

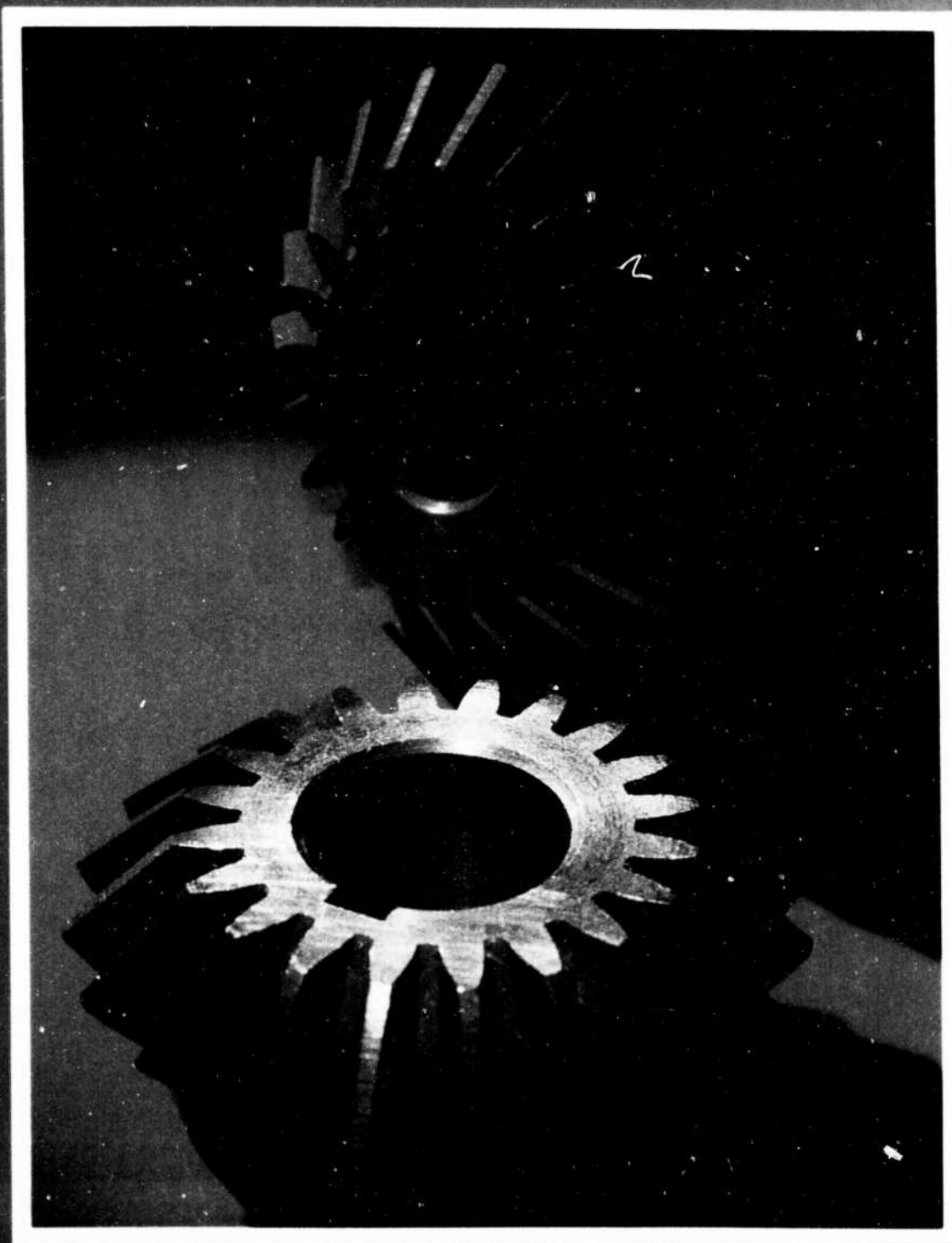
l'ingénieur

Mars/Avril 1988

N° 372

72^e année

Les
engrenages
coniques par
simulation



Quelle que soit votre application pour un entraînement à vitesse variable:

- entraînement à fréquence variable,
- entraînement à courant continu,
- entraînement à courant de Foucault,
- entraînement à récupération d'énergie,

appelez Rumble pour vous conseiller!



Voici six bonnes raisons de le faire:



1 Entraînement C.A. Relcon® 575 V

Rumble conçoit et manufacture des entraînements à fréquence variable de 1/4 à 4000 CV pour toutes sortes de voltage: 115, 230, 460, 600, 2300 et 4160 volts. Ces entraînements peuvent être adaptés à vos besoins spécifiques quelle que soit votre application. Pour des applications de pompes ou de ventilateurs, votre consommation d'énergie peut être réduite quelquefois jusqu'à 50%.

2 Fiabilité

Chez Rumble, nous introduisons la fiabilité dans nos contrôleurs afin d'assurer à nos clients une plus grande productivité de leurs machines.

3 Application et ingénierie

Rumble possède une équipe de spécialistes prêts à vous conseiller pour vos applications à vitesse variable. Ces spécialistes vous aident à choisir le bon type d'entraînement pour votre application puisque Rumble conçoit et manufacture plusieurs types d'entraînement à vitesse variable.

4 Fabrication au Canada

Rumble est en affaires depuis plus de 40 ans et manufacture au Canada des entraînements à vitesse variable depuis plus de 12 ans.

5 Service après-vente

Que ce soit pour l'aide aux départs, le service ou la formation du personnel, aucune compagnie n'offre au Canada un aussi bon service après-vente que Rumble.

6 Système complet

Grâce à son département d'ingénierie mécanique et électrique, nous retrouvons des produits comme Dynapar, Stearns,

Dynamic, Robotique, etc. Rumble peut vous aider à concevoir votre ligne de production selon vos besoins spécifiques.

® Relcon est un nom de marque enregistré par Les Équipements Rumble Ltée.

A LA FINE POINTE DE LA TECHNOLOGIE

Rumble

Les Équipements Rumble Limitée

25 Baywood Road
Rexdale (Ontario)
M9V 3Y8
(416) 743-5711
Télex: 065-27283

2535 boul. Cavendish
Montréal (Québec)
H4B 2Y5
(514) 487-6111
Télex: 055-66347

Suite 111, 17704-103^e Ave.
Edmonton (Alberta)
T5S 1J9
(403) 489-0964
Télex: 037-2966

9171 Williams Rd.
Richmond, B.C.
V7A 1J9
(604) 271-0700
Télex: 043-52848

Sommaire

Éditeur

Les publications l'ingénieur inc.
Case postale 6980, succursale A
Montréal (Québec) H3C 3L4
Tél. (514) 340-4764

Conseil d'administration

Jean-Paul Gourdeau, président
Paul Major, vice-président

Comité exécutif

Guy Drouin, président exécutif
Jacques Lapointe, vice-président
Jean Corneille, vice-président
Serge Tison, secrétaire
Claude Brulotte, trésorier
Yolande Gingras, directeur général

Administrateurs

Michel Belleroche
Adolphe Blach
Claude Bourgeois
Hélène Denis
Roland Chevalier
Marcel Desjardins
Fernand DeSerres
Daniel Fleury
Roger Lessard
Donat A. Martindoli
Ovide J. Poitras
Christian Tessier
Jean-Claude Thermen
Jean Verdy

Directeur général

Yolande Gingras

Comité consultatif de rédaction

Gilles G. Bélanger
Joseph Bouchard
Jules Delisle
Hélène Denis
Pierre Desrochers
Yves Lizotte
Paul-Édouard Robert

Rédacteur en chef

Henri Kélada

Puclité

Robert Dumouchel
Publications R.A.D. inc.
605 rue Filatrault
Suite 6
Saint-Laurent (Québec) H4L 3V3
Tél. (514) 744-6019; 744-6162

Composition

Les Ateliers Chiora inc.
(514) 341-4066

Imprimeur

Presses Elite inc.
(514) 731-2701

Abonnements

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

Droits d'auteurs

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

Courrier de deuxième classe
Enregistrement no 5788



2 Les engrenages coniques: simulation par ordinateur par Claude Gosselin

Le présent article fait le point sur une méthode de simulation exacte de la géométrie des engrenages coniques, et des avantages qui en découlent.

9 Le génie industriel et la productivité par Claudio Benedetti

L'objectif de cet article est de présenter le rôle du génie industriel et son impact sur la gestion de la production et sur la productivité.

14 Les techniques de construction par Paul-A. Brochu

Aujourd'hui, avec le développement de la technologie, nous sommes en mesure de trouver sur le marché l'outillage nécessaire pour réaliser des routes, bonnes et durables.

19 Évolution des émissions de dioxyde de soufre au Québec par Raynald Brulotte, ing. et Donald Giguère ing.

Nous présentons ici les données concernant les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) au Québec pour l'année 1984 et les comparons à celles de l'année 1980, année de référence.

23 La responsabilité des ingénieurs et des architectes par Henri Kélada

L'objet de notre propos est de discuter de la possibilité, pour le constructeur, d'appeler en garantie l'architecte dont il aura suivi les plans et les directives, et pour le propriétaire d'un immeuble défectueux de poursuivre, conjointement et solidairement l'ingénieur et l'entrepreneur.

26 Des étudiants en génie de l'Université de Sherbrooke conçoivent une voiture innovatrice par François Goulet

Des étudiants en génie de l'Université de Sherbrooke seront à surveiller lors du concours international de design automobile qui aura lieu en juillet prochain à Vancouver.

Photos par Jean Claudinon

Les engrenages coniques: simulation par ordinateur

Claude Gosselin

L'avènement de la CAO a eu des répercussions dans toutes les activités scientifiques. Les engrenages n'échappent pas à cette tendance, principalement parce que la demande de précision dans la prédiction du comportement en fonctionnement augmente avec les applications de plus en plus éprouvantes. Le présent article fait le point sur une méthode de simulation exacte de la géométrie des engrenages coniques, et des avantages qui en découlent.

Introduction

Les engrenages existent depuis l'antiquité. Leur usage est tellement répandu aujourd'hui qu'on n'y porte généralement que peu d'attention bien qu'ils soient à la base du fonctionnement d'une gamme d'applications dont la liste peut-être longue: trains, voitures, motocyclettes, avions, montres, machines outils, chaîne de montage, appareils électro-ménagers, etc.

Ces éléments de machine ont pour fonctions de base la transmission du mouvement, la réduction de la vitesse de transmission et le contrôle du sens de la rotation. Les formes et les noms qu'ils prennent sont des plus variés: engrenages cylindriques à denture droite ou hélicoïdale interne ou externe, engrenages coniques à denture Eloiide ou Palloide, engrenages hypoides à denture Formate, etc.

La forme la plus répandue est sans contredit l'engrenage cylindrique à denture droite avec profil

de denture à développante de cercle. Ce type d'engrenage ne permet toutefois de transmettre le mouvement qu'entre des axes parallèles; il ne peut supporter qu'un faible désalignement entre les axes porteurs. La simplicité de la géométrie permet d'en connaître les caractéristiques avec précision, au moyen de calculs simples.

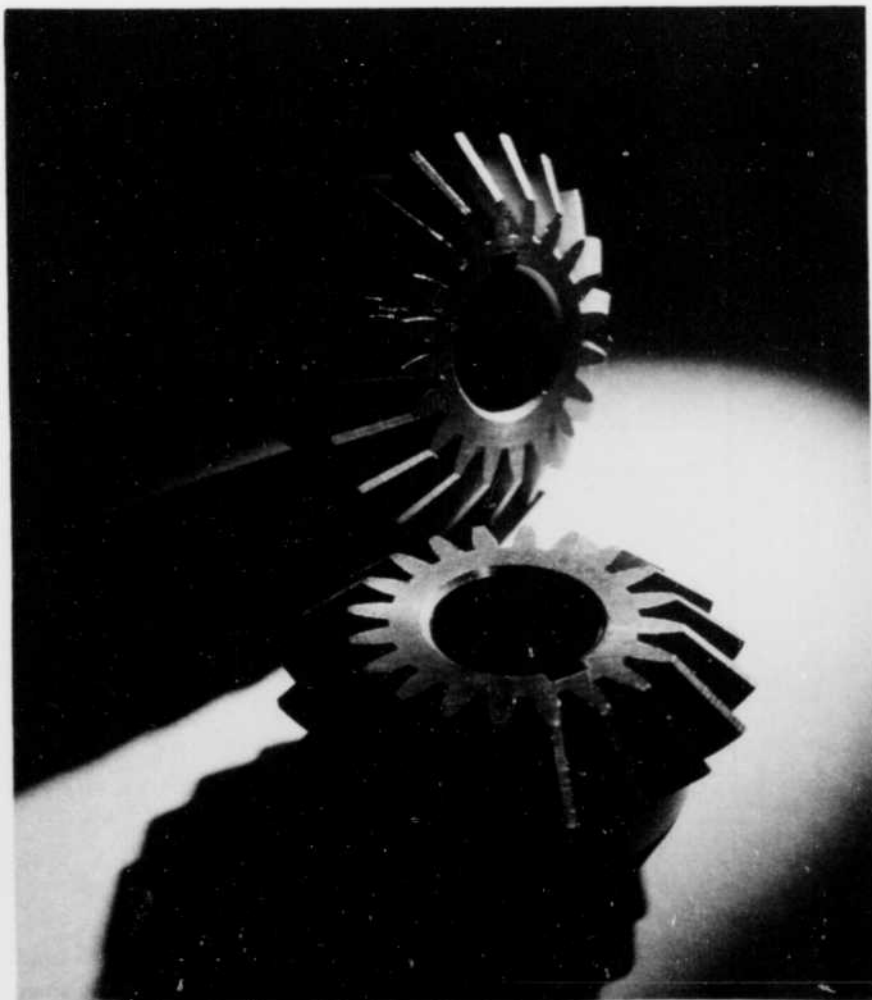
Une autre forme très répandue est l'engrenage conique. Bien qu'on en retrouve dans le différentiel de chaque automobile, son application est plus sensible du fait de sa géométrie particulière. Il existe peu d'applications où son importance soit plus grande qu'en aéronautique: l'augmentation des vitesses et des températures de fonctionnement de même que le besoin de réduire le poids au strict minimum entraînent une augmentation importante des sollicitations imposées à ce type d'élément mécanique.

De façon générale, la fabrication des engrenages coniques est moins précise que celle des engre-

nages cylindriques. On retrouve ainsi des erreurs de fabrication plus importantes sur les dentures des engrenages coniques, telles les erreurs sur le pas circulaire et l'angle d'hélice ou de spirale. De par leur géométrie, ils imposent à leurs supports des contraintes à la fois axiales et radiales, ce qui a pour effet d'entraîner des déformations du boîtier et, par suite, des erreurs de positionnement en fonctionnement [8, 13]. Le fait que souvent un des membres du couple soit monté en porte-à-faux ne fait qu'accentuer les déformations des supports et, par conséquent, les erreurs de positionnement. En outre, la précision instantanée de transmission du mouvement d'un couple conique n'est pas, en général, totalement exacte, de sorte qu'on retrouve des accélérations et des décélérations au moment de l'entrée en contact. Ces accélérations et décélérations combinées à des vitesses de rotation élevées, un alignement imparfait et des erreurs de fabrication induisent

M. Claude Gosselin a obtenu un B. Sc. A. (Génie mécanique) de l'Université Laval. Il a été concepteur chez Pratt & Whitney (Réducteur de vitesse PW-100; développement des méthodes de calcul; recherche). Il a aussi obtenu un M. Sc. A. (Génie mécanique) de l'Université Laval. Il prépare actuellement un Ph. D. à cette université.

Ses travaux de recherche, au niveau de la maîtrise, ont porté sur le développement d'un logiciel graphique d'analyse des mouvements et comportements cinématiques des engrenages coniques. Les travaux de doctorat portent sur l'utilisation de ce logiciel en vue de minimiser la sensibilité cinématique aux erreurs de montage des engrenages spiro-coniques.



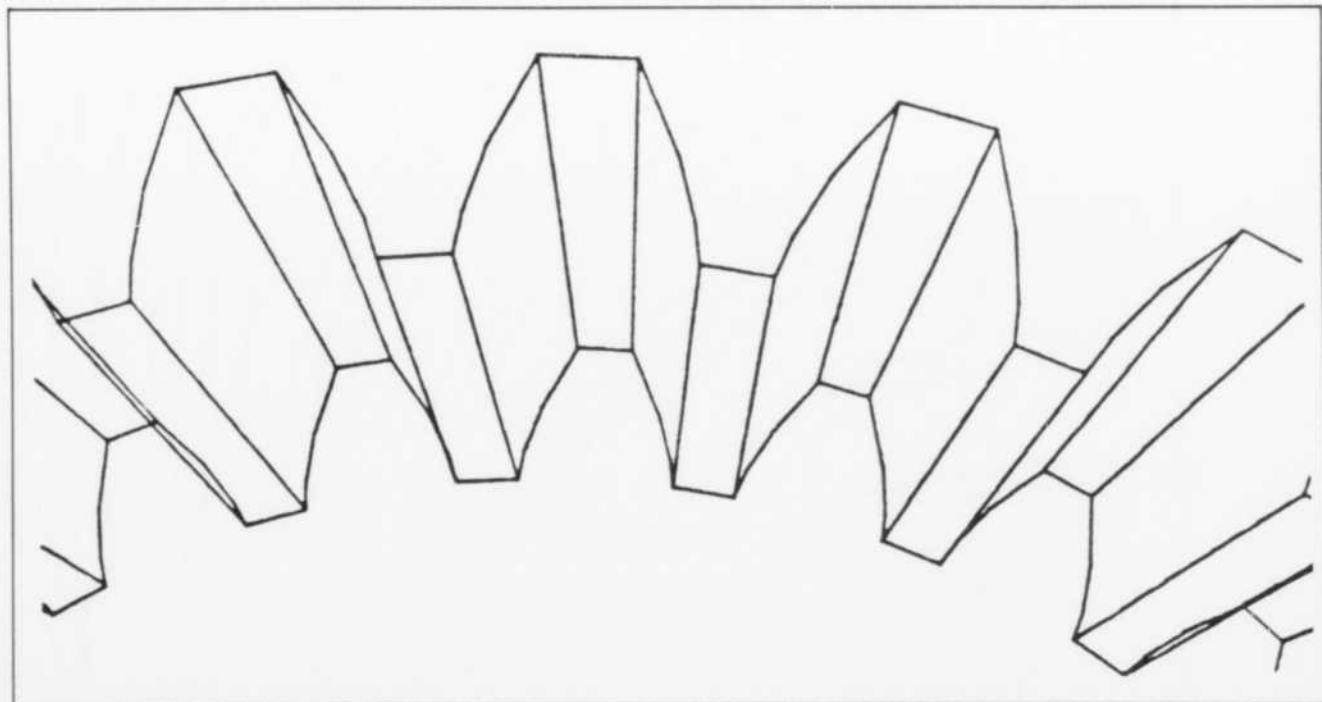


Figure 1: Denture conique droite

une excitation dynamique; l'augmentation résultante des efforts peut mener au bris d'une ou plusieurs dents d'un couple, le rendant alors inutilisable.

Il est essentiel de pouvoir tenir compte des erreurs anticipées de fabrication et de montage lors de la conception d'une transmission par engrenages coniques, et de prévoir leur influence sur le comportement en fonctionnement. On peut ainsi modifier certains ajustements de la machine à tailler afin de minimiser la sensibilité du train d'engrenages aux déformations et désalignements anticipés, une technique appelée le «développement». Cette technique existe déjà: elle relève à la fois de la science et de l'art. Elle requiert la production d'un modèle physique, son essai, la modification des paramètres de fabrication, production d'un nouveau modèle, essai et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'un compromis acceptable. Cette méthode est coûteuse en temps de production et en matériel; de plus, elle laisse peu de liberté dans le choix des paramètres, à cause du coût et du temps impliqués.

Géométries

Les relations mathématiques permettant de réaliser la génération des dents ne furent définies

qu'au 17^{ième} siècle. On attribue à un astronome Hollandais, Romer, en 1670, l'un des premiers articles établissant des relations mathématiques sur la transmission de vitesse angulaire uniforme. Il présenta alors une étude portant sur la théorie de l'action de cycloïdes, nos engrenages à denture épicycloïdale. Il faudra attendre près d'un siècle avant que Leonard Euler, en 1754, propose le système d'engrenage universellement accepté de nos jours, soit le profil à développante de cercle.

La géométrie d'un engrenage conique droit est simple (fig 1); l'analyse peut se faire par analogie avec la géométrie des engrenages cylindriques de sorte que les calculs sont aisés. Cette géométrie devient très complexe dans le cas d'engrenages coniques à denture spirale (fig 11) ou hypoides. L'approche géométrique classique est limitée dans l'analyse de géométries semblables, bien que le sujet ait été couvert en détail [8, 9, 10]; les calculs sont complexes et ne permettent pas de simuler des imperfections de fabrication ou de montage. La simulation cinématique des mouvements de génération nous permet de contourner ces limitations et d'obtenir l'information désirée. Un américain, Baxter [11, 12], et un russe, Litvin [3, 4, 5], ont été les premiers à aborder

le sujet et démontrer l'intérêt et l'utilité de l'approche cinématique. Ils ont été les pionniers de l'élaboration de la méthode vectorielle permettant de reproduire analytiquement une surface de denture. Son application à des types d'engrenages coniques et hypoides Gleason [1, 2, 11] ou Oerlikon [14] démontre la flexibilité de la méthode. Cloutier [6] l'a utilisée dans l'étude de dentures à profil circulaire de type Wildhaber-Novikov. Elle a aussi été appliquée à des dentures avec des courbures longitudinales différentes [15] telle la spirale d'Archimède.

Simulation

La méthode de simulation repose sur la représentation vectorielle tridimensionnelle des positions, formes et mouvements relatifs des couteaux et des pièces taillées. Par l'application de la condition de contact conjugué (equ 1), nous obtenons la forme analytique de la surface taillée. Cette condition stipule que la vitesse relative entre les surfaces en contact doit être dans le plan tangent aux surfaces afin d'éviter l'interpénétration de ces surfaces. La surface taillée peut ensuite être placée n'importe où dans l'espace pour tenir compte d'erreurs de fabrication ou de positionnement. L'utilisation de méthodes numériques

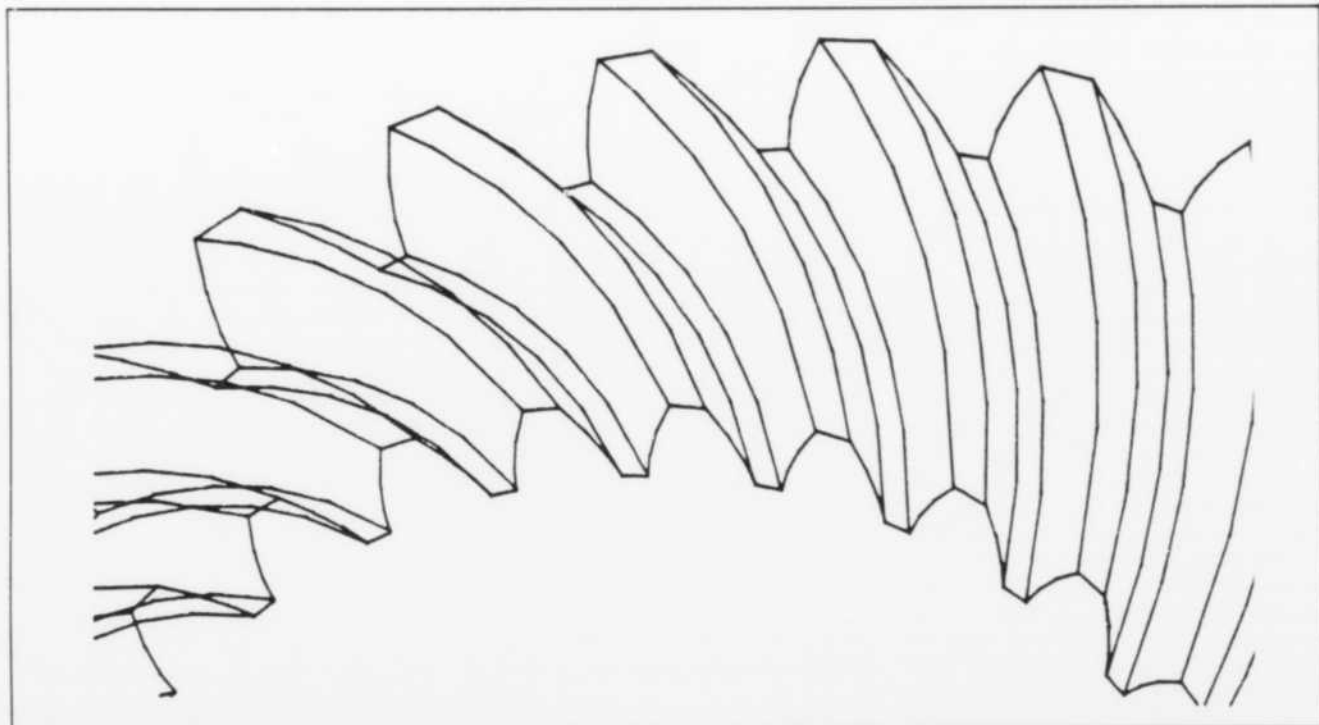


Figure II: Denture conique spirale Gleason

appropriées aux équations non-linéaires permet de solutionner le système de conditions de contact imposées. Par convention, l'engrenage avec le plus petit nombre de dents est appelé le pignon, l'autre la roue.

Les paragraphes qui suivent exposent, de façon succincte, la méthode de simulation. Les applications seront présentées dans un article ultérieur.

Référentiels principaux

Le référentiel cartésien Z général (fig III) est fixe dans l'espace. Dans Z , nous définissons deux systèmes d'axes droits, X qui est lié au pignon, et Y qui est lié à la roue. Le pignon tourne autour de l'axe X_3 , la roue autour de l'axe Y_3 .

La définition de la position et de l'orientation de X et Y est tout à fait générale. Les angles α_1 , α_2 et α_3 orientent X par des rotations autour de Z_1 , Z_2 et X_3 . Les distances A_1 , A_2 et A_3 localisent l'origine de X selon Z_1 , Z_2 et Z_3 . Les angles β_1 , β_2 et β_3 orientent Y par des rotations autour de Z_1 , Z_2 et Y_3 . Les distances B_1 , B_2 et B_3 localisent l'origine de Y selon Z_1 , Z_2 et Z_3 .

Conjugaison

Deux surfaces sont dites «conjuguées» si chacune d'elles enve-

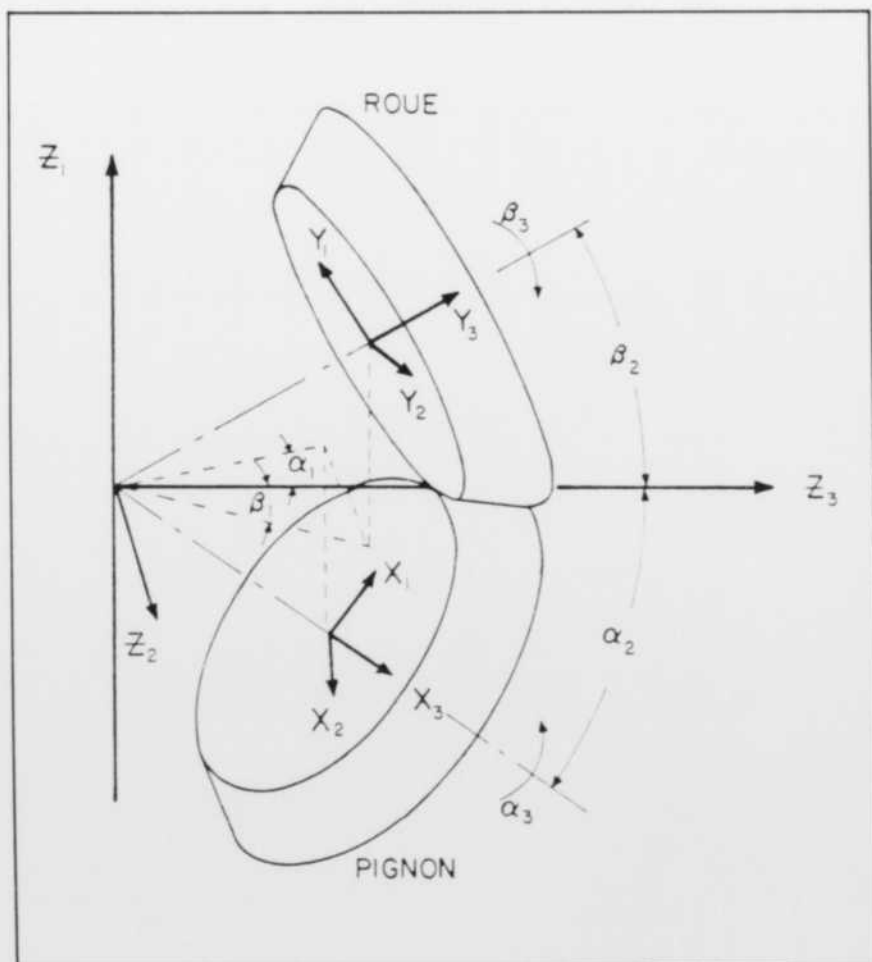


Figure III: Référentiels généraux

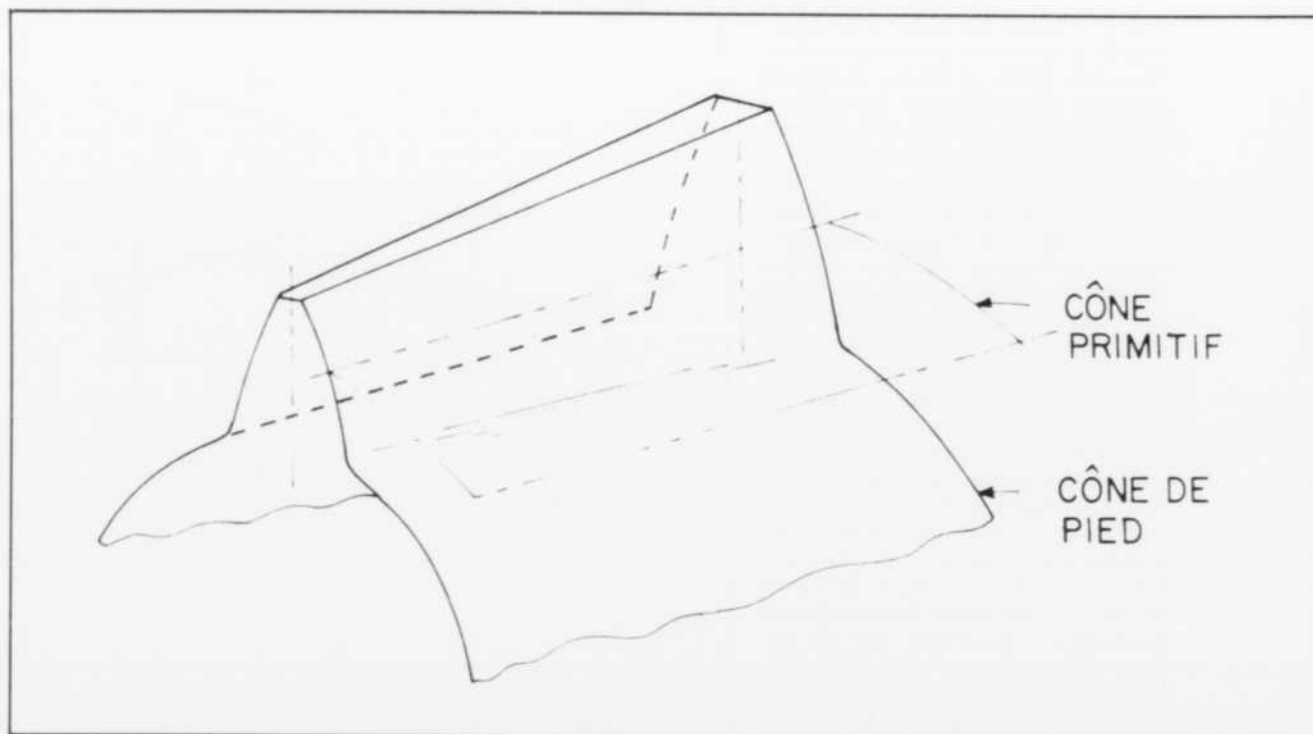


Figure IV: Denture trapézoïdale

loppe l'autre durant un mouvement relatif déterminé [7]. Ainsi, si une denture est faite d'un matériau rigide et la dent correspondante est faite d'un matériau déformable plastiquement, le mouvement relatif entre les deux surfaces générera sur la seconde dent une «surface conjuguée» à la surface de la première dent. On dénomme la surface rigide, pour les engrenages coniques, la roue plate génératrice. Deux engrenages sont parfaitement conjugués si leurs roues plates génératrices respectives s'imbriquent parfaitement.

Deux surfaces conjuguées font contact, à tout instant, le long d'une ligne ou en un point de contact, la ligne étant le lieu de tous les points de contact en un instant donné. En un point de contact, les surfaces possèdent une normale commune et la vitesse relative normale au plan de contact est nulle. Il n'y a pas interpénétration des surfaces. Cette condition s'exprime vectoriellement:

$$N \cdot V_r = 0$$

Dents

Afin d'équilibrer la résistance en flexion à chaque extrémité de la dent, les dentures coniques nord-américaines sont généralement trapé-

zoïdales (fig IV). Pour des raisons de simplification de certaines machines de fabrication, les roues plates génératrices vont être inclinées (d'un angle de creux) par rapport au cône primitif de sorte qu'elles ne s'emboîtent pas exactement: les engrenages générés au moyen de ces roues plates génératrices ne sont pas parfaitement conjugués. On devra «développer» leurs dentures afin d'obtenir les caractéristiques nécessaires à un fonctionnement correct.

Référentiels de définition du mouvement du couteau

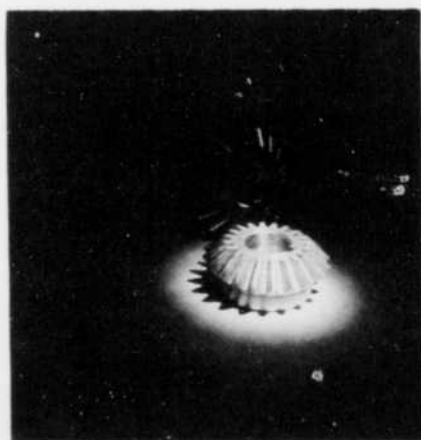
Soit le référentiel cartésien Z fixe dans l'espace (fig V). Dans Z nous définissons un système d'axes droits W lié à la roue plate génératrice du pignon (la roue se traite de façon semblable), incliné de l'angle de creux α_2 par rapport au plan Z2 Z3. L'origine de W coïncide avec l'origine de Z. Cependant, il arrive que l'un soit déplacé par rapport à l'autre afin de modifier la denture générée ou pour tailler un pignon hypoïde. Le référentiel D décrit le mouvement du couteau dans le plan normal à son arête. Il est localisé dans W par l'angle L_{2p} et la distance T_p . Le plan D2 D3 est dans le plan W2

W3, tangent au cône de pied du pignon. D est fixe dans W. Le référentiel W est lié à la roue plate génératrice. Son origine coïncide avec le centre de la roue plate génératrice; l'axe W1 est l'axe de rotation de la roue plate génératrice. Le référentiel W' est fixe dans Z, le référentiel général; le plan W'2 W'3 est incliné d'un angle α_2 l'angle de creux, par rapport au plan Z2 Z3. Son origine coïncide avec l'origine de Z. Il permet de localiser W, le référentiel lié à la roue plate génératrice, dans Z au moyen de l'angle L_{1p} , angle de rotation de la roue plate génératrice liée à la rotation de la pièce générée par un roulement sans glissement des cônes primitifs l'un sur l'autre, et de α_2 , l'angle de creux.

Couteaux

La développante de cercle étant généralement utilisée comme profil pour les engrenages cylindriques droits et hélicoïdaux, il est naturel de considérer l'usage de profils à développante pour les engrenages coniques [16]. Comme les engrenages coniques sont de nature sphérique plutôt que cylindrique, la développante doit être générée sur la surface

d'une sphère, un idéal peu avantageux à cause de la forme particulière que devra prendre l'arête du couteau. Un avantage de la développante de cercle des engrenages cylindriques est que le couteau la produisant possède une arête droite, facile à produire et à entretenir. On peut donc, pour les engrenages coniques, penser utiliser une arête droite comme profil des surfaces enveloppantes de la roue plate génératrice; on obtiendra ainsi une développante de sphère. On appelle «octoïde» la denture obtenue à cause de la forme de la trajectoire de contact sur la surface de la sphère. La forme octoïde est très répandue et largement utilisée pour générer les engrenages coniques puisqu'un simple outil avec une arête rectiligne doit être utilisé. On retrouve des couteaux d'ébauche travaillant sur un ou deux côtés à la fois et des couteaux de finition ne travaillant que d'un côté. Les dentures de précision sont finies à la meule.



Un autre type de couteau, moins répandu, est le couteau à profil circulaire utilisé pour produire des engrenages de type Wildhaber-Novikov, du nom des inventeurs américain et russe [17,18]. Ce type de couteau a comme avantage de générer des surfaces ayant une plus grande conformité, le contact étant de type convexo-concave tant dans le sens longitudinal que normal de la dent. Le profil de couteau qui a été jusqu'ici le choix unanime est l'arc de cercle à cause de sa simplicité de fabrication. Les rayons des arcs de cercle des couteaux du pignon et de la roue généralement différents, afin de limiter la sensibilité des engrenages générés aux erreurs de positionnement: les roues

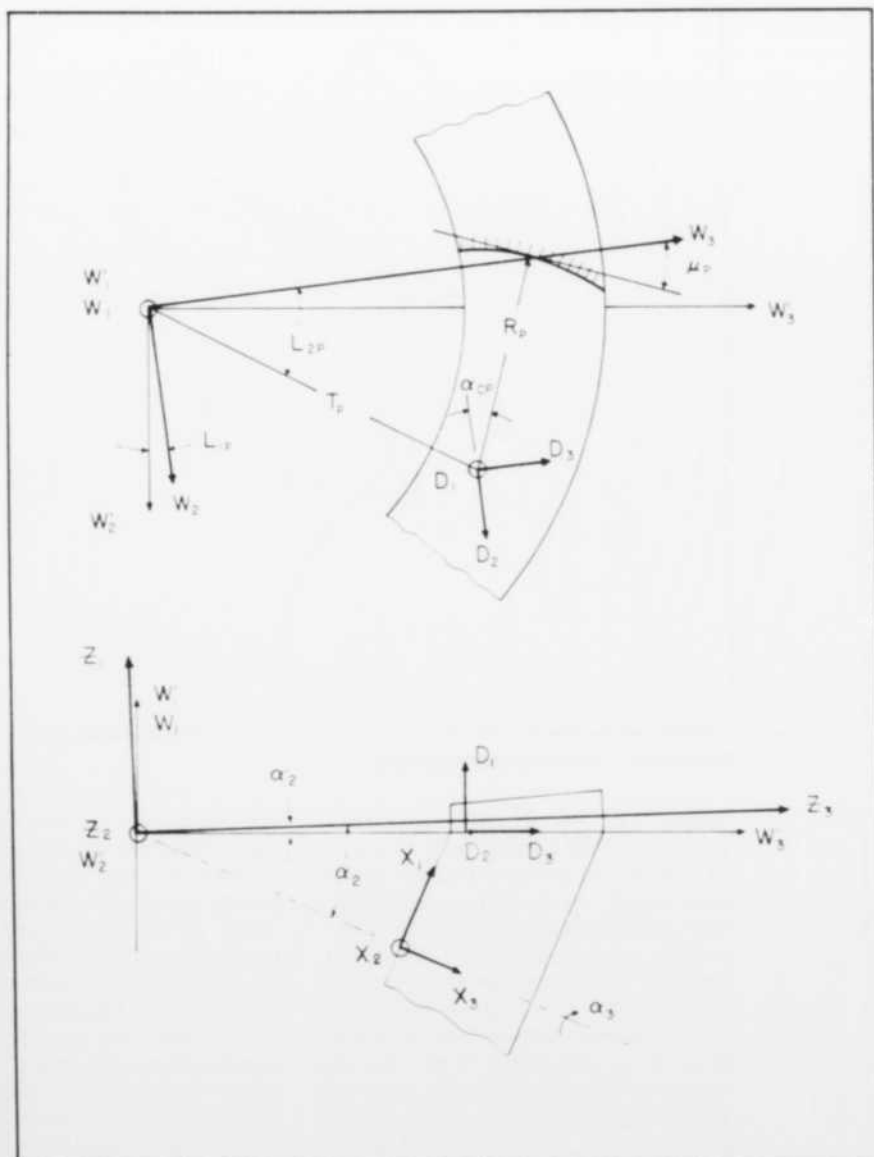


Figure V: Référentiels pignon

plates génératrices du pignon et de la roue ne sont donc pas conjuguées.

Dans le système d'axes D (O : C pour la roue), nous définissons les coordonnées d'un point sur l'arête du couteau ainsi que la normale au couteau à ce point. Un point P (fig VI et VII) sur l'arête du couteau est identifié par la variable S_p , une distance pour le couteau à arête droite (fig VI) et un angle pour le couteau à arête circulaire (fig VII).

L'orientation de la normale dans l'espace dépend du mouvement, rectiligne, circulaire ou autre, dont est animé l'arête du couteau. La variable de positionnement de l'arête du couteau est

α_{cp} , une distance pour un mouvement rectiligne, un angle pour un mouvement circulaire ou une fonction pour un mouvement complexe.

Équation de surface

La connaissance de la position d'un point sur l'arête du couteau nous permet d'obtenir l'expression analytique de la vitesse relative entre le couteau et la dent taillée. L'application de la condition de contact conjugué (equ 1) à la définition de la normale et de la vitesse relative dans le référentiel général donne l'équation analytique de la surface taillée. Cette équation de surface est fonction de trois variables:

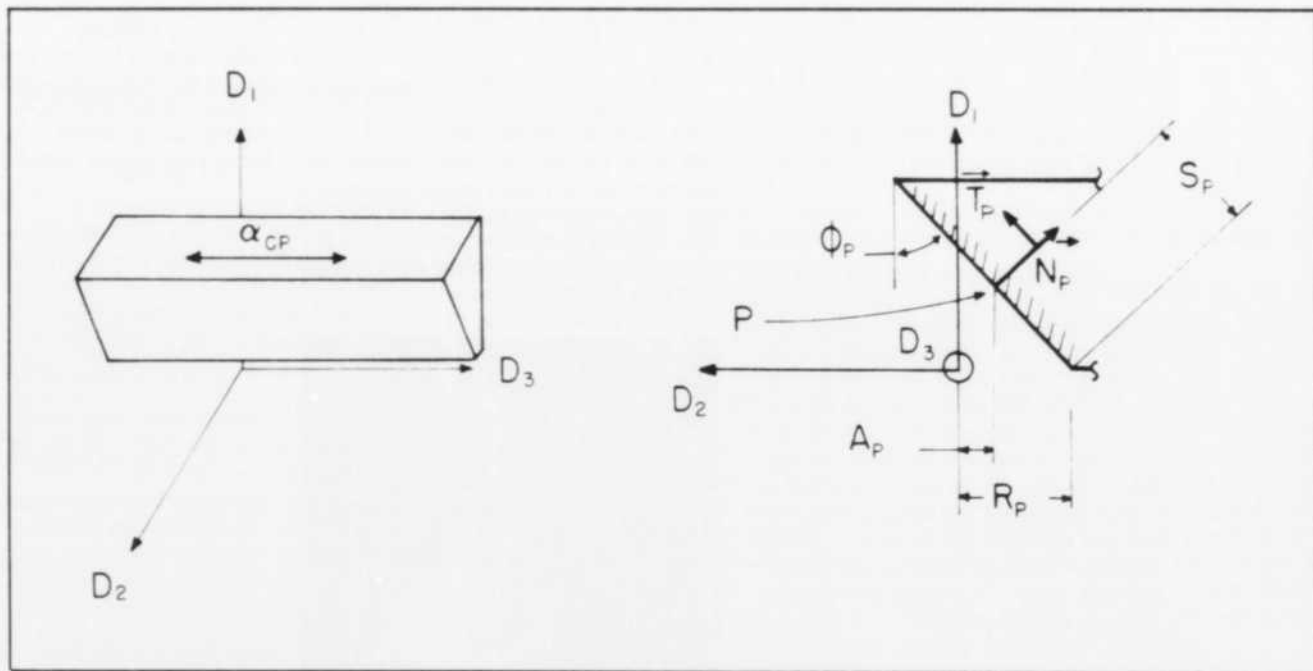


Figure VI: Couteau à arête rectiligne

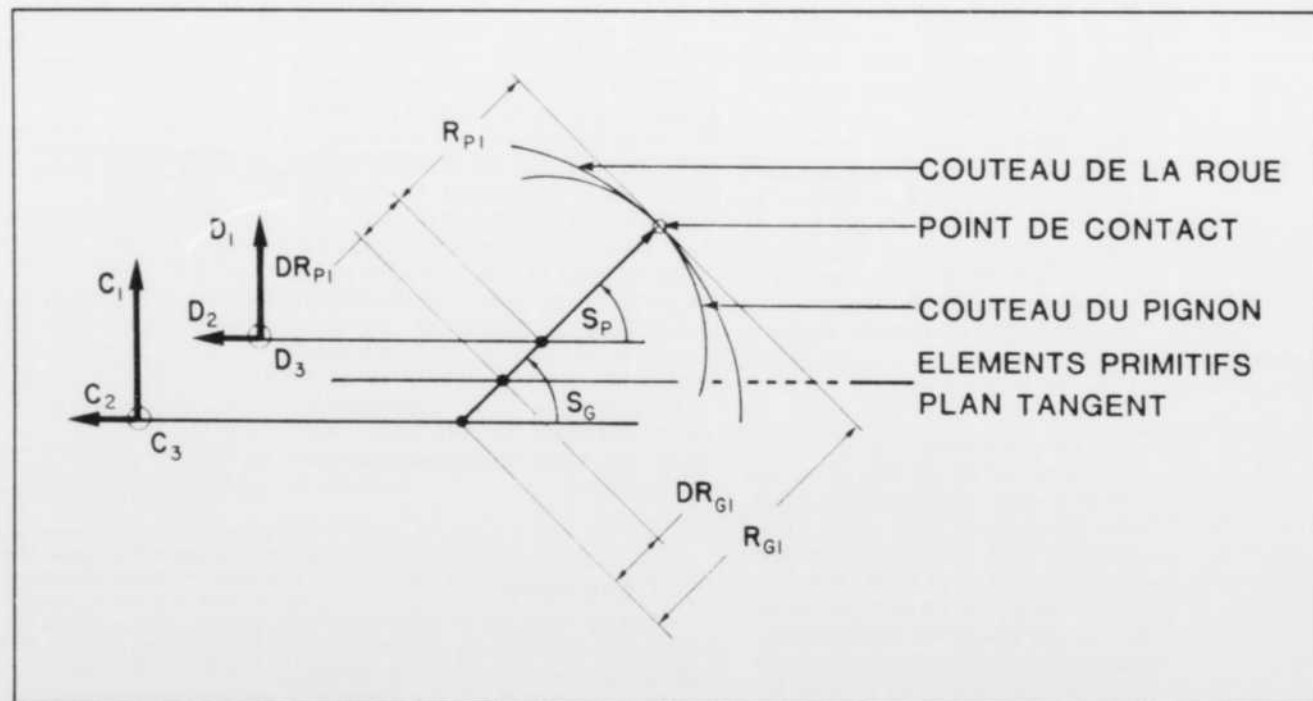


Figure VII: Couteaux à arête circulaire

S_p : position d'un point sur l'arête du couteau;

α_{cp} : orientation du couteau dans son référentiel;

α_3 : angle de roulement de l'engrenage taillé;

Elle est obtenue sous la forme:

$$S_p = f(\alpha_{cp}, \alpha_3)$$

C'est l'équation de la surface générée par le couteau dont le mouvement a été défini dans le référentiel D. Pour une géométrie et un mouvement de couteau donnés, un point S_p sur la surface est défini par une combinaison (α_{cp}, α_3) . La solution de cette équation de surface est une ligne de contact

longitudinale entre le couteau (reproduisant la surface enveloppante de la roue plate génératrice) et la denture générée. Par exemple, si nous fixons S_p , la position d'un point de contact sur l'arête du couteau, une infinité de valeurs pour α_{cp} et α_3 satisfont à l'équation de surface et correspondent à une

ligne paramétrique dans l'espace. Le lieu d'une série de ces lignes dans Z le référentiel général, donne la surface d'action couteau-pignon; dans X, le lieu d'une série de ces lignes donne le profil généré.

Représentation graphique

La relation (2) définit une surface spatiale infinie. Le contour de la surface appartenant à l'engrenage considéré est obtenu en faisant l'intersection entre la surface paramétrique (2) et l'enveloppe géométrique de l'engrenage. Nous pouvons ainsi représenter graphiquement un engrenage tridimensionnel, de même que les résultats des calculs, ce qui facilite grandement l'évaluation des analyses effectuées.

Conditions de contact

Afin qu'un contact conjugué puisse avoir lieu entre une paire de dents, un certain nombre de conditions, énoncées dans le référentiel général Z, doivent être satisfaites (fig VIII);

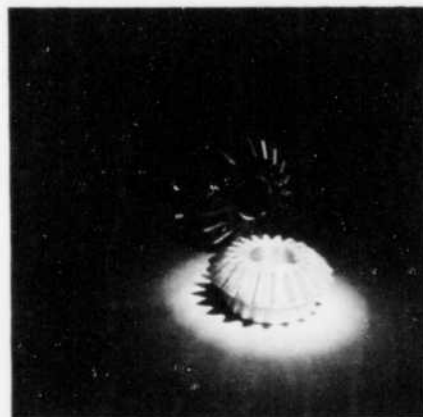
- les coordonnées au point de contact sur la denture du pignon doivent être les mêmes que celles de la roue;
- de plus, la normale à la surface de la dent du pignon doit être parallèle à celle de la roue; les composantes doivent donc s'annuler.

Analyse cinématique

L'analyse cinématique est la première étape dans l'évaluation d'une géométrie. Elle est basée sur des caractéristiques purement géométriques. Les efforts dus à la charge transmise ne sont pas analysés: seules les déformations causées par ces efforts (déplacements et désalignements) sont considérés. Les résultats cinématiques recherchés sont au nombre de quatre:

- Géométrie: la forme de la dent suit les normes établies (AGMA); cependant, certains paramètres peuvent être modifiés pour produire des caractéristiques particulières; l'interférence de taillage doit être évitée;
- Emplacement et trajectoire suivie par le point (ou la ligne) de contact; la trajectoire doit demeurer

centrée afin d'éviter le chargement aux extrémités des dents; — Précision cinématique, c'est-à-dire l'erreur entre la rotation théorique et la rotation réelle; la forme de la fonction d'erreur permet de déterminer s'il y a contact au sommet de la dent (à éviter); de plus, il faut éviter la discontinuité lors du transfert de charge entre les dents successives;



— Dimension et emplacement de l'aire de contact; cette aire de contact a généralement une forme elliptique; la surface totale de l'aire de contact a intérêt à être maximisée afin de diminuer les efforts de contact et augmenter la charge transmise; elle peut être obtenue à partir des formules de Hertz, par le calcul des équidistantes du point de contact, ou par l'intersection des surfaces analytiques;

Une géométrie correcte a toutes les chances de donner un bon et long service; c'est pourquoi il est nécessaire d'y attacher une importance et une attention toutes particulières.

Conclusion

Les points saillants d'une méthode exacte de simulation par ordinateur de la fabrication et du fonctionnement d'engrenages coniques quelconques ont été présentés. Cette méthode, alliée à une représentation graphique tridimensionnelle des géométries et résultats, permet d'évaluer rapidement une combinaison de paramètres; le temps requis pour la production d'un couple conique s'en trouve réduit, tout en permettant l'optimisation.

Dans un prochain article, des applications de cette méthode à

des engrenages coniques à denture spirale seront présentées. La comparaison entre les caractéristiques d'engrenages taillés par couteaux à arête droite et circulaire sera alors établie.

l'ingénieur

Références

- [1] LITVIN F. L., Goldrich R. N., *Precision of Spiral Bevel Gears*, Transactions ASME 82-WA/DE-33, novembre 1982
- [2] LITVIN F. L., Goldrich R. N., *Kinematic Precision of Gear Trains*, Transactions ASME 82-WA/DE-34, novembre 1982
- [3] LITVIN F. L., *Théorie des engrenages*, Fizmatgiz, Moscou, 1960
- [4] LITVIN F. L., *Méthode d'analyse des engrenages spatiaux*, Trud Inst. Mash., Tom XXI, Vypusk 83-84, p. 113
- [5] LITVIN F. L., *Étude des conditions d'engrènement au voisinage du point de contact des surfaces des dents*, Teor. Mash. i Mekh., Vypusk 100, 1964, p. 48
- [6] Cloutier L. J., Tordion G. V., *Méthode Générale d'Analyse du Contact des engrenages du type Wildhaber-Novikov aux axes quelconques*, Bull. SEIE nos 51-51-53, janvier-juin-septembre 1967
- [7] ROCHAT F., *Les engrenages coniques: procédés et outillage utilisés pour leur fabrication*, Bull. SEIE no 47, janvier 1965
- [8] ROCHAT F., *Les engrenages coniques spirales et hypoides fortement chargés*, Bull. SEIE no 58, octobre 1970
- [9] HENRIOT G., *Traité Théorique et Pratique des Engrenages*, Tome 1, Dunod, Paris, 1979
- [10] COLEMAN W., *Latest curves and formulas for the design of bevel gears*, Product Engineering, juillet 1963
- [11] BAXTER M. L., *Exact Determination of Tooth Surfaces for Spiral and Hypoid Gears*, AGMA paper no 139, octobre 1966
- [12] BAXTER M. L., *Adjustment Characteristics of Bevel and Hypoid Gears*, Engineering report #4262, Gleason Works, Rochester, 1964
- [13] DUDLEY D. W., *Gear Handbook*, McGraw-Hill, N.Y. 1962
- [14] FORT P., *Computer Aided Design, Manufacturing and Inspection System for Spiral Bevel Gears*, ASME paper 80-C2/DET-127
- [15] GU H., *Design et taillage d'engrenages coniques à spirale d'Archimède de type Wildhaber-Novikov*, Dept. de Génie Mécanique, Université Laval, septembre 1983
- [16] COLEMAN W., *Guide to Bevel Gears*, Gleason Works, Rochester, N.Y.
- [17] NOVIKOV M. L., *Nouveau système d'engrenages*, 1959, Moscou
- [18] WILDHABER E., *Helical Gearing*, United States Patent Office, 1.601.750, Oct 5 1926

Le génie industriel et la productivité

M. Claudio Benedetti

Introduction

L'objectif de cet article est de présenter le rôle du génie industriel et son impact sur la gestion de la production et sur la productivité. Or beaucoup a déjà été dit sur cette tâche. N'ayant pas la prétention de reprendre tous ces arguments, nous nous contenterons d'offrir plutôt une approche simple et concise, en mettant surtout l'accent sur son rôle environnemental et sur son impact sur la productivité. Pour atteindre cet objectif nous aborderons les étapes suivantes: la présentation du génie industriel, la définition de certains termes et notions de base concernant la production; le développement du rôle et de l'impact du génie industriel sur la production et sur sa gestion, en se concentrant surtout sur les fonctions dites d'environnement et l'exploration de quelques concepts nouveaux.

Définition du génie industriel

Le génie industriel vise l'amélioration de la productivité, de l'efficacité et des contrôles des coûts. Il s'intéresse à la conception, à l'implantation et à l'amélioration des systèmes intégrés des ressources humaines et matérielles, d'équipement et d'énergie.

Cette discipline fait appel à des connaissances en mathémati-

M. Claudio Benedetti, est diplômé de Polytechnique d'où il a obtenu un B.Sc.A. (génie géologique) et une maîtrise en ingénierie (génie industriel). Il est professeur et responsable du département des techniques administratives au Cégep Ahuntsic. Il a de nombreuses expériences en formation en entreprise.

Il est l'auteur de «Dynamique de l'entreprise», et de «La gestion des opérations». Récipiendaire du «Prix du Ministre de l'éducation du Québec en 1982», du «1^{er} Prix du Ministre de la science et de la technologie du Québec, 1985» et de l'«Award of Excellence, 1984-85» de l'Institute of Industrial Engineers. Il est aussi président de la «Société canadienne de génie industriel». M. Benedetti a été chargé de cours à l'É.T.S., à l'U.Q.A.M., à l'U.Q.A.C., à H.E.C., et à l'Université de Sherbrooke, ainsi qu'à l'École Polytechnique de Thiès au Sénégal.

ques, en physique et en sciences sociales, à des principes et méthodes d'analyse et de synthèse de l'ingénierie afin de spécifier, prédire et évaluer les résultats que de tels systèmes peuvent procurer.

On s'occupe donc de tout ce qui a trait aux activités de production. Tout ce qui est production intéresse l'ingénieur industriel et plus particulièrement l'atteinte des objectifs de cette fonction.

Au Canada, la Société canadienne de génie industriel a pour but de promouvoir le génie industriel et les techniques de gestion des activités opérationnelles par le regroupement et le développement des spécialistes œuvrant dans des secteurs d'activités connexes.

La S.C.G.I. est affiliée à l'«International Institute of Industrial Engineers» qui compte approximativement 43 000 membres répartis sur les cinq continents. La section québécoise compte environ 400 membres.

Quelques définitions

Qu'est-ce qu'on entend par production?

La production est l'ensemble des activités permettant de créer, à partir de certaines ressources, des biens et des services ayant une certaine utilité à un moment précis dans le temps. Dans sa plus simple expression, la production pourrait être illustrée par le système de la figure 1.

Pour bien opérer, les responsables de la production doivent s'acquitter de leurs tâches en essayant d'atteindre des objectifs précis. Ces objectifs sont de respecter les QUANTITÉS requises; la QUALITÉ exigée; les DÉLAIS de livraison demandés; les LIEUX de livraison et les COÛTS d'exploitation.

Il est intéressant de noter que, pour un bon nombre d'entreprises, l'ordre de priorité de ces objectifs dépend des stratégies administratives et du bien ou du service offert. Or depuis quelques temps, nous voyons apparaître une approche où les cinq objectifs forment un tout. Aucun objectif ne primera sur les autres, l'entreprise essaie d'atteindre les objectifs dans leur ensemble. C'est d'ailleurs cette approche que nous présentons (voir figure 2).

Qu'est-ce qu'on entend par productivité?

Plusieurs approches ont été développées pour définir et circonscrire la notion de productivité. Nous adopterons la plus simple et la plus classique, soit: La productivité est le rapport du produit obtenu aux ressources utilisées pour l'obtenir.

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Quantité de biens et services créés}}{\text{Ressources utilisées}}$$

Les ressources sont habituellement constituées des «4 M», soit:

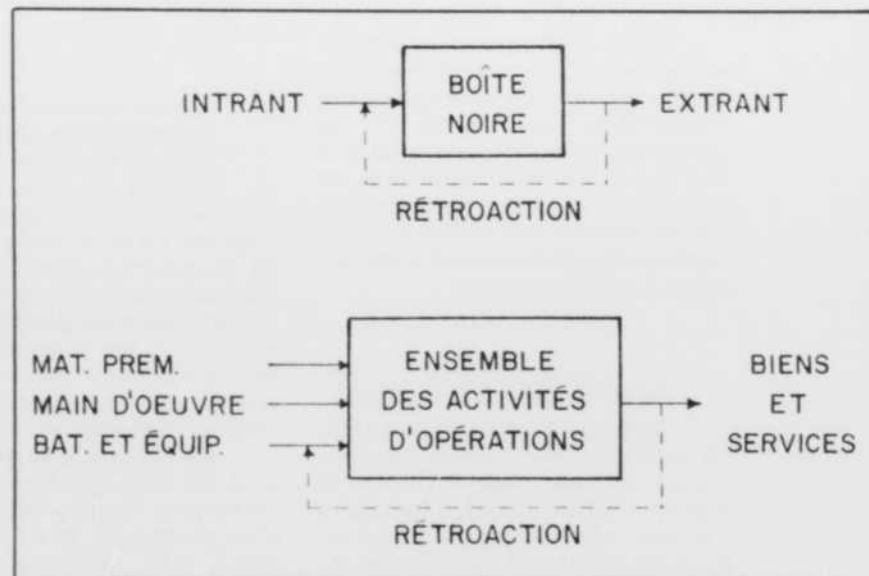


Figure 1: Illustration du système de la production

la main d'œuvre, la matière première, le matériel et le management.

Une variation quelconque dans l'un des paramètres constituant ce rapport aura un effet immédiat sur la productivité. Celle-ci sert à mesurer l'efficacité d'un système de production, et à le comparer à d'autres systèmes.

Conscient du rôle, des objectifs et des mesures à effectuer pour gérer la production, on est en mesure de se demander quels sont les moyens à prendre pour atteindre efficacement les objectifs de la fonction production. On détermine alors ce que nous appellerons les *fonctions de la gestion de la production* (tableau 1).

<p>Préparation</p> <ul style="list-style-type: none"> — Prévision — planification <p>Contrôle</p> <ul style="list-style-type: none"> — contrôle de la production — contrôle des stocks — contrôle de la qualité <p>Environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> — étude du travail (étude des méthodes, mesure du travail et ergonomie) — aménagement — manutention — circulation — maintenance.

Tableau 1 — Les fonctions de la gestion de la production

Il est intéressant de visualiser le lien qui existe entre les différentes fonctions que nous venons d'énumérer (voir figure 3). Les fonctions qui ont directement trait aux activités opérationnelles ayant déjà été développées, nous concentrerons notre attention sur les fonctions que nous conviendrons d'appeler d'*environnement*.

Rôle du génie industriel

Comme nous l'avons spécifié préalablement, nous concentrerons ici notre attention sur le rôle qu'a le génie sur les fonctions d'environnement. Il serait souhaitable de définir ces fonctions et de développer au fur et à mesure leurs impacts sur la productivité.

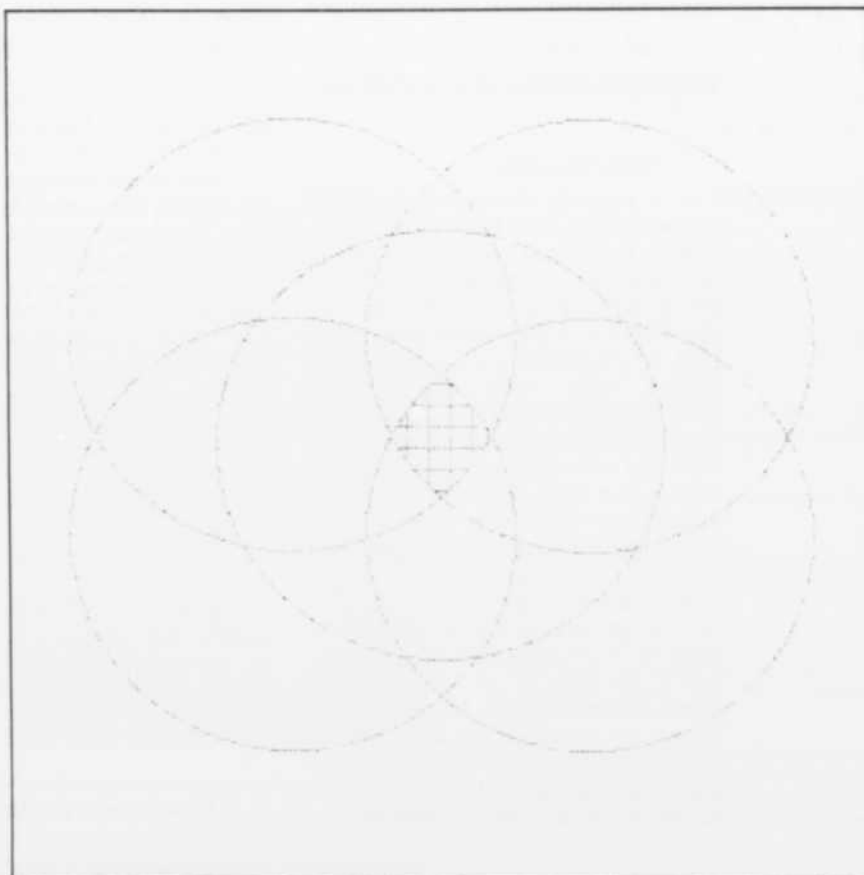


Figure II: Interdépendance des objectifs de la production

Dans son ensemble, le génie industriel a les objectifs suivants:

- *établir et maintenir des standards de production;*
- *éliminer le gaspillage d'effort et d'énergie;*
- *diminuer le contenu de travail d'un produit ou d'une opération.*

Établir et maintenir des standards de production

Il s'agit d'établir et de mesurer les facteurs de production nécessaires aux activités de l'entreprise, de les maintenir à jour et de les rendre disponibles pour tous les autres services de l'entreprise. Par **facteurs de production** nous entendons les besoins en matières, temps machine et main d'œuvre et autres, nécessaires à la création de biens et ou de services.

Ce rôle qu'a le génie industriel, en tant que fournisseur par excellence d'informations, est le plus classique, mais son importance n'en demeure pas moins grande. D'ailleurs, après avoir longtemps boudé cette approche,

et ce pour diverses raisons allant de l'incompréhension jusqu'au sentiment antisocial de la mesure du travail, bon nombre d'entreprises redécouvrent l'importance de ces informations pour la prise de décision, la planification à court et à long terme, le prix de revient et pour une gestion basée sur des informations pertinentes.

C'est à l'aide de la «**Mesure du travail**» que ces objectifs pourront être atteints, la mesure du travail qui *vise à déterminer les temps nécessaires à l'exécution d'une tâche donnée, selon les normes de rendement définies.*

La mesure du temps s'applique à toutes les tâches quelles qu'elles soient, en autant qu'on choisisse la technique de mesure appropriée. Par exemple, il est inconcevable d'utiliser le Chronométrage pour déterminer les temps de travail d'une secrétaire ou bien d'un commis œuvrant dans un bureau, car leurs tâches varient souvent et ils n'accomplissent pas toujours les mêmes activités. Ceci ne signifie pas qu'on ne pourra pas évaluer

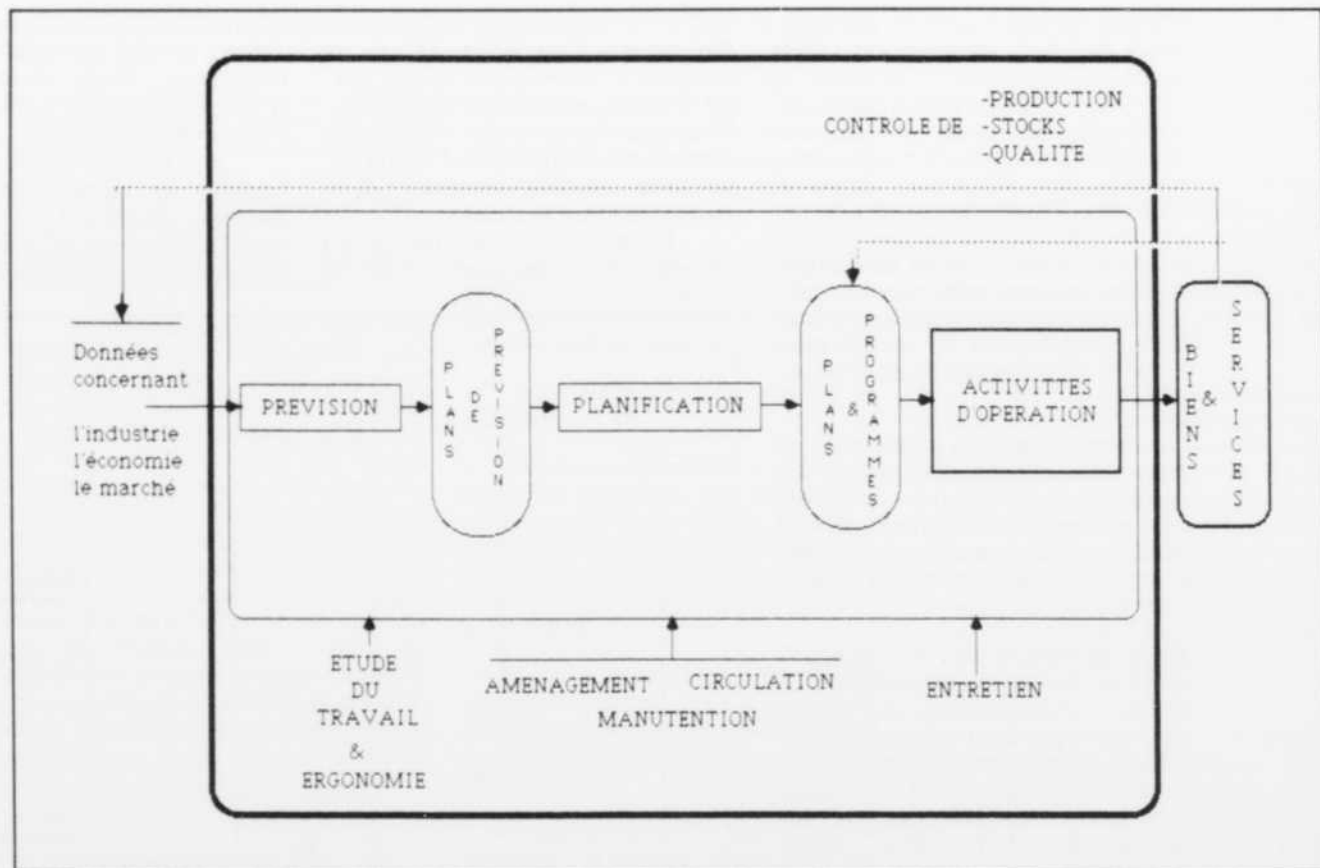


Figure III: Interdépendance des fonctions de la production

les temps nécessaires à l'exécution de leurs tâches. Dans ces cas, la technique des observations instantanées serait plus adéquate.

Les techniques de mesure de temps classiques sont: les temps historiques; le chronométrage; les observations instantanées; les données de référence et les normes de temps prédéterminés.

Quelque soit la technique utilisée, le temps mesuré ne pourra être considéré automatiquement comme le *temps normal ou standard*. Il faudra le corriger et le majorer à l'aide de majorations appropriées (voir figure 4). Ce temps normal coïncide alors avec la cadence de production que soutiennent en moyenne, naturellement et sans surmenage, des travailleurs qualifiés à condition qu'ils connaissent et appliquent la méthode spécifiée et qu'ils soient motivés pour le faire.

Éliminer le gaspillage d'effort et d'énergie

En spécifiant précisément le travail qui doit être accompli pour

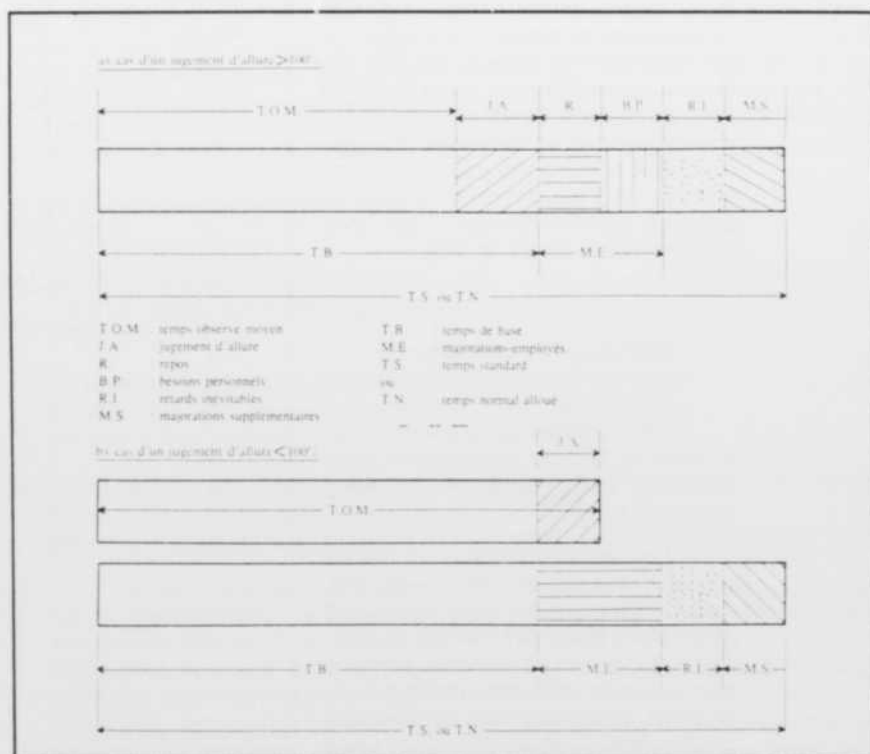


Figure IV: Composition d'un temps standard (alloué)

chaque poste, l'outil et l'équipement à utiliser et la façon de l'accomplir, on essaie d'éliminer le chevauchement d'activités, les remises en fabrication (rework) et les rejets pour travail mal accompli. En simplifiant les tâches à l'aide de l'**Étude des méthodes** et en concevant des postes favorisant le travail à l'aide de l'**Ergonomie**, on peut minimiser la fatigue des employés, ce qui contribue à l'accroissement du travail bien fait d'où augmentation de productivité.

Par «Étude de méthodes» on entend l'*Analyse systématique des méthodes actuellement utilisées pour exécuter un travail afin de mettre au point et d'implanter des méthodes plus commodes et efficaces.*

Par «Ergonomie» on entend l'*Étude de l'interface Homme-machine.* Le Bureau international du travail définit l'ergonomie comme suit: «Ce terme désigne un domaine qui s'est considérablement développé ces dernières années et dont les limites sont loin d'être nettes. Néanmoins, on peut qualifier d'ergonomiques des mesures qui dépassent le cadre de la simple protection de l'intégrité physique des travailleurs et qui vise à assurer le bien être par la recherche des conditions de travail optimales et par l'utilisation la plus appropriée des caractéristiques physiques et des capacités physiologiques et psychiques des intéressés. La productivité n'est donc pas l'objet essentiel de l'ergonomie, mais elle en est généralement l'un des effets» (B.I.T. 1981, p. 70).

Diminuer le contenu de travail d'un produit ou d'une opération

Par «Contenu de travail», on entend *le temps nécessaire pour exécuter une opération ou pour créer un produit.*

La figure 5 illustre la durée totale d'un contenu de travail type. Nous remarquons que, près des deux tiers sont des temps superflus pour diverses raisons, comme par exemple une mauvaise planification, des défauts de conception ou de spécification etc. Il va sans dire qu'il est pratiquement impossible de réduire le contenu de tra-

vail à sa plus simple expression. Par contre il est très réaliste de prétendre réduire une bonne partie de tous ces temps improductifs. Ceci peut se faire par l'Étude du travail, mais aussi par l'«Aménagement», la «Manutention» et la «Circulation».

Par Aménagement, on entend l'étude et l'établissement de la

disposition des bâtiments, des locaux et des installations d'une entreprise. Cette disposition est reliée aux fonctions de Manutention et de circulation.

Par Manutention, on entend l'étude et l'établissement des moyens servant à manipuler les biens et les services créés par l'entreprise. Ces moyens sont reliés

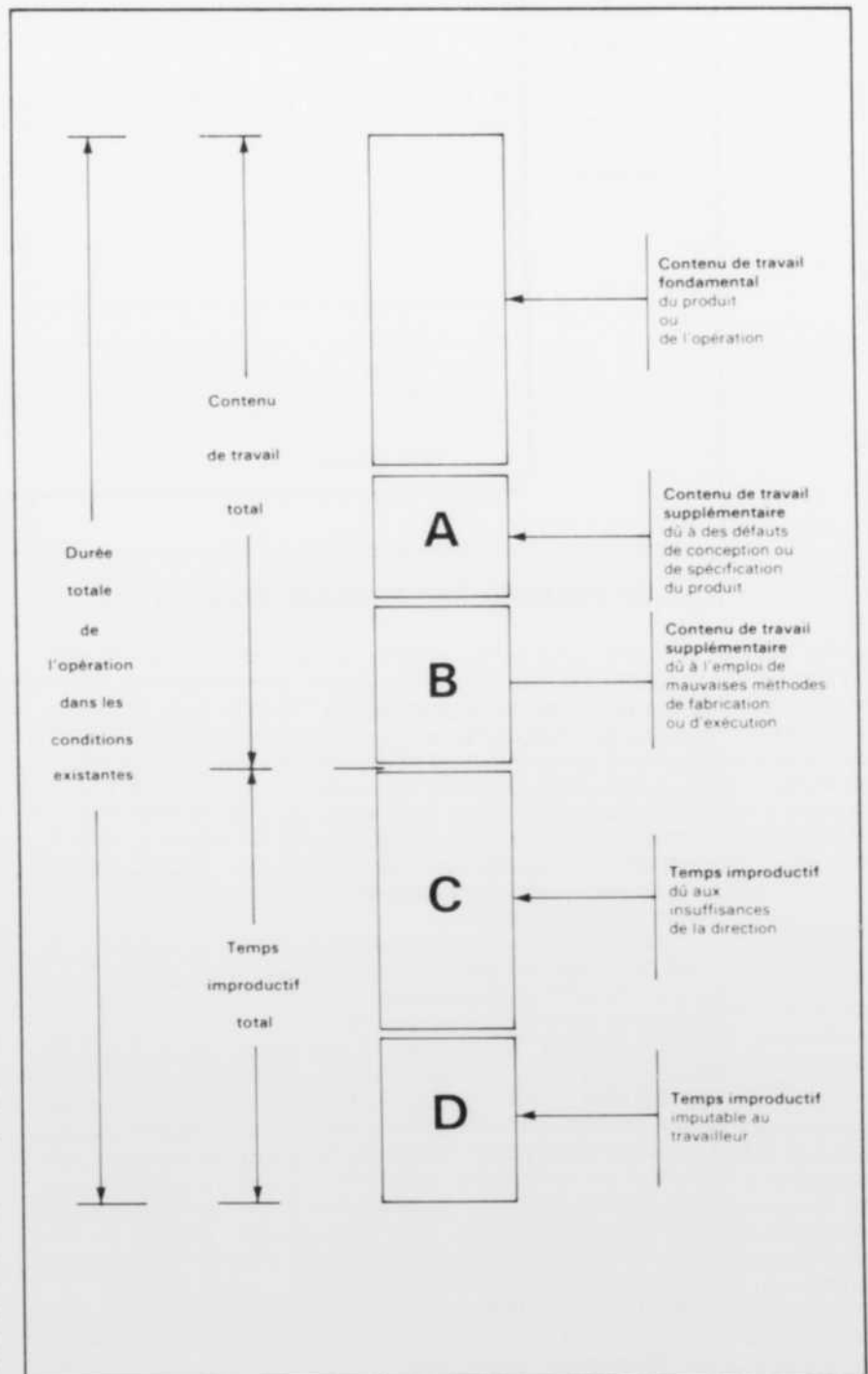


Figure V : Comment se décompose la durée totale d'une fabrication ou d'une opération

aux fonctions d'Aménagement et de Circulation.

Par Circulation, on entend l'étude et l'établissement du cheminement et des mouvements des biens, des services, du personnel et de l'équipement roulant à l'intérieur de l'entreprise. Ce cheminement est relié aux fonctions d'Aménagement et de Circulation.

Nous remarquons que par définition ces trois fonctions sont intimement liées, et on ne peut toucher à l'une d'entre elles sans affecter les deux autres. Elles ont un impact direct sur les coûts d'opération car, en plus de consommer du temps affecté uniquement au transport des produits, elles emploient de la main d'œuvre et de l'équipement souvent très coûteux. De plus, une étude menée par le «Bureau international du travail» a conclu que plus de 30% des accidents de travail se produisent lors d'opérations de manutention.

La maintenance

La maintenance est une autre fonction du génie industriel, fonction dite environnementale qui affecte la gestion de la production, son efficacité et l'atteinte de ses objectifs. Par Maintenance, on entend l'ensemble des moyens nécessaires pour maintenir le matériel technique en état de fonctionnement.

Combien de systèmes de prévision, de planification, de programmation et de contrôle de la production parmi les plus raffinés n'ont pu offrir pleine satisfaction à leurs utilisateurs à cause d'une panne imprévue de l'équipement? Combien de pannes, jour après jour, de ce même équipement continuent d'être considérées comme imprévues? Toutes les pannes ne sont-elles pas imprévues? Qu'est-ce qu'est réellement une panne?

Autant de questions auxquelles le génie industriel aura à répondre pour créer un environnement adéquat à la gestion des activités opérationnelles.

Types de pannes

Une panne est un arrêt soudain du fonctionnement d'un maté-

riel technique. Elle n'implique pas nécessairement l'arrêt complet de l'équipement; il peut s'agir aussi d'une baisse de l'efficacité (quantité plus faible, qualité déficiente, coûts plus élevés causés par le mauvais fonctionnement de l'équipement).

On identifie trois types de pannes: les pannes infantiles; les pannes accidentelles; et les pannes de vieillissement.

Ces trois types de pannes se subdivisent en:

— *pannes accidentelles*, qui sont les plus nuisibles car elles sont totalement imprévisibles. Elle surviennent toujours au pire moment, c'est-à-dire lorsqu'on s'y attend le moins. Elles sont dues purement au hasard;

— *pannes prévisibles*, celles qu'on peut ou qu'on aurait dû prévoir. Plusieurs de ces pannes sont souvent considérées comme accidentelles.

Ayant identifié les types de pannes, on pourra développer les types de maintenance s'y adaptant. On aura ainsi:

— *la maintenance palliative*, curative (ou de catastrophe), elle a pour but de réparer de l'équipement suite à une panne accidentelle. C'est le plus connu des types de maintenance et malheureusement souvent le seul à être utilisé. Ses coûts cachés sont très élevés;

— *la maintenance préventive*, qui comporte:

- les activités relatives à l'entretien de base, nettoyage, graissage etc.;
- l'inspection périodique afin de déceler des situations pouvant mener à des pannes;
- l'entretien de l'équipement pour mettre fin à ces situations avant qu'elles ne s'aggravent.

La caractéristique principale de la maintenance préventive est sa périodicité. Elle diminue considérablement le taux de pannes accidentelles, augmente la longévité de l'équipement et protège ainsi les investissements de l'entreprise. Les arrêts pour mainte-

nance préventive sont planifiables. On peut, du même coup, planifier la production et établir les coûts d'exploitation en conséquence;

— *la maintenance corrective*, consiste à l'amélioration de l'équipement et des installations, dans le but de réduire la fréquence des arrêts pour maintenance aussi bien curative que préventive.

Il n'est pas toujours évident que la maintenance préventive vaut toujours mieux que la maintenance palliative. Seul une étude comparative des coûts rattachés aux arrêts pour maintenance préventive par rapport aux coûts dus aux pannes accidentelles nous éclairera. Un juste équilibre entre ces deux situations peut toujours être établi.

Pour terminer, on peut dire que la maintenance demeure la fonction la plus méconnue de la gestion de la production. On la considère soit comme un mal nécessaire, lié à la mauvaise qualité de l'équipement et des installations, soit comme un luxe réservé aux grosses compagnies aériennes, aux hôpitaux et à l'armée. Peu d'entreprises comprennent son rôle sur la planification et le contrôle de la production, la gestion et le contrôle de la qualité et la sécurité du personnel.

l'ingénieur

Bibliographie:

- B.I.T. «Introduction à l'étude du travail» Genève 1981, 468 p.
- Benedetti, C. «Introduction à la gestion de la production» Mondia, Laval 1983, 388 p.
- Lamarre, R. «Impact de la gestion participative sur les différents éléments de la productivité» colloque 1985 S.C.G.I.
- Monden Y. «Toyota Production System» I.I.E. 1983
- Office de la langue française «Vocabulaire de la gestion de la production» Serv. des pub. Dir. des com. Qué. 1979
- Revue mensuelle «Industrial Engineering»

Les techniques de construction

Paul-A. Brochu

Nous sommes loin de l'année 1910 où il était impossible de réaliser un bon revêtement en macadam sans l'utilisation d'un rouleau à vapeur de dix ou douze tonnes. Aujourd'hui, avec le développement de la technologie, nous sommes en mesure de trouver sur le marché l'outillage nécessaire pour réaliser des routes, bonnes et durables, satisfaisant les exigences de notre dur climat sans pour cela négliger les coûts de réalisation et les impacts sur notre environnement.

Dès le choix d'un tracé routier, il faut identifier les sols en présence par une cartographie détaillée des terrains. Cette cartographie, réalisée à partir de l'interprétation de photographies aériennes, en plus de fournir l'information sur les principaux problèmes susceptibles d'être rencontrés lors de la réalisation et de corriger le tracé projeté pour contourner ces obstacles, permet de localiser les principales sources d'approvisionnement en matériau pour les besoins de la construction.

Étant donné le rôle prédominant du transport des matériaux sur le coût de réalisation d'un projet, il est donc important lors du choix du tracé de tenir compte de la proximité des gisements naturels. Informé dès le début de la

rareté des matériaux dans le voisinage d'un projet, l'ingénieur préparera une structure de chaussée qui tiendra compte de la disponibilité de matériaux dans le secteur. Advenant que ces matériaux ne respectent pas les standards de qualité, il les bonifiera par concassage, par tamisage, par lavage ou encore par une exploitation plus rationnelle des gisements naturels.

Pour assurer le bon comportement d'une route, il ne suffit pas d'identifier la nature des sols de son infrastructure, de déterminer les épaisseurs et les constitutants de ses fondations, il faut également savoir choisir les revêtements appropriés. Selon la catégorie de route, divers types de revêtement peuvent être envisagés. Pour les routes tertiaires à faible volume de circulation, l'asphalte moussé, les stabilisations au bitume, les traitements de surface simple ou double sont les plus souvent utilisés. Sur le réseau secondaire et principal, on retrouve généralement des revêtements en béton bitumineux et en béton de ciment.

Revêtement en béton bitumineux

Plusieurs facteurs ont contribué à précipiter l'évolution des techniques de construction et d'entretien des revêtements en béton bitumineux: l'augmentation du prix du bitume, le basculement de la proportion des travaux de construction par rapport à ceux de renforcement et d'entretien, les développements de la recherche et enfin la consommation énergétique.

Les ingénieurs routiers, par ces nouvelles contraintes, ont été obligés de se remettre en cause et de se renouveler. Pour satisfaire de nombreux besoins, on assiste alors à une diversification croissante des formules d'enrobés à chaud. On joue sur la classe du bitume, sur le dosage et sur la granulométrie des granulats pour finalement obtenir une gamme de mélange qui porte les appellations MB-0 à MB-7 dans le cahier de charges et devis généraux du MTQ.

Traditionnellement, l'entretien, la remise en état ou le renforcement d'une chaussée s'effec-

tuent en la recouvrant d'une nouvelle couche d'enrobés bitumineux, plus ou moins épaisse, sans toucher aux matériaux en place. Depuis quelques années, on voit apparaître de nouvelles techniques faisant appel à des enlèvements de matériaux, selon différents procédés mécaniques avec, selon le cas, remise en forme, apport partiel ou total de matériaux neufs. Un nouveau vocabulaire prend place, on parle maintenant de rabotage, de fraisage, de thermoprofilage, de thermorégénération et enfin de recyclage.

Tous les procédés précédemment mentionnés présentent des avantages et correspondent à certaines utilisations. Avec le rabotage et le fraisage, on se préoccupe simplement d'éliminer un matériau qui présente certains défauts de surface — glissance, orniérage, déformation, etc. — pour le remplacer par un matériau neuf. Avec la thermorégénération, on réalise que l'enrobé bitumineux a subi des dégradations, qu'il n'est pas de qualité parfaite et qu'on doit le corriger en lui ajoutant une partie d'enrobés neufs. Avec le recyclage, on corrige l'enrobé bitumineux retranché de la chaussée par un apport de granulats et de liants après l'analyse de sa composition actuelle.

D'autres techniques connaissent également un certain succès. On pense aux enrobés au bitume-soufre, au bitume-caoutchouc, à granulométrie discontinue avec des granulats de haute performance. À cette liste, on peut ajouter les revêtements en béton bitumineux clouté, populaire en Europe et, finalement, l'enduit superficiel, une des techniques les plus anciennes qui connaît un nouvel essor, même sur des autoroutes, suite à l'emploi d'un liant bitumineux amélioré par l'addition de polymères.

On peut constater que les techniques bitumineuses d'antan ont perdu un peu de leur atout et ont été orientées différemment vers des procédés de génération de surface de chaussée et d'entretien. Tous ces changements n'ont pu être réalisés sans une évolution considérable des matériels de fabrication, de mise en œuvre et d'entretien des chaussées souples, tels les postes d'enrobage, les finisseuses, les commandes automatiques, etc.

M. Paul-A. Brochu est bachelier en sciences appliquées de l'université Laval en génie civil en 1960. Il obtient en 1962 une maîtrise en sciences de l'université de l'Alberta en mécanique des sols. Au cours des années, il a poursuivi divers cours aux universités Laval et Carleton ainsi qu'à l'ENAP dans les domaines de l'interprétation des photographies aériennes, de la recherche opérationnelle, de systèmes de gestion administrative et de gérance. Depuis 25 ans, il travaille dans les fondations d'ouvrage d'art, la stabilité des pentes, les structures de chaussées, la prospection de matériaux routiers, la stabilisation à la chaux, au ciment et au bitume. Il est l'auteur de plusieurs publications dans le domaine routier, sur les techniques de construction, les revêtements en béton de ciment, les stabilisations à la chaux et au ciment. Son employeur est le ministère des Transports du gouvernement du Québec, où il occupe le poste de directeur de la Direction des expertises et normes.

Revêtement en béton de ciment

La construction de routes en béton de ciment au Québec remonte au-delà de 70 ans. En effet, le premier tronçon fut réalisé en 1913, à Laval dans le nord de Montréal, sur la montée Ste-Rose.

Actuellement, environ 3% de notre réseau routier possède un revêtement en béton de ciment, soit 950 kilomètres, surtout dans la région de Montréal, où on note une grande rareté de matériau granulaire et un fort volume de circulation.

Dalles longues

Avant le milieu des années 60, on retrouve le plus souvent au Québec un type de revêtement en béton de ciment, la dalle longue. Cette dalle armée et goujonnée de 225 mm d'épaisseur et de 3,65 mètres de largeur, a des joints de retrait tous les 18 mètres et de dilatation tous les 73 mètres. Les joints de retrait ont des goujons de 30 mm de diamètre par 450 mm de longueur tous les 300 mm. Les joints de dilatation sont constitués d'une planche bitumineuse de 20 mm d'épaisseur avec des goujons de 35 mm de diamètre par 450 mm de longueur. L'armature dans les dalles consiste en un treillis métallique soudé de 150 par 300 mm placé à 75 mm de la surface du revêtement. Le revêtement en béton de ciment est coulé à l'intérieur de coffrage d'acier fixe à la pleine largeur de la chaussée ou encore en voie réparée. Le joint longitudinal obtenu par l'insertion d'une lame métallique ou encore par un trait de scie, possède des tirants de 15 mm de diamètre par 750 mm de longueur tous les 750 mm.

Dalles courtes

L'augmentation continue des coûts de réalisation des dalles longues en béton de ciment oblige l'ingénieur à concevoir un nouveau mode de design, les dalles courtes, beaucoup plus économiques. Dans cette démarche pour abaisser les coûts de construction du revêtement en béton de ciment, l'avènement des machines à bétonnage, à coffrage coulissants, sur le marché facilite la tâche. On peut maintenant penser à un plus haut taux de production journalière.

Les revêtements en béton de ciment composés de dalles courtes ont 3,65 mètres de largeur et une épaisseur de 225 mm. Les dalles courtes sont non armées et leur longueur varie entre 3,5 et 5,0 mètres. Les joints de retrait obliques et à espacements variables sont construits par un trait de scie mécanique. Aucun tirant ou goujon n'est prévu dans les joints. Le nombre considérable de joints de retrait permet d'éliminer le joint de dilatation. On retrouve cependant le joint longitudinal avec des tirants posés par la machine à bétonnage de 15 mm de diamètre par 750 mm de longueur, tous les 750 mm.

Ce nouveau design, intéressant sur plusieurs points, s'est avéré non efficace s'il est placé directement sur une fondation en granulats concassés. Pour obtenir de bons résultats avec ce type de revêtement, il est essentiel que les dalles courtes non goujonnées reposent sur une base non érodable, soit un revêtement bitumineux, un sol bitume, un sol ciment ou encore un autre revêtement en béton de ciment.

Finalement, le type de revêtement en béton de ciment qui semble le plus prometteur est celui préconisé actuellement au MTQ: la dalle courte, non armée, avec des joints de retrait droits, goujonnées aux 6,0 mètres, de 200 mm d'épaisseur. Ce design économique qui permet un bon transfert de charges aux joints, peut être construit directement sur une fondation en granulats concassés et assurer un bon comportement de la chaussée.

Autres développements

Pour permettre de réduire davantage les coûts de construction et d'entretien du revêtement en béton de ciment, de nouvelles techniques furent mises au point pour augmenter sa qualité et sa durabilité. Parmi celles qui retiennent davantage notre attention et qui sont en application au Québec, nous retrouvons le remplacement du gros granulats calcaire dans la dalle de béton par un granulats de haute performance qui résiste à l'usure. Dans les régions où on note une rareté de granulats de haute qualité, nous avons mis en application, en collaboration avec un entrepreneur, une technique belge appelée le *cloutage*.

Cette technique qui consiste à distribuer de façon uniforme des granulats de haute performance, d'un calibre déterminé, sur la surface du béton frais et à les incruster un moyen d'une poutre de damage, permet de réduire l'usure excessive des dalles, d'éliminer l'orniérage et d'augmenter les propriétés antidérapantes du revêtement de béton. À la demande d'un entrepreneur, nous avons modifié la distribution des goujons aux joints de retrait pour lui permettre de faire la mise au point d'un fonceuse automatique pour placer les goujons dans le béton frais et d'accroître ainsi son niveau de production.

Perspectives d'avenir

Dans le domaine des techniques de construction routière, les perspectives d'avenir sont des plus encourageantes. Plusieurs projets de recherche sont actuellement en cours au MTQ et dans les universités pour faire la mise au point de divers procédés. À titre d'exemple: l'utilisation des dalles minces de béton avec fibres d'acier, évaluation de propriétés physiques et mécaniques d'un agrégat fabriqué avec un béton bitumineux récupéré et concassé.

Il est envisagé également de mettre en chantier l'été prochain trois tronçons d'essais, l'un sur l'utilisation du béton compacté dans une structure de chaussée, l'autre sur le comportement d'une dalle mince en béton de ciment lié à un revêtement en béton de ciment et, finalement, un dernier pour évaluer un renforcement d'une chaussée souple en béton bitumineux recouvert d'un revêtement en béton de ciment.

À cette liste vient s'ajouter d'autres projets de recherche que nous aimerions faire progresser dans les prochaines années; les revêtements bitumineux avec géo-grille en tensar ou en fibre de verre, l'utilisation des bitumes polymères dans les mélanges bitumineux conventionnels, le remplacement du bitume dans les mélanges par un apport d'un résidu de pâte à papier, les traitements de surface au bitume-caoutchouc et les mélanges ouverts antidérapants en couche mince.

Algoma et le Dragon H



Le Husky 8 est un véhicule à chenilles muni d'un équipement complet de haute performance pour lutter contre les incendies, incluant une pompe pouvant lancer plus de 7 600 litres d'eau à la minute, à une température extérieure de - 50°C.

Ce n'est pas une légende mais plutôt l'histoire véritable de deux sociétés canadiennes ayant utilisé leur talent pour percer un nouveau marché.

Malgré sa propre technologie de pointe, l'URSS contacta Canadian Foremost Ltd. de Calgary, pour concevoir et construire 50 véhicules "Husky 8" géants pour lutter contre les incendies. Canadian Foremost est réputée pour ses véhicules spécialisés pouvant avancer sur les terrains les plus difficiles.

En ce qui concerne la tôle forte d'acier traitée à chaud et très résistante, utilisée pour fabriquer les sous-ensembles du châssis, Canadian Foremost travailla avec Algoma par la voie d'un de ses distributeurs, Russelsteel Inc.

Algoma est la seule aciérie canadienne munie de ses propres installations de traitement thermique. Ce qui signifie que votre tôle d'acier spéciale est sous le contrôle total des ouvriers et des métallurgistes d'Algoma, du minerai de fer à l'acier en fusion, des brames moulées au traitement thermique

de la tôle. Vous obtenez exactement ce que vous voulez, au moment désiré et à un prix compétitif.

Si vous souhaitez en connaître plus long au sujet de la tôle d'acier Algoma aux caractéristiques avancées, téléphonez au bureau d'Algoma le plus près de chez vous ou faites-nous simplement parvenir votre carte d'affaire et nous nous occuperons du reste.

Il existe plusieurs occasions comme celle-ci, permettant à l'industrie canadienne d'être innovatrice et dynamique. Algoma est prête à vous aider avec les bons produits d'acier dont vous avez besoin aujourd'hui et dont vous aurez besoin demain.

ALGOMA STEEL

Les Aciéries Algoma Limitée
Sault-Sainte-Marie, Ontario, P6A 5P2

Bureaux de ventes: VANCOUVER, CALGARY, WINDSOR, TORONTO, MONTRÉAL, DARTMOUTH

Hi-Tech

abstracts

Simulation for level gears design by Claude Gosselin

The introduction of Computer Aided Design has influenced all scientific activities. Gear design is a prime user of CAD, chiefly because the precision needed in the prediction of the behaviour of a gear couple has increased with the ever more demanding applications.

This paper focuses on an exact method used to simulate the geometry of bevel gears, and the analytical data available from it.

International car design competition by François Goulet

Sherbrooke university engineering students shall present an innovative car design concept at the Vancouver 86 exhibit within the transport and communications. This competition aims at promoting innovation as well as research among students. Universities from Switzerland, Philippines, Japan, Roumania, United-States and Canada shall participate.

Engineers and architects liability by Henri Kélada

Courts of law are called upon to hand out judgements in cases involving engineers, architects, and contractors liability.

The writer analyses in depth the various aspects of such cases.

Sulphur dioxide emissions in Québec by Raynald Brulotte and Donald Giguère

The occurrence of acid precipitation in Eastern North America appears to be roughly proportional to the average annual manmade emissions of sulphur dioxide in that region. In 1980, Québec SO₂ emissions amounted to 1,085 million tonnes, which represented 4% of north-american emissions. Total SO₂ emissions for Québec have dropped by more than 30% by the end of 1984. Major reductions occurred in the non-utility fuel combustion and in the non-ferrous smelters. By the end of 1990, further SO₂ reductions are expected in the copper smelting and pulp and paper industries due to new air quality regulations.

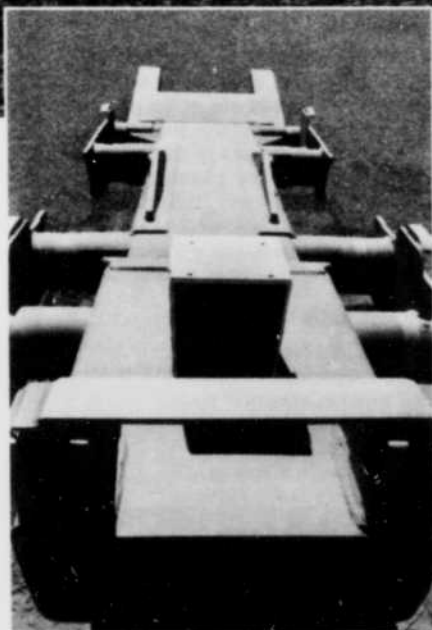
Industrial engineering and productivity by Claudio Benedetti

The purpose of this article is to introduce the industrial engineering role and its effect on production management as well as productivity. Since this function has been previously covered, the author develops this subject in a simple concise way with emphasis put on its environmental role. To accomplish this goal, the author proceeds with the following steps: Introduction to industrial engineering, definitions and production basics, impact of industrial engineering development on production management.

Construction techniques by Paul-A. Brochu

With the technological development, we can find on the market the tools necessary to build good and durable roads which would satisfy the requirements of our rigorous weather conditions without neglecting construction costs and impact on our environment.

This article deals with recent construction techniques to build such roads.



LALGOMA QT 700 (QT 100), un acier trempé très résistant dont est fait le châssis du Husky 8.

répertoire des annonceurs

Aciers Algoma Ltée	16
Dagenais & Associés Inc, Yvon	22
Dufresne, Farley, Samson, Brillon	22
Géophysique G.P.R. international	31
Gouvernement du Canada	
Énergie, Mines et Ressources	C4
La Rapière	22
Lavalin Inc.	22
Les Lab. Industriels & Commerciaux	22
Mon-ter-val inc.	22
Quéformat Ltée	22
Les équipements Rumble Ltée	C2
Saint-Amour et Associés	18
SIAL — Cie Internationale de géophysique inc.	22
Texel inc.	C3
Université du Québec	32

INGÉNIERIE

DIRECTEUR FABRICATION

Industrie du plastique \$ 50,000 ++

Notre client, manufacturier d'envergure nationale de biens de consommation, recherche un ingénieur du plastique qui prendrait charge de toutes les opérations techniques de la fabrication de contenants à base de plastique. L'usine a tout récemment acquis des équipements de moulage entièrement robotisés. Le candidat idéal possèdera plus de 10 années d'expérience en industrie des plastiques ayant participé au démarrage et rodage de nouvelles machineries. Il est essentiel de maîtriser l'anglais. Possibilité de direction d'usine.

DIRECTEUR D'APPLICATION

Pétrolière — Pâtes et papier \$ 45,000 ++

Notre client, entreprise manufacturière d'équipement de très haute technologie, recherche présentement un ingénieur d'application sénior ayant de nombreuses années d'expérience à ce titre et pouvant accéder à la gestion d'un groupe d'ingénieurs desservant l'industrie pétrolière et celle des pâtes et papier, ce dans un territoire précis. Nous recherchons une personne dynamique possédant un sens du leadership, maîtrisant l'anglais et prêt à voyager.

DIRECTEUR DE L'EXPLOITATION

Industrie métallurgique \$ 40,000 ++

Notre client, petite usine de 150 employés, subsidiaire d'une multinationale œuvrant dans la transformation métallique par moulage et forgeage, recherche les services d'une personne avec expérience à titre de directeur d'exploitation. Les candidats retenus posséderont une formation universitaire de préférence en génie et auront à leur actif 7 à 10 années d'expérience dont 3 à 5 en gestion. Le titulaire sera responsable des activités de production, gestion des stocks, entretien, achats. L'environnement linguistique est bilingue, très stimulant et prometteur.

pour entrevue confidentielle, contactez Yvan Lachance

ST. AMOUR ET ASSOCIÉS LTÉE
666 ouest, rue Sherbrooke, Montréal, Qué. H3A 1E7

BUREAUX À MONTRÉAL ET TORONTO

**CONSEILLERS
EN RESSOURCES
HUMAINES**

(514)288-7400

INGÉNIERIE

INSTRUMENTATION CONTROLE

Industrie lourde \$ 40,000 ++

Notre client recherche un ingénieur de plus de 7 années d'expérience en industrie pouvant agir en tant qu'ingénieur principal de projets électriques et support à l'entretien. De grands projets de modernisation et expansion sont au programme impliquant plusieurs centaines de millions de dollars. Membre de L'O.I.Q. et bilingue.

PROJETS MÉCANIQUES

Industrie pétrochimiques \$ 35,000 ++

Nous recherchons un ingénieur de projets mécaniques ayant de 3 à 5 années d'expérience diversifiée autant comme support à la production qu'à l'entretien qu'en projets de ventilation, climatisation, etc. Doit être très dynamique et le bilinguisme est un atout.

INGÉNIEUR DE PROCÉDÉS

Pâtes et papier \$ 35,000 ++

Pour l'industrie des pâtes et papier nous recherchons un ingénieur chimiste de plus de 3 ans d'expérience au département des services techniques que ce soit dans une usine de papier journal, pâte kraft ou autre. Opportunités d'avancement à moyen terme.

INGÉNIEUR D'APPLICATION

Pétrolière — Pâtes et papier \$ 30,000 ++

Nous recherchons un ingénieur de 1 ou 2 années d'expérience en industrie pétrolière ou pétrochimique ou pâtes et papier qui demande un défi constant. Le poste est très stimulant vous amenant à voyager à travers le Québec et les Maritimes dans les usines pétrolières et des pâtes et papier. Le travail consiste à analyser les besoins du client, concevoir un produit global ainsi que de fournir l'assistance au client pour en instruire l'utilisateur. Bilingue et membre de l'O.I.Q.

pour entrevue confidentielle, contactez Yvan Lachance

ST. AMOUR ET ASSOCIÉS LTÉE
666 ouest, rue Sherbrooke, Montréal, Qué. H3A 1E7

BUREAUX À MONTRÉAL ET TORONTO

**CONSEILLERS
EN RESSOURCES
HUMAINES**

(514)288-7400

Évolution des émissions de dioxyde de soufre au Québec

Raynald Brulotte, ing.
Donald Giguère, ing.

Un comité du National Research Council des États-Unis rapportait, en 1983, que le phénomène des précipitations acides dans l'est de l'Amérique du Nord est relié aux émissions moyennes annuelles de SO₂ d'origine anthropique de cette région. Bien que le rôle des oxydes d'azote soit moins bien connu, il est généralement admis que les nitrates contribuent pour environ le tiers de l'acidité des précipitations dans le nord-est et même pour plus de la moitié de l'acidité dans l'ouest des États-Unis. (1)

Nous présentons ici les données concernant les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) au Québec pour l'année 1984 et les comparons à celles de l'année 1980, année de référence considérée dans les travaux effectués conformément au Mémoire déclaratif d'intention sur la pollution atmosphérique transfrontalière signé entre le Canada et les États-Unis le 5 août 1980. Finalement, les projections des émissions québécoises pour l'année 1980 sont brièvement discutées.

Émissions nord-américaines de SO₂: année 1980

On trouvera au tableau 1 les émissions de SO₂ pour le Québec,

(1) National Acid Precipitation Assessment program, Annual report 1983 to the president and Congress.

M. Raynald Brulotte, ing. est bachelier en sciences appliquées (génie métallurgique) de l'Université Laval 1969. Depuis 1972, il est à l'emploi de la Direction de l'assainissement de l'air du Ministère de l'Environnement du Québec où il occupe le poste de chef de la division des contaminants atmosphériques et précipitations acides.

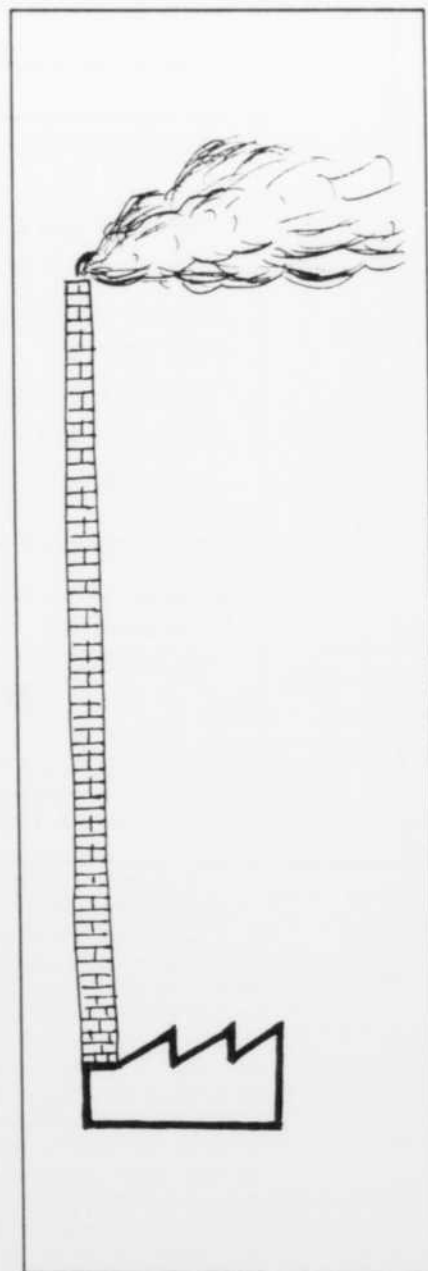
M. Donald Giguère, ing. est bachelier en sciences appliquées (génie chimique) de l'Université du Québec à Trois-Rivières, 1974. Depuis 1982, il est à l'emploi de la Direction de l'assainissement de l'air du Ministère de l'Environnement du Québec où il occupe le poste d'ingénieur de projets.

le Canada et les États-Unis pour l'année 1980. On y présente les émissions totales et sectorielles ou par type de source. Les émissions provenant des États-Unis totalisaient 24 millions de tonnes métriques alors que les émissions provenant du Canada s'établissaient à 4,8 millions de tonnes, dont un peu plus d'un million de tonnes pour le Québec. Les deux tiers des émissions des États-Unis proviennent des centrales thermiques, alors que celles-ci ne contribuent que pour 15 pour cent des émissions canadiennes et moins d'un pour cent des émissions québécoises. Au contraire, l'industrie des métaux non ferreux est responsable de 60 et 45 pour cent des émissions de dioxyde de soufre au Québec et au Canada respectivement. La source fixe la plus importante au Québec est la fonderie de cuivre de Mines Noranda, dans la région du même nom, qui contribue pour plus de la moitié des émissions québécoises de SO₂. La combustion de combustibles fossiles à usage industriel, commercial et résidentiel constitue la seconde source d'importance au Québec; cette catégorie de source est composée d'une multitude de petites sources réparties sur une grande région géographique. Enfin, les autres sources industrielles telles que les raffineries de pétrole, les usines de pâtes et papiers, les alumineries, les industries de ferro-alliages et d'abrasifs contribuaient pour 10 pour cent des émissions de SO₂ au Québec.

*Les deux tiers
des émissions
des É.U.
proviennent des
centrales
thermiques...*

Émissions de SO₂ au Québec: année 1984

Pour l'année 1984, les émissions de SO₂ au Québec totali-



saient quelque 743 000 tonnes métriques, soit une baisse de plus de 30% par rapport à celles de 1980. On trouvera le résumé de ces émissions au tableau 2. Quatre-vingt-cinquième de cette réduction est permanente alors que l'autre cinquième résulte de diminutions de production industrielle. Les réductions importantes, en 1984, sont associées au secteur de la combustion des combustibles fossiles à des fins de chauffage et aux fonderies de métaux non ferreux puis, à un degré moindre, aux autres procédés industriels et au transport.

	États-Unis	Canada	Québec	Total
Centrales thermiques	15 760 000 (65 p. 100)	745 000 (16 p. 100)	2 000 (0,2 p. 100)	16 505 000
Combustion à usages industriel, commercial et résidentiel	3 180 000 (13 p. 100)	826 000 (17 p. 100)	256 000 (24 p. 100)	4 006 000
Fonderies de métaux non ferreux	1 375 000 (6 p. 100)	2 125 000 (45 p. 100)	655 000 (60 p. 100)	3 500 000
Autres installations industrielles	2 980 000 (12 p. 100)	915 000 (19 p. 100)	123 500 (11 p. 100)	3 895 000
Transport	796 000 (3 p. 100)	158 000 (3 p. 100)	48 500 (4 p. 100)	954 000
Total:	24 091 000	4 769 000	1 085 000	28 860 000

* Le chiffre () indique le pourcentage de l'émission totale pour chaque juridiction.
SOURCE: É.-U.-Canada, M.D.I. GT3B, Rapport final, juin 1982 et Ministère de l'Environnement du Québec.

Tableau 1: Contributions respectives du Québec, du Canada et des États-Unis aux émissions totales et sectorielles de SO₂ (tonnes métriques) pour l'année de référence 1980

Fonderies de métaux non ferreux

Dans ce secteur d'activités, on compte les fonderies de cuivre de Mines Noranda à Noranda et de Mines Gaspé à Murdochville, de même qu'une usine d'extraction de zinc à Valleyfield (CEZ). De 655 000 tonnes qu'elles étaient en 1980, les émissions totales de dioxyde de soufre pour ces trois usines sont passées à 517 000 tonnes en 1984, soit une réduction de 21%. Ceci s'explique par une diminution de la quantité de concentré traité (qui contient jusqu'à 1/3 de soufre) tant à Noranda qu'à Murdochville, de même que par la fermeture d'une usine de grillage du minerai de zinc à Valleyfield (Allied Chemical). Notons que la fonderie de cuivre de Murdochville de même que l'usine d'extraction de zinc de Valleyfield (CEZ), produisent toutes deux de l'acide sulfurique à partir du SO₂ émis.

Fabriques de pâtes et papiers

Dans le secteur des pâtes et papiers, les émissions de SO₂ attribuables au procédé ont diminué de 6 440 tonnes en 1984 par rapport

I Secteur industriel	Émissions de SO ₂ (tonnes métriques)		
	Procédé	Combustion	Total
Pâtes et Papiers	26 398	24 874	51 272
Ferro-Alliages	3 978	0	3 978
Raffineries de pétrole	7 860	9 568	17 428
Extraction de métaux non ferreux	516 860	3 472	520 332
Alumineries	20 563	6 152	26 715
Abrasifs	3 869	0	3 869
Industries non-classées	11 971	437	12 408
Sous-total I	591 499	44 503	636 002
II Autres sources industrielles			
Sous-total II	9 138	11 650	20 788
III Émissions reliées à l'utilisation de combustibles fossibles			
<i>Type de combustible</i>			
Huile lourde		30 200*	
Huile légère		21 213	
Charbon		4 577	
Transport maritime		30 289	
Sous-total III		86 279	
Grand Total		743 069	

* Les émissions de SO₂ reliées à l'utilisation de l'huile lourde totalisent en fait 86 353 tonnes, soit 44 503 (sous-total I) + 11 650 (sous-total II) + 30 200 tonnes.

Tableau 2: Résumé des émissions de SO₂ au Québec
Année de référence: 1984

à 1980. Les programmes de modernisation et de dépollution mis de l'avant en 1980 impliquent, dans plusieurs cas, le remplacement de procédés existants par d'autres procédés moins polluants. Les principales sources d'émission de SO₂ dans les usines de pâtes et papiers au bisulfite sont les fosses de soufflage ou de vidange et les tours d'absorption associées au procédé de fabrication de la liqueur de cuisson.

Raffineries de pétrole

En 1984, les émissions de SO₂ se chiffraient à 7860 tonnes comparées à 11430 tonnes en 1980 (pour le procédé seulement) soit une diminution de 3570 tonnes. On se rappellera qu'il y eut durant cette période, trois fermetures de raffineries situées à Montréal-Est, soit Texaco (septembre 82), BP (juin 83) et Esso (octobre 83). Par contre, les émissions chez Ultramar à St-Romuald, en banlieue de Québec, augmentaient du fait de l'entrée en exploitation en 1983 du nouveau procédé de craquage catalytique.

... trois fermetures de raffineries à Montréal-Est...

Combustion de combustibles fossiles à des fins de chauffage

Durant la période sous étude (1980-1984), les émissions de SO₂ dues à cette activité ont diminué de près de 60 pour cent (de 258 000 à 112 000 tonnes). On a assisté durant cette même période à une réduction majeure de la demande d'huile lourde au Québec comme le démontre la figure 1. Les politiques énergétiques, tant canadiennes que québécoises, visant l'autosuffisance de même que les mesures de conservation d'énergie,



Figure 1 Variation de la demande d'huile lourde au Québec en prenant 1981 comme année de référence

ont conduit au remplacement d'une quantité substantielle d'huile lourde au profit du gaz naturel ou de l'hydro-électricité. Cette réduction dans les émissions de SO₂ est, bien sûr, beaucoup plus importante dans les secteurs industriel et commercial qui sont de gros consommateurs d'huile lourde.

Il est aussi important de mentionner qu'au Québec il existe une réglementation sur le contenu en soufre des combustibles fossiles. Par exemple, sur le territoire de la Communauté urbaine de Montréal, la limite permise du soufre dans l'huile lourde varie entre 1,0 et 1,5 pour cent en poids. Ailleurs en province, cette teneur en soufre est limitée à 2,5 pour cent.

Émissions de SO₂: année 1990

En vertu du règlement modifiant le règlement sur la qualité de l'atmosphère, qui entra en vigueur le 9 mars 1985, la fonderie de cuivre de Mines Noranda est tenue de

réduire, d'ici 1990, ses émissions de dioxyde de soufre d'une quantité correspondant à la moitié des émissions de 1980 qui totalisaient alors 552 000 tonnes métriques. Ce règlement a été promulgué afin de combattre les précipitations acides.

Dans le même ordre d'idées, et en vertu à la fois du règlement modifiant le règlement sur les fabriques de pâtes et papiers (qui entra aussi en vigueur le 9 mars 1985) et de la poursuite du programme de modernisation dans cette industrie, on est en droit de s'attendre à une réduction supplémentaire de quelque 19 000 tonnes de SO₂ pour l'ensemble du secteur du papier journal d'ici 1990.

Par conséquent, les émissions de dioxyde de soufre au Québec devraient se situer autour de 550 000 tonnes en 1990, soit une diminution de 26 pour cent par rapport à 1984 et 49 pour cent par rapport à 1980.



YVON DAGENAIS & ASSOCIÉS INC.
ÉVALUATEURS CONSEILS

Yvon Dagenais
B.A., B.Sc.A.
ING., E.A.

**ÉVALUATION FONCIÈRE
EXPROPRIATION
ASSURANCES
FINANCEMENT
FISCALITÉ
EXPERTISE IMMOBILIÈRE**

1400 ouest, rue Sauvé, suite 216
Montréal, Québec H4N 1C5

332-4161



mon-ter-val inc.

société d'expertises

Géotechnique
Géologie
Mécanique des Roches
Contrôle des matériaux
Hydrogéologie

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

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

**ÉTUDES, INGÉNIERIE,
APPROVISIONNEMENT,
GESTION DE PROJET,
CONSTRUCTION**

Lavalin

Siège Social:
1100, boul. Dorchester ouest
Montréal, Québec H3B 4P3



QUÉFORMAT LTÉE

591 LE BRETON
LONGUEUIL, P.Q.
J4G 1R9
674-4901

**FORAGES
ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
CONTROLE DES MATÉRIAUX**

La Rapière
RESTAURANT FRANÇAIS
spécialités pyrénéennes

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

Table d'hôte lundi au vendredi:
midi à 15h. — 17h30 à 22h30
Samedi 17h30 à 22h30
Fermé le dimanche

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

- CONTRÔLE DES MATÉRIAUX
- ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
- ANALYSES CHIMIQUES

Tél.: 336-5650



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

fondée en 1928

dufresne farley samson brillon
ingénieurs-conseils

Chauffage — Plomberie — Climatisation Réfrigération —
Électricité — Expertises — Études énergétiques

200 ouest, rue Sauvé, Montréal, H3L 1Y9

Tel. 384-0440



SIAL

Compagnie Internationale
de Géophysique Inc.

- Etudes Géophysiques
- Hydrogéologie
- Vibration & Sismicité
- Géologie & Géochimie
- Exploration Minière
- Environnement

2225 Chemin Saint-François, Dorval,
Québec, Canada H9P 1K3



(514) 683-4215

• Télex : GTS HTD MTL
• 05-821643

La responsabilité des ingénieurs et des architectes

Henri Kélada

De plus en plus, nos tribunaux sont appelés à trancher des litiges impliquant la responsabilité d'ingénieurs, d'architectes et d'entrepreneurs à l'occasion de vices cachés dont se trouvent affectées les constructions. L'objet de notre propos est de discuter de la possibilité, pour le constructeur, d'appeler en garantie l'architecte dont il aura suivi les plans et les directives¹, et pour le propriétaire d'un immeuble défectueux de poursuivre, conjointement et solidairement l'ingénieur et l'entrepreneur. Dans le cas d'une responsabilité solidaire, le propriétaire a le choix de poursuivre l'un ou l'autre ou les deux en même temps, de sorte que le propriétaire choisit généralement de poursuivre le plus solvable des deux.

Dans le domaine de la construction, la responsabilité civile de l'ingénieur et de l'architecte est prévue, en droit québécois, aux articles 1688 et 1689 du Code civil.

Avant même l'adoption du Code civil, le 1^{er} août 1866, nos tribunaux avaient dû se prononcer sur cette responsabilité. L'arrêt qui retient l'attention des auteurs est celui de *Brown c. Laurie*². Dans cette affaire, les juges ont eu à répondre à deux questions fondamentales.

La première avait trait à l'obligation de garantie légale du constructeur d'adapter les fondations d'une construction à la nature du sol et d'indemniser le propriétaire au cas où les fondations ne satisfaisaient pas cette exigence. Il s'agissait de savoir si cette responsabilité devait faire l'objet d'une présomption alors même que le contrat ne l'avait pas spécifiquement prévue.

Dans la deuxième question, il fallait déterminer si le constructeur qui avait suivi les plans du propriétaire et de l'architecte pouvait s'exonérer de cette responsabilité.

En réponse à la première question, la Cour supérieure avait répondu qu'il existe une présomption que le propriétaire d'une construction n'est pas un expert et qu'en s'adressant à un professionnel, le propriétaire est en droit de s'attendre à ce que celui-ci prévoit des fondations sur lesquelles l'immeuble à construire va tenir. D'autre part, des considérations d'ordre public imposent au constructeur la garantie du risque d'effondrement et l'obligent à agir avec la plus grande prudence dans la construction des immeubles. Ces considérations sont dictées par la sécurité des futurs résidents et des passants.

La Cour supérieure avait répondu à la deuxième question en affirmant qu'il serait raisonnable que le constructeur qui a eu recours à un architecte soit dégagé de sa responsabilité, mais que la loi en a décidé autrement puisque, même dans ce cas, il demeure conjointement et solidairement responsable avec l'architecte. Il s'agit là d'une atteinte au principe de l'équité dans les contrats. Elle est cependant justifiée par le souci de protéger les personnes et leurs biens.

La Cour a donc décidé que la responsabilité du constructeur n'est pas diminuée par le fait qu'il ait agi suivant les instructions et directives d'un architecte. Le constructeur se doit de prendre toutes les précautions en vue de garantir au propriétaire la sécurité de la construction, faute de quoi il devra être tenu responsable des conséquences.

Ces principes ont été, par la suite, incorporés dans notre Code civil dont les dispositions pertinentes se lisent comme suit:

1688. Si l'édifice périclite en tout ou en partie dans les cinq ans, par le vice de la construction ou même par le vice du sol, l'architecte qui surveille l'ouvrage et l'entrepreneur sont responsables de la perte conjointement et solidairement.

1689. Si, dans le cas de l'article précédent, l'architecte ne surveille pas l'ouvrage, il n'est responsable que de la perte occasionnée par les défauts ou erreurs du plan qu'il a fourni.

Notre droit met sur le même pied d'égalité l'ingénieur et l'architecte. En effet, le législateur de 1866 ne pensait pas à deux professions distinctes mais plutôt à des planificateurs, d'une part et à des constructeurs ou entrepreneurs, d'autre part. Le génie moderne n'existait pas à l'époque puisque ce n'est qu'en 1898 que les ingénieurs se sont vu reconnaître le privilège exclusif de préparer des plans et de superviser les travaux dans le domaine de la construction.³

*Notre droit met
sur le même
pied d'égalité
l'ingénieur et
l'architecte...*

Ainsi, dans la cause de *Wolofsky c. The Aetna Casualty & Surety Co.*⁴, il était question d'un privilège enregistré sur un immeuble par un ingénieur. La Cour supérieure avait rejeté l'action car l'article 2013 du Code civil qui traite du privilège de l'architecte ne mentionne pas l'ingénieur. La Cour d'appel avait cependant cassé ce jugement. L'ingénieur appelant soutenait qu'antérieurement à 1866, alors que ni l'une ni l'autre des professions n'étaient constituées en corporation, les ingénieurs et les architectes étaient traités de la même façon et sur le même pied, rendant ainsi inutile, au moment de la codification, l'insertion des deux termes, les architectes comprenant les ingénieurs. La Cour d'appel avait endossé ce raisonnement. Cependant, le juge Chouinard (maintenant à la Cour suprême du Canada) avait signalé sa dissidence en affirmant que l'analyse des textes de loi ne permettait pas d'étendre le privilège immobilier de l'architecte à l'ingénieur.

Me Henri Kélada, avocat, est membre du Barreau du Québec. Il est professeur de droit civil au Coll. Ahuntsic. Me Kélada prépare un doctorat en droit civil à l'Université McGill. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages juridiques.

Plus récemment, la Cour d'appel a rappelé la jurisprudence qui assimile l'ingénieur à l'architecte dans les cas prévus par l'article 1688 du Code civil⁵. «On peut y voir le rôle créateur de la jurisprudence comme source de droit au regard de situations de fait contemporaines», écrit à cet effet le juge Amédée Monet.⁶

...les ingénieurs et les architectes étaient traités de la même façon...

Quand l'édifice périt-il?

La perte qui fait l'objet de la responsabilité peut être, aux termes de l'article 1688 du Code civil, totale ou partielle. Il n'est pas nécessaire qu'il y ait effondrement total ou même partiel. Dans l'affaire *Gauthier c. Séguin*⁷, le défendeur a soutenu que l'édifice n'avait pas péri en partie, parce que, dit-il, «périr en partie ne peut vouloir dire autre chose qu'une partie d'un édifice se soit écroulée, ait été détruite ou ne puisse servir aux fins auxquelles il était destiné».

Le juge Pratte qui a rendu le jugement au nom de la Cour d'appel n'a pas partagé cette interprétation du verbe «périr». Il a affirmé qu'il n'est pas possible que le terme «périr» doive être pris dans un sens aussi étroit, mais qu'il doit plutôt être interprété de manière à comprendre tout dommage sérieux aux gros ouvrages d'un édifice. Autrement, la protection que l'article 1688 du Code civil est censé accorder au propriétaire serait le plus souvent illusoire. Le juge Pratte ajoute:

Lorsqu'un mur de fondation est lézardé de part en part et de haut en bas jusque sous sa semelle, c'est qu'il se divise en parties: en n'a plus un seul mur, mais des parties de murs. En pareil cas, le propriétaire n'est pas tenu d'at-

tendre que le pire se produise pour invoquer l'article 1688 C.c.

Dans cette même affaire, le juge Pratte a déduit que si les fondations s'étaient lézardées, c'est qu'il y avait eu tassement du sol portant. Or, dit-il⁸, «lorsqu'un tel accident se produit, c'est à l'architecte et au constructeur — qui sont garants de la stabilité de l'édifice — à prouver qu'il est attribuable à une cause qui ne peut leur être imputée».⁹

Selon les auteurs et la jurisprudence, il faut entendre par vice du sol non seulement ce qui est dû à sa composition géologique, mais aussi celui qui peut résulter d'éléments étrangers qui s'y trouvent. L'on ne peut, par conséquent, alléguer que l'on n'est pas responsable lorsque l'affaissement du sol est causé par des racines d'arbres.

Toutefois, l'architecte et le constructeur ne sont pas tenus de répondre de tous les vices du sol, mais seulement de ceux qu'ils peuvent déceler ou prévoir par une examen attentif du terrain.

...le propriétaire n'est pas tenu d'attendre que le pire se produise...

Dans l'affaire de *Leclerc c. J.N. Massie & Fils Limitée*¹⁰, les faits peuvent se résumer ainsi: En 1961, Thérèse Leclerc décide de procéder à la réfection d'un immeuble dont elle est propriétaire. Le contrat de construction est accordé à un entrepreneur. L'architecte auquel le contrat attribue les pouvoirs les plus étendus se déclare satisfait du travail de l'entrepreneur et signe un certificat en conséquence. Dame Leclerc refuse de payer l'entrepreneur alléguant exécution incomplète et défectueuse, instabilité de la construction, défauts dans les fondations et dommages en résultant.

Deux ingénieurs spécialisés en construction font, à sa demande, une expertise. Leurs rapports signalent plusieurs défauts. S'appuyant sur ces rapports, Dame Leclerc débourse près de 3300 \$ pour faire reprendre le mur de fondation en façade.

La décision de la Cour supérieure et, par la suite, celle de la

...l'architecte et le constructeur ne sont pas tenus de répondre de tous les vices du sol...

Cour d'appel, ont exonéré l'architecte et l'ingénieur-conseil de toute responsabilité. Siégeant en appel, le juge Pratte affirme que c'est l'architecte qui avait décidé comment les travaux de réfection devaient se faire. L'entrepreneur avait suivi ses instructions. Il n'était donc pas responsable.

La Cour suprême du Canada a rejeté l'appel (trois juges contre deux, les juges Pigeon et Laskin étant dissidents), le juge Abbott décidant au nom de la majorité que les questions essentielles dans ce litige étaient des questions de faits.

Dans sa dissidence, le juge Pigeon, de la Cour suprême du Canada, écrit:¹¹ «Ce motif me paraît erroné car, de même que celui de la Cour supérieure, il ne tient pas compte de la responsabilité solidaire de l'entrepreneur et de l'architecte... Pour prétendre qu'il n'y avait pas de vice de construction... il faudrait tenir l'ingénieur Matte pour un exploitateur car il a incontestablement fait déboursier à l'appelante 3300 \$ pour ces

travaux...» Et le juge Pigeon de conclure: «Dès que le principe de l'article 1688 entre en jeu, il est clair que l'approbation de l'architecte n'est pas un moyen de défense pour l'entrepreneur.»¹²

Dans un autre jugement de la Cour suprême du Canada¹³, le juge Beetz affirme que la responsabilité imposée aux architectes et aux ingénieurs, en vertu des articles 1688 et 1689 du Code civil, est une responsabilité établie par la loi et qui ne dépend aucunement d'un contrat. Pour que la responsabilité d'un ingénieur soit engagée, il faut mais il suffit qu'il ait effectivement agi comme ingénieur, abstraction faite de tout contrat et il ne peut s'en dégager vis-à-vis le propriétaire en prouvant qu'il n'a commis aucune faute ou que la perte est, entièrement ou partiellement, causée par la faute de l'architecte ou de l'entrepreneur.

...l'approbation de l'architecte n'est pas un moyen de défense pour l'entrepreneur...

Dans cette affaire, relative à la construction d'une église, aucun contrat n'avait été conclu avec les ingénieurs. Cependant, le contrat conclu entre la Fabrique et l'entrepreneur comporte des devis élaborés relatifs aux ingénieurs et à leurs attributions. La preuve a d'ailleurs démontré que les ingénieurs avaient effectivement participé à la surveillance des travaux sous «la supervision générale de l'architecte».

La présomption de responsabilité est réfutable

De ce qui précède, il ne faudrait pas conclure que l'ingénieur

est toujours responsable. Il peut en effet repousser la présomption de responsabilité en prouvant divers motifs d'exonération. Il peut se libérer de toute responsabilité en prouvant que le dommage est attribuable à la force majeure, à un cas fortuit, à la faute du propriétaire ou à l'acte d'un tiers.¹⁴

...une responsabilité établie par la loi...

La faute du propriétaire peut être une cause d'exonération de l'ingénieur. La jurisprudence exige alors que la preuve établisse chez le propriétaire une certaine expertise. Comme le disait le juge de Grandpré, dans l'affaire *Cargill Grain*¹⁵: «Si son expertise en la matière est très grande et qu'elle surclasse carrément celle des exécutants, la responsabilité de ceux-ci sera écartée. Si, par ailleurs, l'expertise du propriétaire est, à peu près l'équivalente de celle des hommes de l'art, leur responsabilité ne sera que mitigée.»¹⁶

Est-il besoin de rappeler que la présomption de faute n'existe, dans le cas de l'article 1688 du Code civil, que si l'ingénieur ou l'architecte a effectivement surveillé les travaux. Autrement, c'est l'article 1689 qui s'applique et, alors, c'est à celui qui poursuit l'ingénieur de prouver la faute. Il ne lui suffira pas d'alléguer que l'ingénieur a préparé les plans et les spécifications et que l'immeuble est défectueux. Il lui faudra établir que les plans et spécifications ont été suivis et que le vice en est résulté.¹⁷

Nous traiterons, dans un prochain article, de la question du temps requis pour prescrire une action en dommages contre l'entrepreneur, l'architecte et l'ingénieur.

Notes

1. Peu d'auteurs se sont penchés sur le sujet. Il serait bon de citer ici Jacques Brien, «Responsibility of Architects and Engineers. Where do we Stand?», dans «Conférences commémoratives Meredith — 1983-84», Faculté de droit McGill, Toronto, Richard de Boo, 1984, p. 1. J.-François de Grandpré, «Liability of Construction Professionals, Where are we going», dans «Conférences commémoratives Meredith — 1983-84», Faculté de droit McGill, Toronto, Richard de Boo, 1984, p. 20. George S. Challies, «The responsibility of the Architect, Engineer and Builder», (1962) 5 C. de D. 14. John W. Durnford, «The liability of the Builder, Architect and Engineer», (1967) 2 R.J.T. 161.
2. (1851) 1 L.C.R. 343 (C.S.), confirmé par la Cour d'appel, (1855) 5 L.C.R. (C.A.).
3. Cf. Jacques Brien, *op. cit.*, *supra*, note 1, p. 11.
4. [1976] C.A. 102.
5. Cf. *Davie Shipbuilding c. Cargill Grain*, [1978] 1 R.C.S. 570, 575; *Vermont Construction Inc. c. Beatson*, [1977] 1 R.C.S. 758; *Léo Løe-benberg c. National Trust Company Limited*, [1980] C.A. 197.
6. *Idem*, p. 198.
7. [1969] B.R. 913.
8. *Idem*, p. 919.
9. Le juge réfère notamment à l'arrêt de la Cour suprême du Canada dans *Hill-Clarke Francis Ltd. c. Northland Groceries (Québec) Ltd.*, [1941] R.C.S. 437.
10. [1971] R.C.S. 377.
11. *Idem*, p. 381.
12. *Idem*, p. 383.
13. *Desgagné c. La Fabrique de la Paroisse St-Philippe d'Arvida*, [1984] 1 R.C.S. 19. Dans cette affaire, l'architecte, les ingénieurs et l'entrepreneur ont été condamnés conjointement et solidairement à verser la somme de 255 774,99 \$.
14. Voir *Davie Shipbuilding c. Cargill Grain*, [1978] 1 R.C.S. 570, 575; *Hill-Clarke-Francis Limited c. Northland Groceries (Québec) Limited*, [1941] R.C.S. 437, 445.
15. *Idem*, p. 577.
16. Voir, sous le titre de «L'immixtion du client dans l'entreprise», le commentaire du professeur Pierre-Gabriel Jobin, dans (1979) 39 R. du B. 312.
17. Voir *Creatchman c. Belcourt Construction Co. et Tolchinsky*, [197] C.S. 614.

Concours international de design automobile innovateur

Des étudiants en génie de l'Université de Sherbrooke conçoivent une voiture innovatrice

François Goulet

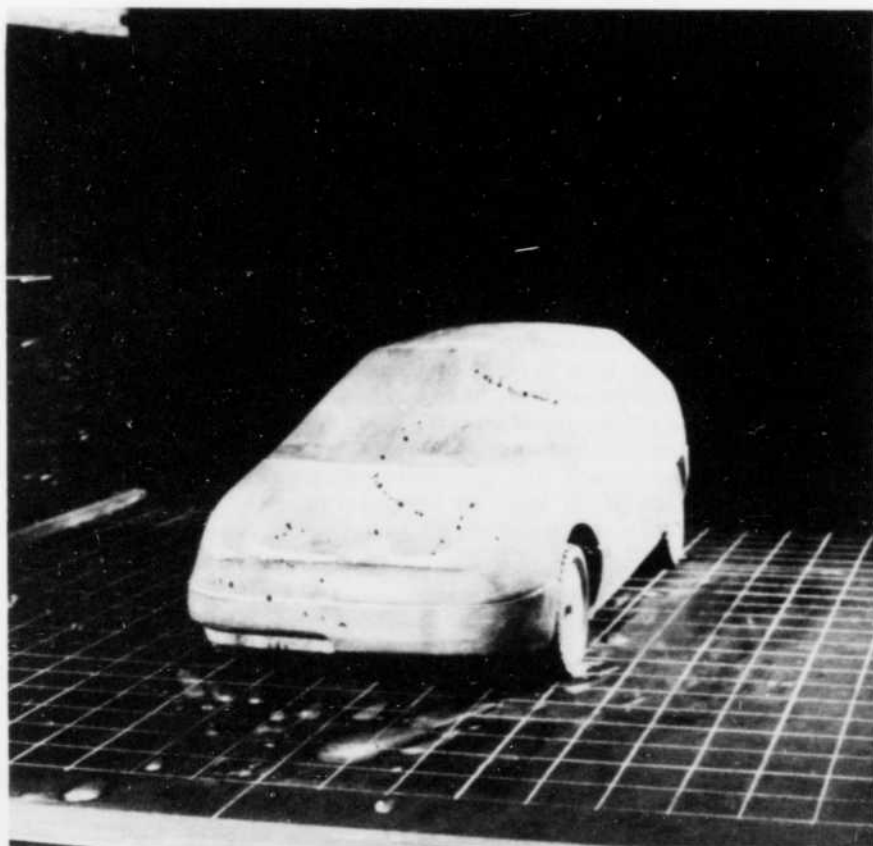
Des étudiants en génie de l'Université de Sherbrooke seront à surveiller lors du concours international de design automobile qui aura lieu en juillet prochain à Vancouver, dans le cadre de l'exposition universelle sur les transports et communications. Ce concours vise à promouvoir l'innovation et la recherche chez les étudiants. Des universités de Suisse, des Philippines, du Japon, de Roumanie, des États-Unis et du Canada y participeront.

«Nous sommes confiant de gagner, déclare Conrad Larivière, étudiant en génie mécanique et responsable du projet Alizée. Nous nous sommes classé deuxième en pré-sélection.»

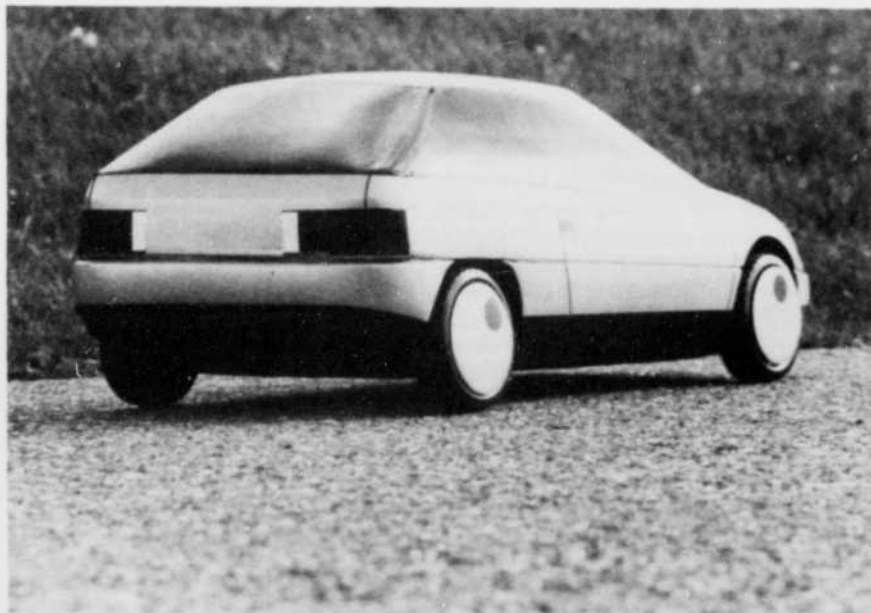
Alizée, est le nom du véhicule sur lequel lui et ses confrères travaillent depuis le mois d'octobre 1984. Un véhicule original à plusieurs points de vue: contrôle informatisé, manche à balai pour remplacer le volant et les pédales, carrosserie en fibre de carbone, propulsion au gaz naturel.

Le contrôle informatisé, ou système Multiplex centralisé, est probablement l'innovation la plus intéressante d'Alizée. Il est beaucoup plus développé que tout ce que l'on peut retrouver sur les voitures actuellement en circulation. Tous les circuits électriques du véhicule sont reliés à un microprocesseur Motorola 6809. Chaque station a son code binaire qu'elle reconnaît lorsqu'il est émis par le microprocesseur. Cela permet de vérifier à tout moment si les composantes électriques fonctionnent bien et si, par exemple, les lampes de freinage ont exécuté l'ordre de s'allumer.

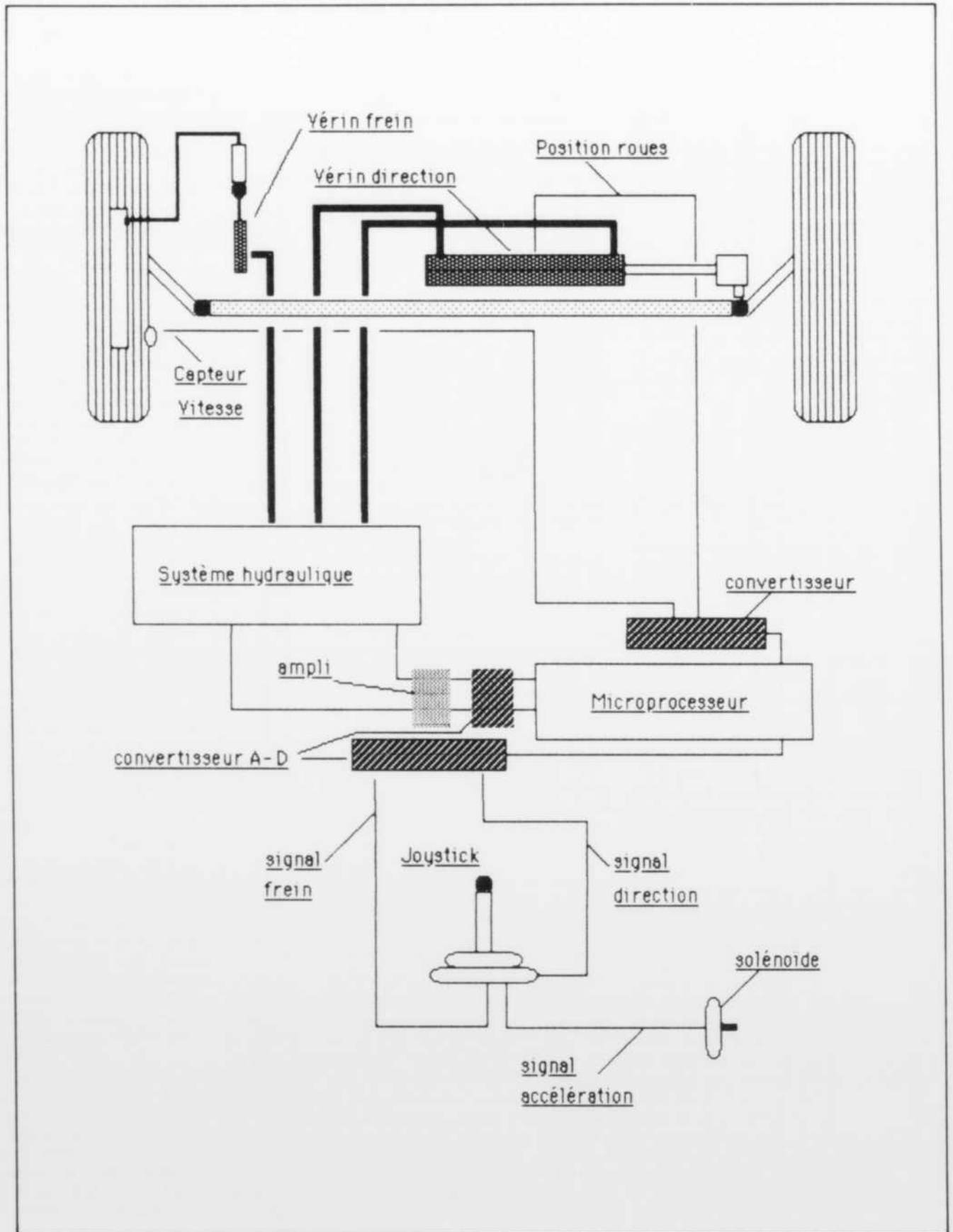
M. François Goulet est journaliste rédacteur d'un bulletin publié par Québec-Science en collaboration avec le nouveau centre de recherche sociale et de technologie (CREST).



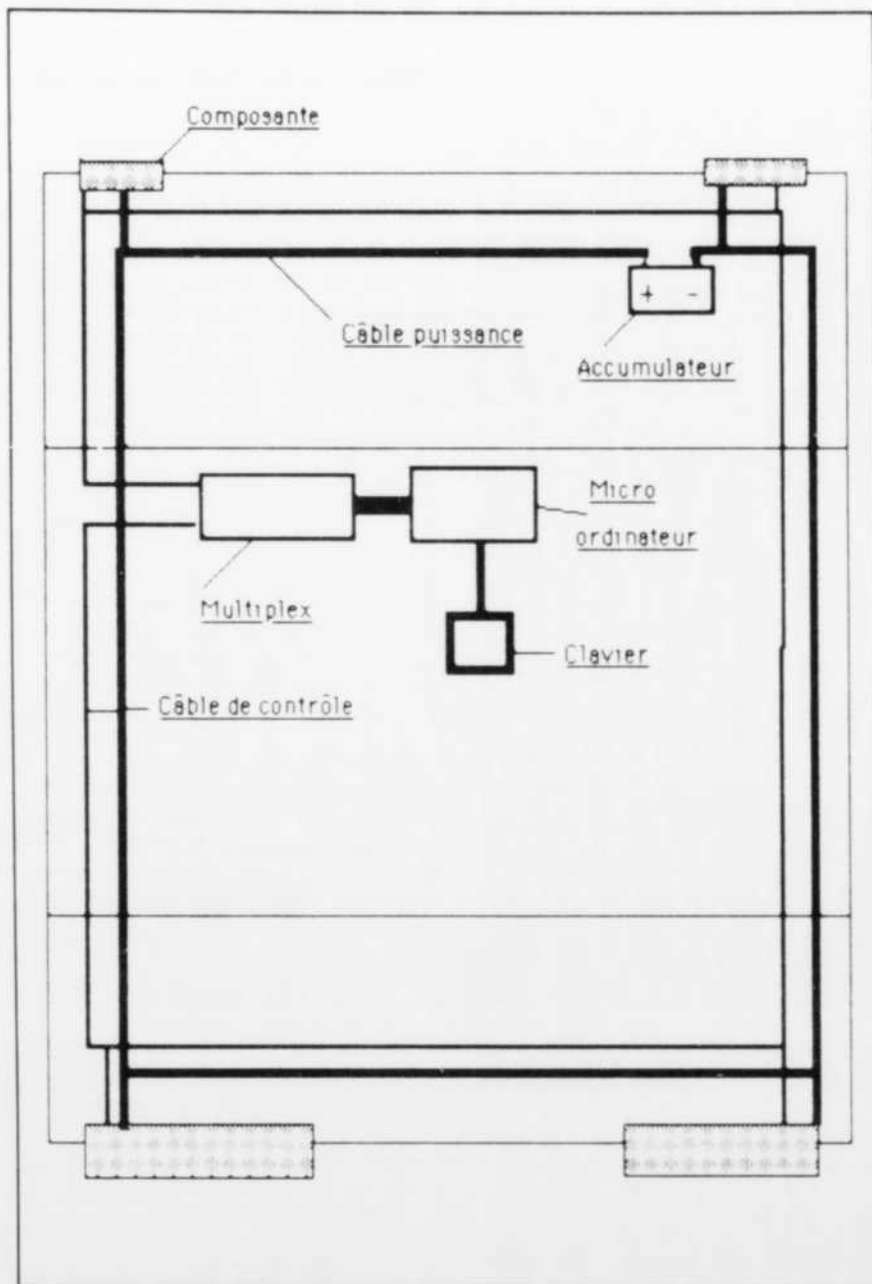
Maquette subissant des tests en soufflerie



Maquette du véhicule en fabrication



Système hydraulique contrôlé par joystick



Système de contrôle multiplex

Par analogie, le système Multiplex est l'équivalent du câble pour la télévision. Une voiture conventionnelle serait plutôt comme une télévision où chaque poste nécessiterait un câble. Toutefois, M. Larivière prend soin de préciser que les systèmes de haute-puissance (chauffage, allumage) ne sont pas contrôlés par le système Multiplex.

Plus spectaculaire, mais moins innovant est le manche à

balai, ou *joystick*: plusieurs compagnies automobiles l'envisagent déjà. Celui de l'Alizée accueille l'accélérateur, la direction, le freinage et le klaxon. Le freinage se fait en poussant le manche vers l'avant, pour plus de sécurité en cas de brusque décélération. La sensibilité du manche varie avec la vitesse, afin qu'une manœuvre brusque à grande vitesse n'envoie pas la voiture dans les champs. Les concepteurs de l'Alizée prévoient aussi des circuits de protection spéciaux pour le manche à balai,

dans l'éventualité, par exemple, qu'un enfant l'accroche.

Le moteur de l'Alizée est un Nissan 1200 c.c. à transmission automatique converti au gaz naturel. On compte augmenter son taux de compression de 9/1 à 12/1 en changeant les pistons. Les étudiants n'ont pas obtenu d'aide de la compagnie Nissan et ont dû acheter une voiture. Ils sont d'ailleurs intéressés à en revendre la carrosserie!

Par contre la compagnie Dupont leur a fourni la fibre de carbone pour la carrosserie de l'Alizée. D'autres compagnies ont aidé au financement du projet, comme Bombardier et Les produits cellulaires de Waterville. Sur un budget de 110000\$, seulement 33000\$ ont été fournis par le gouvernement. Le reste vient du secteur privé.

La deuxième place qu'a récoltée l'Université de Sherbrooke en pré-sélection est d'autant plus méritoire que c'est sa première participation à ce genre de concours. D'autres universités ont déjà développé une certaine expertise lors de compétitions antérieures. C'est le cas de la Western Washington University. «Ils sont à surveiller, ce sont des professionnels, déclare Conrad Larivière. Ils ont déjà conçu neuf véhicules pour des concours semblables. Ils ont même conçu un moteur qui par la suite a été acheté par la compagnie Subaru.»

Le but ultime de l'équipe n'est pas de commercialiser leur véhicule. «Nous voulons plutôt prendre part à une expérience enrichissante tout en développant des systèmes électroniques et mécaniques qui, probablement, pourraient intéresser l'industrie», explique M. Larivière.

Chose certaine, l'expertise qu'ont développée les étudiants en génie de l'université de Sherbrooke est un atout dans une région où l'industrie automobile commence à se développer.

en bref

Bâtir la prochaine décennie

Sous le thème «BÂTIR LA PROCHAINE DÉCENNIE», l'Association de la construction de Montréal et du Québec tiendra son premier congrès les vendredi et samedi 25, 26 avril prochains à l'hôtel Méridien de Montréal.

Ce congrès présidé par M. Marc Décarie, président de La compagnie de construction OMEGA Canada Limitée et sous le patronage d'honneur de M. Jean Drapeau, maire de Montréal, sera l'occasion par excellence pour les membres de l'Association et les professionnels de l'industrie de se rencontrer afin d'échanger idées et réflexions sur les différentes avenues qu'ouvre la prochaine décennie dans l'industrie de la construction.

Des conférenciers prestigieux discuteront de l'avenir de l'industrie et tenteront d'éclairer les participants sur les attitudes à prendre et les orientations à considérer pour les prochains dix ans. Mentionnons parmi ceux-ci, M. ANDRÉ VALLERAND, ministre délégué aux PME qui sera conférencier au déjeuner-causerie du vendredi 25 avril; M. PATRICK ROBERT, directeur du Conseil économique du Canada qui identifiera les paramètres des 10 prochaines années à l'intérieur desquels l'industrie aura à opérer; M. REED SCOWEN, député de Notre-Dame-de-Grâce et responsable du dossier de la déréglementation; M. VINCENT LEMIEUX, professeur de l'Université Laval qui donnera les perspectives pour la prochaine décennie; M. YVON MARCOUX, président de la Chambre de commerce de Montréal qui sera le conférencier invité à la journée consacrée à «Montréal, la prochaine décennie»; M. CLAUDE PICHÉ, directeur et commissaire général de CIDEM et plusieurs autres.

De nombreux ateliers sont prévus pour les entrepreneurs généraux, les entrepreneurs spécialisés et les fabricants-fournisseurs. Des spécialistes seront sur place pour les rencontrer et leur parler des sujets concernant leur profession.

Pour plus d'information, on peut s'adresser à Mme Claude Gosselin à l'ACMQ (739-2381).

Un atelier méthodologique sur l'analyse des données appliquées à la santé et à la sécurité du travail

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec organise un colloque portant sur l'analyse des données appliquées à la problématique de la santé et de la sécurité du travail. Ce colloque aura lieu à Montréal les 6, 7 et 8 octobre 1986.

Cet événement réunira de nombreux spécialistes qui ont, soit développé des techniques multidimensionnelles d'analyses de données (analyse factorielle des correspondances, analyse en composantes principales, etc.), soit utilisé ces mêmes techniques. Par le biais de conférences ou de présentations par affichage (poster), ils présenteront ces différentes techniques et préciseront les avantages et les limites qu'elles offrent à leurs utilisateurs.

Des statisticiens, des chercheurs et des intervenants en santé et en sécurité du travail sont attendus à ce colloque afin d'échanger sur la contribution de l'analyse des données à la santé et à la sécurité du travail.

Parmi les conférenciers invités, retenons notamment la participation de messieurs J.P. Fénelon, chargé de recherche au Centre national de la recherche scientifique (France), E. Diday de l'Institut de recherche en informatique et automatique (IRIA, France) et Ludovic Lebart, directeur adjoint du Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (CREDOC, France).

Les activités prévues à ce colloque se dérouleront au Studio-théâtre Alfred-Laliberté de l'Université du Québec à Montréal. (tél. 514-288-1551 poste 215)

Maintenir les puces au froid: une solution d'avenir

Nombreux sont les chercheurs et les inventeurs québécois qui conçoivent des projets de biens électroniques originaux et commercialisables. Encore faut-il un milieu favorable à l'éclosion et au développement de ces réalisations pour que l'industrie électronique en bénéficie! *Au départe-*

ment de génie électrique de l'Université de Sherbrooke une équipe concentre précisément ses efforts de recherche et de formation à la mise en place d'un tel «incubateur technologique», afin de favoriser des percées intéressantes en micro-électronique.

Les champs d'expertise qui seront exploités à Sherbrooke, concernent les dispositifs micro-électroniques cryogéniques, c'est-à-dire fonctionnant à basse température et à très grande vitesse. Les recherches de l'équipe s'orienteront également vers une voie prometteuse, celle des amplificateurs optiques. Dans un autre champ, le groupe de Sherbrooke s'intéresse aux possibilités d'applications intéressantes dans le domaine de la microscopie acoustique. Pour ces chercheurs, la conception et le développement de nouveaux micro-circuits micro-électroniques supposent une bonne maîtrise des nouveaux matériaux et des techniques servant à leur fabrication. On compte ainsi utiliser intensivement les outils de conception assistée par ordinateur (CAO) présentement disponibles à l'Université de Sherbrooke.

Sur le plan du développement, les intentions de l'équipe de Sherbrooke sont claires: les acquis des recherches sont systématiquement transférés aux industries utilisatrices. Société à but non lucratif créée par l'Université, la Société de micro-électronique industrielle de Sherbrooke (SMIS) a précisément pour mandat de concrétiser cette collaboration entre les chercheurs et l'industrie. Sans pouvoir garantir la mise en marché immédiate de nouveaux produits, ces liens restent particulièrement utiles à l'industrie puisqu'ils facilitent son adaptation aux techniques d'avant-garde et qu'ils encouragent l'exploration d'avenues originales vers des biens de consommation encore inconnus. Le maintien de la compétitivité de notre industrie électronique dépend de ces incursions constantes dans les technologies de demain.

Mieux connaître les effets sociaux des changements technologiques

Les importants changements technologiques qui transforment notre société actuellement ne sont

en bref

pas sans avoir d'énormes effets sociaux. Le développement de l'informatisation, par exemple, nous oblige à réorganiser des systèmes de production, modifie nos méthodes, habitudes, etc. de travail, crée de nouveaux emplois. Il est absolument nécessaire de mieux connaître les déterminations et les implications sociales de ces changements technologiques. C'est à cette tâche que se consacrera un groupe de chercheurs de l'Université du Québec à Montréal comportant également une chercheuse de l'École polytechnique de Montréal.

L'équipe de chercheurs compte travailler selon deux axes complémentaires pour faire l'évaluation sociale des technologies. D'une part, l'évaluation s'inscrit dans une perspective où les technologies seront considérées comme des agents directs de changement social tandis que, d'autre part, on cherchera à comprendre par quels mécanismes un problème particulier trouve une solution technique acceptable socialement.

Les deux grandes questions touchées par les chercheurs porteront sur l'informatisation de la production et l'analyse des effets sociaux qui en découlent et sur l'appropriation des savoirs et du savoir-faire technologiques. Pour répondre à ces questions, quatre sous-projets seront menés simultanément, intégrés méthodologiquement les uns aux autres.

Céline Saint-Pierre, de l'Université du Québec à Montréal se trouvera à documenter la spécificité du virage technologique dans le secteur tertiaire en étudiant les changements structurels que connaissent les entreprises de ce secteur à la suite de l'implantation de nouvelles technologies reliées à la micro-électronique. De plus, elle analysera les effets de celles-ci sur le contenu des tâches, sur la formation et sur les qualifications des employés et des cadres subalternes de ces entreprises choisies dans les secteurs des assurances, des banques, des grands bureaux et du commerce de détail.

Pour sa part, Hélène Denis, de l'École polytechnique, va concentrer sa recherche sur le musée scientifique et technique, qu'il soit de chez nous, américain ou euro-

péen, afin de mieux comprendre la dynamique organisationnelle et sa relation avec les technologies qui la sous-tendent.

Véhicule de transmission du savoir scientifique et technique, le Musée retiendra également l'attention de Bernard Schiele, de l'Université du Québec à Montréal, qui s'attachera au rapport entre l'individu et le Musée et, donc, aux stratégies mises de l'avant par une organisation pour l'appropriation du savoir.

Enfin, le réseau professionnel de la robotique sera l'objet des recherches de Charles Halar, également du département de sociologie de l'UQAM. Ce sous-projet porte sur l'implantation de la robotique au Québec et sur ses mécanismes d'organisation et de diffusion. À la fin de 1984, on comptait près de 800 robots au Canada, ce qui ne va pas sans susciter une certaine inquiétude dans les milieux industriels, syndicaux et gouvernementaux.

...

Chez BELL CANADA l'interurbain en chair et en os!

Une culture aussi vieille que le téléphone

On aime penser, chez Bell, que l'inventeur du téléphone lui-même a été à l'origine de toute une tradition. En fait, le saviez-vous, M. Bell n'a jamais eu l'intention d'inventer le téléphone! Pendant des jours et des jours, il s'est isolé pour mettre au point un appareil qui permettrait à sa mère et à sa femme de vaincre leur... isolement. Toutes les deux, en effet, étaient sourdes et muettes. C'est donc une prothèse que monsieur Bell essayait d'inventer! Certains diront qu'ils sont prêts à prendre de tels échecs! Mais son milieu social, son talent de «patenteux», firent de M. Bell une personne très impliquée dans son milieu.

411

En Amérique du Nord, il y a 600 000 «pionniers du téléphone». Est pionnier celui ou celle qui œuvre au sein d'une compagnie téléphonique depuis 18 ans ou

plus ou a pris sa retraite. Les pionniers s'impliquent dans leur milieu. Ainsi, les élèves handicapés d'une école ont eu la surprise de leur vie, un lundi matin, de trouver une cours en pelouse, avec dans cette cour: roches, tessons de verre, asphalté, mottes de terre... Comme des elfes, les pionniers étaient passés par là... Mais les pionniers (au Québec ils sont presque 10 000), ont deux assurances: leur travail reconnu et par la compagnie et par la société et, de plus, ils ont une relève assurée!

Bell «underground»

On connaît de Bell ses tarifs, ses appareils, deux ou trois numéros importants, (0, 411, 611) et la qualité de son interurbain. Mais on connaît moins ce qui se passe au-delà de la voix polie des téléphonistes. On ne sait surtout pas que derrière cette voix, il y a peut-être une personne qui s'est impliquée pour la levée de fonds des Grands frères et Grandes sœurs de la ville de Québec. Ou une personne qui a passé des heures à assurer la sécurité de la Course des Boulevards de Saint-Léonard. Ou qui s'est remplie les mains d'échardes à faire une piste d'hébertisme dans une colonie de vacances.

Méfiez-vous des employé(e)s de Bell! Derrière chacun et chacune sommeille un individu qui s'implique dans son milieu. Derrière chacun et chacune, il y a une compagnie qui ne demande rien... mais qui offre la possibilité de dire «oui»! Pour de l'argent? Non! Pour des heures supplémentaires? Non!

Pourquoi alors?

Pour rien! Pour la collectivité d'abord, pour l'employé(e) ensuite. Parce que ça existe encore, le bénévolat. Évidemment, si on vous demande de prendre la parole au nom de la compagnie, on vous dédommagera. De même qu'on vous remboursera le coût d'un déplacement ou d'un repas. Pour que l'implication communautaire de la compagnie et des employé(e)s soit pertinente et de *bonne facture* partout dans les 14 régions québécoises, il a quand même fallu établir un *modus operandi*. C'est au cours des années

en bref

que différents types d'intervention se sont institutionnalisés.

000-0001

Le programme des dons et contributions, fait par la compagnie même (Centraide etc.)

000-0002

Tous les dirigeants ou porte-parole qui sont en province, peuvent, à leur discrétion et aussi souvent que la cause le mérite, accorder des montants pouvant aller jusqu'à 300 \$.

000-0003

Qui, à Montréal, ou à Sorel, à Hull ou à Chicoutimi, a besoin d'aide? Qui dit aux dirigeants de Bell le nom des organismes ou des activités méritant attention? Simple: les cadres et non cadres de l'entreprise. Dans les 14 régions administratives québécoises, il y a 14 équipes formées de dix employé(e)s chacune, venant de dix services différents. En fait, il n'y a qu'à Froisher Bay qu'on n'en trouve pas! Mais dans cette ville, les employé(e)s font le grand ménage du printemps après la fonte des neiges!

Les responsables d'équipes se rencontre de quatre à six fois par année pour identifier les besoins du milieu: besoin d'argent, de bénévoles ou d'expertise. Ils sont les «récepteurs» du milieu et déterminent, une année à l'avance, les programmes qui seront supportés par eux et par les

employé(e). (Au cas où la chose vous intéresse, en 1984, 70% des employé(e)s s'étaient impliqué(e)s d'une façon ou d'une autre.)

Et comment les recrutent-ils ces employé(e)s-bénévoles? Là, c'est compliqué! Terriblement compliqué... Ils en parlent! Pas d'affectation spéciale ici. On passe le mot *La Bell* affaire!

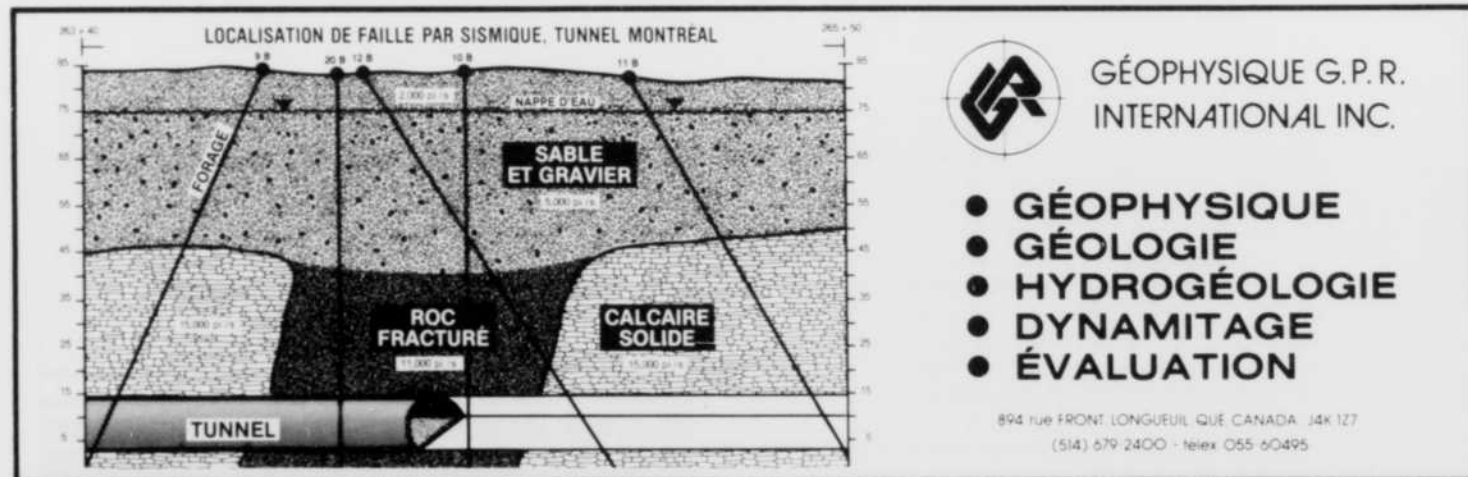
C'est ainsi qu'ils sont là au Festival de folklore de Drummondville. Ils sont là pour prêter des locaux, du savoir-faire ou de l'équipement à plusieurs campagnes de levée de fonds. Ils sont là partout... un peu comme le téléphone quoi! Mais derrière ces 14 équipes, à Montréal, il y a cinq spécialistes des Affaires publiques qui leur consacrent hebdomadairement de 30 à 40% de leur temps! Et cela prendra le temps qu'il faudra, mais il faut faire la formation, expédier les textes, les acétates, les vidéos, les imprimés, les dossards, les T-shirts et les gadgets! Bref, pour ce programme, Bell mobilise de 500 000 à 500 000 \$ par an. Souvent plus. Jamais moins! Mais de Montréal, on voit à l'uniformité du contenu et des outils. On voit aussi shirts à l'image corporative.

000-0004

Depuis l'automne 1984, on a recommencé à faire des commandes d'envergure. Les commandes impliquent les cadres et les employé(e)s. Ainsi, en 1985, Bell et ses employé(e)s, en collaboration avec la Fondation pour la

recherche sur les maladies mentales et Suicide-Action Montréal, ont fait une vaste promotion contre le suicide des jeunes. Bell a fourni du matériel, le support pour une tournée dans les 13 principaux CEGEP québécois — payant même des cours de conduite automobile aux jeunes psychologues et travailleurs sociaux qui y participaient. Pourquoi pas! Et puis, puisqu'on avait décidé de s'impliquer, pourquoi ne pas mettre un cadre intermédiaire au conseil d'administration de Suicide-Action Mtl? Le savoir-faire, ça se donne aussi...

En 1985 toujours, 110 bénévoles, cadres et non cadres, ont prêté leur voix — c'est qu'elles reviennent souvent les voix de Bell — à la Magnétothèque! Sans parler d'un dîner-bénéfice (un défilé de mode au Ritz) au profit de l'organisme en question. Cette fois-là, par exemple, le moral a éternué. Chez Bell, on avait espéré la somme de 17 500 \$. Et on n'a pu remettre que 17 000 \$! Si vous avez souri, c'est que vous n'avez pas compris que la déception était réelle. Les employés voulaient 500 \$ de plus! Et puis il y a l'aide apportée à Parents-Anonymes et les Mini-Bosses. Les Miniquoi? Les Mini-Bosses. Des employé(e)s se promènent sur les différentes pentes de ski, donnent des cours de prévention et de sécurité. Bell, doublement sur les planches! Sur les skis, certes, mais aussi dans les studios de Radio-Canada pour les **Héros du samedi**. Et puis, il y a le support à **Génies en Herbe**, et puis... et puis...



en bref

000-0005

Et les écoles? Mais si, Bell y est! L'an dernier, 130 000 étudiant(e)s ont été rencontré(e)s et ont reçu du matériel pédagogique: bandes dessinées, cahiers à colorier etc. Bref, c'est assez important pour qu'une personne de Montréal consacre la moitié de son temps à coordonner cette activité. Nous ne dirons pas que Bell donne en moyenne 200 000 \$ par année en équipement aux universités! Nous ne parlerons pas non plus des bourses d'études...

Est-ce trop?

Évidemment, on pourrait dire que c'est essouffant. Mais chez Bell, on ne le croit pas. Ça fait partie de la culture d'entreprise. Et c'est sans tambour ni trompette que les bénévoles arrivent. C'est sans tambour ni trompette qu'ils repartent. C'est tellement décentralisé, propre à chaque milieu, que peu de gens le savent. Sauf

ceux qui en retirent quelque chose: les organismes et les employé(e)s...

Bell au bout des doigts, du fil et du cœur...

Méfiez-vous, la prochaine fois que vous verrez passer les camions de Bell: peut-être vont-ils faire une réparation ou peut-être vont-ils distribuer des arbres à Saint-Bruno? Peut-être vont-ils brancher un nouvel abonné, ou conduisent-ils des bénévoles pour une activité spéciale...

Et regardez bien. Qui est dans le champ avec les scouts et les guides à faire un herbier? Qui «coache» cette équipe de hockey?

Et ces pionniers, qui à eux seuls fournissent bénévolement l'équivalent au travail de 116 employés à plein temps! Mais la relève est là. Prête à reprendre le travail là où les autres ont laissé.

Une question de culture... M. Bell voulait faire des prothèses auditives... ce sont les employés de Bell qui en offrent, par leur levées de fonds, leur implication. Ce sont eux qui parlent aux handicapés visuels de cette «orthèse auditive ratée».

SOURCE: Le cadre communicateur
Le pivot du Succès (Centre des dirigeants d'entreprise)

Remerciements

Pour l'article «Approches japonaises à la gestion des opérations» paru dans le numéro de novembre-décembre 1985, M. Joseph Kélada désire remercier MM. Mattio Diorio et Jean Nollet, professeurs à H.E.C., pour leur excellente collaboration à cet article.

Rectificatif

Dans l'article «Pour améliorer la qualité: le facteur Z» paru dans notre précédent numéro, une erreur de montage s'est glissée dans les figures 2 et 3 à la page 13. En effet, les semaines indiquées ont été interverties; c'est la semaine du 25-11-83 qui devait être représentée par les barres pleines et non celle du 29-11-84. Celle-ci est représentée par la deuxième barre. Comme l'indique l'article, les pertes ont été réduites de 50% et non accrues de ce pourcentage comme le montrent les figures en question. En inversant les semaines les figures donnent alors l'information exacte.

MAÎTRISE EN GESTION DE PROJET

OBJECTIF

Former des administrateurs capables d'une vision systémique et globale des projets et ayant une bonne connaissance des techniques analytiques. Les finissants seront appelés à administrer des projets d'envergure de la phase d'étude de rentabilité jusqu'à la dernière phase de la réalisation.

EXIGENCES PARTICULIÈRES

- Baccalauréat ou l'équivalent dans un domaine tel que l'administration, le génie, l'architecture, les sciences, les sciences appliquées, ou dans un domaine connexe.
- 2 ans d'expérience pratique pertinente récente.

DEMANDES D'ADMISSION

Les demandes d'admission pour la session automne 1986 doivent parvenir au plus tôt aux bureaux des registraires des institutions concernées.

RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

Université du Québec à Chicoutimi, tél.: (418) 545-5246
Université du Québec à Hull, tél.: (819) 776-8357
Université du Québec à Montréal, tél.: (514) 282-4274
Université du Québec à Trois-Rivières, tél.: (819) 376-5732
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, tél.: (819) 762-0971

N.B. Le programme est dispensé également à Québec pour les étudiants de la région: Pierre Gagnon, délégué régional de l'UQTR, (418) 657-2854.

Université du Québec

Commission des programmes d'études avancées
gérés conjointement



Évitez l'érosion de vos budgets

Texel

Le contrôle de l'érosion

- Canaux de navigation
- Berges de lacs et de cours d'eau
- Piliers de structures maritimes
- Entreposage de résidus miniers

Pour tous ces types de travaux, Texel est un filtre des plus efficaces. Placé derrière les enrochements, il empêche la migration de fines particules, prévenant ainsi l'érosion, il permet également de laisser passer l'eau, afin de ne pas créer de pressions hydrostatiques.

Fabriqué selon un procédé d'aiguilletage utilisant des fibres courtes, le géotextile Texel peut résister à de nombreux efforts lors de l'installation, ce qui lui confère des particularités très intéressantes:

- Il se moule au terrain existant
- Il ne se colmate pas avec le temps
- Il résiste au poinçonnement
- Il évacue l'eau dans son plan

De plus, le géotextile fait de polyester ne flotte pas à cause de sa masse volumique supérieure à celle de l'eau. C'est un atout important dans le cas des travaux sous l'eau.

Texel remplace économiquement les filtres naturels souvent coûteux et plus difficiles à mettre en place.

Une bonne façon de stabiliser vos pentes... et d'éviter l'érosion de vos budgets.

485, des Érables, St-Elzéar
Beauce-Nord, Québec, Canada
G0S 2J0
Tel.: (418) 387-5910 1-800-463-8929

VITE!

Quelle est
la résistance thermique
de l'isolant de fibre de verre?

THERMOPHONE
1-800-267-9563

Pour le savoir, communiquez avec les spécialistes d'Énergie, Mines et Ressources Canada, en appelant le THERMOPHONE.

Téléphonez dès aujourd'hui et devenez vous aussi un expert en la matière. Obtenez les réponses aux questions difficiles des clients. Plus vous en savez sur l'efficacité énergétique, mieux vous pouvez la promouvoir.

Appelez le THERMOPHONE. C'est gratuit. C'est rapide. C'est pratique.

Commandez nos publications destinées aux

consommateurs. Elles sont gratuites et vous pouvez les distribuer à vos clients. Commandez-en autant que vous voulez: EMR vous enverra tout ce dont vous aurez besoin.

Lisez-les vous-même: vous y trouverez des renseignements objectifs qui feront de vous un expert en économie d'énergie.

Et quand un client vous demandera quelle est la résistance thermique de l'isolant de fibre de verre, vous pourrez lui répondre: 0,022 par millimètre.

S'informer, ça paye!



Énergie, Mines et
Ressources Canada
L'Hon. Pat Carney,
Ministre

Energy, Mines and
Resources Canada
Hon. Pat Carney,
Minister

Canada