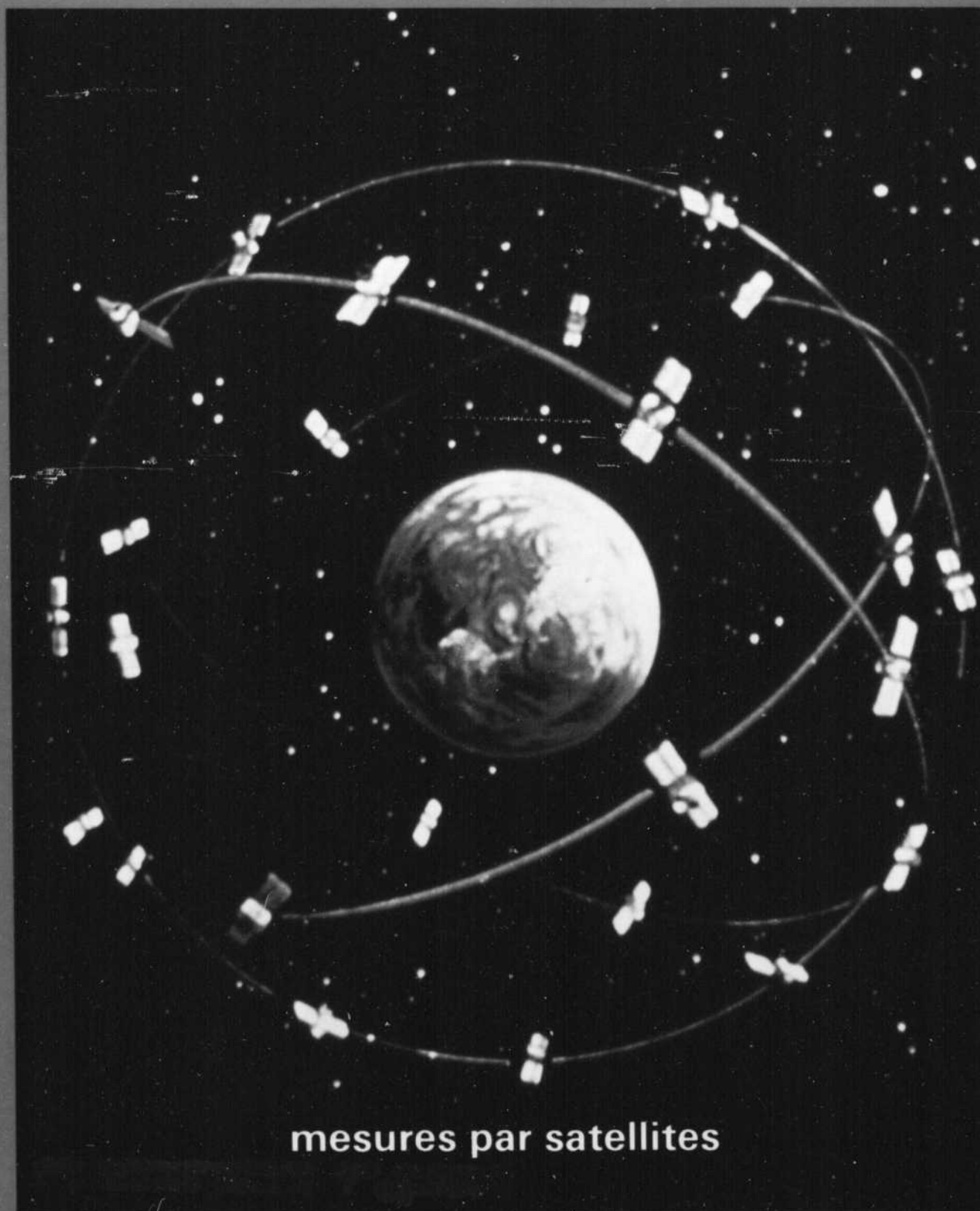


# L'ingénieur

Mars — Avril 1985

N° 366 71<sup>e</sup> année



mesures par satellites

# Montréal~ Shawinigan

# en fils électriques!



*Chaque B747 d'Air Canada contient environ 160 km de fils électriques. Placés bout à bout, ils pourraient relier Montréal et Shawinigan! Le réseau d'Air Canada, quant à lui, relie 61 villes sur trois continents.*

**Pour vos visites d'expositions industrielles ou vos rencontres avec des clients, Air Canada vous offre la meilleure fréquence de vols vers l'Europe et les horaires les mieux adaptés à vos besoins en Amérique du Nord: 74 vols hebdomadaires entre Montréal et New York, 36 vols quotidiens entre Montréal et Toronto et 2 vols sans escale vers Vancouver tous les jours, en semaine. Avec la meilleure qualité de service au sol et en vol. Votre Prêt-à-partir vous attend!**



**AIR CANADA**



**Éditeur**

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

**Conseil d'administration**

J. Bernard Lavigneur, président  
Jean-Paul Gourdeau, vice-président

**Comité exécutif**

Guy Drouin, président exécutif  
Serge R. Tison, vice-président  
Hélène Denis, vice-présidente  
Claude Brulotte, secrétaire  
Jean E. Corneille, trésorier  
Yolande Gingras, directeur général

**Administrateurs**

Archieve Blanch, Roland Chevalier,  
Jean E. Corneille, Gilles Desjardins,  
Fernand DesSerres, Claude Guernier,  
Jean E. Ledoux, Donald A. Martin,  
Ovide J. Poitras, Guy Sicant,  
Christian Tessier, Jean Vonty

**Directeur général**

Yolande Gingras

**Comité consultatif de rédaction**

Hélène Denis, directeur  
Roger Beaudry  
Joseph Bouchard  
Lionel Boulet  
Jules Delisle  
Georges P. Geoffroy  
Claude Guernier  
Jacques Lapointe  
Yves Lizotte  
Paul-Edouard Robert  
Mathus Roy

**Rédacteur en chef**

Joseph Kélada

**Directeur artistique**

Lucie Bernard

**Publicité**

Robert Dumpouchel  
Publications R.A.D. enr.  
1105, boul. Gouin est  
Montréal (Québec) H2C 1B3  
Tél. 514 381 2214

**Composition**

Les Ateliers Chora 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 ou vaudra 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

### 3 Les nouvelles technologies et la société de demain Roger A. Blais, ing.

Les nouvelles technologies offrent d'énormes possibilités à cause de leurs effets d'entraînement dans nombre de secteurs industriels. Elles ouvrent des horizons tout à fait nouveaux, notamment dans les secteurs de l'information et des communications. Leur mutation rapide donne lieu à des augmentations spectaculaires de performance, tant dans les procédés de fabrication que les produits.

Néanmoins les nouvelles technologies sèment de graves inquiétudes, surtout au niveau de la disparition d'emplois. Si on ne s'y adapte pas ou si on en fait une mauvaise gestion, elles risquent d'aggraver les problèmes de chômage. Le principal problème de nos jours est que le taux d'innovation technologique. Aussi faut-il de nouveaux mécanismes et de nouvelles formes d'organisation sociale afin de mieux équilibrer l'offre et la demande technologiques et d'introduire les changements sociaux qui doivent aller de pair avec les changements technologiques et le développement économique.

### 9 Mesures terrestres de précision par l'intermédiaire de satellites Richard Moreau, ing.

Le Global Positioning System (GPS) est un système spatial fondé sur l'exploitation des nouveaux satellites de navigation NAVSTAR. GPS ne sera complet que vers 1987/88, étant actuellement en phase expérimentale avec une fraction seulement de son futur potentiel. Le présent article décrit une expérience et des études visant à démontrer les possibilités de GPS à des fins géodésiques (et autres) sous les conditions particulières au milieu québécois. On y conclut qu'effectivement, l'observation des signaux GPS au moyen d'instruments MACROMETER, constitue une concurrence sérieuse à la plupart des moyens traditionnels en ce qui concerne la précision des déterminations de distances, d'orientations et de dénivellées. Enfin, des exemples d'applications rentables immédiates et futures sont suggérés dans le domaine de l'ingénierie ou de la géodynamique.

### 12 L'impact environnemental des travaux de génie en milieu agricole. Denis Ferland, ing.

Les projets de génie, lorsqu'il s'agit de projets linéaires, perturbent toujours plus ou moins le milieu agricole. Le rôle de l'ingénieur agricole est de trouver des solutions de rechange lorsque le projet est déjà implanté, ou de réaliser des études d'impact et de recommander les solutions nécessaires au promoteur.

La connaissance poussée du milieu évaluer les impacts que des projets linéaires peuvent entraîner. Il est important de décrire le milieu agricole québécois, puis de traiter des différents projets linéaires tels : les lignes de transport d'électricité, les autoroutes, les chemins de fer, les câbles téléphoniques souterrains, les pipelines.

L'objet de cet article est de décrire plus en détails le rôle joué par l'ingénieur agricole dans les phases d'élaboration du tracé, de préparation de plans et devis et de construction d'un tel projet.

### 19 L'ingénieur du savoir Bernard Moulin, ing.

L'ingénierie du savoir est une discipline de « haute technologie » née au cours des années 1970 comme une branche de l'intelligence artificielle. Elle voit son champ d'activité s'accroître très rapidement dans toutes les disciplines où le savoir, la connaissance et l'expertise occupent une place importante. Nous présentons dans cet article les principales applications de l'ingénierie du savoir; nous proposons quelques réflexions relatives au savoir et à la connaissance; nous exposons les principales caractéristiques des systèmes experts, logiciels spécialisés dans la manipulation du savoir.

### 25 Les possibilités de réutilisation commerciale des pneumatiques usagés Pauline Rivard, ing., Christian Roy, Avila Vendette, ing.

L'accumulation des pneumatiques usagés est devenue un problème critique pour l'environnement. De nombreux chercheurs et industriels se sont penchés au cours des dernières années sur ce problème. L'article a pour but d'étudier les diverses possibilités de récupération et de recyclage industriel de ce rebut.

**Photo couverture:**

Illustration des satellites « NAVSTAR » et leurs dispositions autour du globe terrestre.



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

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

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

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

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

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

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

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

**Texel**

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



## Les nouvelles technologies et la société de demain

Roger A. Blais, ing.

*Les nouvelles technologies offrent d'énormes possibilités à cause de leurs effets d'entraînement dans nombre de secteurs industriels. Elles ouvrent des horizons tout à fait nouveaux, notamment dans les secteurs de l'information et des communications. Leur mutation rapide donne lieu à des augmentations spectaculaires de performance, tant dans les procédés de fabrication que les produits.*

*Néanmoins les nouvelles technologies sèment de graves inquiétudes, surtout au niveau de la disparition d'emplois. Si on ne s'y adapte pas ou si on en fait une mauvaise gestion, elles risquent d'aggraver les problèmes de chômage. Le principal problème de nos jours est que le taux d'innovation sociale est beaucoup trop faible par rapport au taux d'innovation technologique. Aussi faut-il de nouveaux mécanismes et de nouvelles formes d'organisation sociale afin de mieux équilibrer l'offre et la demande technologiques et d'introduire les changements sociaux qui doivent aller de pair avec les changements technologiques et le développement économique.*

Le changement technologique est en voie de modifier profondément les structures industrielles et d'engendrer des mutations significatives dans la société. Dans cet essai d'analyse, nous tentons donc de caractériser les nouvelles technologies, d'en saisir le caractère systémique et d'anticiper leurs répercussions sur la société. Cette réflexion est d'autant plus opportune que, comme l'affirmait Paul Valéry, «*l'Avenir n'a pas l'habitude d'être ce qu'il était*». Autrement dit, il faut se préparer à l'avenir...

**M. Roger A. Blais**, est professeur titulaire au département de génie industriel de l'École Polytechnique de Montréal. Il y enseigne l'innovation industrielle et poursuit des recherches sur l'introduction de nouvelles technologies dans l'entreprise. Il a été directeur de la recherche à l'École Polytechnique de 1970 à 1980 et directeur fondateur du Centre d'Innovation Industrielle à Montréal de 1980 à 1984. Il dirige maintenant le Service de R-D coopératifs avec l'industrie à l'École Polytechnique.

### Un regard sur les changements passés

De tout temps l'effet de la technologie a été d'accroître la productivité dans des secteurs spécifiques. Grâce à l'expansion de l'économie, la main-d'œuvre ainsi relâchée a pu être absorbée par d'autres secteurs.

Ce fut d'abord le cas pour l'agriculture et les autres industries primaires. Grâce à la mécanisation, un important surplus de main-d'œuvre en est résulté. Ces travailleurs excédentaires ont migré vers les villes et ont été absorbés par un secteur manufacturier alors en pleine expansion. Par la suite, les industries de fabrication ont dû hausser leur productivité, grâce à l'automatisation. Leurs travailleurs excédentaires sont alors passés au secteur des services, lequel a grossi énormément en ces trois dernières décennies. Ce secteur occupe maintenant plus des deux-tiers de l'économie. Fait à signaler, plus de 80% des employés dans ce secteur s'occupent de l'information sous une forme ou une autre.

Maintenant avec l'informatisation, le secteur des services lui-même risque de perdre beaucoup d'emplois (5). De plus, les progrès spectaculaires de l'informatique, de la télématique et de la bureautique transforment profondément la nature des emplois existants.

Les nouvelles technologies ont ceci de particulier qu'elles peuvent faciliter les tâches de l'homme en améliorant ses conditions de travail (ex : robotique de soudage), en multipliant son efficacité (ex : informatique), en élargissant son potentiel (ex : intelligence artificielle) et en mettant à la nature à son service (ex : biotechnologie). C'est pourquoi les technologies les plus commercialement prometteuses sont celles du microprocesseur, de l'interface homme-machine, du génie génétique et des insecticides microbiens (3).

### Une nouvelle révolution industrielle

La première révolution industrielle, due à la machine à vapeur, eut lieu entre 1780 et 1840. Elle prit naissance en Grande-Bretagne et changea radicalement les industries du textile, des mines, de la fabrication et du transport. La seconde, due à l'électricité, se pro-

duisit entre 1860 et 1910. Elle se manifesta surtout aux États-Unis en Allemagne et en Grande-Bretagne. Elle se traduisit par une énorme augmentation dans la production d'acier et de produits chimiques, ainsi que dans l'électrification des villes et l'expansion des chemins de fer, du téléphone et du télégraphe. Elle donna naissance aux automobiles, aux avions, à la radio, aux matières plastiques et à de nombreux instruments scientifiques.

La troisième révolution industrielle commença dans les années 40 avec la découverte de la fission nucléaire. Alimentée par de vastes programmes de recherche-développement (R-D), elle permit l'exploration des extrêmes, de l'atome jusqu'aux espaces interstellaires. Elle donna naissance aux missiles, aux avions supersoniques, au radar, à l'astronomie moderne, à la bombe nucléaire. À l'autre extrémité du spectre, elle révéla la structure de la molécule DNA et des protéines, engendra la micro-électronique et les ordinateurs et permit la diffusion universelle des matériaux synthétiques, de la télévision, des télécommunications, ainsi que de l'aviation civile et des automobiles. Cette révolution est loin d'être terminée.

Ces révolutions engendrèrent autant de périodes de grande prospérité. L'histoire économique nous enseigne également que les périodes de crise entre ces vagues de prospérité ont été de puissants catalyseurs à l'activité d'invention (6). Un cycle moyen d'environ 55 ans semble marquer les périodes de grande effervescence technologique (figure 1) résultant de ces inventions majeures (8). Or si l'histoire se répète, le début des années 90 devrait marquer l'apogée d'une quatrième vague de percées technologiques (7) et, dès lors, augurer une solide reprise économique (2).

### La dynamique des nouvelles technologies

Les changements technologiques en cours et ceux qui s'annoncent sont profonds et irréversibles. Il se ramifient partout et se font sentir dans toutes les sphères de l'activité humaine. Ils sont à la fois facteurs de progrès et causes de déséquilibres sociaux. Leur dynamisme n'a pas de précédent dans l'histoire économique.

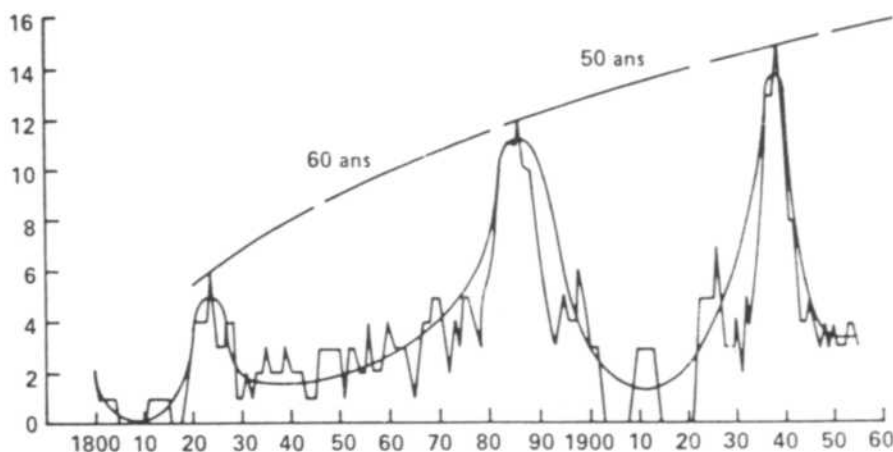


Figure 1 Répartition chronologique de 112 percées technologiques entre 1800 et 1955. Source : Gehrard MENSCH.

1. **Le post-industrialisme** le secteur des services absorbe plus de main-d'œuvre que celui de la production manufacturière. Les industries qui se développent le plus rapidement requièrent une forte intensité de connaissances plutôt que de gros investissements en capital.

2. **Baisse draconienne des coûts**: le coût intrinsèque de la technologie a baissé de façon dramatique par rapport au coût de la main-d'œuvre. Par exemple, en dépit de l'inflation et du coût plus élevé de l'énergie et des matières premières, le prix de la microtechnologie par unité de performance est 100 000 fois moins cher qu'en 1960. La miniaturisation et l'automatisation ont brisé la relation historique entre le coût de la main-d'œuvre et le coût de la technologie. Le progrès technologique permet une croissance exponentielle des outputs avec très peu d'ajout de main-d'œuvre. Pour la première fois dans l'histoire, l'industrie peut maximiser en même temps deux avantages — des outputs élevés et des inputs faibles — ce qui entraîne une réduction de la main-d'œuvre dans les procédés de fabrication à grand volume. Par exemple, si l'industrie du transport avait progressé aussi rapidement que la microélectronique en ces vingt dernières années, un billet d'avion Montréal-Vancouver ne coûterait que 2,50 \$ et une automobile ordinaire pourrait parcourir 4 250 km au litre !

3. **Augmentation de la capacité et de la fiabilité**: les nouvelles technologies ont beaucoup plus de portée, de capacité et de fiabilité que celles qui les ont précédées.

La capacité des puces électroniques a augmenté de 100.000 fois durant la dernière décennie. *IBM, le géant mondial de l'informatique, vient de mettre au point une puce expérimentale qui est non seulement dotée d'une mémoire d'un million de caractères mais qui opère à une vitesse de 80 nanosecondes ( $10^{-9}$  sec.).* Les microprocesseurs sont programmables et servent aussi bien au soudage du métal qu'au découpage du linge, à l'analyse des électrocardiogrammes, à l'enregistrement des appels téléphoniques, au traitement de texte ou à la confection d'un syllabus. Un micro-ordinateur portatif est 40 fois plus puissant que le premier ordinateur ENIAC, tout en étant 10 000 fois moins cher, 17 000 fois plus léger, 1 500 fois plus petit et consommant 2 800 fois moins d'énergie tout en ne dégageant que très peu de chaleur. Les robots industriels peuvent travailler 24 heures par jour, sept jours par semaine, dans des conditions très difficiles, sans pauses-café ou congés, et toujours sans récriminations. Il est moins coûteux de remplacer leurs modules que de les réparer.

4. **Vitesse d'opération**: les transactions sur ordinateur se mesurent maintenant en picosecondes ( $10^{-12}$  sec.). Les systèmes de mémoire au laser peuvent stocker tous les mots de 4 000 séries de 30 volumes complets de l'encyclopédie Britannica et retrouver n'importe lequel de ces mots en 8,6 secondes. Les fibres optiques permettent d'acheminer en un deux-centième de seconde l'équivalent de toute une encyclopédie Britannica dans un fil de la grosseur d'un cheveu. On peut transmettre, en

une fraction de seconde, une lettre dans n'importe quelle partie du globe. La photocomposition électronique d'une grande feuille de journal se fait en 15 secondes alors qu'à la main ce travail exigeait 22 heures. La vitesse des avions de chasse a augmenté à un tel point qu'elle a atteint sa limite : ne pas aller trop vite afin de pouvoir reconnaître et atteindre la cible ennemie.

5. **Taux de diffusion**: la vitesse de développement, d'adoption et de dissémination des nouvelles technologies conçues dans les années 60 est sans précédent. Par exemple, les calculateurs électroniques ont envahi 90 pour cent du marché en huit années seulement alors que le remplacement du caoutchouc naturel par le caoutchouc synthétique dura près de 60 années. Alors que 63 années s'écoulèrent entre l'adoption en Grande-Bretagne du moulin à coton actionné par la machine à vapeur et son introduction aux États-Unis en 1847, le transfert d'une nouvelle technologie puissante d'un pays à un autre se fait maintenant en quelques années seulement. C'est ainsi que les nouvelles nations industrielles comme la Corée du Sud, Taiwan, Singapour et même le Mexique ou le Brésil peuvent rapidement acquérir des technologies toutes nouvelles. À cause de leur main-d'œuvre abondante et à bon marché, elles deviennent des concurrents formidables. De façon générale, on peut affirmer que *chaque génération de technologie (mesurée en années, non en décennies comme dans le passé) est moins chère et plus performante que la précédente.*

6. **Transitions et substitutions**: beaucoup de machines mécaniques ou électromécaniques (p. ex. caisses enregistreuses, montres, standards téléphoniques) ont été remplacées par des systèmes électroniques dont la fabrication exige beaucoup moins de main-d'œuvre. Grâce aux progrès de la biotechnologie, le jour n'est pas loin où des micro-organismes abattront des quantités énormes de travail, et à très peu de frais. On assiste également à d'importants phénomènes de substitution, par exemple, le remplacement de métaux par des matières plastiques dont la production requiert moins d'énergie et de main-d'œuvre. Le jour où l'on pourra fabriquer des alliages,

ou mieux encore, des matières plastiques supra-conductrices à la température ambiante, le cuivre finira de perdre pratiquement toute sa valeur actuelle.

**7. Effet de cascade :** les effets combinés du progrès dans la micro-électronique, la biotechnologie et l'intelligence artificielle vont sans doute entraîner une vague d'innovations dont l'ampleur dépassera toutes les révolutions industrielles précédentes. Nous entrons dans une ère de l'asymptote où les connaissances augmentent de façon exponentielle. Au même titre que l'électricité a alimenté la deuxième révolution industrielle, les micro-technologies sont en voie de créer de nouveaux horizons, non seulement pour l'industrie mais la société tout entière. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, des champs de connaissances tout à fait contrastés se recoupent, s'entrecroisent et s'additionnent pour créer une synergie porteuse de grandes transformations. Par exemple, la microélectronique alimente les micro-processeurs. Ceux-ci font progresser la science. Et la science aide à créer une nouvelle génération de microprocesseurs. Le même effet de cascade se produit en biotechnologie à l'interface avec l'électronique : la combinaison de la chimie quantique et du graphisme sur ordinateur permet la conception de nouvelles molécules, ex. les enzymes synthétiques (*synzymes*), au même titre que la puissance des ordinateurs a ouvert la voie au génie génétique. Il en est de même de l'interface homme/machine avec les ordinateurs de 5<sup>e</sup> génération : déjà il existe des machines qui peuvent identifier plusieurs centaines d'idéogrammes japonais ou chinois, même ceux écrits à la main, ainsi que la voix humaine sous forme de syllabes ou du vocabulaire d'un individu. Le jour n'est pas loin où on pourra poser toutes sortes de questions à un ordinateur ou lui donner des commandes verbales, et recevoir une réponse par voix synthétique. Dans les années 50 et 60 les ordinateurs servaient à traiter des données numériques. Depuis les années 70 ils servent à traiter l'information sous toutes ses formes. D'ici la fin du siècle, ils deviendront de plus en plus *intelligents* et permettront de traiter les connaissances

elles-mêmes. Ils distingueront la signification des mots, supputeront des hypothèses, appliqueront les règles de la logique, analyseront des faits complexes et seront capables dans une certaine mesure d'apprendre par eux-mêmes. Jamais auparavant les machines pouvaient faire preuve de jugement et d'intuition. Aucune machine à vapeur ne pouvait jouer aux échecs, aucune règle à calcul ne pouvait converser.

**8. Caractère systémique :** selon Amesse et al.(1), les nouvelles technologies s'affirment par leur caractère systémique, c'est-à-dire qu'elles fournissent de nombreux croisements avec divers domaines, ce qui amène la mutation de toute la structure industrielle. Cette mutation affecte non seulement les producteurs mais aussi les distributeurs et les utilisateurs de ces biens et services.

**9. Matières stratégiques :** les nouvelles technologies peuvent faire perdre à certaines matières leur caractère stratégique ou conférer à des matériaux déjà connus un caractère stratégique tout à fait nouveau. Par exemple, les carburants synthétiques que les Allemands ont mis au point durant la dernière guerre mondiale ont permis d'obvier aux pénuries de pétrole. La même mutation a conduit au développement de l'énergie électronucléaire — et plus récemment à l'étude des énergies *douces* et renouvelables — pour diminuer l'impact des chantages pétroliers. Autre exemple : le silicium, qui est l'élément le plus abondant dans la croûte terrestre, est devenu une matière stratégique pour l'industrie de la microélectronique. À l'état ultra-pur et mono-cristallin, il exige des techniques de fabrication très élaborées et commande un prix 60 fois supérieur à celui du silicium, métal de qualité métallurgique.

**10. Puissance de destruction :** pour la première fois dans l'histoire, l'homme possède la capacité technique de tout détruire sur la planète. Le même déterminisme technologique qui a donné naissance à l'uranium, le plutonium et la bombe à neutrons est celui qui préside aux négociations entre super-puissances. La guerre de l'espace et la conquête du fond des océans suivent la même problématique.

**11. Nouvelle répartition du tra-**

**vail :** lorsqu'au début du siècle les voitures à traction animale furent remplacées par les automobiles, beaucoup d'ouvriers furent déplacés mais l'emploi dans ce secteur a augmenté radicalement. Au siècle dernier, plus de 75 pour cent des emplois se trouvaient dans l'agriculture. Aujourd'hui, il n'en reste plus que 5 pour cent. Mais ceux-ci produisent plus de nourriture que ce que toute la population peut consommer et les fermiers sont dix fois plus riches. Par contre, même si les travailleurs de l'acier sont dix fois plus productifs, ils n'en sont pas pour autant dix fois plus riches. C'est que, dans ce cas, *la main-d'œuvre et le capital sont divorcés*. Il n'est donc pas étonnant que dans des cas semblables les ouvriers s'opposent souvent aux changements technologiques. Une nouvelle répartition internationale du travail résulte de ces changements. Lorsque le Japon et la Corée du Sud ont su capitaliser sur les cristaux liquides et la micro-électronique dans la fabrication des montres et des horloges, la Suisse et l'Allemagne de l'Ouest ont perdu une très grande part de ce marché lucratif et ont écopé d'une lourde perte d'emplois. Leurs artisans ont été déplacés et ce sont les Japonais et les Coréens qui ont gagné. Autrement dit, la perte d'emplois dans une industrie nationale n'est pas toujours compensée par la croissance d'emplois *complémentaires* comme ce fut le cas pour l'industrie des véhicules aux États-Unis au début du siècle.

En résumé, les nouvelles technologies maîtresses offrent un ensemble d'avantages inégalés : augmentation de la productivité, économie de matières premières, d'énergie et d'espace, ratio bénéfices/coûts élevés, facilité d'entretien, diminution de l'effort physique et du stress mental, apprentissage peu compliqué, effets de synergie entre elles, répercussion sur de nombreux secteurs, facilité d'adoption par de nombreux pays(3). Par contre elles requièrent beaucoup moins de main-d'œuvre que les technologies précédentes, créant ainsi un chômage qui ne peut se résorber que par les nouvelles activités économiques qu'elles engendrent. De plus, elles nécessitent le recyclage de la main-d'œuvre et exigent de forts investissements en R-D.

### Les répercussions des nouvelles technologies

La technologie moderne se présente sous de multiples facettes :

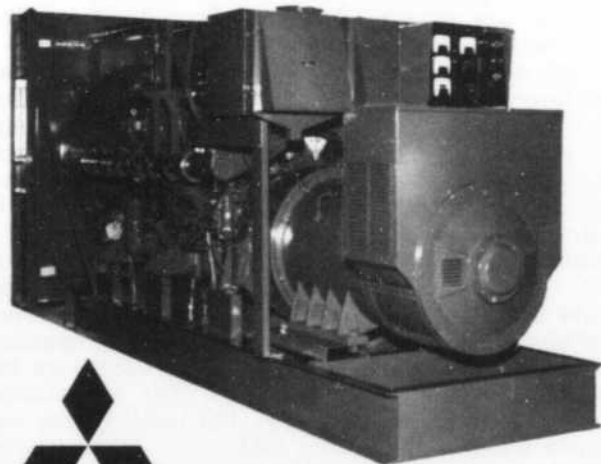
Elle ressemble à une série de marées envahissantes, chacune plus haute que la précédente. Son flot n'est pas continu. Elle nous est venue soudainement, sans avertissement. Nous étions mal préparés et nous devons maintenant nous y adapter rapidement, sinon nous risquons de perdre nos précieux acquis. Mais il faudra parvenir à civiliser son développement. Elle ouvre de nouveaux horizons et laisse présager de nouveaux modes de vie. Elle offre des possibilités très grandes que d'aucuns jugent parfois inquiétantes. Tout dépendra de ce que nous en ferons.

Le taux du changement technologique s'accélère. Le nombre des innovations commercialisées va en augmentant alors que le

temps requis pour leur mise en place diminue. Une technologie qui a atteint un stade de maturité finit par s'épuiser. Elle est alors remplacée par une autre technologie plus puissante. Trop souvent cette transition n'est pas harmonieuse et se fait sans préparation adéquate. Des industries entières sont rayées de la carte et d'autres surgissent. Ce développement anarchique impose des contraintes sévères aux gens ordinaires. La technologie est devenue un élément-clé de la stratégie des entreprises dynamiques. Afin de demeurer concurrentielles beaucoup de ces entreprises consacrent plus de 5 % de leur chiffre de ventes à la recherche-développement. Les entreprises qui réussissent le mieux à créer des emplois sont de petite taille et à caractère entrepreneurial. Les plus prolifiques sont celles qui tirent avantage des nouvelles technologies d'une façon ou d'une autre.

La technologie moderne est devenue un instrument politique. Étant une denrée commerciale qui se transige activement de par le monde, l'État s'y intéresse de plus en plus (4). Plusieurs gouvernements exigent des transferts de technologie en retour de la vente de leurs ressources naturelles. Dans la majorité des pays industriels, les gouvernements tentent par toutes sortes de moyens de promouvoir l'innovation technologique. La miniaturisation, effet de la micro-électronique, rompt avec toute tradition industrielle. Elle permet une croissance exponentielle des outputs avec des investissements relativement faibles en capital, énergie et main-d'œuvre. Grâce à la technologie moderne, d'ores et déjà nous vivons dans une *société de l'information*. Malheureusement, l'écart s'agrandit entre ceux qui possèdent beaucoup d'information et ceux qui en ont très peu (5). Un haut niveau

## J.A. FAGUY & FILS LTEE. OFFRE DES GROUPES ELECTROGENES DE 12 A 1285 KW ENTRAINES PAR MOTEURS DIESELS MITSUBISHI.



### AUSSI, MOTEURS INDUSTRIELS DE 6 A 3300 HP

 /   
L'EQUIPE A LA HAUTEUR  
DE VOS PROJETS

J. A. FAGUY & FILS LTEE, 750 Montée de Liesse, St-Laurent, Qc. H4T 1P3 Tél: (514) 341-3610 Téléc: 05-824852  
J. A. FAGUY & FILS LTEE, 2915 Kepler, Québec, Qc. G1X 3V4 Tél.: (418) 653-6411 Téléc: 051-31630  
J. A. FAGUY & FILS LTEE, 817 Fédéral, Sherbrooke, Qc. J1H 5A5 Tél.: (819) 563-0737  
J. A. FAGUY & SONS LTD, 2264 Stevenage Dr., Ottawa, Ontario K1G 3W3 Tel.: (613) 738-0540 Telex: 053-3611

068

d'éducation devient le billet d'entrée à des emplois satisfaisants. Les *drop-outs* encourent de sévères pénalités économiques et sociales. Les enjeux technologiques deviennent si complexes que les politiciens éprouvent de sérieuses difficultés à en comprendre le *pourquoi* et le *comment*. Pourtant, le pouvoir va à ceux qui peuvent contrôler la technologie. Il échappe à un électorat mal informé. Le processus politique lui-même commence à s'effriter lorsque la prise de décision en matière de nouvelles technologies devient l'apanage de l'appareil bureaucratique (5).

### Conclusion

La croissance économique a dominé nos vies depuis si longtemps que nous la considérons comme un droit acquis. Maintenant, sous l'impulsion des nouvelles technologies, l'échiquier économique est considérablement modifié et rendu plus complexe et les jeux sont incertains.

Pourtant nous ne manquons pas de moyens pour affronter les crises. Nous disposons d'une pléthore d'innovations technologiques puissantes mais ce n'est pas suffisant. Il faut que le taux d'innovation sociale soit nettement augmenté afin de résoudre l'angoissante dualité entre la création de nouvelles richesses d'une part, et la création de nouveaux emplois, d'autre part (4).

Aussi, pour conclure, est-il opportun de citer reich (9): « *Les managers économiques des États-Unis et de Grande-Bretagne en sont venus à mesurer la santé de leur économie nationale respective en des termes abstraits de taux d'inflation, d'intérêts, de chômage, de balance des paiements d'investissement et de productivité. Ils perçoivent le monde comme des banquiers et des commerçants; leurs yeux rivés sur l'abstraction, et ainsi enclins à sacrifier le réel au symbolique et le futur au présent. Ils ignorent l'importance des changements structurels et de l'adaptabilité dans*

*l'établissement d'une saine économie, de même que le rôle central des choix politiques et des compromis dans l'atteinte des objectifs d'une société.* »

### REFERENCES

1. AMESSE, F., LAMY, P., LANOIE, P. et LAMY, N. *L'univers des nouvelles technologies: Une bibliographie sélective précédée d'un essai de définition*. Cahier du CETAI, n° 84-08, École des H.E.C., Montréal, 1984.
2. BLAIS, R.A. et DUBUC, J.H., *L'invention*. Revue L'ingénieur, vol. 71, n° 1, 1985, pp. 3-8.
3. BATTTELLE MEMORIAL INSTITUTE, *Key Technologies in the 1980's*. Battelle scenario inputs to corporate strategy, 1982.
4. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, *The Fast Programme (Forecasting and Assessment of Science and Technology)*. Vol. 1, Results and recommendations; vol. 2, Summaries of the 36 research projects, Brussels, 1982.
5. JONES, B., *Sleepers, Wake! Technology & the future of work*. Oxford University Press, 1982.
6. KONDRATIEF, N.D., *The Long Waves in Economic Life*. American Economic Association, Readings in Business Cycle Theory, 1950.
7. LOW, W., *Discoveries, Innovations, and Business Cycles*. Technology Forecasting and Social Change, vol. 26, n° 4, 1984, pp. 355-373.
8. MENSCH, G., *Das technologische Patt*. Umschau Verlag, Frankfurt/Main, 1975.
9. REICH, R.B., *The Next American Frontier*. Times Books, 1983, p. 271.

## La Raptière

RESTAURANT FRANÇAIS  
spécialités pyrénéennes

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

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

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

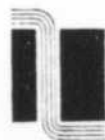
- CONTRÔLE DES MATÉRIAUX
- ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
- ANALYSES CHIMIQUES

Tél.: 336-5650



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

fondée en 1928



mon-ter-val inc.

société d'expertises

Géotechnique  
Géologie  
Mécanique des Roches  
Contrôle des matériaux  
Hydrogéologie

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

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



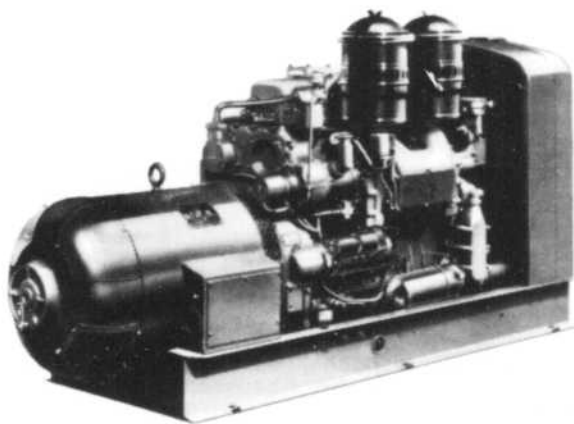
Lalonde  
Girouard  
Letendre  
& Associés Ltée

1400 rue Sauvé O., suite 214  
Montréal, Québec  
Canada H4N 1C5  
Tél: (514) 337-1030  
Télex 05-825571

Ingénierie,  
études techniques  
et gérance de projets

**NISSAN**

DISTRIBUTEUR EXCLUSIF  
DETROIT DIESEL ALLISON  
et NISSAN  
POUR LA PROVINCE  
DE QUÉBEC

**MARLIN**  
Detroit Diesel inc.

### De .6 Kw à 1400 Kw

Pour hôpitaux, hôtels, complexes, restaurants ou condominiums, nous avons la génératrice qui vous convient.

En service primaire ou en service d'urgence, nos machines sont très fiables et conçues selon la technologie d'aujourd'hui.

Nos groupes électrogènes sont certifiés par l'Association Canadienne de Normalisation.

Dorval Qué.  
10 955 Côte de Liesse  
H9P 1A7  
Tél. (514) 636-0680

**Notre spécialité**  
**Le service après vente**

Ste-Foy Qué.  
2997 rue Watt  
G1X 3W1  
Tél. (418) 651-5371

## GÉNIE — TECHNIQUE — PRODUCTION

### DIRECTEUR D'USINE

Notre client recherche une personne possédant une formation universitaire en génie ainsi que 15 années d'expérience dont 5 années à des postes de supervision de personnel technique et de gérance de budgets. Le candidat idéal aura œuvré dans l'industrie de la transformation métallique. De plus, il aura une bonne connaissance des ateliers mécaniques, de l'outillage, des gabarits, de l'étrépage, de l'estampage, du montage sous pression, etc. Bilinguisme essentiel. Poste à Montréal.

### DIRECTEUR GÉNIE INDUSTRIEL - MEUBLE -

Un manufacturier de renom dans le domaine du meuble recherche présentement les services d'un directeur de département du génie industriel. Le candidat idéal aura à son actif 10 années d'expérience dans l'industrie de la fabrication de meubles en bois naturel, bois aggloméré et métal en feuille. Il n'est pas nécessaire de posséder une formation universitaire; l'expérience peut compenser. Le bilinguisme (français, anglais) est cependant essentiel. Vos responsabilités comprendront tout aménagement

pour les utilités et facilités de production. Vous vous rapporterez indirectement au directeur d'usine et directement au directeur corporatif des aménagements, équipements et procédés. Le poste est à Montréal.

### INGÉNIEUR DE PROJETS

Nous recherchons des ingénieurs mécaniques ou chimiques possédant 3 à 5 années d'expérience en tant que chargé de projets. Les candidats devront être des « leaders » dynamiques, entreprenants et orientés vers les résultats. De plus, ils auront œuvré dans le domaine soit des procédés chimiques ou pétrochimiques soit des pâtes et papier. Il est essentiel d'être bilingue.

### INGÉNIEUR MÉCANIQUE

Nous recherchons des jeunes ingénieurs mécaniques possédant de 1 à 3 années d'expérience de projets ou de fabrication d'équipements pour l'industrie des pâtes et papier. Une orientation vers la thermodynamique, échangeur de chaleur, séchoir et autres équipements de ce type serait un atout. Bilinguisme souhaitable. Poste à Montréal.

*Pour une entrevue confidentielle, contactez: Yvan Lachance.*

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

CONSEILLERS  
EN RESSOURCES  
HUMAINES

BUREAUX À MONTRÉAL ET TORONTO

**(514) 288-7400**

Une première expérience au Québec du nouveau système G.P.S.

## Mesures terrestres de précision par l'intermédiaire de satellites

Richard Moreau, ing.

*Le Global Positioning System (GPS) est un système spatial fondé sur l'exploitation des nouveaux satellites de navigation NAVSTAR. GPS ne sera complet que vers 1987/88, étant actuellement en phase expérimentale avec une fraction seulement de son futur potentiel. Le présent article décrit une expérience et des études visant à démontrer les possibilités de GPS à des fins géodésiques (et autres) sous les conditions particulières au milieu québécois. On y conclut qu'effectivement, l'observation des signaux GPS au moyen d'instruments MACROMETER, constitue une concurrence sérieuse à la plupart des moyens traditionnels en ce qui concerne la précision des déterminations de distances, d'orientations et de dénivelées. Enfin, des exemples d'applications rentables immédiates et futures sont suggérés dans le domaine de l'ingénierie ou de la géodynamique.*

### Introduction

Le Global Positioning System (GPS) est le plus récent moyen de détermination de coordonnées géodésiques par l'observation de signaux hertziens provenant de satellites artificiels. En l'occurrence ces satellites sont nommés NAVSTAR et leur mise en place est assurée par les forces armées des États-Unis; l'objectif principal de l'éventuelle constellation de 18 «NAVSTAR» est de fournir un moyen précis de navigation en n'importe quel endroit du globe terrestre, 24 heures par jour et sous toutes conditions météorologiques. Il est prévu que cet objectif sera atteint vers 1987/88; en ce moment, par contre, six satellites seulement sont en place aux fins du «rodage» du système et des équipements d'observation des signaux. Malgré cet état expérimental, le système GPS permet

déjà d'obtenir des résultats intéressants en vue d'applications géodésiques (1, 2, 3, 4, 5).

Bien que très encourageants, les résultats initiaux de 1983 ne répondaient pas à toutes les questions que l'on pouvait se poser vis-à-vis l'exploitation de GPS dans le contexte québécois. Par exemple, une application éventuelle ici pourrait être l'établissement de points complémentaires en milieu municipal, mais aucun organisme n'avait, à l'été 1983, testé le bon fonctionnement de GPS dans un tel milieu où l'on trouve de nombreux plans réfléchissants (rues, murs, toits) qui occasionnent des trajectoires multiples du signal satellite/récepteur, et risquent de nuire à la précision. Aussi, aucun des tests n'avait jusque-là été conduit sous les conditions très froides que l'on rencontre au Québec.

Pour ces raisons, une recherche particulière a été planifiée à l'automne 1983 et l'exécution des mesures GPS sur 16 points dans la ville de Ste-Foy fut conduite à la fin de janvier 1984 (6). Les comparaisons entre les valeurs GPS obtenues et celles provenant des mesures géodésiques traditionnelles sur les mêmes points ont été complétées en octobre 1984.

### Les mesures GPS

Le test avait été conçu de telle sorte que l'on puisse, au delà des conditions sus-mentionnées (trajectoires multiples, hiver québécois), vérifier à la fois la cohérence des résultats GPS entre eux et leur cohérence par rapport aux valeurs géodésiques traditionnelles des mêmes points. Deux objectifs techniques principaux avaient été fixés: premièrement s'assurer si GPS rencontrerait le critère minimal de précision pour la géodésie urbaine (écart-type maximal tolérable:  $+ 2 \text{ cm par rapport aux points de base, ceux-ci étant considérés «parfaits» et «fixes»$ ); deuxièmement, tenter de déterminer la précision ultime de GPS dans ce contexte de points rapprochés (espacements variant entre 200 et 2 000 mètres). Respectivement, treize points du réseau urbain de Sainte-Foy et trois points sur le campus de l'Universi-

té Laval ont servi à rencontrer ces deux objectifs. Enfin, il était également espéré que ces recherches puissent indiquer la rentabilité immédiate de la méthode GPS pour certaines applications (même avec le système incomplet de 6 NAVSTAR) et fournir des indices pour une estimation de la rentabilité future (avec la constellation complète de 18 NAVSTAR).

Il existe plusieurs techniques d'exploitation des signaux hertziens émis par les satellites NAVSTAR. Des descriptions très détaillées de ces techniques sont contenues dans (7). Pour les besoins de la présente, il suffit de mentionner que la technique choisie pour les tests de Sainte-Foy a été celle de la mesure simultanée de la phase de l'onde reçue. Cette mesure a été effectuée au moyen de trois récepteurs MACROMETER lesquels enregistrent sur petites cassettes les données relatives à la variation dans le temps de la phase des ondes reçues en provenance des NAVSTAR. (L'invention de cet instrument est due au Dr C.C. Counselman, du MIT, et fondateur de la firme Macrometrics de Boston).

Dans le réseau de Sainte-Foy, l'un des récepteurs était maintenu sur un point dit «de base» pendant toute une période d'observation (environ 5 heures par jour); les deux autres récepteurs étant déplacés à mi-temps de cette période, l'on obtenait 4 déterminations de différences de coordonnées par jour. Les 4 premiers jours d'observation ont ainsi procuré 16 déterminations. Sur les trois points de l'Université Laval, les mesures simultanées ont été obtenues le 5<sup>ème</sup> et dernier jour du test pendant la totalité de la période de «visibilité» des satellites.

La «traduction» des variations de phase observées en différence de coordonnées géodésiques, a par la suite été obtenue au moyen des programmes INTRFT et LSQ développés par la firme Macrometrics.

La conduite des travaux GPS a été confiée à la société Michel Perron et associés, laquelle fit appel à GEOHYDRO du Maryland pour les mesures et calculs comme tels. Le tout s'est déroulé sans difficulté particulière et dans les délais prévus. Les résultats sont contenus dans le rapport de la société (8).

M. Richard Moreau est ingénieur, responsable des activités de recherche en sciences géodésiques au Ministère de l'Énergie et des Ressources (Québec).

## Les comparaisons et analyses

### Cohérence interne (GPS)

Avant même de connaître les valeurs géodésiques traditionnelles des points concernés, il était possible d'examiner la cohérence des valeurs GPS entre elles. À l'étude de 6 cheminements de 2 lignes (réseau Sainte-Foy) convergeant sur les deux mêmes points, il fut noté que les résultats s'accordaient entre eux avec des écarts-type de 5.1, 3.8 et 7.5mm en latitude, longitude et altitude respectivement. Pour obtenir l'estimation de l'écart-type d'une ligne (i.e. d'une différence de coordonnées GPS) ces valeurs doivent être divisées par  $\sqrt{2}$ . Ainsi les résultats indiquaient une cohérence interne au niveau écart-type de 3.6, 2.7 et 5.3mm sur des lignes d'environ un kilomètre, en latitude, longitude et altitude respectivement. Le détail de cette évaluation est contenu dans le test du macrometer (9).

### Comparaison GPS / Géodésie traditionnelle (GT)

Les résultats GPS sont fondés sur la connaissance des variations de phase observées et sur celle des orbites (éphémérides) des NAVSTAR. Celles-ci sont prédéterminées par des organismes centraux aux États-Unis dans un cadre de référence géocentrique. La première partie du calcul GPS fournit donc des  $\phi$ ,  $\lambda$  et  $H$  relatifs à un ellipsoïde géocentrique; la deuxième partie traduit ces valeurs et leur équivalent dans le système CGQ76 adopté par le Québec et axé sur le même ellipsoïde non-géocentrique (Clarke 1866) qu'utilise l'Amérique du nord depuis 1927. D'autres transformations sont également requises avant de procéder à la comparaison rigoureuse finale entre GPS et GT en planimétrie: il faut tenir compte des différences d'orientation possibles entre le système spatial et le cadre géodésique terrestre, et aussi de distorsions résiduelles pouvant entacher les valeurs «GT». En altimétrie, les valeurs GPS sont exprimées par rapport à l'ellipsoïde et celles de GT, par rapport au géoïde: là aussi une transformation particulière est requise avant comparaison. Essentiellement, le réseau GPS et le réseau GT doi-

Description	Écarts-type en millimètres		
1. Réseau de Sainte-Foy: 16 lignes; longueurs de 200 à 2000 mètres; temps de mesure — ½ période.	$\Delta\phi$ 4.6	$\Delta\lambda$ 3.4	$\Delta h$ 4.5
2. Points à l'Université Laval: 2 lignes; longueurs 200 et 600 mètres; temps de mesure — une période complète.	3.5	3.5	3.0

Estimation de l'incertitude d'une différence de coordonnées (ligne) par GPS

vent être contraints de coïncider en au moins trois points communs, selon le même processus qu'en technique spatiale «doppler» (10).

Les valeurs finales «GT» utilisées comme base de comparaison découlent de travaux spéciaux dus à la collaboration du Département des Sciences géodésiques (Université Laval) et du Service de la géodésie du Québec (SGQ). Il avait été demandé à ces organismes d'exécuter et calculer les mesures «traditionnelles» avec le plus de minutie possible. À l'examen des résultats, il fut évident que ces efforts particuliers avaient porté fruit, car les variances obtenues étaient beaucoup moins fortes que celles que l'on rencontre habituellement lors des travaux de production courante. Les coordonnées «GT» issues de ces travaux spéciaux constituent ainsi une excellente base de comparaison; elles sont contenues dans les références (11) et (12). Le tableau suivant résume les comparaisons entre «GPS» et «GT» contenues dans le rapport (13). Pour en arriver à ces estimations de l'incertitude des seules valeurs GPS, l'on a soustrait quadratiquement de l'incertitude combinée GPS/GT, l'incertitude des coordonnées GT fournie par les compensations traditionnelles.

### Conclusion technique

Les résultats du premier test québécois de GPS indiquent que pour la détermination des lignes courtes requises en milieu urbain, cette technique nouvelle rencontre facilement les critères géodésiques actuels. En effet, les incertitudes notées pour GPS sont de l'ordre de 4 fois moins fortes que l'erreur tolérable ( $\sim 5\text{mm}$  vs  $20\text{mm}$ ). Il est noté aussi que les résultats découlant d'une pleine période d'observation (Université

Laval) ne sont que légèrement plus précis que ceux d'une demi-période (Sainte Foy). Malgré les conditions «hostiles» sous lesquelles s'est déroulé le test, une excellente précision a été obtenue au moyen du MACROMETER. L'on doit néanmoins bien tenir compte du fait que ces incertitudes inférieures à 5mm dans chacun des trois axes, s'appliquent aux différences de coordonnées et non aux coordonnées absolues (celles-ci, pour des raisons en grande partie étrangères au système GPS, sont beaucoup moins précises).

La présente recherche n'a pas abordé la compatibilité technique de GPS avec les critères de précision des ordres géodésiques dits «supérieurs», où l'espacement des points peut varier entre 5 et 50 kilomètres. Cependant une recherche bibliographique a permis de conclure, suite à l'examen des résultats obtenus par plusieurs organismes indépendants, que la mesure des variations de phase par MACROMETER permet couramment l'obtention d'une précision relative, pour de telles lignes, qui rencontre amplement les normes géodésiques nationales et provinciales existantes. La référence (14) donne une bonne synthèse des premières études à l'appui de cette affirmation.

### Recherches additionnelles

Depuis l'automne de 1983 il existe une collaboration entre le Ministère de l'Énergie et des Ressources et l'Université Laval en vue de l'optimisation du processus mathématique de traitement des mesures de variation de phase GPS. Un premier rapport a été remis (15) et la collaboration se poursuit sur une base élargie à la

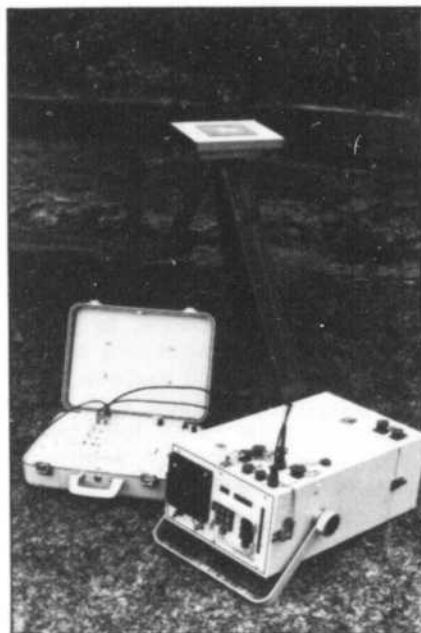
suite d'un projet quadripartite à l'été 1984. À ce moment, les données du test de Sainte-Foy ont pu être traitées au moyen d'une méthode indépendante développée conjointement par les Universités de Berne et du Nouveau-Brunswick. Les personnes concernées (l'auteur des présentes et les chercheurs des trois universités sus-mentionnées), prévoient de faire rapport sur ce projet quadripartite au printemps de 1985, lors d'un symposium parrainé par l'Union internationale de géodésie et de géophysique.

Enfin, un test similaire à celui décrit ci-haut est planifié pour février 1985, cette fois avec des récepteurs TI-4000. Il s'agira de vérifier si ce nouvel instrument offre des avantages significatifs du fait qu'il observe simultanément les deux fréquences émises par les NAVSTAR, alors que le MACROMETER n'en observe qu'une.

### Applications en ingénierie et autres disciplines

#### Précision moyenne — lignes de 5 km et plus

Il est acquis qu'en territoire éloigné et difficile certains projets relatifs aux sciences géodésiques peuvent déjà bénéficier (malgré l'état actuel incomplet de GPS), d'un avantage économique d'environ 40% en exploitant cette technique plutôt que les méthodes usuelles (voir (13), chap. 8). Cette possibilité d'épargne repose sur le fait que GPS ne requiert pas l'intervisibilité entre les points de base et ceux que l'on souhaite implanter, alors qu'avec les méthodes traditionnelles, dès qu'il y a manque d'intervisibilité directe, l'on doit intercaler des points intermédiaires, onéreux. Il se trouve, dans le domaine de l'ingénierie, de nombreux projets qui requièrent des points d'appui analogues à ceux des sciences géodésiques: études de centrales, de réservoirs et de canaux; études de couloirs énergétiques (lignes, pipe-lines); étude de routes. Plusieurs de ces projets (notamment ceux qui sont situés en territoire difficile et qui sont éloignés des réseaux géodésiques existants) pourraient dès maintenant faire un usage péninsulaire avantageux de GPS.



ÉQUIPEMENT «G.P.S.» Land Surveyor (1985) encombrement et poids réduit.

#### Grande précision — lignes de 2 km et moins

Les résultats de Sainte-Foy ayant démontré une précision de l'ordre de 4mm pour les lignes courtes, et cela même dans des conditions difficiles (réflexions, froid), la voie est ouverte pour certaines applications très exigeantes.

Déjà, l'on entrevoit à Hydro-Québec (Service Ouvrages de génie civil, Direction Appareillage), des possibilités d'applications pour la mesure des déformations et déplacements (dite auscultation) de certains ouvrages en remblai. En effet, il existe certains sites de barrage ou de digues où l'éloignement du terrain vraiment stable propice à l'implantation de points d'appui, et la nature du terrain intermédiaire entre les appuis et l'ouvrage, rendent très difficiles et onéreuses les méthodes usuelles d'auscultation. Dans ces cas, il est fort probable que GPS pourra rendre des services efficaces et rentables.

De façon semblable, il peut être envisagé d'utiliser GPS pour certaines mesures et études de la stabilité des sols et des mouvements et déformations de la croûte terrestre, dues à des causes naturelles (e.g. glissements, séismes) ou artificielles (e.g. activités minières).

### Références

1. LACHAPPELLE G., *GPS: trilatération par satellite*, revue Arpenteur-Géomètre, Québec, avril 1984.
2. BEUTLER, G., CHRZANOWSKI, A., FAIG, W., LANGLEY, R., McLAUGHLIN, J., VANICEK, P., WELLS, D., *Implications of new space techniques in land surveying*, congrès de l'Association canadienne des sciences géodésiques (ACSG), Québec, mai 1984.
3. GOAD, C., HOTHEN, L., REMONDI, B., *GPS satellite surveying — practical aspects*, source même que [2].
4. PETERSON, A., WELTER, J., *Crowsnest Pass, Alberta — 1983 control survey using the MACROMETER™*, American Congress on Surveying and Mapping (ACSM) Washington, mars 1984.
5. VALLIANT, H., *Canadian evaluation of the MACROMETER*, Dossier public de la Direction de la Physique du globe No. 84-4. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.
6. MOREAU, R., *Recherche en sciences géodésiques, partie A2*, Recherche territoriale, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, avril 1984.
7. PHYSICAL SCIENCE LABORATORY (Éditeur), *Proceedings of the third international geodetic symposium on satellite doppler positioning*, New Mexico State University, Las Cruces, février 1982.
8. PERRON, M., *Positionnement GPS à l'aide de l'équipement MACROMETER — Ville de Sainte-Foy*, bureau Michel Perron et associés, Ville St-Laurent, Québec, mars 1984.
9. MOREUX, R., *Test du MACROMETER, Sainte-Foy 1984 — cohérence des résultats GPS*, source: voir [6], juillet 1984.
10. MOREAU, R., *Integrated densification by doppler*, ACSM, San Francisco, septembre 1981.
11. CHAMPAGNE, M., *Compensations géodésiques spéciales d'une partie du réseau de Sainte-Foy*, Service de la géodésie du Québec, Sainte-Foy, été/automne 1984.
12. JOBIN, J., *Projet du MACROMETER — coordonnées des points*, Université Laval, Sainte-Foy, printemps 1984.
13. MOREAU, R., *Projet GPS 1983/84*, source: [6], octobre 1984.
14. COUNSELMAN, C., ET AL., *Geodetic accuracy of the MACROMETER model V-1000*, Assemblée générale de l'Union internationale de géodésie et de géophysique, Hambourg, août 1983.
15. LECLERC, J.G., *Étude préliminaire du récepteur MACROMETER*, Université Laval, Sainte-Foy, juin 1984.



«G.P.S.» nouveau système spatial pour le positionnement de précision.

# L'impact environnemental des travaux de génie en milieu agricole

Denis Ferland, ing.

*Les projets de génie, lorsqu'il s'agit de projets linéaires, perturbent toujours plus ou moins le milieu agricole. Le rôle de l'ingénieur agricole est de trouver des solutions de rechange lorsque le projet est déjà implanté, ou de réaliser des études d'impact et de recommander les solutions nécessaires au promoteur.*

*La connaissance poussée du milieu permet de mieux évaluer les impacts que des projets linéaires peuvent entraîner. Il est important de décrire le milieu agricole québécois, de traiter des différents projets linéaires tels: les lignes de transport d'électricité, les autoroutes, les chemins de fer, les câbles téléphoniques souterrains, les pipelines.*

*L'objet de cet article est de décrire plus en détails le rôle joué par l'ingénieur agricole dans les phases d'élaboration du tracé, de préparation de plans et devis et de construction d'un tel projet.*

## Le milieu

Pour l'œil non averti, le milieu agricole peut paraître comme de vastes étendues, plus ou moins définies, prêtes à accueillir n'importe quel projet. Certains écologistes prétendent même que le milieu peut absorber à peu près n'importe quel projet compte tenu qu'il s'agit déjà d'un milieu perturbé par rapport à un milieu naturel vierge. Même perturbé ce milieu est cependant très organisé. Le fonds de terre appartient à une infinité de propriétaires et la plupart des exploitations constituent une unité de production familiale faisant la fierté de toute la famille. La superficie moyenne est de 80 hectares subdivisée en petites unités (lots) compte tenu des

caprices du cadastre et de l'originelle petite dimension des fermes. Sur un projet linéaire, on doit s'attendre à toucher de 5 à 7 propriétaires par kilomètre.

Au Québec, l'activité principale est la production laitière. Cet aspect est important car contrairement à la production céréalière qui nécessite des interventions concentrées au printemps et à l'automne, la production laitière implique des activités au champ durant toute la saison de production, soit culture du maïs, des céréales, foin, pâturage. Au printemps, on débute avec les semis en avril-mai; viennent ensuite les récoltes de foin durant les mois de juin, juillet, août et octobre, les récoltes de grain en août, l'ensilage en septembre, suivies des labours, sans oublier les pâturages qui se poursuivent durant toute la saison; s'ajoutent enfin à ces activités d'autres activités connexes tels les traitements et fumures.

En plus de l'activité agricole intensive, le climat est un autre élément très important à considérer. La fonte des neiges, les précipitations abondantes et irrégulières constituent des éléments avec lesquels il faut composer. Pour réussir en agriculture, il faut avant tout mettre en place un bon système de gestion des eaux.

En terrain plat comme c'est le cas dans la plaine du Saint-Laurent, il faut aménager le sol en planches drainées par des fossés de renfente et des fossés de ligne d'une profondeur moyenne de 1 mètre, espacés de 30 à 50 mètres. Les fossés se drainent dans des cours d'eau plus importants, 2 à 3 mètres de profond, eux aussi fruits de l'intervention de l'homme. Pour pousser, les plantes ont besoin de soleil, d'éléments nutritifs et d'eau; cependant, cette dernière ressource ne doit jamais se retrouver en excès. C'est ainsi que le drainage de surface sera complété par un réseau de drainage souterrain servant à abaisser la nappe phréatique. Il s'agit de tuyaux de plastique de 100 mm de diamètre espacés de 12 à 15 m installés à 1,2 m de profondeur en moyenne et reliés à de plus gros tuyaux collecteurs avant de se jeter dans les cours d'eau. Tout ce système se doit donc d'être mis en place et bien entretenu (nettoyage régulier) afin d'assurer une bonne

régie de l'eau; c'est ainsi que contrairement à des régions semi-arides où les champs en culture peuvent atteindre de grandes dimensions, au Québec, la dimension des champs est très réduite, parce qu'ils sont bordés longitudinalement par les fossés ou les limites de propriété et transversalement par les cours d'eau ou autres obstacles (routes, autres propriétaires, champs en rotation). Compte tenu de l'intensification de la mécanisation, l'agriculteur a cependant tendance à agrandir les champs et à leur donner une forme appropriée en évitant le plus possible les terrains en pointe. En résumé, ce qu'il faut retenir, c'est que compte tenu du climat (précipitation et saison de végétation courte), de la dimension et de la vocation des fermes, l'activité agricole y est très intensive. Tout projet qui viendra perturber l'un ou l'autre de ces éléments créera un impact sur le milieu et sur ses habitants.

## Autoroute

Le premier impact de l'autoroute est d'aliéner la vocation même au sol; mis à part cette évidence, on peut ajouter que les projets d'autoroute de par leur nature, ne créent que des impacts à long terme et ce, surtout en fonction de leur localisation. En effet, étant donné leur restriction de non accès, l'autoroute viendra morceler les fermes en provoquant parfois des dimensions et des formes non souhaitables; accentuer les déplacements pour celui qui demeurera propriétaire de part et d'autre de l'autoroute; limiter le choix des rotations de culture, compte tenu des problèmes de transport; influencer le développement des fermes et nécessiter le réaménagement de certains réseaux de drainage souterrain.

C'est ainsi que pour tout projet d'autoroute, on devra réaliser des études de localisation visant à limiter les impacts. On devra ainsi favoriser son passage sur des sols à faible potentiel agricole, en limite de champ ou dans des boisés de faible qualité. L'ingénieur agricole devra plus particulièrement considérer les impacts au niveau du drainage afin de prévoir les infrastructures nécessaires.

M. Denis Ferland a obtenu un baccalauréat en génie rural à l'Université Laval en 1976. Après avoir travaillé deux ans à la Société du Crédit Agricole comme conseiller en crédit, il travaille depuis chez Urgel Delisle et Associés, ingénieurs consultants en agriculture. M. Ferland est membre de l'Ordre des Ingénieurs et de l'Ordre des Agronomes du Québec.

---

### **Chemin de fer**

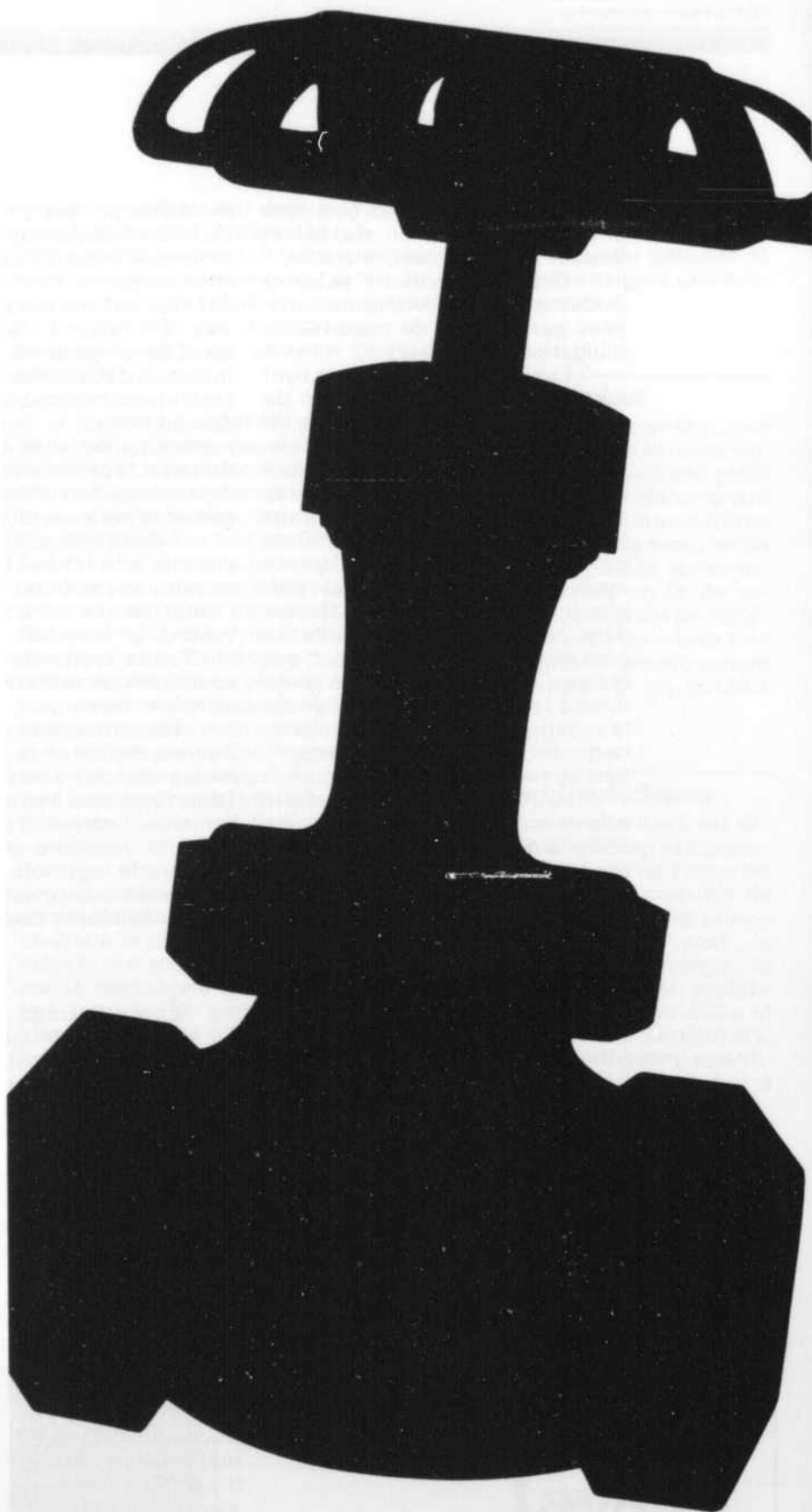
Les chemins de fer ont été construits à une époque où les promoteurs considéraient très peu le milieu agricole. À cette époque, les réseaux de drainage de surface étaient moins intenses et le drainage souterrain n'existait pas. Il en résulte aujourd'hui que la présence d'un chemin de fer entraîne : le morcellement des terres, des champs en pointe, des traverses à niveau souvent dangereuses, et des obstacles au drainage souterrain et de surface à cause des ponceaux trop peu profonds.

Le rôle de l'ingénieur agricole est donc de composer avec les éléments ; à l'occasion, il fera les études et présentera les arguments devant justifier l'abaissement d'un ponceau auprès des autorités du chemin de fer. En d'autres occasions, il prévoira plutôt une solution de rechange, surtout pour le drainage souterrain comme le passage d'un conduit sous la voie ferrée par la méthode des forages horizontaux ou la mise en place d'une station de pompage. Dans les cas de nouveaux projets, il participera aux études de tracés afin de le localiser aux endroits propices et élaborera des mesures de mitigation appropriées en vue de l'utilisation actuelle et future des terres.

---

### **Ligne de transport électrique**

Les lignes de distribution, règle générale, ne créent pas d'impact sur l'exploitation agricole puisqu'elles sont situées à la limite des champs et plus souvent qu'autrement, le long des routes. À la limite, on retrouve des poteaux isolés au milieu des champs, mais ces derniers ne constituent cependant pas un obstacle majeur. Il n'en est pas de même pour les lignes de transport créant des impacts à court terme durant leur mise en place et des impacts à long terme à cause de la présence des pylônes. Les impacts à court terme sont de différents ordres : perturbation des activités agricoles à cause des problèmes d'accès pendant la durée du chantier (traverses, clôtures), perte de récoltes, perturbation du sol due à l'emploi de grosses machineries utilisées peu importe la température et la



Profil  
de  
l'excellence.

**JENKINS**

Le spécialiste en robinets



Jenkins, Canada Inc., Lachine, Québec

capacité portante du sol ceci peut entraîner compaction du sol et destruction de la couche arable.

Ces perturbations peuvent évidemment être évitées ou corrigées par l'emploi de mesures de mitigation appropriées.

Les impacts à long terme sont surtout reliés à: l'interdiction de certaines activités au niveau de l'emprise (construction, excavation), la présence du pylône que l'on doit contourner perturbe les activités agricoles, entraînant perte d'efficacité au champ. Ceci est d'autant plus accentué que la machinerie agricole est de plus en plus imposante et surtout efficace dans le travail en ligne droite, la possibilité de courant induit qui oblige l'emploi de clôtures avec mise à la terre, la modification de la vocation du sol dans les boisés, ce qui est particulièrement important au niveau des érablières.

Le rôle de l'ingénieur agricole dans l'élaboration d'un projet de ligne de transport sera d'élaborer les études nécessaires pour définir la localisation du moindre impact et déterminer les mesures de mitigation appropriées afin de déduire les impacts de la construction.

### Les câbles téléphoniques souterrains

De par leur flexibilité, leurs dimensions et les méthodes de construction, les câbles téléphoniques souterrains peuvent être intégrés au milieu agricole en utilisant l'approche des pipelines. Une bonne localisation en fonction des limites des champs et des mesures de mitigation adéquates peuvent facilement rendre ces projets acceptables dans le milieu.

### Les pipelines

Les pipelines créent des impacts à court et à long terme sur le milieu agricole. Les impacts à court terme s'apparentent à ceux déjà mentionnés pour les lignes hydro-électriques compte tenu qu'il s'agit de chantiers importants lors de la mise en place. Les dangers de compaction, de contamination et

de mélange des horizons sont cependant plus accentués, compte tenu qu'on doit creuser une tranchée et que la machinerie sur le chantier est encore plus concentrée. En résumé, les impacts à court terme peuvent être: la perturbation des activités sur la ferme (opérations mécaniques et gestion des animaux), la compaction, la contamination et le mélange des horizons, la perturbation du réseau de drainage de surface ou souterrain et la perte de récolte.

À long terme, les principaux impacts sont reliés à l'interdiction de certaines activités au niveau de l'emprise (construction, excavation), et le conflit possible dû aux futurs systèmes de drainage souterrain se retrouvent souvent au même niveau.

Tel que mentionné au départ, il sera question ci-après des différentes mesures mises en place par Trans Québec et Maritimes afin de limiter les impacts à court et long terme et satisfaire les exigences du monde agricole lors de la construction du projet de gazoduc entre Montréal et Québec.

### Étude de trace

Afin de minimiser les impacts, l'approche est toujours la même: localiser l'endroit où les risques de déranger sont plus faibles, corriger les autres impacts par la mise en place de mesures de mitigation appropriées.

À partir de certains critères techniques de base et selon les marchés à desservir, le consultant agricole participe à l'élaboration de corridors acceptables d'un point de vue agricole en se fondant sur les principaux critères de sélection énumérés ci-après:

1. *placer le gazoduc à la limite des champs cultivés.* Pendant la construction, il ne dérange pas les méthodes culturales. À long terme, il permettra toujours plus facilement l'amélioration du fonds rural. Ceci peut être possible en longeant les corridors de transports existant (autoroute, voie ferrée), les lignes de lots, les limites de boisés ou autres obstacles géographiques;
2. *longer les lignes électriques en milieu boisé.* En milieu cultivé, une ligne électrique ne constitue pas une limite de champ, par contre, en milieu boisé, ceci évite d'ouvrir un nouveau corridor;

3. *localiser l'emprise sur des terres non retenues pour fins de contrôle (Loi 90) ou à la limite de celle-ci;*
4. *favoriser le passage dans des terrains boisés de faible qualité plutôt qu'en milieu cultivé;* favoriser le passage sur des terres à potentiel agricole faible; minimiser les traverses de cours d'eau et de systèmes de drainage souterrain; et éviter autant que faire se peut d'affecter érablières, vergers et plantations.

De façon générale, le milieu agricole bénéficie rarement et directement des projets linéaires. L'agriculture exige donc une localisation permettant de limiter au minimum les impacts sur son entreprise.

### Mesures de mitigation

Au début du projet, la compagnie a élaboré en collaboration avec les représentants de l'Union des Producteurs Agricoles et de la Direction de la Protection du Territoire Agricole, un cahier des mesures générales de mitigation en milieu agricole. Il s'agit des différentes mesures de protection et de corrections que la compagnie s'engage à respecter lors de la mise en fouille du gazoduc. Ces mesures couvrent deux types de préoccupation. a) Les inconvénients aux biens et activités courantes de la ferme durant la construction, ex: dommages aux cultures, clôtures, chemins de ferme, etc... b) Les inconvénients au fonds rural, protection du sol arable, compaction, drainage souterrain et de surface.

Le principe est de remettre si possible le milieu dans un état équivalent à ce qu'il était ou d'en conserver les mêmes possibilités. Les chemins de ferme si nécessaires, seront maintenus opérationnels durant toute la construction et seront remis en état assurant des conditions équivalentes à celles existant avant la construction. Les clôtures seront étançonnées avant d'être coupées et seront remplacées par des matériaux neufs équivalents. Des clôtures temporaires seront installées le long de l'emprise pour tenir les animaux à l'écart et permettre leur passage sur l'emprise, si cela s'avère nécessaire.

### Protection du sol arable

Le sol arable sera enlevé sur une épaisseur maximale de 30 cm au-dessus de la tranchée vis-à-vis l'entreposage de la terre de déblai. Il sera mis en andain, séparé du déblai d'excavation et remis en place après le remblayage de la tranchée pour maintenir la qualité du sol et la fertilité.

### Compaction

L'accès interdit à certains véhicules, l'emploi de chenilles extra-larges, la réduction du nombre de passages, sont autant de mesures préventives qui seront mises en œuvre même si elles ne peuvent empêcher toute la compaction. Par contre, partout où il y aura compaction, des mesures de correction seront appliquées telles le passage de la charrue, chisel ou de la soussoleuse. Le rôle du consultant agricole est de déterminer le lieu des interventions et le mode de correction.

### Le drainage

Le principe général est de ne jamais contrevenir au mouvement des eaux à court et à long terme. Ainsi, pendant la construction, on évitera de remplir les fossés avec la terre de déblai et on installera des tuyaux dans les fossés et rigoles que l'on doit traverser. À long terme, on installera le gazoduc à une profondeur suffisante afin de ne pas interférer avec les installations de drainage souterrain et de surface. Pour ce faire, le

remblai minimum au-dessus du gazoduc sera de 1,2 m sous la surface du sol cultivé, de 0,9 m sous le fond des fossés existants et 1,5 m sous le fond verbalisé des cours d'eau. Dans le cas du drainage souterrain, trois cas peuvent se présenter :

1. dans le cas des drains existants, le gazoduc passera sous ceux-ci et chacun des drains sera restauré par la mise en place d'un tuyau rigide perforé, appuyé sur les parties du sol non perturbées de part et d'autre de la tranchée. Un drain de même qualité que le drain existant sera introduit dans le tuyau rigide et raccordé à l'aide de manchons ;
2. lorsque le propriétaire possède un plan de drainage non encore exécuté, des modifications au plan sont suggérées afin de permettre le passage du collecteur au-dessus du gazoduc. La modification officielle sera faite par l'ingénieur de l'agriculteur. Les frais supplémentaires pourront être défrayés par la compagnie si spécifiés dans l'acte de servitude et selon une méthode établie à la condition qu'une évaluation soit soumise et approuvée par la compagnie avant le début des travaux ;
3. enfin, si aucun plan de drainage n'existe, le consultant agricole, à partir d'informations sommaires relevées lors de l'inventaire du milieu, élaborera un croquis illustrant le système de drainage éventuel pouvant être installé sur la ferme et ce, suivant les normes en vigueur.

Lorsque nécessaire le système prévoira le passage d'un drain collecteur au-dessus du gazoduc et en conséquence exigera une surbaissement du tuyau.

### Remise en état

Lors de la remise en état, tout le terrain perturbé par la construction sera nivelé suivant son profil original, le sol sera décompacté suivant les recommandations tirées des analyses de mesures de densité prises après la construction. On préparera un lit de semence à fertiliser suivant les résultats des analyses de sol et le terrain sera ensemencé en tenant compte de la végétation sur les terrains adjacents.

### Mesures spécifiques

Une fois que le tracé est défini, les spécialistes agricoles procèdent à l'inventaire de l'emprise afin de préparer des mesures de mitigation spécifiques. Les principaux éléments relevés sont : le couvert végétal, la pédologie, la topographie générale, la profondeur des fossés et cours d'eau et les autres éléments particuliers. Les mesures de mitigation spécifiques quant à elles consistent à spécifier sur un plan de construction, accompagné d'une photomosaïque illustrant le tracé, tous les éléments à considérer lors de la construction, ex : remblai mini-



## QUÉFORMAT LTÉE

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

FORAGES  
ETUDES GEOTECHNIQUES  
CONTROLE DES MATERIAUX

# Lavalin

ÉTUDES, GÉRANCE DE PROJETS

INGÉNIERIE, APPROVISIONNEMENT, CONSTRUCTION

Siège social

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

# COMMENT DIGITAL AIDE LES LOIN À VOIR ENCO



**C**AO/FAO—conception et fabrication assistées par ordinateur. Son rôle en regard de la rentabilité des entreprises industrielles devient de plus en plus manifeste. Aussi est-on de plus en plus convaincu de la nécessité d'intégrer cet important outil de prise de décision aux principales activités de réflexion dont l'entreprise est le siège. Le but visé: permettre à un personnel élargi de partager une manière de voir, et de perfectionner l'acuité de leur vision des choses.

Tel est l'objectif ultime que cherche à atteindre, par l'informatisation, l'entreprise moderne.

C'est de ce point de vue que l'on peut saisir tout le potentiel de la CAO et de la FAO au sein d'une telle entreprise.

Et voilà pourquoi de plus en plus de décisionnaires se tournent vers les solutions informatiques de Digital.

## LES SOLUTIONS INTÉGRÉES DE DIGITAL ÉLARGISSENT LE POINT DE VUE DE CHACUN.

Articulé autour d'un VAX, l'AB/VAX de Digital est considéré comme le summum en matière de systèmes informatiques intégrés. En fait, la souplesse d'emploi, les possibilités d'extension et la compatibilité de l'AB/VAX sont quelques-unes des principales raisons de la supériorité de Digital dans le secteur de la CAO/FAO. Voyez par vous-même.

Digital vous permet de construire votre réseau progressivement en bénéficiant d'un rapport prix/performance avantageux. Vous procédez petit à petit et sans mettre d'éléments au rancart.

Digital vous permet d'intégrer de nombreuses solutions au sein de votre réseau—ingénierie, bureautique et fabrication—harmonieusement, rapidement et sans gaspillage.

Et Digital fait tout en son pouvoir pour vous

proposer les solutions les mieux adaptées à vos besoins.

## COMMENT DIGITAL S'ASSURE QUE VOUS BÉNÉFICIEZ DES MEILLEURES SOLUTIONS CAO/FAO.

Le VAX de Digital ne constitue pas seulement, en raison de sa puissance, la norme internationale en matière de mini-ordinateurs; il est considéré comme le choix qui s'impose dans le domaine de la CAO/FAO. Les plus grands concepteurs de logiciels pensent d'abord et avant tout en termes de VAX. Résultat: un choix presque illimité de solutions!

Pour vous aider à faire votre choix, Digital a conclu des ententes de mise en marché avec les plus grands fournisseurs indépendants au monde et a pris des arrangements informels avec plus d'un millier d'autres. Ensemble, nous sommes en mesure de vous proposer une solution prête à être mise en œuvre avec un minimum de figulage. Une solution qui mérite votre confiance.

Nous pouvons en outre vous aider à tirer le maximum de votre choix...grâce au nouveau BASEWAY de Digital.

## LA SOLUTION BASEWAY, PREMIER PAS VERS UNE FABRICATION INTÉGRÉE.

BASEWAY est un progiciel conçu pour assurer l'efficacité et la souplesse d'emploi d'un système à vocation industrielle. Constitué de trois logiciels formant un ensemble parfaitement cohérent, le BASEWAY offre toutes les solutions dont vous avez besoin en matière de communications, de gestion de réseau et d'intégration.

Le BASEWAY peut surveiller et commander des appareils automatisés servant à la production: contrôleurs programmables, lecteurs de code à barres, instruments de mesure, peu importe.

Il peut être adapté de manière à prendre en charge des robots, du matériel de manutention, des machines-outils à commande numérique... pour ne citer que ces exemples.

Il vous permet d'avoir accès en temps réel à des données portant sur l'ensemble du processus de production. Depuis n'importe quel point du réseau. Sans qu'il soit nécessaire de savoir dans quel ordinateur se trouvent les données requises ou comment elles sont organisées.

Mais le plus important, c'est que BASEWAY vous fournit une base solide pour l'implantation de n'importe quelle solution.

## LE VAXstation 1: UN EXEMPLE ÉLOQUENT DE L'EXCELLENCE DE DIGITAL.

Le matériel Digital se reconnaît à son excellente conception.

Or c'est justement parce qu'il est remarquablement bien conçu qu'il offre une souplesse d'emploi et une compatibilité inégalées. Il peut en outre évoluer au rythme même de vos besoins à un coût raisonnable et sans qu'il soit constamment nécessaire de récrire le logiciel.

Autre signe de la supériorité technique du matériel Digital: sa polyvalence dès le point de départ. Le VAXstation 1 en est un exemple éloquent. C'est l'outil par excellence de tout professionnel œuvrant dans un domaine technique et ce, par sa capacité de prendre en

*Le VAXstation 1. Le matériel complémentaire peut-être le plus polyvalent en son genre. Il remet entre les mains des professionnels de la technique toute la puissance du mini-ordinateur VAX plus efficacement et à un meilleur prix que jamais auparavant.*

# LES FABRICANTS QUI VOIENT ENCORE PLUS JUSTE.



charge n'importe quel travail, par ses caractéristiques d'efficacité dérivées de sa puissance et par sa facilité d'utilisation qui permet de mener à bien une tâche rapidement et sans effort (grâce au découpage multi-champs, par exemple).

Produit d'un véritable tour de force technique, le VAXstation 1 vous confère toute la puissance d'un VAX pour le prix d'un poste de travail. Aucun autre appareil sur le marché ne réussit à s'intégrer aussi bien à un système VAX. Il suffit, pour vous en convaincre, de venir essayer le VAXstation 1 à l'un des centres de CAO/FAO énumérés plus loin.

## LES CENTRES DE DÉMONSTRATION DE CAO/FAO: UNE FACETTE IMPORTANTE DE NOS SERVICES D'ASSISTANCE.

Les clients qui adoptent les solutions CAO/FAO de Digital bénéficient, eux aussi, des excellents services d'assistance qui ont fait la réputation de Digital à l'échelle internationale. Formation. Programmes de maintenance. Garanties. Consultation téléphonique sans frais. Tout le tralala!

Nous privilégions en outre une planification soignée reposant sur une analyse rigoureuse. Rien n'est épargné...visites des lieux, séminaires, films, appels téléphoniques. Notre principal atout demeure toutefois nos centres de CAO/FAO.

Situés à Calgary, à Toronto, à Ottawa et à Montréal, ces centres s'adressent aux clients éventuels et aux utilisateurs actuels qui prévoient concevoir ou développer de nouveaux projets.

Offrant des services gratuits, chacun de ces centres se spécialise dans certains domaines d'application et dispose d'un personnel hautement qualifié. Des gens qui parlent le même langage que vous, qui connaissent les besoins de votre entreprise, les occasions qui s'offrent à elle et ses problèmes particuliers. Des gens qui peuvent vous aider à adopter les meilleures solutions.

Pour rendre visite au Centre qui parle le même langage que vous, il suffit de composer l'un des numéros suivants: Calgary (403) 275-7400  
Toronto (416) 675-2580  
Ottawa (613) 563-0333  
Montréal (514) 342-5321

## QUI EST DIGITAL?

Digital est le plus important fabricant de mini-ordinateurs au monde. C'est nous qui avons inventé, il y a trente ans déjà, l'informatique interactive. Depuis, nous nous sommes acquis une réputation enviable en raison de nos qualités techniques et de notre respect systématique de normes strictes en matière de conception et de fabrication. Partout où des impératifs de qualité et de fiabilité entrent en jeu, vous trouverez le nom de Digital...Dans les milieux commerciaux et techniques. Et chez la plupart des plus grands partenaires du monde informatique.

Si vous êtes d'avis que l'informatisation de votre société exige une approche sérieuse, vous vous invitons à nous donner un coup de fil. Nous croyons sincèrement pouvoir vous aider.

## UNE OFFRE INTÉRESSANTE POUR TOUS LES DÉCISIONNAIRES

Nous avons préparé de la documentation sur nos ordinateurs, nos centres de CAO/FAO et les entreprises avec lesquelles nous avons conclu des ententes de mise en marché. On vous y explique, entre autres, comment nous pouvons améliorer la rentabilité de toute entreprise dont la principale activité est l'ingénierie ou la fabrication. Tout président ou cadre supérieur se doit de lire cette documentation. Pour la recevoir, il suffit de nous envoyer votre carte professionnelle à:  
CAO/FAO Digital Equipment du  
Canada Limitée, C.P. 911, succursale  
U, Toronto (Ontario) M8Z 5P9.



*ETHERNET: Élément-clé de l'informatique telle que la comprend Digital, il vous permet de gérer vos données et de tirer pleinement profit de la puissance de votre système informatique depuis n'importe quel point du réseau.*



**digital**  
DIGITAL EQUIPMENT DU CANADA LTÉE

**TANDY... vraiment supérieur**

## Performances et logiciels compatibles au PC d'IBM

sans le prix IBM...

...seulement avec les ordinateurs Tandy 1000 et Tandy 1200.

Les ordinateurs Tandy sont étudiés pour satisfaire les spécifications les plus rigoureuses, à des prix incomparables. Ils sont appuyés par le genre de soutien total des 100 centres et magasins 'Plus' centre d'ordinateur Radio Shack. Installations de service, soutien à la portée du client et choix immense d'accessoires d'ordinateur, au même endroit.

Les logiciels MS-DOS les plus demandés sont immédiatement disponibles. Notre service de commande rapide met à votre portée de nombreux autres logiciels de différents fournisseurs.

Mais ce sont nos ordinateurs qui sont vraiment à la hauteur. Aucun autre ordinateur MS-DOS n'est en mesure de vous offrir de telles performances et une telle qualité. Tandy est vraiment supérieur!

**Le Tandy 1000** comprend des suppléments que le PC d'IBM n'offre pas: système d'exploitation à disques, BASIC et DeskMate, programme intégré avec traitement de texte, analyse par tableurs, classement électronique, télécommunications, calendrier et courrier électronique. Le tout vous donne le meilleur ordinateur de \$3000...qui vous est offert à \$1749 seulement. Ajouter un écran monochrome VM-2 et vous avez un système complet pour \$1978.95.

L'écran couleur montré est en option



### NOUVEAU BAS PRIX

**Le Tandy 1200 HD.** À un prix considérablement moindre, ses performances valent celles du PC XT d'IBM. Il est fourni avec une mémoire RAM de 256 K, extensible à 640 K; une unité de disque souple et une unité de disque dur de dix mega-octets intégrées. Il a, en plus, une interface d'imprimante parallèle laquelle est en option avec le PC XT. Désormais offert à seulement \$3699. Le Tandy 1200, un excellent choix!

L'écran couleur et graphiques montrés sont en option

**TANDY/Radio Shack**

Division, Électroniques Tandy Limitée

Les centres d'ordinateurs Radio Shack sont dans les pages blanches  
IBM est une MD enregistrée d'International Business Machines Corp.

mum vis-à-vis les fossés, cours d'eau, drains existants ou futurs, zone où la protection du sol arable est requise, zone où il y a des restrictions au déboisement, endroits où des chemins de ferme ou des clôtures temporaires sont requis.

### Surveillance du chantier

Lors de la mise en place du gazoduc, le rôle du surveillant agricole est de voir à ce que les mesures de mitigation soient bien respectées lors de la construction. De par sa connaissance du milieu et du chantier, il pourra assister l'entrepreneur à planifier son travail afin de déranger le moins possible les agriculteurs. Il notera les endroits ayant subi des perturbations particulières afin de pouvoir y remédier lors de la remise en état. Il surveillera attentivement la réparation des drains, des ponceaux, assistera à l'occasion les négociateurs pour solutionner les problèmes particuliers.

Pour la remise en état, le surveillant procédera à la prise d'échantillons et aux mesures de densité afin de formuler les recommandations requises. Il fournira un support technique lors de l'élaboration des plans et de l'exécution des travaux de remise en état. Il verra à ce que le réensemencement se fasse suivant les normes requises d'un point de vue qualitatif et quantitatif.

### Conclusion

Le monde agricole est conscient qu'une société doit se doter de structures pour assurer son développement. L'agriculteur est prêt, en général, à collaborer en cédant une partie de sa propriété pour l'implantation de ces services publics. Mais comme tout citoyen, il exige d'être consulté soit directement, soit par le biais de ses représentants pour participer aux analyses, aux décisions et assurer la protection de son gagne-pain. Il exige enfin que la société le compense de façon adéquate tant pour sa propriété que pour le manque à gagner résultant des travaux. Une excellente connaissance du milieu permet une meilleure concertation.

# L'ingénierie du savoir

Bernard Moulin, ing.

*L'ingénierie du savoir est une discipline de « haute technologie » née au cours des années 1970 comme une branche de l'intelligence artificielle. Elle voit son champ d'activité s'accroître très rapidement dans toutes les disciplines où le savoir, la connaissance et l'expertise occupent une place importante. Nous présentons dans cet article les principales applications de l'ingénierie du savoir ; nous proposons quelques réflexions relatives au savoir et à la connaissance ; nous exposons les principales caractéristiques des systèmes experts, logiciels spécialisés dans la manipulation du savoir.*

## Introduction

« L'ingénierie du savoir » !! ... L'association de ces deux mots peut sembler bien insolite pour celui ou celle qui connaît les domaines traditionnels dans lesquels intervient l'ingénieur. Pourtant l'étrangeté apparente de ce titre se fonde dans le courant quotidien des innovations technologiques qui caractérise notre époque. Par un réflexe de défense naturel, le lecteur assailli par la publicité agressive des médias pourrait être tenté de tourner la page, en négligeant de lire un article au titre ronflant, dont le contenu insolite lui ferait perdre de précieuses minutes. Pourtant l'ingénierie du savoir est une discipline de « haute technologie » qui est née au cours des années 1970. Elle a été engendrée par l'intelligence artificielle, et elle voit son champ d'ac-

**M. Bernard Moulin** est professeur adjoint au département d'Informatique de l'Université Laval depuis 1981. Il est ingénieur de l'École Centrale de Lyon (France), docteur-ingénieur ès mathématiques appliquées (Informatique, Lyon) et maître ès sciences économiques (Lyon). Il est chercheur subventionné par le Conseil de Recherche en Sciences Naturelles et en Génie depuis 1982.

Ses domaines d'expertise et de recherche sont : la modélisation des données, la conception de bases de données, le développement de projet, l'analyse des systèmes d'informations, la gestion de projet, l'ingénierie de l'information, la représentation du savoir, l'ingénierie du savoir.

tivité s'accroître rapidement dans toutes les disciplines où le savoir, la connaissance ou l'expertise occupent une place importante.

Dans une première partie nous montrerons comment l'ingénierie du savoir est apparue comme une branche prolifique et prometteuse de l'intelligence artificielle, et nous situerons les principales applications de cette discipline. Dans une seconde partie nous livrerons quelques réflexions au sujet du savoir et de la connaissance. Dans la dernière partie nous présenterons les principales caractéristiques des systèmes experts, logiciels spécialisés dans la manipulation du savoir.

## L'ingénierie du savoir

L'intelligence artificielle (I.A.) a reçu différentes définitions qui en reflètent les multiples facettes. Nous en citerons ici quelques unes. (L'Atelier sur l'Intelligence Artificielle, publication du Conseil des Sciences du Canada 1983) « L'intelligence artificielle porte sur l'appréhension des principes de l'intelligence et la construction de modèles de travail basés sur le comportement humain... »

« L'intelligence artificielle est cette partie de l'informatique qui consiste à concevoir des dispositifs informatiques intelligents, c'est-à-dire des systèmes qui présentent des caractéristiques que nous associons à l'intelligence humaine : compréhension du langage, apprentissage, raisonnement, résolution de problèmes... »

On peut encore définir l'I.A. comme « un langage technique permettant de discipliner l'imagination ». Ces diverses définitions montrent l'I.A. tente de relever un défi millénaire en essayant de comprendre, d'utiliser et de prolonger les capacités intellectuelles de l'être humain dites « intelligentes ». Cet axe de recherche est très large et constitue un point de convergence pour de nombreuses disciplines : informatique, mathématiques, linguistique, ingénierie, logique, psychologie, médecine, sciences sociales...

## Historique de l'intelligence artificielle

Le concept de la « machine animée » est fort ancien. Pensons

aux efforts des alchimistes de l'Antiquité et du Moyen Âge, aux automates du XVIIIème siècle... Vers 1940 on estime pour la première fois qu'il est possible de construire une machine imitant les fonctions du cerveau humain, que l'on compare alors à un « central téléphonique complexe ». Vers 1980 on compare le cerveau à un ordinateur capable de stocker et traiter de l'information, comparaison qui semble bien simpliste pour les spécialistes du système nerveux des années 1980.

En 1956 la conférence de Dartmouth marque la naissance de l'intelligence artificielle, reconnue comme une discipline à part entière. Cette conférence rassemblait des chercheurs éminents tels que C. Shannon, M. Minsky, J. McCarthy, A. Newell, H. Simon et correspondait à l'aboutissement de divers travaux théoriques sur le cerveau et l'intelligence (N. Wiener, A. Turing, W.R. Ashby...). Cette conférence fixait dans l'enthousiasme général des projets ambitieux, tels que la réalisation d'un réseau complexe de neurones artificielles qui accomplirait certaines fonctions d'un cerveau artificiel, la réalisation d'un robot qui pourrait élaborer une image interne de son environnement, un programme informatique permettant de déduire des théorèmes des Principia Mathematica... Ces projets ambitieux et ces grands espoirs ont été tempérés dès le début des années 60 en raison de la difficulté des problèmes à résoudre, et de la disproportion des moyens disponibles par rapport à l'énormité des tâches à accomplir. Cette déception temporaire a entraîné une perte de popularité de l'I.A. vers la fin des années 60.

## Vers l'ingénierie du savoir

Les années 70 ont marqué un tournant important dans l'évolution de l'intelligence artificielle, avec l'abandon des efforts pour construire « une intelligence électronique universelle » ou pour résoudre des problèmes trop généraux. La réorientation des recherches s'est faite vers la résolution de problèmes aux limites bien définies, dans des domaines d'application bien identifiés.

Les chercheurs se sont alors tournés vers la réalisation de sys-

tèmes experts, logiciels spécialisés permettant de résoudre des problèmes spécifiques dans des domaines de savoir choisis tels que: le diagnostic (médical ou autre), la preuve de problèmes mathématiques, la reconnaissance des formes, la compréhension de la langue naturelle, les logiciels de jeux d'échecs... Cette évolution de la recherche en I.A. a conduit rapidement à des résultats concrets qui ont permis de raviver l'enthousiasme des années 50 et de justifier les investissements coûteux que nécessite ce champ de recherche et de développement. Ce nouvel essor de l'I.A. se traduit au cours des années 80 par le lancement de programmes nationaux et internationaux, visant à réaliser des « ordinateurs intelligents » avant la fin du vingtième siècle (les ordinateurs dits de « cinquième génération »).

En 1977, E. Feigenbaum introduit les termes d'Ingénierie du Savoir (« Knowledge Engineering »): « L'ingénieur du savoir pratique l'art d'utiliser des outils et les principes de l'I.A. pour résoudre des problèmes d'application difficiles dont la solution nécessite le savoir d'un expert. L'acquisition, la représentation et l'utilisation appropriée du savoir pour bâtir et expliquer des lignes de raisonnement sont d'importants problèmes traités par les systèmes basés sur le savoir... L'art de construire des agents intelligents est à la fois une partie et une extension de l'art de la programmation, l'art de bâtir des programmes d'ordinateur complexes qui représentent et manipulent une connaissance du monde »...

Les lignes directrices de l'ingénierie du savoir étaient fixées et plusieurs laboratoires dans le monde entier se sont attachés à développer des logiciels experts dans de nombreux domaines d'application tel que la médecine, la prospection, l'enseignement, la recherche en mathématiques, l'ingénierie, la robotique... L'ingénierie du savoir regroupe les activités de conception de systèmes experts dans des domaines d'application précis (médecine, géologie, conception assistée par ordinateur, systèmes tuteurs intelligents, etc.) en mettant en œuvre des outils et des techniques développés par les spécialistes de l'Intelligence Artificielle.

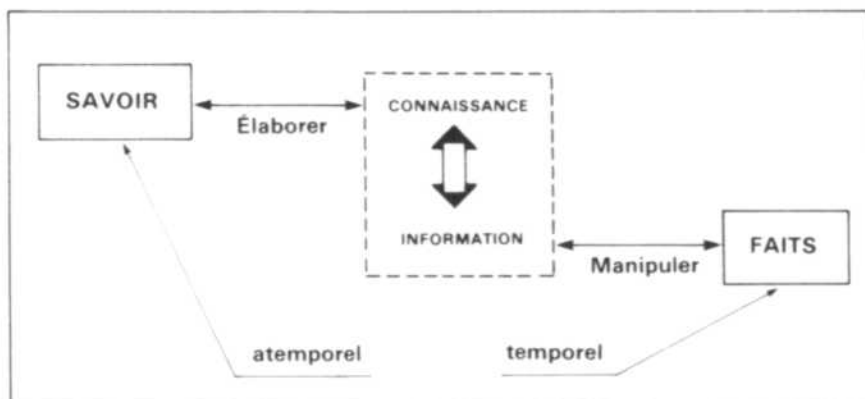


Figure 1 Information et connaissance

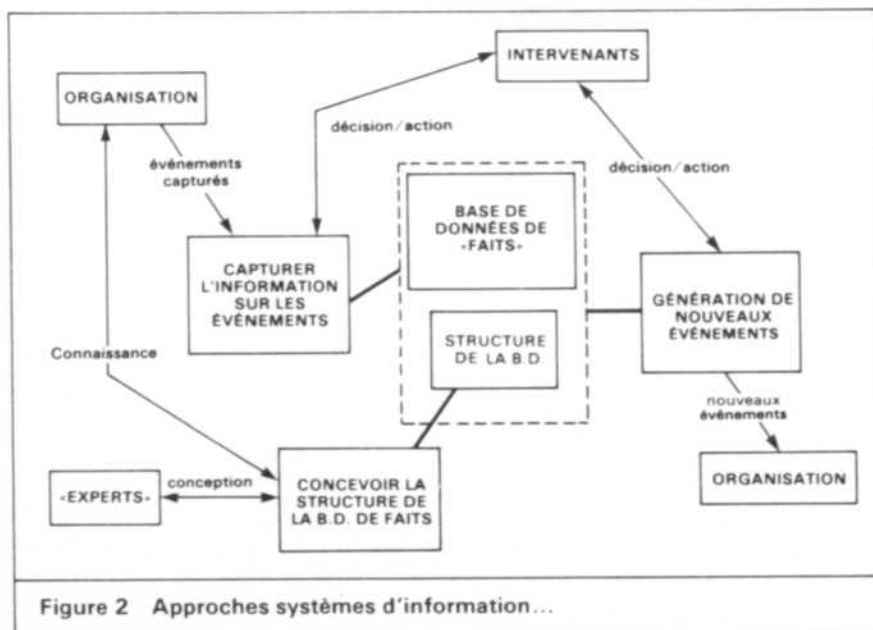


Figure 2 Approches systèmes d'information...

### Savoir et connaissance

Avant de présenter en détail dans la partie 4 ce qu'est un système expert, nous livrerons au lecteur quelques éléments de réflexion concernant les notions de « savoir » et de « connaissance ». En particulier nous essayerons de situer ces notions par rapport au concept « d'information »; nous distinguerons les systèmes d'information et les systèmes experts; nous développerons quelques idées relatives à la représentation et à la manipulation du savoir.

### Information et connaissance

Si l'on consulte le « Petit Robert », le savoir est défini comme « un ensemble de connaissances plus ou moins systématisées, ac-

quis par une activité mentale suivie » et la connaissance définie comme « le fait ou la manière de connaître ». Il est intéressant de situer l'une par rapport à l'autre les notions de connaissance et d'information.

La figure 1 tente de situer intuitivement les notions d'information et de connaissance, l'une par rapport à l'autre. Dans notre esprit connaissance et information sont intimement liées, puisqu'une nouvelle information alimente la connaissance, et la connaissance sert souvent de source d'information pour la résolution d'un problème donné. Vues de l'extérieur ces deux notions peuvent être distinguées du fait que l'information est relative à des faits qui se produisent dans « le monde réel » et qui sont caractérisés par une

dimension temporelle, alors que la connaissance est élaborée à partir du savoir atemporel qui correspond à la somme des connaissances accumulées par l'humanité. Les règles de l'arithmétique correspondent à du savoir alors que la date des prochaines élections constituent une information. Le cerveau humain a la capacité d'enregistrer des informations et des connaissances et de manipuler pour élaborer de nouvelles connaissances. Les systèmes informatiques traditionnels permettent d'enregistrer, de manipuler et de restituer des données de l'information, alors que les experts humains enregistrent, manipulent et créent des connaissances. Les systèmes experts sont conçus afin de remplir certaines tâches réservées jusqu'alors aux experts humains.

**« Approches-systèmes d'information » et « approches-systèmes experts »**

« L'approche-systèmes d'information » est celle qui a permis de développer la plupart des systèmes informatisés que l'on trouve dans les entreprises. Ces systèmes sont constitués d'un ensemble de programme qui enregistrent, manipulent et restituent des données qui sont mémorisées généralement dans des bases de données ou dans des fichiers magnétiques. « L'approche-systèmes d'information » s'intéresse à la mémorisation de l'information et aux moyens de la retrouver. Les données mémorisées représentent des faits, images d'événements pertinents pour l'organisation (exemples: la liste des produits en stock, la liste des clients...). Les données sont organisées dans « la base de faits » de façon à faciliter la mémorisation et la recherche de l'information en fonction des outils disponibles (en général des systèmes de gestion de bases de données). Les programmes qui utilisent ces bases de données correspondent à des outils de capture et de génération d'événements spécifiques à l'organisation (exemples: enregistrement d'une commande, génération d'une facture...). En général, les systèmes d'information permettent de mémoriser et de manipuler de forts volumes de données. La structure des bases

de données est en général peu complexe et peu évolutive par rapport aux structures mises en jeu par des processus cognitifs. La figure 2 présente sous forme de diagramme EPAS (voir MOU82) une vue globale des principaux éléments d'une « approche système d'information ». Les PROCESSUS représentent les fonctions du système lié à l'ENVIRONNEMENT qui fixe les limites du système. L'information est accumulée dans le système sous forme d'ACCUMULATIONS qui communiquent avec les processus par l'intermédiaire de canaux qui véhiculent l'information. On remarquera que le processus « concevoir la structure de la base de données de faits » est le seul qui fasse appel à la connaissance de l'organisation et à l'expertise des spécialistes en modélisation des données. Ce processus n'est pas automatique et correspond aux phases de développement de systèmes informatiques. Dans ce type d'approche la connaissance est enregistrée et manipulée par les divers intervenants qui œuvrent dans l'organisation.

« L'approche-système experts », est une caractéristique de l'ingénierie du savoir. Elle consiste à distinguer la base de faits et la base de savoir, qui comporte à la fois une représentation des structures de la base de faits, les règles de manipulation de ces structures

et des structures propres au système. Dans une « approche-systèmes experts » l'emphase est mise sur la compréhension de comportements (ou de raisonnements) associée à une base de connaissances (structure conceptuelle), et sur l'interprétation de faits en fonction de cette connaissance.

La figure 3 présente les principales caractéristiques d'une « approche-systèmes experts », qui pour un objet de la réalité (exemple: « ausculter un malade ») permet de comprendre des comportements (« prendre la tension », « prendre la température »...); comprendre des connaissances (si le malade a une forte fièvre, lui administrer un produit pour la faire diminuer); interpréter des faits (« la température de Monsieur Tremblay est de 42°C le 6 juin à 15 heures »); utiliser les connaissances pour agir sur la réalité (« administrer 3 comprimés d'aspirine à Monsieur Tremblay »); enrichir les connaissances par l'expérience (« Les symptômes X, Y et Z sont caractéristiques de la maladie Z »).

Dans un système expert la base de savoir (comportement et connaissances) et la base de faits sont représentés sous une forme qui est manipulable par une partie du système qui est souvent appelée « moteur d'inférence ». On remarquera que dans une « approche-systèmes experts » la proportion

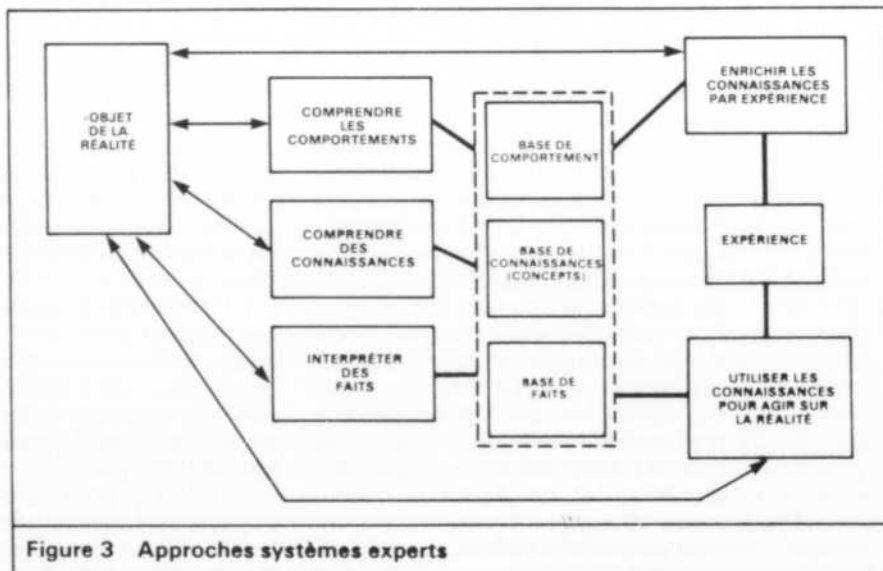


Figure 3 Approches systèmes experts

connaissances/informations est inversée par rapport à celle des « approches-systèmes d'information ».

### Représentation de la connaissance

*Qu'est-ce que la connaissance?* Nous allons citer ici quelques expressions usuelles relatives à la connaissance, qui permettront de souligner la complexité de ce concept.

« Connaitre un langage » signifie que l'on sait manipuler un ensemble donné de symboles en fonction de règles de construction précises. « (Re)connaître un objet » signifie que l'on est capable d'identifier des caractéristiques de forme, de fonction, de couleur, de position etc... et de les comparer à un référentiel connu.

« Connaitre une théorie ou des idées » signifie que l'on a compris le sens d'un ou de plusieurs concepts en les ayant rattachés à un ensemble de concepts déjà connus. « Faire connaissance », « acquérir des connaissances », « partager des connaissances », « développer des connaissances » sont toutes des expressions qui permettent de cerner certaines facettes du concept « connaissances ». La connaissance touche « le monde des idées et de la réflexion »; elle est conceptuelle, abstraite, sémantique; elle permet de s'abstraire du monde réel pour manipuler des modèles représentant la réalité; elle est le rapport de la créativité, de l'imagination.

### Comment représente-t-on la connaissance?

La connaissance est essentiellement de nature abstraite, pourtant une grande partie de sa valeur est liée à la possibilité de communiquer, d'acquérir d'échanger des connaissances, ce qui nécessite de la représenter concrètement: afficher, représenter des concepts et des idées, tel est l'enjeu paradoxal! Nous utilisons couramment diverses représentations de la connaissance, par l'intermédiaire du langage parlé, écrit, par des symboles, des signes, par des représentations spécialisées telles que les mathématiques, par des dessins, des diagrammes... Tout mode d'expression constitue un support pour la communication de la connaissance.

### « Le problème de la représentation du savoir »

Le savoir sous sa forme traditionnelle est réparti à travers les individus du groupe, diffusé par l'éducation et amélioré par l'activité intellectuelle de chaque individu. Le savoir est culturel; il est traditionnellement perpétué de génération en génération sous une forme partielle dans l'esprit de chaque individu et enregistré sous forme de réalisations (objets, écrits...) Le but de l'ingénierie du savoir est de mémoriser, manipuler et générer des connaissances en dehors de l'esprit humain, tout en développant des moyens de communiquer cette connaissance aux humains. Le support matériel de cette nouvelle forme de connaissances est constitué par l'ordinateur associé à des mécanismes spécialisés appelés systèmes experts. Bien entendu la représentation interne de ce savoir a la forme de bits au niveau le plus élémentaire, mais les langages spécialisés de l'I.A. qui permettent de manipuler, mémoriser et générer des connaissances sont basés sur des principes qui mettent en œuvre des représentations proches de celles que l'on utilise naturellement dans nos activités intellectuelles. Les spécialistes parlent de programmation logique, de réseaux sémantiques, de structures conceptuelles... L'enjeu est de représenter sous une forme manipulable par ordinateur, les règles de comportement, les représentations des structures conceptuelles et les informations factuelles qui leur sont associées.

### Systèmes experts

#### Introduction:

« Le pouvoir d'un système expert dérive du savoir qu'il possède et non du formalisme particulier ou des mécanismes d'inférence qu'il met en œuvre ». (Feigenbaum 77).

Pendant plusieurs années, les chercheurs en Intelligence Artificielle ont travaillé principalement sur les mécanismes internes de logiciels intelligents, en négligeant quelque peu leur utilisation pratique. Dès le milieu des années 70 plusieurs systèmes experts ont commencé à apparaître dans des domaines d'application bien définis: diagnostic médi-

cal, spectrographie, prospection minière, mathématiques, configuration d'ordinateurs...

Plusieurs chercheurs ont tenté alors de concevoir des théories de la représentation du savoir et de développer des systèmes généralisés, mais n'ont pas réussi à concrétiser toutes leurs attentes pour les mêmes raisons qui ont conduit aux déceptions de la période enthousiaste des années 1950-60 en intelligence artificielle. Citons encore Feigenbaum: « Le savoir de l'expert est la clé d'une activité à un niveau d'expertise, tandis que la représentation du savoir et les mécanismes d'inférence fournissent les moyens d'utiliser ce savoir. La recherche de représentations du savoir générales et puissantes est apparemment et intuitivement désirable, pourtant elle n'a aucune justification empirique ». La recherche et le développement en ingénierie du savoir se sont développés suivant divers axes qui ont conduit à une évolution à partir des langages de programmation symbolique, vers les systèmes experts spécialisés et les langages de représentation du savoir:

*des langages de programmation spécialisés*, tels que LISP, INTERLISP, SAIL, PLANNER, KRL, PROLOG...

*la conception de systèmes experts spécialisés dans un domaine d'application particulier*, tels que: MYCIN, DENDRAL, R1...

*la conception de systèmes experts indépendants du domaine du savoir*, tels que EMYCIN, META-DENDRAL...

*des langages de représentation du savoir généralisés*, tels que ROSIE, OPS5, RLL, HEARSAY III...

Cette évolution de l'ingénierie du savoir a permis de mettre à la disposition des concepteurs des outils permettant d'implanter des structures de savoir de plus en plus abstraites et complexes. Nous présenterons ici quelques uns des principaux projets qui ont conduit à des systèmes experts opérationnels.

*The DENDRAL Project*, (Buchanan 1969 à 1978) permet de déduire les structures moléculaires de corps à partir de mesures spectrographiques.

*CASNET* (Weiss, Kulikowski, Safir 1977-1978) correspond à un essai de développement d'un cadre général pour bâtir des systèmes ex-

perts, appliqué à l'endocrinologie et la rhumatologie.

**MACSYMA** (Martin, Fateman 1971) était appliqué au calcul symbolique et à l'analyse mathématique (intégration symbolique)

**MYCIN** (Shortliffe 1976) est un système expert de diagnostic appliqué aux maladies infectieuses; **TEIRESIAS** (Davis 1977) complète MYCIN en permettant l'acquisition, la correction et l'utilisation du savoir;

**EMYCIN** (Van Melle 1979) est la version de MYCIN indépendante du domaine de savoir.

**HEARSAY II** (Herman 1980) est un système expert comprenant le discours en langue naturelle.

**CADUCEUS** (Pople 1977) est un système de consultation médicale. **PSG-OPS-R1** (Newell, McDermott 1976 à 1980) est une lignée de systèmes experts qui ont conduit à développer R1, qui permet de configurer les ordinateurs VAX de la compagnie DEC.

**SOPHIE** (Brown — Burton 1975) est un instructeur pour les laboratoires d'électronique.

**PROSPECTOR** (Duda — Gasching — Hart 1979) est un système expert aidant à la prospection minière, qui a notamment permis de découvrir certains gisements de molybdène...

Tous ces projets ont ouvert la voie de l'ingénierie du savoir et font déjà partie de son histoire. Depuis, de nombreux systèmes experts ont été développés dans des domaines d'application très variés et peuvent être classés en diverses catégories (on pourra consulter le no 97 du Bulletin de liaison de la recherche en informatique, revue de l'INRIA-France, novembre 1984, pour une liste assez complète de systèmes experts existants.

#### Catégories d'applications en ingénierie du savoir

On peut distinguer diverses catégories de systèmes experts:

*Les systèmes d'interprétation déduisent la description d'objets ou de situations à partir d'observations; ils sont appliqués à la surveillance, la compréhension du discours, l'analyse d'images, l'interprétation de signaux...*

*Les systèmes de prédiction déduisent des conséquences à partir de situations données; ils sont appliqués à la prévision météorologique, aux prédictions démogra-*

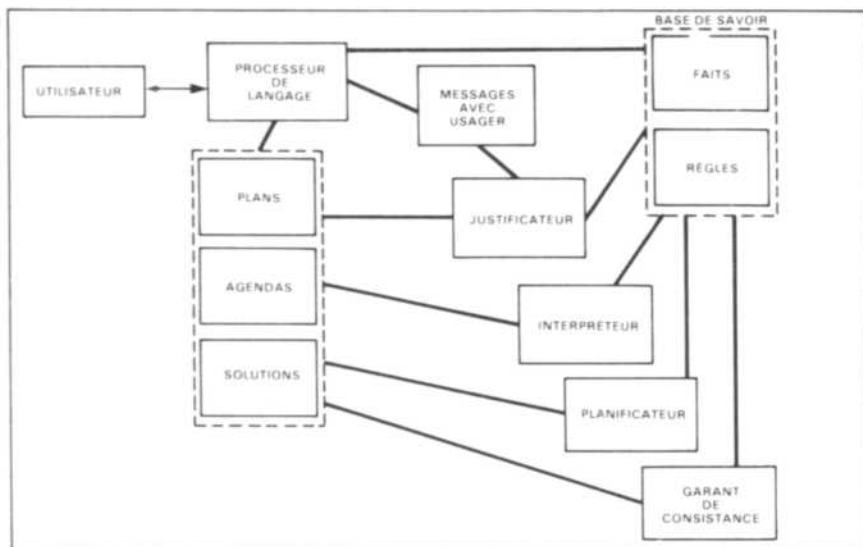


Figure 4 Système expert idéal...

phiques, aux prévisions du trafic sur les réseaux, à l'estimation du rendement des cultures, aux prévisions militaires...

*Les systèmes de diagnostic déduisent les disfonctions d'un système à partir d'observations; ils sont appliqués aux diagnostics médical, électronique, mécanique, logiciel...*

*Les systèmes de conception développent des configurations d'objets qui satisfont à des contraintes de conception; ils sont appliqués à la conception de circuits imprimés, à la conception de bâtiments, à l'élaboration de budgets...*

*Les systèmes de planification conçoivent des plans d'action; ils sont très utilisés notamment en programmation automatique, ils sont appliqués aux problèmes de planification associés aux robots, aux projets, à l'acheminement de ressources, aux communications, au «génie militaire»...*

*Les systèmes de surveillance comparent les observations du comportement d'un système avec des caractéristiques cruciales pour la réussite du plan (dérèglements potentiels); ils sont utilisés pour les systèmes de surveillance des centrales nucléaires, du trafic aérien, pour le suivi des maladies, pour la gestion financière...*

*Les systèmes de dépannage fournissent des solutions aux disfonctions d'un système. Ils utilisent des capacités de planification, de conception, de prévision...*

*Les systèmes de réparation développent et exécutent un plan pour appliquer une solution pour un problème qui a été diagnostiqué. Ils utilisent des capacités de planification, de dépannage et d'exécution. Ils sont appliqués dans les domaines de l'automobile, l'aviation, les réseaux de communication, la maintenance d'ordinateurs...*

*Les systèmes d'instruction diagnostiquent et dépannent le comportement d'étudiants...*

Ces nombreuses catégories montrent l'étendue des domaines d'application qui requièrent une expertise spécifique pour résoudre des problèmes complexes, où un système expert peut apporter une aide complémentaire à celle des experts humains.

#### Anatomie d'un système expert

La figure 4 présente une vue globale des principales composantes que l'on peut retrouver dans un système expert quelque peu idéalisé. Il est composé de divers processus: le processeur de langage, le justificateur, l'interpréteur, le planificateur, le garant de consistance. La base de savoir est constituée par les faits et les règles connus par le système expert, tandis que le tableau de bord contient les informations et les règles utilisées au cours du processus de résolution. L'utilisateur représente ici l'interlocuteur humain. Souvent on distingue l'expert humain qui

permet l'accumulation des règles dans la base de savoir, et l'usager du système expert qui utilise les capacités de raisonnement du système, appliquées à des faits qu'il lui fournit. Dans un système expert évolué il n'existe pas de frontière vraiment marquée entre les tâches de l'usager et de l'expert humain, qui tous deux permettent au système d'acquiescer une connaissance de la réalité étudiée.

«*Le processeur de langage*» est l'intermédiaire entre l'usager et le système expert, avec lequel il peut communiquer dans des langages spécialisés et/ou naturels. Le processeur de langage interprète les questions, les commandes, il formule les réponses, les explications, les justifications. Il est synchronisé par le tableau de bord et utilise abondamment la base de savoir.

«*Le tableau de bord*» contient les informations relatives aux hypothèses intermédiaires, aux décisions du système expert, à l'état du problème. Il est utilisé par l'ensemble des processus du système et il est composé de plans, d'agendas, de solutions. *Les plans* décrivent la stratégie et le plan général d'attaque du problème, et mettent en relation des plans intermédiaires, des buts à atteindre, les contraintes associées à ces buts... *L'agenda* contient les actions possibles attendant d'être générées (généralement sous la forme de règles de la base de savoir). *Les solutions* contiennent les hypothèses concurrentes et les décisions que le système a générées, ainsi que les dépendances existant entre ces décisions.

«*Le planificateur*» contrôle l'agenda et décide quelle action doit être exécutée; il utilise des règles de la base de savoir relatives à la tâche de planification. «*L'interpréteur*» exécute l'action qui a été choisie dans l'agenda. Il effectue les validations des conditions d'application de cette action, établit les liaisons entre les éléments de la base de savoir et la solution, fait la mise à jour du tableau de bord prescrite par la règle appliquée... «*Le garant de consistance*» maintient une représentation consistante de la solution en cours d'élaboration, en maintenant en particulier un contrôle de vraisemblance, en effectuant la révision des «coefficients de vérité»... «*Le justificateur*» expli-

que les actions du système à l'usager par l'intermédiaire du processeur de langage. Le justificateur établit les plans de réponses à partir du tableau de bord et de la base de savoir. Il répond aux questions: pourquoi, comment, pourquoi pas... *La base de savoir* contient l'ensemble des règles et des faits connus par le système expert. Cela correspond aussi bien aux règles liées au domaine d'application, que les règles spécifiques, utilisées par le processeur de langage dans son interaction avec l'usager, ainsi que les règles spécifiques utilisées par le justificateur, par le planificateur, par l'interpréteur et par le garant de consistance, au cours de leurs diverses interventions. Les principales composantes d'un système expert fonctionnent d'une façon autonome, synchronisée par l'intermédiaire du tableau de bord, chacune se spécialisant dans l'exécution de tâches bien identifiées.

### Conclusion

L'ingénierie du savoir est appelée à prendre une place de plus en plus importante au cours de la fin du vingtième siècle. Son objectif est de développer des systèmes «dits intelligents» capables de réaliser des tâches de plus en plus complexes dans un monde en constant développement. Ces systèmes seront utilisés dans le monde des affaires, en ingénierie, dans les procédés de fabrication, en agriculture, en prospection minière, dans les écoles, dans les hôpitaux, dans les foyers... Ces systèmes devraient permettre une utilisation plus sage des ressources alimentaires, énergétiques et humaines. Cette évolution ne doit pas être interprétée comme une déshumanisation du monde, car les ordinateurs ne remplaceront pas les hommes, mais ils supporteront leurs activités, ils amplifieront leurs capacités intellectuelles. Au-delà de cette évolution technologique c'est finalement l'évolution des hommes dans des sphères d'activité inimaginables à l'heure actuelle, tout comme nos ancêtres du XIX<sup>e</sup> siècle ne pouvaient pas imaginer l'évolution de notre monde informatisé.

Les principales nations industrialisées ont compris le formida-

ble enjeu économique, social et politique lié au développement d'ordinateurs intelligents. Les japonais, les premiers ont lancé en 1980 un projet national devant permettre de livrer sur le marché des ordinateurs «dits de cinquième génération» au cours des années 1990. Ce projet national associe le gouvernement, les industries et les universités japonaises dans une entreprise commune de haute technologie dont le budget se chiffre en millions de dollars et dont la planification à long terme donne la mesure de ce défi technologique. Un tel projet devra sa réussite à de nombreux progrès qui devront être réalisés dans divers domaines, notamment dans les technologies de très haute intégration des circuits électroniques, dans les langages, dans les configurations multiprocesseurs... L'Europe a répondu diversement par quelques projets nationaux et surtout en 1984 par un projet de formation de programmes de recherche communautaires (projet ESPRIT). L'Amérique du Nord n'a pas lancé de programme national, par contre diverses entreprises multinationales ont associé leur efforts de recherche et de développement par la formation de consortiums.

Cet effort de recherche et de développement est unique dans l'histoire de l'humanité; le défi relevé implique une collaboration des diverses composantes de la société, industries, état, universités, cette collaboration dépassant largement les limites nationales. Une nouvelle grande aventure planétaire a été lancée.

### Bibliographie

1. MOULIN, Bernard, Thinking and the Design Process, rapport de recherche DIUL-RR-8414, Université Laval (30 pages), mai 1984, présentée à la «Conference on Thinking» Cambridge, Massachusetts, August 1984.
2. MOULIN, B., EPAS/IPSO: une méthodologie de conception intégrée, in proceedings of the 1983 National Conference of the Canadian Information Processing Society, Ottawa, Canada, May 1983.
3. MOULIN, B., Systems Modelling and the Principle of Autonomy, in proceedings of the fourth IASTED international symposium, «Modelling and Simulation 83», Lugano, Switzerland, June 1983.
4. FEIGENBAUM, E. A., et al: The Hand Book of Artificial Intelligence vol. 1, 2, 3, William Kaufmann pub. 1982.
5. WINSTON, P. H., Artificial Intelligence (Second Edition) Addison Wesley 1984.
6. LENAT D. R., HAYES-ROTH F., WATERMAN D. A., Building Expert Systems, Addison Wesley 1983.
7. FEIGENBAUM E. A., McCORDUCK, P., The Fifth Generation, Addison-Wesley publ. 1983.

## Les possibilités de réutilisation commerciale des pneumatiques usagés

Pauline Rivard, ing.  
Avila Vendette, ing. Christian Roy,

*L'accumulation des pneumatiques usagés est devenue un problème critique pour l'environnement. De nombreux chercheurs et industriels se sont penchés au cours des dernières années sur ce problème. L'article a pour but d'étudier les diverses possibilités de récupération et de recyclage industriel de ce rebut.*

### Introduction

La province de Québec mettrait au rebut entre 4 et 5 millions de vieux pneumatiques annuellement\*. Pour l'ensemble du Canada, les rejets annuels se chiffrent à 21 millions d'unités et aux États-Unis à 240 millions (1, 2).

À cause de leur résistance à la biodégradation, ces rebuts constituent un milieu propice pour la vermine, les rongeurs et le feu. Que faire de ces vieux pneus? Les règlements sanitaires restreignent

**M. Avila Vendette** est agent de développement industriel au Service de la chimie organique au Ministère de l'Industrie, du Commerce et du Tourisme, Gouvernement du Québec. Licencié des Sciences Chimiques à l'Université de Montréal, M. Vendette a fait des études en technologie, en statistiques et en administration, à McGill, Concordia, HEC, M.I.T. et Polytechnique. Il possède également une expérience de 25 années dans le domaine privé chez Monsanto Canada Limitée, dont 17 ans comme chimiste en chef.

**M. Christian Roy** est professeur adjoint et chercheur-boursier universitaire du CRSNG au Département de génie chimique à la Faculté des sciences appliquées de l'Université de Sherbrooke. Diplômé de l'Université de Sherbrooke (Ph. D. 1981, B. Sc. A. 1974) et de l'Université McGill (M. Eng. 1976), le Dr Roy poursuit des recherches dans le domaine de la thermo-conversion des combustibles. Celui-ci compte plus d'une cinquantaine de publications dans sa spécialité.

**Mme Pauline Rivard** diplômée en génie civil de l'Université de Sherbrooke (1979), est associée professionnelle dans l'équipe de recherche du Dr Roy. Une des fonctions de Mme Rivard est d'assurer la vulgarisation et la diffusion scientifique des travaux de recherche de l'équipe.

leur enfouissement et on ne peut les brûler à ciel ouvert sans risque pour l'environnement. Actuellement au Québec, à peine un million de pneus usés sont recyclés chaque année.

Afin d'éviter la multiplication des dépôts sauvages, les gouvernements ont organisé depuis quelques années des sites d'entreposage des pneus usés. Au Québec, les principaux sites réglementés d'entreposage des vieux pneumatiques sont localisés près des villes de Montréal et de Québec. La figure 1 illustre la répartition régionale des pneus rejetés ainsi que les quantités accumulées dans les dépôts réglementés. Les données de cet histogramme ont été tirées d'une étude récente effectuée par la firme SNC, Inc., pour le compte du Ministère de l'Énergie et des Ressources et le Ministère de l'Environnement du Québec. On notera que les quantités de pneus accumulés dans les dépôts réglementés ne constituent qu'une faible portion des pneus rejetés au cours des dernières années. En fait, la totalité des pneus recensés dans ces dépôts atteint actuellement moins que l'ensemble des pneus non réutilisés au cours d'une seule année!

Les données tirées du rapport SNC excluent les vieux pneumatiques recyclés par rechapage ou sous d'autres formes. D'après cette étude, au Québec 20% des pneus usés seraient recyclés. On notera dans la figure 1 que la région de Montréal détient 85% des stocks de vieux pneumatiques et génère environ 45% des vieux pneumatiques non recyclés.

### Récupérations directes des pneus

Plusieurs façons de réutiliser les pneus sans apporter de modification importante à leur structure ont été imaginées ou mises en application. Le mode de récupération le plus répandu est sans doute le rechapage. Au Québec, on compte jusqu'à 11% des pneus traités par les recapeurs. Ce procédé est surtout utilisé pour les pneus de camions ou d'autobus, voire jusqu'à 50% de la totalité des pneus rejetés par année dans cette dernière catégorie(3). En fait, pratiquement tous les pneus d'autobus et de camions rechapables sont réutilisés.

La technique du rechapage consiste à enlever la semelle d'origine, c'est-à-dire la surface ayant un contact avec le sol, pour en fixer une nouvelle. Cette méthode contribue à la conservation du caoutchouc et des fibres par la réutilisation des carcasses. Quoique avantageuse sur le plan environnemental, cette pratique ne peut s'appliquer sur tous les pneus. En effet, seules les carcasses de pneus en bon état et de dimension standard peuvent être rechapées économiquement. Les québécois semblent toutefois manifester une certaine crainte face à l'achat de pneus d'automobiles rechapés. Cette réticence n'a pas sa raison d'être car un pneu rechapé est de qualité égale sinon supérieure à celle d'un pneu neuf.

Les pneus usés peuvent être utilisés à d'autres fins que le roulement tel qu'indiqué au tableau 1. Plusieurs solutions mettent à profit les propriétés physiques des pneus. La structure du pneu permet l'utilisation de celui-ci pour des murs de soutènement, des récifs artificiels ou encore des unités pour terrain de jeu. Le caoutchouc est un très bon matériau pour absorber les chocs. On l'emploie pour la fabrication de tapis de dynamitage, d'amortisseurs sur les autoroutes et les voies navigables ou encore comme pare-lames.

À l'exception de la création des récifs artificiels, les modes de récupération directe ne peuvent être envisagés que comme une solution partielle au problème d'amoncellement des pneumatiques usagés, le nombre d'unités impliquées par ces diverses utilisations étant relativement faible.

### Utilisations des pneus déchiquetés

Le déchiquetage des pneus augmente de beaucoup les possibilités de recyclage, soit de façon physique ou chimique. Il existe plusieurs façons de réduire la taille des pneus usés. La plus courante consiste en un découpage mécanique. Le poinçonnement direct des flancs ou de la semelle est un autre procédé mécanique, utilisé à des fins spécifiques. La cryogénie, c'est-à-dire l'utilisation de températures inférieures à -150°C à l'aide de l'azote liquide, rend les pneus très fragiles, si bien que le

moindre choc les fragmente. Cette méthode est très efficace mais coûteuse. Elle ne peut actuellement se justifier sur une grande échelle.

Les propriétés élastiques des caoutchoucs déchiquetés intéressent plusieurs industriels. Effectivement on retrouve des morceaux de pneus dans la fabrication de tapis de toutes sortes, on en utilise aussi pour l'obtention de caoutchouc régénéré et de membranes de toitures, et même pour la fabrication de sandales. Mais l'utilisation des vieux caoutchoucs la plus prometteuse demeure sans doute celle d'additif à l'asphalte pour la construction de routes. Le tableau 2 résume les principales méthodes de récupération des pneus déchiquetés mettant à profit leurs propriétés physiques.

#### Utilisation comme combustible

Plusieurs voient en l'amoncellement des pneumatiques usagés une source d'énergie attrayante. En effet, l'énergie massique d'un pneu usé est d'environ  $35 \text{ MJ kg}^{-1}$ . La vulcanisation du caoutchouc nécessite l'introduction de soufre, mais ce constituant ne représente que 1 à 1,2% du poids du pneu(10). On peut donc considérer que les pneumatiques usagés forment en principe un combustible solide égal sinon supérieur aux houilles utilisées en combustion.

La fumée noire et nauséabonde libérée lorsqu'un pneu brûle dans un milieu ouvert provient d'une combustion incomplète. Certains incinérateurs peuvent brûler une faible quantité de pneus mélangés avec d'autres déchets à traiter. Des fours à combustion, et en particulier les systèmes fonctionnant avec une postcombustion, permettent une utilisation limitée de pneus. Certaines cimenteries au Japon, en Allemagne et en Belgique mélangent des pneus entiers ou déchiquetés au combustible conventionnel. Chez nous, des essais effectués à St-Constant chez Ciment Canada Lafarge Ltée auraient démontré qu'il est possible d'ajouter 10 à 20% par poids de pneus déchiquetés au combustible conventionnel sans affecter l'opération industrielle de la cimenterie(1). Certains types de

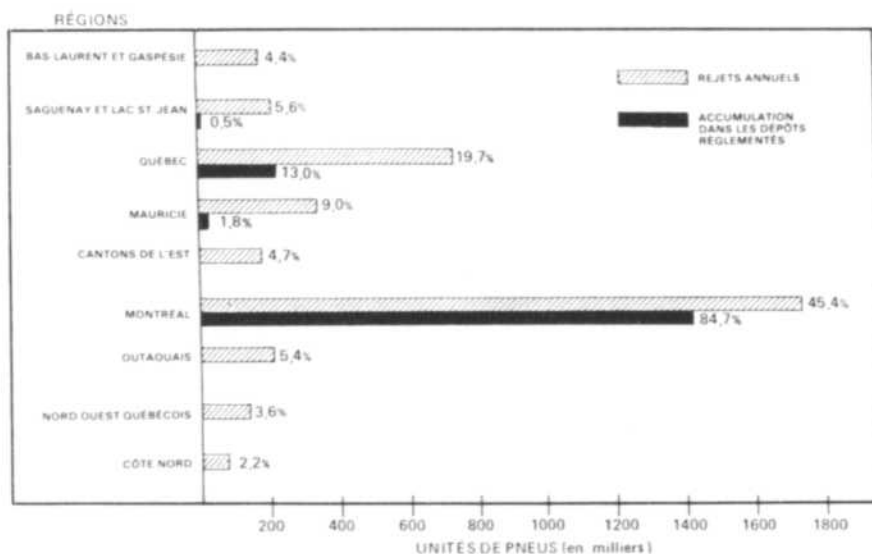


Figure 1 Répartition régionale des vieux pneumatiques au Québec en 1980 (1).



Vue partielle du dépôt de pneus de St-Amable, Québec. (gracieuseté de SNC Inc.)

fours, comme ceux conçus par Goodyear et Watt Tyres and Rubber Co., permettent aussi le traitement des pneus entiers comme combustible principal (4, 5). Ces unités sont toutefois plus coûteuses et moins efficaces que

celles opérant avec des combustibles conventionnels. Le tableau 3 dresse une liste d'utilisateurs de vieux pneumatiques sous forme de combustibles.

### Transformation des pneus usés en combustibles plus nobles:

Il est possible, comme nous venons de le voir, d'utiliser directement les pneus comme combustible. On peut envisager également de transformer les polymères constituant les vieux caoutchoucs en d'autres formes de combustibles plus nobles.

#### Gazéification

La gazéification consiste en une réaction d'oxydation partielle d'un combustible. Peu de gazogènes ont été spécifiquement conçus ou adaptés aux pneus jusqu'à aujourd'hui. Alternative Energy Company et Rockwell International aux États-Unis ainsi que Pétro-Sun International de Longueuil, Québec, ont mis sur pied des unités de gazéification à l'échelle semi-industrielle ou pilote, mais peu de résultats ont été rendus publics jusqu'à présent (2, 12, 13). L'Institut de Recherche d'Hydro-Québec a effectué une étude à l'échelle du laboratoire visant la production de gaz à partir de vieux caoutchoucs mis en poudre (14).

#### Hydrogénation

Lors de la fabrication du caoutchouc synthétique, une partie de l'hydrogène contenu dans les produits pétroliers utilisés a été retirée. L'hydrogénation poursuit le but inverse. Elle permet de récupérer des produits chimiques et énergétiques à partir des vieux caoutchoucs. Le procédé développé par Hydrocarbon Research Inc. visait un tel objectif (15). L'approche consistait à mélanger les pneus déchiquetés à de l'huile en présence d'hydrogène et de catalyseurs. Près de 60% d'huiles et 37% de carbone étaient ainsi obtenus. Ce projet a été abandonné en 1977 avant d'atteindre le stade de développement commercial (16).

#### Pyrolyse

La pyrolyse consiste en une décomposition thermique de la matière. Cette catégorie de réactions thermochimiques occupe une place importante dans les recherches sur le traitement des

Produits finis	Exemple d'industrie ou d'utilisateur	Références
Récifs artificiels	BUREAU OF SPORT FISHERIES AND WILDLIFE, Côte-Est des États-Unis	4
Quais flottants	QUAIS FLOTTANTS QUÉBEC LTÉE, St-Antoine de Tilly, Québec	1
Tapis de dynamitage	CAOUTCHOUC QUÉBEC INC., Québec, Québec	1
Amortisseurs sur autoroutes ou voies navigables	Plusieurs autoroutes aux États-Unis (National Cooperative Highway Research Program). Plusieurs marinas.	5
Pare-lames	Côte-Est américaine et région des Grands Lacs	6
Unités pour terrain de jeu	TIRE PLAYGROUND INC., South Orange, New Jersey	6
Murs de soutènement	CALIFORNIA'S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, Californie	7

Tableau 1 Utilisations directes des pneus usés.

Produits finis	Exemple d'industrie ou d'utilisateur	Références
Additif à l'asphalte	SAHUARO PETROLEUM AND ASPHALT COMPANY, États-Unis	2
Caoutchouc régénéré	LA COMPAGNIE DE CAOUTCHOUC SERVAAS INC., Ville d'Anjou, Québec	1
Tapis pour étables	ANI-MAT, Sherbrooke, Québec	
Tapis pour activités sportives	AVON, Angleterre	8
Sous-tapis	LES SOUS-TAPIS DURA LTÉE, Montréal, Québec	1
Matériaux de construction: toit, isolation, béton	Fabricants de membranes de toitures au Canada et aux États-Unis	6
Paillis, additifs pour compostage	CAMDEN CITY SEWAGE SLUDGE COMPOSTING FACILITY, New Jersey, États-Unis	9

Tableau 2 Utilisations de pneus déchiquetés

pneus usés. On compte en effet plus d'une quarantaine de procédés de pyrolyse décrits dans la littérature visant le traitement des pneus usés. Le tableau 4 de l'article fait état des projets actuellement existants. À peu près autant ont par ailleurs été abandonnés.

Sous l'effet de la chaleur, on peut décomposer les pneus en carbone, en huiles pyrolytiques et en gaz. Les proportions des produits obtenus varient, selon les procédés, entre 16 et 50% (par

pour le carbone, 22 et 65% pour les huiles et entre 2 et 51% pour les gaz. Une augmentation de la température de décomposition thermique du procédé s'accompagne en général d'un accroissement de la proportion des gaz et d'une diminution des rendements en huiles. Dans la majorité des cas, l'acier et les fibres sont présents dans les morceaux de pneus. On compte parmi les produits entre 4 et 16% d'acier et de fibres de verre à la fin des réactions.

Les produits de la pyrolyse des vieux caoutchoucs offrent un intérêt certain sur le plan de leur utilisation en tant que combustibles. Le carbone, dont l'énergie massique se situe dans la gamme de 26 à 32 MJ Kg<sup>-1</sup>, est considéré comme un combustible valable malgré la présence accrue de soufre (1.8 à 3.5%). Le carbone offre également un débouché commercial potentiel pour l'industrie chimique puisqu'on peut le substituer au noir de carbone pour l'industrie du caoutchouc, l'utiliser comme pigments pour l'imprimerie ou encore comme matière première pour la préparation du carbone activé. Les huiles pyrolytiques représentent un combustible de qualité variable, équivalentes selon les indications fournies aux huiles de chauffage # 2, 4 ou 6. Ces mêmes huiles revêtent aussi un intérêt particulier sur le plan pétrochimique puisque plusieurs composants chimiques, dont le BTX (Benzène, Toluène, Xylène) ainsi que le naphte, y sont représentés en proportions parfois significatives. Les gaz possèdent une énergie massique élevée et sont les plus souvent utilisés comme source de chaleur d'appoint pour les réacteurs. Enfin, l'acier résiduaire issu des réactions de pyrolyse peut être récupéré en vue de sa réutilisation.

### Conclusion

Plusieurs modes de recyclage des pneumatiques usagés sont techniquement faisables. Le rechapage est présentement le moyen le plus répandu, au Québec et ailleurs en Amérique du Nord, pour recycler les pneus usés. Cette solution est toutefois limitée par la faible demande des consommateurs pour les pneus rechapés d'automobiles. Les autres possibilités de recyclage des pneus, déchiquetés ou non, sont soit marginales sur le plan du volume traité ou soit peu attrayantes pour l'instant sur le plan économique.

La combustion est une façon reconnue d'éliminer les pneus usés; cette technique exige toutefois des appareillages coûteux pour le contrôle de la qualité des émissions. Certains fours utilisant des combustibles conventionnels s'accommodent d'une alimen-

Mode d'utilisation (année d'opération)	Exemple d'industrie ou d'utilisateur	Références
Pneus entiers comme combustible principal (1965)	<b>REDMAN, HEENAN et FROUDE</b> (Watts Tyres and Rubber Co.) Gloucestershire, Angleterre Unités similaires en Allemagne, au Japon et aux États-Unis	4,5
Pneus entiers comme combustible principal (1970) (unité à Jackson est fermée)	<b>GOODYEAR</b> , Wolverhampton, Angleterre et Jackson, Michigan.	4,5
Pneus déchiquetés comme combustible principal (1981)	Four <b>PYRALOX</b> Pneus Laurent, France	
Incinération avec d'autres déchets tels des papiers, des huiles et des graisses (depuis 1964)	<b>THE CONTINENTAL TIRE FACTORY</b> , Hannover, Allemagne	4
Incinération parmi les déchets municipaux (1983) (étape expérimentale)	Incinérateur municipal, Akron, Ohio	11
Supplément au bois (1977)	La station de recherche «Eau Claire» d' <b>UNIROYAL</b> , Michigan	5
Supplément aux déchets de moulin (1979)	<b>GEORGIA-PACIFIC</b> , Toledo, Orégon et Ft. Bragg, Californie	2
Supplément au charbon (1979) (projet abandonné)	<b>GENERAL MOTORS</b>	2
Supplément au charbon (1982) (essais non concluants)	<b>ELECTRO-METALLURGIE SKW LTEE</b> , Bécancour, Québec	1
Supplément au gaz naturel (1982) (étape expérimentale)	<b>CIMENT CANADA LAFARGE LTÉE</b> , St-Constant, Québec	1
Combustible auxiliaire (1981) (étape expérimentale)	<b>GENSTAR RUBBER</b> en coopération avec une cimenterie, Arizona	6
Combustible auxiliaire (année ?)	<b>NIHON CEMENT CO LTD &amp; BRIDGESTONE TIRE CO LTD</b> , Japon	
Pneus entiers comme combustible auxiliaire (1983)	Cimenterie <b>DIKERHOFF</b> , Wiesbaden, Allemagne	

Tableau 3 Utilisations des pneus usés comme combustible. Sauf indication contraire, les pneus sont utilisés sous forme déchiquetée.

Tableau 4  
Procédés de pyrolyse des pneus usés.

Procédés	Localisation	Capacité en tonnes de pneus par jour	Références
Carbon Oil & Gaz	Struthers, Ohio	54	16, 17
Onahama	Japon	27 <sup>1</sup>	16
Kobe Steel	Ako, Japon	24	16, 18, 19, 20, 21
Quinlynn (Rotter Process)	Madisonville, Kentucky et Portland, Oregon	22 <sup>1</sup> ; 109 <sup>1,2</sup>	16, 22
Intenco	Houston, Texas	45 <sup>3</sup> ; 90 <sup>2</sup>	16, 18, 19, 23
Kima	Genève, Suisse	17 <sup>1</sup>	24
Garb-Oil	Salt Lake City, UTAH; (Cleveland, Ohio) <sup>2</sup>	14; 102 <sup>2</sup>	16, 25
The Institute of Chemical Coal Processing	Zabrze, Pologne	12	26
Kutrieb	Chetek, Wisconsin et Perkasie, Pennsylvania	(5,4 à 11) <sup>1</sup> ; 11 <sup>1,2</sup>	16, 27
Hi-Platic	Japon	(1 à 1,8) <sup>1</sup>	28
Tyrolysis	Hartlepool, Angleterre et Four Ashes, Angleterre	5,4; 109 <sup>1,2</sup>	16, 29, 30
DRP/Université de Hambourg	Ebenhausen, Allemagne	2,4; 24 <sup>2</sup>	16, 19, 31
MVU	Frankfurt, Allemagne	(2,4 à 4,8) <sup>1</sup> ; (33 à 50) <sup>2</sup>	16, 19, 32
Herbold	Karlsruhe, Allemagne	2,4 à 14	29, 33
ERRG	Portland, Oregon et Osaka, Japon	2,7; (22 à 45) <sup>2</sup>	2, 16, 18, 19, 34
Institut français de pétrole	France	0,9	16, 35
Université de Sherbrooke; Pétro Sun Inc.	Sherbrooke, Québec; (Longueuil, Québec) <sup>2</sup>	laboratoire; 24 <sup>2</sup>	13
Mill Energy/Hydrofuels Inc.	Lawrenceburg, Tennessee	laboratoire (1984)	36
University of Tennessee	Knoxville, Tennessee	laboratoire (1978)	29, 37
Université de Berlin/Institute for Technical Pollution Control	Berlin, Allemagne	laboratoire (1979)	38

1. Opération supposée 24 heures par jour, 300 jours/année.

2. Unité prévue dans le futur.

3. Unité fermée récemment à la suite d'un feu.

tation partielle en pneus entiers ou déchiquetés. Cependant la combustion des pneumatiques, déchiquetés ou entiers, dans des fours spécialement conçus pour ceux-ci est généralement considérée comme peu économique dans l'état actuel de la technologie.

D'intenses recherches effectuées à différents niveaux visent la transformation des vieux caoutchoucs en combustibles et en produits chimiques. Dans cette catégorie les procédés de pyrolyse, dont l'objectif est de produire du carbone et des huiles, sont le plus souvent représentés. Quelques unités de pyrolyse opèrent déjà à l'échelle industrielle aux États-Unis et au Japon.

Quelle que soit la méthode de valorisation considérée, l'approvisionnement en pneus comme matière première du procédé devra être assuré. La consignment des pneus, sur le modèle des bouteilles en verre de boisson gazeuse ou, prochainement, des canettes en aluminium, pourrait être une solution permettant un meilleur contrôle des stocks de pneus usés. Cette approche inciterait également le consommateur au recyclage des vieux pneus avec pour conséquence une réduction des dépôts sauvages.

\* L'étude de SNC Inc., a établi à 5 millions le nombre de pneus usés rejetés pour l'année 1980(1). Une évaluation récente du MICT a toutefois estimé à 4 millions d'unités le nombre de pneus rejetés en 1982. Cette baisse serait attribuable à des déplacements en automobiles moins fréquents causés par la dépression économique et les coûts plus élevés de l'essence, ainsi que la meilleure qualité des pneus.

#### REMERCIEMENTS

Cette étude a été rendue possible grâce à l'appui financier du Ministère de la Science et de la Technologie, Gouvernement du Québec, qui a octroyé une subvention de «soutien à des activités de diffusion de la culture scientifique et technologique par des organismes à but lucratif», dont a bénéficié Madame Pauline Rivard.

#### Références

1. ANONYME *Étude sur l'utilisation des pneumatiques usagés comme source d'énergie*. Rapport final préparé par SNC Inc. pour le Ministère de l'Énergie et des Ressources et le Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec. Montréal, Québec, 31 mars 1983.
2. DEESE, P.L., HUDSON, J.F., INNES R.C. and FUNKHOUSER, D. *Options for resource recovery and disposal of scrap tires*. N.T.I.S. Report No PB 82-107491 Prepared by Urban Systems Research & Engineering, Inc. Cambridge, Massachusetts, September 1981.
3. CHAREST, F. et VENDETTE, A. *Profil de l'industrie du rechapage du pneu au Québec*. Rapport préparé par le Ministère de l'Industrie, du Commerce et du Tourisme, Gouvernement du Québec. Montréal, Québec Avril 1979.
4. HUMPSTONE, C.C., AYRES, E., KEAHEY, S.G. and SHCELL, T. *Tire recycling and reuse incentives*. N.T.I.S. Report No PB 252-602. Prepared by International Research and Technology Corp. Washington D.C., 1972.
5. KAY, E.L. and LAMAN, J.R. *A review of scrap tire disposal processes*. SAE Technical Paper Series Paper No 790301 Congress and Exposition Cobo Hall Detroit, February 26 - March 2, 1979.
6. SCHWARZ, J. *Is America the "Middle East" of old tires?* Exxon USA, pp 20-23 (1981).
7. ANONYME *Old tires to reinforce embankment, cut cost 25%*. Engineering News Record, August 26, p. 12 (1976).
8. ANONYME *Scrap tires find use in sports surfaces*. Rubber Age, August, p. 50 (1974).
9. HIGGINS, A.J., SINGLEY, M.E., NOCITRA, N., CALLANAN, K., WHITSON, B. and SINGH, A. *Shredded rubber tires as a bulking agent*. Compost Science/Land Utilization, 27 (6), pp 20-23 (1980).
10. CRANE, G., ELEFRITZ, R.A., KAY, E.L. and LAMAN, J.R. *Scrap tire disposal procedures*. Rubber Chemistry and Technology, 51: 577-599 (1978).
11. NYPAVER, D. *Tire shredder may solve "burning" question*. Rubber and Plastics News, August 1, 1983, p. 12.
12. GAY, R.L., BARCLAY, K.M., GRANTHAM, L.F. and YOSIM, S.L. *Fuel production from wastes using molten salts*. ACS Symposium Series, 130, pp 227-236 (1980).
13. SICOTTE, J. *Petro-Sun International Inc.*, Longueuil, Québec. Communication privée. Juin 1984.
14. LEIGH, C.H. et POULIN, J.P. *Construction et essai d'un gazogène à sels fondus alimenté en pneus de rebut*. Rapport préparé par la Direction Production et Conservation de l'énergie, Énergie de la Biomasse, IREQ. Varennes, Québec. Projet No 01580-57156-240. Mai 1981.
15. OCHS, G.L. et CORAM, K.V. *Scrap tire disposal and utilization alternatives: a state of the art report*. Prepared by The Franklin Institute Research Laboratories Science Information Services Department. Rockville, Maryland. Contract No DAA3-75C-0031. 1975.
16. DODDS, J., DOMENICO, W.F., EVANS, D.R., FISH, L.W., LASSAHN, P.L. and TOTH, W.J. *Scrap tires: A resource and technology evaluation of tire pyrolysis and other selected alternate technologies*. N.T.I.S. Report No EGG-2241. Prepared by EG & G Idaho Inc. Idaho Falls, Idaho, November 1983.
17. ANONYME *Tire recycling venture opens Ohio pyrolysis plant*. Rubber & Plastics News, March 14, 1983, p. 57.
18. BERRY, R.L. *Tire pyrolysis rolls on despite economic doubts*. Chemical Engineering, 86, (28), pp. 30-32. (1979).
19. CYPRES, R. et BETTENS, B. *Traitement pyrolytique des déchets de caoutchouc*. Annales des Mines de Belgique (10), pp. 873-980. (1981).
20. KAWAKAMI, S., INOUE, K., TANAKA, H. and SAKAI, T. *Pyrolysis process for scrap tires*. ACS Symposium Series 130 pp 557-572 (1980).
21. MURAT, M. *Valorisation des déchets et des sous produits industriels*. Masson, Paris 1981, pp 121-124.
22. DAVID, P. and CUNNINGHAM, P.E. *Rotter pilot gasification plant process evaluation*. Prepared by Applied Progressive Technology. Madisonville, Kentucky Report No 1131-000 October 11, 1981.
23. ANONYME *The Intenco Pyroblack Process*. Feuille publicitaire imprimé pour Intenco Inc. Houston, Texas.
24. ANONYME *Installation de pyrolyse de pneus usés*. Rapport préparé par Kima. Genève, Suisse.
25. FERGUSON, G. *Process can convert tires into oil, charcoal*. Deseret News, November 19-20, 1980, p. 8G.
26. ZIELINSKI, H., ZBRANIBORSKI, O. and KACZMARZYK, G. *Pyrolysis of worn automobile tires*. Pol. Tech. Rev. (12), pp. 15-17 (1979).
27. ANONYME *Oil & gas from old tires, an exciting opportunity for profit*. Feuille publicitaire imprimé pour Kutrieb Corporation. Cheatek, Wisconsin.
28. ANONYME *Hi-plastic waste recycling plant*. Toyo North America Corp. Rapport disponible chez Macpartex Inc. Pierrefonds, Québec.
29. JONES, J.L., PHILLIPS, R.C., TAKAOKA, S. and LEWIS, F.M. *Pyrolysis, thermal gasification and liquefaction of solid wastes and residues*. Proc. of Natl. Waste Process Conf., 8th. Energy Conserv. through Waste Util. Chicago, Illinois, May 7-10 1978. Publ. by ASME, New York, N.Y. pp. 387-396. (1978).
30. WILSON, H.T. and FLETCHER, R. *Pyrolysis of wastes: recent developments*. First Recycling World Congress. Proceedings. Publ. Oxted, Surrey, Eng. pp. 3/21 - 3/21x. (1978).
31. KAWINSKY, M. and SINN, H. *Pyrolysis of plastic waste and scrap tires using a fluidized-bed process*. ACS Symposium Series 130, pp. 423-439. (1980).
32. BRACKER, G.P. *Pyrolytical resource recovery*. Un chapitre dans le livre Recycling Berlin '79 Volume 1. Edited by Karl J. Thomé-Kozmiensky. E. Freitag-Verlag für Umwelttechnik, Berlin, 1979.
33. ANONYME *Recyclage par pyrolyse des déchets d'élastomères et de plastomères*. Rev. Gen. Caoutch. Plast. 53, (565), pp. 86-87. (1976).
34. BUSH, W.H. *Process problems to profits*. Hydrocarbon Process. 59, (10), pp. 71-74. (1980).
35. AUDIBERT, F. and BEAUFILS, J.P. *Thermal depolymerisation to waste tires of heavy oils: conversion into fuels*. Rapport préparé par Institut Français de pétrole. Rapport No 30564. Cedex, France, octobre 21-22, 1982.
36. FRASER, K. *Mill Energy*, Lawrenceburg, Tennessee. Communication privée. Novembre 1983.
37. ANONYME *Scrap tires pyrolysed in molten salts*. Chemical and Engineering News, May, pp. 26-28. (1976).
38. MÖNNIG, A. *Results of the pyrolysis of different waste products in an continuously operated horizontal laboratory reactor*. Un chapitre dans le livre Recycling Berlin '79 Volume 1. Edited by Karl J. Thomé-Kozmiensky. E. Freitag-Verlag für Umwelttechnik, Berlin, 1979.

## abstracts

### New Technologies and future society

by Roger A. Blais

3

The new technologies offer enormous possibilities because of their cascading effects on numerous industrial sectors. They open new horizons, particularly in the information and communications fields. Their rapid mutation gives rise to spectacular increases in performance, both in manufacturing processes and products.

However, they are also cause for grave concern, especially with regard to reduction in jobs. Lack of adaptation to and mismanagement of the new technologies may lead to severe unemployment. The main problem nowadays is that the rate of social innovation is grossly inadequate compared to the rate of technological innovation. New mechanisms and new forms of social organization are needed to better balance the supply and demand in new technologies and support the social changes that must accompany technological and economic change.

### The Global Positioning System (G.P.S.)

by Richard Moreau

9

The Global Positioning System (GPS) is a spatial navigation system which uses the new NAVSTAR satellites. GPS will be complete about 1987/88, its present status being experimental with only a fraction of its future potential. This paper describes an experiment and some analyses conducted in order to demonstrate the geodetic and other possibilities of GPS under conditions prevalent in Quebec. It is in fact concluded that the observation of GPS signals by means of the MACROMETER instrument is a serious competitor, accuracy-wise, to most traditional methods for determining distances, orientations and height differences. Also, examples of cost-effective applications are suggested for the immediate and for the future in the area of engineering and geodynamics.

### Engineering projects: impact on the agricultural environment

by Denis Ferland

12

This article describes the role of the agricultural engineer in the protection of the environment in engineering works such as highways, railways and transmission lines. He has to be involved at the design, drawing preparation and construction stages and proposes adequate alternatives if the environment is perturbed.

### Knowledge Engineering

by Bernard Moulin

19

Knowledge is a "high-tech" discipline, which appeared during the seventies in the field of Artificial Intelligence. It deals with the applications of artificial intelligence techniques for the development of "intelligent programs"

called expert systems. These systems manipulate information (facts) as well as knowledge (rules), thanks to symbolic processing capabilities. We present here some reflections about the notion of knowledge, the principal characteristics of expert systems and typical applications of knowledge engineering.

### Various possibilities of recovering and recycling used tires

by Pauline Rivard,  
Christian Roy,  
and  
Avila Vendette

25

The disposal of used tires is a major environmental concern. Both researchers and industrialists have tackled this problem over the last years. Several solutions are now technically possible. The objective of this paper is to study the various possibilities of recovering and recycling this solid waste.

## répertoire des annonceurs

Air Canada	C2
Atlas Turner	C4
Yvon Dagenais & Associés	C3
Digital Equipment	16-17
Dufresne, Farley & Assoc.	C3
J.A. Faguy & Fils Ltée	6
Jenkins Canada Inc.	13
Lalonde, Girouard, Letendre	7
La Rapière	7
Lavalin inc.	15
Les Lab. Industriels et Comm.	7
Lupien, Rosenberg, Journeaux	C3
Marlin Detroit Diesel	8
Mon-ter-val inc.	7
Quéformat Ltée	15
Radio Shack	18
St-Amour et assoc.	8
SIAL	C3
Texel inc.	2
Hydro	C3

## Événements à venir

### IV<sup>e</sup> Conférence canadienne Multidisciplinaire sur la sécurité routière

La IV<sup>e</sup> Conférence Canadienne Multidisciplinaire sur la Sécurité Routière se tiendra à Montréal, Qué., du 26 au 28 mai 1985, à l'Hôtel Régence Hyatt.

Cette conférence scientifique annuelle traitera des sujets suivants:

- véhicules
- environnement
- humain, incluant l'alcool et les drogues
- reconstruction de collisions
- génération des blessures
- analyse des blessures.

Pour inscription ou renseignements, s'adresser à: Équipe de Sécurité Routière, École Polytechnique de Montréal, Département de Génie Mécanique C.P. 6079 — Succursale A, Montréal Québec — Canada, H3C 3A7. (514) 340-4669, (514) 340-4769.

### Entente de collaboration

Une entente-cadre de collaboration est intervenue entre le Centre d'études sur le bâtiment (CEB) de l'Université Concordia, et la direction Innovation et le Transfert Technologique de Gaz Métropolitain Inc. Cette entente est de l'ordre de 550,000 \$ — échelonnés sur cinq ans — pour la réalisation de divers projets conjoints. Selon l'entente, le CEB s'engage à obtenir des gouvernements des subventions équivalentes aux fonds accordés par Gaz Métropolitain, totalisant une enveloppe globale de plus d'un million de dollars.

Le CEB et Gaz Métropolitain s'entendent à mettre leurs efforts, leur expertise ainsi que certaines installations d'essais et de recherche en commun afin de contribuer à l'avancement des techniques et technologies gazières d'avant-garde reliées à l'industrie du bâtiment de nature résidentielle et commerciale.

Les deux partis ont convenu de mettre sur pied, en collaboration, un laboratoire d'essais pour fins de démonstration et de développement d'équipement relié à l'utilisation du gaz naturel dans les bâtiments; d'offrir des bourses de maîtrise (subventionnées par Gaz Métropolitain) afin de favoriser la réalisation de projets de recherche orientés vers le développement de technologies gazières appliquées au bâtiment; d'utiliser, lorsque cela est possible et souhaitable, l'expertise et les laboratoires du CEB dans le but d'entreprendre des projets innovateurs et d'accorder au CEB des subventions pour la réalisation de projets spécifiques de recherche.

Le premier projet conjoint sera une étude comparée des différents systèmes de chauffage sur le confort des usagers. Par la suite, les deux partis se pencheront sur d'autres projets tels que: l'analyse comparée de la performance des équipements et des systèmes au gaz vs les équipements et systèmes électriques; le chauffage intermittent; ainsi que le développement de logiciels d'économie d'énergie pour les bâtiments existants. (Pour de plus amples renseignements, appeler M. R. Guité, au (514) 879-8571).

### Colloque '85 AQQ/ASQC

Cette année, le 12<sup>e</sup> colloque annuel de l'AQQ/ASQC section du Québec, aura lieu le 4 juin prochain au Régence Hyatt à Montréal. La structure de la journée a été révisée et le comité d'organisation est à finaliser le programme de la journée qui promet d'être très intéressant. Le tout se déroulera sous la bannière « Rentabilité par la qualité ».

Plusieurs personnalités bien connues sont attendues, entre autres, M. Raymond Royer, Vice-Président chez Bombardier, lancera les débats de la journée ce qui ne manquera pas d'intéresser les auditeurs.

Tous ceux qui ont à cœur la promotion et le développement des principes de la gestion de la qualité chez les manufacturiers québécois ne manqueront certainement pas d'assister à cette importante rencontre.

Les coûts pour participer à la journée complète sont encore cette année, minimes. Ils sont de 80\$ pour les membres et de 110\$ pour les non-membres (incluant la carte de membre '85-'86 si désirée).

Le comité d'organisation invite donc tous les membres à profiter pleinement de cette activité plus que spéciale, et à assurer leur participation en communiquant dès maintenant avec le secrétariat permanent de l'Association Québécoise de la qualité.

Le Président du colloque '85  
André Blain

## dufresne farley et associés ingénieurs-conseils

Chauffage — Plomberie — Climatisation Réfrigération —  
Electricité — Expertises — Etudes énergétiques

200 ouest, rue Sauvé, Montréal, H3L 1Y9

Tél.: 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



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

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

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



**YVON DAGENAI & 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



Institut de Recherche  
d'Hydro-Québec  
Bureau d'emploi  
Case postale 1000  
Varenes, Québec  
J0L-2P0

## CHEF DE LABORATOIRE

### LABORATOIRE DE TECHNOLOGIES ÉLEC- TROCHIMIQUES (LTE) DE L'INSTITUT DE RECHERCHE D'HYDRO-QUÉBEC (IREQ) SHAWINIGAN, QUÉBEC

Concours: IR-85-001

#### Le laboratoire

Dans le but de favoriser les applications industrielles et commerciales de l'électricité dans l'industrie chimique, Hydro-Québec a décidé de créer à Shawinigan, en Mauricie, un laboratoire de technologies électrochimiques (LTE). Le laboratoire aura pour mission la démonstration et la mise au point, à l'échelle industrielle, de technologies électrochimiques développées par son Service de recherche de l'IREQ à Varennes. De plus, il sera ouvert aux entreprises et aux organismes pour vérifier des concepts ou des procédés industriels nouveaux mis au point dans leurs laboratoires. Le LTE servira à réaliser des travaux dans les domaines de la production et de l'utilisation de l'hydrogène, dans le développement d'accumulateurs ainsi que dans la mise au point de procédés d'électrometallurgie et d'électrosynthèse. Le personnel comptera 50 personnes dont 30 ingénieurs et techniciens. Sa construction débutera à l'été de 1985 et il ouvrira ses portes en septembre 1986.

#### Domaine d'activités

- Électrochimie appliquée
- Génie électrochimique et électrometallurgique.

#### Le poste

Le chef de laboratoire sera le responsable IREQ durant la construction du LTE et verra à établir la planification, l'organisation et la mise en oeuvre de la programmation technique du LTE. Il verra à établir et maintenir des liens avec les milieux industriels, universitaires et institutionnels de recherche et de développement.

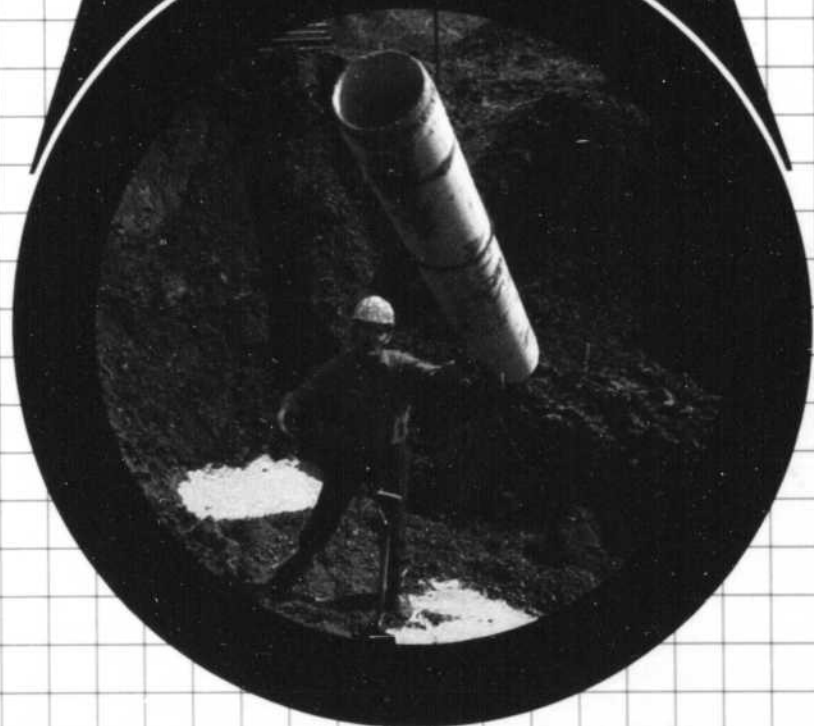
#### Qualifications

Posséder une formation en électrochimie appliquée avec, de préférence, un Ph.D. et/ou une expérience équivalente et être membre de l'OIQ ou de l'OCQ. De plus, le candidat devra avoir à son crédit une expertise éprouvée dans le domaine de l'électrochimie industrielle. Il devra posséder une connaissance du milieu industriel nord-américain dans le domaine de l'électrochimie, ainsi qu'une connaissance du français et de l'anglais. Il devra aussi avoir démontré ses capacités en gestion de ressources humaines, matérielles et financières.

#### Lieu de travail

IREQ à Varennes en 1985-86 et à Shawinigan par la suite.

**N.B.:** Les candidats intéressés sont priés de nous faire parvenir le plus tôt possible un curriculum vitae en prenant soin d'y inscrire leur numéro d'assurance sociale et le numéro du concours.



**Nouveau!**

# LE CORIACE D'ATLAS

**Plus solide, plus durable, résistant à la corrosion**

#### Nouvelle technique de fabrication

Le nouveau Coriace d'Atlas n'est fabriqué qu'avec de la fibre d'amiante chrysotile, scellée dans un mélange de ciment Portland et de silice. Ce mélange unique est spécialement moulé, séché, mûri, passé à l'autoclave, puis usiné à des dimensions très précises. Il en résulte un tuyau plus solide, plus durable, utilisé pour égouts, applications résidentielles, commerciales ou industrielles, et aqueducs.

#### Plus de 30 000 km en utilisation

Le tuyau Coriace d'Atlas résiste à la rouille, à la corrosion, à la pression, aux flexions, aux températures basses et élevées. C'est pourquoi, 30 000 km de tuyaux Atlas sont actuellement utilisés d'un océan à l'autre et, dans bien des cas, depuis plus de 40 ans.

#### Satisfait à toutes les normes

Le tuyau Atlas est vendu partout dans le monde. Il satisfait à toutes les normes exigées, y compris celles de l'AWWA, de l'ACNOR, de l'ASTM, de l'ULC, et se conforme aux spécifications des gouvernements du Québec et du Canada. Il est possible de le couper, de le fileter ou de l'usiner sur place, peu importe le temps qu'il fait. On peut se le procurer rapidement partout au Canada et en Nouvelle-Angleterre.

*Téléphonez ou écrivez-nous pour tout autre renseignement technique.*



#### Tuyau Atlas

5600 HOCHELAGA  
MONTRÉAL, QUÉBEC H1N 1W1  
(514) 259-2531 TÉLEX: 05-828769

Une Division de ATLAS TURNER INC.