deux parties et contiendra toutes les informations pertinentes au litige, à savoir :

- Les noms des parties,
- Exposé des faits en litige,

* *amiable compositeur* : pouvoir d'agir en équité.

M. Pierre Lefort a obtenu son baccalauréat en sciences appliquées, génie civil, de l'École Polytechnique de Montréal en 1953. Membre de l'Ordre des Ingénieurs du Québec depuis 1953 et membre de l'Ordre des Arpentiers-Geomètres du Québec depuis 1956, M. Lefort œuvre dans le domaine de la construction depuis 30 ans dans toutes les sphères des grands travaux de génie. Depuis 1980, il agit comme expert-conseil spécialisé en études de coût, gestion, réclamations, litiges, arbitrage et expertise. Membre de l'Institut des Arbitres du Canada Inc., et Member of American Arbitration Association and Panel of Arbitrators.

- Prétention des parties,
- Compromis,
- Nom des arbitres,
- Règles de procédure (règle de droit, du contrat, d'équité, pouvoir d'amicable compositeur, etc.),
- Délai accordé aux arbitres pour la sentence arbitrale,
- Honoraires des arbitres,
- Dépens à préciser dans le compromis, ou dans la sentence,
- Signature des parties et date du compromis ;

Séances d'audition de l'arbitrage : les parties exposent les faits et prétentions respectives. Les parties peuvent être représentées par un conseiller si elles le jugent à propos. Il est de coutume d'entendre le plaignant d'abord ;

Fin des séances d'audition : les parties ont un temps déterminé pour la présentation de leurs mémoires aux arbitres ;

Délibérations des arbitres : sentence arbitrale rendue à la majorité des voix. Cette sentence doit être motivée et signée par les arbitres. Au document de la sentence doivent être annexés l'acte de compromis et le procès-verbal d'instruction ;

La sentence arbitrale sera déposée entre les mains du notaire de la Cour supérieure du district où l'arbitrage a eu lieu, après en avoir fait signifier copie aux parties.

Historique

L'arbitrage n'est pas un concept nouveau, il existe aux États-Unis depuis le XVII^e siècle ; on peut retrouver dans les archives américaines un acte de compromis, rédigé à Boston en 1677, où cinq arbitres étaient appelés à arbitrer un litige commercial. En France, l'arbitrage existe depuis au moins un siècle et on sait que notre droit origine de ce pays. En Grande-Bretagne, l'arbitrage existe depuis le XVII^e siècle. L'arbitrage international est reconnu par les Nations Unies depuis 1958. Au Canada, nous connaissons l'arbitrage, principalement en relations de travail pour le règlement des griefs entre patrons et syndicats. Au Québec, c'est depuis 1966 que nous trouvons dans le Code de Procédure Civile

des provisions pour les parties de compromettre les droits. (940 ss.)

En 1926 a été fondé aux États Unis, l'*American Arbitration Association* (AAA), un service public non gouvernemental, à but non lucratif et qui a pour but de régler les litiges à l'aide de la médiation, de la conciliation et de l'arbitrage. AAA n'agit pas comme arbitre, sa fonction est d'administrer l'arbitrage selon l'accord des parties et de garder un bureau d'arbitres qui seront choisis par les parties. Une fois désigné, l'arbitre décide et rend sa décision comme finale et exécutoire. La clause suivante est recommandée par l'AAA pour qu'elle soit inscrite dans tout contrat de construction : « Toute dispute ou mésentente ou réclamation à survenir au cours de ce contrat devra être réglé par arbitrage suivant les règles d'arbitrage de l'industrie de la construction de l'*American Arbitration Association* et le jugement faisant suite à la sentence arbitrale rendue par le ou les arbitres sera homologué par la Cour ayant jurisprudence en la matière ». L'AAA a son siège social à New York et administre environ 24 régions.

Les relations commerciales internationales évoluent constamment et l'arbitrage international présente des avantages essentiels pour ceux qui ont des intérêts importants en jeu. Pour ce faire, il existe la Chambre de Commerce Internationale dont le siège social est à Paris et qui administre le Règlement de la Cour d'Arbitrage. La Chambre offre ses services d'arbitrage pour tout litige ayant un caractère international et elle possède un réseau de membres appartenant à 90 pays. L'arbitrage de la CCI est administré par une institution permanente, la Cour, qui a sa structure, son règlement et sa procédure. La Cour ne juge pas elle-même les litiges, elle surveille l'application du règlement par le ou les arbitres nommés dans chaque cas. Lors de la conclusion d'un contrat, la CCI recommande aux parties d'insérer la clause type suivante :

« Tous différends découlant du présent contrat seront tranchés définitivement suivant le règlement de conciliation et d'arbitrage de la Chambre de Com-

merce Internationale par un ou plusieurs arbitres nommés conformément à ce Règlement ».

Cette clause type exprimant la volonté des parties peut être complétée par certaines mentions relatives au lieu de l'arbitrage, au nombre d'arbitres, au droit national applicable au contrat et dans les systèmes juridiques qui le permettent, à l'attribution aux arbitres des pouvoirs d'amicable compositeur.

Il serait impensable, aujourd'hui de transiger des affaires à l'échelle internationale sans se prémunir de la clause d'arbitrage de la CCI qui demeure une protection primordiale.

Au Canada, il y a depuis 1973 l'Institut des Arbitres du Canada Inc., organisme à but non lucratif, qui est un service public et dont le rôle est de fournir au public des moyens de résoudre des différends de toutes sortes par l'arbitrage, la médiation ou d'autres méthodes basées sur le libre consentement, et d'agir comme centre national de renseignements, de formation et de recherche en arbitrage. La section du Québec de l'Institut des Arbitres du Canada Inc. fut créée en 1977 et fait partie intégrante de l'organisme national. L'Institut offre aux parties en litige un choix d'arbitres professionnels qui répondent à ses exigences.

Les avantages de l'arbitrage

Avant de décrire les avantages de l'arbitrage, on doit se rappeler que ce qui peut être un avantage pour une partie peut être un désavantage pour l'autre partie. Ce n'est pas un moyen parfait.

Quels sont les avantages de l'arbitrage par rapport à d'autres formes de recours de règlement de litige ?

- Les procédures d'arbitrage sont plus flexibles et peuvent être conduites plus rapidement que les procédures judiciaires. Les parties sont intéressées à compléter l'arbitrage le plus vite possible de façon à minimiser les coûts et obtenir un résultat en terme de mois plutôt qu'en terme d'années.

- Les arbitres sont des personnes d'expérience dans la

construction, ce qui leur permet de comprendre le problème beaucoup plus vite que d'autres et d'agir pour que le litige soit réglé rapidement, diminuant ainsi les frais des parties.

- L'arbitrage nécessite moins de temps à cause de sa procédure simple et de l'absence de toute procédure légale et judiciaire.

- Le coût des honoraires dans l'arbitrage est moins élevé que dans tout procès où l'échange de documents, les dépositions, les interrogatoires écrits sont nombreux et très lents. De plus, dans l'arbitrage, il y a moins d'échanges de documents car les arbitres connaissent bien les techniques et les coutumes de l'industrie de la construction.

- L'appel d'une décision arbitrale étant très rare, cela élimine les coûts et les délais indéterminés. Le règlement est par conséquent plus rapide et plus définitif.

- Les arbitres jouissent de discrétion quant à la preuve à admettre, à prendre en considération et sous réserve; les parties ne sont pas toujours astreintes ou limitées aux règles de la preuve, du droit ou du contrat, ce qui peut favoriser une partie qui aurait une position morale plus forte.

Plusieurs raisons militent donc en faveur de l'arbitrage comme moyen de régler un litige dans la construction, particulièrement dans les contrats d'envergure, techniquement difficiles, où le budget et l'échéancier doivent être rigoureusement suivis de très près.

En terminant sur les avantages de l'arbitrage, citons le Juge en chef des États-Unis, Warren E. Burger, qui, le 24 janvier 1982, affirmait devant le Barreau américain :

To fulfill our traditional obligation means that we should provide mechanisms that can produce an acceptable result in the shortest possible time, with the least possible expense and with a minimum of stress on the participants. That is what justice is all about... What we must have, I submit, is a comprehensive review of the whole subject of alternatives, with special emphasis on arbitration.



Enfin, il est significatif de constater qu'à chaque année, il y a de plus en plus d'états américains qui adoptent des lois sur l'arbitrage; en 1981, l'Iowa est devenu le 42^e état à le faire.

Rôle et qualifications de l'arbitre

L'arbitre doit être intègre, impartial, avoir un bon jugement, une compétence technique et l'expérience de la construction;

L'arbitre ne doit avoir aucun intérêt direct ou indirect dans la cause en litige; il lui sera préférable de s'abstenir s'il constate qu'il a eu un lien trop près de l'une des parties;

Les pouvoirs de l'arbitre sont définis dans l'acte de compromis rédigé par les parties et l'arbitre doit exercer ses fonctions conformément aux normes décrites. Très peu de sentences arbitrales sont contestées en Cour et encore moins rejetées, et les seules causes d'annulation de la sentence sont la fraude et le fait que l'arbitre ne s'en est pas tenu aux limites de son autorité;

Généralement il est obligatoire pour l'arbitre de prêter serment, mais dans quelques cas, c'est laissé à la discrétion des parties. Plusieurs arbitres d'expérience préfèrent être assermentés, croyant ainsi encourager une attitude de confiance et en même temps ajouter une note de dignité;

Au début de l'arbitrage, l'arbitre peut recommander aux parties d'éviter la duplication de documents à présenter au tribunal et de s'entendre ensemble à cet effet; d'éviter la répétition des questions aux témoins et de les retenir indûment aux séances d'arbitrage; l'arbitre peut aussi demander aux parties de lui présenter par écrit les faits invoqués ou la réclamation d'une partie ainsi que la contrepartie ou la prétention de l'autre partie, ce qui peut aider grandement l'arbitre à bien saisir et comprendre tout le problème de manière à faciliter et accélérer la procédure. Ces recommandations peuvent être faites, mais il est évident que les parties ne sont pas tenues d'y souscrire car elles sont libres de présenter leur preuve comme elles l'entendent et jugent à propos. L'arbitre peut quand même souligner qu'on doit avoir à l'esprit que l'arbitrage est un moyen juste et équitable d'accélérer, à moindre coût, un règlement d'un litige, et de ne pas trop formaliser la procédure en copiant la lourdeur et longueur d'un procès;

Quand il y a doute sur la recevabilité d'un témoignage, il est préférable que les parties s'entendent, mais dans le cas contraire, l'arbitre peut prendre le témoignage sous réserve. De même une partie peut vouloir ajouter ou modifier sa réclamation; dans ce cas, il y a plusieurs facteurs que

l'arbitre doit considérer avant de prendre la décision. Si l'arbitre croit que la réclamation modifiée ou ajoutée a un rapport avec le litige de la demande originale et qu'il est de l'intention des parties, telle qu'exprimée dans le compromis de considérer tout le litige, alors l'arbitre peut accepter, après consultation des parties, l'arbitrage puisque celui-ci est volontaire ;

Il est coutume d'entendre le plaignant d'abord ; les parties peuvent être représentées par un conseiller ou défendre leur propre cas. En temps qu'expert, l'arbitre peut être tenté de vouloir régler le litige rapidement en questionnant les témoins, mais la plupart des arbitres d'expérience croient qu'il vaut mieux être patient et laisser les parties décrire les faits à leur manière ; ceci n'empêche pas l'arbitre de poser des questions et de demander des précisions sur tout témoignage ou sur tout document produit ;

Une enquête sur les lieux est une extension de l'arbitrage et les deux parties doivent en être avisées pour qu'elles puissent y assister. Un arbitre, qui fait une inspection, doit être prudent et rester à l'intérieur des buts énoncés par les parties. De même, l'arbitre a le pouvoir de consulter une firme extérieure, comme une firme comptable, un laboratoire ou autre, afin de faire la lumière sur des points importants. Toutefois, ceci n'est pas une délégation de pouvoirs, car le rapport est remis à l'arbitre et la décision finale revient à celui-ci ;

Si au cours d'un arbitrage, les parties demandent un ajournement pour permettre d'autres négociations, l'arbitre ne doit pas intervenir ou participer aux discussions, car proposer un compromis peut nuire à l'impartialité du tribunal. Par contre, si le litige est résolu, les parties peuvent demander à l'arbitre d'incorporer le règlement en donnant plus de valeur à l'accord ;

Après que tous les témoins ont été entendus, les parties doivent faire leur argumentation, soit oralement ou par écrit. Les parties déterminent avec l'arbitre que l'audience est terminée et l'arbitre a le nombre de jours stipulé dans le compromis pour rendre sa sentence arbitrale ; ce

nombre de jours se calcule à partir de la réception des argumentations des parties ;

Quand l'arbitre signe la sentence arbitrale et la retourne au protonotaire et aux parties, son rôle est terminé.

Autres moyens de règlement

Comme il y aura toujours des litiges dans la construction à cause d'imprécisions ou de changements au contrat, ou à cause de travaux additionnels, il faut trouver les mécanismes appropriés pour les prévenir et les résoudre. Les prévenir par un contrat bien rédigé et une administration efficace et se servir de moyens comme la négociation, la médiation et la conciliation pour régler les réclamations. Finalement, en dernier ressort, il reste l'arbitrage et le recours judiciaire.

Il y a des propriétaires ou des entrepreneurs importants qui possèdent leur propre service de réclamations et qui croient que c'est à eux de régler les litiges. Cela les place certainement en conflit d'intérêt car ils deviennent juge et partie, ne laissant pas beaucoup de choix au sous-contractant mécontent du résultat ; soit qu'il accepte avec perte, soit qu'il se tourne vers les tribunaux pour obtenir justice, même en sachant que ce sera long et coûteux. Ces propriétaires devraient prévenir ces situations par des moyens de règlement comme la médiation la conciliation ou l'arbitrage : cela améliorerait la confiance de plus d'entrepreneurs qui pourraient alors soumissionner avec des prix compétitifs. Le déroulement des activités, au jour le jour, de la construction s'en porterait mieux au bénéfice de tous, car il existerait au contrat un moyen objectif et équitable de régler des litiges éventuels.

La médiation prévient les disputes dans la construction. C'est une procédure informelle qui permet d'empêcher qu'un litige ne devienne un problème sérieux. Essentiellement, c'est l'effort d'un ou plusieurs médiateurs qui assistent les parties en tentant d'obtenir un règlement par la négociation directe. Un médiateur impartial peut négocier, conseiller et consulter les parties mais cel-

les-ci ne sont pas tenues d'accepter ; elles peuvent, advenant aucun règlement, recourir à l'arbitrage. Une clause de médiation dans le contrat facilite la bonne entente et peut éliminer le besoin d'arbitrage, processus un peu plus long que la médiation et la conciliation.

La médiation a été développée par le Comité d'arbitrage de l'industrie nationale de la construction des États-Unis et a été approuvée par l'AAA (American Arbitration Association).

Le règlement rapide d'un litige (Expedited Dispute Settlement) entre le propriétaire et l'entrepreneur est un amalgame de la conciliation, de la médiation et de l'arbitrage. Au contraire de l'arbitrage, procédure un peu plus longue, la phase de conciliation du système EDS devient un avantage, permettant de comprendre le fond du litige rapidement et à moindre coût.

La procédure se divise en deux parties : la période de médiation ; la période de décision. La décision est acceptée par les parties à moins qu'il n'y ait eu certains manquements de la part de l'arbitre. La décision peut être portée devant les tribunaux, mais la partie qui refuse cette décision doit avoir de solides arguments pour convaincre la Cour de renverser la décision. Cette procédure de règlement rapide d'un litige (EDS) pourrait être examinée plus à fond par les experts en ce domaine.

Conclusion

L'arbitrage est le règlement d'un différend au moyen d'une sentence arbitrale, rendue par un ou plusieurs arbitres, à qui les parties ont convenu de s'en remettre. On pourrait remplacer cette définition par le principe : « une clause d'arbitrage au contrat vous tient éloigné de la Cour au lieu de vous y précipiter. »

Selon une étude faite en 1978 par l'AAA, il ressort que sur 200 cas de litiges étudiés, la moyenne de temps pris pour régler ces litiges en arbitrage a été de 107 jours et que 103 de ces cas ont été réglés en 76 jours, démontrant ainsi le succès de la procédure d'arbitrage par comparaison à tout autre moyen utilisé par les parties.



L'arbitrage est un moyen de régler les litiges mais il ne remplace pas la bonne vieille méthode de négocier et de s'entendre à l'amiable pour régler tous les problèmes qui surviennent sur tous les chantiers de construction du monde. Malheureusement il y a eu des excès et des abus qui ont conduit à des relations tendues, des délais encourus, des coûts accrus et à des poursuites interminables et à des faillites dont personne ne profite jamais. On pourrait citer le cas d'un entrepreneur failli, dont la réclamation a été jugée favorablement par la Cour plusieurs années plus tard et qui aurait pu être sauvé rapidement à l'époque si l'arbitrage avait été appliqué dans son cas.

Errare humanum est, il faut admettre qu'il est dans la nature de l'homme de se tromper. Par ailleurs, il y aurait lieu de corriger les erreurs commises, de les éliminer et de rédiger de meilleurs contrats de construction afin qu'une protection suffisante soit accordée aux entrepreneurs au moyen de l'arbitrage.

En définitive, afin de permettre aux propriétaires et aux

entrepreneurs de recevoir plusieurs devis compétitifs lors d'appels d'offres et de revenir soumissionner, il faut instaurer un modus vivendi valable pour les deux parties. Pour ce faire, tous les contrats d'importance raisonnable devraient contenir une clause d'arbitrage claire, précise et obligatoire dont la procédure est prévue au Code de Procédure Civile, articles 940 et ss.

Enfin on devrait étudier la possibilité que l'Institut des Arbitres du Canada Inc., section du Québec, ait la responsabilité d'administrer la procédure arbitrale, avec tous les services inhérents, un peu à l'image de l'American Arbitration Association aux États-Unis et la Chambre de Commerce Internationale pour l'arbitrage international.

l'ingénieur

Références

1. Jugement de la Cour Supérieure du district de Montréal, rendu par l'Honorable Juge Édouard

Martel, le 12 janvier 1979, (No. 05-026415-784 C.S.M.) ALTA Construction (1964) Ltée. VS CEGEP Du Vieux Montréal.

2. Amiable compositeur : voir article 948 du Code De Procédure Civile ; pouvoir d'agir en équité.

3. Comment résoudre les litiges du commerce international, guide publié en avril 1977 par la Chambre de Commerce Internationale, 38 Cours Albert 1er — 75008 Paris.

4. Citation du Juge en Chef Warren F. Burger, dans *The Annual Report 1981-1982 of the American Arbitration Association*.

5. *The Arbitration Journal*, copyright by the American Arbitration Association, 140 West 51 st. Street, New York.

6. Institut des Arbitres du Canada Inc, section du Québec, 355 rue Logan, St-Lambert, Québec.

7. *Construction Claims Monthly*, 1105-F Spring Street Silver Spring, MD 20910 USA.

8. *Digest of Court Decisions*, copyright by American Arbitration ASS.

9. *Lawyers' Arbitration Letter*, copyright by American Arbitration Association.

Stelcolour,* type Barrière: "le revêtement canadien adapté à son temps"

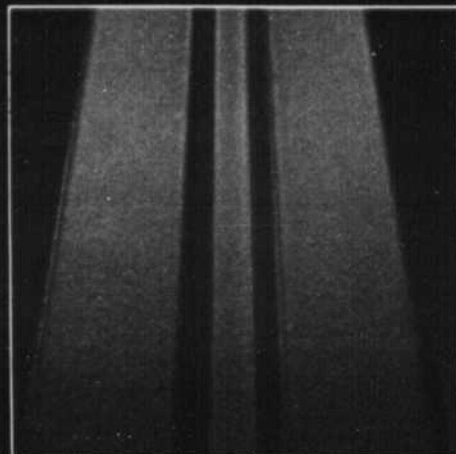
Les particules corrosives, les fumées et autres agents polluants créent un environnement rigoureux pour les revêtements, dans de nombreuses régions du Canada. Comment se protéger? De plus en plus d'architectes, ingénieurs, promoteurs, entrepreneurs et propriétaires ont résolu le problème en utilisant le revêtement en acier préfini Stelcolour, type Barrière. Ce revêtement inégalable, caractérisé par une couche de finition en chlorure de polyvinyle (CPV) très résistante, allie à l'économie, beauté et durabilité. Conçu pour résister aux atmosphères industrielles corrosives, le CPV offre une protection éprouvée. L'acier préfini Stelcolour, type Barrière, est fabriqué dans des conditions idéales, alors que le substrat en acier galvanisé de désignation Z275 est soigneusement nettoyé et apprêté selon un procédé chimique en cinq étapes avant d'être revêtu d'une couche de CPV appliquée au rouleau dans des conditions très strictes. Que ce soit sur les murs ou sur les toits, l'acier préfini Stelcolour, type Barrière, résiste au cloquage, au décollement et à l'oxydation permettant ainsi la réduction des coûts élevés d'entretien et de remplacement du revêtement. Un matériau remarquable adapté à son temps.



Les riches couleurs de brun et d'or du Stelcolour, type Barrière, rehaussent l'architecture de l'école Thomas A. Stewart de Peterborough en Ontario (photo ci-dessus). Propriétaire: Commission scolaire du comté de Peterborough. Fabrication et pose: Peerless Enterprises, division de Tectum Limited.



Des panneaux attrayants en acier Stelcolour, type Barrière, résistent à l'air salin et confèrent une beauté durable à l'église St-Mary de Saint-Jean, à Terre-Neuve (photo ci-dessus et ci-dessous). Propriétaire: diocèse de l'est de Terre-Neuve et du Labrador. Fabrication: Eastland Metals. Pose du revêtement: Trico Limited.



Comme toute la gamme des aciers préfinis Stelcolour, le type Barrière, offre un fini, une texture, un brillant et une épaisseur de revêtement uniformes. Pour de plus amples renseignements au sujet du Stelcolour, type Barrière, veuillez écrire à: Stelco Inc., Department "A", 100 King Street West, Hamilton, Ontario, L8N 9Z9.

stelcolour

type Barrière

Acier préfini

stelco

Stelco Inc.

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

Marque déposée

8101/9 REV.

l'ingénieur et...

... la qualité de l'environnement

Lyne Fréchet

La loi numéro 55, vous connaissez ? Adoptée par l'Assemblée nationale du Québec en juin 1982, la loi 55 avait pour effet d'en modifier une autre : celle sur la qualité de l'environnement. L'essentiel des modifications visait à rendre davantage responsables ceux qui participent à la réalisation de projets susceptibles d'entraîner des répercussions sur l'environnement. Pour les ingénieurs, cette responsabilité accrue se traduit par une « attestation de conformité environnementale ». Il s'agit plus précisément de l'obligation de produire des plans et devis en accord avec les normes établies par le Gouvernement et d'en attester par écrit la conformité. D'ici quelques mois, les premiers projets de règlements établissant des normes touchant certaines catégories de travaux (aqueducs, égouts, etc.) seront publiés. Lorsque le premier règlement sera en vigueur (après une deuxième publication à la Gazette officielle du Québec), le processus mis en branle par le projet de loi 55 entrera en vigueur pour les projets visés dans ce règlement.

Les modifications apportées à la loi sur la qualité de l'environnement engendrent un nouveau type de formalités. « À l'heure actuelle, explique Me Jean Piette, directeur du Service juridique au ministère de l'Environnement, les professionnels responsables de la conception d'un projet ne sont pas légalement tenus d'attester sous leur signature la conformité aux normes ». Le mécanisme actuellement en vigueur veut que tout projet soit préalablement soumis au Ministère en vue d'être approuvé et autorisé.

Les ingénieurs rattachés au Ministère sont alors chargés d'examiner les plans, de déterminer si le projet est suffisamment respectueux de l'environnement et d'accorder ou non un permis aux promoteurs. Cependant, les experts en protection de l'environnement ont constaté que le système en place ne répondait pas aux objectifs de prévention qu'ils



s'étaient fixés. Une fois l'autorisation accordée, il était difficile de surveiller si les travaux s'exécutaient dans le respect des normes prescrites. Comme le soulignait le ministre Marcel Léger lors de la présentation du projet de loi 55 : « Nous nous sommes rendu compte que beaucoup de professionnels comptaient sur la caution morale ou technique que confère toujours une approbation gouvernementale quand il ne s'agissait pas de faire réviser leurs calculs par les ingénieurs du ministère ! » De plus, toute la démarche à entreprendre pour l'obtention d'un permis exigeait souvent de longs délais, ce qui avait pour effet de frustrer les promoteurs, remarque Me Piette. Or, en matière de prévention, les autorités du ministère ont souhaité pouvoir consacrer plus de temps à surveiller ce qui peut porter préjudice à la qualité des éléments qui composent l'environnement : l'eau, l'atmosphère ou le sol, ainsi que les phénomènes environnementaux susceptibles

de porter atteinte à la santé, au bien-être et au confort des individus.

La nouvelle procédure...

La procédure de l'attestation de conformité environnementale fonctionne de la façon suivante : comme dans le passé, les plans et devis doivent d'abord être présentés au Ministère. Ceux-ci devront être accompagnés d'une attestation de conformité signée par l'initiateur du projet et un professionnel ou un consultant ayant participé à l'élaboration du projet. Après un délai de quinze jours suivant la production des documents, l'initiateur du projet pourra entreprendre l'exécution des travaux. Les normes prescrites par le Gouvernement seront utilisées par les ingénieurs pour effectuer les calculs techniques. Dans les cas où elle s'appliquera, l'attestation de conformité de ces normes remplacera le

mécanisme de l'autorisation administrative préalable.

Dans certains cas prévus par règlement, les promoteurs devront déposer une garantie qui pourra être remise sous forme de chèque visé, d'obligations négociables ou d'argent comptant, selon les modalités fixées dans les règlements. Cette mesure a pour objectif de garantir l'exécution des travaux conformément aux plans préalablement soumis. La garantie peut être confisquée et utilisée pour réparer les dommages causés à l'environnement. En plus de la garantie, un certificat municipal sera exigé. Délivré par les autorités de la ville où s'effectuent les travaux, ce certificat doit indiquer que le projet est conforme aux règlements particuliers à chaque municipalité. Le Gouvernement a, quant à lui, la responsabilité de déterminer les catégories de projets qui seront assujetties à la procédure d'attestation de conformité environnementale.

Dénégation de conformité et autonomie professionnelle

Un autre aspect de la loi 55 touche à la responsabilité des ingénieurs. L'article 95.4 de la loi prévoit qu'une dénéga-tion de conformité peut être signifiée à l'initiateur d'un projet lorsque les normes ne sont pas respectées. L'attestation de conformité est alors annulée et les promoteurs se voient obligés d'arrêter l'exécution des travaux. La dénéga-tion doit toutefois être précédée d'un avis préalable de quinze jours, à moins que le sous-ministre ne juge nécessaire de la faire parvenir sans délai afin de prévenir des dommages à l'environnement.

Dans le cas où un ingénieur produit ou signe une fausse attestation qui mène à une dénéga-tion de conformité, son cas est soumis pour enquête au syndicat de la corporation professionnelle. Or, on sait qu'une enquête du syndicat peut mener à une plainte disciplinaire en vertu du Code des professions.

S'il est reconnu coupable de fausses déclarations, le signataire est également passible d'une amende. L'application de l'article 95.4 vise toujours le même

objectif : en plus d'avoir la responsabilité de préparer des plans conformes aux normes environnementales, le promoteur d'un projet doit aussi veiller à ce que les travaux s'effectuent tout en maintenant la qualité de l'environnement.

Vers une amélioration de la qualité de l'environnement

« Grâce à la nouvelle loi, observe Me Piette, il sera désormais plus facile d'effectuer une surveillance et un contrôle soutenus et ce, directement sur le terrain ». Au lieu d'être contraints d'examiner et de vérifier des plans au cours de leur journée de travail, les ingénieurs et autres fonctionnaires du ministère pourront enquêter sur les chantiers et consacrer leurs énergies à des tâches reliées plus directement à la prévention in situ. En rendant davantage responsables les promoteurs et les professionnels, les experts en prévention environnementale espèrent atteindre plus d'efficacité, diminuer les délais administratifs pour la réalisation des projets et encourager le respect de l'environnement.

Pour encourager les citoyens à participer à la gestion de leur environnement, la loi sur la qualité de l'environnement prévoit que toute personne peut obtenir n'importe quel renseignement

disponible concernant la contamination de l'environnement causée par un pollueur. On peut également obtenir des renseignements notamment sur les demandes d'autorisation de projets, les autorisations et des permis accordés ainsi que les études d'impact sur l'environnement disponibles.

Depuis 1978, un texte de loi reconnaît officiellement au Québec le droit à la qualité de l'environnement pour tous les citoyens. La loi 55, quant à elle, répond à des objectifs de responsabilité individuelle et collective visés par ledit ministère. Les clients auxquels s'adresse la nouvelle loi sont les industries, les municipalités et les professionnels du secteur privé. En plus de donner de nouvelles responsabilités à ces intervenants, la loi contient d'autres dispositions visant à améliorer la qualité de l'environnement.

On y retrouve en effet des dispositions visant à réprimer davantage la pollution atmosphérique interprovinciale et internationale et à faciliter l'administration de la réglementation des déchets toxiques et dangereux. Comme ils sont appelés par leur fonction à contribuer à la qualité du milieu, les ingénieurs constituent une clientèle-cible de choix pour le ministère de l'Environnement. Si la loi 55 pouvait les sensibiliser à un plus grand souci de l'environnement, elle aurait déjà atteint une bonne partie de ses objectifs.

l'ingénieur

BOUTHILLETTE PARIZEAU & ASSOCIES

INGÉNIEURS-CONSEILS
Mécanique - Électricité

9825, rue VERVILLE
Montréal H3L 3E1

Téléphone (514) 387-3747

événements à venir

juin

33e Congrès annuel de la Chambre de commerce du district de Montréal

9 au 12 juin 1983
Chateau Montebello, Québec.

**Thème : Montréal '85 — Faites
vos jeux.**

*Info. : Mme Danielle Lalonde, Ch
de C., 1080 Côte du Beaver Hall,
Montréal, Québec H2Z 1T1. Tél. :
866-2861.*

septembre

Colloque sur la modélisation des eaux pluviales

8 et 9 septembre 1983.
Holiday Inn Centre-Ville,
Montréal, Québec.

Organisé conjointement par l'É-
cole Polytechnique et l'Environ-
nement Protection Agency améri-
caine, le colloque permet aux in-

génieurs travaillant dans le do-
maine du drainage urbain d'é-
changer sur les applications ré-
centes de la modélisation du phé-
nomène pluie-ruissellement et sur
les techniques actuellement utili-
sées dans ce champ d'activités.

*Info. : Dr P. Béron, École Poly-
technique, Dép. de génie civil,
C.P. 6079, Succ. A, Montréal,
(Québec) H3C 3A7. Tél. (514)
344-4232.*



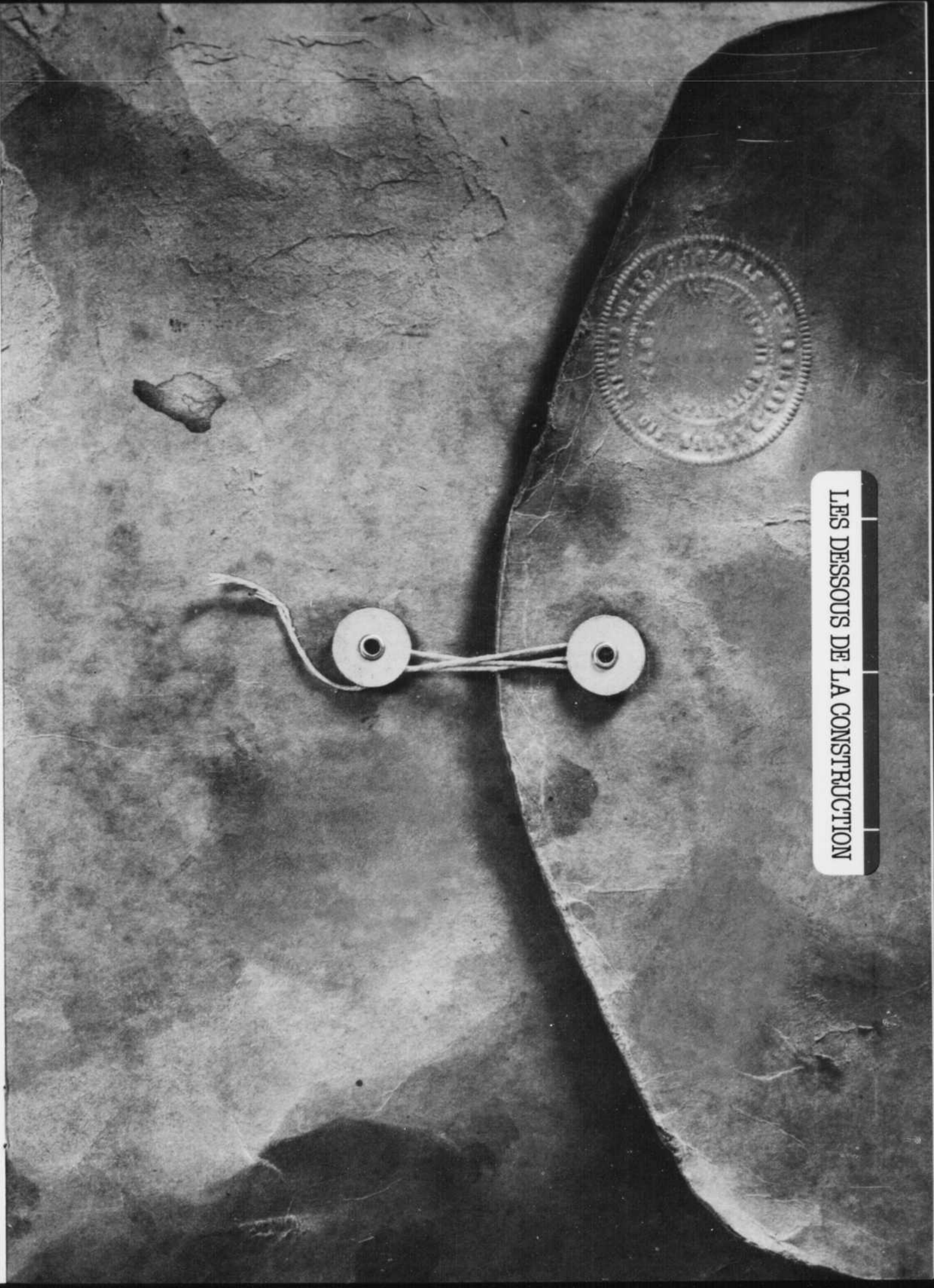
ÉCOLE POLYTECHNIQUE Comité des bourses

Grâce à la générosité des organismes et compagnies dont les noms apparaissent dans le tableau ci-dessous, trente-quatre étudiants du premier cycle ont obtenu, sur recommandation du comité des bourses de l'École Polytechnique, des bourses d'études d'un montant variant de 300\$ à 1 200\$ pour l'année universitaire 1982-1983.

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

Donateurs	Boursiers	Départements	Niveaux
ASSOCIATION AMÉRICAINE DES SPÉCIALISTES EN LUBRIFICATION	Saint-Pierre, Claude	génie mécanique	4
ASSOCIATION FÉMININE (Section Montréal) INSTITUT CANADIEN DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE	Gagnon, Daniel	génie géologique	4
LES CHANTIERS DAVIE LTÉE	Bluteau, Carole	génie mécanique	3
	Lecours, René	génie mécanique	4
COMPAGNIE MINIÈRE IOC	Champagne, Benoit	génie physique	3
	Leclair, Claude	génie civil	3
COMPAGNIE MINIÈRE QUÉBEC CARTIER	Fleury, Denis	génie minier	2
ENGINEERS WIVES ASSOCIATION	Sabourin, Jacinthe	génie géologique	2
LES ENTREPRISES KIEWIT LTÉE	Rioux, Sylvain	génie civil	4
LA FONDATION BECHTEL DU CANADA	Deguire, Gerald	génie électrique	2
	Gauvin, Stéphane	génie mécanique	2
GEORGES DAIGNEAULT INDUSTRIEL INC.	Guérin, Benoit	génie électrique	4
GROUPE MINIER SULLIVAN LTÉE	Moreau, Benoit	génie minier	2
IBM CANADA LTÉE	Hache, Céline	génie civil	1
	Jodoin, Nathalie	génie métallurgique	1
	Ringuette, Carl	génie mécanique	1
	Vermette, Yves	génie électrique	1
JOHNSON ET JOHNSON	Vernier, Jean-François	génie mécanique	4
MARCONI CANADA	Pitre, Alain	génie électrique	4
LES MINES D'AMIANTE BELL LTÉE	Lamothe, Rachel	génie minier	2
	Latour, Denis	génie minier	2
LES MINES SIGMA (QUÉBEC) LTÉE	Labrecque, Paul	génie géologique	3
	Mayrand, Louis	génie géologique	2
MONENCO	Deslandes, Jean-Pierre	génie mécanique	4
NORTHGATE PATINO	Lacombe, Pierre	génie minier	2
ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC	Lapierre, Hélène	génie mécanique	4
PÉTRO CANADA	Riel, Louis-Pierre	génie géologique	3
PRODUITS CHIMIQUES ALLIED CANADA LTÉE	Juneau, Jean	génie civil	4
QIT — FER ET TITANE INC.	Champoux, Pierre	génie métallurgique	3
	Morin, Emmanuel	génie mécanique	3
	Page, Daniel	génie industriel	3
	Rioux, Patrick	génie électrique	3
STEINBERG INC.	Brouillette, Marc	génie industriel	4
SUNOCO INC.	Lefrançois, Sylvain	génie mécanique	3

LES DESSOUS DE LA CONSTRUCTION



Texel

485, des Érables
St-Elzéar, Beauce Nord
Québec, Canada
G0S 2J0
1-800 463-8866

↑
**SIÈGE
SOCIAL**

LES DESSOUS DE LA CONSTRUCTION

Texel est bien placé pour savoir ce qui se cache sous vos constructions. (Ni vu, ni connu, il agit.) Plus encore: Texel a **le contrôle** sur les mouvements les plus secrets de vos travaux. Un vrai pro. Imaginez un peu le travail; **drainer** les éléments superflus, **filtrer** les indésirables, **séparer** les opposants, et servir d'**armature** aux effectifs en place. Texel fait tout cela, et mieux que la plupart. Il se glisse dans les milieux les plus louches.

Texel connaît tous les dessous de la construction. Personne, ni rien ne lui résistent. Un **spécialiste** comme il ne s'en fait plus sous le sol. Depuis 1975 Texel est particulièrement actif dans la fabrication, la conception et le développement des géotextiles. L'inquiétude des clans adverses grandit au même rythme que la popularité de Texel.

Quand on fait du beau travail sans bavure...

Un véritable réseau

Jusqu'ici, au-delà de **5000** projets ont bénéficié de la qualité de Texel et de la compétence reconnue de ses conseillers. Et notre réseau s'étend de plus en plus. Texel compte des agents à travers tout le Canada maintenant: Vancouver, Calgary, Territoires du Nord-Ouest, Toronto, Québec et les Maritimes. Il a déjà plusieurs grands exploits à son crédit dont les **îles artificielles** du fleuve McKenzie, les **battures de Beauport** dans la région de Québec et les voies d'accès des chantiers de **la Baie James**.

Du beau travail

Texel est l'un des plus brillants sujets de la technologie moderne. Ses agissements secrets sont particulièrement appréciés dans le domaine de la construction. C'est un géotextile **non-tissé, aiguilleté 100%** polyester. Il est utilisé pour la construction de chemins forestiers, routes et voies d'accès, pour la mise en place de réseaux de drainage et d'irrigation, contrôle de l'érosion des berges et pour la construction de barrages, de digues et de batardeaux. Texel est plus qu'un agent double, il remplit au moins **4 fonctions** différentes.



Peu importe
ce qu'il y a
dessous,
Texel est
au-dessus.
Texel

**PRENEZ
NOTE** →





Texel

Texel

Texel

C'est un drain: il améliore la collecte des eaux de surface et transporte l'eau dans son plan radial pour en permettre l'évacuation vers un exutoire.

C'est un filtre: il prévient le mouvement des fines particules et reprend les efforts de traction là où un filtre conventionnel serait entraîné.

C'est un séparateur: il sert de couche anticontaminante. Placé entre deux sols, il les sépare et permet à chacun de conserver ses qualités initiales.

C'est une armature: il distribue les charges, réduisant les pressions sur la fondation, augmentant ainsi la capacité portante du sol.

Les géotextiles Texel connaissent vraiment tout sur les dessous de la construction et agissent comme il faut là où il le faut. **Laissez-vous corrompre.**

← **LE PRODUIT**

Texel

**VOUS AIMERIEZ
EN SAVOIR PLUS LONG
SUR LES DESSOUS DE LA CONSTRUCTION ?
DÉTACHEZ CETTE CARTE - RÉPONSE**

**Correspondance-
réponse d'affaires**

Se poste
sans timbre
au Canada

Le port sera payé par

Texel

485, des Érables
St-Elzéar, Beauce Nord
Québec, Canada
G0S 2J0



Une nouvelle approche modulaire à la modélisation numérique

Sylvain Charron ing. jr.
Claude Marche ing.

L'essor fabuleux de la modélisation numérique ces dernières années est étroitement lié à l'avènement des nouveaux ordinateurs. De nos jours, l'une des techniques numériques utilisées par l'ingénieur est la méthode des éléments finis.

Pour générer et traiter efficacement la lourde structure de données inhérente à son application, une nouvelle approche modulaire a été mise au point. Elle s'avère particulièrement bien adaptée au traitement des milieux hétérogènes souvent rencontrés en pratique.

Introduction

L'évolution actuelle de la technologie entraîne l'ingénieur à réaliser des projets de plus en plus complexes et soumis à des contraintes de sécurité de plus en plus sévères. Pour relever ces nouveaux défis, l'ingénieur est amené à résoudre le comportement de systèmes physiques complexes pour prévoir l'influence de ses décisions sur la conception finale du projet.

Les développements modernes de la physique et de la mécanique permettent de décrire et de modéliser le comportement de systèmes physiques grâce à des équations différentielles partielles. De nos jours, l'une des techniques numériques utilisées pour résoudre approximativement ces

équations est la méthode des éléments finis (1,2,3). Elle consiste à diviser le domaine physique en sous domaines. Ceux-ci sont, par la suite, assemblés pour permettre une résolution simultanée de l'ensemble des inconnues caractérisant la solution numérique locale sur chacun de ces sous-domaines, appelés éléments. En général, ces inconnues correspondent aux valeurs locales prises par la solution en certains points de l'élément, appelés nœuds.

Pour réduire, à un niveau acceptable, les erreurs d'approximation inhérentes à la résolution numérique, le nombre d'éléments délimitant le domaine s'avère généralement élevé. La base de données nécessaire pour appliquer la méthode des éléments finis prend alors des dimensions importantes. Une génération manuelle de cette base s'avère fastidieuse, nullement efficace et source d'erreurs grossières.

Pour la plupart des applications, la préparation des calculs, leurs exécutions et l'interprétation des résultats doivent être réalisées en un temps limité. L'interprétation et la valorisation des résultats souffrent de tout retard observé dans les deux premières étapes. Une des solutions à ce problème consiste à utiliser des programmes d'assistance à la préparation des données. Une nouvelle approche modulaire de ces pré-processeurs est décrite dans cet article. Leurs applications ne sont nullement limitées au type de domaine bidimensionnel à modéliser (études hydrodynamiques, structurales, aéronautiques, nucléaires géotechniques...

et ils sont particulièrement bien adaptés au traitement des milieux hétérogènes souvent rencontrés en pratique. Les techniques de l'informatique graphique et interactive sont mises à profit et l'on peut facilement envisager l'implantation de ces programmes sur mini ou micro-ordinateurs.

À titre d'exemple, la figure 1 représente un domaine de 39 éléments quadrilatères. Notons comme applications possibles :

- étude d'écoulement fluide dans un convergent-divergent,
- étude des contraintes dans une éprouvette de traction, ou dans une section de poutre.

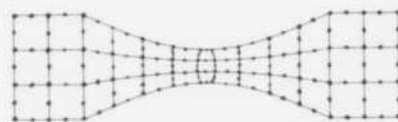


Figure 1 — Grille d'éléments quadrilatéraux.

Présentation et organisation du progiciel

Utilisant le langage scientifique « FORTRAN-IV », un ensemble modulaire de sept programmes informatiques (progiciel) fut mis au point pour automatiser complètement l'étape de pré-traitement nécessaire à l'application de la méthode des éléments finis. Les objectifs premiers de ce progiciel consistent à minimiser le temps consacré aux préparatifs des données, tout en évitant les sources d'erreurs associées à ce pré-traitement.

Concepts d'éléments de référence

Comme mentionné ci-dessus, la méthode des éléments finis consiste à diviser le domaine physique en éléments. Ceux-ci sont caractérisés par leurs nœuds géométriques. À titre d'exemple, l'élément triangulaire linéaire peut être défini par la position de ses trois nœuds sommets. Tel qu'illustré à la figure 2, l'ensemble des éléments forme

M. Sylvain Charron est étudiant à la maîtrise à la section d'hydraulique de l'École Polytechnique de Montréal, où il a obtenu en 1981 son diplôme de premier cycle en génie civil. Ses domaines d'intérêt sont centrés sur la modélisation numérique et physique en hydrodynamique.

M. Claude Marche est professeur d'hydraulique au département de génie civil de l'École Polytechnique de Montréal. Il a terminé ses études de premier cycle en génie à l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon en 1969 et il a obtenu une maîtrise (1970) et un doctorat (1974) à l'École Polytechnique de Montréal. Ses recherches portent sur le développement des techniques de modélisation numérique en hydraulique et en hydraulique maritime et sur la conception par ordinateur en ces domaines.

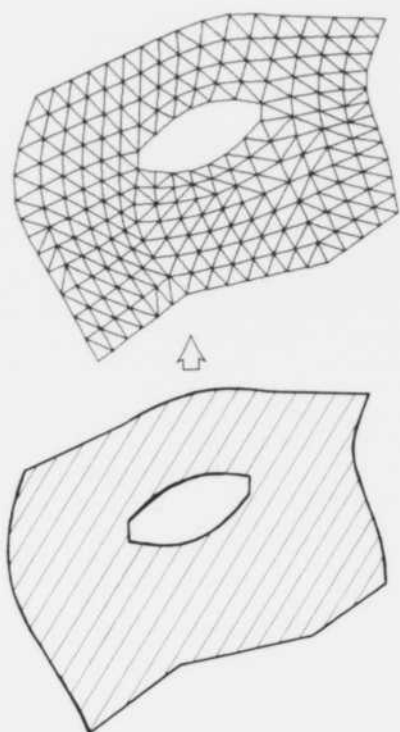
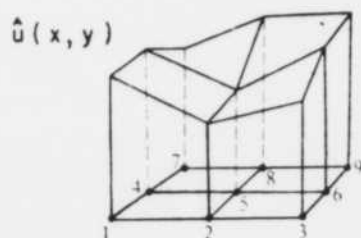
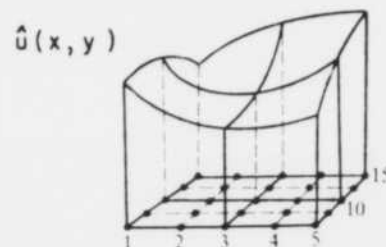


Figure 2 — Grille d'éléments triangulaires superposant un domaine bidimensionnel.



ÉLÉMENT
À 4 NOEUDS



ÉLÉMENT
À 9 NOEUDS

Figure 3 — Solution locale approchée « $\hat{u}$ » pour les éléments quadrilatéraux à 4 ou 9 nœuds.

alors une grille délimitant le domaine physique à modéliser.

Le calcul d'une solution approchée sur chacun de ces éléments ne peut être établi qu'en numérotant tous les nœuds géométriques du domaine, de « 1 » jusqu'au nombre total de nœuds. On doit également fournir, pour chacun des éléments, les numéros des nœuds qui le caractérisent et dont l'ensemble constitue le tableau de correspondance. La solution théorique exacte « u » sur chaque élément est alors remplacée par une solution approchée « $\hat{u}$ » définie par une combinaison de valeurs nodales, constituées à partir de fonctions simples, appelées fonctions d'interpolation « N ». Ainsi :

$$u(x, y) - \hat{u}(x, y) = \sum_{i=1}^n (N_i(x, y) \hat{u}_i)$$

où « n » est le nombre de nœuds d'interpolation de l'élément dans lequel se situe le point de coordonnées (x, y) . Pour les éléments traités par le progiciel, ces nœuds d'interpolation correspondent aux nœuds géométriques de l'élément. Tel qu'illustrée à la figure 3, l'approximation de la solution exacte dépend du type d'élément utilisé.

La figure 4 montre les cinq sortes d'éléments de référence actuellement disponibles. Ils constituent une représentation simplifiée des éléments utilisés pour délimiter le domaine physique réel. Les caractéristiques numériques de ces éléments sont développées en référence (1), chapitre 2.

Pour bien illustrer la notion fondamentale d'éléments de référence, la figure 5 montre divers domaines physiques subdivisés en différents types d'éléments. Pour ne pas surcharger d'informations la figure, aucune numérotation des nœuds n'a été établie. Le lecteur trouvera facilement des applications directes associées à chacun de ces domaines. On remarque cependant que le cercle plein ne peut se subdiviser en éléments quadrilatéraux, sans entraîner des distorsions importantes de certains éléments frontières. L'utilisation d'éléments triangulaires s'avère un choix plus logique. (Figure 5)

Enchaînement des programmes

Chacun des programmes du progiciel a une tâche bien définie. Commentés de façon détaillée, ils s'utilisent simplement tout en respectant une séquence précise. Le nombre de données fournies par l'utilisateur est réduit au minimum et chacun des programmes permet le dimensionnement dynamique des tableaux et vecteurs numériques. Cette dernière possibilité rend minimale l'espace mémoire requis à l'exécution. Le tableau I décrit les fichiers lus et créés par chacun des programmes. (Tableau I)

Dans un premier temps, les programmes « FRONTIÈRE » et « MULTI-GRILLES » génèrent les coordonnées des nœuds non-numérotés d'une grille d'éléments quadrilatéraux à quatre nœuds aux sommets, délimitant en partie ou en entier le domaine physique

Figure 4 — Éléments de référence présentement disponibles.

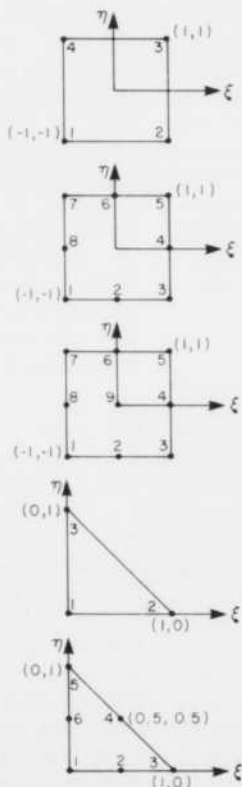


Tableau I

Programmes	Fichiers	Descriptions
FRONTIÈRE	MF1a MF1b	Coordonnées frontières de chacune des sous-grilles.
MULTI-GRILLES	MF2a MF2b	Coordonnées non numérotées des nœuds de chacune des sous-grilles.
TRAÇAGE		Traçage d'une partie ou de la totalité de la grille, avec ou sans la numérotation des nœuds.
STRUCTURE	MF3a MF3b MF4a MF4b	Numéros et coordonnées des nœuds de chacune des sous-grilles. Tableau de correspondance de chacune des sous-grilles.
SURFACE	MF3 MF5	Coordonnées des nœuds dans l'ordre croissant des numéros. Surface des éléments de la grille complète.
RÉFÉRENCE	MF6	Nombre de points d'intégration. Nombre de dimensions. Nombre de nœuds par élément. Poids des points d'intégration. Coordonnées des points d'intégration. Fonctions 'N' et leurs dérivées aux points d'intégration.
INTERPOLATION	MFG1 MFG2 MFG3 MFG4 MFG5	Numéros et coordonnées des nœuds de l'ancienne grille. Numéros et coordonnées des nœuds de la nouvelle grille. Tableau de correspondance de l'ancienne grille. Vecteurs solutions aux nœuds de l'ancienne grille. Vecteurs solutions aux nœuds de la nouvelle grille.
LEGENDE :	MFx	Fichier créé
	MFx	Fichier lu

à modéliser.¹ C'est cette dernière possibilité qui rend facile le pré-traitement des milieux hétérogènes si souvent rencontrés en pratique.

Par la suite, l'étape de pré-traitement permet de tracer la grille (programme : TRAÇAGE), de numérotter les nœuds et de créer le tableau de correspondance (programme : STRUCTURE). Si l'utilisateur le juge utile, la surface de chaque élément peut

être également calculée (programme : SURFACE).

C'est à l'étape de pré-traitement que l'ingénieur choisit le type d'élément qu'il utilisera pour appliquer la méthode des éléments finis. La figure 6 illustre ce concept. Ainsi, l'élément à neuf nœuds de la figure 3 est généré à l'aide de 4 éléments quadrilatéraux. Pour les éléments triangulaires, la diagonale peut être orientée selon une pente positive, négative ou définie pour chaque élément selon la direction associée à sa longueur minimale. Cette dernière possibilité minimise la distorsion de chaque élément.

Deux autres programmes facultatifs ont été également mis au point. Le premier calcule les fonctions d'interpolation et leurs dérivées aux points d'intégration de tout élément de référence de type Lagrange (programme : RÉFÉRENCE). Ces résultats constituent une banque de données permettant l'intégration numérique des fonctions intégrales associées à la méthode des éléments finis. De plus, le calcul des surfaces élémentaires pour les éléments curvilignes est alors possible.

Le dernier programme du progiciel calcule, à l'aide des fonctions d'interpolation, les inconnues aux nœuds d'une grille délimitant le même domaine physique qu'une autre dont les valeurs aux nœuds sont connues (programme : INTERPOLATION). L'élément de référence des deux grilles doit être identique pour ne pas biaiser l'interpolation. Citons comme application possible de ce programme, la création rapide des valeurs des variantes initiales aux nœuds d'une grille, dont les caractéristiques géométriques ont dû être modifiées en cours d'exécution des calculs.

Génération de la grille

Seule une description plus approfondie des concepts généraux reliés à l'application des programmes de génération de la grille sera présentée dans cet article. Une description détaillée des concepts de base, des organigrammes, des nomenclatures des cartes de données et des exemples d'application associés aux programmes de pré-traitement est disponible en référence 4.

Tel que présenté à la figure 7, le programme « MULTI-GRILLES » génère chacune des grilles délimitant en partie ou en entier le domaine physique, en appliquant une transformation géométrique « L^{-1} » à un domaine de calcul rectangulaire. Par analogie, le problème consiste à déduire les coordonnées physiques d'une grille d'éléments carrés adhérent à une membrane flexible initialement rectangulaire, que l'on déforme pour s'adapter aux frontières curvilignes d'un domaine physique quelconque. Aucune

1. L'utilisation d'un terminal de type TEKTRONIX permet de visualiser interactivement la grille sur l'écran.

déchirure de la membrane n'est permise.

Les équations elliptiques de Thompson (5,6) déterminent le choix de l'opérateur « L^{-1} ». Elles sont résolues numériquement à l'aide d'une version modifiée de la technique « MULTIGRID »^{7,8}, appelée « MULTI-GRILLES ». Un tel opérateur facilite la concentration des éléments dans les zones où de forts gradients seront à modéliser. Pour ne former qu'une seule grille complète, les différentes sous-grilles sont assemblées à l'étape de pré-traitement. Chaque transformation génère « $(n+1)^2(m+1)$ » nœuds du domaine physique.

La figure 5 montre les relations existant entre chacune des grilles et les domaines de calcul qui leur sont associés.

L'approche modulaire permet d'envisager un algorithme fort simple pour optimiser la numérotation des nœuds. En règle pratique, la résolution des systèmes linéaires exige une minimisation de la différence des numéros des nœuds appartenant à un même élément. Ainsi, pour chacune des sous-grilles engendrées, la numérotation se fera par colonnes si le nombre de mailles selon « ξ » est supérieur au nombre de mailles selon « η ». La réciproque est également vraie.

À titre d'exemple, la figure 8 montre une grille complète épousant les limites du lac St-Louis, situé dans la partie sud-ouest de la région montréalaise. La numérotation des nœuds n'est pas illustrée, pour ne pas surcharger d'informations la figure. Dans le cadre du projet Archipel, cette grille permettrait de calculer les caractéristiques de l'écoulement local. L'élément triangulaire avec diagonale minimale a été utilisé. La différence maximale des numéros des nœuds appartenant à un même élément a été réduite à 20.

Pour éviter, à l'utilisateur du programme « MULTI-GRILLES », la rentrée manuelle des coordonnées frontalières de chacune des sous-grilles, il est conseillé d'exécuter précédemment le programme « FRONTIÈRE ». Ce dernier permet une représentation adéquate des frontières physiques, en ne fixant qu'un nombre res-

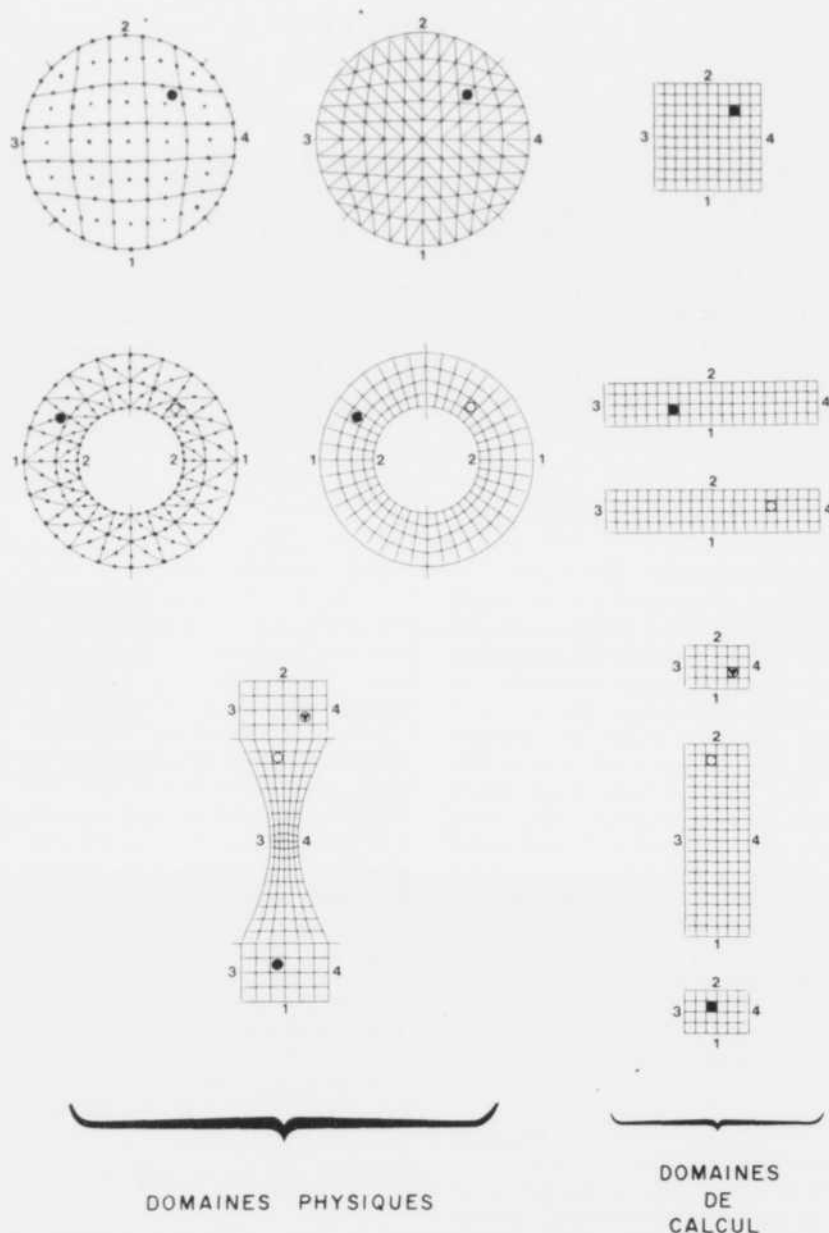


Figure 5 — Domaines physiques versus éléments de référence et domaines de calcul.

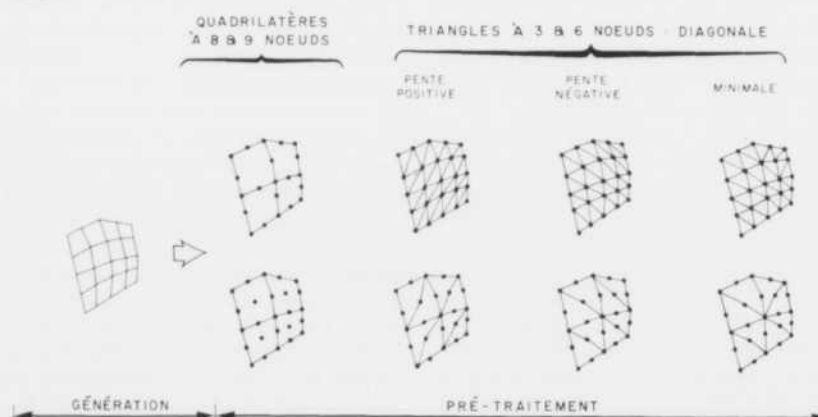


Figure 6 — Pré-traitement des éléments quadrilatéraux à 4 nœuds aux sommets.

treint de coordonnées grossières. Les autres nœuds sont interpolés linéairement ou à l'aide de fonctions splines cubiques, lesquelles permettent d'établir les mêmes courbes que celles dessinées par un pistolet flexible reliant tous les nœuds de base.

Autres logiciels existants

D'autres logiciels de génération de données ont été progressivement développés depuis 1970.

Une triangulation automatique d'un polyèdre de dimension N fut mis au point par Hermeline⁹. Le concept de base consiste à associer les frontières du domaine physique à un polyèdre dans lequel sont générés des éléments. Ceux-ci ne peuvent qu'être triangulaires et la définition des sommets du polyèdre requiert une bonne expérience de la part de l'utilisateur.

Quelques logiciels se servent également du concept de transformation bijective d'un domaine de calcul^{10,11,12}, mais les équations de Thompson ne sont pas utilisées comme opérateur « L^{-1} », ce qui rend, à notre sens, plus difficile la concentration des éléments dans les zones de fort gradient.

Conclusion

La méthode des éléments finis permet, par sa grande flexibilité, d'utiliser une grille de calcul qui épouse les frontières du domaine physique. Elle élimine ainsi les interpolations entre les nœuds des éléments frontières qui constituent généralement une importante source d'erreurs, spécialement si de forts gradients sont à modéliser dans le voisinage des frontières. Cependant, cette particularité rend fastidieuse l'étape de préparation des données lorsque effectuée manuellement. Une nouvelle approche modulaire est présentée pour automatiser ces préparatifs. Elle peut s'ajuster rapidement pour traiter de nouveaux types d'éléments ou de numérotation des nœuds, différents de ceux actuellement disponibles.

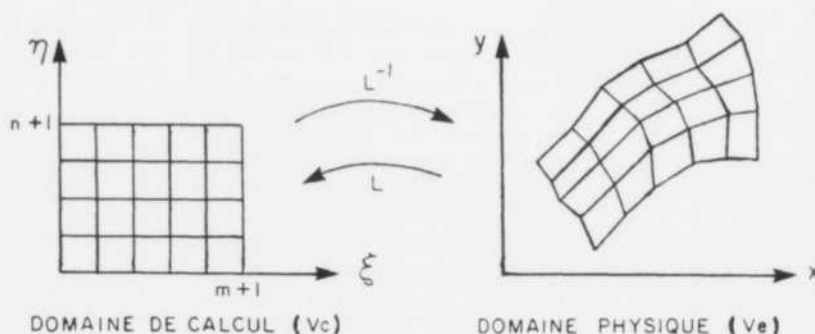


Figure 7 — Transformation géométrique d'un domaine de calcul rectangulaire.

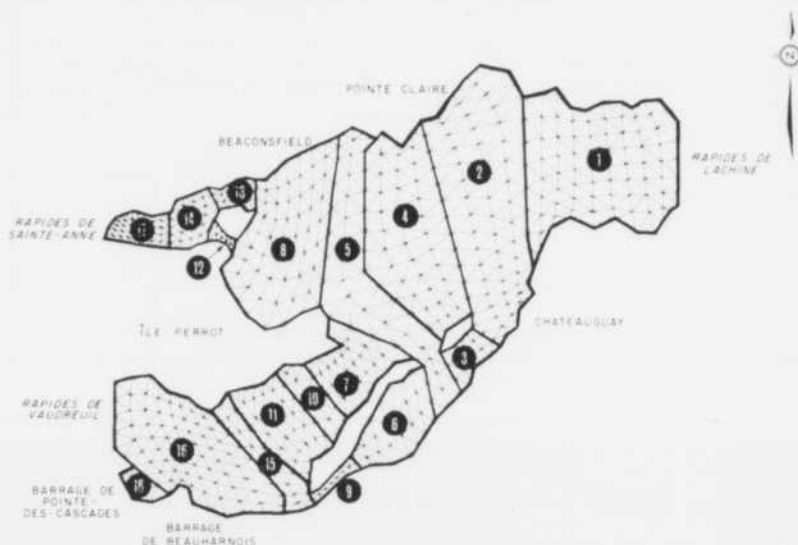


Figure 8 — Sous-grilles délimitant le lac St-Louis.

L'ingénieur évite ainsi de consacrer, à l'étape de préparation des données, une part trop importante du temps qui lui est alloué pour réaliser son étude.

Un raffinement rapide de la première grille lui permet de tester si la convergence des résultats numériques vers la solution exacte est atteinte.

La préparation des données étant rapide, il est facile d'étudier l'influence du type d'élément choisi sur la qualité des résultats numériques.

La numérotation des nœuds est simplifiée au maximum et elle est généralement optimale.

Le progiciel est particulièrement bien adapté au traitement des milieux hétérogènes souvent rencontrés en pratique.

Tel qu'illustré à la figure 9, le raffinement du calcul dans une

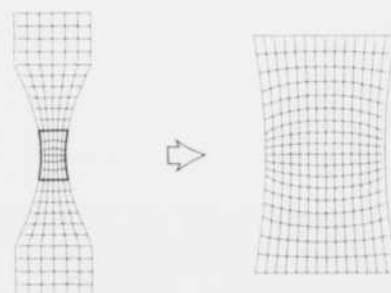


Figure 9 — Raffinement du calcul dans une certaine zone d'intérêt du domaine physique.

certaine zone d'intérêt est simplifiée au maximum. Le logiciel définit automatiquement, à partir des valeurs précédemment calculées, les conditions initiales et les limites applicables à la nouvelle grille. (Figure 9)

La technique numérique « MULTI-GRILLES » a prouvé sa grande efficacité pour résoudre les équations de Thompson. Ne demandant, à l'exécution, que quelques secondes de temps « CPU » (IBM-4341), elle peut s'utiliser en mode interactif.

Finalement, ces différents avantages permettent de consacrer plus de temps à l'analyse des résultats tout en minimisant les coûts et les risques d'erreurs grossières. La qualité du produit final ne peut qu'être enrichie.

l'ingénieur

Remerciements

Les auteurs remercient pour leurs précieux conseils M. Ricardo Camarero et M. Marcel Lacroix, de l'École Polytechnique de Montréal.

Références

1. Dhatt G. & Touzot G. *Une présentation de la Méthode des Éléments Finis*. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 1981.
2. Zienkiewicz O.C. *The Finite Element Method*, Third Edition. McGraw-Hill Book Company, 1977.
3. Davies A.J. *The Finite Element Method, A first approach*. Clarendon Press, Oxford, 1980.
4. Charron S. & Marche C. *Génération et pré-traitement des données pour l'application de la méthode des éléments finis en deux dimensions*. Rapport de recherche = EP 82-R-37, École Polytechnique de Montréal, Département de Génie Civil, Section d'Hydraulique, Québec, Octobre 1982.
5. Thompson J.-F. *Numerical Solution of Flow Problems Using Body-Fitted Coordinate Systems*, du livre « Computational Fluid Dynamics », pp: 1-98, de Wolfgang Kollman, von Karman Institute for Fluid Dynamics, McGraw-Hill Book Company, 1980.
6. Thompson J.F., Thames F.C. & Mastin C.W., *Boundary-Fitted Curvilinear Coordinate System for Solution of Partial Differential Equations on Fields Containing Any Number of Arbitrary Two-dimensional Bodies*. NASA CR-2729 (1977).
7. Brandt A. *Multi-Level Adaptive Technique: The MULTIGRID Method*. IBM Research Division, RC 6026 (=26087), 1976.
8. Roberts A. *Multi-grid Systems for the Rapid Inversion of Partial Differential Equations*, du livre « Computational Fluid Dynamics », pp: 431-504, de Wolfgang Kollman, von Karman Institute for Fluid Dynamics, McGraw-Hill Book Company, 1980.

9. Hermeline F. *Triangulation automatique d'un polyèdre en dimension N*. Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique (AFCET), Analyse Numérique, Vol 16, #3, 1982, pp: 211-241.

10. Eiseman P.R. *Coordinate Generation with Precise Controls over Mesh Properties*. Journal of Computational Physics, Vol 47, #3, 1982, pp: 331-335.

11. Gordon W.J. & Hall C.A. *Construction of Curvilinear Co-ordinate Systems and Applications to Mesh Generation*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol 7, 1973, pp: 461-477.

12. Zienkiewicz O.C. & Phillips D.V. *An Automatic Mesh Generation Scheme for Plane and Curved Surfaces by « Iso-parametric » Co-ordinates*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol 3, 1971, pp: 519-528.



UNIVERSITÉ DE MONCTON

CENTRE UNIVERSITAIRE DE MONCTON

L'Université sollicite des candidatures de

PROFESSEUR EN GÉNIE CIVIL

Sous réserve d'approbation budgétaire un poste de professeur en génie civil sera à combler à compter du 1^{er} juillet 1983.

(Conformément aux exigences relatives à l'immigration au Canada, ce poste est offert aux canadiens et aux résidents permanents).

FONCTIONS : Enseignement aux niveaux gradué et sous-gradué ; recherche.
Domaine : génie civil (transport et arpentage, hydraulique / hydrologie, géotechnique, structure, construction...)

QUALIFICATIONS : Ph.D. ou maîtrise avec expérience pratique.
(Les personnes en congé sabbatique ou en congé sans solde seront considérées pour une période limitée)

RANG ET TRAITEMENT : Selon la formation et l'expérience du candidat.

Les candidats doivent maîtriser la langue française, tant orale qu'écrite. Les candidatures pourront être considérées dès leur réception et selon leur ordre d'arrivée par la suite si le poste reste disponible. Toute candidature doit comporter un curriculum vitae détaillé ainsi que le nom de trois répondants et être envoyée à :

Monsieur Sadek Eid, directeur
Département de génie
Faculté des sciences et de génie
Université de Moncton
Moncton, Nouveau-Brunswick
E1A 3E9

Tél. : (506) 858-4309

La Rapière
RESTAURANT FRANÇAIS
 spécialités pyrénéennes

le confit d'oie, le cassoulet,
 le jambon de Bayonne.

Table d'hôte lundi au vendredi:
 midi à 15h. - 17h30 à 23h30
 Fermé le dimanche

Réervations: 844-8920
 1490 rue Stanley,
 (métro Peel, sortie Stanley)

- CONTRÔLE DES MATÉRIAUX
- ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
- ANALYSES CHIMIQUES

Tél.: 336-5650



Les Laboratoires Industriels et Commerciaux (1980) Inc.
 190 Benjamin-Hudson, St Laurent
 Québec, Canada H4N 1H8

fondée en 1928

BOUTIQUE PLEIN-VENT

1200 DE MAISONNEUVE EST
 MONTREAL — Métro Beaudry
 Tél : 598-9052

LE SPECIALISTE EN
 PLANCHE À VOILE
 DU CENTRE-VILLE

Vente — Location
 École - Stages

CETTE ANNÉE...

Tout un choix de planches, familiales,
 polyvalentes, compétition, et "Fun".

Des marques prestigieuses
 sélectionnées pour vous.



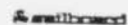
Première marque
 mondiale



L'expérience et la
 fiabilité



Les championnes
 d'Europe et du
 monde en 1982



La qualité
 allemande à son
 meilleur



Vous voulez PARLER HYDRODYNAMIQUE ou
 AÉRODYNAMIQUE ?

ENEZ NOUS VOIR
 Daniel Tokatelloff, Ingénieur
 Propriétaire

DE LA QUALITÉ SEULEMENT À LA BOUTIQUE PLEIN-VENT



LUPIEN, ROSENBERG, JOURNEAUX & ASSOCIÉS INC.

études de sols et matériaux

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

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



mon-ter-val Inc.

société d'expertises

Géotechnique
 Géologie
 Mécanique des Roches
 Contrôle des matériaux
 Hydrogéologie

3245 Grande-Allée, Boisbriand, Qué. J7H 1E4
 442 ave Centrale, Val d'Or, Qué. J9P 1P5

Tél. (514) 430-9112
 Tél. (819) 824-6894
 Tél. 1-800-361-7718

INSPIC-SOL INC.

Études de fondations,
 Contrôle de compaction,
 Contrôle de vibrations,
 Inspection de l'acier



Essais sur le béton
 Essais sur l'asphalte
 Inspection de toiture,
 Assurance-qualité

5762 Royalmount, MONTREAL, QUÉ., H4P 1K5, Tél. 514-731-7316
 49 rue Principale, ST. ROMUALD (QUÉ.), Qué. G6W 2S2, Tél. 418-839-0041
 745 rue Burnett, KINGSTON, ONT., K7M 5W2, Tél. 613-389-9812

Lavalin

ETUDES, GERANCE DE PROJETS

INGÉNIERIE, APPROVISIONNEMENT, CONSTRUCTION

Siège social
 1130, rue Sherbrooke ouest, Montréal, Québec H3A 2R5

répertoire des annonceurs

Bouthillette, Parizeau & Associés	19	Les Laboratoires Industriels	
Boutique Plein Vent	31	et Commerciaux Inc.	31
		Lavalin	31
Compagnie Nationale de Forage et Sondage	9	Lupien, Rosenberg, Journeaux & Associés Inc.	31
Défense nationale du Canada	CIII	Mon-Ter-Val	31
École Polytechnique de Montréal	20	La Rapière, restaurant	31
Flygt Canada	CIV	Stelco	16, 17
Hewlett-Packard	2, 3	Texel Inc.	21-24
Informatech	10	Université de Moncton	30
Inspec-Sol Inc.	31		
Jenkins Canada	CII		

COUPON D'ABONNEMENT

Au Canada (Abonnement : 1 an — 6 numéros) 15 \$
 À l'étranger 20 \$

Nom Prénom
 Adresse

Tél. :

Occupation :

Nom de l'entreprise :

Adresse de l'entreprise

Tél. :

Indiquez où vous désirez recevoir L'Ingénieur : ☐ Adresse personnelle ☐ Entreprise

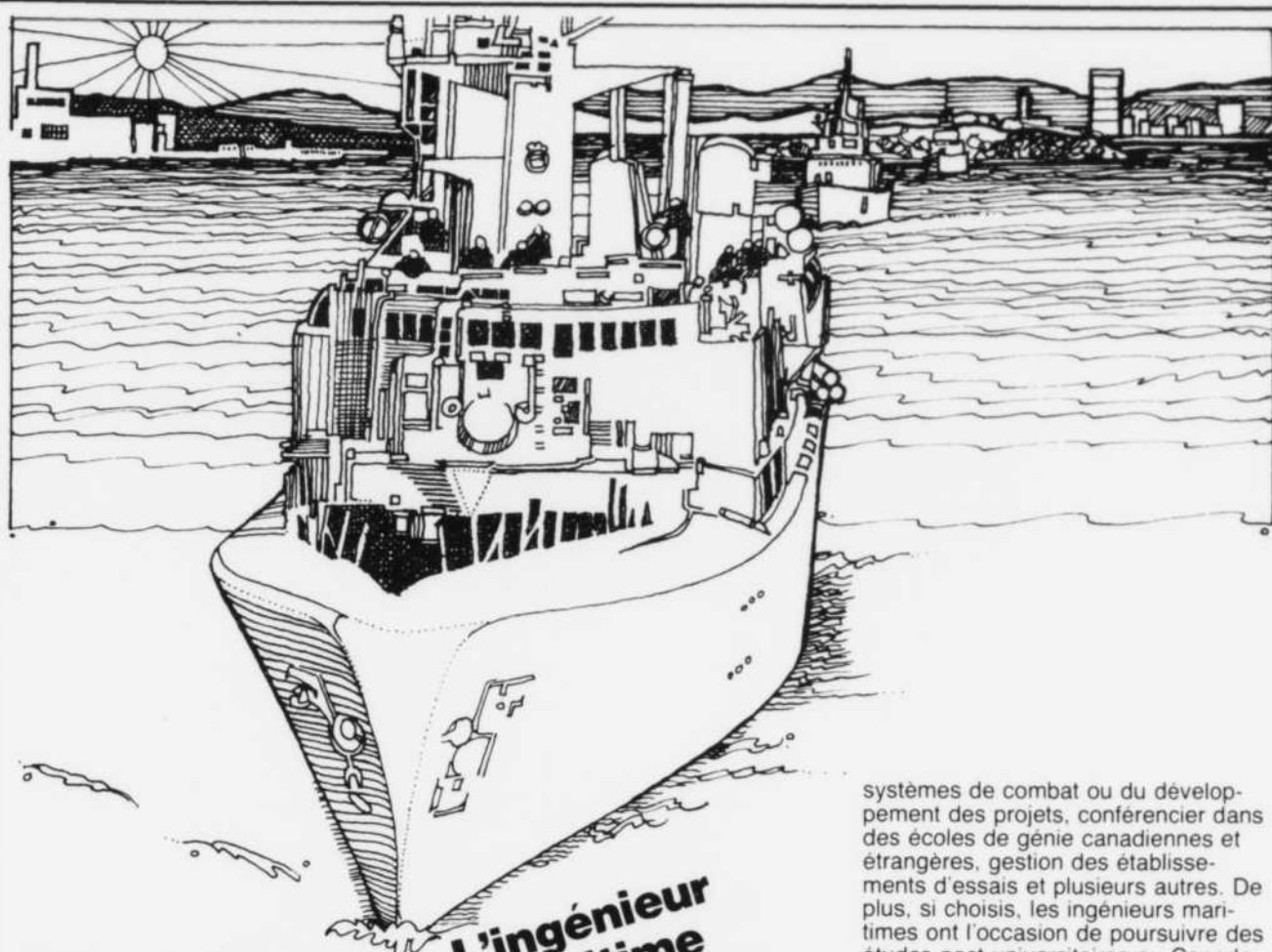
(Tarif en vigueur jusqu'au 31 mars 1983)

ABONNEZ-VOUS !

Ingénieur : OUI ☐ NON ☐

Université
 Promotion

Les Publications L'Ingénieur Inc.
 C.P. 6980, Succursale A
 Montréal, Québec
 H3C 3L4



Vous pouvez vous forger une carrière intéressante dans la marine canadienne. Les Forces canadiennes sont présentement à la recherche de diplômés en génie, en science et en technologie du génie.

Les ingénieurs maritimes travaillent au Canada et outre-mer, sur terre et sur mer. Ils relèvent les défis technologiques du présent et de l'avenir. Eventail d'emplois tels que: officier de génie à bord d'un navire officier des

**L'ingénieur
maritime
des Forces
canadiennes
vogue
sur les
mers du monde.**

systèmes de combat ou du développement des projets, conférencier dans des écoles de génie canadiennes et étrangères, gestion des établissements d'essais et plusieurs autres. De plus, si choisis, les ingénieurs maritimes ont l'occasion de poursuivre des études post universitaires au Canada ou à l'étranger.

Le génie maritime est une carrière intéressante et captivante qui relève les défis du génie moderne et vous offre l'occasion de voyager, tout en servant votre pays.

Pour plus de renseignements, visitez le centre de recrutement le plus proche de chez vous, ou téléphonez à frais virés. Vous nous trouverez dans les pages jaunes, sous la rubrique Recrutement ou postez ce coupon.

IMBATTABLE...

la vie dans les Forces



**LES FORCES
ARMEES
CANADIENNES**

**AU: Directeur du Recrutement et de la Sélection,
Quartier général de la Défense nationale,
Ottawa, Ontario K1A 0K2**

Une carrière dans les Forces armées canadiennes m'intéresse, j'aimerais recevoir plus de renseignements à ce sujet.

Nom

Adresse

Téléphone

Université

Faculté

Spécialité

FLYGT

est à la mesure des travaux de pompage les plus ardues

LES POMPES ÉLECTRIQUES SUBMERSIBLES D'ÉGOUT

Une solution faite sur mesure pour les travaux d'égout les plus ardues. Une gamme complète de modèles comprenant des unités en acier inoxydable résistant à la corrosion, d'une capacité de pompage allant jusqu'à 20 000 gpm et des renvois de 3 à 24 pouces.

La puissance électrique de Flygt
2.7 à 236 kw de puissance économique, silencieuse et non polluante. Une simple pression sur le démarreur et la voilà à l'œuvre! Les caractéristiques du bloc-moteur font preuve d'une très grande efficacité.

La puissance submersible de Flygt
L'efficacité alliée à la fiabilité pour les opérations de pompage des eaux usées. Toutes les pompes sont conçues pour le pompage de la boue et des matières solides. L'unité de pompage compact est facile à hisser et à descendre grâce au système de barres-guides Flygt lorsqu'il s'agit d'effectuer l'entretien ou une vérification. Grâce au raccord de sortie automatique breveté de Flygt, il n'est pas nécessaire de pénétrer dans le puisard.

Flygt a 13 succursales à travers le Canada où des professionnels dans le service et la vente sont à votre disposition où que vous soyez.

FLYGT

FLYGT CANADA
Pointe-Claire, Québec (514) 695-0100
Succursales: Montréal, Québec, Sept-Îles,
Moncton, Coquitlam, Calgary, Edmonton,
Saskatoon, Winnipeg, Toronto, Hamilton,
Sudbury, Ottawa, St. John's (Terre-Neuve).
Aux États-Unis: Flygt Corporation,
Norwalk, Connecticut.