

# L'ingénieur

Septembre 1982

No 351

68e année



Spécial  
corrosion

A black and white photograph of a man in a dark suit, white shirt, and dark tie. He is holding a dark rectangular sign with both hands in front of his chest. The sign features the text 'SERVICE CONNAISSEUR' in a stylized font inside an oval, and 'votre Prêt-à-partir' written below it.

SERVICE  
**CONNAISSEUR**  
votre Prêt-à-partir

***Choisisseur, fourchetteur,  
à l'heure!***

Partez en Connaisseur.  
Notre Service Connaisseur  
est un Prêt-à-partir relax, conçu  
spécialement pour le grand voyageur.  
C'est toute une ambiance de détente  
et de raffinement. Et tout un réseau  
qui vous amène dans les principaux  
centres du Canada, au Texas,  
en Californie. En Europe aussi.  
Laissez-vous aller au plaisir du voyage.  
En notre compagnie.

***Vous avez tout notre temps.***



AIR CANADA 

**Administration et rédaction**

École Polytechnique  
Case postale 6980, Succursale A  
Montréal, Québec H3C 3L4  
Tél. : (514) 344-4764

**Les Publications L'Ingénieur Inc.  
Conseil d'administration**

Joseph Bourbeau, ing.  
président

Comité exécutif  
Guy Drouin, ing.  
président  
André Bazergui, ing.  
Claude Guernier, ing.  
Guy Simard, ing.  
Me Serge Tison

**Directeur général**

Yolande Gingras

**Comité consultatif de rédaction**

Claude Guernier, ing.  
directeur  
Denis Angers, ing.  
Gérald Bélanger, ing.  
Michel Bilodeau, ing.  
G. Réal Boucher, ing.  
Médéric Desrochers, ing.  
Octave Caron, ing.  
Yvon M. Dubois, ing.  
Georges Geoffroy, ing.  
Maurice Lacasse, ing.  
Léo L. Loiselle, ing.  
Sylvio Richard, ing.

**Rédacteur**

Charles Allain

**Conception graphique**

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

**Publicité**

Jean Séguin & Associés Inc.  
courtiers en publicité  
601 Côte-Vertu  
Saint-Laurent, Québec H4L 1X8  
Tél. : (514) 748-6561

**Éditeur**

Les Publications L'Ingénieur Inc.

**Composition**

Typo-Excel Inc. (514) 655-2663

**Imprimeur**

Presses Élite Inc.  
3744 rue Jean-Brillant  
Montréal, Québec H3T 1P1

**Abonnements**

Canada	15\$ par année
Étranger	20\$ par année
À l'unité	3\$

Six (6) numéros par année

**Droits d'auteurs**

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

Dépôt légal : Bibliothèque nationale du Québec

Tirage certifié : membre de la  
Canadian Circulation Audit Board

**Spécial corrosion**

M. Jean-Jacques Lamoureux, ing., est le coordonnateur de ce numéro thématique consacré à un problème curieusement négligé malgré les coûts importants qu'il entraîne : la corrosion.

**3 Introduction**

Jean-Jacques Lamoureux, ing.

**5 Ingénierie et corrosion**

Jean-Jacques Lamoureux, ing.

L'auteur présente l'approche systématique à la lutte contre la corrosion, mise en application pour l'usine d'épuration des eaux usées de la Communauté Urbaine de Montréal, un exemple typique de l'implication de l'ingénieur dans la lutte contre la corrosion.

**11 Innovation et formation en corrosion**

Dominique-Louis Piron, ing.

La corrosion coûte très cher. Une meilleure utilisation des techniques de prévention permettrait d'économiser des sommes importantes.

**15 Tendances de la R-D en corrosion**

Ghislain Bégin

Après avoir passé en revue les méthodes classiques d'aborder l'étude des phénomènes de corrosion en laboratoire, l'auteur s'interroge sur le potentiel de retombées bénéfiques additionnelles susceptibles de découler du maintien d'une telle approche ; il suggère l'exploration de nouvelles voies mieux adaptées aux problèmes auxquels font face les secteurs de l'ingénierie de conception et d'entretien.

**19 Comment combattre la corrosion**

Robert A. Hartley

On connaît quatre méthodes de prévention de la corrosion : l'enlèvement des substances cathodiques, les revêtements protecteurs, les méthodes électriques et l'inhibition chimique. Aucune méthode, à elle seule, n'empêchera la corrosion ; cependant, une combinaison de ces méthodes retardera les ravages de la corrosion.

**23 La corrosion : ses conséquences dans l'industrie pétrolière**

Robert Roy, ing.

Dans les installations d'entreposage, de distribution et de vente de produits pétroliers, on utilise énormément d'éléments métalliques, et particulièrement le fer sous différentes formes. Un des problèmes les plus sérieux dans ces installations est la détérioration du matériau par son milieu ambiant.

**29 L'ingénieur et... la chimie du vin**

Pierre Grenier, ing.

**17 Abstracts****26 Offres d'emploi****31 Événements à venir****32 Répertoire des annonceurs****Page couverture**

Les aciers patinables, parce qu'ils contiennent moins de 5% de certains métaux ou éléments, possèdent des caractéristiques mécaniques supérieures. Lorsqu'alliés à du cuivre, ces aciers se recouvrent d'une couche de rouille qui protège efficacement le métal contre une corrosion plus prononcée. Sauf certains problèmes esthétiques évidents, ces aciers se comportent étonnamment bien dans les atmosphères ni trop industrielles ou salines.

Structure en acier patinable à Terre des Hommes, Montréal

Photo Charles Allain

# Notes techniques

Aciers Algoma: Renseignements sur les produits.

## Maintenant, Algoma traite la plaque d'acier thermiquement au laminoir même.

**Les installations de traitement thermique d'Algoma fonctionnent maintenant à plein rendement. Elles produisent de la plaque normalisée et de la plaque trempée et revenue respectant les normes les plus élevées de contrôle de qualité.**

**Chaque étape du processus, des matières premières à l'élaboration de l'acier, du laminage de la plaque au traitement thermique, est exécutée en fonction des besoins spécifiques du client.**

### Les installations les plus modernes d'Amérique du Nord

**Four à sole continue:** Entièrement commandé par ordinateur, il peut traiter simultanément deux plaques mesurant jusqu'à 3 900 mm (153 po) de large et 24 400 mm (80 pi) de long.

**Presse de trempé en continu:** Faisant appel aux innovations techniques les plus récentes, elle est conçue pour la production de nuances d'acier au carbone-manganèse à minimum d'éléments d'alliage et d'aciers faiblement alliés à haute résistance.

Au cours de l'opération de trempé, la plaque est soumise à une force de retenue uniforme provenant du contact avec les trains de rouleaux pleine largeur supérieur et inférieur. Ce système donne une planéité accrue.

Cette presse peut traiter en continu des plaques mesurant jusqu'à 24 400 mm (80 pi) de long. Pour les plaques très épaisses ou les matériaux faiblement alliés à haute résistance, il est possible de choisir une oscillation de trempé particulière. Dans ce cas, la longueur maximale de la plaque est de 9 150 mm (30 pi).

**Planeuse en continu:** La planeuse d'une capacité de 2 500 tonnes fait partie intégrante du système. Elle reçoit les plaques provenant de l'opération de trempé et les travaille alors que la chaleur y est encore pour donner les meilleurs résultats possibles. Ceci est capital dans le cas de plaques à haute résistance ayant jusqu'à 100 mm (4 po) d'épaisseur.

### Plaque normalisée

La plaque à normaliser est chauffée à environ 900° C (1 650° F) dans le four à sole continue et maintenue à cette température pendant un temps donné; elle est ensuite placée sur un train de rouleaux et refroidie à l'air.

Les nuances peuvent être fabriquées conformément à la plupart des normes concernant les charpentes et appareils sous pression et aux spécifications des sociétés y compris l'ACNOR, l'ASTM, BS, DIN et LLOYD'S.

Le premier numéro du Bulletin technique d'Algoma paraîtra bientôt. Le sujet: fracture fragile et résistance à l'entaille. Pour obtenir votre exemplaire ou des renseignements supplémentaires sur la plaque traitée thermiquement, veuillez écrire ou appeler le bureau Algoma le plus proche, ou le service technique de marketing à Toronto (416) 865-0081.

### Algoma QT 700

Plaque trempée et revenue offrant une limite d'élasticité minimale de 700 MPa (100 ksi)

La plaque Algoma QT 700 (QT 100 impérial) est conçue pour des utilisations exigeant une haute résistance, une résistance améliorée à l'entaille, une bonne soudabilité et une qualité constante. Elle convient particulièrement pour l'équipement lourd de construction, les ponts, les bâtiments en hauteur et les constructions semblables.

Les installations de traitement thermique d'Algoma procurent un taux de refroidissement maximal qui permet de réduire au minimum la teneur en éléments d'alliage. Ceci permet de produire, à partir de compositions chimiques simples, des aciers à haute résistance présentant une bonne soudabilité, une bonne aptitude au formage, de même qu'une excellente résistance à l'entaille à basses températures.

#### Composition chimique: (% maximal)

Épaisseur	C	Si	S	P	Mn	Cr	Mo	B
Jusqu'à 16 mm	0,21	0,50	0,035	0,035	1,50	0,06	0,30	-
Plus de 16 mm jusqu'à 50 mm	0,21	0,50	0,035	0,035	1,50	0,06	0,30	0,003

#### Propriétés mécaniques:

	Résistance minimale à la traction	Limite d'élasticité minimale	Allongement % min 50 mm/2 po
QT 700 (unités SI)	790 MPa	700 MPa	18
QT 100 (unités impériales)	115 ksi	100 ksi	18

### Plaque Algoma AR 360 – résistante à l'abrasion, trempée et revenue

Pour les cas exigeant une plus grande résistance à l'abrasion, on produit la plaque Algoma AR 360 à une valeur de dureté minimale garantie de BHN 360.

### Grandeurs disponibles

**Largeur:** 800 mm (32 po) – 3 900 mm (153 po)  
**Épaisseur:** Normalisée: 5 mm (3/16 po) – 100 mm (4 po)  
Trempée et revenue: 5 mm (3/16 po) – 50 mm (2 po)  
**Longueur:** jusqu'à 24 400 mm (960 po)  
Section transversale maximale = 186 000 mm<sup>2</sup> (288 po<sup>2</sup>)  
Des grandeurs autres que celles qui sont indiquées ci-dessus peuvent être offertes. Se renseigner à ce sujet.

80 ans d'élaboration de l'acier

# ALGOMA STEEL

Aciers Algoma Limitée  
Sault Sainte-Marie, Ontario

# introduction

Ce numéro thématique sur la corrosion tente de décrire la participation des différents intervenants dans la prévention de la corrosion et présente l'approche systématique recommandée, pour réduire les dépenses annuelles imputables à la corrosion.

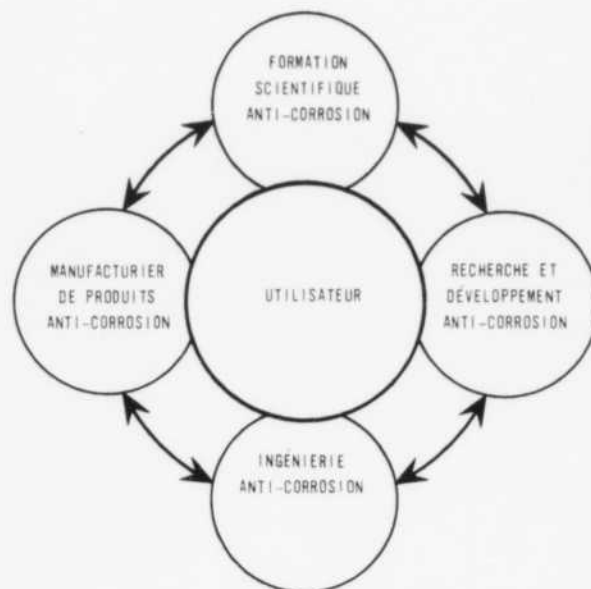
Cette corrosion se définit comme une détérioration de la matière par le milieu ambiant. Elle inclut, au sens large, outre celle des métaux, la détérioration des bétons, des plastiques, bref de tous les matériaux. La corrosion des métaux est certes la plus connue, car elle a suivie l'évolution des civilisations du bronze et du fer. Elle a, par la suite, révélé au monde l'électricité et la nature atomique des éléments, grâce aux expériences de Faraday et de Volta.

Aujourd'hui la corrosion a droit de cité comme science liée à l'électrochimie et à la métallurgie. Elle est encore plus importante en période de récession, dans une ère de conservation de matières premières et d'énergie, surtout depuis que l'importance de son coût a été évaluée. De fait, des études réalisées dans divers pays industrialisés du globe révèlent que des sommes énormes sont dépensées annuellement à cause de la corrosion. À titre d'exemple au Québec, il en coûte annuellement plus de 4 milliards de dollars pour remplacer des structures et des équipements corrodés et pour en protéger d'autres. Aux États-Unis, ces dépenses annuelles atteignaient 82 milliards de dollars en 1975, alors qu'il en coûtait 1 365 milliards de livres en Grande-Bretagne en 1976, 6 milliards de roubles en URSS en 1969 et 19 milliards de DM pour la République Fédérale Allemande pour la même année.

Ces dépenses ne sont pas toutes inutiles, ni toutes compressibles. Toutefois, des études, citées dans cette revue, révèlent qu'au moins 40% de ces dépenses peuvent être évitées grâce à l'utilisation adéquate des connaissances existantes. Aussi est-il important que ces connaissances soient divulguées à ceux qui ont pouvoir d'action et de décision.

C'est le but que se propose la conférence de l'Association Nationale des Ingénieurs en Corrosion qui se tiendra au Reine Elizabeth à Montréal, les 23, 24 et 25 novembre 1982 sous le thème *Les innovations technologiques dans la lutte contre la corrosion*. C'est aussi le but que se propose ce numéro.

Le schéma qui suit représente les différents intervenants entrant dans cette lutte à la corrosion. L'utilisateur (au centre) peut faire appel à la formation, à la recherche et au développement, aux manufacturiers et à l'ingénierie pour lutter contre la corrosion.



En tant qu'ingénieur-conseil, j'ai décrit une approche systématique dans la lutte à la corrosion, utilisée pour l'usine d'épuration des eaux usées de la Communauté Urbaine de Montréal : c'est l'article intitulé *Ingénierie et Corrosion*.

L'utilisation de cette approche sous-entend une formation de tous les intervenants, information décrite dans l'article intitulé *Innovation et formation* de M. Dominique Piron.

Elle sous-entend aussi la recherche et le développement de mesures anti-corrosion, élaborés dans l'article *Tendances de la R/D en corrosion* de M. Ghislain Bégin.

L'ingénieur peut faire appel aux manufacturiers de produits anti-corrosion. Ces produits sont succinctement décrits dans l'article *Comment combattre la corrosion* de M. Robert Hartley.

L'article intitulé *La corrosion : ses conséquences dans l'industrie pétrolière* de M. Robert Roy, expose certains problèmes de l'industrie pétrolière, particulièrement ceux liés à l'exploitation de dépôts et de stations-service.

Ce numéro sur la corrosion vous permettra, souhaitons-le, de considérer la corrosion comme un phénomène omniprésent et coûteux, mais contre lequel il est possible de lutter systématiquement grâce à l'implication continue des différents intervenants.

Jean-Jacques Lamoureux, ing.

Le coordonnateur de ce numéro, M. Jean-Jacques Lamoureux, ing. a obtenu son B.Sc.A. en 1963 à l'École Polytechnique de Montréal. D'abord coordonnateur des études en corrosion à Hydro-Québec, M. Lamoureux se joint, quelques années plus tard, à l'équipe pluridisciplinaire du Groupe ABBDL-TECSULT, comme spécialiste en corrosion. Il est l'auteur d'un Précis de corrosion et ancien président canadien de l'Association Nationale des Ingénieurs en Corrosion (NACE).



# Choisir les résistants

La corrosion des matériaux présente pour Hydro-Québec un défi constant. Les lignes de transport, l'appareillage mécanique et électrique, le matériel hydraulique,

rien n'échappe aux assauts des éléments de la nature. Les chercheurs de l'Institut de recherche (IREQ) étudient ce problème et travaillent à la mise au point de nouveaux matériaux et de nouvelles techniques de prévention et de réparation. Hydro-Québec cherche à mieux connaître les matériaux qu'elle utilise afin qu'ils continuent d'assurer le lien entre les centrales et le bien-être des Québécois.



# Ingénierie et corrosion

Jean-Jacques Lamoureux, ing.

L'auteur présente l'approche systématique à la lutte contre la corrosion comme une méthode pouvant entraîner des économies annuelles de plusieurs milliards de dollars au Canada. Cette approche, mise en application pour l'usine d'épuration des eaux usées de la Communauté Urbaine de Montréal, représente un exemple typique de ce que peut être l'implication de l'ingénieur dans la lutte contre la corrosion afin d'assurer longévité et sécurité aux ouvrages.

## Introduction

Problème universel et coûteux<sup>1</sup>, la corrosion s'attaque à tous les ouvrages et à tous les matériaux. De plus, il s'avère que les études économiques<sup>2</sup>, ainsi que l'expérience acquise à ce jour, prouvent que la prévention, lors de la conception, entraîne des économies qui se chiffrent par milliards de dollars annuellement sans compter la longévité et la sécurité accrues dans le respect des codes.

En effet, le rapport déjà cité prouve que l'application appropriée des méthodes existantes de protection peut entraîner, pour le Canada, des économies de l'ordre de 4 milliards de dollars annuellement.

Que ce soit pour une centrale hydroélectrique ou nucléaire, pour une usine de traitement de déchets solides ou des eaux usées, ou un complexe industriel, l'ingénieur gagne à envisager la prévention de la corrosion. L'approche systématique décrite pour l'usine de traitement des eaux usées de la Communauté Urbaine de Montréal (CUM), est un exemple d'approche qui peut s'appliquer à tous les projets.

Cette approche se distingue essentiellement par le fait que la corrosion est considérée comme étant un critère de conception plutôt qu'une pensée de dernière minute où l'unique protection consiste à peindre les surfaces à protéger.

La description sommaire de l'usine de traitement des eaux usées, suivie de celle des diverses phases de l'approche systématique, est un exemple de l'intervention de l'ingénieur dans le cadre de la prévention de la corrosion.

## Description de l'usine

Située dans l'est de l'île de Montréal, l'usine de traitement a pour but : d'éliminer le maximum de solides flottants ; de diminuer la teneur des solides en suspension ; de diminuer la demande en oxygène ; de réduire la teneur en phosphate.

Globalement, l'usine comporte une station de pompage, un prétraitement et un traitement primaire, suivis d'un traitement des boues et des écumes. L'ensemble est illustré par le schéma général du procédé (figure 1) et par une vue d'ensemble (figure 2).

La station de pompage relève les eaux usées, de manière à ce que l'écoulement gravitaire, jusqu'au rejet au fleuve, soit assuré. Le prétraitement permet l'élimination des solides de dimension supérieure à 25 mm, grâce aux dégrilleurs. Quant à l'élimination des sables, elle s'effectue dans des dessableurs aérés équipés de ponts suceurs (pompe immergée montée sur pont roulant).

Le traitement primaire permet la récupération des boues par décantation, et l'addition de produits chimiques entraîne une réduction de la teneur en phosphates. C'est aussi dans les décanteurs que sont récupérées les écumes. Les ponts racleurs poussent boues et écumes dans des goulottes. Elles y sont reprises par des pompes.

L'étape finale du traitement comporte un épaississement des écumes et leur destruction dans des incinérateurs à lit fluidisé. Le traitement des boues comprend successivement : un conditionnement par chaux et chlorure ferrique ; une déshydratation par filtres-presses ; une incinération dans des fours à foyers multiples.

Succincte, certes, cette description permet néanmoins d'entrevoir la

complexité et l'importance des milieux hétérogènes et particulièrement corrosifs d'une usine de traitement des eaux usées.

C'est d'un tel constat que le service de l'Assainissement des eaux usées de la CUM a découvert l'importance de la corrosion et l'a considéré comme étant un critère de conception. Il en est résulté de la part de l'ingénieur, une approche systématique décrite dans les paragraphes qui suivent. Il faut toutefois noter l'importance d'une telle approche qui devrait automatiquement être mise en application dans le concept de tout ouvrage.

## L'approche systématique

Illustrée à la figure 3, elle se présente comme un cercle subdivisé en secteurs représentant les activités qui, tout en se suivant, s'enchaînent les unes aux autres. Cette approche entraînera une longévité et une sécurité accrues des ouvrages, une diminution des coûts imputables aux pertes dues à la corrosion ainsi qu'une diminution du gaspillage en énergie et matières premières des matériaux de remplacement.

La connaissance du milieu et du comportement des matériaux dans ce milieu est essentielle à toute amorce de l'approche systématique. Elle est suivie d'une phase de conception préliminaire dans laquelle le choix des matériaux et la protection des ensembles principaux sont optimisés. À cela, s'enchaîne une phase de conception détaillée qui comporte une extension du choix des matériaux et des protections aux sous-ensembles ainsi qu'aux détails. Cette phase se prolonge par celle de la construction. Dans celle-ci, l'ingénieur donne son approbation aux dessins d'atelier et de construction, compte tenu des spécifications techniques du devis. Ceci in-

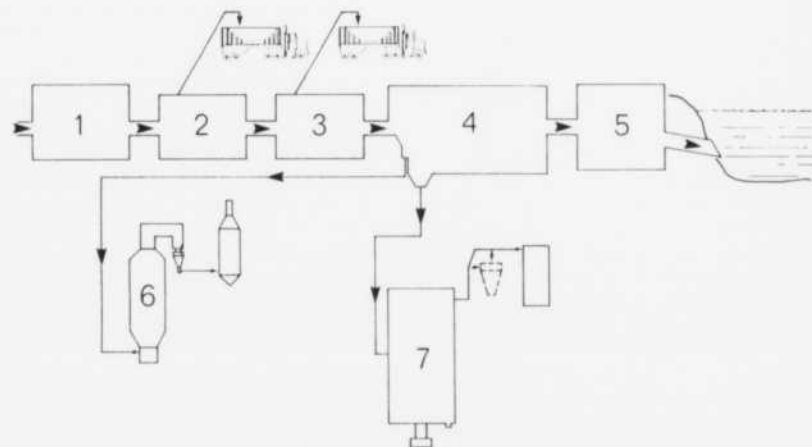


Figure 1 — Schéma général du procédé de l'usine de traitement des eaux usées de la Communauté urbaine de Montréal  
1. Pompage. 2. Dégrillage. 3. Dessablage. 4. Décantation. 5. Désinfection. 6. Incinérateur à écumes. 7. Incinérateur à boues.

M. Jean-Jacques Lamoureux, ing., est le coordonnateur de ce numéro.



clut le contrôle de la qualité qui permet de vérifier le respect des exigences, en général, et tout particulièrement celles de la protection contre la corrosion.

L'approche systématique se termine, enfin, par une phase de formation de l'exploitant et de sa sensibilisation au problème. Il doit en découler une préparation, par ce dernier, d'un historique de différents cas ayant trait au domaine de la corrosion. Cet ou ces historiques doivent permettre, aux concepteurs d'un projet, de mieux connaître la corrosivité des différents milieux, ainsi que le comportement des matériaux initialement préconisés. Ceci permet de reprendre, en l'améliorant, le cycle de l'approche systématique. Les paragraphes qui suivent dégagent les difficultés, qui sont autant d'étapes dans la lutte à la corrosion.

#### Connaissance du milieu

Cette phase est la plus importante et la plus difficile dans la plupart des projets car c'est sur elle que repose toute la suite des opérations. De fait, la connaissance de la corrosivité des milieux, face aux matériaux utilisés, peut entraîner des essais in situ et en laboratoire. Car le seul énoncé de l'eau, de la boue ou de l'atmosphère industrielle est insuffisant pour prétendre connaître le milieu ambiant. Une analyse des éléments constitutifs, comme le pH, l'oxygène dissous, les solides dissous et en suspension, les chlorures, l'anhydride sulfureux, les indices de Langelier et de Ryznar, s'avère nécessaire ainsi que connaître le comportement des matériaux dans des milieux similaires; toutefois, il ne faut pas croire que eau, sol et atmosphère sont identiques en tous lieux.

La difficulté inhérente à cette phase, pour l'usine de traitement, est que les multiples analyses effectuées dans les différents collecteurs n'étaient pas nécessairement représentatives de l'analyse de l'affluent pris dans les intercepteurs, ceux-ci n'étant pas réalisés, à l'époque, dans leur totalité. Il a donc été décidé de faire appel à l'expérience des exploitants d'usines de grande capacité, tant américaines que canadiennes. Appel fut aussi fait auprès de constructeurs et de fournisseurs d'équipements afin de connaître le comportement des matériaux en fonction de leur milieu d'utilisation. Plusieurs tableaux furent préparés: la comparaison, entre ces derniers et les données fragmentaires des milieux considérés à Montréal, a permis cependant de retenir un ensemble de matériaux et de mesures de protection susceptibles de résister aux pires conditions envisagées. À titre d'exemple, le dégagement possible, par les boues, d'acide sulfhydrique (H<sub>2</sub>S) ne permettait en aucune manière l'utilisation du cuivre et de ses alliages.

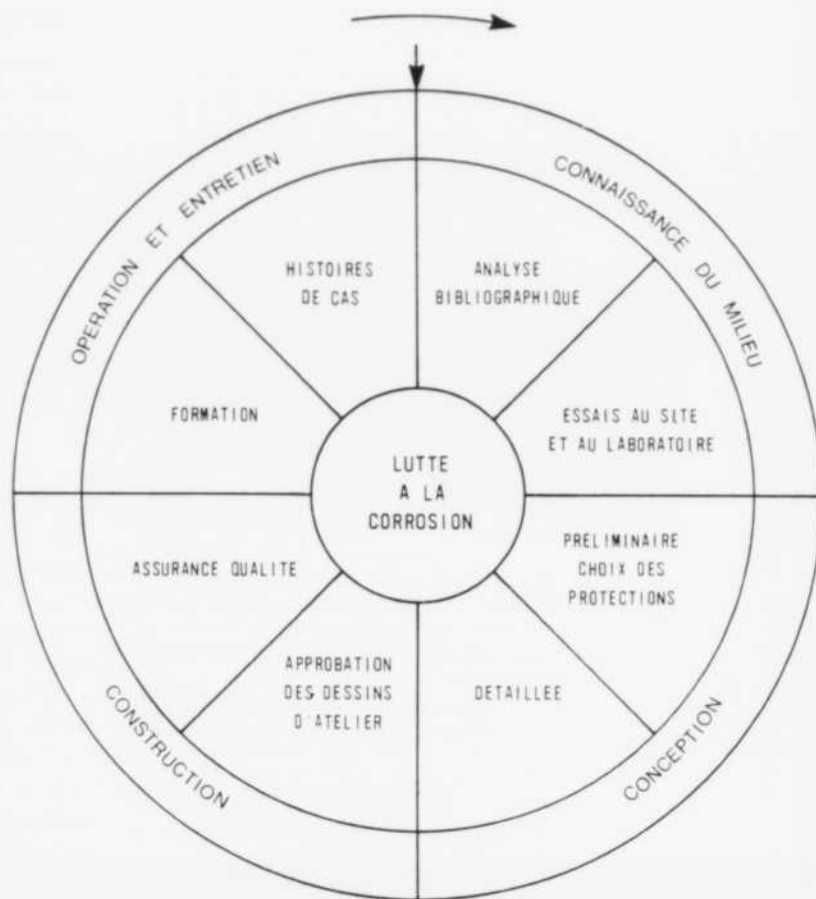


Figure 3 — Représentation schématique de l'approche systématique de la lutte à la corrosion.

#### Conception préliminaire

Elle représente, dans toute étude, la phase où le procédé, ainsi que les grandes lignes de l'usine sont entérinés. Il s'ensuit une confirmation du choix des matériaux et protections pour les grandes lignes du concept, selon les conditions de disponibilité, facilité de fabrication, d'assemblage et l'étude comparative des coûts.

C'est donc au cours de cette phase que le choix, tel qu'il ressort du tableau I, a été effectué. À titre d'exemple, la décision a été prise d'avoir des ponts suceurs en aluminium et d'utiliser la protection cathodique par anodes sacrificielles, au lieu de celle à courant imposé. Il en a d'ailleurs été de même pour les systèmes de peinture, choisis comme méthode de protection, en fonction des types d'exploitation et des caractéristiques corrosives des différents milieux.

#### Conception détaillée

C'est la phase finale dans laquelle les plans et devis, élaborés de façon détaillée, ont été achevés et préparés pour l'appel d'offres. C'est aussi à ce stade que les différents équipements et leurs éléments constitutifs ont été analysés

et traités en fonction de leur exposition en milieux corrosifs. Il en découle un choix précis des matériaux et une protection qui influenceront sur la longévité et la sécurité de l'ensemble.

Si l'on prend les ponts suceurs comme exemple, les boulons d'assemblage seront en acier inoxydable. Mais, une garniture diélectrique y est ajoutée afin d'éviter toute corrosion galvanique. Il ne faut pas oublier, à ce point de l'étude, que toute omission peut se répercuter en une corrosion prématurée.

#### Construction

Que ce soit en atelier ou au chantier, la construction des équipements et leur montage a entraîné une vérification des dessins des constructeurs. Le contrôle de la qualité, tant en atelier qu'au chantier, a permis de constater la concordance, dans le détail, entre les exigences des plans et de l'appel d'offres et la réalisation.

Les détails des assemblages ont été étudiés. Le contrôle des matériaux, la préparation des surfaces, les produits de revêtement et leur pose ont été finalement réalisés pour que les équipements, dans leur ensemble, soient soustraits à toute corrosion prématurée.

**Formation**

Une usine de traitement des eaux usées aussi importante entraîne des investissements de plusieurs centaines de millions de dollars. Près de trois cents personnes doivent en assurer l'exploitation. Il est normal que ces personnes, outre leur qualification, reçoivent une formation particulière en fonction des équipements mis en place et du contexte ambiant. Certes, la formation complémentaire s'acquiert grâce aux manuels d'opération. Mais il est primordial que le personnel d'entretien soit sensibilisé aux problèmes de la corrosion. Il leur sera plus aisé de les détecter et par suite d'y apporter les correctifs qui s'imposent. Il leur sera de plus possible d'établir l'historique du comportement des matériaux et de la protection des équipements et cela, compte tenu des milieux ambiants corrosifs.

Les concepteurs futurs verront leur tâche facilitée et y trouveront une meilleure connaissance du milieu. La formation est donc l'activité qui permet de boucler le cycle de l'approche systématique présentée à la figure 3.

**Conclusion**

Tout comme pour l'usine de traitement des eaux usées de la CUM, la lutte contre la corrosion devrait être systématiquement un critère de conception dans toute étude ou projet.

Connaissance du milieu, conception éclairée, surveillance attentive des travaux, formation technique du personnel d'exploitation, ainsi se résume l'approche systématique à la lutte contre la corrosion, grâce à laquelle l'ingénieur contribuera à réduire les coûts de l'exploitant.

*l'ingénieur*

**Références**

1. *Précis de corrosion*, J.-J. Lamoureux, édité par le groupe ABBDL, 1980.
2. *Economic Effects of Metallic Corrosion in the United States*. A report to the National Bureau of standards by Battelle Columbus Laboratories NBS Special Publication 511.2.

**Tableau I**  
Matériaux pour les équipements principaux et leurs composantes de l'usine de traitement des eaux usées de la CUM

EQUIPEMENT ET COMPOSANTE	MILIEU	MATERIAU
DEGRILLEURS GRILLES PIECES ENCASTREES SUPPORTS ABRIS	EAUX USEES EAUX USEES ATMOSPHERE HUMIDE ATMOSPHERE HUMIDE	ACIER AU CARBONE ACIER AU CARBONE ACIER AU CARBONE FIBRE DE VERRE RENFORCE
PONTS SUCEURS POMPE CONDUITES PONT ABRIS	EAUX ET SABLES EAUX ET SABLES ATMOSPHERE HUMIDE ATMOSPHERE HUMIDE	ACIER NIHARD BADAL 500 ALUMINIUM FIBRE DE VERRE RENFORCE
VANNES D'ARRET PIECES ENCASTREES VANNES	EAUX USEES EAUX USEES	ACIER INOXYDABLE ACIER AU CARBONE
SYSTEME D'AERATION CONDUITES DIFFUSEURS	EAUX USEES EAUX USEES	ACIER GALVANISE PLASTIQUE
PONTS RACLEURS RACLEURS PONT ABRIS	BOUES ET ECUMES ATMOSPHERE HUMIDE ATMOSPHERE HUMIDE	ACIER GALVANISE ALUMINIUM FIBRE DE VERRE RENFORCE
COLLECTEURS D'EFFLUENT	EAUX TRAITEES	FIBRE DE VERRE RENFORCE
DESSABLEURS ET DECANTEURS BASSINS	EAUX USEES	BETON

**Précis de corrosion**

Jean-Jacques Lamoureux, ing.

édité par ABBDL-TECSULT

Un outil indispensable à l'ingénieur pour concevoir des ouvrages d'une longévité et d'une sécurité accrues.

- définition des mécanismes de la corrosion
- description des formes de la corrosion
- élaboration des méthodes de prévention et de protection
- approche systématique dans les domaines d'application: sols, eau et atmosphère



55, rue Ste-Catherine ouest, Montréal, Québec  
Canada H2X 3P4  
(514) 287-8500

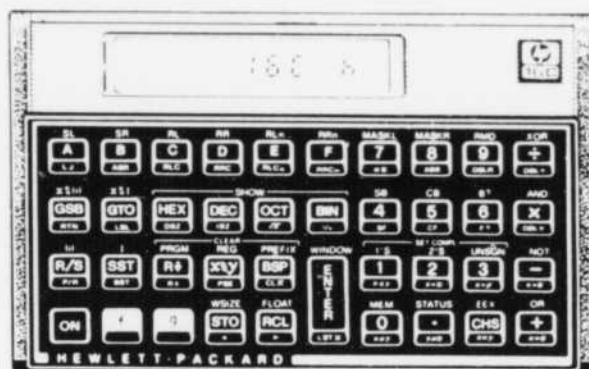
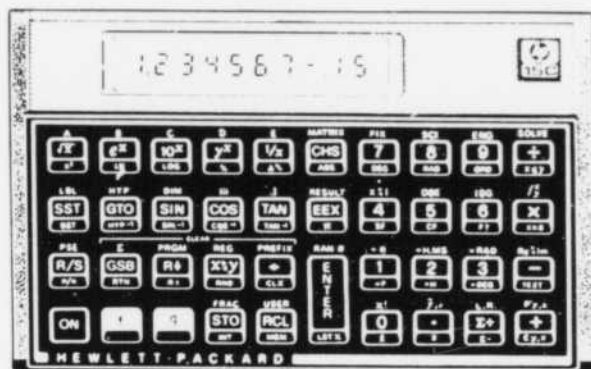
hp

hp

**NOUVEAU**

# HP-15C ET HP-16C

LES CALCULATEURS DE HEWLETT-PACKARD  
QUE VOUS ATTENDIEZ  
POUR METTRE FIN À D'INTERMINABLES CALCULS



**HP-15C** 214,50 \$\*

Pour vos  
calculs scientifiques  
avancés et complexes

#### CARACTÉRISTIQUES:

- calcul matriciel  
(jusqu'à 5 matrices ou 64 éléments)
- opérations sur les nombres complexes
- intégration
- détermination des racines réelles  
d'une équation (SOLVE)
- 5 clés à définir
- 25 labels de programmes
- 10 indicateurs binaires
- 12 tests conditionnels
- 7 niveaux de sous-routine
- affichage crystal liquide

\* Prix sujets à changement sans préavis

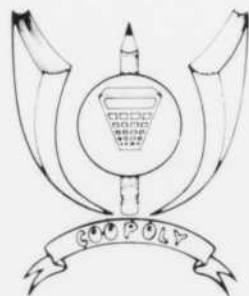
**HP-16C** 240,50 \$\*

Pour vos conversions en  
différentes bases  
- langage ordinateur

#### CARACTÉRISTIQUES:

- CONVERSIONS: arithmétique,  
hexadécimale, décimale,  
octale, binaire
- 203 lignes de programmation  
(ou 101 registres de 16-bit)
- touche INSERT DELETE
- 4 niveaux de sous-routine
- 16 labels de programmes
- taille de mots: 64 bits maximum
- opérateurs logiques: AND, OR, XOR, NOT
- 8 tests conditionnels
- notation polonaise inverse (RPN)
- attachage crystal liquide

Ces deux nouveaux modèles ainsi que les autres calculateurs Hewlett-Packard sont disponibles à la:



## COOPERATIVE ETUDIANTE DE POLYTECHNIQUE

2900 Édouard-Montpetit  
C.P. 6079, succ. A  
Montréal, Québec  
H3C 3A7  
tél.: (514) 344-4841

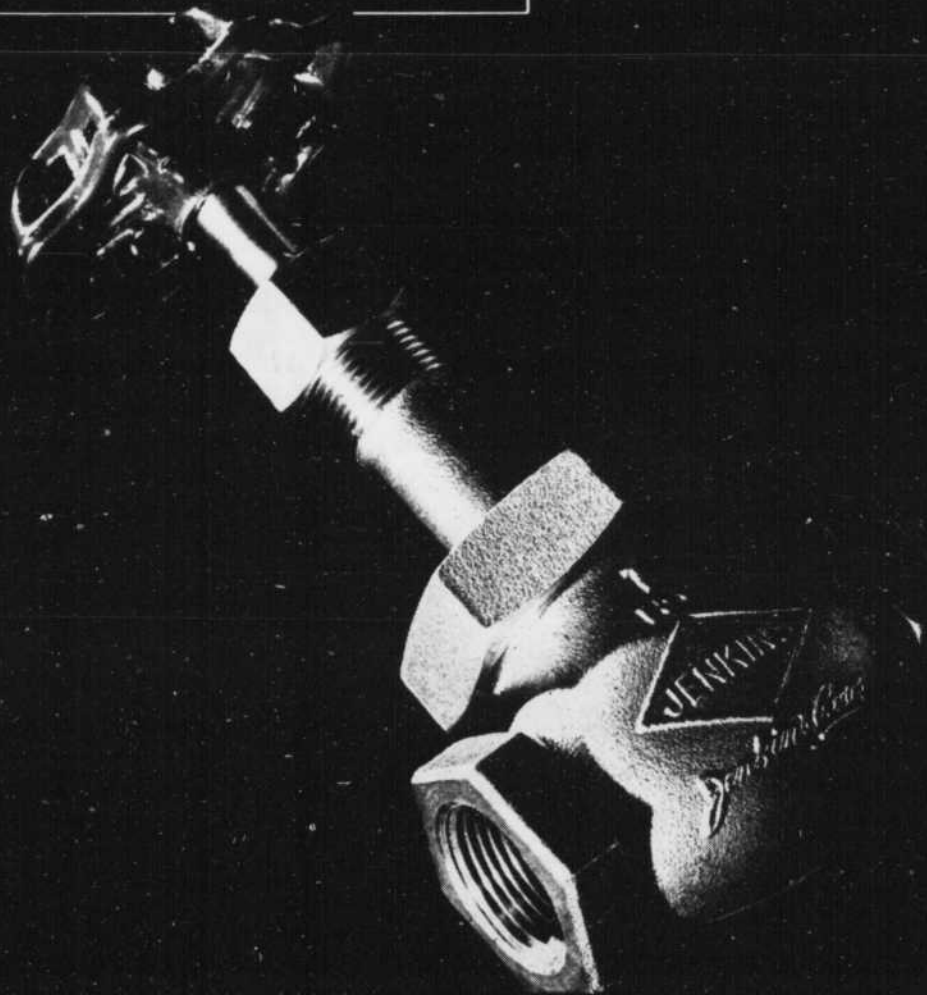
Veuillez nous contacter pour des commandes postales

# JENKINS

Le spécialiste en valves



*Jenkins Bros*



# Innovation et formation en corrosion

Dominique-Louis Piron, ing.

La corrosion, domaine important de l'électrochimie, coûte en 1982 environ 4 milliards de dollars au Québec, 40% pouvant être économisés par une meilleure utilisation des techniques de prévention. Les causes de la corrosion et les techniques de protection des métaux sont présentées. Les problèmes de l'enseignement et de la formation de chercheurs en génie sont ensuite discutés.

## Introduction

La corrosion est, d'après H. Uhlig<sup>1</sup>, la destruction d'un métal par une réaction chimique ou électrochimique avec son environnement. Bien que cette définition soit parfois généralisée à d'autres matériaux<sup>2</sup>, nous limiterons cet article à l'autodestruction spontanée des métaux.

Ces derniers, dont la production à partir de leurs minerais est très coûteuse, ont une tendance naturelle plus ou moins marquée et caractéristique du métal considéré à retourner sous une forme oxydée. L'état métallique, si utile aux applications, n'est généralement pas stable, et la corrosion ou la destruction des matériaux résulte de cet état de choses.

La tendance à l'oxydation des métaux augmente dans une échelle qui commence par l'or, dont l'état métallique est si stable qu'on le trouvait autrefois dans le lit des rivières. C'est pour cette raison que l'or fut le premier métal à être utilisé par l'homme. On trouve ensuite le cuivre, qui peut être trouvé à l'état métallique dans la nature (d'où son ancienneté) et des métaux comme le zinc, et finalement le sodium. Ce dernier est si instable que, plongé dans l'eau, il se produit une oxydation si rapide que

**M. Dominique L. Piron** a obtenu son PhD à l'Université de Californie à Los Angeles en génie électrochimique avec des recherches en corrosion. Professeur titulaire à l'École Polytechnique, il poursuit des recherches en corrosion et en électrolyse. Ses cours d'électrochimie et de corrosion se donnent aussi à Concordia, à l'Université d'Alberta et dans l'industrie (au Québec, à Toronto, Edmonton et Anvers (Belgique)).

D.-L. Piron est ingénieur, et spécialiste en corrosion reconnu par l'Association internationale des ingénieurs en corrosion (NACE). Il est aussi ancien président de Montréal et ancien administrateur canadien de l'Association des ingénieurs en corrosion; président du host committee de la réunion internationale de la Société Electrochimique à Montréal (mai 1982); et président de la conférence à Montréal de l'Association des ingénieurs en corrosion de novembre 1982.

l'on assiste à une explosion dangereuse.

L'instabilité des métaux face à leur tendance à l'oxydation est une caractéristique de tous les matériaux métalliques, et par conséquent de beaucoup de structures. La corrosion est donc le « deuxième problème de tous les ingénieurs », comme le disait H. Webster<sup>3</sup>.

Les pertes qui en résultent pour l'économie sont cependant difficiles à évaluer avec précision. Il faut distinguer : les coûts de production, avec arrêts d'usines et remplacement des matériaux; les accidents de travail, dont la perte est difficile à évaluer; la destruction de l'environnement, telle qu'un pipeline qui fut.

Une étude publiée par le National Bureau of Standards<sup>4</sup> en 1978 établissait les coûts de la corrosion aux États-Unis à \$ 82 milliards pour l'année 1975. Cette somme représentait 4,9% du produit national brut de ce pays. De plus, les auteurs de ce rapport ont montré que 40% de ces pertes, soit 2% du produit national brut, auraient pu être évitées par l'application de la technologie connue. Ces chiffres, transposés au Québec pour l'année 1982, représentent environ quatre milliards de dollars par an, soit environ \$ 2000 par famille. Une économie de \$ 1,6 milliard pourrait être réalisée par une meilleure application des connaissances existantes.

Il est donc important pour les ingénieurs d'avoir une certaine compréhension de ces phénomènes et des actions préventives possibles.

Nous allons d'abord voir de manière simplifiée comment les métaux corrodent par des réactions chimiques ou électrochimiques entre métal et environnement. Nous parlerons ensuite des techniques de protection que nous présenterons dans leurs principes.

Nous porterons alors notre attention sur les cours et programmes d'étude en corrosion, tant au niveau de la formation des ingénieurs que de la formation de chercheurs, ce dernier effort s'intégrant dans l'ensemble de la recherche effectuée.

## Causes

### et procédés de corrosion

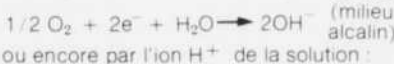
La corrosion est généralement un phénomène électrochimique dans lequel un métal se dissout en abandonnant des électrons :



Dans le cas particulier du fer, on aura donc la réaction suivante :



Les électrons abandonnés par les cations (ions positifs du métal) sont alors acceptés par un autre système qui peut être l'oxygène :



ou encore par l'ion  $H^{+}$  de la solution :



ou encore par un autre ion métallique - exemple :



Il s'agit donc d'un procédé d'oxydation du métal, couplé à un procédé de réduction d'un autre système. Une réaction anodique libère des électrons qui sont acceptés par un procédé cathodique.

Un tel couple de réactions électrochimiques spontanées est caractéristique d'une cellule galvanique avec anode et cathode. Rappelons ici que l'on appelle cathode l'électrode qui est le siège d'une réduction (ou acceptation d'électrons), telle que



et qu'une anode est une électrode qui est le siège d'une oxydation ou perte d'électrons :



Ces deux réactions peuvent se produire simultanément dans une sorte d'association qui entraîne la destruction du métal.

Ce dernier, le fer par exemple, s'oxyde en abandonnant des électrons.



qui sont alors acceptés par la réaction de réduction (cathode)



Ces deux réactions se produisent donc à la même vitesse, et la plus lente fixe la vitesse de l'ensemble. Cet ensemble, se produisant spontanément, est appelé pile galvanique.

L'oxydation du fer métal produit des ions  $Fe^{2+}$  qui réagissent alors avec  $OH^{-}$  de la solution pour produire  $Fe(OH)_2$ , lequel est oxydé par l'air pour donner du  $Fe(OH)_3$ . Ce procédé conduit donc à la destruction du métal, c'est-à-dire sa corrosion.

Toutefois, dans un procédé de corrosion, ces deux électrodes sont imbriquées l'une dans l'autre à la surface du métal, au point de former de multiples petites anodes et cathodes juxtaposées, lesquelles peuvent d'ailleurs se réduire à de simples sites réactionnels.

## La protection des métaux

La corrosion peut cependant être prévenue en utilisant les techniques de protection dont nous disposons aujourd'hui. Il en existe plusieurs. La première consiste à utiliser des revêtements protecteurs. Leur rôle principal est de mettre une barrière physique entre le métal et l'environnement agressif, de manière à empêcher leur réaction chimique. De cette façon le métal sera protégé. Il convient toutefois d'appliquer un revêtement adhérent compact qui isole effectivement le métal de l'environnement corrosif. Généralement le revêtement ainsi appliqué sera lui-même attaqué par l'environnement, il devra donc être choisi pour un environnement spé-

cifique, de manière à assurer une protection pendant un temps suffisant.

Les revêtements peuvent être de natures fort différentes. On peut utiliser des dépôts de métaux qui résistent mieux à la corrosion que le métal sujet, ou des métaux qui, comme le zinc, protègent la structure en s'oxydant eux-mêmes. Les peintures constituent cependant la plus grande part des dépôts protecteurs. Elles représentent en coût environ 1% de l'investissement total d'une usine<sup>5</sup>.

La deuxième grande technique est la protection cathodique<sup>6</sup>. Le principe de cette protection est celui de la corrosion bimétallique. Ici encore un métal fort actif, tel le zinc, est fixé à une structure en fer que l'on veut protéger. La destruction du zinc par la réaction :



libère des électrons qui vont provoquer une réaction cathodique sur le fer. Ce dernier agit alors comme cathode et est protégé.

Cette technique est aussi appliquée pour la protection des pipelines. Dans ce cas toutefois, le métal qui fournit les électrons, ou anode sacrificielle, est généralement en magnésium ou alliages de ce métal. Pour de longues distances on emploie aussi la méthode des courants imposés. Un courant électrique redressé permet de forcer les électrons dans la structure pour y provoquer la réaction cathodique de réduction. L'anode est alors de graphite ou autres matériaux non-solubles.

La protection des métaux contre la corrosion peut encore être obtenue en ajoutant à la solution des produits appelés inhibiteurs, qui ralentissent considérablement la vitesse de l'oxydation métallique. Ces inhibiteurs peuvent être des composés organiques<sup>7</sup> qui s'absorbent à la surface du métal en créant ainsi une barrière protectrice. Ils peuvent aussi être des agents oxydants qui favorisent la formation d'oxydes minces superficiels et protecteurs. Ces derniers entraînent la passivation du métal<sup>8</sup>.

La corrosion est par définition une réaction chimique entre le métal et son environnement. La nature et la composition de ces deux milieux sont donc fort importantes en ce qui concerne les vitesses de la détérioration du métal. Une bonne connaissance de la chimie de cet environnement est donc nécessaire. De plus, les métaux sont plus ou moins sensibles à la corrosion, et les éléments d'alliage peuvent avoir des effets favorables ou défavorables. Le choix des matériaux pour un environnement donné constitue donc un aspect de la lutte contre la corrosion.

L'analyse métallurgique des défaillances révèle souvent des choix non judicieux qui, joints à l'absence de toute protection, entraînent des pertes considérables. La faible sensibilisation de nos ingénieurs et techniciens en matière de corrosion et de prévention est donc en

grande partie responsable de cet état de choses.

Cet aspect du génie, pourtant si important puisqu'il touche à toutes les spécialités, est malheureusement peu enseigné. Nous allons dans la section suivante considérer la formation en corrosion donnée dans les écoles de génie.

### La formation en génie

La corrosion, et surtout les connaissances qui en constituent la base scientifique (c'est-à-dire l'électrochimie, avec en particulier les procédés d'électrodes, discutée dans une perspective génie) sont peu enseignées, comme le montrait déjà en 1968 le rapport Casey<sup>9</sup>, et plus récemment R. Barradas<sup>10</sup>.

Beaucoup d'ingénieurs n'ont donc qu'une faible compréhension de la corrosion, qui trop souvent leur apparaît comme un simple problème de maintenance, ou tout au plus de choix des matériaux et d'analyse métallurgique des défaillances. Les techniques de protection, avec leurs bases électrochimiques, leur échappent souvent et ne sont donc pas systématiquement appliquées.

La conception et l'installation de systèmes protecteurs qui permettent de prévenir la corrosion sont cependant essentielles à la diminution des coûts industriels, et devraient de ce fait figurer au curriculum de la formation en génie.

Un tel enseignement devrait se baser sur une bonne connaissance de l'électrochimie, qui est la science de base de la corrosion et de très vastes secteurs de l'industrie. Ces derniers produisent le zinc, le cuivre, l'aluminium, la soude et le chlore<sup>11, 12</sup> ainsi qu'une partie du domaine de l'énergie, avec les piles, les accumulateurs (de voiture) et la production de l'hydrogène. Tous ces domaines, si importants de nos jours, reposent sur les mêmes principes de génie électrochimique si peu enseignés.

L'absence de traités de base d'électrochimie utilisables dans un cours de génie est un autre facteur important de cette carence. Il y a donc place pour un ouvrage qui présente simplement les concepts de base en tenant compte des progrès récents de la recherche, surtout en procédés d'électrode, et les illustrant d'exemples pris dans la technologie industrielle. L'osmose science et technologie qui en résulterait fournirait la base essentielle d'une bonne compréhension de la corrosion et de sa prévention.

Si ce tableau est peu encourageant, il importe quand même de dire que les départements de génie métallurgique et de génie chimique de l'École Polytechnique ont institué des cours de génie électrochimique et qu'un effort similaire a été conduit à l'Université Laval. Il convient aussi de noter les cours du soir en corrosion électrochimique de l'Université Concordia qui s'adresse à des jeunes ingénieurs œuvrant dans l'industrie. Même si cet effort encore ti-

mide n'est pas généralisé, il n'en résulte pas moins que le Québec se place à ce point de vue relativement bien.

Le complément de formation nécessaire dans ce domaine est donc en grande partie offert actuellement par l'Association Nationale des Ingénieurs en Corrosion (NACE). Cette société scientifique basée à Houston, Texas, offre des cours fondamentaux et pratiques pour praticiens et une accréditation en tant que « spécialiste en corrosion ».

Il y a donc un grand besoin de renforcer les cours d'électrochimie et de corrosion dans nos facultés de génie. Ce travail doit se faire par des professeurs qui font de la recherche dans le domaine des procédés d'électrode et maintiennent un lien étroit avec l'industrie électrochimique. La recherche et la formation de chercheurs apparaît donc ici aussi comme le complément indispensable d'un enseignement universitaire<sup>13</sup>.

### Recherche et formation de chercheurs

Nous venons de voir qu'un enseignement moderne dans le domaine de la corrosion et de l'électrochimie doit aujourd'hui s'accompagner de travaux de recherche dans ces mêmes domaines. La recherche qui se pratique dans les facultés de génie est toutefois une recherche universitaire qui a pour premier objectif la formation de chercheurs. Elle veut ensuite contribuer au développement technologique en s'efforçant d'assurer l'osmose entre la science pure et les besoins de l'industrie. Elle participe enfin à la recherche de connaissances nouvelles qui restent plutôt le domaine des facultés de sciences pures.

C'est dans ce rôle d'intermédiaire entre la science et l'industrie que le professeur en génie et ses étudiants de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycle sentent le mieux leur vocation de recherche et de contribution à la société. Il convient donc de bien situer les deux partenaires qui nécessairement sont impliqués dans nos travaux. Le premier partenaire, la recherche en science, est engagé dans un effort de dépassement par l'accroissement de connaissances afin de mieux comprendre le monde qui nous entoure. Ce travail est déjà très exigeant en soi, et par conséquent ne permet pas toujours la possibilité de penser aux usages industriels.

Le deuxième partenaire est l'industrie qu'Allan Crawford, président de la compagnie Amatek Electronics Industry, nous présente comme « consommant des connaissances et de l'énergie pour transformer la matière dans le but d'en augmenter la valeur marchande » et de permettre ainsi des profits<sup>14</sup>.

Le rôle de la recherche en génie se situe donc bien dans des travaux in-

termédiaires entre les besoins présents ou futurs de l'industrie et cette science théorique peu accessible à beaucoup d'ingénieurs. La formation de chercheurs en génie se place ici fort bien, car à côté de la rigueur, de la méthodologie et des autres qualifications que nous développons chez nos étudiants, nous les plaçons dans une perspective des besoins du renouvellement de l'industrie qui veut rester compétitive.

Le passage de la découverte scientifique à son utilisation industrielle est cependant une étape très difficile qui prend souvent un temps considérable. Le passé abonde en exemples de tels délais. Dans le présent exposé nous nous limiterons toutefois à quelques cas empruntés à la corrosion.

Vers 1820 Davy invente et applique avec succès la protection cathodique. Il faudra cependant attendre les lendemains de la Deuxième Guerre Mondiale pour voir cette technique se généraliser. Aujourd'hui encore beaucoup d'ingénieurs hésitent, souvent sans raison valable, à l'utiliser. Il y a aussi la théorie de la tension mixte découverte<sup>15,16</sup> par C. Wagner dans les années '30 et dont l'usage ne s'est répandu dans l'industrie que dans les années '70. L'application de l'émission acoustique à la corrosion commence seulement à se répandre dans les années '80, alors que la piezo-électricité fut découverte par les Curie en 1880<sup>17</sup>.

Ces délais sont beaucoup trop longs, et coûtent fort cher. Ils sont en grande partie responsables des 40% qui, selon le rapport Battelle<sup>1</sup>, pourraient être économisés par l'application de la science et de la technologie connue. Ces 40% coûtent, rappelons-le, pour le seul Québec 1,6 \$ milliards en 1982.

C'est dans cette perspective qu'il faut placer le rôle de la recherche et de l'enseignement dans les facultés de génie.

L'espoir que nous avons est de réussir par des travaux de recherches fondamentales et appliquées à abrégier les temps de réponse entre la découverte et l'utilisation. Plus généralement, il convient de créer les outils scientifiques et techniques de nouveaux développements industriels, ou plus simplement d'améliorer ceux qui existent.

Les facultés de génie ont donc ici un rôle à jouer par des recherches qui ne prétendent pas toujours à la découverte de nouvelles théories, mais à la précision ou à l'applicabilité de certaines théories à des aspects prometteurs du génie de la corrosion. En corrosion ou plus généralement en électrochimie, le besoin le plus criant est certainement au niveau des procédés d'électrodes, qu'il convient de mieux comprendre pour mieux les contrôler, ce contrôle pouvant être de ralentir les processus de corrosion ou de favoriser un procédé désiré, comme dans l'électrolyse<sup>18</sup>.

Les récents travaux théoriques et

les techniques de laboratoire qu'ils ont suscitées offrent par exemple la possibilité d'une nouvelle approche dans l'étude de l'interface métal-électrolyte<sup>19</sup>. Elle ouvre l'espoir d'une meilleure compréhension des inhibiteurs organiques et de leur sélection pour des usages spécifiques. C'est également par de tels travaux que professeurs et assistants de recherche en génie nouent des liens et coopèrent avec l'industrie.

### Conclusions

La corrosion, comme l'électrolyse et l'énergie (hydrogène, piles et accumulateurs), représente donc une des applications importantes de l'électrochimie. Ce domaine est déjà bien représenté dans les universités francophones du Québec par un ensemble de cours et de recherche qui se complètent heureusement.

Les professeurs responsables de ce développement électrochimique se connaissent personnellement, et une certaine concertation, non-institutionnalisée, permet un développement harmonieux qui ouvre la voie à la constitution d'une réelle force de frappe technico-scientifique. Les chercheurs des laboratoires industriels et gouvernementaux participent d'ailleurs à cet effort général.

En dépit des contraintes financières, il y a donc une émergence d'une quarantaine de chercheurs compétents et motivés, conscients des possibilités que peut offrir au pays un domaine aussi multidisciplinaire que l'électrochimie.

La présence de puissantes industries locales comme celles du zinc, du cuivre, de l'aluminium, de la soude et du chlore, autant que les coûts relativement avantageux de l'électricité, donnent d'ailleurs une assise technico-scientifique solide. Les techniques de protection contre la corrosion, très coûteuses, trouvent donc ici une base fondamentale de développement, et une ville à potentiel international comme Montréal se trouve bien placée pour favoriser les petites et moyennes entreprises œuvrant dans ce domaine. De plus, les nouvelles théories et techniques de recherche récemment développées en électroanalyse apportent des moyens importants pour mieux attaquer des problèmes comme celui des inhibiteurs organiques de corrosion.

Le discours prononcé par le ministre Godin au banquet 1982 de l'AC-FAS montre que notre gouvernement a compris l'importance de cette grande fenêtre de développement technologique qui apparaît comme potentiellement très fructueuse. Nous souhaitons donc un encouragement et un appui à ce qui existe et dont les succès déjà établis sont un gage de développement pour l'avenir.

Le dynamisme des électrochimistes québécois, avec son potentiel d'innovation en corrosion, s'exprime aussi par leur implication dans l'organisation

de réunions scientifiques, comme par exemple la dernière réunion internationale de la Société Electrochimique tenue à Montréal en mai dernier.

L'importance économique de la corrosion, qui coûte plus cher au Québec que le déficit total du gouvernement, mérite cependant une attention toute particulière. Tout ceci montre à quel point une réelle force de frappe québécoise est prête à se développer dans le domaine de l'électrochimie et des applications.

**l'ingénieur**

### Références

1. H. H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion Control*, John Wiley & Sons, New York, London.
2. H. P. Godard, *Corrosion NACE*, 38, 7 (1982).
3. H. Webster, NACE Canadian Region conference, le 23 février 1982.
4. J. H. Payer, D. G. Dippold, W. K. Boyd, W. E. Berry, E. W. Brooman, A. R. Buhr & W. H. Fisher, *Economic Effects Of Metallic Corrosion in the United States — Appendix B*, Report to the National Bureau of Standards by Battelle Columbus Laboratories, U. S. Dept. of Commerce (1978).
5. D. Downing, *CIM Bulletin* 72, 164 (février 1979).
6. Frank E. Rizzo, *Materials Protection and Performance*, 29-33, February 1973.
7. H. Kaesche and N. Hackerman, *J. Electrochem. Soc.* 105, 191 (1958).
8. D. L. Piron, E. P. Koutsoukos & Ken Nobe, *Corrosion NACE* 25, 151-6 (1969).
9. E. J. Casey, *Electrochemistry in Canada*, Report of Committee 13 to the Chemical Institute of Canada (1968).
10. R. G. Barradas, *Chemistry in Canada*, 35-39, octobre 1980.
11. Gouvernement du Québec M.E.R., Recherche en électrochimie au Québec (février 1982).
12. G. Bélanger, *Chemistry in Canada*, 29, 28 (1977).
13. Journée d'étude recherche enseignement, Université de Montréal, novembre 1980.
14. A. Crawford, *Science et industrie*, AAAS, Toronto, janvier 1981, *SCITEC Bulletin* 10, 11 (1981).
15. C. Wagner and W. Traud, *Z. Elektrochem.* 44, 391 (1938).
16. M. Stern & A. L. Geary, *J. Electrochem. Soc.* 104, 56 (1957).
17. M. N. Bassim & D. L. Piron, *Can. Chem. Processing* 65, 30 (1981).
18. D. Mathieu & D. L. Piron, *Chercheurs* 7, 3 (1981).
19. D. L. Piron, « Corrosion », cours intensifs, *Advanced Instrumental Methods in Electrode Kinetics*, University of Alberta, Edmonton, juillet 1982.

Un outil  
précieux pour  
le constructeur

Mis au point pour favoriser l'utilisation rationnelle et efficace de l'énergie, le programme d'efficacité énergétique des habitations permet au constructeur de bâtir des maisons au rendement énergétique élevé et d'acquérir ainsi une bonne réputation auprès des consommateurs.

Le constructeur intéressé à suivre les recommandations du programme des deux «E» a tout avantage à se procurer le guide technique intitulé "Comment atteindre l'efficacité énergétique EN CONSTRUISANT VOTRE MAISON".



C'est à titre de membre de l'Association canadienne de l'Électricité qu'Hydro-Québec participe au programme d'efficacité énergétique.

*Il suffit de remplir et de poster le coupon ci-dessous à l'adresse suivante:*

Hydro-Québec, Direction Commercialisation,  
Boîte postale 6106, Montréal (Québec) H3C 3H6

Veuillez me faire parvenir  
gratuitement le guide technique  
intitulé: "Comment atteindre  
l'efficacité énergétique EN  
CONSTRUISANT VOTRE  
MAISON".

NOM \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

VILLE \_\_\_\_\_

CODE POSTAL \_\_\_\_\_

# Tendances de la R/D en corrosion

Ghislain Bégin

Après avoir passé en revue les méthodes classiques d'aborder l'étude des phénomènes de corrosion en laboratoire, et d'en avoir dégagé les avantages et les applications concrètes, l'auteur s'interroge sur le potentiel de retombées bénéfiques additionnelles susceptibles de découler du maintien d'une telle approche. Sans suggérer un abandon total des méthodes classiques qui auront toujours leur place, l'auteur suggère l'exploration de nouvelles voies mieux adaptées aux problèmes auxquels font face les secteurs de l'ingénierie de conception et d'entretien. Il cite à cet égard les grandes lignes suivies par les centres de recherche locaux tels que l'IREQ et l'IGM.

## Introduction

Bien que la corrosion soit un phénomène naturel relativement bien compris des chercheurs spécialisés dans ce domaine, plusieurs technologues concepteurs semblent peu s'en préoccuper ou même ignorer son existence dans l'exercice de leur profession, et ce, même dans des secteurs où ce phénomène joue un rôle de premier plan dans la vie utile des produits qu'ils conçoivent.

On peut relever des exemples frappants où des modifications mineures de conception suffiraient à faire diminuer sensiblement, sinon éliminer certains problèmes aigus de corrosion. Citons à cet égard le comportement de l'industrie automobile qui, malgré de récents efforts louables pour corriger la situation, produit encore des modèles où les fissures planifiées sont légions.

Si, dans plusieurs cas, une meilleure diffusion et surtout une application plus rigoureuse des connaissances actuelles en corrosion dans les secteurs

d'ingénierie de conception suffisaient à réduire sensiblement les problèmes associés à ce phénomène, quelles devraient être les lignes directrices suivant lesquelles une intensification des efforts de R/D (recherche et développement) en corrosion conduirait à des retombées bénéfiques en ingénierie? C'est selon cette perspective et aussi à partir des tendances qui se dégagent des travaux actuellement en cours à l'IGM que cet article se veut une réflexion sur le rôle que la R/D devrait jouer parmi l'ensemble des moyens d'action disponibles pour lutter contre la corrosion.

## Rôle de la R/D dans la lutte contre la corrosion

### Matériaux métalliques et approche classique

La plupart des matériaux métalliques employés en ingénierie sont utilisés dans un état métastable, et comme ils sont presque toujours, lors de leur utilisation, en contact avec un milieu agressif (eau, air, polluants, etc.), il y aura inévitablement corrosion en service. Il ne faut pas s'imaginer que les efforts de la R/D en corrosion ont donné naissance à des alliages miracles et économiques, qui ne seraient pas, à toutes fins pratiques, soumis à ce phénomène naturel et demeureraient stables en présence de tous les environnements imaginables. Bien qu'il existe des espoirs dans cette direction, entre autre au niveau du développement des métaux amorphes, les quantités fabriquées par les procédés actuels sont si faibles, qu'elles suggèrent une pénétration très limitée du marché par ce genre de matériaux.

Le principal rôle que puissent alors jouer les chercheurs en ce qui a trait aux matériaux métalliques est de bien établir les relations qui serviront à prédire quantitativement leur comportement dans un environnement donné, et dans des conditions de service particulières. Afin d'atteindre cet objectif, la méthode la plus en usage consiste à observer, à échelle réduite, c'est-à-dire en éprouvette de laboratoire, le comportement des matériaux sous un contrôle rigoureux des sollicitations thermomécaniques, chimiques et élec-

trochimiques. Par exemple, des études de ce genre sur la corrosion des matériaux sous tension, ont généré à l'infini des données indiquant les seuils de contraintes critiques, caractéristiques de diverses combinaisons matériaux/environnements. De telles études ont permis de comprendre les principaux mécanismes responsables de ces phénomènes. Grâce à ces résultats, on a pu établir un ensemble de conditions sécuritaires de fonctionnement qui servent aujourd'hui dans la sélection rationnelle des matériaux lors de la conception de systèmes destinées à la maintenance ou au transport d'agents agressifs.

Malgré les mérites de cette approche, elle présente des difficultés: en premier lieu il existe une quasi infinité de situations pour lesquelles les données de base n'existent pas, et qu'il est souvent impossible de simuler adéquatement en laboratoire; en second lieu, les changements d'échelles requis (échelles dimensionnelles et temporelle) pour transposer les résultats obtenues en laboratoire aux systèmes réels présentent des problèmes.

Dans le premier cas, il faut non seulement composer avec la nature du matériau, de l'environnement et des conditions de service, mais aussi avec d'autres variables telles que les procédés de fabrication (mise en forme, assemblage, traitements thermiques, etc.), qui peuvent avoir des influences non négligeables sur le comportement en corrosion. Mentionnons simplement à cet égard l'influence des contraintes résiduelles et de l'effet de dilution associés au procédé de soudage. Il est également difficile de simuler en laboratoire des sollicitations multiaxiales et aléatoires, infailliblement appliquées aux pièces d'équipement fonctionnelles en service.

Dans le deuxième cas, à savoir les problèmes reliés aux changements d'échelles, mentionnons simplement le peu de valeur, pour fins de prévision de performances, qu'ont eu les innombrables essais de corrosion atmosphériques sur éprouvettes standardisées. Tout au plus ont-ils permis de tamiser différents matériaux en un lieu et à une époque donnés.

Si donc l'approche classique d'étude de la corrosion se heurte à de sérieuses difficultés en ce qui a trait à la génération de données utilisables en pratique, comment devrait-on la modifier?

### Matériaux métalliques, nouvelles tendances

S'inspirant sans doute des méthodologies en usage dans le secteur aéronautique en ce qui a trait à la prévision et au contrôle de la performance structurale des aéronefs, les laboratoires modernes de corrosion (dont l'objectif est davantage la génération de données utiles aux ingénieurs que la

**M. Ghislain Bégin** termina ses études de 1<sup>er</sup> cycle en 1962 à l'Université Laval où il obtint un B.Sc. en physique. Après un séjour d'une année au CNRC à la division de physique appliquée dans la section d'interférométrie, il retourna à Laval où il obtint une maîtrise en 1965 option métallurgie et un doctorat en 1967, option métallurgie. Il fut par la suite embauché par la Compagnie générale d'électricité de France où il œuvra aux laboratoires de recherches de Marcoussis dans le domaine des piles à combustibles, plus particulièrement au niveau du rendement de

l'électrode à hydrogène en milieu acide, fabriqué à partir d'oxydes mixtes. Ensuite, il revint au Canada, à l'IREQ où il organisa la section de métallurgie de la Direction Recherches & Essais en matériaux. Dans ce contexte, il fut impliqué dans les problèmes de corrosion des pylônes et de la quincaillerie de lignes, des centrales hydrauliques et nucléaires. Depuis deux années et demie, il est détaché au CNRC à titre de conseiller technique au Directeur de l'Institut de génie des matériaux.

compréhension intrinsèque des mécanismes en jeu) ont davantage tendance à orienter leurs essais selon la mission que subira le matériau en service. Ainsi, plutôt que de maintenir constantes les conditions d'essais (environnement, contraintes), on tente de simuler les conditions réelles auxquelles le matériau sera soumis en service. Cette approche donne naissance à un nouveau champ d'activité, celui du *monitoring* des pièces d'équipement en service.

Ainsi, de la même manière que dans le secteur aéronautique, on enregistre les missions à l'aide d'avions instrumentés dans le but de mettre au point des essais de fatigue représentatifs des conditions de service, en corrosion on instrumente de plus en plus les installations afin de déterminer comment varie l'environnement.

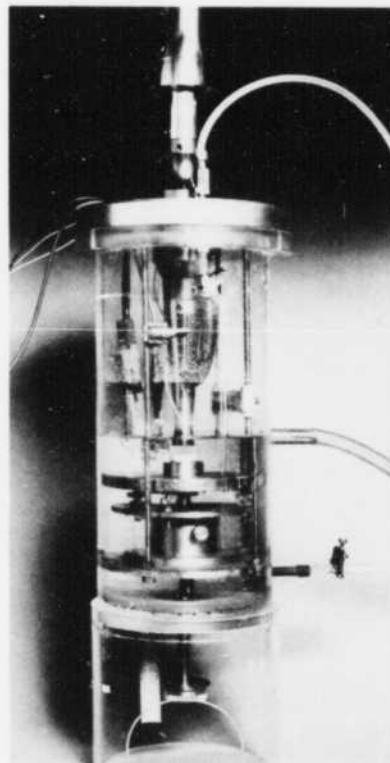
Citons simplement à cet égard l'attention qu'on porte au caloporteur et à l'eau du circuit secondaire des centrales nucléaires de type CANDU. Une surveillance rigoureuse de l'oxygène dissout, du pH et des ions Na assure, à partir d'actions appropriées dans le cas où les niveaux critiques sont dépassés, l'intégrité des tubes des générateurs de vapeur, unique cloison entre les zones à radioactivité intense et les autres zones de la centrale.

Dans une boucle expérimentale de l'Énergie Atomique du Canada Ltée (EACL),<sup>1</sup> on a pu se permettre de simuler des excursions au-delà des niveaux critiques des agents corrosifs et en déduire l'influence sur l'intégrité des tubes. C'est d'ailleurs à partir de tels essais qu'on a pu établir des niveaux critiques sécuritaires.

Dans un secteur technologique moins avancé mais économiquement aussi important, celui du bâtiment, les chercheurs de la division du bâtiment du Conseil National de Recherches du Canada (CNRC)<sup>2</sup> ont mis au point un détecteur de la durée de mouillage des surfaces métalliques. Ce paramètre émerge comme étant un des principaux facteurs favorisant la corrosion atmosphérique et explique souvent le fait que, lors d'essais standards de corrosion atmosphérique en un lieu donné, l'orientation des éprouvettes et la hauteur à partir du sol du point d'exposition influence les taux de corrosion. L'usage de tels détecteurs pour faire un *monitoring* rigoureux des conditions en cours en différents points d'un bâtiment fait l'objet d'un projet de recherche à l'Institut de génie des matériaux (IGM)<sup>3</sup> qui est susceptible de conduire à l'optimisation du choix des matériaux des bâtiments métalliques (fermes, entrepôts, etc.). Par ailleurs, le couplage de ce détecteur avec l'essai de Pourbaix sur les aciers patinables<sup>4</sup> qui consiste à soumettre une éprouvette à des cycles immersion-séchage et à mesurer les potentiels de repos durant les cycles d'immersion afin d'évaluer l'effet protecteur de la couche d'oxyde, devrait permettre

de rationaliser le choix des aciers patinables pour un endroit donné.

Enfin, un dernier exemple où le *monitoring* couplé à des essais de laboratoire est susceptible d'assister l'ingénierie de conception et d'entretien nous vient des recherches sur la cavitation effectuées à l'Institut de Recherches d'Hydro-Québec (IREQ). Une sonde électrochimique de cavitation, mise au point conjointement par l'IREQ et l'Université de Paris<sup>5</sup>, permet de déterminer la fraction du temps pendant laquelle un équipement hydraulique subit le phénomène de cavitation. De tels renseignements, jumelés à des essais accélérés en laboratoire pour évaluer les performances de différents matériaux anti-cavitation, permettront d'optimiser l'ensemble des mesures anti-cavitation, soit la nature du revêtement utilisé d'une part, et la fréquence des réparations d'autre part. Hydro-Québec expérimente actuellement de tels sondes en des points stratégiques de son réseau de production.



Cellule d'essai de cavitation ultrasonique utilisée pour divers types d'essais de cavitation à l'IREQ.

Ces quelques exemples démontrent bien les tendances actuelles des efforts de R/D en vue d'assister l'ingénierie de conception et d'entretien. Elles émergent d'un besoin accru de prédire de façon plus rigoureuse les performances des pièces d'équipement en service. Deux principales activités s'en dégagent : le *monitoring in situ* des paramètres significatifs, (ces derniers doivent par ailleurs être déterminés selon l'ap-

proche classique), et la réalisation d'essais représentatifs de simulation des conditions de service s'inspirant des données générées par le *monitoring*.

#### Revêtements

Dans la lutte contre la corrosion, la connaissance du phénomène *per se* est un point important mais non suffisant pour agir efficacement, car dans une grande majorité de cas pratiques, l'exposition d'alliages nus à un environnement agressif ne se produit pas. On utilise donc souvent un revêtement quelconque qui isole l'alliage des agents agressifs. Dans de tels cas, il devient tout aussi important de bien comprendre les propriétés isolatrices (polymères) ou anticorrosives (peintures à base de Zn) du revêtement que la performance de l'alliage dans l'environnement donné, autant pour aider au choix initial du revêtement, que pour faciliter son remplacement ou ses réparations périodiques.

Les chercheurs en corrosion semblent avoir partiellement ignorés l'étude des revêtements, sans doute à cause de leur formation initiale généralement en électrochimie ou en métallurgie dont l'utilité pour l'étude des revêtements est limitée. Deux autres facteurs ont pu contribuer à éloigner les scientifiques des études rigoureuses des revêtements anticorrosifs.

En premier lieu, les essais classiques d'adhésion et de plasticité<sup>6</sup> relèvent davantage de l'artisanat que de la technologie, et en deuxième lieu, l'industrie des revêtements (peintures) n'est pas aussi bien structurée que celle de la métallurgie (production d'alliages) de sorte qu'il existe une grande variété de produits susceptibles d'être utilisés comme revêtements anticorrosifs dont on ne peut garantir la continuité des propriétés.

Malgré ce contexte, il semble important que plus de chercheurs s'attaquent à une étude plus rigoureuse du *composite* alliage/revêtement et utilisent leur imagination pour développer de nouveaux produits, mettre au point des méthodes d'application et de caractérisation plus rigoureuses et rendent ainsi possible la prévision des performances de l'ensemble. En ce qui a trait aux nouveaux procédés d'application, citons les efforts louables des chercheurs de l'École Polytechnique<sup>7</sup> en vue de développer un revêtement polymérique déposé par réaction à l'intérieur d'une cavité résonnante. Quant aux autres volets mentionnés, des études requises pour les aborder rationnellement constituent une partie importante du plan d'action de l'Institut de génie des matériaux du CNRC<sup>8</sup>.

#### Résumé et conclusions

La méthode d'étude classique en corrosion a permis de dégager, dans les grandes lignes, les principaux mécanismes en jeu, et d'identifier les espèces

# abstracts

responsables du phénomène. Elle demeure encore utile pour compléter la génération de telles données, mais ces dernières sont difficilement transposables aux cas pratiques auxquels font face les ingénieurs de conception et d'entretien.

Il faut donc compléter cette approche en tentant de rapprocher davantage le laboratoire de la pratique. Ceci ouvre deux volets importants pour la R/D en corrosion, soit celui du *monitoring* de l'environnement et des contraintes auxquelles sont soumises les pièces d'équipement, et enfin celui de la conception d'essais représentatifs en laboratoire à partir des données générées par le *monitoring*.

En fin de compte des efforts accrus et rationnels sont requis pour mieux comprendre les propriétés anticorrosives des revêtements traditionnels, pour en développer de nouveaux et pour mieux les caractériser.

Ces nouvelles tendances ont effectivement pour objet de générer des données complémentaires à celles de l'approche classique et de mettre à la disposition des concepteurs et des responsables de l'entretien les informations pertinentes pour optimiser ces deux fonctions.

l'ingénieur

## Références

1. P.V. Balkrishnan, E.G. McVey, *Model Boiler Study On Deposition & Corrosion*, NACE Canadian Eastern Regional Conference, Montréal, Québec, Sept. 77.
2. *ASTM Bulletin Measurement of the Time-Of-Wetness by Moisture Sensors and Their Calibration*, P.J. Sereda, S.G. Croll & H.F. Slade. STP of ASTM on Atmospheric corrosion, Denver, Colorado, May 1980.
3. *Etude de la corrosion atmosphérique : Rapport d'initiation du projet IGM # 005*, J.J. Hechler.
4. M. Pourbaix, *Proceeding 5th International Conference on Metallic Corrosion*, Tokyo, 1972. *Application of Electrochemistry in Corrosion Science and in Practice*.
5. R. Simoneau, J.L. Fihey, L. Chincholle, *Symposium 1982 de l'Association internationale de recherches hydrauliques*, Amsterdam, sept. 1982.
6. ONGC 1-GP-71 : Méthodes d'essais des peintures et pigment. Méthode 135.1 Adhérence, essai au couteau. Méthode 119.4 Souplisse basse température, plage sur le mandrin conique.
7. Schreiber, H.P., M.R. Wertheimer, A.M. Wrobel, *Corrosion Protection by Plasma — Polymerized Coatings: Thin Solid Films*, 72, 487-493 (1980).
8. Institut de génie des matériaux, Publication réalisée par la Direction de l'information publique, Conseil national de recherches du Canada, juin 1980.

## Engineering & Corrosion 5

by Jean-Jacques Lamoureux Eng.

The author presents the systematic approach to the protection against corrosion as utilized in the waste water treatment plant of Montreal Urban Community as an example of engineer's role in the fight against corrosion.

## Corrosion : Innovation & Education 11

by Dominique-Louis Piron, Eng.

The causes of corrosion and the available means of protection are reviewed here. Teaching of this field at the undergraduate and graduate levels is then discussed.

## Trends in Corrosion R & D 15

by Ghislain Bégin

Classical laboratory approaches to the study of corrosion have yielded valuable results and have led to concrete practical applications in terms of design and maintenance. However, further use of these techniques to predict life performance appears to be somewhat limited. The author suggests additional complementary methods more closely related to engineering applications.

## Means of Fighting Corrosion 19

by Robert A. Hartley

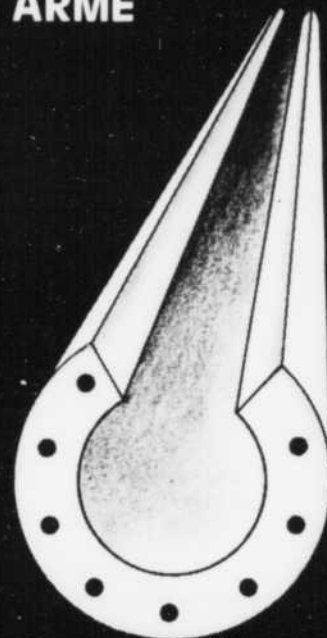
There are four methods which prevent corrosion; these are: removal of cathodic substances, restricting the access of moisture, gases and salts, electrical methods and chemical inhibition. No one method will completely prevent corrosion but combinations of these methods together with proper design of the structure to be protected, the writing of detailed specifications and proper inspection procedures will significantly delay the onset of corrosion and prevent catastrophic failures due to corrosion.

## Corrosion : Its Consequences in the Petroleum Industry 23

by Robert Roy, Eng.

Enormous quantities of metallic parts, especially iron under various forms, are used in installations for storing, distributing and selling petroleum products. The article describes our own experience with corrosion and is intended to prompt the reader to give the matter serious consideration and, possibly, to help him solve his own problems.

## C'EST PLUS QUE DU BÉTON ARMÉ



Les poteaux de béton armé centrifugé sont les poteaux les plus durables.

Un concept éprouvé et une fabrication soignée en font des poteaux robustes qui possèdent une surface pratiquement inattaquable. Et comme nous les produisons selon vos propres spécifications, vous conviendrez avec nous que

**LES POTEAUX DE BÉTON CENTRIFUGÉ SONT REMARQUABLES.**



**LES BÉTONS CENTRIFUGÉS**  
division de la  
Compagnie Meloche inc  
3125, boul. Saint-Charles  
KIRKLAND (Québec) H9H 3B9  
Tel. (514) 695-3395

RENDEMENT EXCEPTIONNEL



Grâce aux nouvelles techniques d'  
**ARPENTAGE ELECTRONIQUE**

**INERSAP inc. vous offre les meilleurs**  
spécialistes dans les domaines

de la  
**TECHNOLOGIE**  
INERTIELLE

et du  
**POSITIONNEMENT**  
PAR SATELLITES

Qu'il soit question

- \* de consultation
- \* d'exécution des travaux
- \* de gestion de projet
- \* d'analyse des résultats
- \* de traitement des données

INERSAP Inc. tient à votre disposition  
toutes ses ressources humaines et techniques.



3005, Maricourt,  
Ste-Foy, Québec, G1W 4T8  
Tél. : (418) 656-1572  
Télex : 051-31576

**"CHEF-FOURNISSEUR de métaux**  
**de qualité contrôlée"**



**Classes pour la cyanuration,**  
**les produits chimiques**  
**et la PEINTURE.**

**CIE FEDERATED GENCO LIMITÉE**

1400, rue Norman  
LACHINE, QUÉBEC H8S 1A8  
(514) 637-3591  
Télex : 05-821603

4480 Harvester Road P.O. Box 5031  
BURLINGTON, ONT. L7R 3Y8  
(416) 637-5203  
Télex : 061-8778

14334 — 121 A AVENUE  
EDMONTON, ALBERTA T5L 4L2  
(403) 451-4495  
Télex : 037-3517

## FRANC PARLER

### La construction en climat arctique

par: Ron  
KETTLES



Directeur, construction

La réussite des grands travaux dans l'Arctique dépend de l'intégration des moyens techniques, de ravitaillement et de construction en un plan logistique bien conçu, avec l'appui des communications, des utilités, de l'équipement et d'un personnel formé.

Bechtel Canada a construit des pipe-lines dans les montagnes Rocheuses et au Yukon, ainsi que des installations minières et hydroélectriques au Labrador et dans le nord du Québec, des installations d'exploitations des sables bitumineux dans le nord de l'Alberta et des installations minières dans les Territoires du Nord-Ouest et au Groenland. Pour surmonter les obstacles posés par l'environnement de l'Arctique, il est indispensable d'utiliser des méthodes ingénieuses de conception et de construction.

Nos équipes de spécialistes ont ainsi fait preuve d'initiative pour s'acquitter des audacieuses missions dont ils ont été chargés: ils ont eu recours à une méthode de pré-assemblage modulaire, à Edmonton, pour le projet des sables bitumineux de Syncrude, ils ont installé un funiculaire d'un côté à l'autre du fjord du Marmorilik pour transporter le minerai du mont Black Angel, au Groenland; pour permettre l'exploitation de la mine Polaris, ils ont chargé sur des barges, à Trois-Rivières au Québec, une installation de concentration de minerai qui a ainsi été-remorquée sur 5370 km jusqu'à l'île Cornwallis, à moins de 105 km du pôle nord magnétique.

Nos principes:

- dresser un plan détaillé, et ne pas s'en écarter dans l'exécution;
- savoir accepter l'inévitabilité de ce qui est irréalisable ou trop coûteux à modifier;
- adapter les principes et techniques de construction de façon à profiter au maximum des avantages naturels du site;
- savoir innover et trouver des réponses simples et imaginatives aux problèmes qui se posent; et enfin,
- assurer d'excellentes communications entre les éléments du groupe affecté au projet.

Ceux qui se proposent d'aller exploiter les ressources encore emprisonnées dans les régions glaciales ne doivent pas oublier que la Nature peut n'être pas une adversaire, mais une alliée au potentiel largement inexploité.



## BECHTEL CANADA

Les bâtisseurs de l'industrie

Montréal Toronto Edmonton Vancouver

# Comment combattre la corrosion

Robert A. Hartley

On connaît quatre méthodes de prévention de la corrosion : l'enlèvement des substances cathodiques, les revêtements protecteurs, les méthodes électriques et l'inhibition chimique. Aucune méthode, à elle seule, n'empêchera la corrosion, cependant, une combinaison de ces méthodes avec une conception adéquate de la structure à protéger, l'établissement de devis détaillés et des inspections régulières retarderont considérablement les ravages de la corrosion et éviteront les bris, quelquefois catastrophiques, qu'on peut lui imputer.

## Introduction

La corrosion est la réaction électrochimique qui conduit à la destruction ou à la détérioration des métaux. L'énergie électrique nécessaire à cette réaction peut être obtenue de deux sources :<sup>(1)</sup> pile galvanique se formant quand deux métaux différents sont mis en contact électrique l'un avec l'autre, et <sup>(2)</sup> pile électrolytique se formant quand une source externe de courant fournit l'énergie nécessaire à la réaction.

Pour qu'il y ait corrosion, les surfaces anodiques et cathodiques doivent être unies électriquement dans le milieu ambiant. De plus, l'eau et l'oxygène doivent être présents, ce dernier pour dépoliariser la réaction cathodique la plus fréquente :



La présence de différents ions permet à la réaction de se produire en diminuant la résistance électrique de la phase aqueuse et, dans le cas d'ions de chlorure et de sulfure, peut accélérer le taux de la corrosion.<sup>(1)</sup>

## Comment retarder la corrosion

Il existe quatre façons de combattre la corrosion.

**M. Robert A. Hartley** a obtenu son B.Sc. (chimie) à l'Université de Londres en 1952. Spécialiste accrédité (NACE) en corrosion depuis 1975 et membre (Fellow) de la Royal Society of Chemistry depuis cette année, M. Hartley a occupé, en trente années, diverses fonctions au sein de Peinture Internationale. Il est actuellement vice-président des ventes techniques de cette société au Canada.

Tableau I

## Métaux

— Zinc	— 1.03
— Fonte	— 0.61
— Acier au carbone	— 0.61
— Acier inoxydable Type 430, Actif	— 0.57
— Acier inoxydable Type 304, Actif	— 0.53
— Laiton laminé marin	— 0.40
— Cuivre	— 0.36
— Laiton amirauté	— 0.29
— 90 Cu-10Ni, 0.82 Fe	— 0.28
— Acier inoxydable Type 430, Passif	— 0.22
— Nickel	— 0.20
— Hastelloy C	— 0.08
— Monel 400	— 0.08
— Acier inoxydable Type 304, Passif	— 0.08

## Potentiel à l'état stable

Volts par rapport à l'électrode de référence au calomel, Eau de mer, Vitesse 13 pps, 25°C

## Enlèvement

### des substances cathodiques

C'est généralement une méthode secondaire de combattre la corrosion.

Dans le cas de l'acier, les couches oxydées, appelées calamines, sont très cathodiques par rapport à l'acier. On sait maintenant que la calamine doit être enlevée afin de prévenir la formation des piqûres et de la corrosion sur la surface de l'acier. Ceci est obtenu par le décapage au sable ou à la grenaille et quelquefois par décapage chimique. Quand la surface de l'acier est décapée de ces façons, on obtient une meilleure adhérence et une meilleure efficacité du système de revêtement.<sup>(2,4)</sup>

Des descriptions précises des diverses méthodes d'enlèvement de la calamine ont été publiées par le *Steel Structures Painting Council*, l'*Association Nationale des Ingénieurs en Corrosion* et le *Bureau des Spécifications du Gouvernement du Canada*, et le *Bureau des Normes du Québec*, entre autres. C'est pourquoi cet aspect de la prévention de la corrosion ne sera discuté ici.

La plupart des ingénieurs reconnaissent que le cuivre et ses alliages sont cathodiques par rapport à l'acier et par conséquent, accéléreront la corrosion de l'acier mis en contact électrique direct avec eux. Certains, cependant, ne reconnaissent pas que la plupart des aciers inoxydables sont également cathodiques<sup>(5)</sup>, tel que démontré au tableau I.

De plus, il y aura corrosion si des aciers inoxydables sont en contact direct avec l'acier doux : par exemple, les câbles chauffants dans les réservoirs de stockage.

### Les revêtements protecteurs

La perméabilité des couches de peinture a été étudiée depuis plusieurs années par de nombreux chercheurs.

Mayne<sup>(6)</sup> a démontré que les couches de peinture sont tellement perméables à l'eau et à l'oxygène qu'elles ne peuvent empêcher la réaction cathodique de se produire. Toutefois, il ne faudrait pas oublier que la perméabilité est affectée par plusieurs facteurs tels que la composition chimique de la résine, l'épaisseur du feuillet, les propriétés électriques, la pigmentation, la méthode d'application, la solubilité des pigments, la rétention du solvant et la concentration en volume du pigment. De plus, les résultats des tests de perméabilité doivent être interprétés avec prudence puisque ces tests sont faits sur un feuillet libre alors qu'en pratique le feuillet est fixé à une surface métallique.

Généralement, le principal facteur de contrôle de la corrosion des métaux en immersion totale dans l'eau est l'approvisionnement en oxygène. Dans le cas des métaux exposés aux attaques atmosphériques, c'est le degré d'humidité qui est le facteur de contrôle. C'est pour cela que les métaux exposés à un faible taux d'humidité ont un faible taux de corrosion et ceux exposés à une grande humidité ont un taux de corrosion plus élevé. Pour le zinc, les brumes et rosées fréquentes sont considérées comme étant plus corrosives que la pluie<sup>(1,3)</sup>. La contamination de la surface par les sulfates, les chlorures et les substances inertes comme le sable et les particules de charbon, accélère aussi le taux de corrosion.

Pour lutter contre la corrosion atmosphérique, l'ingénieur devra choisir entre<sup>(7)</sup> :

<sup>(7)</sup> Plus de renseignements peuvent être obtenus du *Steel Structures Painting Council*, Pittsburg, Pa.; German standard DIN 55 928 et British standard BS5493

a) Utiliser des matériaux différents pour les environnements à haut taux de corrosion ;

b) Changer l'environnement de façon à ce qu'il y ait un faible taux d'humidité avec de l'air propre. Ex : conditions d'entreposage des moteurs à réactions, des ordinateurs et des équipements électroniques ;

c) Utiliser des structures d'acier métallisé. Ex : zingage à la flamme, galvanisation ;

d) Utiliser de l'acier avec un revêtement de surface métallique ;

e) Utiliser des revêtements de surface avec ou sans couche d'apprêt enrichie au zinc ;

f) Utiliser des aciers résistant aux intempéries ou patinables, i.e. Corten.

**Méthodes électriques**  
**Résistance électrique**  
**et impédance**

Il est reconnu depuis longtemps que les feuillets de peinture ont une grande résistance électrique. Les recherches de Bacon, Smith et Rugg dans ce domaine sont probablement les mieux connues<sup>(7)</sup>. Au cours de leur recherche, ils ont examiné près de 300 systèmes de revêtement et ont découvert une corrélation entre la performance anticorrosive du revêtement et la résistance électrique. Les revêtements ayant une résistance inférieure à 10<sup>6</sup> ohms/cm<sup>2</sup> ne possèdent qu'un faible pouvoir de protection, et un niveau de résistance de 10<sup>8</sup> ohms/cm<sup>2</sup> s'est avéré nécessaire pour une bonne performance à long terme. Ceci a été confirmé par les travaux de Brown et Anderson<sup>(8)</sup> qui ont déterminé que les systèmes de revêtement à haute performance présentaient un niveau de résistance de 10<sup>8</sup> ohms/cm<sup>2</sup> pour une période d'un an, lorsqu'ils sont immergés dans l'eau salée. Il est intéressant de noter que les méthodes électriques peuvent être utilisées comme une façon non-destructive de tester les revêtements anticorrosifs ; en mesurant soit la résistance<sup>(9)</sup> ou l'impédance<sup>(10)</sup>. Donc, l'introduction d'une résistance élevée dans le circuit électrique réduit le courant de corrosion et par le fait même, réduit la réaction de corrosion.

Récemment<sup>(11)</sup>, l'approche quelque peu simpliste consistant à mesurer uniquement la résistance électrique a été élargie de façon à inclure la mesure de l'impédance. Il y a deux facteurs qui contrôlent le taux de corrosion sous les feuillets de peinture :

a) la résistance électrolytique du revêtement ;

b) la résistance de polarisation provoquée par les réactions électrochimiques qui se produisent à l'interface métal/feuille.

Il est évident que les revêtements à résistance élevée montrent une perméabilité ionique très faible et ainsi, excluent les types d'ions qui contribuent au mécanisme de la corrosion.

La mesure de l'impédance et particulièrement les caractéristiques de fréquence, donnent une mesure de la perméabilité ionique du feuille ainsi que de la résistance de polarisation. Cette dernière est difficile à évaluer puisqu'il est important de séparer la résistance ohmique du feuille, de la résistance de transfert des charges sur la surface métallique, sans modifier les réactions électrochimiques sur la surface métallique ni les propriétés du feuille.

L'effet de ces différentes résistances électriques sur le courant de corrosion peut être résumé par l'équation suivante<sup>(12)</sup> :

$$I = \frac{E_0 \cdot (E_a + E_c)}{R_e + R_f}$$

où :  
I = courant de corrosion ; E<sub>0</sub> = différence de potentiel initiale entre l'anode et la cathode locales ; E<sub>a</sub> = polarisation de l'anode locale ; E<sub>c</sub> = polarisation de la cathode locale ; R<sub>e</sub> = résistance de l'électrolyte ; R<sub>f</sub> = résistance de la résine.

**Protection cathodique**

Dans ce cas, la perte de métal se produit seulement à l'anode. En rendant la surface cathodique, les pertes de métal sont réduites ou essentiellement annulées. Ceci peut être accompli en reliant électriquement les anodes externes à la structure devant être protégée. Deux types de systèmes sont disponibles :

- Système à anode sacrificielle

Dans ce système, des métaux ou des alliages qui sont plus anodiques que l'acier sont reliés à la structure et l'anode se dissout graduellement ; celle-ci doit donc être remplacée périodiquement. On utilise le plus fréquemment des alliages à base d'aluminium, ou de magnésium ; ou encore, on utilise du zinc de grande pureté.

- Système à courant imposé

Dans ce système, une anode inerte est reliée au pôle positif d'une source de courant continu.

**La protection cathodique et les revêtements**

Il est bien sûr théoriquement possible de protéger de l'acier cathodiquement sans l'usage de revêtements. Toutefois, des considérations économiques et les difficultés pour s'assurer d'un potentiel électrique uniforme en tout point de la surface métallique rendent l'usage de revêtements obligatoires. La protection cathodique a deux effets sur les revêtements :

- La formation de bulles due à l'électro-osmose, qui peut être définie comme étant le mouvement des molécules et d'ions, à travers une membrane, sous l'influence d'un gradient du potentiel électrique. Il peut être démontré que pour la migration moléculaire<sup>(13)</sup> :

$$V = \frac{DPI}{4NK}$$

où :

V = volume d'eau transporté par seconde ; D = constante diélectrique en unités électrostatiques cgs ; P = potentiel de la double couche électrique en stat volts ; N = viscosité de l'électrolyte en poises ; K = Conductibilité spécifique.

S'il existe une charge négative sur l'interface feuille/acier, alors l'eau se déplacera à travers le feuille, causant l'apparition de cloquage.

- Le développement de conditions alcalines dues à la réaction cathodique (voir réaction 1 ci-dessus) produit des ions hydroxylés. La relation entre le potentiel de l'électrode et le pH à la surface est exprimée par l'équation

$$E = -0.0591 \text{ pH}$$

A -800 mv par rapport à l'électrode de référence au calomel, le pH est de 9.5 ; à -900 mv, le pH est de 11.4 et à -1000 mv, il est de 3.2. Puisque le feuille de peinture limite le mouvement des ions hydroxyles libres, les résultats ci-dessus seraient obtenus à l'interface feuille/acier.

- Revêtements riches en zinc

Il a été démontré qu'en employant des pigments métalliques qui sont plus anodiques que le fer, la corrosion pouvait être empêchée par la dissolution préférentielle du métal anodique. Le magnésium, l'aluminium et le zinc ont été testés mais seul le zinc s'avère efficace. Les deux premiers métaux sont inhibés par les couches d'oxyde à leur surface. Il a été démontré que les revêtements riches en zinc sont plus anodiques que l'acier et conséquemment, devraient protéger ces surfaces avec efficacité. Des différences de potentiel initiales de 0.4 V et 0.25 V respectivement ont été déterminées, mais ces valeurs ont diminué avec le temps à cause de la polarisation des particules de zinc résultant de la production des sels de zinc.

Comment le silicate de zinc protège une surface est encore l'objet de nombreux débats ; on sait qu'il ne s'agit pas de protection cathodique puisque le potentiel électrique diminue rapidement avec le temps. Il ne s'agit pas non plus de la formation d'un feuille imperméable à l'eau et à l'oxygène. Des études faites avec un microscope électronique démontrent que le feuille est très poreux. La raison principale<sup>(13)</sup> semble être la polarisation de la réaction de corrosion de la cathode ; parce que la formation du produit de la corrosion du zinc est insoluble. Ce produit est le résultat de la réaction entre les ions de zinc et les ions hydroxyles. Il est évident qu'une chute rapide de la performance du revêtement résultera de la réduction du nombre d'ions de zinc.

**Protection anodique**

Un certain nombre de métaux présente le phénomène connu sous le nom de transition actif/passif quand ils sont soumis à un changement de poten-

tiel électrique alors qu'immérgés dans un électrolyte<sup>(14)</sup>. Alors que le potentiel varie, le métal se déplace de la région d'immunité à une région où la corrosion se produit, puis se dirige vers une région où la surface est passivée. C'est dans cette région de passivation que les taux de corrosion peuvent être réduits considérablement. Ceci se produit quand le courant qui quitte la surface produit une pellicule inhibitrice et la conserve intacte. Parmi les métaux qui se comportent de cette façon, notons l'acier doux, les aciers inoxydables, le titane et les métaux faisant partie du groupe de transition du tableau périodique. Les applications commerciales de ce procédé incluent le stockage de l'acide sulfurique, et le stockage de fertilisants.

Il est important de faire attention en utilisant cette technique, puisqu'il est possible de causer une perte rapide du métal si les paramètres de potentiel sont changés. De plus, des changements dans le pH peuvent causer un déplacement vers la région de corrosion. La présence de chlorure peut nuire à la formation de couches passives sur certains aciers inoxydables.

#### Inhibition chimique

Voilà un sujet complexe avec des aspects hautement spécifiques<sup>(15)</sup>. Un inhibiteur chimique peut être défini comme une substance qui, lorsqu'ajoutée en faible concentration à un milieu, prévient ou réduit la réaction du métal avec ce milieu.

Le mécanisme impliqué est habituellement par polarisation de l'anode ou de la cathode ou par une réaction mixte quand les processus anodiques et cathodiques sont tous deux inhibés. On assiste alors à la production de pellicules sur les sites réactifs. Ces pellicules ralentissent la réaction de corrosion. Les composés de plomb et de chrome semblent protéger de cette manière tandis que la plupart des composés organiques sont adsorbés à l'interface pour former des pellicules d'une épaisseur considérable, ou sont adsorbés chimiquement à l'interface pour former des pellicules qui ne sont que de quelques Angstroms d'épaisseur. Les inhibiteurs sont utilisés dans plusieurs procédés chimiques, les systèmes à l'eau chaude, et les revêtements.

#### Conclusion

Du point de vue du fournisseur, il existe deux aspects majeurs que les ingénieurs devraient sérieusement considérer.

En conception, il est possible d'éviter la plupart des problèmes de corrosion en portant attention à certains détails. Par exemple : en utilisant les métaux appropriés pour les conditions ; en restreignant l'usage de composantes présentant un grand nombre d'arêtes vives, aux endroits où les attaques initia-

les vont se produire ; en réduisant ou en éliminant les crevasses ; en utilisant des soudures continues et non des agrafes par soudage où les solutions corrosives peuvent rester emprisonnées dans la structure ; en prévoyant un drainage adéquat pour toutes les surfaces horizontales ; en évitant de mettre des métaux dissimilaires en contact les uns avec les autres.

Quant aux revêtements, l'ingénieur peut éviter plusieurs difficultés : en produisant un devis détaillé : il faut se rappeler que la façon dont une structure est construite influe souvent sur la façon dont elle sera peinte ; en employant une préparation de surface qui corresponde au système de revêtement choisi ; en s'assurant que l'application se fasse correctement, et ce, dans les meilleures conditions possibles. Les problèmes dus au climat hivernal peuvent être minimisés par une bonne planification et un choix judicieux de revêtements ; en utilisant les services d'inspecteurs compétents ; en établissant des standards appropriés et en insistant pour que ceux-ci soient respectés ; par exemple, des standards photographiques sont disponibles pour tous les types de préparation de surface.

**l'ingénieur**

#### Références

1. Hartley, R.A., Journal of Materials JMLSA, Vol. 7, No. 3 Sept. 1972, p. 361.
2. Brown, P.T. et Garnish, E.W., Journal of the Oil and Colour Chemists Association, JOCCA, Vol. 50, No. 4, Avril 1967, p. 331.
3. Hudson, J.C., Journal of the Iron and Steel Institute, JISIA, Vol. 168, Juin 1957.
4. Fancutt, F., et Hudson, J.C., Journal of the Oil and Colour Chemists Association, JOCCA, Vol. 35, No. 386, Août 1952, p. 396.
5. Schumacker, M. (Éditions) *Corrosion of Metals in Marine Environments-An Overview*, Sea Water Corrosion Handbook, Noyes Data Corporation 1979.
6. Mayne, J.E.O., Official Digest, JPTYA, Vol. 325, Fév. 1952, p. 127.
7. Bacon, R.C.; Smith, J.J. et Rugg, F.M., Industrial and Engineering Chemistry, IECHA, Vol. 40, 1948, p. 161.
8. Anderson, E.A. et Reinhard, C.E., Proc Am Society Testing Materials Vol. 39, 1939, p. 691.
9. Anderson, W.A. et Brown, J.R., Journal of the Oil and Colour Chemists Association, JOCCA, Vol. 49, No. 5, Mai 1966, p. 375.
10. Miller, R.N., Materials Protection, MAPRA, Vol. 7, No. 11, Nov. 1968, p. 35; American Chemical Society, Division of Organic Coating and Plastics Chemistry, ACOCA, Vol. 27, No. 1, Avril 1967, p. 207.
11. Sato, Y., Progress in Organic Coatings, ISSN 0033-0655, Vol. 9, No. 1, Avril 1981, p. 85.
12. Kittleberger, W.W. et Elm, A.C., Industrial and Engineering Chemistry IECHA, Vol. 39, 1947, p. 876.
13. Ross, T.K. et Wolstenhome, J., Corrosion Science, Vol. 17, 1977, p. 341 à 351.
14. Webster, H.A., *Electrochemical Techniques of Corrosion Control*, Process Industries Corrosion, National Association of Corrosion Engineers 1975.
15. Nathan, C.C., (Éditions) *Corrosion Inhibitors*, National Association of Corrosion Engineers, 1973.

#### Remerciements

L'auteur remercie les dirigeants de Peinture Internationale (Canada) Limitée ainsi que MM. Maurice Cohen et Jean-Guy Latulippe, de cette compagnie, pour l'aide apportée à la présentation de cet article.

TÉLEX : 055-62197

TÉL. 737-4514  
737-3235

#### H. A. Jackson & Fils Ltée

INSTALLATIONS CATHODIQUES, MATÉRIAUX,  
ARPENTAGE ET DESSIN  
ÉQUIPEMENT DE LIGNES DE TUYAUX  
VENTE - LOCATION - SERVICE

5757, AVE. DECELLES, SUITE 339  
MONTREAL, QUÉBEC H3S 2C3

# ASSOCIÉ

**S**ans l'entreprise privée, pas de main-d'œuvre qualifiée! C'est pourquoi nous désirons vous aider – vous, nos associés – à former votre personnel.

L'industrie canadienne ne peut se développer si les compétences ne sont pas associées aux emplois. Ceci est tout aussi important pour vous que pour nous.

Actuellement, à cause des changements technologiques et des nouveaux besoins du marché du travail, le Gouvernement et l'entreprise privée ont besoin de travailleurs dans de nouveaux champs de compétence et de nouvelles formules dans l'enseignement de ces compétences.

C'est pourquoi le Gouvernement fédéral a mis sur pied un nouveau Programme national de formation. Et vous pourriez y trouver vous-même d'importants avantages. Notamment, nous avons augmenté le pourcentage remboursable du salaire de certains employés que vous formez. Et même si cette formation ne se fait pas sur place, nous pouvons vous aider à en payer les coûts dans des institutions privées ou publiques.

Nous voulons également vous faciliter les choses: en établissant les frais de formation d'un stagiaire selon un taux fixe quotidien, nous réduirons la paperasse et les dépenses administratives.

Nous avons besoin de Canadiens formés dans les **compétences de demain**. Mais nous avons aussi besoin de votre aide. C'est ainsi que des associés agissent.

## les compétences de demain

### LE NOUVEAU PROGRAMME NATIONAL DE FORMATION

Si vous voulez en savoir davantage sur le nouveau Programme national de formation, écrivez-nous: Les compétences de demain, Ottawa K1A 0J9

Nom .....

Adresse ..... Ville .....

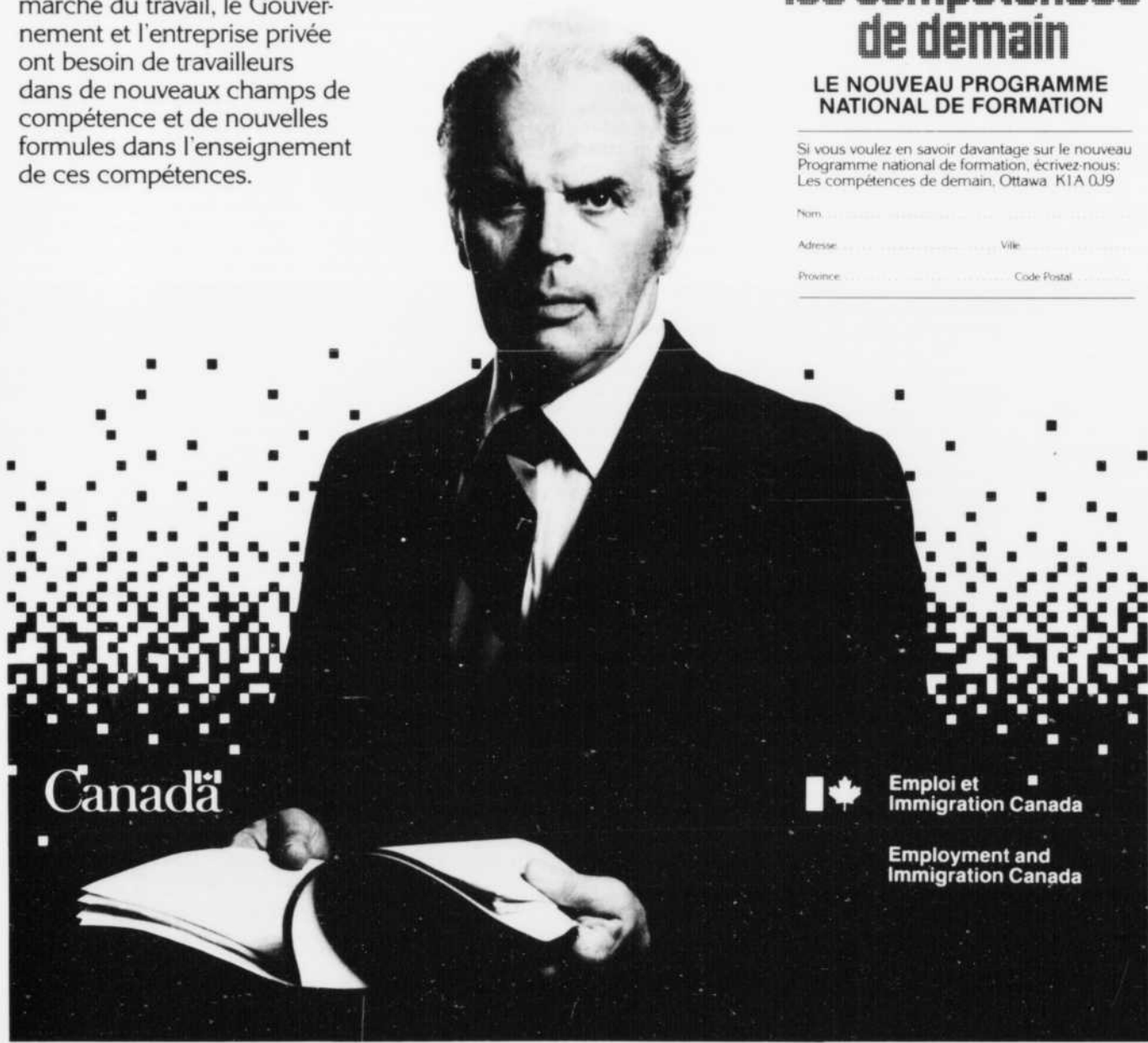
Province ..... Code Postal .....

Canada



Emploi et  
Immigration Canada

Employment and  
Immigration Canada



# La corrosion Ses conséquences dans l'industrie pétrolière

Robert Roy, ing.

Dans les installations d'entreposage, de distribution et de vente de produits pétroliers, on utilise énormément d'éléments métalliques, et particulièrement le fer sous différentes formes. Un des problèmes les plus sérieux dans ces installations est la détérioration du matériau par son milieu ambiant. Non seulement la corrosion cause la dégradation de l'équipement, mais ses résultats peuvent être très néfastes à plusieurs points de vue. Les coûts occasionnés par la corrosion sont aussi très importants; ils devraient donc encourager les propriétaires à porter une plus grande attention au problème et envisager des mesures de prévention. Cet article ne se veut pas une analyse scientifique du phénomène de la corrosion, mais plutôt un compte rendu d'expériences vécues.

## Introduction

La corrosion pourrait être définie comme étant la dégradation d'un matériau sous l'effet de son milieu ambiant. Nous sommes entourés de milieux corrosifs: l'eau, les acides, les sels, etc. Le plus connu des types de corrosion est sans doute l'oxydation des métaux, surtout le fer. L'exemple le plus commun est la rouille des autos. L'acier, dépouillé de sa couche protectrice (la peinture), subit l'effet de l'eau, du sel et des différents polluants, avec le résultat que l'on connaît.

La science moderne a identifié le problème et s'y attaque avec des moyens de plus en plus perfectionnés. Cependant, une chose est évidente: on peut prévenir la corrosion, la retarder, mais elle est toujours présente. La corrosion est en effet le moyen par lequel la nature ramène les produits fabriqués par l'homme à leur état d'origine. Les aciers retournent à l'état original sous forme de rouille ou d'oxyde ferrique.

Pour l'industrie pétrolière en particulier, la corrosion est très inquiétante. On utilise beaucoup d'acier dans les

installations: conduites de distribution, réservoirs, plate-formes de forages, pipelines, structures, etc. La corrosion peut donc percer ce matériel et entraîner des conséquences fâcheuses: dégradation de l'environnement; par exemple, une fuite de produit qui se déverse dans un cours d'eau; perte de produit coûteux; au prix actuel de l'essence, ces pertes peuvent être très élevées; pertes de ventes: une conduite percée peut paralyser tout un réseau de distribution; pertes de temps; tous les employés inactifs ou affairés à corriger la situation; dommages dus à un incendie ou une explosion: un produit combustible, voire même explosif dans certaines conditions relativement faciles à atteindre, peut causer de sérieux dommages matériels et corporels.

Afin de mieux comprendre la situation, nous débuterons par une brève description des installations.

## Description des installations

Cet article porte seulement sur le secteur de la commercialisation, qui comprend le réseau de stations-service et de dépôts d'entreposage en vrac; un bref compte rendu du cas du dépôt de Montréal de Shell Canada servira d'exemple pratique.

### Station-service

La station-service est l'élément le plus connu de l'industrie pétrolière. Son matériel de distribution d'essence peut être facilement altéré par la corrosion. Celui-ci est composé de:

- Réservoirs souterrains. Une station ordinaire compte trois réservoirs de 45 000 litres chacun.
- Conduites de distribution souterraines, qui alimentent les distributeurs aux îlots.
- Conduites de remplissage souterraines en acier.
- Événements, souterrains en grande partie.

Plusieurs réservoirs sont construits en acier. Leur seule protection est une mince couche époxyde à base de goudron de houille sur la surface extérieure. Au Canada, une étude interne de Shell Canada, datée de 1981, révèle que le coût de remplacement des réservoirs souterrains des stations-service à travers le pays est évalué à 57 000 000 \$ (excluant la tuyauterie). La corrosion doit donc être contrôlée à tout prix afin de protéger ces investissements considérables et prévenir les conséquences déjà énoncées.

### Dépôts d'entreposage en vrac

Le dépôt d'entreposage en vrac constitue l'élément de base du réseau de distribution des produits finis. Un dépôt d'importance peut avoir une capacité d'entreposage d'environ 200 millions de (2 X 10<sup>8</sup>) litres. Les éléments principaux sont:

- Les réservoirs, normalement en surface, sont construits en acier. Leur capacité varie entre 68 000 litres et

(3 x 10<sup>7</sup>) litres. Un gros réservoir peut atteindre 15 mètres de hauteur x 61 mètres de diamètre.

- Station de pompage.
- Tuyauterie d'acier pour la distribution du produit jusqu'aux quais de chargement. Cette tuyauterie est souvent souterraine.
- Quais de chargement avec tout le matériel connexe (compteurs, robinets, bras de chargement, etc.).

La corrosion peut donc, ici aussi, entraîner des dépenses élevées. La réparation du fond d'un réservoir ou d'une conduite souterraine percée peut coûter des dizaines, voire des centaines de milliers de dollars. En outre, une rupture importante d'un réservoir d'essence (de 1 x 10<sup>7</sup> litres) peut se traduire par une perte de 5 000 000 \$ environ. La reconstruction d'un dépôt moyen, détruit par un incendie, coûterait quelque 3 000 000 \$ alors que celle d'un gros dépôt pourrait facilement représenter une dépense de 20 000 000 \$.

## Le dépôt de Montréal

Afin d'illustrer les effets de la corrosion, voyons les événements reliés à la corrosion qui sont survenus sur une période d'un peu plus d'un an (1980-81) au dépôt de Montréal de Shell Canada Ltée. Après une courte description du dépôt, chaque incident sera brièvement analysé.

### Description du dépôt

Ce dépôt, construit en 1968, compte 10 réservoirs qui totalisent plus de 200 millions de (2 X 10<sup>8</sup>) litres de capacité de stockage. Le volume manutentionné annuellement dépasse 2 milliards de litres. Il est alimenté directement de la raffinerie de Montréal par l'intermédiaire d'un pipeline et approvisionne les réseaux de distribution par camions-citernes et wagons-citernes. On compte 12 îlots de chargement pour les camions avec un total de 31 points de chargement, et une plate-forme de chargement pour les wagons-citernes munie de 16 bras de chargement. Ces points de chargement sont alimentés par plus de 3 kilomètres de conduites dont le diamètre varie de 15 cm (6") à 30 cm (12") et qui sont presque toutes souterraines. Elles sont en acier nu et sans aucune protection contre la corrosion.

Il faut ajouter les conduites souterraines en acier du système de protection d'incendie, toutes les conduites en acier pour l'alimentation électrique, les réservoirs et conduites de propane, le réseau d'égout et de drainage.

### Conduite d'eau

En 1980, après seulement treize ans de service, une conduite d'eau du système de protection d'incendie a dû être remplacée car la corrosion l'avait percée à plusieurs endroits. Il était donc évident que cette installation n'était pas adéquate. La conduite a dû être rempla-

**M. Robert Roy** a obtenu son B.Sc.A. de l'Université de Sherbrooke en 1973; il travaille depuis presque dix ans chez Shell Canada Ltée, dans le secteur de la commercialisation. Entre autres, il a œuvré dans le secteur des ventes aux automobilistes, comme responsable de la construction des stations-service, et au service d'ingénierie comme responsable de la construction des dépôts d'entreposage en vrac. Il est maintenant ingénieur principal au service d'ingénierie.

cée au coût de 175 000 \$. La photo 1 montre l'état des conduites.

#### Conduite de propane

En 1981, un état de corrosion avancée était détecté sur la conduite souterraine du système de chargement du propane. En certains endroits, il ne restait que 43% de l'épaisseur d'origine. Il a fallu la remplacer, mais cette fois, on a opté pour une conduite en surface. De cette façon, on pourra l'inspecter visuellement et l'entretenir facilement. C'est une décision qui évitera que le problème ne se répète. Le coût des travaux de remplacement s'est élevé à 150 000 \$.

#### Conduite de mazout

Des inspections et des tests ont permis, en 1981, de détecter la corrosion avancée des conduites de distribution de mazout dans une zone précise du terrain. Des réparations temporaires ont été nécessaires afin de permettre la continuation des opérations de façon sécuritaire. Les coûts des recherches, tests et travaux de correction temporaire ont été de 175 000 \$. Cette réparation temporaire, en plus de permettre la reprise des opérations, permettra d'analyser la situation en profondeur et de décider quelles mesures correctives permanentes seront prises. Plusieurs choix se présentent :

##### Statu quo

Les sections de conduites qui ont pu être inspectées visuellement, quoique corrodées en certains endroits, peuvent encore résister aux pressions. Cependant, il est impossible de connaître le rythme de progression de la corrosion une fois les conduites enfouies. La longévité des conduites est donc inconnue et la solution du statu quo ne peut être qu'à court terme et comporte un grand risque.

##### Protection cathodique des conduites existantes

La protection cathodique des conduites existantes pourrait stabiliser les conditions, c'est-à-dire freiner le processus de corrosion, mais le risque de fissuration d'une conduite existe toujours, malgré la protection cathodique qui ne peut réparer l'acier corrodé. Vu qu'il existe des sections de conduites dont nous ne connaissons pas l'état, cette solution comporte un élément de risque. Avec un programme de vérifications régulières, cette méthode pourrait offrir une bonne protection. Le coût d'installation serait d'environ 175 000 \$ incluant la conception. Les inspections annuelles pourraient coûter environ 1 000 \$.

##### Remplacement du réseau avec des conduites souterraines revêtues d'une couche protectrice et protégées cathodiquement

Cette solution nécessite le remplacement de tout le réseau actuel par des conduites neuves revêtues d'une



Photo 1

couche protectrice et protégées cathodiquement. C'est une solution à long terme qui serait très coûteuse. On pourrait évaluer les travaux à environ 800 000 \$.

##### Réseau en surface

Cette solution suppose le remplacement des conduites existantes par un réseau en surface. Elle comporte toutefois quelques problèmes d'ordre pratique, mais elle éliminerait une fois pour toutes le problème de la corrosion. Il suffirait simplement de prévoir un programme d'entretien, c.-à-d. de peinture. Un facteur important doit cependant être souligné : le coût est exorbitant. On l'évalue présentement à plus de 1,3 million de dollars.

Un comité a été formé pour étudier les différentes possibilités : Shell Canada devra tenir compte de plusieurs facteurs importants dont le coût de construction, le temps d'arrêt des activités nécessitées par les travaux, les risques intrinsèques de la méthode choisie. À la lumière de ces données, il est évident qu'un programme de prévention serait justifiable. Par exemple, un système de protection cathodique, installé lors de la construction, aurait coûté un faible pourcentage du coût des mesures correctives envisagées aujourd'hui.

#### Méthodes de correction et de prévention

Beaucoup d'efforts, de recherches, de temps et de fonds sont consacrés à la lutte contre la corrosion. Voici quelques résultats qui s'appliquent à différents éléments d'installations pétrolières :

##### Protection cathodique

Cette méthode, aujourd'hui très répandue dans l'industrie, est relative-

ment peu coûteuse et offre d'excellents résultats dans le cas des réservoirs et des conduits d'acier souterrains, ou tout autre élément d'acier enfoui dans le sol. Il est cependant nécessaire de faire appel à des spécialistes pour analyser l'état des éléments qu'on veut protéger et faire la conception du système de protection.

Il existe deux types principaux de protection cathodique. Dans le premier, la protection par anodes sacrificielles, les anodes reliées à la structure se corrodent et doivent être remplacées périodiquement. Dans le second, la protection par courant imposé, on utilise des anodes et un courant électrique pour combattre la corrosion de la structure. Ce dernier type de protection est utilisé dans des milieux très corrosifs et consomme beaucoup d'énergie.

##### Recouvrement de la paroi intérieure des réservoirs

Dans le cas des réservoirs d'acier souterrains, on utilise un procédé relativement simple et peu coûteux de récupération des réservoirs. Il s'agit de recouvrir la paroi intérieure d'une couche d'une épaisseur minimale de 3,2mm (125 mils) d'un produit plastique à base de résine époxyde renforcée à la fibre de verre. Ce procédé est utilisé pour des réservoirs déjà installés et qui présentent un état de corrosion avancé. Il faut quand même que la paroi soit encore solide, bien qu'elle puisse même être légèrement percée. Il est sage cependant de faire appel à un spécialiste pour juger de l'état du réservoir avant d'entreprendre les travaux.

Ces travaux durent de trois à cinq jours pour un réservoir de 45 000 litres et coûtent environ 7 000 \$, somme de beaucoup inférieure aux frais de remplacement du réservoir.

### Réservoirs souterrains en fibre de verre

La protection cathodique et le recouvrement de la paroi intérieure sont d'excellentes méthodes de protection contre la corrosion; elles sont facilement applicables à des réservoirs existants. Mais dans le cas d'une nouvelle installation ou du remplacement d'un réservoir endommagé, et non récupérable, la meilleure solution est le réservoir en fibre de verre. Ce choix est très recommandable à condition qu'il y ait compatibilité entre la composition de la fibre de verre du réservoir et son contenu. Les problèmes de corrosion sont alors complètement éliminés. À noter que le réservoir de fibre de verre est très utilisé dans l'industrie du pétrole.

### Méthode classique : la peinture

Lorsque c'est techniquement possible et économiquement rentable, il est plus facile de construire les composantes pour qu'elles soient facilement accessibles. Par exemple, des conduites en surface plutôt que souterraines. Des travaux de peinture réguliers permettent alors une excellente protection.

### Vérification quotidienne des réservoirs

Cette méthode permet simplement de déceler une fuite dans un réservoir ou une conduite qui serait percée par la corrosion. Elle consiste dans la vérification des jauges indiquant le niveau dans chaque réservoir. Un relevé minutieux des quantités reçues et des quantités expédiées ou vendues permet un calcul précis des stocks théoriques de chaque jour. En mesurant les stocks réels et en les comparant aux théoriques, on peut déceler une fuite. De plus, on doit vérifier s'il y a infiltration d'eau dans le réservoir. La présence d'eau est vérifiée lors de la mesure des stocks réels en utilisant une pâte indicatrice appliquée à l'extrémité des instruments de mesure.



Installation de réservoirs en fibre de verre.

### Conclusion

La corrosion est un phénomène naturel qui est la cause de pertes très coûteuses. D'abord, les coûts de remplacement des installations sont énormes et une fuite détectée trop tard peut avoir des conséquences très sérieuses. Mais aussi, il faut peut-être tenir compte de la dépense folle de matière première qu'elle entraîne: on n'a qu'à jeter un coup d'œil sur les nombreux cimetières d'automobiles.

Nous devons donc apprendre à lutter contre la corrosion. La science et la technologie modernes nous offrent de plus en plus de possibilités. Il suffit de chercher. Il est aussi avantageux de faire appel à des experts qui sauront nous éclairer et nous faire profiter de

leurs connaissances. L'acier peut être remplacé par un plastique ou de la fibre de verre, comme dans le cas des réservoirs souterrains. Il existe sans doute de nombreux autres procédés ou méthodes dont nous n'avons pas parlé ici et qui peuvent aider à combattre la corrosion. On peut penser aux alliages et placages, par exemple.

Le défi est de taille et les coûts peuvent sembler élevés; ils doivent être sérieusement étudiés. Mais dans cette étude, si on tient compte des énormes risques qu'entraîne la corrosion, il est peut-être alors rentable d'investir. Dans la majorité des cas, il semble qu'il vaille mieux prévenir que guérir.

**l'ingénieur**

### BOUTHILLETTE PARIZEAU & ASSOCIÉS

INGÉNIEURS-CONSEILS  
Mécanique - Électricité

9825, rue VERVILLE

Montréal H3L 3E1

Téléphone: (514) 387-3747



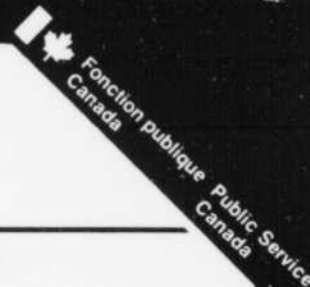
**COMPAGNIE NATIONALE  
DE FORAGE ET SONDRAGE INC.**  
1130 OUEST, RUE SHERBROOKE  
MONTRÉAL H3A 2R5  
TÉL.: (514) 288-1177

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

Fondée en 1937

# offres d'emploi

La Fonction publique du Canada offre des chances égales d'emploi à tous / The Public Service of Canada is an equal opportunity employer



## Chef de groupe, radar de surveillance maritime

Traitement: \$42 474 - \$49 377  
N° de réf.: 82-NCRSO-COM-4 (2111)

Ministère des Communications  
Technologie radar et des télécommunications  
Shirley Bay (Ontario)

### Fonctions

Le laboratoire de recherche radar du Centre de recherches sur les communications possède un poste de chef de groupe à pourvoir. La personne choisie devra effectuer de la recherche de pointe dans le domaine du génie aux fins des systèmes radar de surveillance maritime. Il lui faudra proposer, planifier, organiser et contrôler les projets de recherche et de perfectionnement réalisés par le Groupe du radar de surveillance maritime. Elle devra fournir des conseils techniques, en tant que spécialiste, aux ministères clients concernant l'acquisition et le fonctionnement de systèmes radar de surveillance maritime, particulièrement pour ce qui a trait aux besoins militaires de bord.

### Conditions de candidature

Grade universitaire en génie d'une université reconnue ou admissibilité au titre d'ingénieur professionnel au Canada. Expérience de la recherche sur les systèmes et la technologie radar à des fins

De plus amples renseignements sont disponibles en écrivant à l'adresse suivante:  
Job information is available in English and may be obtained by writing to this address:

d'utilisation militaire à bord de navires ainsi que des méthodes de perfectionnement dans ce domaine. Expérience de la gestion de recherches et de la conclusion de marchés avec le secteur de l'industrie ainsi que de l'orientation des travaux effectués par des scientifiques et des ingénieurs spécialisés dans les systèmes radar en vue de la recherche et du perfectionnement dans ce domaine.

### Exigences linguistiques

La personne choisie exercera ses fonctions dans une importante mesure en français et en anglais. Les personnes bilingues et les personnes unilingues qui consentent à entreprendre la formation linguistique et qui peuvent démontrer qu'elles ont les aptitudes voulues pour devenir bilingues sont invitées à poser leur candidature.

N° d'autorisation: 312-222-002

### Comment se porter candidat

Envoyez votre demande d'emploi ou votre curriculum vitae à:

**J. Weston**  
à l'adresse ci-dessous,  
**Tél.: (613) 593-5331 poste 498**  
**Date limite: le 29 octobre 1982**

Bureau de dotation de la région de la Capitale nationale  
Commission de la Fonction publique du Canada  
300 avenue Laurier Ouest  
Ottawa (Ontario) K1A 0M7

Prière de toujours rappeler le numéro de référence approprié.

# Canada



**TECHNISOL INC.**

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE  
ET CONTRÔLE DES SOLS  
BÉTON - ASPHALTE - ACIER

325, DE L'ESPINAY, QUÉBEC, P.Q. G1L 2J2 / 647-1402  
244 DE LA CATHÉDRALE, RIMOUSKI G5L 5J4 / 723-1144

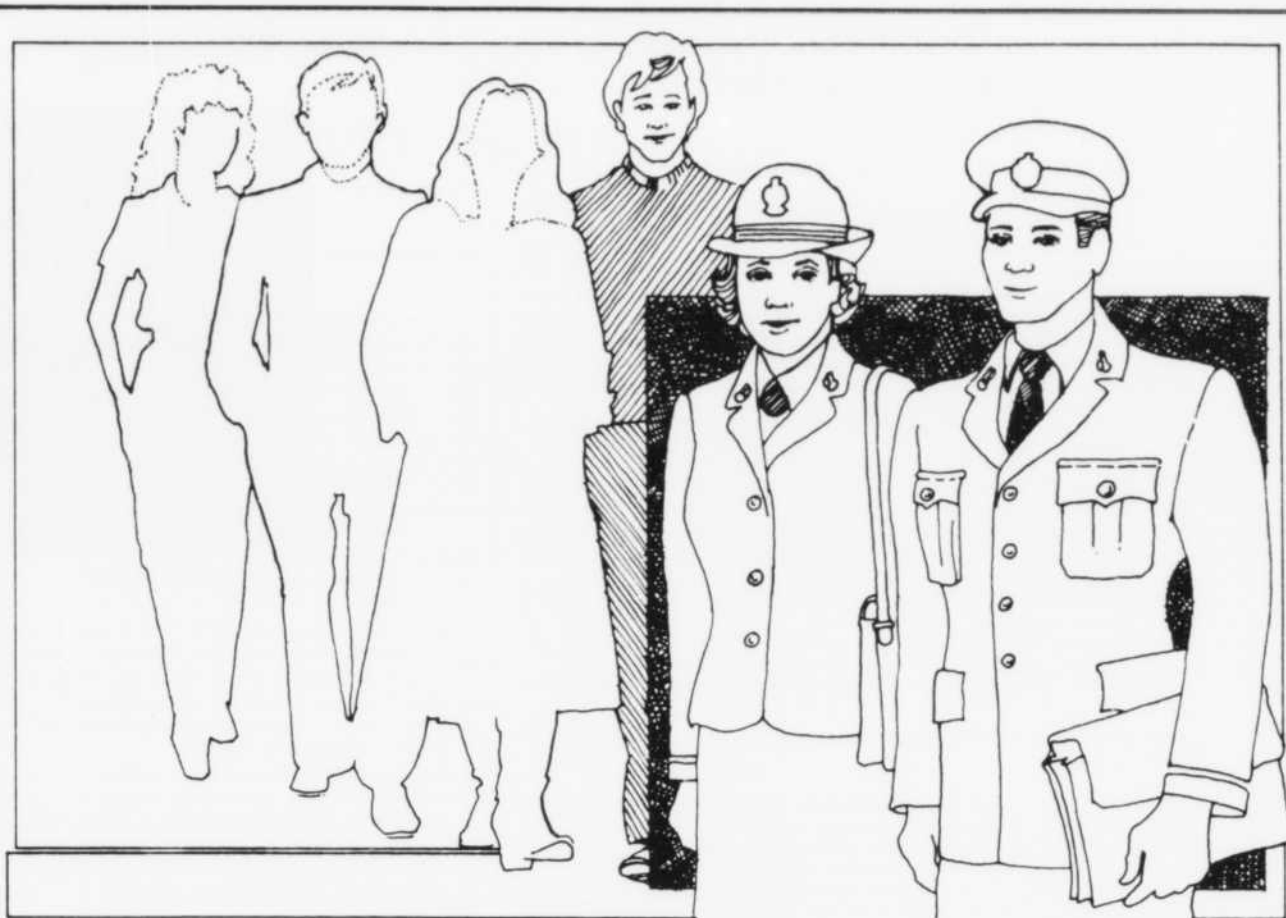
Tél. (514) 336-6722

## ATELIER DISMAS

Spécialistes en gravure depuis 1957

2610 RUE DIAB  
ST. LAURENT, QUE.  
H4S 1E8

GUY BOISMENU



Quelles que soient votre spécialité et vos préférences, si vous possédez un diplôme en Génie d'une université ou d'un institut de technologie reconnu, les Forces canadiennes vous offrent une carrière d'officier.

C'est pour vous une occasion exceptionnelle de mettre en pratique vos connaissances et d'acquérir une expérience profitable dans les domaines

**Les Forces  
canadiennes  
à la base  
de votre carrière  
d'ingénieur**

de la technologie et de la gestion tout en vous assurant la stabilité d'emploi que confère une carrière d'officier dans les Forces.

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

# **IMBATTABLE...**

## **la vie dans les Forces**



**LES FORCES  
ARMEES  
CANADIENNES**

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

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

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Téléphone \_\_\_\_\_

Université \_\_\_\_\_ Faculté \_\_\_\_\_

Spécialité \_\_\_\_\_

PT-IN 09-82

## UNIVERSITÉ LAVAL PROFESSEUR EN GÉNIE ÉLECTRIQUE

### Description du poste :

Professeur adjoint en génie électrique dont les principales responsabilités seront :

- l'enseignement et le développement de cours en génie électrique pour les étudiants des 2ème et 3ème cycles,
- la conduite de recherche dans une des disciplines majeures reconnues par le département,
- l'enseignement aux étudiants de 1er cycle ainsi que l'encadrement de ceux-ci,
- la participation aux diverses disciplines constituant le tronc commun du programme actuellement en vigueur,
- la direction de thèses d'étudiants des 2ème et 3ème cycles ainsi que l'encadrement des étudiants,
- la participation à des comités départementaux, facultaires et universitaires.

### Critères de sélection :

Le (la) candidat(e) doit :

- être titulaire d'un doctorat d'une université reconnue dans une des disciplines du génie électrique ou domaine connexe,
- pouvoir conduire des expériences de recherche et s'intégrer à une équipe de chercheurs,
- pouvoir démontrer ses capacités dans l'enseignement universitaire et transmettre ses connaissances en français.

La date limite pour soumettre sa candidature est : le 15 octobre 1982.

Toute personne intéressée devra faire parvenir son curriculum vitae à :

Dr Gilles Y. Delisle, directeur  
Département de génie électrique  
Faculté des sciences et de génie  
Pavillon Pouliot  
Université Laval  
Québec, Canada, G1K 7P4

## Nomination à l'École Polytechnique de Montréal



Roland Doré

La Corporation de l'École Polytechnique est heureuse d'annoncer la nomination, par le gouvernement du Québec, de Monsieur Roland Doré, Ph.D., ing., au poste de directeur de l'École pour un mandat de quatre ans. Il succède à Monsieur Roger P. Langlois qui a dirigé l'École au cours des douze dernières années.

Monsieur Doré est originaire de Montréal. Il a fait ses études supérieures à l'École Polytechnique et à l'Université Stanford de Californie. Il est professeur à Polytechnique depuis 1960, a été directeur du département de génie mécanique de 1975 à 1978 et agissait comme directeur de la recherche au moment de sa présente nomination.



# INGÉNIERIE

### INGÉNIEUR « COMPTEUR »

\$40,000 + +

Cette position à grand défi sera offerte à un gradué d'université possédant au moins 10 années d'expérience en appareillage de mesure. En tant que chef de service, vous aurez l'entière responsabilité des installations d'appareillage neuf et de l'atelier de réparation, incluant toutes les tâches qui en découlent. Le candidat idéal aura à son crédit 5 années de supervision. Le bilinguisme est de vigueur.

### INGÉNIEUR EN ÉLECTRICITÉ

\$35,000 + +

Notre client, multinational de grande renommée, est à la recherche d'un ingénieur en électricité possédant au moins 5 années d'expérience en construction. Les responsabilités majeures sont : la participation à la conception de nouveaux projets, l'estimation, la coordination, et le contrôle des services techniques. Vous possédez une vaste expérience en révision de dessins de conception ainsi que dans l'exécution des changements apportés. Le bilinguisme est de vigueur.

### COMBUSTION — ÉROSION — COROSION

\$35,000 + +

Notre client, une entreprise multinationale, est à la recherche d'un ingénieur spécialisé en combustion, érosion, ou corosion. Le candidat idéal est ingénieur mécanique, métallurgique, ou physique et a œuvré pendant plusieurs années en recherche & développement dans une de ces spécialités.

### INGÉNIEUR — SOUDURE

\$35,000

Ce poste est ouvert pour un ingénieur spécialisé en soudure. Le candidat idéal sera ingénieur mécanique ou industriel avec des connaissances poussées en co-

des de soudure. Il aura une bonne expérience en supervision de production et en direction de personnel en plus de bien connaître les règles de l'assurance qualité. Bilingue.

### GÉNIE INDUSTRIEL

\$30 — \$35,000

Nous sommes présentement à la recherche d'un ingénieur industriel avec 5 années d'expérience en maintenance d'usine et supervision de projets. Le candidat choisi sera responsable de maximiser les programmes de maintenance préventive et fera partie d'un groupe de recherches de nouvelles technologies de production.

### GÉNIE CIVIL

\$28 — \$33,000

Notre client est à la recherche d'un ingénieur civil ou autre ayant de 3 à 5 années d'expérience en usine pour traitement des eaux. En tant que concepteur et superviseur de projets, vos talents ont été utilisés en coordination et estimation surtout. Le bilinguisme est un atout.

### INGÉNIEUR EN CONSERVATION D'ÉNERGIE

\$28 — \$33,000

Un ingénieur en mécanique ou électricité, membre de l'ordre des ingénieurs du Québec, est recherché pour satisfaire les besoins de notre client. Le candidat devra posséder plus de trois années d'expérience comme analyste en optimisation pour la conservation de l'énergie. Vous serez responsable des évaluations économiques et techniques des systèmes existants. Vous aurez aussi à superviser les installations, démarrages, opérations et émettre un programme de maintenance.

Pour une entrevue confidentielle, contactez Yvan Lachance.

**ST-AMOUR** et ASSOCIÉS LTÉE

Spécialistes en recrutement de personnel

666 ouest, rue Sherbrooke, Montréal, Québec - 288-7400

**288-7400**

# "l'ingénieur et..."

## ... la chimie du vin

Pierre Grenier, ing.

### Qu'est-ce que le vin ?

Le vigneron, le chercheur en œnologie, le négociant-éleveur, le chantré du vin, le consommateur sont tous intéressés par la chimie du vin mais à des degrés et surtout à des points de vue fort divers. Dans le cas présent, c'est uniquement celui du consommateur éclairé, ou qui veut le devenir, qui nous concerne.

Aussi faut-il éviter les définitions littéraires et poétiques du vin, si attrayantes soient-elles, et à plus forte raison les allégories qui en font un être vivant qui naît, se développe, décline et meurt. (On prend toujours soin d'oublier qu'il ne se reproduit pas !). Il est sans doute plus profitable de considérer le vin comme un assemblage naturel de plusieurs centaines de substances chimiques différentes qui ne sont en fait présentes, pour l'immense majorité d'entre elles, qu'en concentrations extrêmement faibles ou même à l'état de traces. Cet assemblage est de toute évidence fort complexe et variable selon les régions, les cépages ou variétés de vigne, les millésimes et bien d'autres facteurs encore.

La connaissance de plus en plus complète de la composition du vin qu'ont apportée les méthodes modernes de l'analyse chimique, n'a pas manqué de susciter l'idée de le reproduire synthétiquement. Il va sans dire qu'on a jusqu'à maintenant enregistré seulement des échecs. La complexité de certaines molécules, par exemple celle des tanins, défie encore l'imagination des chimistes organiciens.

On peut envisager la composition d'un vin d'un point de vue strictement analytique et considérer la teneur de chacune des espèces individuelles. Ultimement ceci ne peut aboutir qu'à une longue liste de substances aux noms plus ou moins compliqués et rébarbatifs, la concentration de chacune d'entre elles étant si faible qu'on ne pourrait lui attribuer aucune signification. Bien entendu, deux substances se distinguent des autres dans une telle énumération : d'une part, l'eau qui provient entièrement du raisin, constituant la matrice dans laquelle s'entrecroisent tous les

autres composants et d'autre part, l'alcool éthylique qui est le produit principal de la fermentation. Ces deux espèces chimiques sont naturellement communes à tous les vins, en sont des constituants essentiels mais ne contribuent au caractère propre du vin que dans la mesure où leur concentration s'éloigne de la moyenne jugée idéale.

### Ses caractéristiques

Les caractéristiques des vins de diverses origines (régions ou cépages) proviennent le plus souvent de certaines classes de composés, tels les acides organiques, les cétones, les esters, les tanins, les alcools supérieurs, etc. Le tableau donne une idée de la composition générale des vins ; on doit noter que dans chaque groupe, v.g. cétones, même si un seul exemple est mentionné, il peut y avoir plusieurs substances différentes.

Pour mieux comprendre le rôle de chaque constituant, il est préférable d'adopter une perspective plus globale et d'examiner d'abord la notion de l'équilibre du vin. Il y trente ans, les commentaires de dégustateurs étaient surtout remarquables par leur lyrisme et les expressions fleuries dont ils étaient émaillés. Les termes les plus fantaisistes auxquels chacun attribuait le sens qu'il voulait bien, permettaient aux *connaisseurs* de s'entourer d'une aura particulière et d'une autorité indiscutée. Un peu partout dans les pays viticoles ou grands consommateurs, une approche plus rationnelle s'est développée. On admet généralement aujourd'hui que la structure fondamentale d'un vin rouge, et par suite son équilibre, repose sur trois éléments dont la présence est nécessaire mais dont aucun ne doit prédominer de façon excessive : le moelleux, l'acidité et le tannin.

### Composition du vin (Plusieurs centaines de composants)

<b>Eau</b>			80-90%
<b>Alcools</b>			
monoalcools :			
méthylique	CH <sub>3</sub> -OH		traces
éthylique	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH		7-13%
propylique	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -OH		t
butylique	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -OH		t
etc.			
dialcools : ex. :			
triméthylène glycol	CH <sub>2</sub> OH-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> OH		t
trialcools : ex. :			
glycérol (-ine) et autres plus complexes	CH <sub>2</sub> OH-CHOH-CH <sub>2</sub> OH		0.5-1.5%
<b>Aldéhydes</b>			
ex. : acétaldehyde	CH <sub>3</sub> -CHO		t
<b>Cétones</b>			
ex. : diacétyle	CH <sub>3</sub> -CO-CO-CH <sub>3</sub>		t
<b>Glucides (sucres)</b>			
ex. : glucose, fructose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	secs moelleux	0.2% 10%
<b>Acides organiques</b>			
succinique	COOH-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH		0.1%
malique	COOH-CH <sub>2</sub> -CHOH-COOH		0-0.5%
tartrique	COOH-CHOH-CHOH-COOH		0.2-0.5%
citrique	CH <sub>2</sub> COOH-COHC(OH)-CH <sub>2</sub> COOH		0-0.5%
lactique	CH <sub>3</sub> -CHOH-COOH		0-0.3%
acétique	CH <sub>3</sub> -COOH		0.05%
<b>Colorants, enzymes, vitamines</b>			t
<b>Tannins</b>			0.2-0.4%
<b>Substances minérales</b>			
- soufre, chlore, phosphore, silicium, bore			t
- potassium, magnésium, calcium, fer, cuivre, zinc, etc.			t

**M. Pierre Grenier**, professeur titulaire au département de génie chimique de l'Université Laval, a occupé plusieurs fonctions à la faculté des Sciences et de génie de cette institution, dont celle de doyen. Il a été également membre du Conseil national de recherches du Canada (1972-1978) et président de l'Institut de chimie du Canada.

**Le moelleux**

Le *moelleux* provient essentiellement des alcools (car il y en a plus d'un), des sucres et de certaines autres substances complexes. Même si l'on conçoit un vin rouge comme sec, il reste toujours une certaine quantité de sucres qui, quoiqu'en concentration inférieure au seuil de la perception du goût sucré, contribuent à donner du corps au vin. Un vin déficient en moelleux donnera une impression de raideur ou de dureté dans la bouche; dans le cas opposé, un excès de moelleux rendra le vin trop gras ou pâteux.

On peut noter ici en passant un

phénomène connexe, celui de la sensation de chaleur presque brûlante qui caractérise une concentration d'alcool éthylique augmentée artificiellement. La chaptalisation, ou addition de sucre au moût avant la fermentation produit presque toujours cet effet car on rompt alors l'équilibre puisque tous les autres éléments deviennent déficients. Il est rare, par exemple, de rencontrer un beaujolais titrant plus de 11 ou 12 degrés qui ne souffre pas de cette tare.

**L'acidité**

Le raisin lui-même est la source de l'acidité; cette dernière est en général atténuée au cours de la fermentation

malo-lactique (voir plus loin, sous Acides) et du vieillissement. Elle est tout de même requise pour assurer au vin une fraîcheur qui se fond plus ou moins dans l'ensemble. Elle contribue en outre à la bonne conservation du vin en maintenant le pH suffisamment bas. Une acidité insuffisante donne un vin lourd, qui semble manquer de vie: c'est souvent le cas des vins provenant des régions plus chaudes.

Dans le prochain numéro, M. Pierre Grenier complètera sa description des composantes du vin en nous entretenant du tannin, de l'alcool et des sucres qu'on peut y trouver.



**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

LES **SERVICES TECHNIQUES RMB** LTÉE




- Services Géotechniques
- Contrôle de la Qualité
- Évaluation et Contrôle des Matériaux
- Études d'Évaluation
- Expertises
- Protection des Édifices
- Disponibilité — Personnel Technique



Laboratoire d'essais de béton certifié par 

8205 BOUL. MONTRÉAL-TORONTO, MONTRÉAL, QUÉBEC H4X 1N1  
Telex: 055-66440 Tél.: (514) 364-1400



**LUPIEN, ROSENBERG, JOURNEAUX & ASSOCIÉS INC.**  
études de sols et matériaux

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

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



**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)

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

Géotechnique / Contrôle Qualité  
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

**INSPEC-SOL INC.**

Études de fondation  
Contrôle de compaction  
Géologie de l'ingénieur

Essais sur les matériaux  
Laboratoire de sols  
Contrôle de vibrations



**MONTRÉAL, QUÉ**  
5762 Ave Royalmount  
Tél.: 514-731-7316

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

# événements à venir

## octobre

### Conférence sur la robotique

#### La robotique, une technologie vitale

de M. Pat Rosato, directeur de la formation chez Unimation Robotics Inc.  
4 octobre 1982  
Montréal, Québec  
Info: Formatrad Inc., M. Yves Jutras, 6621 Sherbrooke est, Montréal, Québec, H1N 1C7. Tél: (514) 253-5580.

#### 2<sup>e</sup> cours annuel Gestion des eaux de ruissellement

12 au 16 octobre 1982  
Faculté des sciences et de génie, Département de génie civil, 770 King Edward Ave., Ottawa, Ont. K1N 9B4  
N.B. Les cours se donnent en anglais.

#### Colloque des affaires gouvernementales sur l'environnement

du 12 au 15 octobre 1982  
Ottawa, Ontario  
Des représentants du gouvernement, de l'industrie et du public traiteront des problèmes environnementaux des années '80: il sera question, entre autres, de l'évaluation des incidences environnementales, la pollution transfrontalière, les substances toxiques, les véhicules automobiles, les usines de traitement des eaux usées et de l'eau (exploitation et entretien)  
Info: M. John A. Foster, 55 rue Saint-Claire ouest, Toronto, Ont. M5W 2J8. Tél: (416) 968-5531.

#### Conférence canadienne sur les communications et l'énergie

13 au 15 octobre 1982  
Hotel Reine Elizabeth, Montréal, Québec.  
45 exposés seront présentés sur les communications: systèmes vidéotex, satellites, représentation numérique de l'information, technique de modulation numérique, fibres optiques, téléphonie numérique et radio mobile. Le programme sur l'énergie comprend lui aussi 45 exposés: distribution électrique, gestion et planification des réseaux, interconnexions et automatismes seront plus particulièrement à l'ordre du jour.  
Info: M. Jean-Guy Pineault, IREQ, 1800 Montée Sainte-Julie, Varennes Québec J0L 2P0. Tél: (514) 652-8542.

#### 18<sup>e</sup> Congrès de la Société d'ergonomie de langue française

du 13 au 15 octobre 1982  
Paris, France  
Ce congrès est essentiellement centré sur les recherches et études ergonomiques liées aux applications nouvelles de l'informatique et de l'automatique.  
Info: INRIA, Service des relations extérieures, Domaine de Voluceau - Rocquencourt - B.P. 105, 78153 Le Chesnay Cedex (France)

### 3<sup>e</sup> conférence Augustin-Frigon



Photo-Lot, Paris

#### Vers l'homme symbiotique

Conférencier: **Joel de Rosnay**  
directeur des applications de la recherche à l'Institut Pasteur  
13 octobre 1982, à 11h30  
École Polytechnique de Montréal, Amphithéâtre C-631  
Info: Mme L. Benoit, Relations publiques École Polytechnique. Tél: (514) 344-4915

#### VIDCOM 82

15 au 19 octobre 1982  
Cannes, France  
8<sup>e</sup> marché international de la vidéocommunication: banques de données vidéotex, techniques et coûts de productions, enseignement assisté par ordinateur, etc.  
Info: 179 ave. Victor-Hugo, 75116 Paris, France. Tél: 505-1403.

#### 1<sup>er</sup> séminaire Adrien-Pouliot

26 octobre 1982  
Université Laval, pavillon Pouliot, Amphi. 1112, Québec

#### La distribution du gaz naturel au Québec

Info: M. Marius Roy, Dép. de génie civil, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec G1K 7P4. Tél: (418) 656-5936.

## novembre

#### SITEV 82

2 au 4 novembre 1982  
Toronto, Ontario  
Exposition internationale des fournisseurs de l'industrie des véhicules.  
Info: Sitev America, 1st National Building, suite 1060, 660 Woodward Ave., Detroit, Michigan 48226 USA. Tél: (313) 964-0410.

#### Conférence technique de la Société des Industries du Plastique du Canada

8 et 9 novembre 1982  
Hotel Hilton Airport, Toronto, Ont.  
Les communications porteront sur l'utilisation des plastiques armés.  
Info: Mme E. Gagnon, SPI, 1262 Don Mills Road, suite 104, Don Mills, Ont. Tél: (416) 449-3444.

#### 5<sup>e</sup> Symposium sur le traitement des eaux usées

15 et 16 novembre 1982  
Montréal, Québec  
Organisé conjointement par Environnement Canada et l'Association Québécoise des Techniques de l'Eau (AQTE), le symposium fera le point sur la technologie pertinente au programme d'assainissement des eaux du Québec.  
Info: A. Jolicoeur, Division du transfert de technologie, Direction générale de l'assainissement des eaux, Service de protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, Ontario K1A 1C8. Tél: (819) 997-1220.

#### Canadian Computer Show & Conference

15 au 18 novembre 1982  
Toronto, Ont.  
Info: 20 Butterick Road, Toronto, Ont. M8W 3Z8. Tél: (416) 252-7791.

#### Conférence de l'Association Nationale des Ingénieurs en Corrosion (Région canadienne de l'Est)

#### Les innovations technologiques dans la lutte contre la corrosion

23 au 25 novembre 1982  
Hotel Reine Elizabeth,  
Montréal, Québec

Le programme compte 60 communications portant sur les nouveaux matériaux, les revêtements, la protection cathodique et les inhibiteurs. L'emphase a été placée sur l'utilisation dans les principales industries.

Une session générale d'ouverture présentera les points de vue de 4 personnalités importantes: le **Dr. R. Doré**, Directeur de l'École Polytechnique le **Dr. S. Smith**, Président du Conseil des Sciences du Canada le **Dr. P. Perron**, Sous-ministre adjoint à l'Énergie du Québec **C. Baronet**, Directeur de la recherche et du développement du CRIQ et **M. M. Webster**, Président de Corrosion Service.

Info: M. Jim Whyte, Trans-Northern Pipe Line Inc., route 34, Lancaster, Ontario K0C 1N0. Tél: (613) 347-3405.

# répertoire des annonceurs

2	Aciers Algoma Ltée	9	Coopérative étudiante de Polytechnique	21	H.A. Jackson & Fils Ltée
CII	Air Canada			10	Jenkins Canada
CIV	ASEA Industries Ltée				
8	Asselin, Benoit, Boucher, Ducharme, Lapointe Inc.	27	Défense Nationale — Gouvernement du Canada	30	Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc.
26	Atelier Dismas			30	Lupien, Rosenberg, Journaux & Associés
18	Bechtel Canada	22	Emploi & Immigration Canada		
17	Les Bétons Centrifugés			30	La Rapière, restaurant
25	Bouthillette, Parizeau & Associés	18	Federated Genco Ltée	28	Saint-Amour et Associés
32	La Brasserie O'Keefe	30	Le Groupe Conseil S.M. Inc.	30	Les Services Techniques RMB Ltée
26	Commission de la Fonction publique du Canada	4, 14	Hydro-Québec	26	Technisol Inc.
25	La Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc.	18	Inersap	CIII	Texel
		30	Inspec-Sol Inc.	28	Université Laval



**Celle  
qui se prend  
en douceur.**



## TEXEL... le meilleur sous-vêtement souterrain

TEXEL est un géotextile aiguilleté fabriqué de polyester à 100%. On l'utilise pour la construction de routes et voies d'accès, de chemins de fer, de travaux hydrauliques et pour la fondation d'édifices.

Le géotextile TEXEL assume plusieurs fonctions. D'abord, c'est un filtre; sa texture lui permet de retenir les fines particules et de laisser passer l'eau par la normale à son plan.

TEXEL, c'est aussi un drain parce qu'il favorise la collecte des eaux. Sa structure lui confère une perméabilité dans le sens normal et radial toujours supérieur au sol environnant.

TEXEL agit adéquatement comme couche séparatrice. Il empêche deux couches de se contaminer.

TEXEL agit comme armature car il améliore la capacité portante d'un sol. Son pourcentage d'élongation élevé et sa résistance à la traction le protègent contre la rupture lors de contraintes importantes.

Pour tout renseignement, composez sans frais 1-800-463-8866.

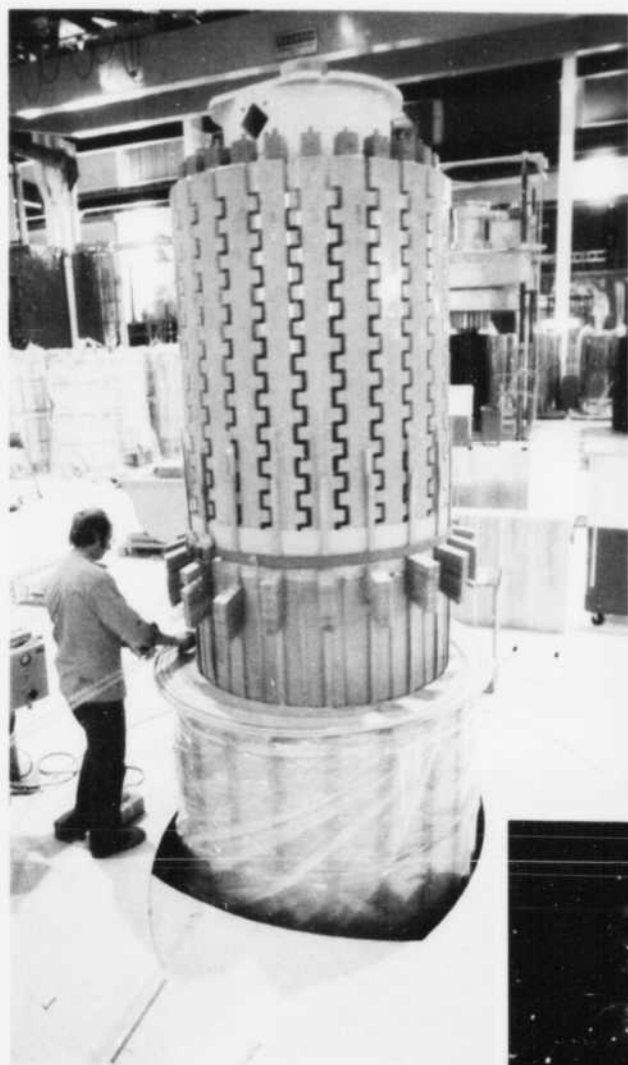
**Texel**

485, des Érables, St-Elzéar, Beauce-Nord  
P.Q., Canada G0S 2J0 418-387-5910



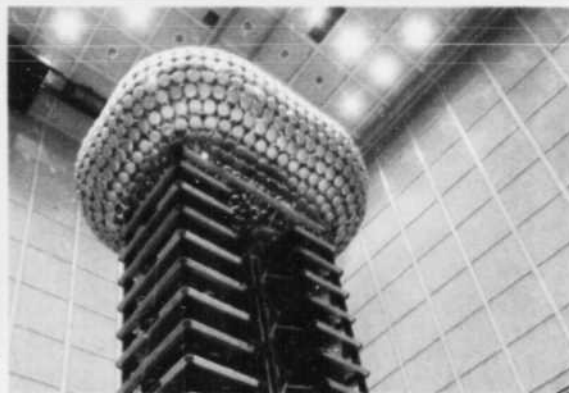
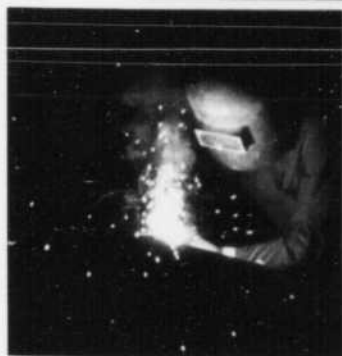
Autres utilisations: stationnements, berges, jardins, lignes de transmission, piscines, digues et toitures inversées.

# 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