



JANVIER/FÉVRIER 1981
 No 341
 67^e année

ISSN-0020-1138

L'INGÉNIEUR

LES PLASTIQUES 2



BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC
 1700 RUE ST-DENIS
 MONTREAL
 H2X 3X6

C.P. 6079, Succ. A,
 Montréal, Québec H3C 3A7

	Canada Post Postage paid		Postes Canada Port payé
Bulk third class		En nombre troisième classe	
Retour garanti		F-353 Montréal	



À tout seigneur, tout honneur.

Rémy Martin V.S.O.P. Fine Champagne Cognac.



Rémy Martin ne produit que des cognacs provenant de la Grande et de la Petite Champagne, les deux meilleures régions de Cognac. Cette carte en est le sceau.

**ADMINISTRATION
ET RÉDACTION**

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

COMITÉ ADMINISTRATIF

André BAZERGUI, ing.
Bernard BÉLAND, ing.
André BROSSARD, ing.
Jean-Pierre CHAMPAGNE, ing.
Gilles DELISLE, ing.
Guy DROUIN, ing.
Marcel FRENETTE, ing.
Roger FYEN, ing.
Roger P. LANGLOIS, ing.
Emeric G. LÉONARD, ing.
Gérald-N. MARTIN, ing.
Carol WAGNER, ing.

SECRÉTAIRE ADMINISTRATIVE

Yolande GINGRAS

COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION

Marc DROUIN, ing.
directeur
Thomas AQUIN, ing.
Bernard BÉLAND, ing.
Gérald BÉLANGER, ing.
Michel BILODEAU, ing.
Yvon M. DUBOIS, ing.
Marcel FRENETTE, ing.
Claude GUERNIER, ing.
Norman McNEIL, ing.
Marc TRUDEAU, ing.
Charles VILLEMAIRE, ing.

RÉDACTEUR

Charles ALLAIN

PUBLICITÉ

JEAN SÉGUIN & ASSOCIÉS INC.
Courtiers en publicité

601, Côte Vertu, St-Laurent, Québec H4L 1X8
Téléphone : (514) 748-6561

ÉDITEURS

Association des Diplômés de Polytechnique

En collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal, la Faculté des Sciences et de Génie de l'Université Laval et la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Sherbrooke. Publication bimestrielle. - Imprimeur : Les Presses Elite.

ABONNEMENTS

Canada 10 \$ par année
Etranger 15 \$ CAN par année
A l'unité 2 \$

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

Tirage certifié : membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau



LES PLASTIQUES 2

M. Raymond Gauvin, ing., de l'École Polytechnique de Montréal, est le coordonnateur de ce deuxième numéro thématique consacré aux plastiques ; le premier est précédemment paru en décembre 1980.

4 INTRODUCTION

Raymond Gauvin, ing.

**7 CROISSANCE PHÉNOMÉNALE DE
L'INDUSTRIE DU PLASTIQUE AU CANADA**

Élise Gagnon et Faris Shammas

L'industrie manufacturière du plastique a connu une croissance phénoménale depuis vingt-cinq ans. En 1955, la production totale de résine utilisée dans la fabrication des produits en plastique était de 9 000 tonnes. En 1979, les expéditions de résine atteignaient 1 256 millions de tonnes. On prévoit que ce taux de croissance se poursuivra durant les années 1980 et même davantage, vu l'abondante réserve de matières premières et le coût croissant de l'énergie.

13 LE PLASTIQUE ARMÉ

Germain Bélanger, ing.

Les plastiques renforcés par des fibres de verre ont occupé une place importante, au cours des dernières années, en tant que matériaux légers, de haute solidité et possédant des propriétés particulières qui les différencient, par beaucoup de points, des plastiques les plus connus.

On peut se demander pourquoi la fabrication des plastiques renforcés exige des connaissances spécialisées et de quelle façon elle se différencie des méthodes d'emploi des plastiques plus courants. Ces différences sont considérables et cela résulte de ce que les plastiques renforcés sont généralement appelés, dans le domaine structural, à remplir un rôle beaucoup plus important et qu'il sont soumis à des déformations et des contraintes qui ne s'exercent pas sur les matériaux plastiques ordinaires. C'est d'ailleurs, après tout, leur raison d'être.

23 LES POLYURÉTHANNES

Jean-Michel Charrier, ing.

Les polyuréthannes forment un immense groupe de matériaux polymériques dont une caractéristique commune est la présence de groupes de type uréthane dans leur structure moléculaire. Ces matériaux peuvent être produits sous forme de thermoplastiques et mis en œuvre avec l'équipement classique des thermoplastiques, ou ils peuvent être fournis sous la forme de produits réactifs, la mise en œuvre impliquant alors des réactions chimiques de polymérisation et de réticulation. Le second type se prête alors particulièrement bien à la fabrication d'objets cellulaires ou renforcés. C'est la variété des techniques de mise en œuvre et des applications qui fait des polyuréthannes un groupe en expansion particulièrement rapide au sein des polymères.

RUBRIQUES

- 3 ABSTRACTS
- 31 OFFRES D'EMPLOI
- 33 ÉVÉNEMENTS À VENIR
- 35 COMMUNIQUÉS
- 36 RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

PAGE COUVERTURE

Les matériaux plastiques, victimes autrefois de préjugés défavorables dans l'industrie, s'imposent maintenant de plus en plus comme la solution à la fois robuste et économique à une foule de besoins courants. Notre page couverture illustre différentes utilisations que connaît aujourd'hui les plastiques. (Photos : gracieuseté de Du Pont Canada, Shell Canada, Horizon Plastics, Columbia Plastics Ltd et les Industries Provinciales Ltée.)

Le système
PRO-PLUSSM
 aussi simple que
abc
 et
2+2=4

**Le traitement des textes et des données...
 en un seul système!**

Le système Pro-PlusSM c'est une façon économique d'accroître votre rendement tout en vous simplifiant la vie. Car Pro-PlusSM est un seul système qui traite à la fois les textes et les données, sans même une reprogrammation du système.

Aussi simple que ABC... Pro-PlusSM réalise toutes les opérations de production et d'édition de textes, de façon rapide et efficace.

Aussi simple que 2 + 2 = 4... Pro-PlusSM traite la facturation, les comptes à recevoir, les recettes et les déboursés ou réalise toute autre opération de gestion comptable. Vous n'avez pas à compléter ou retravailler les rapports fournis par le système. Pro-PlusSM transmet des analyses complètes à partir desquelles vous pouvez directement prendre vos décisions.

La technologie informatique peut paraître complexe. Tout peut devenir plus simple avec Pro-PlusSM.

Le système Pro-PlusSM convient parfaitement aux PME et aux divers services dans une grande compagnie. Le système de base comprend tout l'équipement nécessaire et le logiciel pour le fonctionnement du système. Dès l'achat, vous possédez intégralement le système; vous n'avez aucun élément à ajouter par la suite. Toutefois, si vos besoins changent,

Pro-PlusSM peut toujours être modifié ou développé pour mieux y répondre. Et il n'y a aucun intermédiaire lors de la vente. Vous achetez Pro-PlusSM directement du fabricant et êtes assuré d'un service après-vente assidu.

Renseignez-vous davantage sur le système Pro-PlusSM. Téléphonnez-nous ou retournez le coupon-réponse ci-dessous.

MONTREAL (514) 878-1566
 QUÉBEC (418) 627-1091



S.G.T. Pro-Plus Inc. ING.
 1200 McGill-Collège, Suite 500
 Montréal, Québec
 H3B 4G7
 Je désire obtenir plus de renseignements sur le système Pro-PlusSM.

Nom _____
 Fonction _____
 Compagnie _____
 Adresse _____
 Ville _____ Province _____
 Code postal _____ Téléphone _____

ABSTRACTS

PHENOMENAL GROWTH OF THE PLASTICS INDUSTRY IN CANADA

by Élise Gagnon & Faris Shammass,

The plastics manufacturing industry has experienced a phenomenal growth over the past twenty-five years. In 1955, The total production of resin used in the fabrication of plastic products was 9,000 tonnes. In 1979, resin shipments totalled 1,256 million tonnes. This remarkable growth rate is expected to continue into the eighties and beyond because of Canada's abundant supply of raw materials and the rising cost of energy.

REINFORCED PLASTICS

by Germain Bélanger, eng.

Reinforced plastics is the generic term for a group of related yet separate materials and processes. Each is concerned with some mode of combining a polymerizable but weak resin matrix with a high tensile strength but friable dry filamentary reinforcing media. The combination melds the best properties of each into a superior reinforced plastic or composite, the overall properties of which are unequalled by any other single material.

— R.P. is a light durable and astonishingly tough constructional material which can be fabricated into all manner of products.

R.P. is unique amongst materials of construction in that the fabricator actually makes the material. Whether he is making roof sheeting, chemical tanks, pipes, silos, buildings, vehicle bodies, or boats he is not merely assembling pre-existing components but making the structural material in situ.

POLYURETHANES

by Jean-Michel Charrier, eng.

Polyurethanes form a large group of polymeric materials having in common the presence of polyurethane groups in their molecular structure. These materials can be produced as thermoplastics and processed on standard thermoplastic equipment or they can be supplied in the form of reactive chemicals, the processing now involving polymerization and cross-linking reactions. The second type is particularly suited to the manufacture of cellular or reinforced parts. The variety of processing techniques and applications has made polyurethanes a most rapidly expanding group among polymers.



**LUPIEN, ROSENBERG, JOURNAUX
& ASSOCIÉS INC.**

études de sols et matériaux

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

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

- **CONTRÔLE DES MATÉRIAUX**
- **ÉTUDES GÉOTECHNIQUES**
- **ANALYSES CHIMIQUES**

Tél.: 336-5650



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

fondée en 1928



Les Laboratoires Ville Marie Inc
Géotechnique-Matériaux

1200 ouest, Boul. St-Martin
Laval, Québec H7S 2E4
Tél. : 514/384-7970
Telex : 05-268873

CLINIQUE DE MÉDECINE DU TRAVAIL DE MONTRÉAL

EXPERTS CONSULTANTS EN SANTÉ AU TRAVAIL

Tous genres d'expertises et d'examen médicaux

Consultation pour élaboration de programmes
de santé

Spécialistes en santé publique, médecine préventive
et toxicomanies

235 est, boul. Dorchester
Montréal, Québec H2X 1N8 tél. (514) 871-1386

INTRODUCTION

Les plastiques sont des matériaux représentant une gamme de propriétés presque illimitée. L'utilisation judicieuse des matières de base, des adjuvants, des renforcements et autres permet d'adapter leur formulation à un nombre incalculable d'applications. Leur utilisation croissante dans plusieurs domaines, dont celui de la construction et plus récemment leur accroissement marqué dans celui de l'automobile, témoignent de leur utilité à la solution de nombreux problèmes d'ingénierie.

Il y a quelques années, les plastiques étaient souvent perçus comme des matériaux de second ordre, aux propriétés changeantes et difficiles à prévoir. Certaines applications catastrophiques, généralement causées par l'ignorance du concepteur face aux caractéristiques de ces matériaux, ont grandement contribué à cette réputation. Il faut bien admettre cependant, que plus récemment, ces matériaux ont permis des réalisations impensables jusque là. Ils sont très souvent utilisés aujourd'hui parce qu'ils offrent de meilleures performances que les matériaux classiques. Leur durabilité, leur rapport résistance poids, leur entretien limité, leur résistance à l'impact, à la corrosion et à l'usure, leur facilité de mise en œuvre et leur coût compétitif en font des choix logiques pour plusieurs applications. Il n'est donc plus permis au concepteur de les ignorer.

En décembre dernier, la revue L'INGÉNIEUR publiait son premier numéro spécial sur les plastiques : on y retrouvait trois articles. Le premier donnait un bref historique et dressait un tableau général des propriétés et caractéristiques de ces matériaux. Dans le deuxième, on y passait en revue les thermoplastiques, leurs propriétés et leurs techniques de mise en œuvre. Le troisième article traitait du recyclage des plastiques, sujet qui prend de plus en plus d'importance face à l'accroissement constant de l'utilisation de ces matériaux.

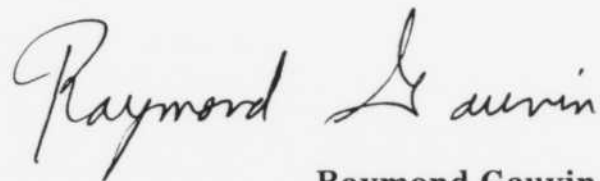
Le présent numéro est la continuation de celui de décembre dernier et présente également trois articles.

Le premier traite de la croissance de l'industrie manufacturière du plastique au Canada. Pour ce faire, on y présente des données relatives aux résines les plus utilisées. On y fait également des comparaisons intéressantes avec d'autres secteurs industriels et on y examine le taux de croissance de ces entreprises par rapport au produit national brut.

Le deuxième article traite des plastiques armés et de leurs nombreuses applications. Quoiqu'une grande variété de renforcements existent pour les plastiques, la fibre de verre est de loin la plus utilisée et cet article traite principalement des plastiques thermodurcissables armés de fibre de verre et de leur utilisation dans la tuyauterie, la fabrication de réservoirs, les applications en milieu corrosif et autres. On y fait également un parallèle intéressant entre la fibre de verre et la fibre de carbone comme matériau de renforcement.

Le troisième article traite des polyuréthanes dont les variétés d'utilisation ne font qu'augmenter. Ils forment un groupe de résines aux formulations très variées, permettant ainsi une gamme de propriétés des plus étendue, de la souplesse du cuir synthétique à la rigidité d'une bottine de ski alpin. Au cours des dernières années, ils ont connu un essor considérable et sont à l'origine d'un procédé de moulage à basse pression connu sous l'abréviation « RIM » qui s'est surtout développé en relation avec l'industrie automobile.

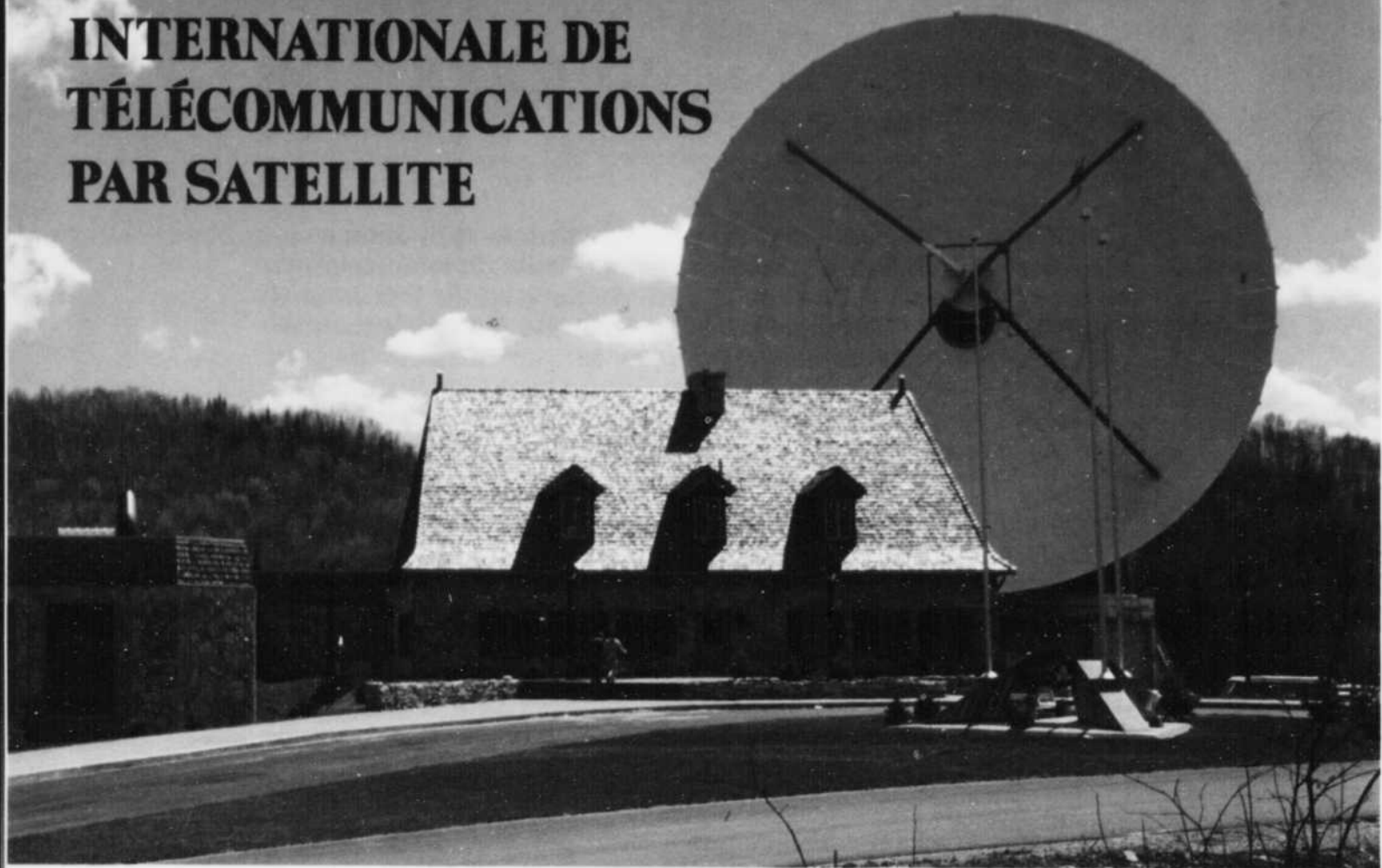
En guise de conclusion, nous tenons à remercier les auteurs qui ont généreusement collaboré aux articles présentés dans ces deux numéros. Nous croyons qu'ils ont ainsi contribué efficacement à une meilleure connaissance des plastiques.



Raymond Gauvin

M. Raymond Gauvin est professeur agrégé au département de génie mécanique de l'École Polytechnique. Diplômé de cette institution en 1966, option mécanique, il a obtenu une maîtrise de l'Université Stanford de Californie en 1968 et un doctorat en mécanique de l'Université Laval en 1974. Il fut également chef de la section Design de machines du département de mécanique de Polytechnique de 1975 à 1979. En plus d'être très actif dans le domaine du design mécanique, ses activités de recherche sont directement reliées à la caractérisation des plastiques et à leurs applications dans les pièces mécaniques. Actuellement, et ce pour une période d'une année, Monsieur Gauvin œuvre à titre de chercheur invité au nouvel Institut de Génie des Matériaux du Conseil National de Recherches à Montréal.

LES ÉQUIPEMENTS DE FEDERAL PIONEER ALIMENTENT LA STATION TERRIENNE INTERNATIONALE DE TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR SATELLITE



La station des Laurentides est située à Weir, au Québec, et fait partie du réseau Intelsat de télécommunications internationales.

Cette installation rurale éloignée des grands centres urbains a nécessité des équipements d'une grande qualité et d'une fiabilité à toute épreuve pour ses systèmes hautement automatisés. Les trois sous-systèmes principaux de l'alimentation sont interconnectés grâce aux équipements basse tension de Federal Pioneer, assurant une distribution fiable et une protection intégrale.

Dans ce type d'application aussi sophistiquée, c'est Federal Pioneer qui a conçu et fabriqué le matériel moyenne et basse tension à blindage métallique ainsi que les transformateurs à refroidissement liquide ou par air. Il est possible de fournir cet appareillage en sous-systèmes séparés ou en sous-stations individuelles totalement intégrées.

Parmi les systèmes offrant une protection totale, figurent les relais à semiconducteurs de surtension et de défaut à la terre, les systèmes de protection instantanée par sélection de zone (ZSIP) ainsi que les modules d'alarme/coupure type DSP, spécialement mis au point par Federal Pioneer.

Federal Pioneer dispose de 13 usines à travers le Canada, s'appuyant sur 20 points de vente, assurant la plus prompte assistance technique souhaitée.

Enfin, Federal Pioneer possède les produits et la capacité de service conformes à vos besoins et à votre réputation.

Pour des renseignements détaillés sur nos produits, consultez le point de ventes Federal Pioneer le plus proche.



LA CIE FEDERAL PIONEER LTÉE

Bureaux de ventes dans les principales villes canadiennes.

CROISSANCE PHÉNOMÉNALE DE L'INDUSTRIE DU PLASTIQUE AU CANADA

Élise Gagnon, et Faris Shammass *

Résumé

L'industrie manufacturière du plastique a connu une croissance phénoménale depuis vingt-cinq ans. En 1955, la production totale de résine utilisée dans la fabrication des produits en plastique était de 9 000 tonnes. En 1979, les expéditions de résine atteignaient 1 256 millions de tonnes. On prévoit que ce taux de croissance se poursuivra durant les années 1980 et même davantage, vu l'abondante réserve de matières premières et le coût croissant de l'énergie.

Introduction

Le plastique est un dérivé du pétrole et du gaz naturel, deux matières abondantes au Canada. Le tableau I illustre le flux du pétrole et du gaz naturel qui passent par la pétrochimie et les résines plastiques pour devenir des produits plastiques. 95% du pétrole et du gaz consommés au Canada sont brûlés comme combustible, alors que 5% sont utilisés par l'industrie pétrochimique; seulement 2% servent à la fabrication de produits plastiques.

La première usine canadienne de résine fut construite en 1955 à Edmonton, pour produire du polyéthylène

à basse densité. En 1980, le Canada compte 57 usines de fabrication de résine se situant surtout dans la région de Montréal et de Sarnia, en Ontario. Bien qu'il n'y ait que deux usines en Alberta présentement, on prévoit une forte expansion au cours des années '80. La production totale de résine au Canada pour 1979 a été de 1 256 millions de tonnes, comparativement à la production de 1955 qui était de 9 000 tonnes. Le tableau II montre les chiffres de production, d'exportation, d'importation et de consommation des sept types de résines les plus utilisées au pays.

Principales résines

Le polyéthylène est la première en importance de toutes les résines fabriquées au pays. Quatre compagnies totalisent une capacité de production de 714 000 tonnes métriques (voir Tableau III). Un cinquième fabricant entrera en opération en 1983. Le polyéthylène nous est familier par les sacs d'emplettes, les poubelles, les revêtements de cables électriques, les bouteilles de détergent, les contenants de crème glacée, les plats à vaisselle et... l'homme en blanc de Glad.

La deuxième résine en ordre d'importance par son volume de production et sa versatilité est le PVC ou Poly (chlorure de vinyle). Il est produit par trois compagnies mentionnées au Tableau III. Le PVC est converti en une grande variété de produits, entre autres, en tuiles de parquet, disques, revêtements de maison, tuyauterie et raccords, vêtements, capitonnage, isolants de fils et... la carte American Express.

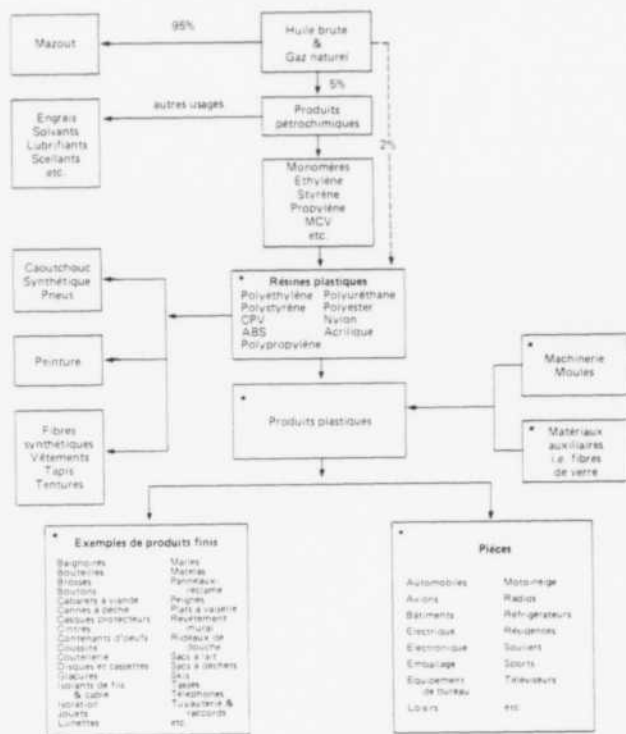
En troisième lieu vient le polystyrène, fabriqué par cinq compagnies auxquelles se joindra peut-être une sixième compagnie au Québec en 1981. Le polystyrène sert à la fabrication de mousse isolante, de tasses à café, de verres à boissons gazeuses, de contenants

* *Mme Élise Gagnon est à l'emploi de la Société des Industries du Plastique du Canada depuis 1974. Directrice de la Division de tuyauterie et raccords et de la Division des profilés sur le plan national, elle est directrice régionale du Québec depuis l'ouverture du bureau de Montréal, en janvier 1980.*

M. Faris Shammass, économiste, est à l'emploi de la Société des Industries du Plastique du Canada au siège social de Toronto. Depuis son entrée en fonction avec la SIP en 1977, il est responsable de la mise en œuvre de programmes et compilation de statistiques pour différents secteurs de l'industrie canadienne du plastique. Il est aussi directeur de la Division des mouleurs de la SIP.

TABLEAU I

L'Industrie du Plastique



d'œufs, de cabarets à viande, de boîtes de téléviseurs, de parois intérieures de réfrigérateurs et... du stylo Bic Banana.

Le polypropylène vient ensuite. À partir d'une découverte européenne, il fut introduit en Amérique du Nord en 1957 et est maintenant fabriqué au Canada par deux compagnies, l'une située à Varennes et l'autre à Sarnia. Avec le polypropylène, on fabrique des pièces d'automobile telles que les boîtes à batteries, des produits d'emballage, des cordages et des ficelles, des accessoires de cuisine et... des pailles pour McDonald.

L'ABS, un terpolymère composé d'acrylonitrile, de butadiène et de styrène, est une résine industrielle résistante provenant de deux compagnies dont l'une a construit ses usines à LaSalle et à Sarnia, et l'autre à Cobourg en Ontario. L'ABS est utilisé dans la fabrication de mallettes, de casques protecteurs de football, de tuyauterie et de raccords, de boîtes pour téléviseurs et radios, de jouets Lego, et... de l'appareil indispensable qu'est le téléphone.

Le polyuréthane, mis en marché à partir de 1954, est un autre plastique très versatile. Plusieurs compagnies fournissent les deux liquides composants qui, une fois combinés, donnent des mousses flexibles servant à coussiner les voitures et l'ameublement de salon, ou encore des mousses rigides pour isoler bâtiments, réfrigérateurs et camions ou pour construire des tiroirs, des dessus de tables et coussins de chaises. Les pneus de tracteurs sont maintenant fabriqués entièrement de polyuréthane.

TABLEAU II

Consommation apparente canadienne des principales résines et matériaux plastiques Pour l'année 1979

MATÉRIAUX (Tonnes métriques en millier)	PRODUCTION CANADIENNE	(PLUS) IMPORTATIONS CANADIENNES	(MOINS) EXPORTATIONS CANADIENNES	TOTAL DE LA CONSOMMATION APPARENTE CANADIENNE
Polyéthylène à basse densité	391	31	96	326
Polyéthylène à haute densité	200	38	56	182
Polypropylène	65	36	16	85
ABS	47	7	2	52
Polystyrène & Copolymères de Styène	120	32	15	137
Clorure de Polyvinyle	155	48	10	190
Polyester non saturé	28	4	2	30
TOTAL	1,003	196	197	1,002
ESTIMATION TOTALE (TOUTES RÉSINES)	1,256	412	223	1,383

Source : « Statistiques Canada » (Estimation de l'industrie compilée par SPI Canada)

TABLEAU III

SITE & CAPACITÉ DE PRODUCTION DES PRINCIPAUX MANUFACTURIERS CANADIENS DE RÉSINE

RÉSINE	MANUFACTURIER	SITE	CAPACITÉ TONNES MÉTRIQUES EN MILLIER	CAPACITÉ FUTURE
Polyéthylène à basse densité	CIL	Edmonton	32	70 (1981)
	Dow Chemical	Sarnia	68	158 (1985 ?)
	DuPont	Sarnia	112	151 (1983)
	Union Carbide	Montréal-Est	145	
	" "	Sarnia	90	135 (1982)
	Esso	Sarnia	0	135 (1983)
Polyéthylène à haute densité	Dow Chemical	Sarnia	50	140 (1985 ?)
	DuPont	Sarnia	124	167 (1983)
	Union Carbide	Sarnia	90	135 (1981)
Polypropylène	Hercules	Varenes	68	75 (1981)
	Shell Sarnia	Sarnia	68	
ABS	Borg-Warner	Cobourg	28	
	Monsanto	LaSalle	7	
	" "	Sarnia	25	
Polystyrène	BASF	Laval	10	
	Dow Chemical	Sarnia	90	
	Monsanto	LaSalle	30	
	Polysar	Cambridge	22	
	Potton Chemicals	Mansonville	4	
	Finachem	Montréal	0	36 (1981)
Chlorure de polyvinyle	Esso Chemical	Sarnia	48	
	B.F. Goodrich	Niagara Falls	135	96 (1984)
	" "	Shawinigan	28	
	Diamond Shamrock Alberta Gas	Ft. Saskatchewan Alberta	100	

Le polyester, le plus souvent renforcé de verre pour la fabrication des produits en fibre de verre tels que bateaux, réservoirs résistant à la corrosion, carrosseries d'autos, cannes à pêche et panneaux de construction, est fabriqué en Colombie-Britannique et en Ontario.

Ces sept matériaux sont parmi les plus employés, mais il y en a d'autres, tels le nylon utilisé pour la fabrication d'accessoires électriques et de pièces d'automobile, de cordes pour raquettes de tennis, de fermetures de fenêtres et de fermetures-éclair. L'acrylique, fabriqué à Niagara Falls, est utilisé pour les panneaux-réclame extérieurs, les glaces sécuritaires, les feux-arrière de véhicules et les lucarnes d'édifices. Il existe du polycarbonate suffisamment résistant pour entrer dans la fabrication de boucliers anti-émeute et de carrosseries de motos-neige. À cela s'ajoutent le phénolique, l'acétal et plusieurs autres matériaux.

Impact économique

Tous ces produits diversifiés sont fabriqués par 1,400 usines employant 50,000 personnes et atteignant, en 1979, un chiffre de ventes de \$3.8 milliards (voir tableau IV). Une étude sectorielle conduite par le ministère fédéral de l'Industrie et du Commerce révèle qu'en 1974, les provinces de l'Atlantique produisaient 2% de la fabrication totale des plastiques, le Québec 24%, l'Ontario 67%, les provinces des Prairies 6%, et la Colombie-Britannique 1%. Depuis, une activité accrue en Alberta, ainsi que dans les autres provinces, pourrait modifier ces données. Malheureusement, nous ne

TABLEAU IV

Industrie manufacturière du plastique		Canada 1979	
Nombre d'usines	1,400		
Nombre d'employés	50,000		
Livraison totale de produits plastiques	\$3.8 milliards		
Quantité produite	1,256 million de tonnes		
Marché principal			Pourcentage
	• Emballage		36
	• Construction		19
	• Meubles & Accessoires		9
	• Transport		7
	• Electricité & Electronique		5
	• Loisirs & Jouets		5

possédons pas encore les statistiques relatives aux années plus récentes. Statistiques Canada rapporte que la croissance de l'industrie manufacturière du plastique au cours des années '70 est deux fois celle de tout le secteur manufacturier. (voir tableau V). Le tableau VI montre les taux de croissance relatifs au PNB dans le domaine du plastique. La croissance moyenne en termes réels pour les années 1970 était de 9.5% pour les plastiques, alors que la croissance du taux moyen du PNB atteignait 4.3%. La croissance du plastique était donc 2 1/2 fois celle du PNB. Un autre aperçu de l'essor

remarquable du plastique est démontré au tableau VII. Toujours selon Statistiques Canada, en pourcentage de création d'emplois, le domaine du plastique surclassait tout le domaine manufacturier.

À quoi doit-on cette croissance phénoménale ?

La réponse se trouve vraisemblablement dans les bénéfices découlant du faible coût de production, de l'emploi modéré d'énergie et des possibilités infinies quant au design des produits en plastique.

Bien que le plastique soit un dérivé du pétrole et du gaz, sa fabrication exige, dans la plupart des cas, moins d'énergie et de matières premières que pour d'autres produits comparables fabriqués avec des matériaux compétitifs. Plusieurs études ont été faites pour appuyer ces dires, et l'une en particulier, réalisée par Franklin Associates aux États-Unis, fait ressortir l'économie d'énergie réalisée grâce à l'utilisation du plastique. Si l'on adapte ces données au Canada en se basant sur un ratio de 10 pour 1, les produits de plastique desservant plus de 250 marchés économiseraient 100 milliards de BTU, ou 18 millions de barils de pétrole, ou 4 millions de tonnes de charbon, ou 25 jours de besoins canadiens en pétrole, cela sur une période d'un an.


Vu son efficacité énergétique, le taux de croissance de l'industrie du plastique se poursuivra durant les années 1980 et bien davantage. L'industrie du plastique continuera à croître parallèlement à l'augmentation des coûts énergétiques. 

TABLEAU V

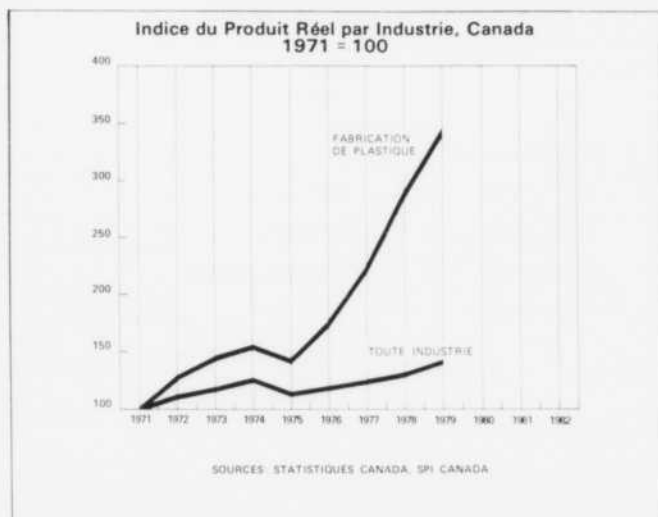


TABLEAU VI

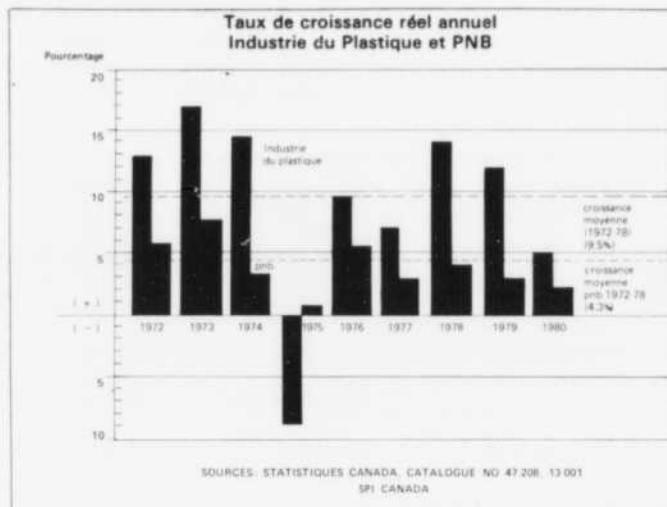
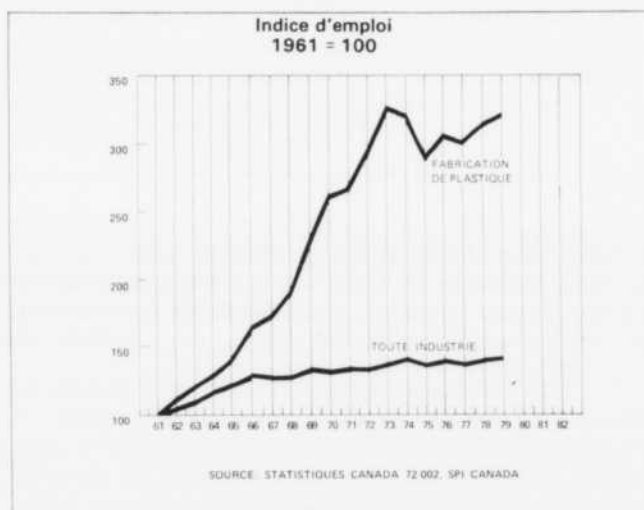


TABLEAU VII



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

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



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

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

Dans une vanne à papillon sans brides de Jenkins, le disque en bronze est la norme, non une option.

Pour les disques, Jenkins croit que rien d'inférieur au bronze n'est acceptable. D'autres fabricants peuvent vous offrir des disques en fonte à graphite sphéroïdal plaqués chrome. Pas nous. Dans les vannes à papillon sans brides de Jenkins, le bronze est la norme... le même bronze réputé de Jenkins qui a subi avec succès l'épreuve du temps. Pour des conditions ultra-corrosives, un disque en acier inoxydable est disponible.

Jenkins démontre encore une fois son ingéniosité dans la conception de son adaptateur exclusif permettant de convertir la vanne à papillon sans brides conventionnelle en une vanne à oreilles taraudées. Cette caractéristique permet une plus grande flexibilité et un inventaire réduit.

Pour plus de renseignements, procurez-vous le catalogue No 78 BFV en écrivant à: Jenkins Canada Inc., Lachine, Québec.

JENKINS

Le spécialiste en robinets





Le gaz naturel peut jouer un rôle important dans l'économie du pays:

- développer notre industrie... et chauffer nos maisons.
- généraliser son usage permettra l'expansion du secteur industriel dans tout le pays de l'est à l'ouest. En consommant du gaz naturel canadien, nous gardons nos pétro-dollars au Canada. Les importations de pétrole ont atteint \$4 milliards l'an dernier, ce qui a nécessité l'exportation du même montant en devises.
- le gaz naturel canadien est plus efficace et meilleur marché, il sert de combustible dans nos maisons et est indispensable à l'expansion de notre industrie.

Pour notre part, chez TransCanada PipeLines, nous sommes convaincus que les pétro-dollars canadiens doivent être dépensés au Canada. C'est pour cette raison que nous nous efforçons d'acheminer à un plus grand nombre de Canadiens du gaz naturel et de les aider à bénéficier de ses avantages.

LE GAZ NATUREL- SOURCE D'ÉNERGIE PROPRE ET EFFICACE QUI ASSURE NOTRE CROISSANCE ÉCONOMIQUE.



TransCanada PipeLines

Une société canadienne
au service des Canadiens.

LE GAZ NATUREL CANADIEN-ÉNERGIE D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN

LE PLASTIQUE ARMÉ

Germain Bélanger, ing.*

Résumé

Les plastiques renforcés par des fibres de verre ont occupé une place importante, au cours des dernières années, en tant que matériaux légers, de haute solidité et possédant des propriétés particulières qui les différencient, par beaucoup de points, des plastiques les plus connus.

On peut se demander pourquoi la fabrication des plastiques renforcés exige des connaissances spécialisées et de quelle façon elle se différencie des méthodes d'emploi des plastiques plus courants. Ces différences sont considérables et cela résulte de ce que les plastiques renforcés sont généralement appelés, dans le domaine structural, à remplir un rôle beaucoup plus important et qu'il sont soumis à des déformations et des contraintes qui ne s'exercent pas sur les matériaux plastiques ordinaires. C'est d'ailleurs, après tout, leur raison d'être.

Introduction

Résine synthétique + verre textile = plastique armé

Le plastique armé est un matériau composite, formé de résines synthétiques armées généralement de fibre de verre textile.

La combinaison de renforts aux résines moulables sous faible pression a fait du plastique armé un matériau apte à remplacer les matériaux traditionnels dans beaucoup de cas. En particulier, il peut servir dans les applications extrêmes où il est nécessaire d'obtenir un bon rapport résistance/poids, des qualités mécaniques élevées ainsi que des propriétés d'isolation électrique.

* *M. Germain Bélanger, diplômé de Polytechnique en 1966, est consultant dans le secteur des matériaux plastiques. Il a œuvré uniquement dans le domaine des plastiques depuis 14 ans; l'an dernier il recevait de la Société des Industries du Plastique du Canada le prix Canplast pour son leadership exceptionnel et sa contribution soutenue à l'industrie canadienne du plastique. Il a présenté plusieurs conférences techniques au niveau international, le tout combiné à des publications et brevets dans le domaine des matériaux plastiques. De plus, il est le président fondateur de Polynergie, compagnie œuvrant dans le domaine des énergies renouvelables et associée au Centre Québécois d'Innovation Industrielle.*

thermique ou acoustique. Il offre une parfaite résistance à la dégradation par les éléments naturels et la plupart des agents chimiques. Enfin, son prix de revient est intéressant, même dans le cas de productions en petite série.

Le matériau est créé par le fabricant en fonction des besoins définis par l'utilisateur. Le fabricant ajuste les produits de renforcement et les résines liantes, réalisant ainsi un matériau « sur mesure ». Il choisit son procédé de fabrication en fonction de l'importance de la série à réaliser.

La résine assure la cohésion du plastique armé

Le rôle essentiel de la résine est de servir de liant au renfort. Elle l'enrobe et assure la transmission des forces entre les fibres. Pour assurer une liaison entre la résine et le renforcement, il existe des produits de pontage, propres à chaque type de plastique armé.

La résine doit être choisie en fonction de la sollicitation supportée par le plastique armé, auquel elle confère une cohésion dont dépend sa tenue dans le temps. La résine assure aussi l'étanchéité du matériau.

Jusqu'à maintenant, le plastique armé est réalisé essentiellement à l'aide de résines thermodurcissables. Il existe plusieurs variétés de résines qui ont chacune des propriétés bien caractéristiques. La plus couramment utilisée pour le plastique armé est la résine polyester. Le fabricant doit choisir parmi ces variétés de résines celle qui est la mieux adaptée à une application déterminée.

Le renfort de verre textile, une résistance de 380 MPA

Le verre textile utilisé dans le renforcement des matières plastiques présente d'excellentes caractéristiques mécaniques. Sa résistance à la traction est de l'ordre de 380 MPA. Ses qualités électriques sont également élevées. Il se présente essentiellement sous trois formes :

- * Les stratifils (connus aussi sous l'appellation anglo-saxonne de « Roving ») résultent de l'assemblage sans torsion d'un certain nombre de fils continus (silicone).
- * Les mats de verre sont des feutres de fils coupés agglomérés par un liant ou liés mécaniquement. Ils servent à réaliser des plastiques armés présentant des résistances mécaniques isotropes (sans orientation préférentielle).
- * Les tissus existent dans une gamme très variée. Ils diffèrent entre eux par les types de fils de verre qui les composent, leur poids au mètre carré et les traitements qu'ils ont subis.

Caractéristiques générales du plastique armé

Les constituants du plastique armé : choisis et dosés pour chaque application

Le plastique armé est constitué d'une résine synthétique enrobant un renforcement généralement de verre textile, dans des qualités, des présentations et des techniques d'emploi adaptées à chaque problème. Il est « plastique » et peut donc prendre toutes les formes désirées. Il est « armé », et offre les qualités de résistance d'une solide ossature.

L'apparence du matériau

C'est un matériau rigide, translucide ou opaque, coloré si besoin dans la masse. Ses techniques de moulage (contact, projection, emboutissage, embobinage...) permettent d'obtenir des formes et des dimensions extrêmement diverses.

Propriété physique no. 1 du plastique armé : sa densité de 1,5 à 2

Le plastique armé est quatre fois plus léger que l'acier. Sa stabilité dimensionnelle est remarquable. Sa conductibilité calorifique est très faible (300 fois moins que l'acier, ou 1,700 fois moins que le duralumin).

Propriété mécanique no. 1 du plastique : sa résistance exceptionnelle

Le tableau ci-dessous est caractéristique des performances que l'on peut attendre du plastique armé.

TABLEAU DES RÉSISTANCES COMPARÉES :

Résistances mécaniques du plastique armé	Résistance à la traction	Résistance à la flexion
Moulage au contact	96 MPA à 138 MPA	138 MPA à 207 MPA
Enroulement filamenteux	380 MPA à 1175 MPA	380 MPA à 587 MPA

Propriété chimique no. 1 du plastique armé : son insensibilité à la corrosion

Le plastique armé est insensible à la dégradation causée par les éléments naturels et la plupart des agents chimiques.

Les propriétés diélectriques du plastique armé en font un excellent isolant électrique

Ces caractéristiques remarquables font du plastique armé le matériau des performances hors série... en série !

Le plastique armé dans la chaudronnerie

L'utilisation de ce matériau est de plus en plus répandue dans la chaudronnerie. Le plastique armé répond, en effet, aux différents problèmes qui se posent à cette industrie : résistance à la corrosion, bonnes caractéristiques mécaniques, possibilité de réaliser des pièces de toutes dimensions et de formes les plus compliquées, légèreté facilitant les manipulations.

Le plastique armé dans l'entreposage et le transport de produits chimiques

Les problèmes de stockage, de manutention et de transports de produits chimiques dans l'industrie trouvent des solutions nouvelles grâce au plastique armé.

L'exceptionnelle résistance à la corrosion du matériau permet de l'utiliser avec les produits les plus actifs. Son coefficient d'isolation thermique très élevé le recommande dans tous les cas où la conservation exige le maintien des températures données ou une bonne protection contre les variations climatiques.

Enfin, sa légèreté alliée à son excellente résistance mécanique lui ouvrent largement le domaine des transports.

Le gain de poids permet l'augmentation des capacités transportées, l'entretien est réduit au minimum. Ainsi, le plastique armé est de plus en plus utilisé dans la fabrication de citernes sur véhicules, de semi-remorques autoportantes, de containers (rail, routes), de wagons, de bacs de manutention, etc.

Le plastique armé dans l'épuration, la déminéralisation, le dépolluage et le traitement des eaux

Ces différents domaines trouvent dans le plastique armé un matériau particulièrement apte à résister à la corrosion, qu'il s'agisse de gaz ou de liquides.

Les différentes techniques de mise en œuvre du plastique armé, ses composants variés, permettent de réaliser des tuyaux, des colonnes, des tours, des épurateurs, des cyclones, etc.

La légèreté du matériau (pour une bonne résistance mécanique) facilite considérablement l'installation des pièces les plus volumineuses et des formes les plus compliquées.

Le plastique armé dans la ventilation

Qu'il s'agisse d'aspirer, de refouler ou d'évacuer des gaz, des fumées ou des liquides à forte teneur de pro-

duits corrosifs, le plastique armé résiste remarquablement à la plupart des produits chimiques, tout en restant insensible aux agents atmosphériques.

Par ailleurs, il ne subit pas de déformation grâce à sa résistance mécanique élevée ; il autorise les formes les plus complexes ; enfin, sa légèreté est exceptionnelle. Ces qualités, jointes à une mise en œuvre facile, le font apprécier dans les domaines suivants : cheminées, gaines, tuyaux pour transports de fluides, registres, hottes d'aspiration, capotages et pièces de protection.

Le plastique armé s'emploie également pour la réalisation de réacteurs, de ballons à pression (notamment de pièces à vide), de vis sans fin, etc.

Avantages du plastique armé dans le génie chimique

- remarquable résistance à la corrosion et aux agents atmosphériques, limitant les servitudes d'entretien et apportant une grande longévité ;
- facilité d'épouser les formes les plus compliquées ;
- hautes qualités mécaniques facilitant le transport et le montage ;
- excellent coefficient d'isolation thermique ;
- stabilité dimensionnelle ;
- grande légèreté (densité 1,8).

Les plastiques armés dans l'industrie de la pâte à papier

Donnons d'abord un aperçu de ce qui se passe dans l'industrie du papier en mentionnant les équipements qui ont pu y être mis en place. Les applications, caractéristiques qui ont justifié l'emploi des plastiques armés sont les suivantes :

- 1) – Systèmes de ventilation
- 2) – Hottes sur les laveurs à pâte écrue.
- 3) – Canalisations de chlore.
- 4) – Hottes sur les bacs à extraction.
- 5) – Générateurs à hypochlorite.
- 6) – Hottes sur les laveurs à hypochlorite
- 7) – Tour de prérétenition du dioxyde de chlore
- 8) – Systèmes de ventilation d'évacuation
- 9) – Évacuation des eaux usées.

Ceci, bien entendu, dans le cas du procédé au sulfate, mais il faut noter qu'il existe des applications analogues lorsque sont utilisés d'autres procédés de fabrication de la pâte.

Fosses de décharge

La formation des fumées au niveau des fosses de décharge (blow pits) peut varier avec le procédé, mais en général, les gaz sont composés de vapeur, d'eau, d'air et de dioxyde de soufre avec des traces possibles d'acides formique et acétique et de sels de sodium, de magnésium, d'ammonium et de calcium. Ceci constitue une aire idéale d'application pour les plastiques armés, d'autant plus qu'ils peuvent supporter le contact avec ces produits jusqu'à des températures élevées.

Une très bonne illustration des aptitudes des plastiques armés est donnée par l'importante installation de

captage de fumée installée en 1961 à l'Hammermill Paper Co. Les conduits véhiculent les gaz (vapeur d'eau SO₂ et traces d'acides acétique et formique) des fosses de décharge à leur tour de condensation. La température s'y maintient à 100°C pendant 30 minutes toutes les heures et demie. Les spécifications de cette installation prévoyaient une résistance à des pressions allant de 33 cm d'eau à un vide atteignant également 33 cm d'eau.

Hottes sur les laveurs

Après macération, la pâte est généralement lavée dans des laveurs rotatifs sous vide afin d'éliminer les excédents de produits chimiques. Comme dans le cas précédent, la nature des fumées corrosives à évacuer varie avec le procédé utilisé, mais d'une manière générale on peut dire qu'en gros, elles ont une composition identique à celles des fosses de décharge.

Les plastiques armés sont largement utilisés pour la construction des hottes d'aspiration et ont déjà dans une large mesure remplacé les installations en amiant-ciment. Ces matériaux peuvent aussi être utilisés pour la réalisation des conduits, cheminées, etc.

L'Alaska Lumber and Pulp Company, de Sitka, en Alaska, a installé en 1958 une série de ces hottes d'aspiration. Elles ont une largeur de 8 mètres et des longueurs variant entre 15 et 70 mètres.

Ces gaines transportent des vapeurs très corrosives d'hydroxyde de magnésium avec des traces du même chlorure à des températures allant de 60° à 65°C.

Installation de blanchiment

Les produits très corrosifs utilisés pour le blanchiment de la pâte ouvrent un vaste champ d'application pour les plastiques armés résistant à la corrosion dans ce domaine, d'autant plus que le nombre élevé de produits différents utilisés nécessite l'emploi d'un matériau de construction polyvalent.

Le blanchiment étagé, en particulier, comporte deux stades hypochlorites, un stade chloruration, suivi à nouveau par des stades hypochlorites.

Les plastiques armés sont compatibles avec la plupart des agents de blanchiment utilisés :

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| – Chlore – sec | – Dioxyde de chlore 15% |
| – Chlore – humide | – Hydrosulfite de zinc |
| – Hypochlorite de sodium 15% | – Eau oxigénée 30% |
| – Hypochlorite de calcium 20% | – Chlorite de sodium 50% |

Canalisations pour chlore

Dans les usines de pâte à papier où l'on procède à l'élaboration du chlore ou de l'hypochlorite, les plastiques armés ont aidé à résoudre un certain nombre de problèmes de corrosion, particulièrement celui que pose la manipulation du chlore humide.

Hottes sur extracteurs

Dans le cas du blanchiment étagé, le stade de la chloruration de la pâte est suivi par une extraction alcali-

ne, avec des solutions d'hydroxyde de sodium et à température modérée.

La société Consolidated Paper a installé des hottes en plastique armé dans cette zone d'extraction ; ces hottes mesurent 3 m × 6 m ; elles ont coûté 75% d'une hotte en alliage traditionnel.

Générateur à hypochlorite

Une autre société a installé un générateur et un réservoir d'entreposage à hypochlorite en plastique armé. Le réservoir cylindrique a un diamètre de 2 m. et une hauteur de 4 m ; il a été fabriqué en réunissant trois sections cylindriques. Au cours du procédé, la solution de soude est pompée dans le réservoir, elle subit ensuite un barbotage dans le chlore, ce qui la convertit en une solution à 15% d'hypochlorite. La température à l'intérieur du réservoir demeure celle de l'ambiance. La cuve en acier caoutchouté précédemment utilisée n'a duré que cinq ans.

Réservoir d'entreposage d'hypochlorite

Une autre firme a installé une cuve d'entreposage de solution d'hypochlorite qui a été construite sur place, à l'intérieur de l'usine, la dimension des portes ne permettant pas son introduction dans les ateliers. C'est après quelques études préalables que le choix entre une cuve en acier revêtue de PVC et une cuve en plastique armé a été fait, conduisant à une économie de 35% dans l'achat du matériel.

Canalisations d'égouts

Un fabricant a installé un égout d'une longueur totale de 5000 mètres, en remplacement d'une ancienne canalisation en acier protégée par un revêtement bitumineux. Cet égout sert à l'évacuation d'environ 250.000 l. à la minute de solution épuisée provenant de la fabrication de la pâte à papier par le procédé au sulfate.

Des canalisations analogues sont utilisées pour l'évacuation des liqueurs résiduelles de blanchiment, des vapeurs émises dans ces cuves où sont entreposées ces liqueurs, ainsi que pour le transport de solutions épuisées vers les installations où sont récupérés les produits utilisables qu'elles contiennent.

Les avantages des plastiques armés dans l'industrie de la pâte à papier

Il est possible de trouver, par un examen approfondi des usines, d'autres applications où l'emploi de ces matériaux présente des avantages qui découlent de leurs principales caractéristiques :

- 1) — Résistance à la corrosion
- 2) — Faible poids
- 3) — Rapport résistance/poids élevé
- 4) — Faible dépense d'installation et d'entretien
- 5) — Translucidité
- 6) — Bonne qualité d'isolation thermique et électrique.

La résistance à la corrosion est une des raisons principales de l'emploi des plastiques armés, et il est intéressant d'examiner cette question dans le détail.

Pourquoi les plastiques armés donnent-ils satisfaction, là où l'acier inoxydable ou les alliages spéciaux ne conviennent pas ?

Les plastiques armés se corrodent ou se dégradent d'une autre manière que les métaux. Ceux-ci subissent la corrosion du fait de leur instabilité naturelle à l'état raffiné. Cette attaque est électrochimique et la corrosion est usuellement définie en mm/par an, ce qui représente l'épaisseur du métal « consommé » ou attaqué par an.

Les plastiques armés, par contre, ou bien résistent à l'ambiance corrosive, ou bien ne conviennent pas. Mais dans tous les cas, il n'y a pas réduction graduelle de l'épaisseur du matériau.

Le mécanisme principal de l'attaque des plastiques armés et particulièrement des polyesters, est l'hydrolyse. L'aptitude à l'hydrolyse de ces résines varie avec leur type.

Les producteurs possèdent maintenant tous les renseignements nécessaires sur la résistance chimique de leurs résines.

Le prix des plastiques armés est aussi un facteur favorable auquel s'ajoute, en général, des frais d'installations moins élevés, du fait du poids moindre de ces matériaux. De toute façon, dans une étude comparative de prix de revient, il ne faut pas manquer de faire intervenir la durée de service assurée par un matériel en plastique armé et les réductions de frais d'entretien que son emploi permet de réaliser.

En général, on peut dire qu'à l'achat, les matériaux plastiques coûtent le tiers ou la moitié de l'acier inoxydable et sont sensiblement moins onéreux que certains alliages spéciaux comme l'Inconel ou l'Hastelloy. Par contre, l'acier ordinaire peut être moins coûteux, mais il aura besoin d'un revêtement protecteur.

En outre, un autre facteur intervient en faveur des plastiques armés : les méthodes de fabrication bénéficient de progrès incessants. Alors que ce genre d'application a pendant longtemps été manuelle, on fait aujourd'hui de plus en plus appel à des procédés automatiques et ce fait, joint au développement du tonnage de pièces fabriquées, est également un facteur d'économie. Enfin, indiquons qu'il est relativement facile de former le personnel d'entretien, ce qui assure une plus grande sécurité aux utilisateurs.

Caractéristiques et propriétés d'une tuyauterie de plastique armé

Le tuyau de plastique armé à la fibre de verre est léger, très résistant à la corrosion, et son fini glacé intérieur prévient les accumulations ou dépôts en plus de réduire le coefficient de friction. Ce minimum de friction se reflète par une augmentation de la vitesse d'écoulement et une réduction des coûts d'entretien pour les unités de pompage. Le poids d'un tuyau de plastique armé représente 25% de celui d'un tuyau d'acier tout en étant dix fois plus flexible, facteurs importants pour les installations en terrain marécageux.

Le tuyau est fabriqué en grandes quantités par le procédé d'enroulement filamentaire. Des mandrins d'acier ultra polis sont enrobés de filaments de fibre de verre continu, imprégnés de résine thermosable. L'angle de bobinage et la vitesse sont contrôlés électroniquement pour permettre une construction équilibrée.

Lorsque le tuyau a été complètement bobiné, il est transféré dans un four pour permettre le durcissement de la résine. Ensuite le mandrin est extrait mécaniquement et retourné à la chaîne de fabrication. Le tuyau passe ensuite aux étapes d'usinage, de finition et d'inspection.

Les tuyaux sont fabriqués en longueur standard de 7 m. De plus courtes longueurs peuvent être fournies sur demande. Les longueurs excédant 7 mètres sont pré-assemblées à l'usine.

En général les tuyaux sont disponibles en diamètres variant de 2 cm à 75 cm. Une variété complète entre ces deux limites est possible.

Toute la tuyauterie est calculée en utilisant un facteur de sécurité de 5 basé sur la pression d'opération maximum recommandée; cette tuyauterie résiste à une pression extérieure de deux fois la pression atmosphérique.

Un assortiment complet de tés, coudes, réducteurs, et autres peut être fourni en plastique armé à la fibre de verre. Ces accessoires possèdent les mêmes caractéristiques mécaniques que les tuyaux pour assurer une structure équilibrée.

Résistance à la corrosion

Le tuyau de plastique armé est résistant à une très grande variété de solutions acides, alcalines et autres. Il est de plus résistant aux produits pétroliers comme l'essence. Son fini extérieur permet de le déposer dans des sols fortement corrosifs sans protection cathodique.

Légereté

Le poids du tuyau de plastique armé possède l'avantage considérable de ne pas nécessiter l'utilisation de pièces d'équipement lourd avec mât et treuil arrière sur le site d'installation. Par exemple, un tuyau de 15 cm de diamètre, 7 m de longueur, opérant à une pression de 2.5 MPa par cm^2 pèse environ 35 kg et peut être manutentionné par deux hommes.

Flexibilité

Le tuyau de plastique armé est dix fois plus flexible que l'acier et par conséquent peut subir de grandes déformations tout en ne subissant que de faibles contraintes. Son installation en sol difficile s'en trouve facilitée, l'assemblage pouvant s'effectuer en surface avant de procéder à la pose au fond de la tranchée.

Chocs et vibrations

Les propriétés de résistance à la fatigue sont très peu affectées par l'effet de concentration de contraintes autour des entailles. La disposition des fibres de verre prévient leur propagation. Le tuyau de plastique armé

s'utilise très bien là où la pression agit par pulsations comme dans le cas du phénomène de marteau, et là où les vibrations à haute fréquence sont communes (tuyaux reliés aux stations de pompage).

Propriétés d'écoulement

La résistance à la corrosion et le fini glacé (20 à 40 μm) des tuyaux de plastique armé minimise l'accumulation des dépôts et assure un coefficient de friction très bas pour la vie entière du tuyau.

Le coefficient Hazen William est de l'ordre de 150. Une perte de charge de 15 cm d'eau par 30 m de tuyau résulte d'un écoulement de 900 litres par minute d'eau à 20°C dans un tuyau de 25 cm de diamètre. Sur une longueur de 1 500 m, la perte totale se monte à 7,5 m d'eau ou 7,4 KPA, ce qui est très peu comparativement à l'acier.

Conductibilité thermique

Le coefficient est de l'ordre de 1.5 BTU/hre/ $^\circ\text{F}/\text{pi}^2/\text{pce}$, soit 100 fois moindre que l'acier. C'est là un avantage marqué pour l'utilisation à l'intérieur du béton dans le transport des fluides à température variable.

Réservoirs d'entreposage en plastique renforcé

Les matières plastiques possèdent dans le domaine des récipients un attrait particulier. Leur faible poids spécifique, allié à de bonnes caractéristiques mécaniques et chimiques en font, par définition, des matériaux très intéressants pour l'emballage sous ses formes diverses.

L'industrie, consciente des vastes possibilités du matériau dans le domaine de l'entreposage, a mis au point et développé une forme originale de construction qui utilise au maximum les caractéristiques des constituants.

Les citernes sont réalisées selon un procédé d'emboîtement de fibres de verre équitendues et de résine polyester, enserrant une âme sandwich en mousse de polyuréthane.

Ce procédé permet d'utiliser au mieux les possibilités des plastiques armés.

Les avantages des citernes en plastique armé

Les citernes fabriquées selon le procédé d'enroulement filamentaire présentent un ensemble de caractéristiques :

Légereté

La densité des plastiques renforcés varie entre 1.5 et 1.8. Ce faible poids spécifique permet des gains de l'ordre de 10 à 15% par rapport aux cuves en acier.

Résistance mécanique

Les procédés de fabrication par emboîtement permettent d'obtenir des plastiques renforcés dont la résistance est tout à fait remarquable. Une caractéristique importante réside dans le fait que, chez ces matériaux, la

limite de déformation élastique se confond avec celle de rupture ; en d'autres termes, ils ne sont pas sujets à des déformations permanentes : une citerne accidentée ne se déforme pas.

Ces caractéristiques mécaniques élevées permettent la mise en place de ces réservoirs en plein vent, d'où facilité de mise en place et gain appréciable de la surface couverte. Comme par ailleurs le cylindre est réalisé en une seule pièce, on supprime les risques de corrosion intergranulaire ou fissurante au niveau des soudures ; phénomènes que l'on rencontre sur les citernes en acier, soumises à des régimes vibratoires.

Résistance à la corrosion

Du fait même de leur nature chimique, les plastiques renforcés ne donnent pas lieu aux phénomènes de la corrosion électrochimique. Ainsi l'entretien de ces citernes se réduit aux seuls soins de propreté. Par ailleurs, cette résistance à l'action des agents chimiques ouvre à ces citernes un large éventail de possibilités d'emploi.

Isothermie

Les parois des réservoirs sont constituées d'un plastique armé ($K = 1.5$) et d'une âme en mousse de polyuréthane ($K = 0.14$) qui confèrent à l'ensemble de la structure une très bonne isolation. Contrairement aux métaux (acier $K = 312$, aluminium $K = 1860$), le plastique armé ne transmet pas la chaleur. Cette notion est très importante pour les produits devant être entreposés à basse ou haute température. Dans tous les cas, on peut diminuer, voire même supprimer de façon appréciable, les apports extérieurs de chaleur et de froid, ce qui a toujours une influence sur le bilan d'exploitation. Ce pouvoir isolant autorise, par ailleurs, à exposer ces réservoirs aux conditions atmosphériques.

INFLUENCE DES PLASTIQUES SUR LA SITUATION ÉNERGÉTIQUE (STATISTIQUES EN PROVENANCE DES ÉTATS-UNIS)

VALEUR DU PRODUIT FINI	
% de pétrole utilisé pour la fabrication des matières plastiques	— 1.5%
PRINCIPALES COMPOSANTES	
Emballage	— 3.5 millions tonnes (métriques)
Construction	— 3.2 millions tonnes (métriques)
1978 Transport	— 900,000 tonnes métriques
Électricité	— 800,000 tonnes métriques
Produits ménagers	— 650,000 tonnes métriques
Meubles	— 475,000 tonnes métriques
4,5 l de benzène coûte 1,50\$ et sert à produire pour 3,00\$ de résine polystyrène.	
450 g de résine polystyrène servent à produire pour 5,00\$ de produits finis.	

ISOLATION DE BÂTIMENTS (1977)

Mousse de plastique utilisée	— 155,000 tonnes
Nombre de maisons isolées	— 177,000
Consommation estimée sans isolation de mousse plastique	— 16.5 trillions BTU
Consommation réelle avec isolation	— 3.4 trillions BTU
Économie de	— 13.1 trillions
Équivalent de	— 13.1 millions de barils de pétrole

CONSOMMATION VS ÉCONOMIE

CONTENANTS DE PRODUITS CHIMIQUES UTILISÉS DANS LES FOYERS (1977)

Volume de contenant plastique	— 7.3 billions
Volume de contenant en verre	— 4.9 billions
Volume de contenant en métal	— 5.7 billions
Énergie consommée pour les contenants en plastique	— 29 trillions BTU
Énergie équivalente requise pour une production de remplacement entre le métal et le verre	— 44.9 trillions BTU
Économie de	— 15.9 trillions BTU
Équivalent de	— 2.7 millions de barils de pétrole

AUTOMOBILE (1978)

Réduction de poids d'une automobile	— 400 livres
Augmentation de la distance parcourue	— 1 mille/gallon
Effet de la réduction de poids des automobiles suite à l'utilisation des plastiques	— Économie de 80.5 trillions BTU annuellement
	ou l'équivalent de 14,000,000 barils de pétrole

DÉFLECTEUR D'AIR POUR CAMION

Poids de l'unité	— 52 livres
Économie d'énergie	— 10% de l'essence (rapport C.N.R. Ottawa)
En assumant que 80% des camions seraient équipés (USA) de cet unité	
— consommation sans déflecteur	— 1326 trillions BTU
— consommation avec déflecteur	— 1220 trillions BTU
économie	106 trillions BTU
équivalent	18,000,000 barils de pétrole

**CHANGEMENTS PRÉVUS
AU NIVEAU DES MATÉRIAUX
POUR UNE VOITURE MOYENNE
GM 1978-1987 * A**

Matériau	livres 1978	livres 1987	% de changement
Plastiques	189	255	+ 35
Aluminium	121	180	+ 49
Acier	2066	1687	- 18
Fonte	625	283	- 55
Caoutchouc	99	81	- 18
Verre	95	79	- 17
Plomb	22	22	0
Zinc	18	9	- 50
Autre * B	264	210	- 20
total	3499	2816	- 20

* A - informations provenant de General Motors

* B - sont inclus le cuivre et différents matériaux non métalliques tel les tissus, les fluides, graisses, huiles etc.

**UTILISATION DES MATÉRIAUX PLASTIQUES
DANS UNE (GM) VOITURE 1978 (*A)**

PLASTIQUE	POIDS UTILISÉ
Polypropylène	44
Polyuréthane	43
PVC	26
Polyester	17
ABS	19
Polyéthylène	11
Nylon (*B)	5
Phénolique	4
Autre	7
Acrylique	4
TOTAL :	180 livres

* A - Information du (SPI) Society of Plastics Industry

* B - sauf les pneus

**Les fibres haut module
pour applications à haute performance**

L'un des problèmes de l'industrie des plastiques renforcés est d'arriver à rapprocher les caractéristiques obtenues par les procédés industriels de moulage et les valeurs qu'on pourrait espérer obtenir d'après les performances des matières de base.

**POTENTIEL D'ÉCONOMIE DE POIDS AVEC
LES MATÉRIAUX PLASTIQUES**

Composante	poids en livres		
	Métal	Plastiques	Gain
Capot moteur	35	18	17
Porte	35	16	19
Capot de valise	25	13	12
Renfort latéral de porte	variable	variable	1.5 à 10
Pare-chocs (2)	80	40	40
Réservoir à essence	variable	variable	12 (estimé)
Bras de suspension	variable	variable	18 (estimé)
Ressort à lame (1)	28	5 à 7.5	21.5 à 23
Roue (4)	120	≈ 60	≈ 60
Arbre de transmission	53	28	25

Dans l'utilisation de la fibre de verre comme renforcement, ces dernières années, le bobinage est apparu comme le procédé permettant de tirer le maximum des possibilités des matières de base. Les diverses techniques de tissage ont été employées de façon extensive pour résoudre une grande partie des difficultés de mise en œuvre et, appuyées par la technique de préimprégnation, elles ont permis l'élaboration de matières premières pratiques et de qualité constante pour l'utilisateur. Mais les différentes manipulations que les fils subissent lors des opérations de tissage et de mise en œuvre, les pertes de résistances dues aux entrecroisements de fils qui finissent pas se cisailer entre eux, font que l'efficacité des produits tissés est limitée.

L'amélioration des caractéristiques des fibres de renforcement et l'apparition notamment des fibres à haut module d'élasticité : carbone, graphite, bore, etc. pose à nouveau les questions de la facilité de mise en œuvre et de l'efficacité pour l'utilisateur.

A) La fibre de carbone

Depuis 10 ans, l'intérêt des fibres de carbone à module élevé n'a cessé de grandir. Et c'est avec optimisme que l'on envisage l'avenir des matériaux composites employant ce nouveau renforcement. Le marché des matériaux composites renforcés de fibres de verre est bien établi. Sa progression est environ de 15 à 20% par an dans les pays industriels. Les efforts réunis des fabricants de fibres de verre et des fournisseurs de résines ont permis d'obtenir de nombreux renseignements et des données techniques sur la technologie des fibres de verre, ce qui permet aux ingénieurs de les utiliser avec confiance dans la plupart des matériaux composites.

La possibilité de fabriquer des structures en employant en même temps des fibres de carbone est intéressante relativement au coût, à la résistance aux ultraviolets, et pour les excellentes caractéristiques techniques.

TABLEAU I

Comparaison des propriétés des fibres de verre et des fibres de carbone.		
	Fibre de verre verre « E »	Fibre de carbone « module élevé »
Poids spécifique	2,54	2,00
Résistance en traction GN/m ²	1,7 - 1,9	1,8 - 1,9
Module d'Young GN/m ²	65	400
Pourcentage de contrainte ultime	3,0	0,5
Expansion thermique à 100°C « C ⁻¹ x 10 ⁶ »	10	- 1,2

Comparaison des renforcements :

Le tableau I montre une comparaison de certaines propriétés des fibres de carbone et des fibres de verre.

La différence la plus importante entre les fibres de verre et les fibres de carbone est leur module qui varie de 3,5 à 5,5 et même plus. Si nous comparons la rigidité spécifique, la différence est de 5,8 ou plus. Les fibres de carbone de module élevé sont spécifiquement sept fois plus rigides que l'acier.

En ce qui concerne la résistance à la traction, certaines fibres de verre peuvent avoir une plus grande résistance que les fibres de carbone courantes. L'allongement final relatif des fibres est sans doute la différence la plus importante.

Comparaison des propriétés des matériaux composites :

Dans un matériau composite, les qualités qui importent ne sont pas celles de la fibre qui le renforce, mais ses propres qualités.

Le tableau II compare certaines propriétés des fibres de carbone et des fibres de verre en se servant comme base de comparaison d'éléments comportant 60% en volume de fibres disposées à un axe dans un système conventionnel de résine époxy.

Rigidité :

Un exemple qui sera certainement très intéressant dans l'avenir est celui de l'utilisation de poutres de section « I » ou rectangulaire pour la construction de ponts ou de poutres pour toitures. Le tableau III donne les indications comparatives entre les poutres en fibres de carbone à un axe et les poutres d'acier. Le tableau indique les flexions au centre dues uniquement au propre poids de la poutre.

B) La fibre de bore et de carbure de silicium

Les fibres de bore et de carbure de silicium ont en commun la méthode d'élaboration et le mode d'exploitation des essais mécaniques.

TABLEAU II

Comparaison des propriétés de structures composites unidirectionnelles en verre et en carbone		
	Fibre de verre	Fibre de carbone
	60% en poids de résine époxy	60% en poids de résine époxy
Résistance en traction GN/m ²	1,1 - 1,4	1,1 - 1,3
Module de tension GN/m ²	42,0	200
Pourcentage de contrainte ultime	1,1 - 1,2	1,2 - 1,4
Module de flexion GN/m ²	42,0	200
Expansion thermique 100°C °C ⁻¹ x 10 ⁶		
parallèle à l'axe des fibres :	10,0	- 1,2
perpendiculaire à l'axe des fibres :	10,0	49,5
Conductivité thermique K W/m ¹ /°C ⁻¹		
parallèle à l'axe des fibres :	0,50	64,9
perpendiculaire à l'axe des fibres :	0,50	1,38

TABLEAU III

Comparaison des poutres renforcées d'acier et de fibre de carbone		
	Poids total	Fléchissement au milieu
Poutre d'acier I 6" x 3½" 20 pi. de portée	105 kg	0.0649 po.
Poutre d'acier I 8" x 4" 30 pi. de portée	255 kg	0.1871 po.
Poutre d'acier 6" x 3" x ¼" 20 pi. de portée	143 kg	0.0917 po.
Poutre d'acier 8" x 4" x ¼" 30 pi. de portée	291 kg	0.2498 po.
Poutre I en fibres de carbone 6" x 3½" 20 pi. de portée	26,5 kg	0.0178 po.
Poutre I en fibres de carbone 6" x 3½" 30 pi. de portée	39 kg	0.0524 po.
Poutre I en fibres de carbone 8" x 4" 30 pi. de portée	58,5 kg	0.0515 po.
Poutre en fibres de carbone 6" x 3" x ¼" 20 pi. de portée	33 kg	0.0249 po.
Poutre en fibres de carbone 8" x 4" x ¼" 30 pi. de portée	39 kg	0.0524 po.

Ces fibres sont obtenues par un dépôt en phase gazeuse sur un substrat chaud. Le dépôt s'effectue sur un fil de tungstène. Après obtention le fil est enroulé sur une bobine. Le diamètre final est de l'ordre de 100, la longueur étant égale à plusieurs milliers de mètres.

Les caractéristiques mécaniques de ces filaments sont principalement obtenues à l'aide d'essais de traction. Les courbes contraintes-allongement sont rigoureusement linéaires, mettant en évidence un comportement strictement élastique. Des mesures au cathétomètre donnent une valeur égale à 40,000 hbars pour les filaments de bore et de 45,000 hbars pour les filaments de carbure de silicium.

Les filaments de bore conservent de bonnes propriétés jusqu'à 400°C. La résistance à la rupture chute ensuite entre 400°C et 600°C.

Au contraire les caractéristiques mécaniques des filaments de silicium varient peu jusqu'à 1000°C, cette température étant la température maximale d'essai.

En vue de leur incorporation dans une matrice, les caractéristiques à retenir pour le choix d'une fibre sont en premier lieu les propriétés mécaniques ; rappelons que le module d'Young des fibres de bore est 5 fois plus élevé que celui des fibres de verre.


Mais le choix de ces fibres doit également tenir compte de leur stabilité thermique et de leur compatibilité vis-à-vis d'une matrice :

— Les filaments de carbure de silicium possédant une grande stabilité thermique sont destinés plus particulièrement à être incorporés dans une matrice métallique ; les filaments de bore, moins stables à chaud mais de densité plus faible ($d = 2,7$ au lieu de 3,2), sont généralement incorporés dans des matrices de résine.

Conclusion

Depuis quelques années, l'utilisation de matières plastiques a augmenté à un rythme constant et rapide, malgré le manque d'informations techniques sur ce matériau. On l'a surtout utilisée sous forme d'habillage ou de coquille de revêtement, puisqu'elle peut prendre d'innombrables formes et que sa production dimensionnelle est facile. Dans certains cas, de plus, on s'en est servi pour imiter ou simuler un produit traditionnel (bois incrusté, composante de meubles).

Grâce à ces premiers succès des matières plastiques, il a été possible d'envisager la réalisation de composants particulièrement complexes comme ceux qui entrent dans la formation de certaines structures. Cependant, le potentiel de ce matériau n'a été qu'effleuré.

La variété d'applications réalisées a permis de préciser les défauts et les avantages des plastiques et, s'il n'en tient qu'à l'architecte et l'ingénieur, l'avenir s'annonce prometteur, ces derniers étant continuellement à la recherche de solutions différentes, nouvelles et améliorées. 

RÉFÉRENCES

1. John H. MALLISSON, *Chemical Plant Design with Reinforced Plastics*, Mc Graw-Hill Book Company.
2. A. DE DANI, *Plastiques renforcés aux fibres de verre*, Eyrolles 1966
3. MOHR, OLESSKY, MEYER, SHOOK, *S.P.I. Handbook of Technology and Engineering of Reinforced Plastics Composites*, Edition Van Nostrand Reinhold Company.
4. Eric BAER, *Engineering Design for Plastics*, Van Nostrand Reinhold Company
5. *Reinforced Plastics the Revolution of 1976*, 31st Annual Conference 1976, The Society of Plastics Industry Inc.
6. *Discover Reinforced Plastics*, 32nd Annual Conference 1977, The Society of Plastics Industry Inc.
7. *Reinforced Plastics Contact 1978*, 33rd Annual Conference 1978, The Society of Plastics Industry Inc.
8. *Reinforcing the Future*, 34th Annual Conference 1979, The Society of Plastics Industry Inc.
9. *Rising to the challenge*, 35th Annual Conference 1980, The Society of Plastics Industry Inc.

+GF+

Une grande expérience

ROBINETTERIE EN MATIÈRE PLASTIQUE

G+F une marque de commerce U.S. depuis 1915.



+GF+
ROBINET COMPACT
intégralement moulé.
De 1/2" à 2"
Pression d'utilisation maximum 150 PSI
• corps du robinet en PVC
• sièges en teflon
• joints en buna N



Robinet à bille avec servo-mécanisme électrique
3/8" à 2"



Soupape de retenue à bille
3/8" à 3"



Robinet à bille à trois voies
3/8" à 1-1/4"



Robinet de dosage à bille avec cadran
3/8" à 1/2"



Robinet à bille avec double cotes de montage
3/8" à 3"



Robinet à bille avec servo-mécanisme pneumatique
3/8" à 2"



EQUIPEMENTS DE
Contrôle Davis
LIMITÉE
165 RUE RICHER VILLE ST-PIERRE LACHINE QUÉBEC H8R 1R4
MONTREAL 514/481-7765
Ainsi que dans d'autres principales villes canadiennes

Chiffrage facile



Les indicateurs de la série 600 CalComp sont précis à $\pm 0,1$ mm avec une résolution de 0,025 mm. La version de base et la version plus perfectionnée (à menu à 5-4 blocs) sont toutes deux offertes en 6 formats de surface de travail pour matériaux réfléchissants, transparents et projetés. Grand choix d'interfaces et de dispositifs périphériques. Demandez les détails à: CalComp, 100, route Alexis-Nihon, Porte 875, Saint-Laurent, Québec H4M 2P4, (514)744-6455.

CALCOMP

0-8F-80

Traceurs de courbes électrostatiques



Les traceurs électrostatiques de la série 5000 CalComp produisent des graphiques sur papier rigide à partir de données traitées à l'ordinateur à très grandes vitesses. Leur capacité d'impression, jusqu'à 1625 lignes par minute, peut être ajoutée. Résolution de 100 ou 200 points par pouce, au choix. Ensembles d'interfaces considérables de programmation et de matériel. Demandez les détails à: CalComp, 100, route Alexis-Nihon, Porte 875, Saint-Laurent, Québec H4M 2P4, (514)744-6455.

CALCOMP

0-7F-80

Le traceur de votre choix!



Quels résultats attendez-vous de votre traceur à votre bureau? L'un de ces traceurs à tambour CalComp saura répondre à vos exigences.

Les appareils CalComp offrent tous des commandes à microprocesseur précises, un entraînement par moteur asservi de tension continue, la graduation par valeurs de 0,002 po et un fonctionnement en toute douceur et propreté. Les différences:

- | | | |
|------|-------------|--------------|
| 1037 | 2 po/sec. | stylo unique |
| 1038 | 4,5 po/sec. | stylo unique |
| 1039 | 4,5 po/sec. | trois stylos |

CalComp... la plus vaste gamme de traceurs numériques au monde. Pour plus de précisions, communiquer avec CalComp, 100, route Alexis-Nihon, Porte 875, Saint-Laurent, Québec H4M 2P4, (514) 744-6455.

CALCOMP

0-6F-80

Accélérez!



Si vous faut accélérer vitesse et rendement, le modèle 1055 CalComp vous offre 36" de large, une vitesse de 30 po/s, une accélération de 4G, un temps de descente de pointe de 10MS. Si c'est plus que ce dont vous avez besoin pour le moment, le modèle 1051 CalComp vous donne la même commodité de 4 pointes d'écriture et la qualité de production à 10 po/s, avec possibilité d'accélérer à 30 po/s si nécessaire. CalComp offre la plus grande gamme de traceurs de courbes numériques au monde. Demandez les détails à: CalComp, 100, route Alexis-Nihon, Porte 875, Saint-Laurent, Québec H4M 2P4, (514) 744-6455.

CALCOMP

0-5F-80

LES POLYURÉTHANNES

Jean-Michel Charrier, ing. *

Résumé

Les polyuréthannes forment un immense groupe de matériaux polymériques dont une caractéristique commune est la présence de groupes de type uréthane dans leur structure moléculaire. Ces matériaux peuvent être produits sous forme de thermoplastiques et mis en œuvre avec l'équipement classique des thermoplastiques, ou ils peuvent être fournis sous la forme de produits réactifs, la mise en œuvre impliquant alors des réactions chimiques de polymérisation et de réticulation. Le second type se prête alors particulièrement bien à la fabrication d'objets cellulaires ou renforcés. C'est la variété des techniques de mise en œuvre et des applications qui fait des polyuréthannes un groupe en expansion particulièrement rapide au sein des polymères.

Introduction

La chimie des isocyanates, le composant essentiel de tout système polyuréthane a débuté avec les travaux de Wurtz en 1849, mais il semble que ce soit la prise de brevets sur la famille des nylons aux États-Unis dans les années 30 qui ait poussé en particulier Bayer, en Allemagne, à étudier et à développer d'autres familles dont celle des polyuréthannes. Dès le début des années 40, des fibres et des produits cellulaires basés sur les polyuréthannes étaient utilisés en Allemagne.

Au point de vue volume, les polyuréthannes n'occupent qu'une part relativement modeste du marché des plastiques et caoutchoucs, mais l'immense variété de

leurs méthodes de mise en œuvre et de leurs applications ainsi que leur taux de croissance sont sans doute les plus importants de l'industrie. Les considérations énergétiques accéléreront sans doute la croissance des types réactionnels qui permettent d'éliminer le processus de chauffage des thermoplastiques, thermodurcissables et caoutchoucs classiques et de réduire la consommation d'énergie mécanique des machines de transformation.

Dans la suite de cet article, nous introduirons les principes chimiques de formation de ces matériaux qui peuvent couvrir la majeure partie de la gamme connue des matériaux polymériques aussi bien au point de vue de la mise en œuvre que des applications.

Rappel sur les classes de polymères

Avant de discuter plus en détail de la grande famille des matériaux polymériques de type polyuréthane, il est bon de faire un rappel sur la classification des matériaux polymériques en classes distinctes (thermoplastiques, thermodurcissables et caoutchoucs) possédant certaines caractéristiques structurelles communes qui confèrent aux membres d'une même classe des similarités importantes de comportement. On peut en effet trouver des polyuréthannes dans chacune des trois classes.

Les *thermoplastiques*, tout d'abord, sont constitués de longues chaînes polymériques indépendantes, c'est-à-dire non liées entre elles par des liaisons chimiques. Ces chaînes indépendantes formées d'une succession d'unités monomériques comportent parfois des ramifications ou branches résultant de la polymérisation; l'absence de branches correspond à des chaînes dites purement linéaires (figure 1). La constitution chimique, en particulier les groupes latéraux ou la régularité de certaines chaînes, permet parfois le développement d'un certain degré de cristallinité au-dessous d'une certaine température dite température de fusion cristalline T_m . Le polymère est alors cristallisable et la tem-

* *M. Jean-Michel Charrier est professeur au département de génie chimique de l'Université McGill depuis 1969. Il a reçu son diplôme d'ingénieur de l'E.N.S. des Arts et Métiers en France, puis une maîtrise et un doctorat de l'Institut de Science des Polymères à Akron. Ses domaines d'enseignement et de recherche concernent les propriétés et la mise en œuvre des systèmes polymériques et comprennent les plastiques, les caoutchoucs et les composites. Ses sujets de recherche principaux sont présentement les caoutchoucs cellulaires et les thermoplastiques chargés de fibre de verre. M. Charrier s'intéresse particulièrement au développement de la communication et de la compréhension entre les enseignants et le personnel industriel pour le bénéfice de l'industrie des plastiques. Il a récemment passé un congé sabbatique en Europe dans des industries reliées aux polymères.*

pérature T_m correspond à un durcissement plus ou moins marqué au refroidissement. Tous les thermoplastiques, qu'ils soient cristallisables ou non, deviennent très rigides au-dessous d'une température dite température de transition vitreuse T_g qui est propre à chaque polymère et correspond à la cessation quasi-complète de toute agitation moléculaire des chaînes. Dans le cas des thermoplastiques cristallisables, la transition vitreuse est souvent masquée par le niveau de rigidité résultant de la cristallinité. À titre d'exemple, un polyéthylène cristallisable correspond à $T_m \approx 120^\circ\text{C}$ et $T_g \approx 110^\circ\text{C}$ tandis qu'un polystyrène non cristallisable correspond à $T_g \approx 100^\circ\text{C}$. La mise en œuvre des thermoplastiques se fait normalement par chauffage à des températures de l'ordre de 100 à 250°C (supérieures à T_m ou T_g) suivies du formage à l'état fluide (extrusion, injection, soufflage, etc.) puis du refroidissement dans la configuration finale. Le thermoplastique brut avant transformation est sous forme de granulés ou de poudre et le transformateur n'est normalement pas confronté à des problèmes de nature chimique.

Les matériaux polymériques dits *thermodurcissables* ont aussi une structure polymérique basée sur des unités monomériques, mais on a alors un réseau tridimensionnel où toutes les unités monomériques appartiennent en fait à une seule molécule gigantesque qui constitue le réseau (voir figure 1). On qualifie parfois

ces matériaux du terme polymères réticulés avec l'implication que le degré de réticulation est élevé, ce qui correspond à un réseau serré. Les thermodurcissables sont normalement produits à partir de petites molécules qui réagissent entre elles sous l'effet de la chaleur ou de catalyseurs, pour former un solide réticulé dont la rigidité augmente avec le degré de réticulation (courtes chaînes entre les points de réticulation). Du fait des liaisons chimiques liant toutes les parties du réseau, on ne peut plus conférer au produit réticulé un comportement fluide en augmentant sa température, et il est donc nécessaire de le réticuler sous sa forme finale, en général par un procédé de moulage par coulage, compression ou injection à des températures variées selon que le processus de réticulation est déclenché par effet thermique ou catalytique. Les produits bruts sont en général sous forme de poudre ou de liquide et le transformateur est confronté avec des problèmes de réaction chimique.

On regroupe parfois sous le terme *caoutchouc* des matériaux polymériques qui s'apparentent aux thermoplastiques avant leur transformation, c'est-à-dire qui sont alors constitués de longues chaînes indépendantes. Ils subissent ensuite un pontage avec l'aide d'agents chimiques appropriés pour créer un petit nombre de liaisons chimiques entre chaînes, généralement au niveau de groupes $C = C$, qui conduisent à un réseau lâche à faible degré de réticulation (voir figure 1). Les

Figure 1. Représentation schématique de la structure moléculaire des polymères

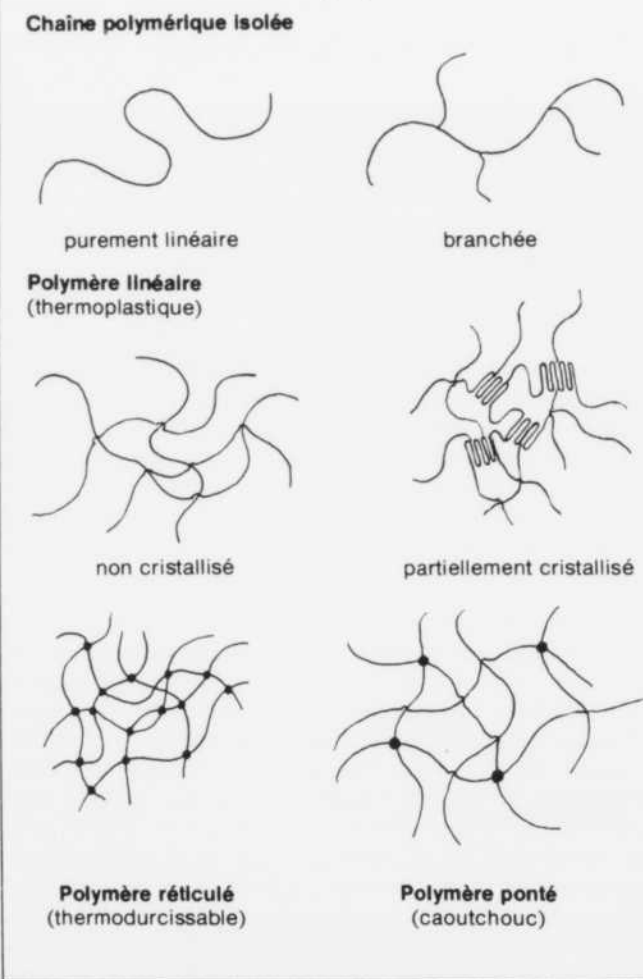
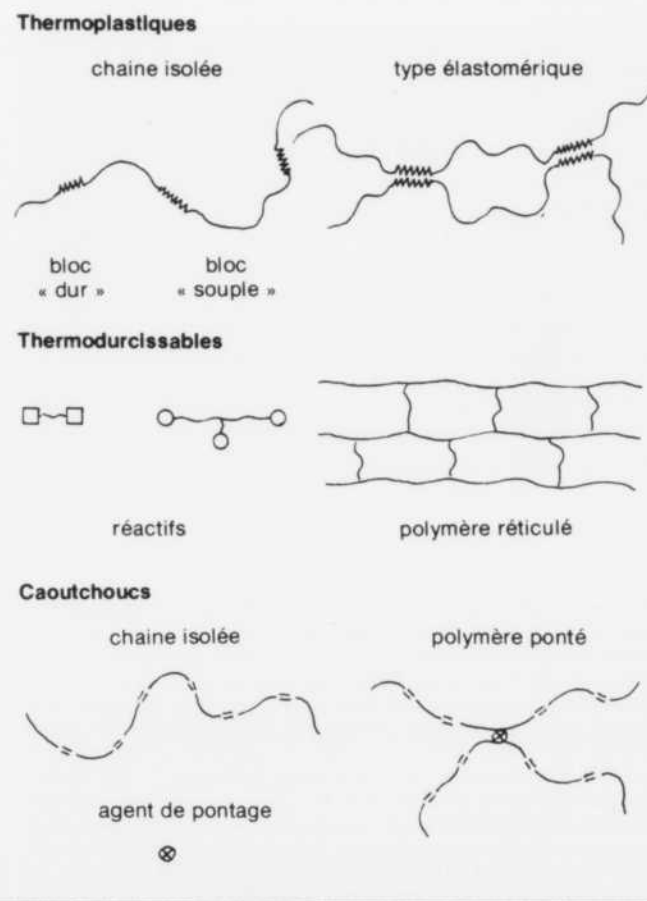


Figure 2. Représentation schématique de la structure moléculaire des polyuréthanes thermoplastiques, thermodurcissables et caoutchoutiques



longues chaînes entre les points de pontage ne doivent pas être susceptibles de cristalliser facilement et leur température de transition vitreuse T_g doit être inférieure à la température d'utilisation. On a alors un caoutchouc, matériau élastomérique résistant bien au fluage. La mise en forme des caoutchoucs par extrusion, compression, injection, etc., doit être suivie de leur vulcanisation, c'est-à-dire la formation du pontage à des températures élevées (150-200°F). Les produits bruts sont d'une part le polymère non vulcanisé et d'autre part des produits solides en poudre dont l'incorporation est grande consommatrice d'énergie.

Principes chimiques de formation des polyuréthannes

Le point commun des polymères dits polyuréthannes, qui peuvent faire partie de chacune des classes de polymères passés en revue dans la section précédente, est la présence régulière dans les chaînes, en nombre qui peut être très variable, de groupes chimiques uréthane résultant de la réaction très facile entre un groupe isocyanate-NCO et un groupe hydroxyle-OH donneur d'hydrogène tel que rencontré dans un alcool (voir tableau I). Cette réaction est à l'origine, d'une manière quelque peu impropre, du nom générique de la famille des polyuréthannes. La réactivité du groupe isocyanate envers l'atome d'hydrogène d'autres donneurs d'hydrogène peut être également très forte, et il faut noter que dans la chimie des matériaux polymériques dits polyuréthannes de nombreuses réactions telles que celles décrites dans le tableau I peuvent intervenir simultanément. Les polyuréthannes pourraient donc mieux se décrire comme les polymères basés sur la réactivité des isocyanates avec des donneurs d'hydrogène.

Alors que la réaction d'une molécule d'isocyanate avec une molécule d'alcool donne une molécule résiduelle non réactive dite uréthane, la réaction de molécules bifonctionnelles (diisocyanate et glycol) peut conduire à une chaîne linéaire, tandis qu'un réseau tridimensionnel peut être obtenu si la fonctionnalité est supérieure à 2 (voir figure 2).

Le diisocyanate le plus fréquemment utilisé dans l'industrie est appelé TDI (voir tableau II). Le second réactif donneur d'hydrogène est fréquemment un polyester ou un polyéther de masse moléculaire variable (300 à 5000) terminé à chacune de ses extrémités par des groupes hydroxyle. Des hydrocarbures polymériques non saturés terminés par des groupes hydroxyle sont utilisés si des sites réactifs (C=C) sont requis pour une éventuelle vulcanisation de type caoutchoutique (voir exemples dans le tableau II). La présence de groupes hydroxyle supplémentaires sur les chaînes peut conduire à une réticulation. Les réactifs contenant des groupes hydroxyle sont généralement appelés polyols. Des amines bi ou trifonctionnelles sont fréquemment utilisées comme donneurs d'hydrogène secondaire, en particulier pour des extensions de chaîne ou des réticulations (voir exemple dans le tableau II).

Les vitesses relatives des réactions qui peuvent se produire ont une grande influence sur la structure et par conséquent sur les propriétés du matériau obtenu. On peut contrôler ces effets en jouant sur la température et un utilisant des catalyseurs sélectifs appropriés.

TABLEAU I

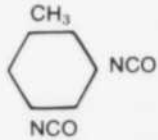
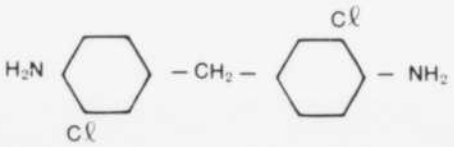
Exemples de réactions de la chimie des polyuréthannes	
Isocyanate + hydroxyle (R-NCO) (R-OH)	→ uréthane
$R-N=C=O + H-O-R' \rightarrow R-N-\overset{\overset{H}{ }}{C}(\overset{\overset{O}{ }}{O})-O-R'$	
Isocyanate + amine (R-NCO) (R-NH ₂)	→ urée
$R-N=C=O + H-\overset{\overset{H}{ }}{N}-R' \rightarrow R-N-\overset{\overset{H}{ }}{C}(\overset{\overset{O}{ }}{O})-\overset{\overset{H}{ }}{N}-R'$	
Isocyanate + eau (R-NCO) (H ₂ O)	→ amine + gaz carbonique (R-NH ₂) (CO ₂)
$R-N=C=O + H-\overset{\overset{H}{ }}{O} \rightarrow R-\overset{\overset{H}{ }}{N}-H + O=C=O$	
Autres réactions	
Isocyanate + uréthane → allophanate	
Isocyanate + urée → biuret	

Polyuréthannes élastomériques

Les élastomères sont caractérisés par un faible module d'élasticité et la capacité de subir des grandes déformations de façon réversible. Les élastomères polyuréthane possèdent les propriétés générales des polyuréthannes : gamme de dureté, résistance à la traction, au déchirement, à l'abrasion, aux huiles, essence, solvants et microorganismes ; l'adhérence à d'autres matériaux peut être excellente. Les élastomères polyuréthane peuvent être obtenus et mis en œuvre de façons très diverses. On les retrouve ainsi dans la classe des thermoplastiques, dans celle des thermodurcissables et dans celle des caoutchoucs.

Les polyuréthannes thermoplastiques sont des polymères linéaires, dont chaque molécule comporte une alternance de groupes uréthane capables de s'associer avec des groupes identiques d'autres molécules pour former des liaisons physiques stables à basse température, et d'autres groupes plus nombreux qui n'ont qu'un caractère élastomérique. Les premiers blocs ou segments sont dits « durs », et les seconds sont dits

TABLEAU II

Exemples de réactifs de la chimie des polyuréthanes	
ISOCYANATE	
Diisocyanate de toluène 2,4 (TDI)	
POLYOLS	
Polyester	$\text{HO} - \left[\text{(CH}_2\text{)}_4 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O} - \text{(CH}_2\text{)}_2 \right] - \text{OH}$ <p>acide adipique/glycol d'éthylène</p>
Polyéther	$\text{HO} - \left[\text{(CH}_2\text{)}_4 - \text{O} \right] - \text{OH}$ <p>glycol de butylène</p>
Hydrocarbure insaturé	$\text{HO} - \left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right] - \text{OH}$ <p>butadiène</p>
AMINES	
Bis-ortho-chloroaniline de méthylène 4,4' (MOCA)	

« souples » (voir figure 2). À basse température, les associations de blocs « durs » forment l'équivalent pour les caoutchoucs conventionnels de pontages ou de charges renforçantes. À des températures de mise en œuvre thermoplastique, les associations des blocs « durs » n'existent plus et toutes les chaînes sont indépendantes formant un fluide ou un plastique. La proportion de blocs « durs » ou « mous » détermine la dureté de l'élastomère. Ces élastomères thermoplastiques peuvent être mis en œuvre par toutes les techniques propres aux thermoplastiques (injection, extrusion, soufflage, thermoformage, soudage à chaud, etc.). Des solvants appropriés peuvent aussi dissocier les blocs « durs », permettant de préparer des solutions convenant pour des revêtements ou colles. Un cas particulier intéressant est celui où un film contenant un solvant organique approprié est converti, par passage dans un bain d'eau qui déplace le solvant, en un film poreux présentant un des avantages du cuir naturel, celui d'être perméable à l'humidité. Un autre cas un peu semblable est celui des fils élastomériques de type spandex ; alors que les fils élastomériques en caoutchouc conventionnel sont souvent produits par découpage de feuilles vulcanisées, avec un polyuréthane thermoplastique, une technique de production de filament dite par voie humide peut être employée où le polymère en solution, extrudé dans un solvant approprié, pré-



Figure 3 — Remplissage du moule d'un coussin d'automobile.



Figure 4 — Démoulage du même coussin.

cipite au passage dans un bac d'eau dans laquelle il est insoluble.

Les polyuréthannes de type thermodurcissable ou réactif pour mise en œuvre par moulage peuvent être très utiles, particulièrement dans le cas de grandes pièces, de petites séries ou de prototypes. Deux principes de mise en œuvre sont utilisés. Pour la coulée directe, un mélange isocyanate, polyol et amine est utilisé, mais le choix judicieux de catalyseurs est très critique pour obtenir l'équilibre souhaité entre les processus de polymérisation et de pontage. Dans le cas du passage par un prépolymère, on forme des molécules polymériques terminées par des groupes isocyanates qui réagissent avec un mélange polyol-amine de bas poids moléculaire pour former le pontage requis ; cette seconde méthode est en général accompagnée d'une cuisson et parfois d'un recuit.

Les polyuréthannes propres au mélange et à la vulcanisation conventionnels des caoutchoucs sont des molécules linéaires d'assez haut poids moléculaire, obtenues par réaction entre un diisocyanate et un polyol avec un excès de polyol afin de s'assurer qu'il ne subsiste pas de groupes isocyanate. Lorsque les molécules contiennent des sites appropriés (C = C) la vulcanisation au soufre est possible, sinon il faut avoir recours aux peroxydes.

Les élastomères polyuréthane basés sur des polyesters ont généralement une meilleure résistance mécanique et une meilleure résistance aux huiles, essences et solvants, tandis que ceux basés sur des polyéthers résistent mieux aux atmosphères humides, surtout à haute température ; comme on l'a vu dans les principes chimiques, les polyuréthannes basés sur des hydrocarbures polymériques non saturés se prêtent facilement à la vulcanisation conventionnelle. Des exemples d'utilisation sont donnés dans les tableaux III et V.

Polyuréthannes cellulaires

Les polyuréthannes de type réactif se prêtent particulièrement bien à la formation de produits cellulaires ou expansés ou encore des mousses. Ces produits sont constitués d'une matrice continue de polyuréthane dans laquelle sont dispersées des cellules gazeuses. Les applications sont principalement de trois types : thermique (isolation), structurale (rigidité) et amortissement (souple) (voir tableau IV).

Les produits polymériques cellulaires peuvent être classés de bien des façons : par leurs applications, tel qu'indiqué plus haut, par la rigidité de leurs matrices (mousses rigides, mousses souples), par la densité ou compacité de la mousse, par la structure du produit (cellules communicantes ou indépendantes, etc.).

Comme on l'a déjà vu, les matrices rigides de polyuréthane correspondent à un réseau moléculaire très serré tandis que les matrices souples ou élastomériques possèdent des chaînes assez longues entre points de réticulation, et sont produites à partir de polyols de poids moléculaire assez élevé.

La formation des cellules gazeuses se produit en même temps que la polymérisation et la réticulation de la matrice et les cinétiques de ces deux processus doi-

TABLEAU III

Exemples d'applications de polyuréthannes thermoplastiques et thermodurcissables

POLYURÉTHANNES THERMOPLASTIQUES	POLYURÉTHANNES THERMODURCISSABLES ET CAOUTCHOUCS
Engrenages, roues dentées	Protecteurs de quais
Gaines de câbles et tuyaux	Amortisseurs de chocs, butoirs
Joints hydrauliques	Pièces prototypes
Chaussures ski, patinage	Éléments souples coulés sur place
Accouplements mécaniques souples	Rouleaux d'imprimerie
Fils élastiques textiles	Cylindres de pâte et papier
Films d'étanchéité	Isolants électriques
Colles	Base pour composants électroniques
Produits de calfeutrage	Liants pour carburants solides de fusées
Canalisations d'essence flexibles	Pièces de carrosserie automobile

vent être soigneusement contrôlées pour obtenir la structure voulue. Le gaz est produit soit par réaction chimique (dans le cas des polyuréthannes, de l'eau peut réagir avec un excès d'isocyanate pour produire du gaz carbonique), soit par voie physique (un agent de gonflement liquide à bas point d'ébullition tel qu'un fréon est mélangé à la résine liquide et se vaporise lorsque la température augmente durant les réactions exothermiques de polymérisation et réticulation). Il est à noter que l'usage d'agents tensio-actifs, généralement à base de silicone, est le plus souvent nécessaire et joue un rôle très important dans la formation de la structure cellulaire.

Pour l'isolation thermique, on cherche en général une matrice polyuréthane rigide, une faible densité et des cellules indépendantes remplies d'un gaz peu conducteur tel que le fréon. Pour les applications structurales, la densité est souvent plus élevée pour augmenter la rigidité générale ; l'agent chimique de gonflement peut être simplement de l'eau et il peut être souhaitable d'avoir des cellules communicantes, particulièrement si l'on doit absorber d'éventuels chocs. Pour les applications d'amortissement de type souple, la réversibilité à moyen terme est nécessaire et est fournie par une matrice élastomérique ; l'amortissement à court terme provient en grande partie de l'écoulement d'air dans le matériau dont les cellules doivent être communicantes.

Le système chimique doit aussi être adapté au procédé de mise en œuvre des mousses. Dans le cas des

TABLEAU IV

Exemples d'applications de polyuréthannes cellulaires

MOUSSES POLYURÉTHANNES RIGIDES	MOUSSES POLYURÉTHANNES SOUPLES
Isolation de toits et planchers	Semelles de chaussures
Panneaux de murs rideaux	Coussins de meubles
Maisons mobiles	Coussins de véhicules
Isolation de pipelines	Dessous de tapis
Réfrigérateurs et congélateurs	Matelas
Wagons et bateaux réfrigérants	Panneaux antichocs d'automobile
Panneaux et éléments de meubles	Bandes d'humidificateurs
Structures de fauteuils	Selles de motocyclettes ou motoneiges
Emballages protecteurs	Éponges
Éléments de flottaison	
Talons de chaussures	
Isolants acoustiques	

mousses isolantes rigides par exemple, trois cas peuvent être considérés. La fabrication en usine de panneaux ou de blocs uniformes peut être mise au point et contrôlée avec grand soin ; le remplissage sur chantier d'espaces creux peut nécessiter une réaction assez lente pour permettre à la résine liquide d'atteindre des parties éloignées et pour éviter une augmentation excessive de la température. La pulvérisation ou giclage sur des surfaces telles que des toits ou des murs exige une réaction très rapide pour éviter des coulées et assurer une épaisseur uniforme. Dans les deux derniers cas, méthode et équipement doivent être relativement simples.

Il est à noter que les polyuréthannes se prêtent très bien à la formation de mousses moulées à peau intégrée qui requièrent cependant une formulation et des précautions spéciales. Lorsque la matrice polyuréthane est rigide et la densité est assez élevée, on obtient des pièces moulées pouvant imiter le bois ; avec une matrice élastomérique on peut obtenir par simple moulage des produits finis tels que selles de motos, etc.

Polyuréthannes thermoplastiques rigides ou semi-rigides

Le principe de production des matières sous forme de poudre ou granules est le même que celui décrit pour



Figure 5 – Un des usages des mousses polyuréthannes rigides : fauteuil moulé.

les élastomères thermoplastiques mais on a ici une fraction importante des chaînes linéaires susceptibles d'association ou de cristallisation. Ces polyuréthannes ont des propriétés assez semblables à celles des nylons qu'ils surpassent nettement au chapitre de la résistance à l'abrasion ; ils sont donc largement utilisés pour des articles de sport ou des pièces industrielles (voir exemples, Tableaux III et V). On peut formuler des polyuréthannes pour la fabrication de fibres textiles qui rivalisent assez bien avec les nylons ou polyesters et qui, en fait, ont compté parmi les premières applications des polyuréthannes.

Polyuréthannes thermodurcissables rigides ou semi-rigides

On a vu que ces matériaux peuvent être formés par la réaction d'un diisocyanate avec un polyol de bas poids moléculaire en présence d'amines multifonctionnelles afin de promouvoir la formation d'un réseau moléculaire serré, condition d'un matériau rigide. La réaction peut se faire à basse ou moyenne température et les retraits peuvent alors être réduits. L'utilisation d'un léger gonflement par du gaz carbonique provenant de la réaction d'isocyanate avec de très faibles quantités d'eau peut favoriser un bon état de surface sans nécessiter de fortes pressions. Le bas poids moléculaire, donc la faible viscosité de la résine non réticulée, permet un écoulement facile dans des moules très grands et de faible épaisseur et permet aussi la combinaison facile avec des fibres de verre de bonne longueur. Toutes ces considérations indiquent le succès que connaissent les premières applications du moulage par injection avec réaction (MIR ou RIM), qui fournit déjà des pièces de carrosserie automobile telles que les panneaux-calandre avant et qui très bientôt permettra de remplacer des éléments de tôle comme les ailes.

TABLEAU V

Exemples d'applications variées de polyuréthannes

REVÊTEMENTS POLYURÉTHANNE	COLLES POLYURÉTHANNE
Enduction de tissus	Colles en solution
Simili cuir	Colles de contact
Cuir synthétique	Colles à pression
Protection de surfaces optiques	Colles à chaud thermoplas- tiques
Vernis et peintures extérieurs et intérieurs	Colles à chaud réactives
Revêtement de sol intérieur	Colles souples à élastomères
Pistes et terrains sportifs artificiels	FILMS POLYURÉTHANNE
Revêtements métalliques industriels	Voiles souples coupe-vapeur
Revêtements marins	Réservoirs souples de carburant
Gainage de pipelines et tuyaux	Films étanches avec ou sans joints pour sols et toits
Courroies transporteuses	Mousses transparentes d'ameublement
Convoyeurs à vis sans fin	Emballage résistant à l'abrasion
Signalisation routière au sol	Ballons météorologiques
Protection des bétons	

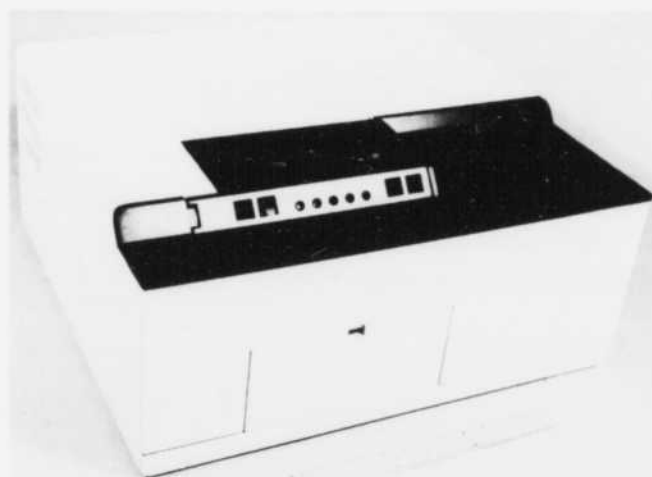


Figure 5 – Exemple de moulage par injection avec réaction (RIM) : structure et habillage d'ordinateur.




Figure 6 – Stade recouvert de mousse polyuréthane rigide isolante.

Un prépolymère contenant une faible proportion de groupes isocyanate actifs peut réagir avec de faibles quantités d'eau pour conduire à une réticulation par une suite de réactions. L'eau peut provenir de l'humidité atmosphérique et le système ne nécessitant qu'un composant est idéal pour des revêtements ; le film doit toutefois être très mince pour permettre à l'eau de pénétrer par diffusion et aux faibles quantités de gaz carbonique produites de s'échapper pour éviter des porosités. (voir Tableau III et V).

Conclusion

Ce rapide tour d'horizon des principes de fabrication et de mise en œuvre des matériaux polymériques de type polyuréthane et de leurs applications principales ne pouvait qu'être superficiel, le domaine étant très vaste et complexe.

Il est bon de souligner que tandis que l'aspect chimique de la fabrication des thermoplastiques est pris en charge par le fournisseur de la résine commerciale, l'utilisateur n'ayant alors qu'à se soucier de problèmes de type physique (écoulement, chaleur, etc.), pour les thermodurcissables et dans une certaine mesure les caoutchoucs, c'est-à-dire les types réactifs, la mise en œuvre implique des réactions chimiques complexes et souvent assez mal connues qui ont une grande importance pour les propriétés finales des produits et qui nécessitent une attention et une compétence chimique spéciales. C'est pourtant dans ce second type que réside sans doute l'avenir le plus brillant des polyuréthanes. 

RÉFÉRENCES

1. J.H. SAUNDERS, K.C. FRISCH, *Polyurethanes : Chemistry and Technology, Part I : Chemistry* (1962), *Part II : Technology* (1964), Interscience, N.Y.
2. P.F. BRUINS ed., *Polyurethane Technology*, Interscience, N.Y. (1969).
3. P. WRIGHT, A.P.C. CUMMING, *Solid Polyurethane Elastomers*, McClaren and Sons, London (1969).
4. E.N. DOYLE, *The Development and Use of Polyurethane Products*, McGraw-Hill, N.Y. (1971).
5. K.C. FRISCH, S.L. REEGEN, *Advances in Urethane Science and Technology*, Vol. 1 (1971) to Vol. 7 (1969), Technomic, Stanford, Conn.

Notices techniques de compagnies telles que BASF, Bayer, B.F. Goorich, Cyanamid, Union Carbide, Uniroyal, Reichold, etc.



avec
mémoire
continue

\$139.⁵⁰

La TI 58C de
Texas Instruments



**Une calculatrice programmable avec mémoire continue
et modules de programmation**

La TI 58C utilise les «modules de programmation», des petits cubes de mémoire contenant jusqu'à 5000 pas de programme. Vous pouvez faire appel en tout temps à un des 25 programmes qui y sont conservés en permanence. La calculatrice est offerte avec le module de base qui comprend des programmes de mathématiques, statistiques, finance, etc...

La TI 58C offre la possibilité d'utiliser un maximum de 480 pas de programme ou de 60 mémoires, avec toutes les combinaisons intermédiaires permises (400 pas et 10 mémoires, 320 pas et 20 mémoires, etc.). De plus, la TI 58C est dotée d'une mémoire permanente qui conserve données et programmes que la calculatrice soit en marche ou non.

La TI 58C par ces nombreuses caractéristiques vous offre une puissance peu commune. Le guide de programmation de 250 pages, offert avec la calculatrice, vous permet de commencer vos propres programmes immédiatement.

Nous avons toute une gamme de produits Texas Instruments : TI 30 : \$21.75, TI 35 : \$32.25, TI 50 : \$48.50, TI 55 : \$48.50, TI 58C : \$139.50, TI 59 : \$339.95, PC-100C : \$235.25, BUSINESS-ANALYST I : \$25.95, BUSINESS-ANALYST II : \$56.50. (Les prix sont sujets à changement sans préavis.)

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



COOPERATIVE ETUDIANTE DE POLYTECHNIQUE

Local C-106
Ecole Polytechnique
Campus de l'Université de Montréal

C.P. 6079, Succ. "A"
Montréal H3C 3A7

TEL : (514) 344 4841



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

Offres d'emploi

Événements à venir

Communiqués

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

Offres d'emploi

**La Compagnie de chauffage
PIERREFONDS Inc.**
est à la recherche d'un

INGÉNIEUR EN MÉCANIQUE DU BÂTIMENT

Fonctions : Être responsable du département d'estimation en ce qui a trait à la mécanique du bâtiment.

Qualifications : Diplômé en génie mécanique/option bâtiment, le candidat devra posséder de 4 à 5 années d'expérience, être bilingue, et connaître les systèmes HVAC dans les domaines résidentiel, commercial et industriel.

Le poste offre un salaire en fonction des qualifications. Lieu de travail : Montréal. Les personnes intéressées sont invitées à soumettre leur candidature en s'adressant à :

*La Compagnie de chauffage
Pierrefonds Inc.
a/s Mme Francine D. Latour
secrétaire administrative
15720 ouest, boul. Gouin
Sainte-Genève, Qué. H9H 1C4
Tél : (514) 626-3913*

BARREAU RECRUTEMENT INC.

recherche, pour deux de ses clients d'envergure internationale œuvrant, l'un dans la fabrication de produits de consommation et l'autre dans celle d'équipement mobile spécialisé, des ingénieurs intermédiaires et séniors :

INGÉNIEURS INDUSTRIELS

Fonctions : Effectuer la conception et l'amélioration de systèmes de chaînes de production, l'agencement d'aires de travail, les études d'efficacité en manutention et en fabrication ainsi que l'analyse des valeurs en ce qui a trait à la conception de pièces pour faciliter l'assemblage et au choix des matériaux pour en diminuer le coût. Le titulaire aura à établir ses plans et objectifs de travail, à concilier et intégrer les facteurs humains, techniques et économiques des projets ; il maintiendra de bonnes relations avec les employés et les cadres et participera à l'achat d'équipement et de la machinerie.

Qualifications : Diplômé en génie industriel et membre en règle de l'OIQ., le candidat devra posséder de 2 à 8 ans d'expérience et vouloir travailler en techniques de génie industriel encore au moins 4 ans.

Le salaire s'échelonne de 25 000 \$ à 36 000\$ selon l'expérience. Lieu de travail : **Montréal**. Les personnes désireuses de poser leur candidature doivent faire parvenir leur curriculum vitae à :

*Barbeau Recrutement Inc.
a/s M. Raymond Barbeau, ing.
2055 rue Peel, suite 155
Montréal, Qué. H3A 1V4
Tél : (514) 288-7641*

Une entreprise de recyclage des métaux, située à Montréal, est à la recherche d'un

INGÉNIEUR SURINTENDANT/FONDERIE

Fonctions : Être responsable du contrôle des procédés, de l'équipe de fonderie, de l'entretien, de l'accomplissement de projets de capitaux et des relations ouvrières-patronales.

Qualifications : Diplômé en génie métallurgique, mécanique ou industriel, le candidat doit avoir acquis de 3 à 5 ans d'expérience dans le milieu industriel. Bilingue, il devra être énergique et capable de diriger une équipe de contremaîtres de fonderie.

(Suite : page 33)

INGÉNIEURS MARITIMES

Pourquoi pas toi?

C'est aussi ce que nous disons, ici au centre de recrutement. Si tu es diplômé en génie, ou/en technologie dans un des domaines reliés à l'électricité, l'électronique, la mécanique ou la physique, nous avons possiblement une carrière enrichissante à t'offrir.

Le GENIE MARITIME c'est une carrière qui se déroule autant sur terre qu'en mer, alors si tu as le goût de l'aventure et des sciences... Bienvenue à bord des Forces armées canadiennes.

Informez-vous sur tous les aspects de cette intéressante opportunité en communiquant avec le centre de recrutement le plus rapproché.

Consultez les pages jaunes sous la rubrique recrutement.

IMBATTABLE LA VIE DANS LES FORCES



LES FORCES
ARMÉES
CANADIENNES



L'INGÉNIEUR MARITIME DES FORCES CANADIENNES



VOGUE SUR TOUTES LES MERS DU MONDE.

Tu peux te forger une carrière intéressante au sein du Commandement maritime des Forces canadiennes. Le Commandement maritime est 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. Il y a un grand choix de carrières: officier des exploitations de terre, officier de génie sur un navire, officier de génie des systèmes de combat ou du développement des projets, conférencier en génie dans des écoles de génie canadiennes et étrangères, gestion des établissements d'essais de génie du Commandement maritime, et beaucoup d'autres. De plus, les ingénieurs maritimes ont l'occasion de poursuivre des études post-universitaires en génie au Canada ou à l'étranger.

Le génie maritime est une carrière intéressante et captivante qui relève les défis du génie moderne, qui t'offre l'occasion de parcourir le monde et qui te permet de servir ton pays avec fierté.

Pour en savoir plus long, communique avec un conseiller du Centre de recrutement local des

Forces canadiennes inscrit dans les pages jaunes sous la rubrique 'Recrutement' ou remplis le coupon et fais-le parvenir à l'adresse indiquée.

Directeur du recrutement et de la sélection
Quartier général de la Défense nationale
Ottawa, Ontario K1A 0K2

J'aimerais en savoir plus long au sujet d'une carrière d'ingénieur maritime dans les Forces canadiennes.

Nom _____

Adresse _____

Ville _____ Prov _____ Code Postal _____

Diplôme détenu _____

2006F

**LES FORCES
ARMÉES
CANADIENNES**



**SI LA VIE
T'INTÉRESSE**

Offres d'emploi (suite)

Le salaire est en fonction des qualifications. Les personnes intéressées à poser leur candidature doivent le faire en envoyant leur curriculum vitae à :

Association des Diplômés
de Polytechnique
a/s Mme Yolande Gingras
C.P. 6079, Succ. « A »
Montréal, Qué. H3C 3A7
Tél : (514) 344-4764

TRIVITEC Inc.

un entrepreneur de la rive sud aimerait joindre à son équipe un

INGÉNIEUR SURINTENDANT DE CHANTIER

Fonctions : Assurer la coordination quotidienne, sur le site, du travail des sous-traitants de façon à respecter l'échéancier des travaux ; remplir toutes les tâches connexes telles que les commandes de matériel, les assemblées de chantier, les rencontres avec les professionnels etc. ; surveiller le déroulement des travaux avec le chargé de projet de Trivitec.

Qualifications : Être diplômé en génie civil (de préférence) et être membre en règle de l'OIQ. Le candidat devra avoir acquis de 3 à 5 ans d'expé-

ce dans des chantiers de construction où se faisaient des travaux en bois et béton ou en acier et béton. De plus, il devra détenir une attestation de cours de sécurité générale en construction.

Ce poste offre un salaire très compétitif en plus d'excellents bénéfices sociaux et d'un compte de dépenses. Les personnes intéressées à soumettre leur candidature doivent envoyer leur curriculum vitae à :

M. Paul Michel Dionne
Trivitec Inc.
Division des projets spéciaux
1584 Chemin du Fer-à-Cheval
Sainte-Julie-de-Verchères, Qué.
JOL 2C0
Tél : 649-1531

À RETENIR

Journée annuelle des Diplômés de Polytechnique

le vendredi 27 mars 1981
Hôtel Le Reine Elizabeth,
Montréal.

Rens. : (514) 344-4764

Événements à venir

CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LA CORROSION

La date : du 6 au 10 avril 1981.
L'endroit : Toronto, Ontario.

L'Association Nationale des Ingénieurs en Corrosion (NACE), tiendra, lors de cette conférence, une exposition conjointe de matériaux et de produits anti-corrosifs : les plus récentes innovations pour le contrôle de la corrosion seront présentées telles que la protection cathodique, la galvanisation, les revêtements, les métaux et les alliages spéciaux, les plastiques, les non-métaux, les inhibiteurs et tout l'appareillage d'analyse et de mesure de la corrosion.

Le Dr Hugh P. Godard inaugurera la conférence avec un exposé traitant des comportements de l'aluminium en milieux corrosifs.

Pour plus de renseignements, communiquez avec :

Coordonnateur de la conférence
NACE
P.O. Box 218340
Houston, Texas 77218
Tél : (713) 492-0535
Montréal : M. J.J. Lamoureux
(514) 282-9650

S

GÉNIE — PRODUCTION

DIRECTEUR D'USINE

\$45,000 + Bonis + Auto

Une importante société manufacturière canadienne recherche présentement un individu pour diriger ses opérations manufacturières. Le gérant d'usine est responsable de 200 employés d'atelier, 55 surveillants ainsi que le personnel de bureau. Son département comprendra l'ingénierie, la planification, la production et l'outillage. Le candidat idéal possèdera une expérience pertinente jumelée à un minimum de 5 ans d'expérience en production au niveau de la haute direction. Ce poste représente une excellente opportunité pour quelqu'un désirant joindre les cadres d'une organisation d'avant-garde.

INGÉNIEUR DE PROJETS

\$33,000 — \$50,000

Notre client, un des plus grands manufacturiers de filage et câbles au Canada, a un besoin urgent d'un ingénieur de projets « senior ». Travaillant de concert avec la haute direction, il sera entièrement responsable de la mise sur pied d'une usine et de la mise en marche d'un nouveau procédé continu de fabrication. Les atouts requis demandent que le candidat possède de 5 à 10 ans d'expérience en direction des projets, soit membre de l'ordre des ingénieurs, bilingue, et disposé à voyager en Europe occasionnellement.

DIRECTEUR DE DÉVELOPPEMENT EN ALIMENTATION ET CRYOGÈNES

\$28,000 — \$30,000

Notre client, au premier rang mondial en son domaine, recherche présentement les services d'un individu dynamique, apte à être formé au poste de directeur du développement. Le directeur des programmes de développement est requis d'analyser les nouvelles applications. Les marchés et la technologie présentement développés dans ce nouveau champs d'activité. Il supervisera le développement de nouveaux produits et fera la liaison entre la direction du R & D, de la mise en marché et des ventes. Le candidat recherché est un ingénieur chimiste diplômé ou bachelier en sciences alimentaires ; il est membre de l'ordre des ingénieurs ou des chimistes et possède une expérience d'au moins 3 ans dans l'industrie de l'alimentation et des breuvages. La formation se donnera à Paris ainsi qu'à San Francisco.

MÉTALURGISTE

\$24,000 — \$27,000

Notre client, une corporation internationale, est présentement à la recherche d'un métallurgiste pour sa division internationale du développement des produits.

Le développement de produits, la coordination de nouveaux projets ainsi que leur applications requièrent des séjours fréquents d'information à l'étranger. Le candidat idéal possèdera un minimum d'un an d'expérience soit dans le domaine manufacturier ou en R & D, ainsi que la force de communication indispensable à ce poste.

INGÉNIEUR EN CHEF —

Région de Québec

\$38,000 — \$40,000

Notre client, une des plus importantes sociétés manufacturières de produits de pâtes et papiers, recherche un ingénieur pour diriger leur département des projets. Le candidat sera responsable d'une équipe de 7 ingénieurs, 5 techniciens et 4 dessinateurs, de la conception, l'administration et la coordination de tous les travaux. Le titulaire idéal aura un minimum de 5 ans d'expérience dans les pâtes et papiers et dans la direction du personnel.

DIRECTEUR DE LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

\$27,000 — \$30,000

Le titulaire sera responsable de la planification de la production et du maintien des stocks. Le candidat aura une expérience solide dans l'industrie alimentaire ou pharmaceutique.

INGÉNIEUR DE PROCÉDÉ

\$26,000 — \$31,000

Ingénieur chimique ou ingénieur de procédé possédant un minimum de trois ans d'expérience dans le développement de procédé pour l'industrie de pâtes et papiers ou chimique.

INGÉNIEUR D'USINE

\$21,000 — \$25,000

Ingénieur mécanique, sera responsable du développement de l'évaluation et de l'implantation de tout projet. Qualifications : 1 — 3 ans d'expérience de projet, membre de l'ordre des ingénieurs, bilingue.

DESSINATEUR MÉCANIQUE

\$24,000 — \$30,000

Candidat sera responsable de la conception et développement d'équipements électro-mécaniques. Exigences : posséder 4 ans et plus d'expérience en dessin et conception.

Pour une entrevue confidentielle, communiquez avec Yvan Michon

ST-AMOUR et ASSOCIÉS LTÉE

Spécialistes en recrutement de personnel
666 ouest, rue Sherbrooke, Montréal, Québec - 288-7400

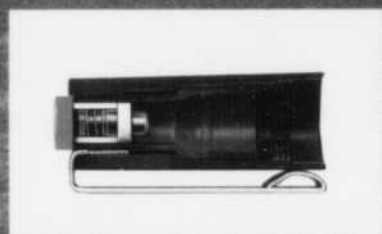
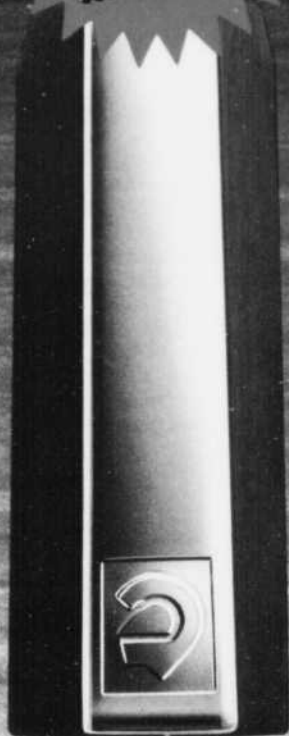
288-7400

OFFRE
D'UN
STYLO
VALEUR \$11.95

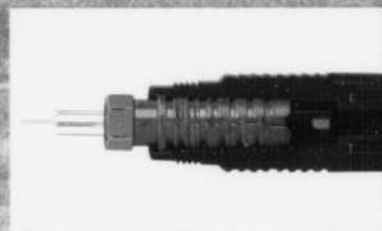
STAEDTLER | MARS

marsmatic700

Votre stylo à encre de Chine,
un stylo à votre mesure.



Dessèchement de la pointe,
fait du passé. Grâce à
l'obturateur **marsmatic**.



Fuites, faits du passé. Tracés
plus précis. Grâce au système
marsmatic à compensation
interactive.

Etant certains que vous appuieriez ces déclarations en tant que propriétaire de ce stylo à encre de Chine, nous vous offrons un échantillon du **marsmatic 700** (.30/00). Pour le recevoir, vous n'avez qu'à remplir le bon de commande et nous le retourner accompagné de \$ 2.00 pour les frais de manutention et d'expédition. Nos offres sont limitées. Seuls les bons de commande originaux seront acceptés.

STAEDTLER-MARS LTD.
6 Mars Road · Rexdale · Ontario
M9V 2K1

BON DE COMMANDE POUR UN ECHANTILLON DE STYLO A ENCRE DE CHINE

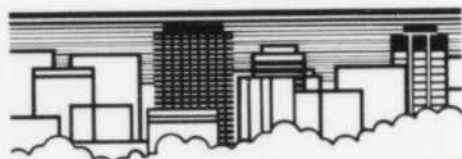
Veillez m'envoyer un exemplaire du nouveau stylo à encre de Chine **marsmatic 700** (.30/00), d'une valeur de \$ 11.95. Ci-joint \$ 2.00 pour frais d'envoi.

NOM	
PROFESSION	
EMPLOYEUR	
RUE	CITÉ
PROVINCE	CODE POSTAL

Mon fournisseur habituel est: _____
OFFRE VALABLE JUSQU'AU 30 AVRIL 1981.
Délai minimum de livraison: 4 semaines.

AD-3

(Événements à venir, suite)



95th CONGRESS-HAMILTON 1981

95 ième CONGRÈS ANNUEL
DE L'INSTITUT CANADIEN DES INGÉ-
NIEURS

La date : du 4 au 6 mai 1981
L'endroit : Hamilton, Ontario
Thème : La nouvelle décennie - fabrication
et matériaux

Le programme comporte des séances plénières consacrées à la stratégie industrielle et à l'innovation technique, une session CAD/CAM parrainée par la Société canadienne de génie mécanique et le Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM, et plusieurs sessions sur la fiabilité, la maintenance et les matériaux. Des visites d'usines ainsi que des séances sur la gestion destinées aux cadres inférieurs et moyens compléteront ce programme.

Pour plus de renseignements, communiquez avec :

M. J. W. Speirs
95ième Congrès ICI
A/s Hamilton Branch EIC
Officers Club
61 rue Robinson
Hamilton, Ont. L9Y 3L8
Tel : M. Jim Cran
Hamilton (416) 528-2511, # 2752
Toronto (416) 367-1450, # 2752

CONFÉRENCE ET EXPOSITION INTERNATIONALE SUR LE VIDÉOTEX

La date : du 20 au 22 mai 1981.
L'endroit : Toronto, Ontario.

Vidéotex 81 permettra de faire le point sur l'évolution des systèmes vidéotex en Europe, en Amérique et au Japon : l'exposition montrera les systèmes Prestel et Ceefax de Grande-Bretagne, Télétel et Antiope de France, le Télidon du Canada, les systèmes mis au point par les sociétés privées, la câblodistribution interactive et le nouveau matériel connexe, comme les vidéodisques et les micro-terminaux gérés par ordinateur.

Pour plus de renseignements, communiquez avec :

Infomart
122 rue Saint-Patrick, 3e étage
Toronto, Ontario M5T 2X8
Tél : (416) 598-4000

Communiqués

INTERNATIONAL MINE WATER ASSOCIATION

Une nouvelle association, visant à faire bénéficier les individus et les institutions de l'expérience mondiale acquise dans le domaine des gisements miniers sous-marins, vient nouvellement d'être créée. Il s'agit de la IMWA (International Mine Water Association) dont les principaux objectifs sont :

- l'amélioration de l'exploitation des gisements sous-marins tout en respectant les normes de sécurité indispensables en milieu marin.
- la protection accrue de l'environnement menacé par les activités minières sous-marines.
- l'amélioration de la technologie minière sous-marine.
- la création d'un forum où puissent s'échanger les renseignements concernant les derniers développements survenus dans ce domaine.

Pour en savoir plus à ce sujet, on peut écrire à : International Mine Water Association, a/s Dr Rafael Fernandez-Rubio, Département d'hydrogéologie, Université de Grenade, Apdo. de Correos 556, Granada, Espana.

Revue MÉCANIQUE-MATÉRIAUX-ÉLECTRICITÉ

Cette revue française, publiée depuis avril 1917, est un périodique mensuel (10 numéros par an) qui traite essentiellement de mécanique appliquée, plutôt de mécanique des solides que de mécanique des fluides. Organe du Groupement pour l'Avancement de la Mécanique Industrielle (G.A.M.I.), les textes de la revue proviennent en majeure partie des conférences prononcées lors de colloques organisés par le G.A.M.I. et concernent les problèmes d'actualité : le frottement et l'usure, le bruit et les vibrations, la conception et la fabrication assistée par ordinateur etc.

Chaque numéro, d'une quarantaine de pages, présente habituellement des communications groupées sous le même thème. On peut s'abonner en s'adressant au :

G.A.M.I., 3 rue Fernand-Hainaut, 93407 Saint-Ouen, France (Abonnement : 330 FF).



GÉOPHYSIQUE G.P.R. INTERNATIONAL INC.

EXPÉRIENCE MONDIALE EN GÉOPHYSIQUE

- Reconnaissance et évaluation des sites
- Géologie de l'ingénieur et mécanique du roc
- Planification des sautages et contrôle de vibrations
- Étude pour des ouvrages anti-tremblement de terre
- Environnement et hydrogéologie
- Levés géophysiques marins
- Géophysique aéroportée
- Exploration minière et pétrolière

894 RUE FRONT, LONGUEUIL, P.Q., CANADA J4K 1Z7 (514) 679-2400 — TELEX 055-60495
VANCOUVER — CALGARY — MONTREAL — VAL D'OR — ST-JEAN, T.N.



mon-ter-val inc.

société d'expertises

Géotechnique
Géologie
Mécanique des Roches
Contrôle des matériaux
Hydrogéologie

1470 rue mazurette, montréal, qué. H4N 1H2
442 ave Centrale, Val d'Or, Qué. J9P 1P5

Tél. (514) 382-5110
Tél. (819) 824-6894



COMPAGNIE NATIONALE DE FORAGE ET SONDAGE INC.

1130 OUEST, RUE SHERBROOKE
MONTREAL H3A 2R5
TÉL. : (514) 288-1177

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

Fondée en 1937

MINES NORANDA LIMITÉE

Division Matagami

RECHERCHÉ

UN INGÉNIEUR DE PROJET

Se rapportant au Chef Ingénieur de la Division, le candidat sera responsable pour toute étude concernant le développement et mise en production des projets miniers.

Le candidat devra posséder un diplôme universitaire ainsi qu'une expérience pertinente dans le domaine.

Le candidat devrait être bilingue ou disposé à apprendre le français.

Un salaire intéressant, de bons avantages sociaux et une allocation de déménagement sont offerts au candidat. De plus un logement familial est disponible.

Tout candidat intéressé à postuler cet emploi doit faire parvenir son curriculum vitae à l'adresse suivante —

Lionel Landry
Mines Noranda Limitée
Division Matagami
Matagami (Québec)
JOY 2A0

La Rapière
RESTAURANT FRANÇAIS
 spécialités pyrénéennes

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

Table d'hôte lundi au vendredi:
 (midi à 23h30) Fermé le dimanche:

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



Le Groupe-conseil S.M. inc.

Les Consultants industriels S.M. inc.
 Division génie industriel

Les Consultants S.M. inc.
 Division surveillance et conception

Labo S.M. inc.
 Division laboratoires

345, rue Boucherville
 Sherbrooke, Québec
 J1L 1X8
 Téléphone: 819/566-8855
 Sans frais: 1-800/567-6135

2545, avenue Delormier
 Longueuil, Québec
 J4K 3P7
 Téléphone: 514/651-0981



Contrôle Technique Appliqué Ltée

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

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

INSPEC-SOL INC.

Études de fondation
 Contrôle de compaction
 Géologie de l'ingénieur

Essais sur les matériaux
 Laboratoire de sols
 Contrôle de vibrations



MONTREAL, QUÉ
 5762 Ave Royalmount
 Tél: 514-731-7316

KINGSTON, ONT
 745 Burnett St
 Tel: 613-389-9812

Répertoire des annonceurs

- C IV ASEA Industries Ltée
- 36 Bouthillette, Parizeau et Associés
- 22 Calcomp
- 3 Clinique de Médecine du Travail de Montréal
- 35 Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc.
- 36 Contrôle Technique Appliqué Ltée
- 30 Coopérative Étudiante de Polytechnique
- 21 Équipement de contrôle Davis
- 6 Fédéral Pioneer Ltée
- 35 Géophysique G.P.R. International
- 31,32 Gouvernement du Canada – Défense nationale
- 36 Inspec-Sol Inc.
- 11 Jenkins Canada
- C III Johns Manville Canada Inc.
- 36 Labo S.M. Inc.
- 10 Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc.
- 3 Les Laboratoires Industriels et Commerciaux Ltée
- 3 Les Laboratoires Ville-Marie Inc.
- 3 Lupien, Rosenberg, Journeaux et Associés Inc.
- 35 Les Mines Noranda Ltée
- 35 Mon-ter-val Inc.
- 2 Pro-Plus Inc
- 36 La Rapière, restaurant
- C II Remy Martin
- 33 Saint-Amour et Associés Inc.
- 34 Staedtler-Mars Ltée
- 12 Trans-Canada Pipelines Ltée

BOUTHILLETTE PARIZEAU & ASSOCIES

INGENIEURS-CONSEILS
 Mécanique - Electricité

9825, rue VERVILLE
 Montréal H3L 3E1
 Telephone (514) 387-3747

Le problème:

Calorifuger 7 000 mètres de conduites de vapeur et garantir un revenu de 20 pour cent sur l'investissement par l'énergie économisée.



1 Les températures atteignant 900°F, le Thermo 12 au silicate de calcium était l'isolant qui convenait.

La solution: A.R.E.

Analyse de la réduction d'énergie. Notre programme complet d'analyse de la réduction d'énergie vous indique exactement combien il vous faut d'isolant dans chaque cas, en fonction de toute période de rentabilisation.

Il suffit de nous dire ce que vous voulez et quelle doit être la période de rentabilisation. Nous vous présenterons l'analyse détaillée de ce qu'il vous faut ainsi que la solution qui convient. Sans qu'il vous en coûte un sou.

Johns-Manville fabrique et vend plus de types d'isolants industriels que tout autre fabricant mondial. Et maintenant, nous pouvons vous montrer comment l'isolant se paiera littéralement de lui-même.

A.R.E. Un aspect important de la capacité d'isolation intégrale que vous offre Johns-Manville.

Il suffit de nous téléphoner. Ou de nous écrire.

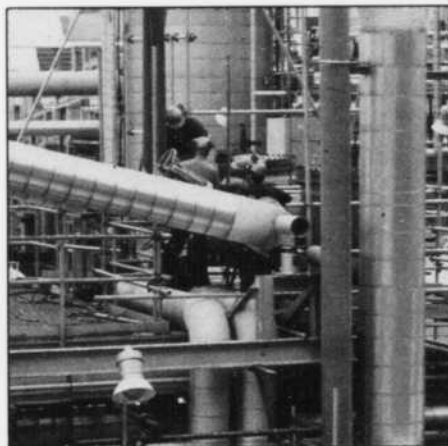


Johns-Manville

Johns-Manville Canada Inc.,
3000, boul. Matte,
Brossard, Québec J4Y 2H5



2 Le spécialiste J-M, Mike Elliot (à droite), a collaboré du début à la fin avec Art Kreeft et l'équipe de conservation de l'énergie à la supervision du projet.

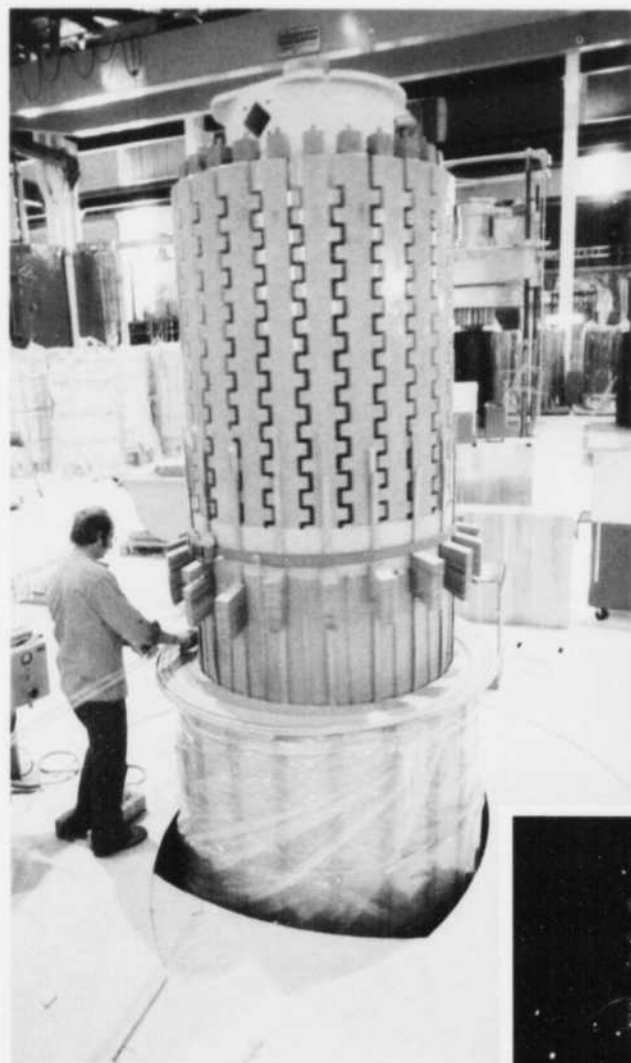


3 Les ouvriers peuvent devoir marcher et travailler sur les tuyaux mêmes. L'isolant Thermo 12 résiste aux sollicitations anormales.



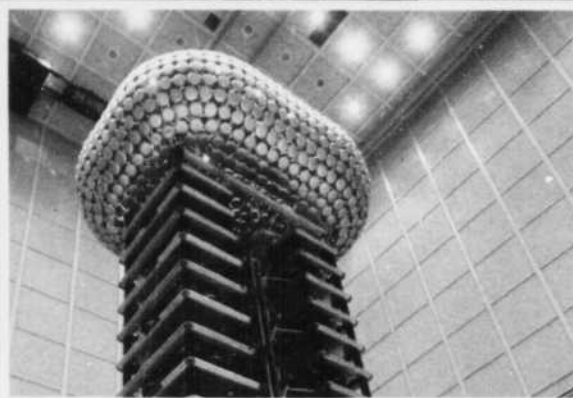
4 L'A.R.E. tient compte des contraintes d'espace dans la détermination de la quantité d'isolant à prévoir sur chaque canalisation en vue d'optimiser la rentabilité de votre placement.

l'électricité au service de l'homme



Notre objectif premier est de répondre à un besoin pour des transformateurs de puissance et inductances shunt à la fine pointe de la technologie, de dimensions réduites et d'une fiabilité remarquable.

Nous sommes les premiers en Amérique du nord à produire des transformateurs de puissance, triphasés à 735 K V.



ASEA

ASEA Industries Ltée — 1600 Montée Ste-Julie, Varennes, Québec, Canada J0L 2P0

ASEA Limitée — 10300 ouest, Henri Bourassa, St-Laurent, Québec, Canada H4S 1N6

Bureaux de vente: Toronto, Winnipeg, Calgary, Vancouver