

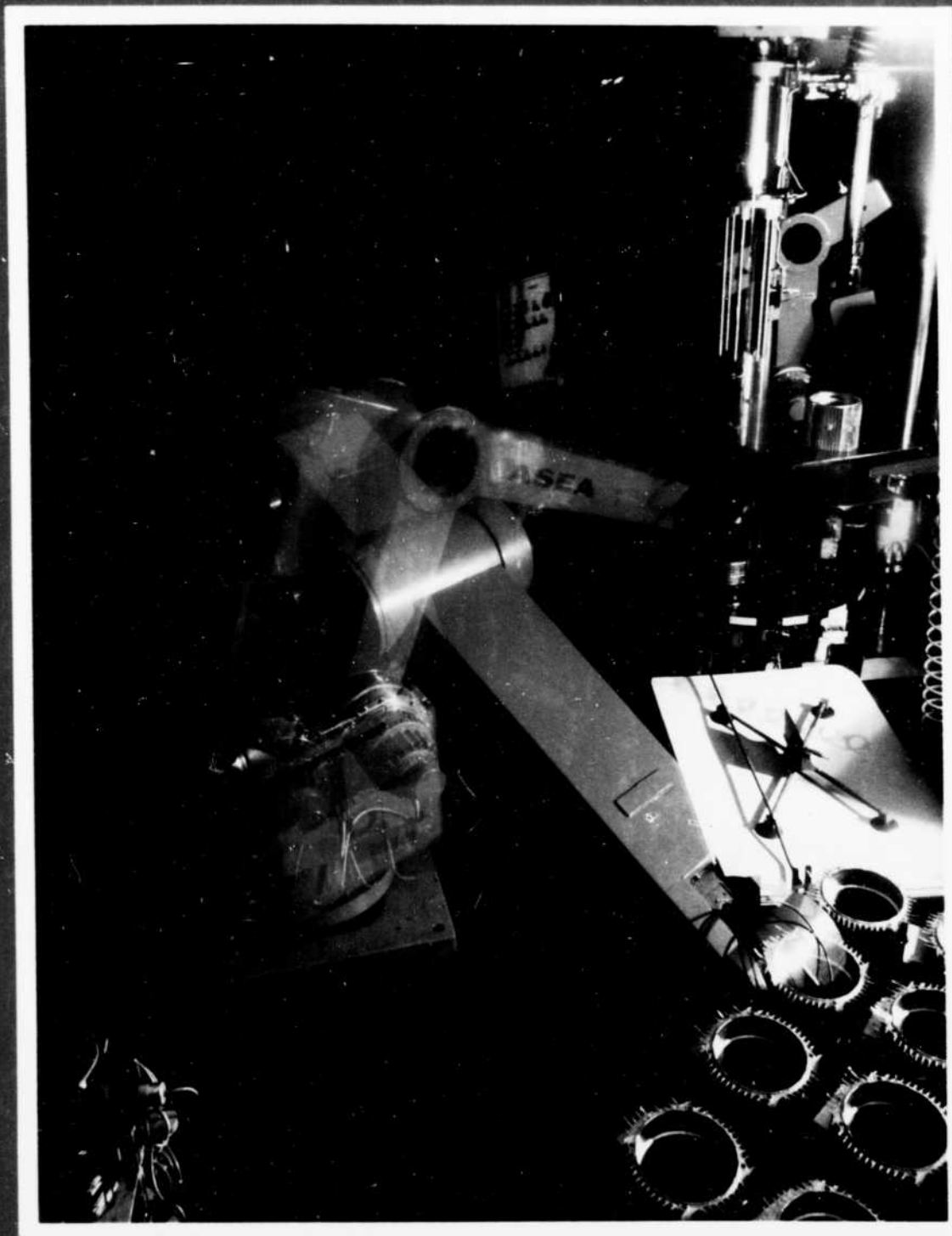
# l'ingénieur

Mai/Juin 1986

N° 373

72<sup>e</sup> année

Numéro  
spécial  
sur la  
F.A.O.





Marie-Josée Drouin, directeur général Institut Hudson, Montréal.

## Le seul programme pour grands voyageurs à m'offrir Paris

**Aéroplan.** Au delà de l'analyse des statistiques et des théories, l'économiste doit travailler en étroite collaboration avec les leaders des gouvernements, des industries et des syndicats.

Je suis membre du programme Aéroplan, parce que je voyage beaucoup – au Canada et à l'étranger – pour rencontrer-consulter divers spécialistes et participer à des conférences. En effet la dernière fois que j'ai assisté à un séminaire de l'OCDE à Paris, j'ai profité d'une prime-voyage Aéroplan.

Selon moi, l'Aéroplan est unique en ce qu'il m'offre un plaisir supplémentaire de voyager.



**AIR CANADA**

## Sommaire

**Éditeur**

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

**Conseil d'administration**

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

**Comité exécutif**

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

**Administrateurs**

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

**Directeur général**

Yolande Gingras

**Comité consultatif de rédaction**

Jean Lapointe, directeur  
Gilles G. Bélanger  
Joseph Bouchard  
Jules Delisle  
Hélène Denis  
Pierre Desrochers  
Yves Lizotte  
Paul Édouard Robert

**Rédacteur en chef**

Henri Kélada

**Puclicité**

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

**Composition**

Les Ateliers Chiora inc.  
(514) 341-4066

**Imprimeur**

Presses Élite inc.  
(514) 731-2701

**Abonnements**

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

**Droits d'auteurs**

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

**Courrier de deuxième classe**

Enregistrement no 5788

## 2 La fabrication assistée par ordinateur: une nécessité par Joseph A. Bouchard, ing.

## 3 Automatismes, CAO-FAO et robotique... par Rinaldo Somenzi

## 5 La commande numérique par Paul Marmion, ing.

## 8 Les automates programmables par Roger Arbour, ing.

## 13 La robotique au Québec par Michel Blouin, ing.

## 25 L'atelier flexible par Louise Quesnel, ing.

## 30 Organisation cellulaire des ateliers par Claude Olivier, ing.

# introduction

## La fabrication assistée par ordinateur, une nécessité

Le présent numéro est consacré à la «Fabrication assistée par ordinateur» (FAO). Il a comme premier objectif de sensibiliser les ingénieurs à l'importance de cette approche où l'on observe la pénétration en force de l'ordinateur dans les moyens de production. Le deuxième objectif est d'apporter un éclairage particulier sur les problèmes que l'on peut rencontrer dans l'implantation de tels systèmes, non pas dans le but de dissuader quiconque sur la pertinence de l'introduction et de l'implantation de la FAO mais plutôt dans le but de partager le fruit de l'expérience des auteurs lors de la réalisation de tels systèmes. La question qu'on doit se poser n'est pas de savoir s'il faut introduire la FAO mais plutôt *quand* et *comment* on doit le faire. La survie des entreprises *d'ici* en dépend afin de pouvoir concurrencer les entreprises qui l'ont déjà fait *ailleurs*.

L'automatisation de la fabrication dont on parle dans ce numéro est évidemment l'automatisation flexible ou informatisée qui s'applique non seulement à la robotique, qui n'en est qu'une petite partie, surtout au Québec, mais à l'ensemble des processus de production, ensemble désigné maintenant sous le vocable de *productique*. Cela comprend les systèmes de conception et fabrication assistées par ordinateurs CFAO, les machines-outils à commande numérique (MOCN), les automates programmables, les robots, les convoyeurs et autres organes de manutention. Ces systèmes qui sont tous informatisés sont, pour la plupart, aujourd'hui encore isolés. Ils seront à l'avenir de plus en plus reliés entre eux et intégrés au reste de l'usine pour tendre vers *l'atelier flexible*. Cette intégration des activités sera facilitée par l'utilisation, entre autres, d'outils technologiques tels que les systèmes CFAO, l'organisation cellulaire et les systèmes de gestion informatisée de la production, outils qui sont décrits dans ce numéro.

Jusqu'à ce jour, l'impact de ces technologies a été limité parce qu'elles sont apparues au hasard des progrès technologiques, surtout ceux de l'électronique: les MOCN, suivies des robots, puis des systèmes CAO/FAO des micro-ordinateurs et de l'ordinateur personnel. Aujourd'hui, l'approche intégrée est enfin possible et accessible à la plupart des entreprises, y compris les petites et moyennes entreprises aux micro-ordinateurs et à la micro-informatique en général. Les coûts reliés à l'achat, à l'implantation et à l'entretien du matériel informatique baissent continuellement tandis que les systèmes deviennent plus performants, plus fiables, moins encombrants et capables de communiquer entre eux.

Enfin, grâce à la FAO, et les Japonais l'ont bien prouvé, la fonction Production et le personnel qui y œuvre, reprennent dans l'entreprise une place de première importance. En effet, la production de biens ou de services de qualité à des coûts inférieurs à ceux d'un concurrent est la seule garantie de réussite, voire de survie d'une entreprise. Tout entreprise doit penser et œuvrer dans un contexte mondial de libre-échange où le consommateur devient plus exigeant, mieux informé et, de plus en plus, libre de choisir ses produits.

Joseph A. Bouchard  
coordonnateur

---

M. Joseph Bouchard est diplômé de l'Université Laval en génie électrique. Il a œuvré pendant une quinzaine d'années à la firme Sperry Rand dans la recherche et le développement des machines-outils à commande numérique et des robots industriels. Il œuvre actuellement dans l'enseignement et la recherche; il est professeur et directeur du département de Production automatisée à l'École de technologie supérieure de l'Université du Québec.

## Automatismes, CAO-FAO et robotique...

Rinaldo Somenzi

*Le développement de plus en plus rapide de l'électronique a permis l'émergence de techniques de production que l'on retrouve désignées sous le nom générique de «Conception et fabrication assistée par ordinateur»: CAO-FAO ou CAD/CAM en anglais. On y retrouve autant la capacité de concevoir par ordinateur que celle de produire en utilisant des automatismes de commande et de contrôle; ce qui comprend les automatismes locaux ou centralisés, les automatismes dédiés à des fonctions bien précises, les robots industriels ainsi que les ateliers et usines flexibles, actuellement en développement dans plusieurs pays. Ces automatismes s'adressent à toute la gamme des activités que l'on retrouve dans une usine, des opérations d'entrepôt jusqu'au contrôle de qualité.*

### Définir la robotique

On oppose souvent la définition japonaise à celles plus limitées utilisées généralement en Amérique et en Europe. Celles-ci sont axées sur les termes «reprogrammables» et «multifonctionnels» qui présupposent qu'un robot doit faire preuve — pour porter ce nom — d'une certaine versatilité. Cependant même là, on s'aperçoit que les évaluations s'appuyant sur ces deux préalables varient parfois considérablement selon les sources.

L'importance de cette constatation apparaît cependant lorsqu'on tente d'évaluer le nombre de robots actuellement en usage. Selon les Japonais eux-mêmes, il y avait quelques 138 000 robots dans ce pays en 1981 alors que les sources occidentales, plus conservatrices, les évaluaient générale-

ment à 50 000 unités, ce qui est encore considérable.

Ceci explique l'éventail des produits auxquels on accole cette définition de robot. On trouve effectivement, dans un ordre où l'on peut voir une progression dans la complexité des appareils, des manipulateurs à séquence fixe, des manipulateurs à séquence variable, des robots de type «play back», des robots à contrôle numérique et finalement des robots dits «intelligents», dotés de la capacité de saisir dans une certaine mesure, leur environnement.

*Le robot est un instrument de production et, à ce titre, fait partie de l'ensemble des technologies de fabrication assistées par ordinateur. (FAO).*

### Avantages de la robotique

Les avantages que l'on reconnaît généralement aux robots industriels sont de deux ordres. Sur le plan de l'investissement, on s'entend généralement pour reconnaître que l'installation d'un milieu de travail propre au robot peut jusqu'à doubler le prix de celui-ci. Comme on l'a déjà souligné, la hausse des coûts de main-d'œuvre aide à justifier l'utilisation des robots, surtout si cette utilisation favorise un rendement investi intéressant sur le capital investi. Soulignons qu'au Japon, ce rendement doit être de moins de 2 ans pour être justifié. En outre, le robot ne travaille pas nécessairement plus vite qu'un employé mais son rythme de travail est plus régulier; de plus, il offre l'occasion de pouvoir allonger la durée de travail sans problèmes; ce qui se traduit par une meilleure constance dans la qualité des produits finis et une productivité plus élevée.

Quelles que soient les raisons invoquées, il n'en demeure pas moins que les robots, et les automatismes en général, ont démontré leur rentabilité à l'extérieur du Canada. Ne prenons comme exemple que le Japon, où l'utilisation intensive d'automatismes a permis de produire des biens à faible coût et de qualité bien reconnue. Il n'y a qu'à voir le succès des produits japonais dans différents secteurs.

### La situation au Canada et au Québec

Chez nous, l'intérêt a été très marqué au cours des dernières années; le gouvernement et l'industrie ont entrepris des actions concrètes afin d'adopter ces technologies et de participer à leur évolution. Plus que la CAO, la FAO exige pour son application une expertise disponible et spécifique à la réalité des différents secteurs industriels, des divers clients. Souvent la mise au point de produits complémentaires est essentielle au succès des implantations. Et, comme on le sait, la mécanique, l'électronique et les logiciels y ont une importante part.

Mentionnons, en outre, qu'avec l'avènement de la technologie CAO-FAO, il devient de plus en plus évident que la conception de l'usine est aussi importante que celle du produit. De plus, l'évolution amènera graduellement l'incorporation de la technologie CAO-FAO dans des systèmes intégrés de conception et de production. Enfin, les secteurs clés de l'économie devront suivre le rythme d'évolution des secteurs concurrentiels à l'échelle internationale en ce qui concerne l'utilisation de la CAO-FAO, sinon le secteur industriel risque de devenir encore moins concurrentiel qu'il ne l'est actuellement.

### Facteurs à considérer

Le futur utilisateur devra cependant tenir compte des avertissements lancés par nombre de spécialistes. On peut les résumer ainsi:

1. Plusieurs automatismes pourraient éventuellement remplir une même tâche;
2. Le coût d'installation d'automatismes dits «sophistiqués» comprend des coûts générés par d'autres considérations telles l'aménagement de l'espace, les équipements destinés à travailler avec ceux-ci, l'apprentissage et la mise au point lors des implantations elles-mêmes.
3. On doit procéder au choix des automatismes sur la base d'une bonne connaissance de la tâche à automatiser.

M. Rinaldo Somenzi est diplômé en mécanique, il a suivi des cours en administration. Il est actuellement agent de développement industriel à la direction générale de l'économie industrielle du Ministère de l'Industrie et du Commerce. Avant de se joindre au ministère M. Somenzi a travaillé dans plusieurs entreprises à l'étranger et au Québec.

La compétitivité du secteur industriel est le principe de base qui doit demeurer l'objectif qui sous-tend l'action des différents intervenants.

### Productivité du procédé

Toutes les technologies robotique, CAO-FAO, productique et automatique concourent à améliorer la productivité en automatisant le procédé. Or un premier point à considérer lorsqu'on aborde l'automatisation est le suivant: il faut éviter de centrer l'attention sur le robot industriel qui est un moyen de production: c'est le procédé industriel dans son ensemble et les tâches où le robot peut constituer une alternative rentable qui méritent vraiment l'intérêt.

Le robot industriel, la conception assistée par ordinateur, la fabrication assistée par ordinateur, les machines spécialisées, à contrôle numérique, plus ou moins supervisées par ordinateur, les asservissements mécaniques, hydrauliques et autres, les systèmes de fabrication flexibles, etc... constituent tous des solutions à l'automatisation qui, en plus, peuvent être en concurrence.

Afin de tenir compte de ce point, nous proposons l'expression «automatismes industriels» avec la définition suivante:

*On peut donc parler d'«automatismes industriels», définis comme des dispositifs permettant d'exécuter une opération ou un ensemble d'opérations avec peu ou pas d'intervention humaine.*

L'automatisation industrielle fait appel, comme on l'a vu, à une certaine quantité de produits et de technologies. Deux aspects sont à considérer:

- D'abord on remarque la gamme variée des disciplines qui touchent à ce domaine. Ainsi on dit que la robotique est la confection de la mécanique, de l'électronique et de l'informatique;
- Ensuite, on observe l'étendue de la gamme de produits. Le problème est alors de déterminer l'alternative qui convient le mieux à une situation donnée et comment l'évaluer.

Une démarche menant à l'adoption éventuelle d'automatisme

de devra tenir compte de ces faits. Ceci est encore plus vrai pour les nouvelles technologies de production qui sont basées sur l'utilisation de l'informatique.

### Le transfert de technologie

Tout cela mène directement au problème du transfert technologique dans ce secteur. Les nouvelles technologies dont on parle ont déjà un long historique dans d'autres pays; elles nous ont atteint surtout par diffusion, mais elles ont aussi attiré l'attention à cause des récentes difficultés économiques et de l'exemple du Japon qu'on se plaît à citer pour ses réussites économiques durant même cette période. La dernière crise a donc mis une certaine urgence d'y orienter nos préoccupations comme société industrielle qui veut le demeurer. Toujours est-il que nous accusons un certain retard dans l'utilisation de ces technologies.

L'évolution de ces technologies ne s'est pas faite du jour au lendemain; on parle parfois de 20 ans d'évolution. Cette évolution ne s'est pas faite sans une bonne dose d'expérimentation; il serait donc illusoire de reprendre à zéro ce que d'autres ont réalisé. En effet, les produits offerts sont généralement jugés de bonne qualité et efficaces par rapport aux tâches auxquelles ils se destinent. Ce fait est compris au niveau international où les grands producteurs de ces technologies s'associent entre eux ce qui présente certainement un avantage pour la mise en marché, mais aussi vraisemblablement pour les échanges sur les expertises réciproques. Pour répondre au plus grand nombre de situations possibles, il faut disposer d'un large éventail de produits et d'un service après-vente rapide et efficace.

Ceci présente l'ensemble de la problématique du transfert technologique. Elle peut être exprimée en quatre points: l'information, la formation, la fabrication et l'utilisation.

### L'information

Les réussites et les échecs faits ailleurs sont peut-être la meil-

leure source d'informations afin d'orienter un choix de technologie. Le premier robot à installer devrait être vu préférentiellement dans une optique d'apprentissage et non dans une optique de grande rentabilité.

Une enquête réalisée en France en 1982, montrait que les petites et moyennes industries (PMI) françaises qui entretenaient des intentions d'achat de technologies informatisées, incluant celle de production, étaient les entreprises qui avaient jusqu'à un certain point réussi l'implantation de ce type de technologie sous une forme ou une autre.

Enfin en 1983, une étude réalisée à l'université d'Ashton en Angleterre mentionnait, parmi les éléments facilitant une implantation réussie, l'importance d'une expérience préalable. Cette étude sur l'adoption de robots industriels, a été menée auprès de 32 entreprises au cours des deux années précédentes.

### La formation

La formation préoccupe aussi les pays étrangers. On s'y interroge sur l'enseignement à donner: faut-il former à l'utilisation ou à la fabrication de ces technologies et comment? Comme aucun automatisme n'est d'application universelle, les deux avenues sont à considérer. La tendance est fortement aux échanges d'expériences dans les principaux forums internationaux.

Des ressources permettant de réaliser ce transfert technologique existent dans les milieux de l'enseignement, mais aussi dans l'industrie elle-même.

### Utilisation des technologies

Un quatrième aspect où l'on retrouve la nécessité d'un transfert technologique est celui qui semble le plus important, c'est celui de l'utilisation de ces technologies.

Un fait intéressant à noter est que ces technologies ont d'abord été réalisées pour répondre aux besoins de la grande entreprise, surtout dans les sec-

(suite à la page 15)

À la société Pratt et Whitney

## La commande numérique

par Paul Marmion, ing.

*L'emploi de la commande numérique (CN) et de la commande numérique par ordinateur (CNC) à la société Pratt et Whitney (Canada) remonte à la fin des années 50. Aujourd'hui, le parc de machines-outils à commande numérique (MOCN) de cette entreprise compte plus de 120 unités. L'emploi de ces machines ne se restreint pas aux opérations générales d'usinage telles que le tournage et le fraisage; il s'est étendu récemment à la rectification (y compris celle des engrenages) et au soudage. Les objectifs visés à l'origine — des temps de réglage et d'usinage plus courts qu'avec les machines-outils manuelles — ont été atteints.*

*Il ne faudrait pas cependant s'arrêter en si bon chemin. Ces dernières années, notamment, on a constaté que les MOCN permettent de rentabiliser certaines productions qui étaient déficitaires. Dans cet article, nous observerons certaines tendances actuelles et proposerons des façons de les mettre à profit.*

### Avantages de la commande numérique

Les premières MOCN avaient pour mission de produire, sur une seule et même machine, des pièces qu'il aurait fallu transférer sur trois ou quatre machines-outils ordinaires. Dans le cas des tours, les temps de réglage ont été réduits et les vitesses d'avance et de coupe ont été optimisées. Quant aux centres d'usinage, des changements d'outil rapides ont permis l'usinage de nombreuses formes de pièce avec un seul et même montage. Les arguments finan-

ciers avancés pour justifier l'achat de ces équipements évoquaient — sans toutefois les quantifier — la normalisation de l'outillage et la réduction des délais de production. Signalons que la diminution constatée depuis 5 à 10 ans dans la taille des lots de production s'est trouvée grandement facilitée par l'emploi de la commande numérique.

### Coût de l'outillage

Dans le cas des tours, des économies d'outillage ont été réalisées par l'abandon de nombreux outils de coupe non standard, surtout ceux à profil spécial, au profit de plaquettes universelles. Dans le cas des fraiseuses, on peut maintenant usiner toutes les formes d'une même pièce avec un seul montage: la commande de l'outil dans tous les axes permet l'usinage direct de nombreuses surfaces obliques, sans accessoires de montage complexes.

En même temps, il est devenu possible d'uniformiser les outils de coupe à un degré pratiquement inimaginable avec des machines manuelles: aujourd'hui, le passage d'une pièce à une autre sur une MOCN ne demande souvent qu'un changement d'outillage très réduit. La vitesse de cheminement d'une pièce dans l'atelier étant tributaire du nombre d'étapes d'usinage successives nécessaires, le nombre réduit de ces étapes sur MOCN raccourcit d'autant le délai de production.

L'impact de cette technologie sur les produits eux-mêmes est certes difficile à quantifier, mais est nettement perceptible. Par exemple, la partie de la géométrie de la pièce matérialisée par le montage dans le cas d'une machine manuelle — notamment les surfaces obliques — l'est maintenant par la bande perforée, modifiable rapidement et à très faible coût. Il devient donc beaucoup plus facile et moins coûteux d'optimiser la forme de la pièce au cours du programme de développement. Deux autres facteurs ont aussi contribué à l'amélioration du produit.

Premièrement, la commande numérique a aidé les ateliers de production à atteindre à moindres frais des tolérances d'usinage données; l'entreprise a donc pu livrer des pièces de plus grande qualité

et supérieures du point de vue fonctionnel sans allonger pour autant le délai de production. Deuxièmement, les pièces très complexes, notamment à surfaces gauches, qu'il fallait naguère usiner à la main ont pu être produites de dix à vingt fois plus vite sur MOCN, et avec une géométrie rigoureusement identique d'un exemplaire à l'autre: cette uniformité a souvent eu un effet tangible sur les performances des moteurs produits par cette société.

### Flexibilité des lignes de production

Certaines orientations adoptées en même temps que la commande numérique ont conféré à l'atelier de production une plus grande flexibilité. D'abord, on a cherché à donner aux contremaîtres de production la responsabilité complète d'un type de pièce; dans bien des cas, la polyvalence des MOCN constituait un préalable essentiel. Ensuite, on a cherché à répartir entre les diverses lignes des machines ayant des mandrins, un outillage et des modes de commande semblables, de façon à ce que les pointes de production d'une ligne puissent être, au besoin, absorbées par une autre. Enfin, on s'y efforce d'uniformiser le mode de commande des lignes de production afin d'aider l'opérateur à passer facilement d'une machine à l'autre.

### Préparation des bandes perforées

Vers la fin des années 60, on a pris conscience que la simple utilisation d'une MOCN ne suffisait pas en soi à matérialiser tous les avantages possibles de cette technologie. Trois secteurs méritaient une attention particulière: les tâches de l'opérateur, la préparation des bandes perforées et l'ordonnancement de la production. Avec l'avènement de la CNC, il est devenu clair que le calcul du point d'origine, la modification de la bande et aujourd'hui la production de la bande pouvaient se faire localement.

Dans un atelier de production, on suppose normalement que le processus est suffisamment optimisé pour que toute intervention de la part de l'opérateur contribue à allonger le délai de pro-

M. Paul Marmion est à l'emploi de Pratt & Whitney Canada Inc. Il y occupe le poste de chef de l'ingénierie avancée de production. Ses responsabilités comprennent l'orientation à prendre dans l'introduction des techniques assistées par ordinateur. Celles-ci visent à aider les ingénieurs de production dans leurs tâches et à implanter des techniques basées sur l'ordinateur dans les divers ateliers. M. Marmion est diplômé en génie mécanique, il est membre de l'ordre des ingénieurs du Québec.

duction. On a néanmoins équipé la salle d'outillage et l'atelier expérimental de machines permettant à l'opérateur de définir son programme, on a formé l'opérateur en conséquence. Il a toujours semblé utile de stocker le plus de commandes possible directement dans la mémoire des MOCN; c'est pourquoi on a cherché à exploiter les macro-instructions et les cycles fixes. Toutefois, pour les matériaux qui sont à travailler, ces fonctions spéciales ne se sont pas révélées tellement utiles.

Le système de préparation des bandes perforées qui était à l'origine entièrement manuel, s'est doté au fil des ans de post-processeurs «maison» puis de post-processeurs commerciaux (l'entrée des données demeurant manuelle), pour être enfin intégré à un système de CFAO interactif. Le but était d'épargner au préparateur le plus de calculs possible et de lui permettre d'utiliser directement les données d'ordre géométrique issues du bureau d'études; en outre, il fallait que les bandes puissent être produites par n'importe quel préparateur puisque personne ne devait être employé à plein temps à leur préparation.

Comme on peut s'attendre à utiliser les MOCN pendant encore une vingtaine d'années, il est important — et très difficile, même aujourd'hui — de trouver un système de préparation de bandes perforées dont le matériel et le logiciel soient suffisamment indépendants pour être adaptables aux progrès constants de l'informatique. Il est capital de savoir peser soigneusement les avantages à court et à long terme avant d'envisager tout changement de cap à cet égard.

### La commande numérique dans une grande entreprise

Dans une entreprise de grande taille, la commande numérique suscite d'autres préoccupations. À mesure que le parc de MOCN s'agrandit, la variété des machines augmente; on se retrouve alors avec plusieurs machines spéciales qui exécutent un travail impeccable, mais qui présentent des difficultés d'«interfaçage». Les unités de commande de ces machines sont souvent con-

çues en fonction d'un système précis de préparation des bandes perforées, le tout exigeant un matériel informatique bien spécial. Bien souvent, ce type d'équipement «plafonne» à une phase particulière de l'évolution de la commande numérique, ne fonctionne bien que pour une application très étroite et se prête mal à l'expansion ou à l'intégration. C'est d'ailleurs cette argumentation qui dans une certaine mesure a joué contre la généralisation de la commande numérique directe (CND), qui consiste à transmettre électroniquement les programmes d'usinage aux machines-outils.

La préparation de la bande perforée n'est qu'une des nombreuses étapes dans la définition de la pièce et de sa gamme de fabrication, et représente donc un assez faible pourcentage du travail global de production d'une pièce. Toutefois, comme la commande numérique exige du préparateur qu'il connaisse à fond le fonctionnement de l'atelier et les possibilités des machines-outils, son implantation a contribué à centraliser ces connaissances qui, il y a vingt ans, se situaient au niveau des opérateurs.

### L'avenir

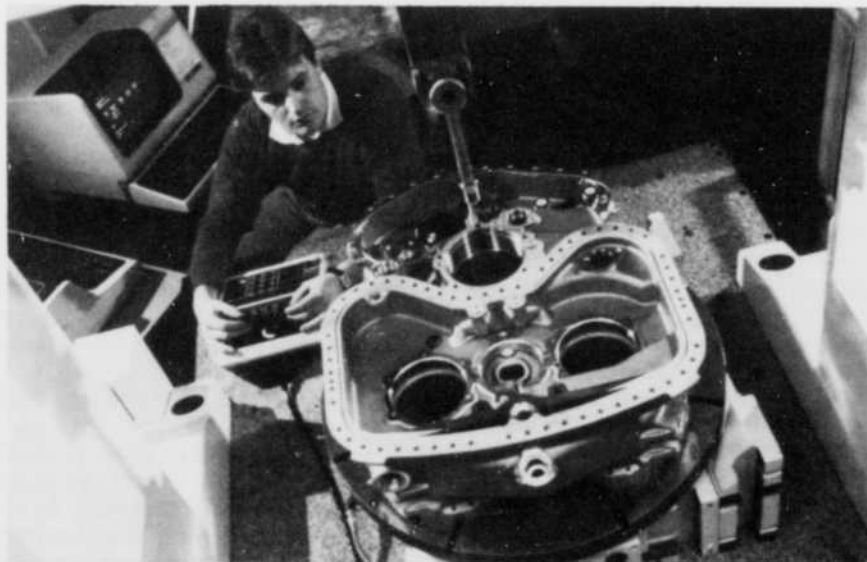
Quant à savoir quelle sera l'évolution future des machines à commande numérique, le mieux est d'observer l'évolution technologique actuelle à la lumière de l'expérience acquise.

### Conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO)

Les changements les plus marquants se situent dans le domaine de la CFAO. La plupart des systèmes de CFAO offrent maintenant des fonctions suffisamment étendues et à un prix abordable pour une grande entreprise. Comme la gamme d'usinage est étroitement liée à la définition géométrique de la pièce, il est vital de pouvoir intégrer toutes les données sur les produits dans une même base de données.

Le fait de pouvoir évaluer dynamiquement les performances, le poids et le coût de la pièce et établir un compromis optimal entre ces divers facteurs garantit des gains appréciables dans le développement des produits. Aujourd'hui, plusieurs systèmes de CFAO intègrent la modélisation par éléments finis, le dessin et la préparation des programmes de commande numérique; ces systèmes répercutent automatiquement sur le programme d'usinage tout changement apporté au dessin.

Un autre grand avantage de la CFAO est qu'elle permet de raccourcir encore davantage les délais de production. En poursuivant la rationalisation des outillages et en réévaluant avec soin certaines méthodes d'outillage, on peut réduire le délai de production de nombreux outils de 70 à 80 pour cent. C'est là un gain très important, car la production de l'outillage entraîne de nombreuses at-



tentes et peut représenter jusqu'à 60 pour cent du délai de démarrage de la production.

La CFAO permet non seulement de définir les modalités d'exécution d'une pièce nettement plus vite que les méthodes manuelles, mais aussi de réagir presque instantanément aux changements apportés au produit. Un tel outil de travail, combiné à la flexibilité de la commande numérique, se révèle extrêmement précieux car il permet à l'information et aux matériels de circuler au même rythme à l'intérieur de l'entreprise.

### Nouvelles possibilités d'usinage

La puissance combinée de la CFAO et de la commande numérique, nous l'avons dit, facilite la réalisation de nombreuses surfaces gauches. Au début des années 70, on a des systèmes intégrés d'analyse et de préparation de programmes d'usinage spécifiques à certaines pièces; de tels systèmes, cependant, restaient généralement limités à une géométrie particulière. De nos jours, les systèmes de CFAO calculent les trajectoires d'outil pour n'importe quelle surface et assurent une commande intégrale de l'outil; toutefois, les avantages concrets ne se sont matérialisés que très récemment, lorsque la commande numérique a atteint une puissance de calcul permettant de commander des incréments de mouvement très fins au moins aussi vite que le mouvement réel de l'outil. Même dans le cas de fraiseuses lentes, c'est là un avantage très important. Ainsi, l'usinage de surfaces très complexes est devenu presque aussi abordable que l'usinage de surfaces simples.

### Communication des données

Une fois le programme de commande numérique créé par le système de CFAO, il reste à le communiquer à la machine-outil. Ce n'est pas la chose difficile; toutefois, a-t-on suffisamment réfléchi à la nature même des données qu'il est utile de communiquer? Nous tenons pour acquis que ces données se limitent au programme (en APT ou en langage machine). Or, si on veut maintenir la flexibilité actuelle, on doit être capables

de transférer l'information d'une machine à l'autre sans avoir à la «retraduire» sans cesse. Du reste, à la société Pratt et Whitney (Canada), la taille des lots diminue, les produits évoluent plus vite et des changements peuvent être apportés à tout moment, jusqu'à la production finale. Le préparateur doit donc passer plus de temps à la machine pour vérifier l'efficacité de son programme, et il devient rentable de lui fournir un terminal à même la machine. Les unités de commande CNC modernes sont très puissantes; certaines peuvent même faire de l'émulation de terminal, mais il reste encore des lacunes quant à la communication et à la structure de base de données décentralisées.

Dans les installations de production, l'opérateur d'une MOCN a besoin du programme d'usinage ainsi que de divers paramètres de base. Une distribution efficace de ces données ainsi que la capacité de modifier entièrement celles-ci sont essentielles pour un système de CNC, sans oublier des moyens de contrôler l'ensemble des activités de production.

La nouvelle génération d'unités de commande offre plusieurs avantages pour l'opérateur de MOCN; toutefois, la plupart d'entre eux s'appliquent aux ateliers «hors production», c'est-à-dire à l'atelier expérimental et à la salle d'outillage. Par ailleurs, le personnel d'entretien bénéficie d'un avantage important: comme les programmes d'exploitation et de diagnostic peuvent maintenant résider sur disque, la machine peut être redémarrée sans délai, les changements dans le programme d'exécution sont plus faciles et les programmes de diagnostic fonctionnent plus rapidement.

### Intégration au contrôle de la qualité

Comme il a déjà été mentionné, la tendance est à intégrer la commande numérique à l'ensemble des systèmes informatiques que l'entreprise. Un des systèmes auxquels on compte intégrer la commande numérique est le *contrôle de la qualité*. De nombreuses MOCN modernes offrent des fonctions de palpé de l'outil et de la pièce produite; certaines rectifieuses d'engrenages ne font pas que mesurer la pièce produite,

mais corrigent ensuite chacun des axes de façon à rapprocher la pièce suivante des cotes nominales. Cette fonction, combinée avec la compensation d'erreur des vis-mères, contribue à la précision des pièces.

Ce qui semble manquer jusqu'ici, c'est la possibilité de mesurer et de contrôler en temps réel le processus d'usinage; la puissance de calcul adéquate est maintenant offerte à un prix abordable, mais les logiciels sont encore peu développés. En mesurant les paramètres essentiels d'usinage et en asservissant la trajectoire d'outil aux résultats obtenus, on améliore la qualité des pièces et on réduit le besoin d'inspecter les pièces après leur production — c'est-à-dire trop tard.

### La stratégie future

La société Pratt et Whitney (Canada) fait des investissements notables à Halifax pour mettre à profit les avantages décrits ci-dessus. Elle investit également dans ses installations de Montréal pour accélérer leur automatisation.

### En conclusion

La préoccupation essentielle des responsables est que les investissements importants que représentent les MOCN et la technologie annexe ne soient pas mis en péril par une obsolescence précoce. Ce n'est pas là une tâche facile: plusieurs nouveaux produits offrent toutes sortes d'avantages, mais l'expérience montre que le fournisseur peut avoir disparu dans trois ans ou ne sera plus intéressé à assurer le suivi du produit.

C'est pourquoi, lorsqu'il s'agit d'intégrer les nouvelles technologies dans une entreprise comme Pratt et Whitney (Canada), il faut s'assurer que le matériel choisi s'inscrit dans une évolution rationnelle et qu'il ne s'agit pas d'une innovation spectaculaire mais non véritablement assimilable. Cela dit, la commande numérique ouvre effectivement des perspectives très intéressantes, tant pour les méthodes de production que pour les performances des produits.

## Les automates programmables

Roger Arbour, ing.

L'industrie de l'alimentation et des boissons est très propice à l'automatisation. Le procédé brassicole étant essentiellement un procédé « par lot » (batch), les étapes du procédé peuvent facilement être automatisées.

Cependant, cette industrie, qui a toujours été assez conservatrice, ne pouvait se considérer il y a quelques années à peine, à la fine pointe de la technologie. Maintenant, grâce au nouveau contexte économique qui a forcé les brasseries à innover, ainsi qu'au développement rapide des technologies de contrôle de procédé, on a repris le terrain perdu.

La brasserie Molson a entrepris son programme de modernisation au début des années 80. À cette époque, les responsables avaient décidé de bâtir une nouvelle salle de brassage pour remplacer les équipements datant de 1954, de construire un groupe de réservoirs de fermentation extérieurs d'une capacité de 9000 hl chacun et d'acheter un nouveau filtre final pour augmenter la capacité de production. Ces investissements totalisaient environ quarante millions de dollars et avaient tous des échéanciers différents.

Le service d'ingénierie ne comprenait que six ingénieurs, dont deux en électricité et contrôles. Il a fallu donc former des équipes de projets avec l'aide d'experts-conseils pour développer et assurer la réalisation de ces projets.

Les critères de base qui ont été fixés sont les suivants :

**M. Roger Arbour** est diplômé en génie électrique de l'École polytechnique de Montréal.

Il est aussi diplômé de l'Institut de technologie brassicole Siebel de Chicago, et détient des certificats dans le domaine brassicole, de l'Université du Wisconsin. Il a fait des études en gestion de projets.

Il travaille à la brasserie Molson où il a occupé plusieurs postes en génie et en production avant de devenir directeur du Service technique. Il dirige un programme de modernisation et d'expansion de la société Molson.

Il a participé à la Conférence d'étude du Commonwealth au Canada en 1980 et a été conférencier à plusieurs colloques. Il est membre de l'O.I.Q., de la M.B.A.A., de la C.S.A. et de la Chambre de commerce de Montréal.

- la technologie à choisir ne devait pas être périmée dans quelques années;
- la technologie devait être fiable du point de vue performance;
- la technologie devait être accessible aux ingénieurs, électriciens et opérateurs de l'entreprise;
- on ne devait choisir que le niveau de technologie strictement nécessaire pour contrôler le procédé en question, indépendamment du fait qu'il existe des systèmes plus performants;
- il fallait aussi pouvoir standardiser le plus possible les systèmes afin de réduire les besoins en formation, en pièces de rechange, etc.;
- on ne devait pas dépendre de ressources extérieures pour l'entretien des systèmes.

Les projets n'étant pas amorcés en même temps, il a fallu prendre des décisions sur le choix des équipements avant que le plan d'ensemble des nouveaux systèmes de contrôle soit terminé. Il reste qu'en rétrospective, en suivant les critères de base qu'on s'était fixés, on a maintenant un réseau de systèmes de contrôle de procédé qui est logique et fonctionnel.

Bien entendu, le résultat n'est pas celui qu'on aurait obtenu si on avait planifié la construction d'une usine neuve avec un système intégré. Mais, ceux qui ont eu à changer, par étapes, les systèmes de contrôle d'une usine existante, tout en maintenant la production en marche, savent qu'il faut, dans ces cas, faire parfois des compromis.

Tableau 1 : Caractéristiques du système

### Équipements et appareillage de contrôle — filtre #9

Automate programmable	Allen-Bradley P.L.C. (1774) 12K de mémoire
Écran graphique couleur	Allen-Bradley Advisor
Station manuelle de relevés	Moore
Contrôleur programmable	Fisher & Porter D.C.I.
Imprimante	Taylor
Entrées continues	128 (position de soupapes, indicateurs de pression, ...)
Entrées analogiques	12 (température, débit, niveau, turbidité, ...)
Sorties « continues »	90 (solénoïdes, démarreurs, ...)
Sorties analogiques	4 (soupapes de contrôle, ...)

Module arithmétique

Module P.I.D. — 4 boucles

Module communication Data Highway

Programmation du filtre #9 7500K de mémoire

### Séquences d'opération

- Séquence de début de semaine (eau)
- Séquence de production
- Séquence de fin de semaine (vider les lignes, nettoyage du filtre)
- Interconnexion avec autres filtres
- Dispositifs d'alarme:
  - niveau des réservoirs
  - qualité du produit:
    - température
    - U.T.F. (turbidité)
    - concentration O<sub>2</sub>
    - concentration CO<sub>2</sub>
  - condition du procédé:
    - débit
    - température
    - pression
    - pression différentielle

— Surveillance et action

### Affichage graphique

- Vue d'ensemble
- Graphiques spécifiques
- Indicateurs analogiques et contrôleurs
- Représentation visuelle du stade de l'opération en cours

### Commande du clavier par l'opérateur

- Séquence
- Choix de bière
- Commande manuelle de moteur ou de soupape
- Contrôleurs analogiques
- Sélection des graphiques
- Confirmation de réception du signal d'alarme (acknowledgement)

### Application en filtration

Jetons tout d'abord un coup d'œil sur le procédé de fabrication. Lorsque la bière a fermenté, la levure est extraite et la bière est filtrée deux fois. Elle est filtrée une première fois et elle est entreposée pour une période d'environ une semaine, afin de permettre la sédimentation des matières protéiniques et d'un restant de levure. Elle est ensuite refroidie à 0°C et filtrée une seconde fois pour assurer une limpidité impeccable à la bière.

Au début, le projet était donc assez simple: il s'agissait d'enlever deux petits filtres secondaires et de les transformer en filtres primaires, puis d'acheter et d'installer un nouveau filtre secondaire automatique de capacité supérieure. Le filtre a été acheté sans les contrôles. Il fallait donc faire la programmation pour pouvoir le mettre en opération. Lors de l'étude des plans préliminaires, le service de brassage exprimait le désir de profiter de ces changements pour améliorer la flexibilité de production; le but était de pouvoir filtrer toutes les marques de bière en passant par n'importe quel filtre, selon les besoins. Auparavant, la tuyauterie était installée de manière à ce que les deux marques principales alimentaient un filtre secondaire existant; toutes les autres marques alimentaient les deux petits filtres, sans possibilité de transfert en cas de panne ou de besoin de capacité additionnelle.

Comme chacune des neuf marques de bière brassées est entreposée dans plusieurs celliers de plusieurs réservoirs, en incluant les réservoirs intermédiaires, on peut comprendre la multitude de combinaisons possibles pour alimenter les deux filtres. Il n'y avait alors qu'une solution à ce problème, celle d'utiliser les soupapes double étanchéité avec arrangement en matrice. Cet arrangement est le plus flexible et permet l'automatisation de la manière la plus simple, tout en occupant le moindre espace possible.

Comme équipement de contrôle, l'automate programmable de Allen-Bradley a été choisi de même que l'écran d'affichage gra-

#### Bénéfices et avantages

- Coût raisonnable de l'équipement
- Fiabilité du système
- Reproduction exacte du procédé
- Centralisation de tous les dispositifs de contrôle au même endroit
- Contrôle sur le procédé
- Modifications faciles à faire
- Dispositifs d'alarme intégrés au système de contrôle
- Valorisation accrue des opérateurs et des techniciens
- Statistiques et informations importantes pour les gestionnaires

Bien que les avantages de l'automatisation soit considérables, elle ne se réalise pas sans difficultés.

#### Inconvénients et contraintes

- Résistance au changement.
  - Appréhension devant la nouvelle technologie
  - Besoins substantiels en formation
  - Complexité technique.
  - Nouveau type de compétence rendu nécessaire
  - Coût du développement de la programmation
  - Modifications trop faciles à faire (abus)
- Documentation des systèmes (logiciels) et gestion de l'information
- Avancement rapide de la technologie d'où désuétude à brève échéance.
- La technologie progresse si rapidement qu'il est difficile de suivre son rythme.

Tableau 2

phique Advisor comme moyen de supervision. Ces équipements permettent maintenant de choisir, à partir du clavier, la marque de bière que l'on veut filtrer, le cellier disponible et le filtre que l'on veut utiliser. Les opérations se déroulent par la suite automatiquement. Les opérations peuvent être commandées manuellement de deux façons: avec le clavier, ou avec les sélecteurs et les contrôleurs du panneau de commande.

### Le nouveau système

Ce nouveau système (tableau 1) fait partie d'un programme d'automatisation du brassage qui sera terminé en 1987 et qui fera en sorte que le procédé du brassage sera contrôlé à partir de trois salles de contrôle. Le procédé de brassage comme tel, de l'arrivée des matières premières jusqu'au refroidissement du moût, est contrôlé par un ordinateur Tay-

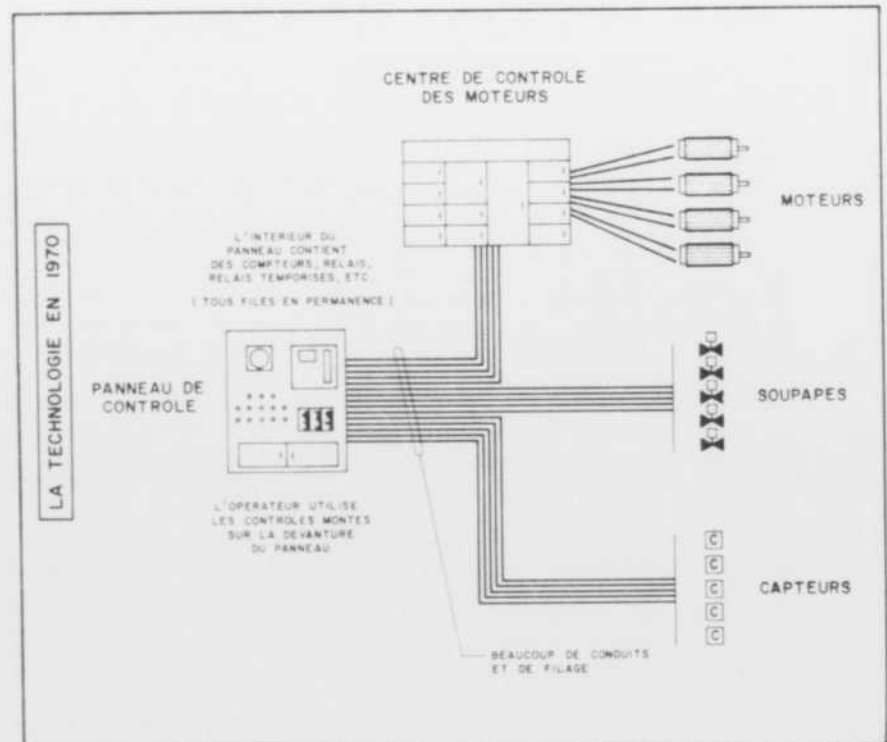


Schéma 1

lor, modèle 3106. Un système A.P.I. Allen-Bradley avec Advisor contrôlera la levure et la distribution du moût refroidi aux celliers de fermentation (ce projet est en cours).

Les schémas numéros 1 à 5 montrent d'une façon simplifiée l'évolution de la technologie de contrôle de procédé depuis 1970.

### Vers la technologie de 1990

Comment passe-t-on maintenant de la technologie de 1985 à 1990? Nous n'avons pas encore trouvé la solution. En trois ans, parallèlement au développement du nouveau système, sont nées des nouvelles générations de matériels et de logiciels!

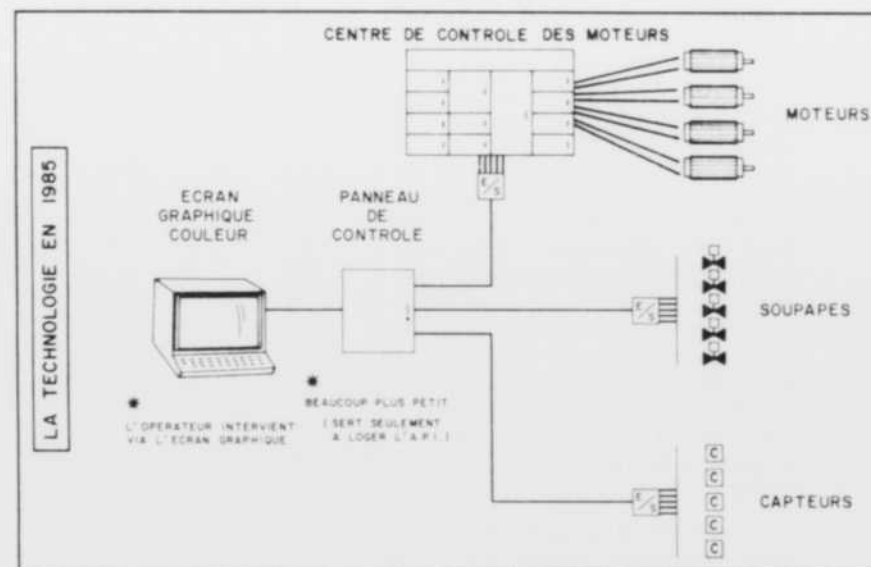
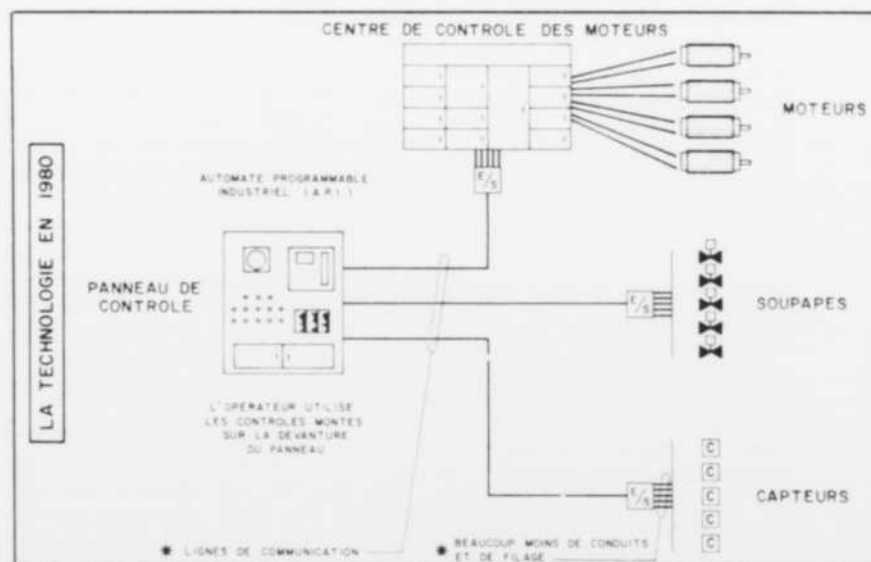
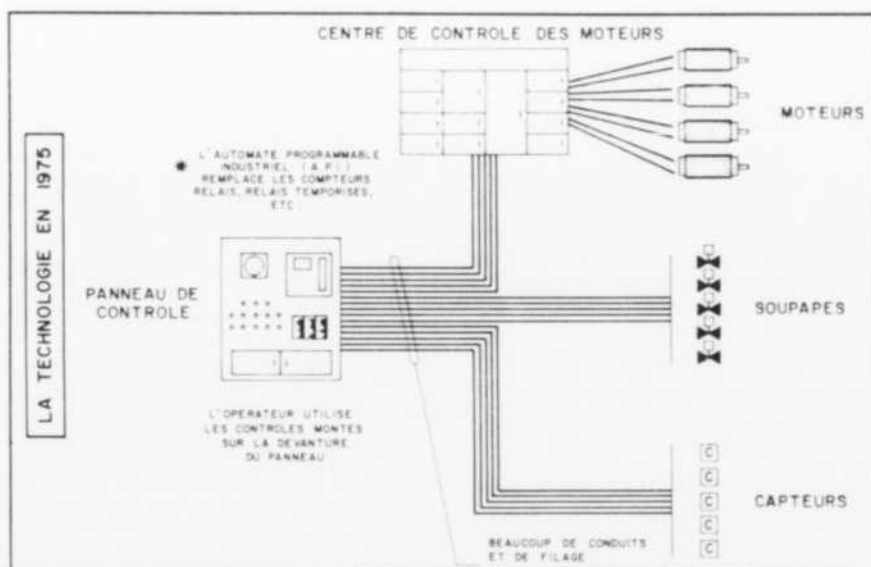
Le principal problème, est que les nouveaux produits ne sont pas compatibles avec les anciens. Ainsi, pour un automate qui est utilisé à pleine capacité, si l'on veut ajouter de nouvelles opérations, l'achat d'un modèle de capacité supérieure exige un nouveau langage de programmation. On ne peut transposer la programmation qu'on a développée, il faut tout refaire. Ceci requiert un nouvel apprentissage tant pour le personnel à qui est confiée la programmation et que pour le personnel affecté à l'entretien de l'équipement.

### Formation

Comme dans tous les autres domaines, il faut donc continuer à évoluer avec la technologie et investir régulièrement dans ce domaine, autant dans l'achat d'équipements que dans la formation des employés. C'est un phénomène irréversible. La formation est indispensable si l'on veut intégrer les employés au processus de transformation de l'usine.

A titre d'exemple, pour le projet de la salle de brassage, on a dû préparer treize semaines-homme de cours en mécanique, quinze semaines-homme pour les électriciens et six semaines-homme pour les opérateurs. Le projet de filtration a demandé dix-sept semaines-homme de formation au total et le projet des réservoirs extérieurs quinze semaines-homme.

La fermentation, l'entreposage aux réservoirs extérieurs et



Schémas 2 à 4

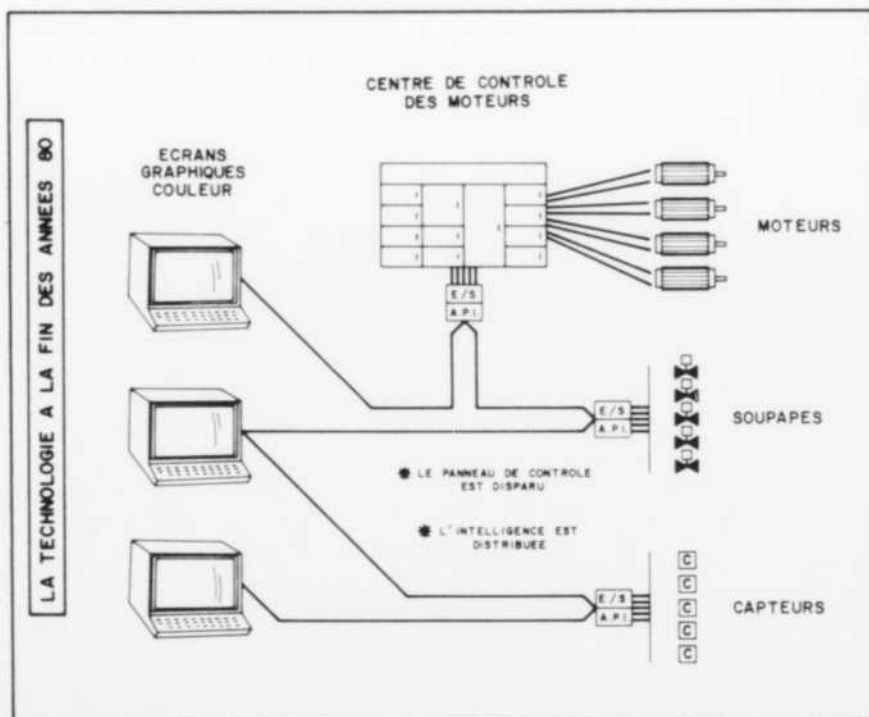


Schéma 5

la filtration jusqu'aux celliers d'embouteillage sont contrôlés par des A.P.I. Allen-Bradley à partir de la salle de contrôle du secteur de la filtration. D'autres équipements sont également contrôlés par des automates programmables. Par exemple, les soutireuses, pour remplir les bouteilles de bière, ainsi que les palettisateurs.

Le tableau 2 résume les avantages et les inconvénients de ce système.

### Documentation et support

De tout ceci il ressort que l'outil le plus important pour l'entretien des systèmes d'opération est le système de documentation des logiciels. Le rapport normal fourni par l'A.P.I. est inutile sans les annotations appropriées que l'on doit ajouter au moyen d'un autre logiciel permettant d'effectuer la mise à jour du programme (editing). Celui qui a été choisi fonctionne sur un ordinateur IBM-PC.

Il faut aussi prévoir des stocks de pièces de rechange, car les A.P.I. deviennent le cœur de l'opération.

### Conclusion

Pour conclure, les automates programmables ont permis d'éta-

blir des systèmes de contrôle fiables qui assurent une supervision constante du procédé pour donner un produit de haute qualité.

Ces nouveaux systèmes de contrôle permettent d'obtenir des brassins beaucoup plus uniformes, car les paramètres sont mieux contrôlés. L'information sur la situation du procédé est immédiate et exhaustive. Elle permet à l'opérateur et au brasseur de prendre rapidement des mesures pour éviter des pertes.

Grâce aux bus de communications (data highways), nous voyons pour l'avenir la possibilité de raccorder les systèmes pour centraliser l'information et générer des rapports automatiques de production qui seraient d'une grande utilité.

Les systèmes automatisés permettent aussi aux gestionnaires d'obtenir des renseignements fondamentaux pour prendre les bonnes décisions afin d'assurer un produit de la plus haute qualité, qui permette à l'entreprise de contrôler la concurrence à l'échelle mondiale.

*l'ingénieur*

## CIMENT ST-LAURENT INC.

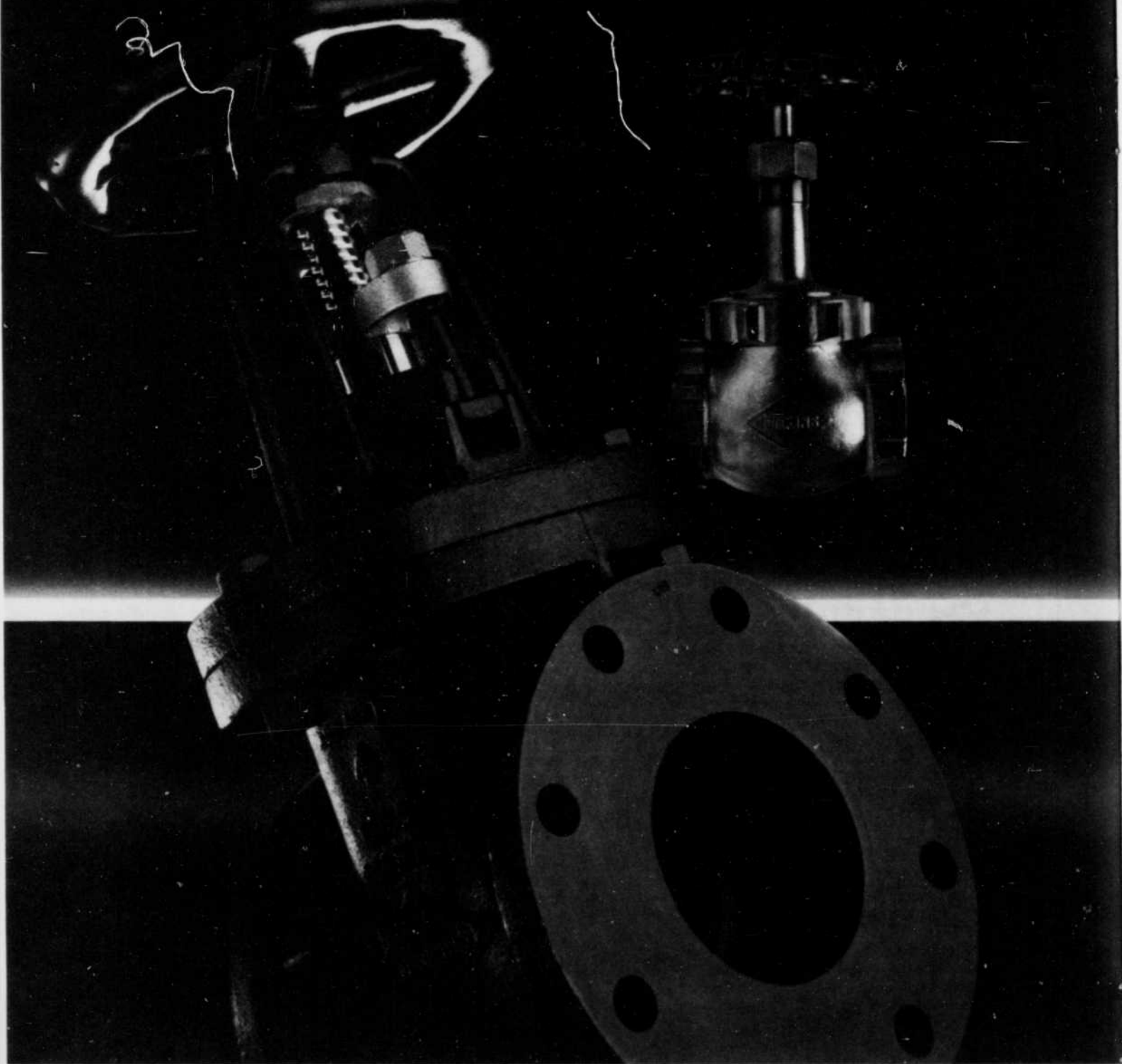
Lors de sa dernière réunion, le Conseil d'administration de Ciment St-Laurent inc. a nommé monsieur Walter F. Penny au poste de président et chef de la direction. Monsieur Penny, qui compte 30 ans de service au sein de l'entreprise, y remplissait les fonctions de président et chef exécutif des opérations depuis 1981. Chef de file de l'industrie cimentière, monsieur Penny fait partie des conseils d'administration de Holderbank Financière Glaris SA en Suisse, de Portland Cement Association aux États-Unis et de Ciment St-Laurent inc. dont le bureau de direction est situé à Ville Mont-Royal, Québec.



Walter F. Penny

Les États-Unis, Ciment St-Laurent inc. dessert le Québec et les Maritimes, l'Ontario et 14 états américains par l'entremise de ses 5 cimenteries, 33 centres de distribution, 66 usines de béton et 31 carrières et sablières. L'entreprise offre également des produits et des services reliés à l'industrie de la construction.

Premier cimentier de l'est du Canada et important exportateur canadien de ciment vers



## LES ROBINETS JENKINS. À LA CONQUÊTE DE L'INFAILLIBILITÉ.

Vous pouvez spécifier Jenkins en toute sécurité, sachant que vous avez choisi la marque la plus fiable dans le monde de la robinetterie. Le nom Jenkins est synonyme de qualité, de durabilité et de disponibilité.

Notre réseau de distribution est à l'échelle du Canada pour assurer que les produits et le service Jenkins soient toujours à votre portée. Renseignez-vous auprès de votre représentant Jenkins.

**JENKINS**

Le spécialiste en robinets



## La robotique au Québec

Michel Blouin, ing.

### Les robots industriels tardent à venir au Québec

La croissance de la population des robots au Québec ne semble pas suivre la courbe des autres pays et prend un retard important par rapport à l'Ontario. Nous pouvons visualiser cette croissance dans les courbes du tableau 1. La première courbe indique le nombre de robots industriels introduits dans nos usines depuis 1980. En 1983, on a introduit 10 robots à l'usine de CGE à Bromont; ceci a substantiellement augmenté la population de ces «collets d'acier». On compte actuellement 47 robots en opération dans l'industrie québécoise. Quoique la deuxième courbe montre un total de 50 robots installés dans l'industrie il faut noter que trois robots ont été retirés parce qu'ils n'étaient pas rentables.

Selon ASEA, cette société aurait vendu 115 robots en Ontario en 1985 contre 2 pour le Québec. Évidemment ces robots sont en majorité utilisés dans l'industrie automobile. Les robots pour le Québec sont en voie d'installation, ils ne sont pas inclus dans les courbes.

Les espoirs étaient grands en 1984 de voir une centaine de robots installés vers 1987 à l'usine de la General Motors à Boisbriand. Mais ces espoirs se sont envolés dernièrement et l'on pourrait même perdre les quelques robots actuellement en opération à cette usine!

Si l'on ajoute à ces robots industriels ceux qui sont installés dans les institutions d'enseignement ou dans les centres de recherche, le total de leur population s'élève alors à 64 robots. Il faut noter que les petits robots didactiques spécialement conçus pour l'enseignement ne sont pas inclus dans ces statistiques. En 1985 ces groupes ont acquis 8 robots et la courbe de croissance semble être beaucoup plus prononcée que celle que l'on voit dans l'industrie. Selon

la quatrième courbe on compte actuellement 17 robots dans ces institutions.

Contrairement au Québec la croissance aux États-Unis semble s'accroître. En 1981, on prévoyait une population de 32,000 robots en l'an 1990. Cette prévision a été modifiée dernièrement à 90,000 robots en l'an 1990 par la RIA (Robotic International of America), tel qu'illustré dans le tableau.

L'introduction des robots au Québec semble beaucoup plus lente que ne l'avait prévu les experts au début des années 80. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce retard:

- La curiosité et l'intérêt soulevé au début des années 80 par la robotique a laissé croire aux experts que les industriels étaient prêts à acheter ces systèmes.
- les robots sont coûteux et demandent une connaissance technique assez avancée.
- il est très difficile de justifier un projet robotisé dans une industrie qui opère seulement 8 heures par jour, ce qui est le cas de la grande majorité de nos entreprises.
- les employés craignent l'effet de la robotique sur leur emploi, et les employeurs hésitent à discuter de ce sujet de peur de créer des conflits avec leurs employés. Les employeurs ne savent pas encore faire face à ce genre de situation et très peu possèdent l'information nécessaire pour entreprendre un dialogue sur le sujet avec les employés.
- la situation économique des industries a également participé au ralentissement de l'entrée des robots. Il est en effet plus facile de congédier des employés si les ventes baissent que se débarrasser d'un robot.
- plusieurs industriels ont été découragés par les problèmes rencontrés par leurs confrères lors de la mise en route de systèmes robotisés.

La situation face à la robotique ne semble pas à notre avantage actuellement si l'on considère le nombre de robots

dans nos industries; la robotique est une nouvelle technologie développée principalement autour de l'industrie automobile. Nos industries diffèrent beaucoup des industries américaines. Il faudra donc prendre le temps d'adapter la robotique à nos industries et d'y trouver des applications et de les développer nous-mêmes.

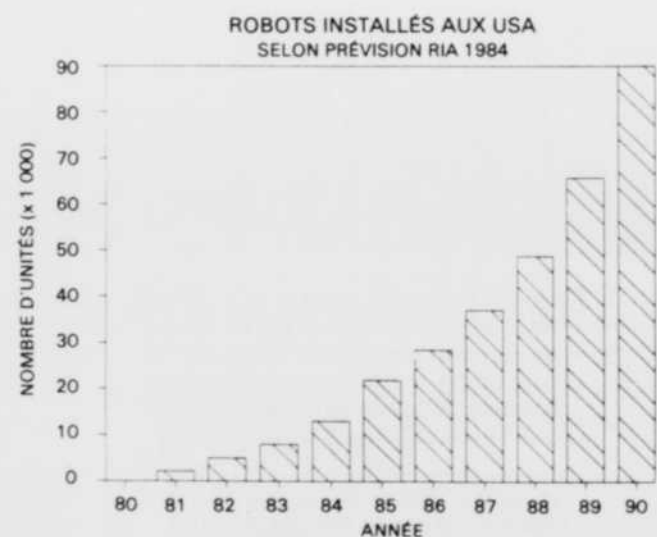
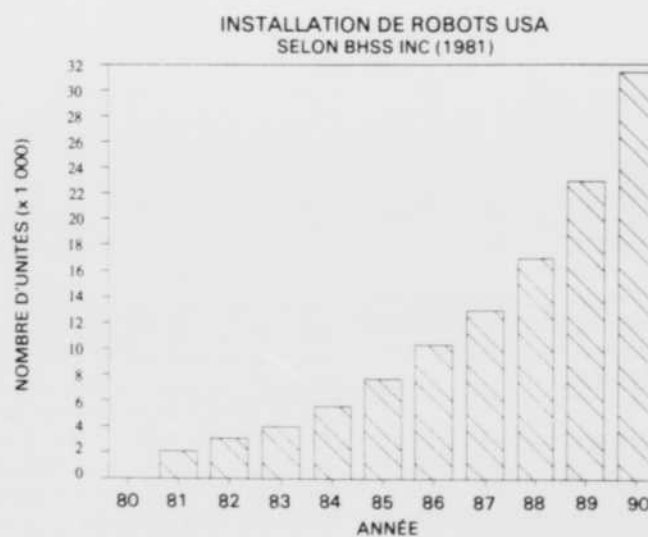
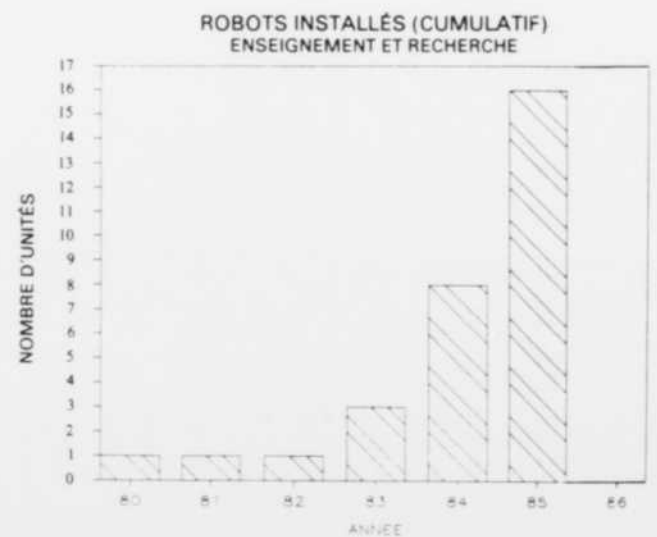
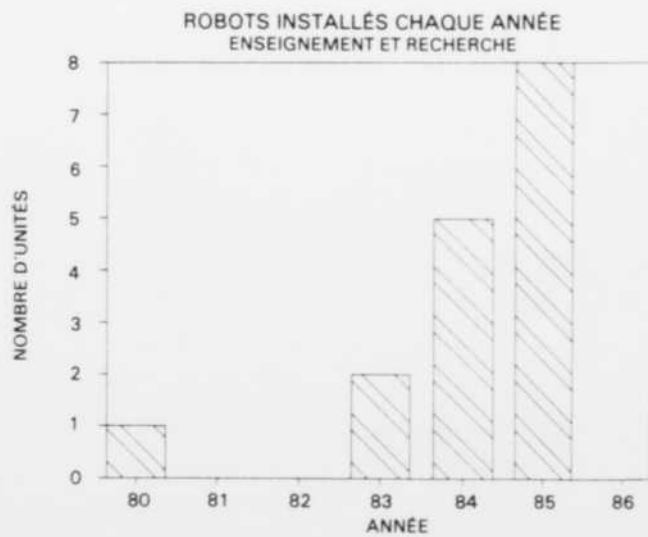
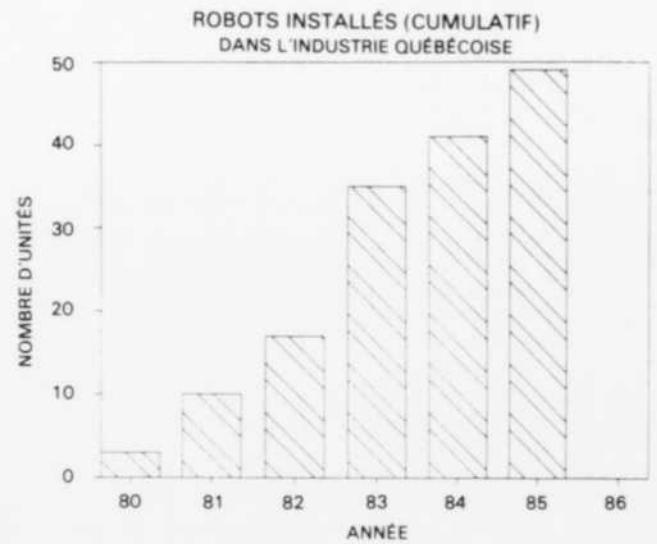
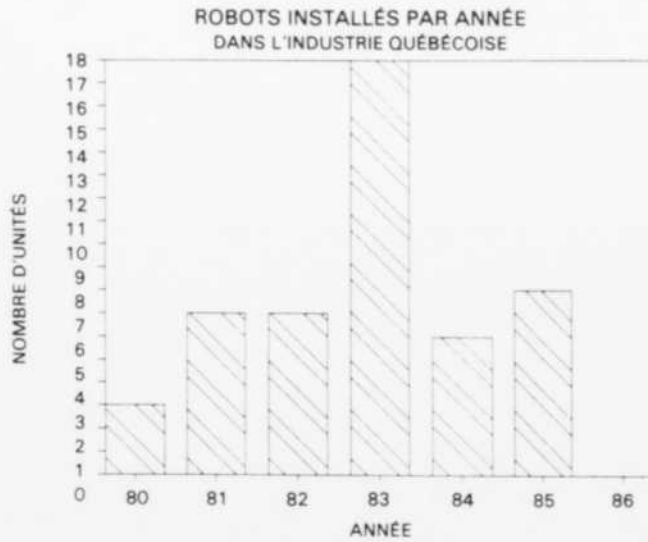
Les robots offrent de la souplesse, de la rapidité, de la force, de la ténacité et on ne peut les ignorer dans une approche d'automatisation et de rentabilisation des industries. Le cheminement sera plus long et probablement plus difficile mais on se doit d'y recourir. Ils ouvrent la porte aux modifications de modèles, aux productions en petites séries et à cette nouvelle technique de production qu'est le zéro-stock.

Nous avons déjà quelques experts dans le domaine et, nos institutions d'enseignement se sont dotées de systèmes à la fine pointe de la technologie et préparent une importante «force d'attaque». Nous devons, cependant, coordonner les efforts de tous les intervenants: industriels, experts, enseignants et profiter au maximum de l'expérience acquise grâce aux systèmes en opération.

### Une usine peut être à la fine pointe de la technologie et ne pas utiliser les robots

On a tendance à croire que la robotique est la seule porte permettant à une industrie d'être à la fine pointe de la technologie. De fait la robotique n'est qu'une façon d'automatiser une ligne de production et représente probablement pas plus de 10% du domaine de l'automatisation. En 1978, on a limité l'utilisation du mot «robot» à des manipulateurs multifonctionnels et reprogrammables. Une machine à contrôle numérique représente une façon d'automatiser la fabrication mais n'est pas qualifiée de robot. Pourtant les mêmes éléments de base, tels que moteurs, encodeurs, ordinateurs de contrôle et tableaux de programmation y sont utilisés.

M. Michel Blouin est ingénieur. Il est directeur à la société ADS Robotique Inc.



Les robots ont actuellement plusieurs limites du point de vue du poids, de la vitesse etc.; il est dans certains cas préférable de concevoir une machine spéciale et spécifique à la production. Un manipulateur avec deux degrés de liberté peut être suffisant pour plusieurs opérations dont la sortie des pièces des machines à injection. Ces manipulateurs sont moins coûteux et plus facile d'entretien.

Dans le cas de la palettisation des boîtes pour le transport on peut utiliser, évidemment, un robot

et obtenir toute la souplesse dans la façon de palettiser. Il est possible de prendre les boîtes en désordre sur un convoyeur avec un système de vision relié au robot. Mais il peut arriver que toute cette souplesse ne soit pas requise si l'on a qu'un seul produit à maintenir. Une machine spécifique dans ces cas peut s'avérer plus rentable. On peut également utiliser des systèmes plus simples comme les *manipulateurs* qui permettent à des opérateurs de déplacer des charges sans efforts physiques.

La décision de robotiser une entreprise doit être soutenue par une étude sérieuse des besoins techniques, économiques et humains. Ces trois aspects sont aussi importants et ne sauraient être dissociés. Des contacts avec des experts et des visites d'entreprises utilisant ces techniques pourront faciliter la décision et en assurer le succès.

La robotique est à l'image de l'homme avec des qualités et des défauts, pleine de secrets et de surprises elle ne demande qu'à être apprivoisée. *l'ingénieur*

(suite de la page 4)

teurs du travail du métal; que l'on pense aux fabricants d'avions, d'électroménagers et d'automobiles.

Il est aussi intéressant de noter qu'en 1983, en pleine crise économique, une représentante d'une entreprise de New York, spécialisée en études de marché, prévoyait la fin des achats à la pièce de robots industriels et l'aube des achats massifs par la grande entreprise. On peut en conclure qu'elle terminait sa période d'apprentissage. Dans plusieurs projets des erreurs ont été faites, suivies de réorientations coûteuses.

Les prévisions mentionnées ci-dessus se réalisent actuellement, ici même au Québec.

Ce processus d'apprentissage, la petite et moyenne entreprise doit aussi l'amorcer mais dans un contexte qui tiendrait compte de son organisation, des ressources internes ou externes disponibles, de ses produits, de sa production et de sa capacité financière.

Les besoins des PME sont encore relativement mal définis, l'un des risques encourus par l'utilisateur, sera de posséder des équipements performants mais ne répondant pas nécessairement à son principal problème.

### Conclusion

L'objectif important de la CAO-FAO est d'augmenter la compétitivité de l'industrie québécoise, d'où la nécessité de procéder à des

applications efficaces de ces technologies. Ces applications exigent une bonne définition préalable des problèmes et des solutions, au moyen d'études de faisabilité technique et financière.

C'est alors seulement, que l'on peut considérer sérieusement l'application de solutions techniques vraiment adaptées aux contraintes financières et opérationnelles de chaque entreprise.

L'état d'avancement des nouvelles technologies, leur orientation marquée vers la grande entreprise, surtout celle qui œuvre dans le travail du métal, leur coût

souvent très élevé et leur relative complexité rendent difficile leur intégration dans les secteurs industriels où l'on retrouve surtout des PME. Ces entreprises possèdent trop peu souvent les ressources techniques et humaines nécessaires à l'installation et à l'utilisation d'équipements ultramodernes. Ces ressources spécialisées sont d'ailleurs encore peu nombreuses à l'extérieur de ces entreprises et elles se retrouvent le plus souvent chez les fabricants mêmes de ces équipements.

*l'ingénieur*

## CIMENT ST-LAURENT INC.

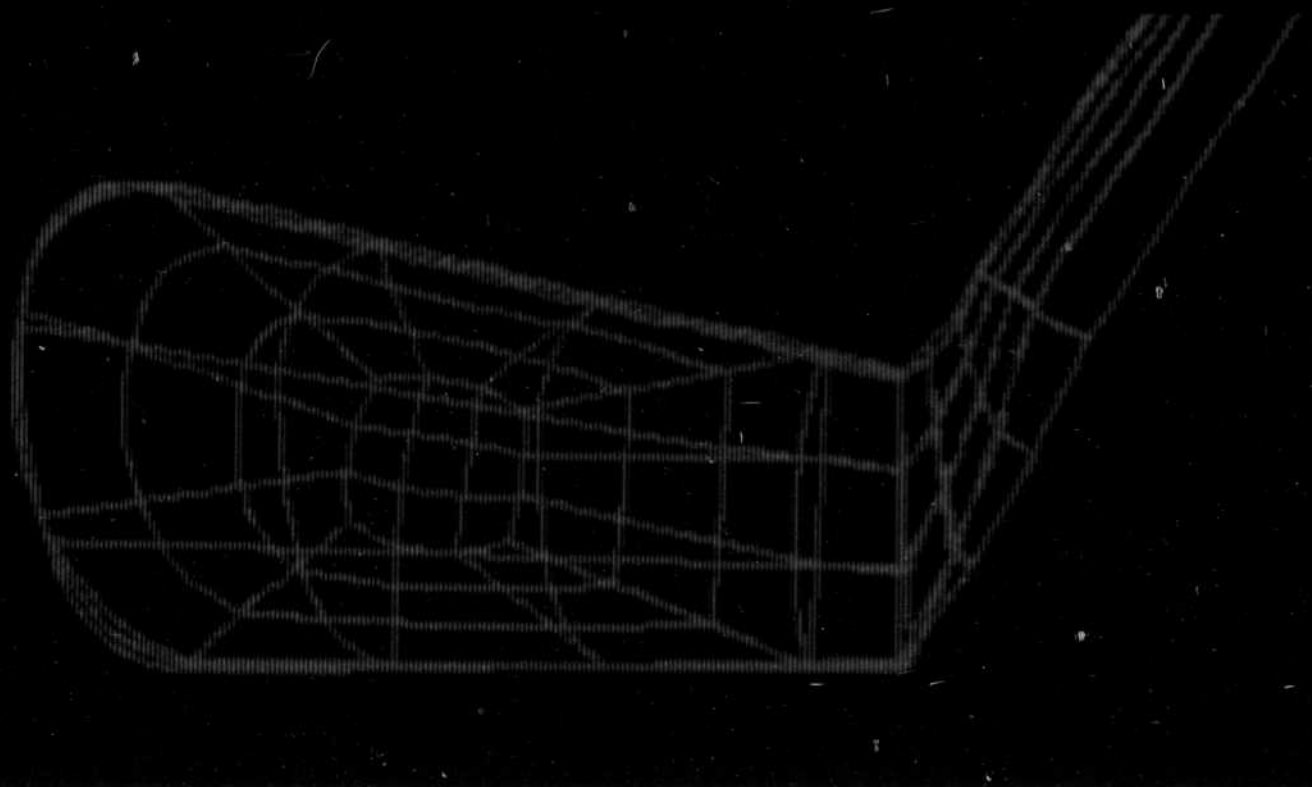
Le 12 mars dernier, monsieur Pierre Viger, premier vice-président de Ciment St-Laurent inc. division du Québec, était reçu «fellow» de la Société canadienne de génie civil. Ce titre honorifique lui a été conféré pour souligner sa contribution à la cause du génie civil au Québec.

Bien connu dans le milieu des affaires de la vieille capitale et chef de file de l'industrie québécoise du béton, monsieur Viger a occupé les postes de président directeur général du groupe Béton Québec, vice-président de Ciment St-Laurent inc., et depuis 1981, il remplit les fonctions de premier vice-président de Ciment St-Laurent inc., à titre de responsable de l'ensemble des exploitations du Québec et des Maritimes.



Pierre Viger

La division Québec de Ciment St-Laurent inc., qui regroupe 1100 employés et dispose d'un actif de 148 millions de dollars, exploite 2 cimenteries, 8 centres de distribution de ciment, 26 usines de béton et 21 carrières et sablières.



# CAEDS: visez juste pour un plus souple des éléments finis.

Grâce au système d'ingénierie assistée par ordinateur CAEDS\* d'IBM, l'analyse des éléments finis devient beaucoup moins fastidieuse.

Pour des pièces ou des zones à la géométrie complexe, vous créez automatiquement un quadrillage amélioré et vous pouvez contrôler le niveau de quadrillage pour chaque zone.

En outre, l'interface directe entre CAEDS et les systèmes IBM de conception graphique CADAM\* et CATIA\* permet d'entrer la géométrie des pièces directement à partir de l'un de ces deux systèmes. Vous évitez ainsi d'introduire les données manuellement.

Une fois les conditions de chargement et les conditions limites entrées de façon interactive et graphique, CAEDS soumettra votre modèle à un analyseur : Finite Element Solver (FES), MSC NASTRAN\*, ANSYS\*, ou tout autre analyseur de votre choix. Notez que FES, analyseur propre à CAEDS, est moins coûteux pour les problèmes linéaires, de loin les

\*CAEDS est une marque de commerce de Structural Dynamics Research Corporation.  
CADAM est une marque déposée de CADAM Inc.  
CATIA est une marque déposée de Dassault Systèmes.  
MSC NASTRAN est un produit de MacNeal-Schwendler Corporation.  
ANSYS est un produit de Swanson Analysis Systems, Inc.



# une modélisation plus rapide et

plus nombreux.

Pour ce qui est des sorties, CAEDS vous offre six options différentes de présentation.

Un *tracé selon des critères*, où tout élément répondant à un critère défini par l'utilisateur est mis en évidence (par exemple, un élément où la limite élastique est dépassée); un *tracé en couleurs d'une déformation* qui se superpose au tracé initial; un *affichage animé de déformation*; un *tracé X-Y*; un *tracé aux contours codés par couleurs*; ou encore une *table ordonnée* pouvant être incluse dans un rapport d'ingénierie.

Si vous analysez une structure qui servira à la fabrication d'un châssis ou d'une charpente, servez-vous de l'option spécialement conçue à cet effet, grâce à laquelle CAEDS accepte un quadrillage complet et exécute l'analyse interactivement.

Avec CAEDS, vous deviendrez très vite productif. Vous commencerez d'abord par utiliser

les menus : c'est la façon la plus rapide d'apprendre le fonctionnement du système. Puis, quand vous aurez maîtrisé les fonctions, vous pourrez augmenter votre efficacité en utilisant les commandes.

CAEDS fonctionne sur l'IBM 4361 et sur tous les ordinateurs IBM de puissance supérieure.

Pour être sûr de viser juste lors de l'analyse des éléments finis, appelez IBM Canada Ltée sans frais au 1-800-465-6600 ou envoyez-nous votre carte de visite à l'adresse suivante :

IBM Canada Ltd.

P.O. Box 657, Don Mills, Ontario M3C 2T6

J'aimerais recevoir d'autres informations sur CAEDS.



Les solutions industrielles IBM

# Coupez court aux fonctions de gestion de fichiers.



Aide mémoire 1

## Comment suivre l'évolution de vos dessins techniques.

Jusqu'ici, la gestion des dessins, des schémas et des cahiers de charges a toujours posé des problèmes aux services d'ingénierie en raison des changements fréquents qui y sont apportés.

Digital offre maintenant un produit logiciel qui vous aidera à mieux gérer vos données techniques de CFAO.


Il s'agit du VAX EDCS (Engineering Data Control System); il vous permettra de consacrer plus de temps aux activités d'ingénierie proprement dites et de passer moins de temps à assurer la gestion des fichiers.

Ce système fait le suivi des révisions, fournit les versions les plus récentes des fichiers, tient les membres d'une équipe au courant des changements importants qui ont été apportés, protège les fichiers contre tout accès ou toute modification non autorisés et fournit une analyse rétrospective de toutes les opérations effectuées avec les données qu'il gère.

Si vous voulez couper court aux fonctions de gestion de fichiers, renseignez-vous sur le VAX EDCS de Digital en écrivant à Digital Equipment du Canada Limitée, C.P. 911, succursale U, Toronto (Ontario) M8Z 5P9.



**digital**  
DIGITAL EQUIPMENT DU CANADA LIMITEE

Digital, VAX, EDCS et  sont des marques de commerce de Digital Equipment Corporation.

## Aujourd'hui, la solution...c'est Digital.



# GÉNIE — TECHNIQUE — PRODUCTION INGÉNIERIE

**DIRECTEUR DE L'EXPLOITATION**  
Industrie métallurgique \$ 40,000 ++

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

**INGÉNIEUR EN ÉLECTRICITÉ**

\$ 35 — \$ 45,000

Important manufacturier recherche un ingénieur en électricité. Les responsabilités incluent la préparation et l'accomplissement de projets électriques, entre autres: commandes et contrôles d'équipements électroniques, alimentation de moteur CA/CC, analyse visant à l'amélioration de la production et contrôle de l'équipement à vitesse variable. Personne avec 3 à 10 ans d'expérience dans l'industrie lourde. Membre de l'O.I.Q.

**INGÉNIEUR DE PROJETS MÉCANIQUES**

Industrie alimentaire \$ 35,000 ++

Notre client, spécialisé en emballage pour l'industrie alimentaire, recherche un ingénieur de projets possédant 3 à 5 années d'expérience de préférence dans l'équipement d'emballage. Le candidat idéal sera agressif et ambitieux pour pouvoir relever les défis de ce poste tout en ayant le souci du détail et de la précision. Possibilité de carrière. Bilingue et membre de l'O.I.Q.

Pour consultation: Yvan Lachance

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

**BUREAUX À MONTRÉAL ET TORONTO**

**CONSEILLERS  
EN RESSOURCES  
HUMAINES**

**(514) 288-7400**

**CARMEL, FYEN, JACQUES & ASSOCIÉS, INC.**  
CONSULTANTS

Fondations & Structures  
Etudes techniques - Expertises  
Plans - Devis - Surveillance

Tél. : 274-5671

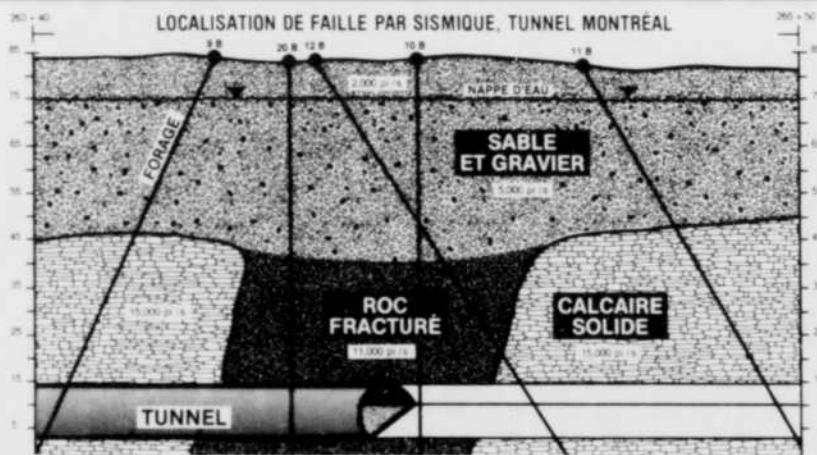
700 ouest, boul. Crémazie, Suite 100, Montréal H3N 1A1

**GÉOPHYSIQUE  
SIGMA INC.**

- GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE  
À L'INGÉNIERIE  
ET À LA GÉOTECHNIQUE
- PROJETS ENVIRONNEMENTAUX
- LEVÉS HYDROGRAPHIQUES

275, ST-JACQUES OUEST  
SUITE 54  
MONTRÉAL Q.C. CANADA  
H2Y 1M9

(514) 842-9807



**GÉOPHYSIQUE G.P.R.  
INTERNATIONAL INC.**

- GÉOPHYSIQUE
- GÉOLOGIE
- HYDROGÉOLOGIE
- DYNAMITAGE
- ÉVALUATION

894 rue FRONT LONGUEUIL, QUÉ. CANADA J4K 1Z7  
(514) 679-2400 - télex 055 60495

**ATTEIGNEZ VOTRE BUT PLUS RAPIDEMENT**

**ET AVEC PLUS DE PRECISION**

En résolvant optimalement toutes les tâches avec précision et à l'aide de l'intelligence informatique.

En disposant d'un instrument compact avec distancemètre intégré.

En économisant un temps précieux grâce au confort opérationnel élevé.

En mesurant et en enregistrant, sur une seule pression de touche, avec le Wild GRE 3 connecté.

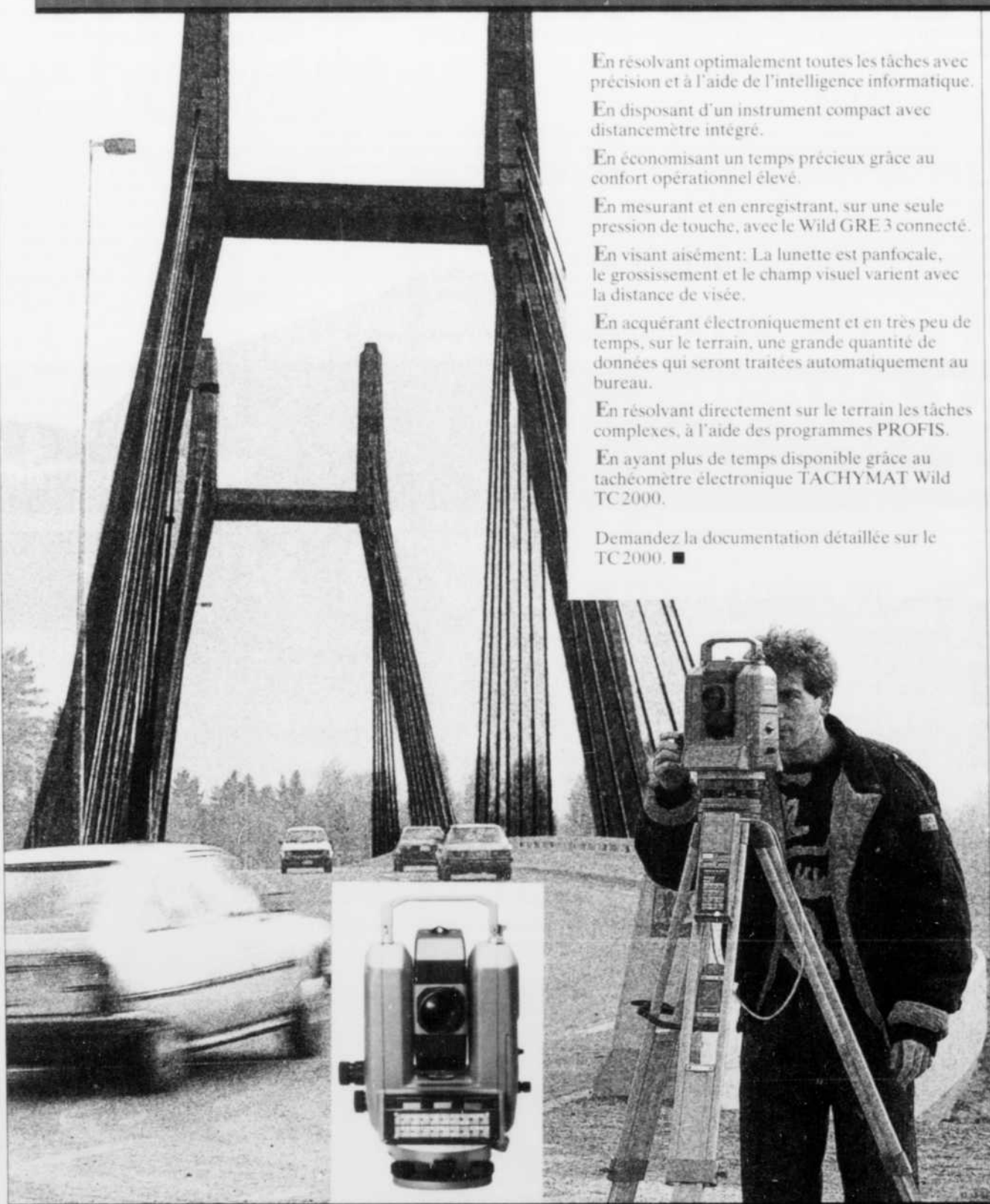
En visant aisément: La lunette est panfocale, le grossissement et le champ visuel varient avec la distance de visée.

En acquérant électroniquement et en très peu de temps, sur le terrain, une grande quantité de données qui seront traitées automatiquement au bureau.

En résolvant directement sur le terrain les tâches complexes, à l'aide des programmes PROFIS.

En ayant plus de temps disponible grâce au tachéomètre électronique TACHYMAT Wild TC 2000.

Demandez la documentation détaillée sur le TC 2000. ■



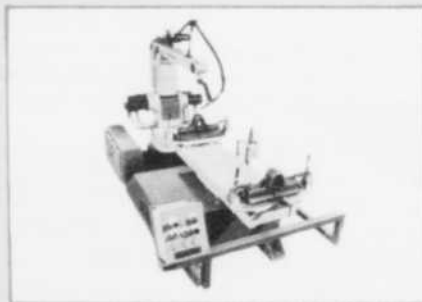
Wild Leitz Canada Ltd. 513 McNicoll Avenue, Willowdale, Ontario M2H 2C9 (416) 497-2460  
Vancouver (604) 278-3898 Calgary (403) 253-6747 Winnipeg (204) 772-0366 Ottawa (613) 225-6625  
Montreal (514) 761-7717 Quebec (418) 627-4608 Halifax (902) 429-5369.

**WILD**  
**HEERBRUGG**

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

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

## appelez Rumble pour vous conseiller!



### Voici six bonnes raisons de le faire:



#### 1 Entraînement C.A. Relcon® 575 V

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

#### 2 Fiabilité

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

#### 3 Application et ingénierie

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

#### 4 Fabrication au Canada

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

#### 5 Service après-vente

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

#### 6 Système complet

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

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

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

## A LA FINE POINTE DE LA TECHNOLOGIE

# Rumble

Les Équipements Rumble Limitée

25 Baywood Road  
Rexdale (Ontario)  
M9V 3Y8  
(416) 743-8711  
Télex: 065-27283

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

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

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



YVON DAGENAI & ASSOCIÉS INC.  
ÉVALUATEURS CONSEILS

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

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

332-4161

ÉVALUATION FONCIÈRE  
EXPROPRIATION  
ASSURANCES  
FINANCEMENT  
FISCALITÉ  
EXPERTISE IMMOBILIÈRE



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**

ÉTUDES, INGÉNIERIE,  
APPROVISIONNEMENT,  
GESTION DE PROJET,  
CONSTRUCTION

**Lavalin**

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

BOUTHILLETTE  
PARIZEAU  
& ASSOCIÉS

INGÉNIEURS-CONSEILS  
Mécanique - Électricité  
Économie d'énergie

9825, rue VERVILLE

Montréal H3L 3E1

Téléphone: (514) 387-3747  
(514) 387-6238

**La Rapière**

RESTAURANT FRANÇAIS  
spécialités pyrénéennes

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

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

Samedi 17h30 à 22h30

Fermé le dimanche

Réservations : 844-8920

1490 rue Stanley,

(métro Peel, sortie Stanley)

- CONTRÔLE DES MATÉRIAUX
- ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
- ANALYSES CHIMIQUES

Tél.: 336-5650



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

fondée en 1928

**dufresne farley samson brillon**  
ingénieurs-conseils

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

200 ouest, rue Sauvé, Montréal, H3L 1Y9

Tél. 384-0440



SIAL

Compagnie Internationale  
de Géophysique Inc.

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

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



(514) 683-4215

• Télex : GTS HTD MTL

• 05-821643

## abstracts

### CAD/CAM and Robotics

by Rinaldo Somenzi

The fast development of Electronic technology has led to new production techniques known as "CAD/CAM" (Computer Aided Design/Computer aided manufacturing). It deals with the computer design ability as well as the manufacturing ability using automatic controls.

This includes local or centralized automated mechanisms, automated units for specific functions, industrial robots as well as flexible manufacturing units presently developed in many countries. Those automated mechanisms handle the entire range of activities in a plant from storage operations to Quality control.

### Trends in N/C machining at Pratt & Whitney Canada

by Paul Marmion

This article reviews the basic management issues in the introduction of NC techniques at Pratt and Whitney Canada. It compares planned benefits with actual and elaborates on the benefits from tooling and flexibility of operation. The role of NC type preparation systems in the development of NC is discussed, and used to highlight those continuing trends in the use of computer graphics. Other trends that will impact how parts can be manufactured on NC machines are also discussed, including the total system architecture and how data is communicated. Furthermore, integration of Quality function at the NC machine level is an item that can be pursued using newer NC machine capabilities.

### Programmable Logic Controllers

by Robert Arbour

The food and beverage industry lends itself well to automation. The brewing process being essentially a batch process, the steps can easily be automated. But, the Brewing Industry, which has always been rather conservative, could not pretend only a few years ago, to be using state-of-the-art

technology. Now with the enormous progress of the Programmable Logic Controllers (P.L.C.) during the last few years, the lost ground has been regained.

At the Molson Brewery in Montreal, many applications have been developed since 1980. As an example, the automation of the secondary filtration of beer as well as the automatic selection of the different brands of beer during this operation are discussed in this paper.

The basic criteria for the selection of the equipment, the characteristics of the systems, the problems encountered as well as the benefits are presented.

The author also looks at the approach developed for the implementation of new technologies in the plant, the impact on the employees and the different programs established to ensure the good operation and maintenance of the systems. Finally, he makes a brief review of other applications in operation and a conclusion is reached from the results obtained.

### Robotics in Quebec

by Michel Blouin

The growth in number of Robots installed in Quebec does not seem to follow the rate in other countries and lags far behind Ontario.

The author tries to explain the reason for this situation and gives some indications about the future.

### Flexible Manufacturing Systems

by Louise Quesnel

Over the past years, important changes in developing and implementing manufacturing systems were observed in all industrialized countries. Due to intense international competition and the growth of labor costs, companies were forced to use systems with a higher level of automation. At the same time, we could observe an increasing number of non standard products — caused by adapting the products to customer requirements — which demanded

more flexibility of machine tools and manufacturing systems.

This article covers the flexible manufacturing systems concept which can meet manufacturing requirements of small, medium and large enterprises.

### Group Technology

by Claude Olivier

Computer Integrated Manufacturing is actually the new challenge for the manufacturing industry. One of the methods to carry out CIM is through Group Technology.

Group Technology is more than just a way to codify and classify manufacturing information, it is a whole philosophy of integration.

This paper introduces the concept of G.T., what are families of parts and which benefits a company can expect from an implementation.

### Rectificatif

Dans l'article de M. Claude Gosselin «Les engrenages coniques: simulation par ordinateur», publié dans le numéro précédent, la mention (fig VIII) à la page 8 doit être enlevée, celle-ci n'étant pas nécessaire pour la compréhension de l'article.

## répertoire des annonces

Air Canada	C2
Bouthillette, Parizeau & Assoc.	22
Carmel, Fyen, Jacques & Assoc.	19
Ciment St-Laurent inc.	11
Ciment St-Laurent inc.	15
Dagenais & Assoc. Inc., Yvon	22
Digital Equipment	18
Dufresne, Farley, Samson, Brillion	22
Géophysique G.P.R. Inc.	19
Géophysique Sigma Inc.	19
Hydro-Québec	C4
IBM Canada Limitée	16-17
Jenkins Canada Inc.	12
Lalonde, Girouard, Letendre	22
La Rapière	22
Lavalin Inc.	22
Les Laboratoires Ind. & Comm.	22
Palais des Congrès	24
Les Équipements Rumble Limitée	21
St-Amour et associés Ltée	19
SIAL Cie Internationale de Géo.	22
Wild Leitz Canada Limited	20

# Êtes-vous un Ambassadeur qui s'ignore?

Vos réussites professionnelles vous ont valu une certaine réputation et permis d'établir des relations outre-frontière. Vous êtes probablement membre d'une association internationale et comptez de nombreux amis, collègues ou partenaires susceptibles de se réunir périodiquement en congrès. Alors plus aucun doute possible; vous êtes bel et bien un Ambassadeur qui s'ignore.

Fondé en 1985 par la Société du Palais des congrès de Montréal, le prestigieux Club des Ambassadeurs réunit quelque mille membres, tous influents dans leur milieu, qui ont à coeur de promouvoir Montréal comme ville hôte.

Dès la première année, dix-huit membres du Club ont été désignés Ambassadeurs Accrédités du Palais des Congrès de Montréal en se faisant les artisans de la tenue de congrès qui généreront plus de 75 millions \$ en retombées économiques au Québec.

Vous aussi pouvez devenir Ambassadeur. Usez de vos influences et le Palais des Congrès vous procurera tout le support technique.

Renseignez-vous auprès de M. Joffre Miville-Dechêne au Secrétariat du Club des Ambassadeurs.

Téléphonez au (514) 871-8122

## AMBASSADEURS ACCRÉDITÉS 1985

**Jacques Beaudet**  
Anciennement Chef de Projet  
Hydro-Québec  
*Congrès Biennal de la Société  
Internationale  
D'Énergie Solaire (ISES)  
INTERSOL 85 (1985)*

**Dr Jean-Paul Bossé**  
Secrétaire général  
Société Internationale de  
Chirurgie Plastique  
*VIII<sup>e</sup> Congrès International de  
Chirurgie Plastique (1983)*

**Venant Cauchy**  
Président de la Fédération  
Internationale de Philosophie  
*XVII<sup>e</sup> Congrès Mondial de  
Philosophie (1983)*

**Hubert Chamberland**  
Président  
Ordre des Architectes du  
Québec  
*XVII<sup>e</sup> Congrès Mondial de  
l'Union Internationale des  
Architectes (UIA) (1990)*

**Guy Descary**  
Maire  
Ville de Lachine  
*XI<sup>e</sup> Congrès Mondial des Cités  
Unies (1984)*

**Dr Morris Duhaime**  
Chef du Département de  
Chirurgie  
Hôpital Sainte-Justine  
*XVIII<sup>e</sup> Congrès de la Société  
Internationale de Chirurgie  
Orthopédique et de  
Traumatologie (SICOT) (1990)*

**Jacques Francoeur**  
Président  
Unimédia Inc.  
*American Newspaper  
Publishers Association  
(ANPA) - 98<sup>th</sup> annual  
Convention (1984)*

**Dr Pavel Hamet**  
Directeur  
Laboratoire de  
physiopathologie de l'action  
hormonale  
Institut de Recherches  
Cliniques de Montréal  
*Congrès de la Société  
Internationale d'Hypertension  
(1990)*

**Dr Michel Lesage**  
Directeur  
Lesage, Dumont et Associés  
*XXIII<sup>e</sup> Congrès de la Médecine  
du Travail (1990)*

**Denis L.**  
Membre local des Alcooliques  
Anonymes  
*International Alcoholics  
Anonymous Convention  
(A.A.) 50<sup>th</sup> Anniversary (1985)*

**Roméo Mathieu**  
Vice-président Emeritus  
Union Internationale des  
Travailleurs unis de  
l'Alimentation et du  
Commerce  
*United Food and Commercial  
Workers International  
Convention (1983)*

**Kempton Matte**  
Président  
International Dairy  
Federation  
*23<sup>rd</sup> International Dairy  
Congress (1990)*

**Dr Max J. Palayew**  
Radiologiste en chef  
Hôpital Général Juif  
*Fifth Annual Meeting of the  
Society of Magnetic Resonance  
in Medicine (1986)*

**Dr Samuel Solomon**  
Directeur du Laboratoire  
d'Endocrinologie  
Hôpital Royal Victoria

*38<sup>th</sup> Annual Meeting of the  
Society for Gynecologic  
Investigation (1991)*

**Margaret Ann Smith**  
Directeur du Département des  
Services Sociaux  
Hôpital pour enfants  
de Montréal  
*Fifth International Congress of  
Child Abuse and Neglect (1984)*

**Dr Charles Sorbie**  
Directeur du Département de  
Chirurgie  
Université Queens  
*XVIII<sup>e</sup> Congrès de la Société  
Internationale de Chirurgie  
et de Traumatologie  
(SICOT) (1990)*

**Sol Tolkin**  
Président  
Exposervice Standard  
*Convention of the International  
Exhibitors Association (1986)*

**Dr Clément Trudeau**  
Anciennement Président  
Ordre des Médecins  
Vétérinaires du Québec  
*XXIII<sup>e</sup> Congrès Mondial  
Vétérinaire (1987)*

*Le Club des*  
**AMBASSADEURS**  
*Palais des Congrès de Montréal*

## L'atelier flexible

Louise Quesnel, ing.

*Depuis quelques années, des changements importants dans le développement et l'implantation de systèmes de fabrication ont pu être observés dans tous les pays industrialisés. Dû à une concurrence internationale féroce et à une augmentation des coûts de la main-d'œuvre, les compagnies ont été forcées de recourir à des systèmes de plus en plus automatisés. Au même moment, on assistait à une augmentation du nombre de produits non standards — causée par l'adaptation des produits aux exigences du client — demandant plus de flexibilité des machines outils et des systèmes de fabrication.*

*Cet article traite du concept des ateliers flexibles qui constitue une solution pouvant répondre aux exigences de fabrication de la grande, de la petite et de la moyenne entreprise.*

### Évolution

C'est en 1954 au *Massachusetts Institute of Technology* que l'on met en marche la première machine à commande numérique. En 1958, afin de minimiser les temps de réglage, *Kearney-Trecker* utilise le concept développé par la *Ford Motor Company* en construisant la première machine à commande numérique munie d'un dispositif de changement d'outil automatique. En 1967, *Sundstrand Aviation* ainsi que *Cincinnati Milacron Company* font l'intégration de plusieurs machines à commande numérique. Le premier système contrôlé par ordinateur est construit en 1968 par *Sundstrand*. Bien que le mou-

vement des pièces d'une machine à l'autre ne soit pas automatisé, l'ordinateur a remplacé le ruban perforé pour contrôler toutes les opérations des machines outils. C'est le premier système à commande numérique direct (CND). Le premier système à CND à être muni d'un système de manutention automatisée est construit en Allemagne de l'Est et démontré à la foire de *Leipzig* en 1971. Le concept des ateliers flexibles est né à cette époque.

### Définition

On définit un atelier flexible comme étant une configuration de postes de travail et de systèmes de manutention des matériaux contrôlée par ordinateur et conçue pour la fabrication d'une variété de pièces de lots de production variables. Cette description implique donc une souplesse de fabrication étant conférée par l'automatisation des machines et la diversité des pièces pouvant être produites.

Bien qu'utilisant ici l'appellation *atelier flexible*, il importe de noter que les expressions pour le qualifier varient en fonction des pays. Les États-Unis utilisent *Flexible Manufacturing System*, *Variable Mission System* ou *Variable Manufacturing Mission*. La France l'appelle *atelier souple*, en Allemagne on parle de *Computer Inte-*

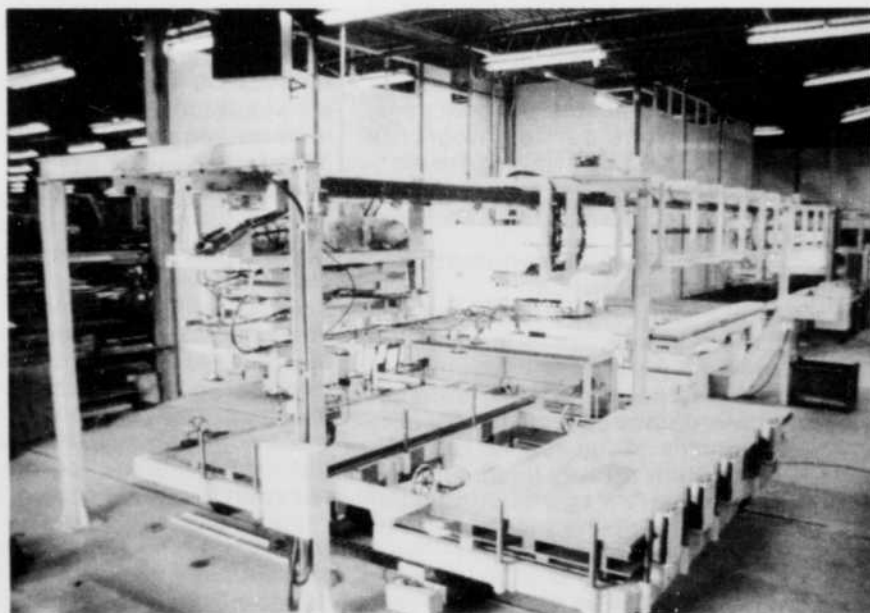
*grated and Automated Manufacturing System* et au Japon de *Flexible Automation*, *Flexible Manufacturing System Complex* ou de *Factory Automation*. Peu importe le vocable descriptif utilisé si tous ratifient le dénominateur commun, soit les composantes.

### Composantes

La définition précédente permet de dégager trois composantes physiques essentielles aux ateliers flexibles. Il s'agit de machines outils potentiellement indépendantes, d'un réseau de transport assurant la manutention des pièces entre les machines et d'un réseau de commande global coordonnant les machines outils, les dispositifs de manutention et les pièces. La figure 1 illustre deux des composantes d'un atelier flexible pour le métal en feuilles.

### Machines outils

L'élément principal de la première composante a trait aux postes d'usinage que viennent compléter les postes de chargement-déchargement, le poste de contrôle local ainsi que les postes de nettoyage. Un atelier flexible orienté sur l'enlèvement du métal peut inclure des tours, des centres d'usinage, des machines à fraiser et à aléser. Dans le secteur du formage, l'atelier flexi-



Louise Quesnel, ing. est diplômée en génie industriel. Après avoir obtenu une maîtrise en sciences appliquées, elle a travaillé dans l'industrie papetière pour ensuite accéder à un poste d'enseignement universitaire. À ce titre, elle a participé à la mise sur pied du Centre de technologie manufacturière du Nouveau-Brunswick et a assuré la direction de ce dernier à l'École de Génie de l'Université de Moncton. Elle a par la suite dirigé un projet qui a conduit à l'élaboration de logiciel de contrôle et d'optimisation de l'atelier flexible de Mark Hot Inc.

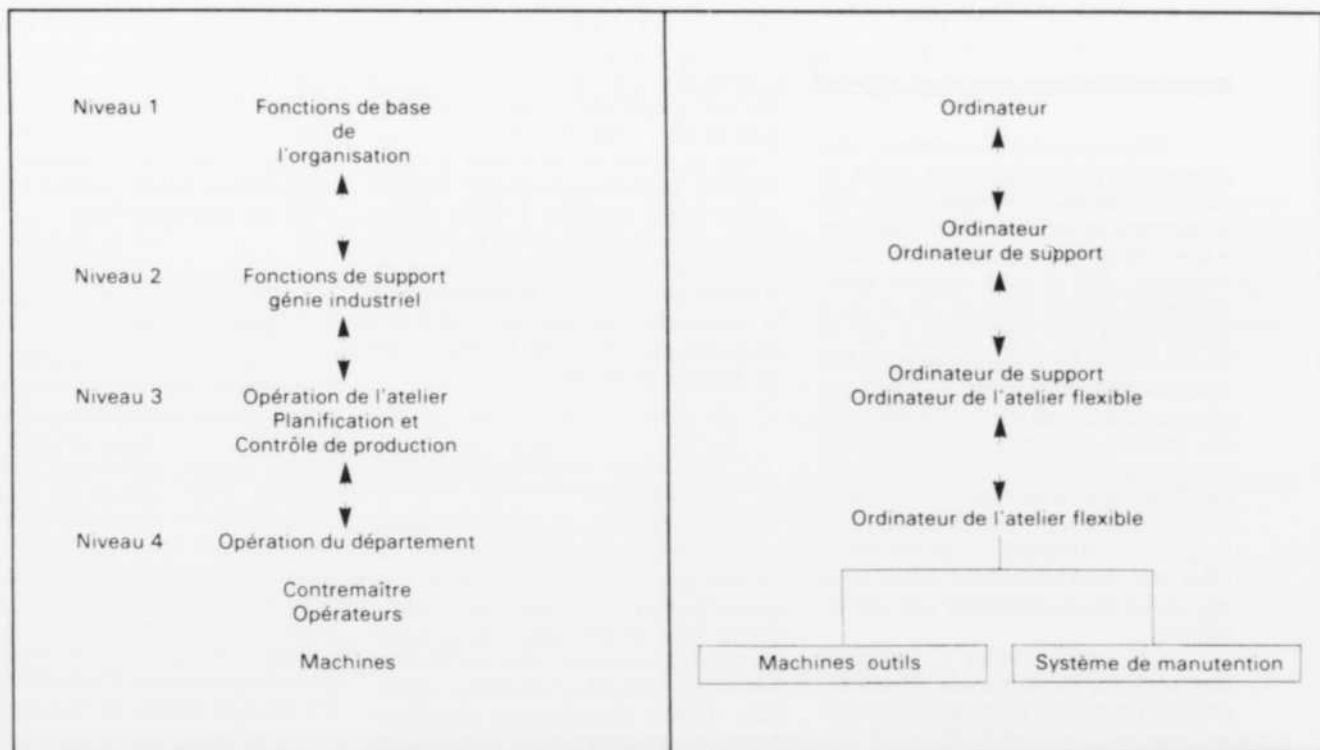


Figure 2: Schéma du système de commande d'un atelier flexible

ble peut comprendre des machines à cisailer, à poinçonner, à grignoter, à plier ainsi que des machines de coupage au jet de plasma ou de laser. La famille de pièces devant être produites déterminera la puissance, la taille et la précision des postes d'usinage utilisés. Le poste de commande local permet de recueillir l'information pertinente à chaque machine de l'atelier flexible à savoir l'identification de la pièce produite, le statut de la pièce, des outils et des programmes. Lorsqu'on inclut dans un atelier flexible les postes de nettoyage, ceux-ci font partie intégrante du poste de chargement-déchargement.

#### Système de manutention des matériaux

Parmi les éléments que l'on peut retrouver dans le cadre du système de manutention automatisé, notons les systèmes automatiques d'entreposage, les chariots filoguidés et les robots, ces derniers étant utilisés lorsque la distance entre les machines est courte et les pièces légères.

#### Système de commande

La troisième composante des ateliers flexibles, le système de

commande, s'occupe de gérer la combinaison de tous les dispositifs qui contribuent à l'opération automatique du procédé, à savoir les commandes des machines, les dispositifs de suivi, les communications et l'ordinateur de l'atelier flexible. L'architecture du système de commande prend la forme d'une structure hiérarchique basée sur l'organisation des tâches nécessaires à l'opération de l'atelier et de leur interrelation. La figure 2 illustre une structure à quatre niveaux où l'opération manuelle est substituée par le logiciel et le matériel requis à l'automatisation de la fabrication.

Le niveau 1 fixe les objectifs de production à l'intérieur desquels l'atelier fonctionnera et inclut notamment la gestion de la base de données, la planification des besoins ressources, le plan directeur et les priorités de l'entreprise. Le niveau 2 s'occupe de la fabrication générale et touche entre autres au plan de production des pièces, aux programmes à commande numérique, à la conception des outils et aux temps standard. Le niveau 3 traite de la coordination générale de l'usine où les pièces sont ordonnancées suivant le plan directeur et la disponibilité de capacité. Une fois que

le niveau 2 a spécifié le cheminement de la pièce, les programmes et les outils, le service de planification et de contrôle de la production assure le suivi du progrès des commandes et assigne les priorités de production en fonction de leur retard. Le niveau 4 s'occupe de l'opération départementale ou individuelle. C'est à ce niveau que, traditionnellement, le contremaître prend des décisions basées sur la priorité de production, la disponibilité de l'équipement et de la main-d'œuvre et ce afin de satisfaire les objectifs de l'entreprise. L'opérateur travaille également à ce niveau, produisant les pièces et assurant le suivi de sa machine. Il informe le contremaître sur le statut du travail en cours, permettant au contremaître de passer cette information au niveau 3.

#### Autres éléments importants

L'ensemble palette-fixation est normalement fourni par le fabricant de machines outils; par conséquent, les postes de chargement-déchargement et le système de manutention doivent être conçus pour être compatibles avec les palettes. Une des contraintes associées aux machines devant produire une grande variété de pièces réside dans la limite de

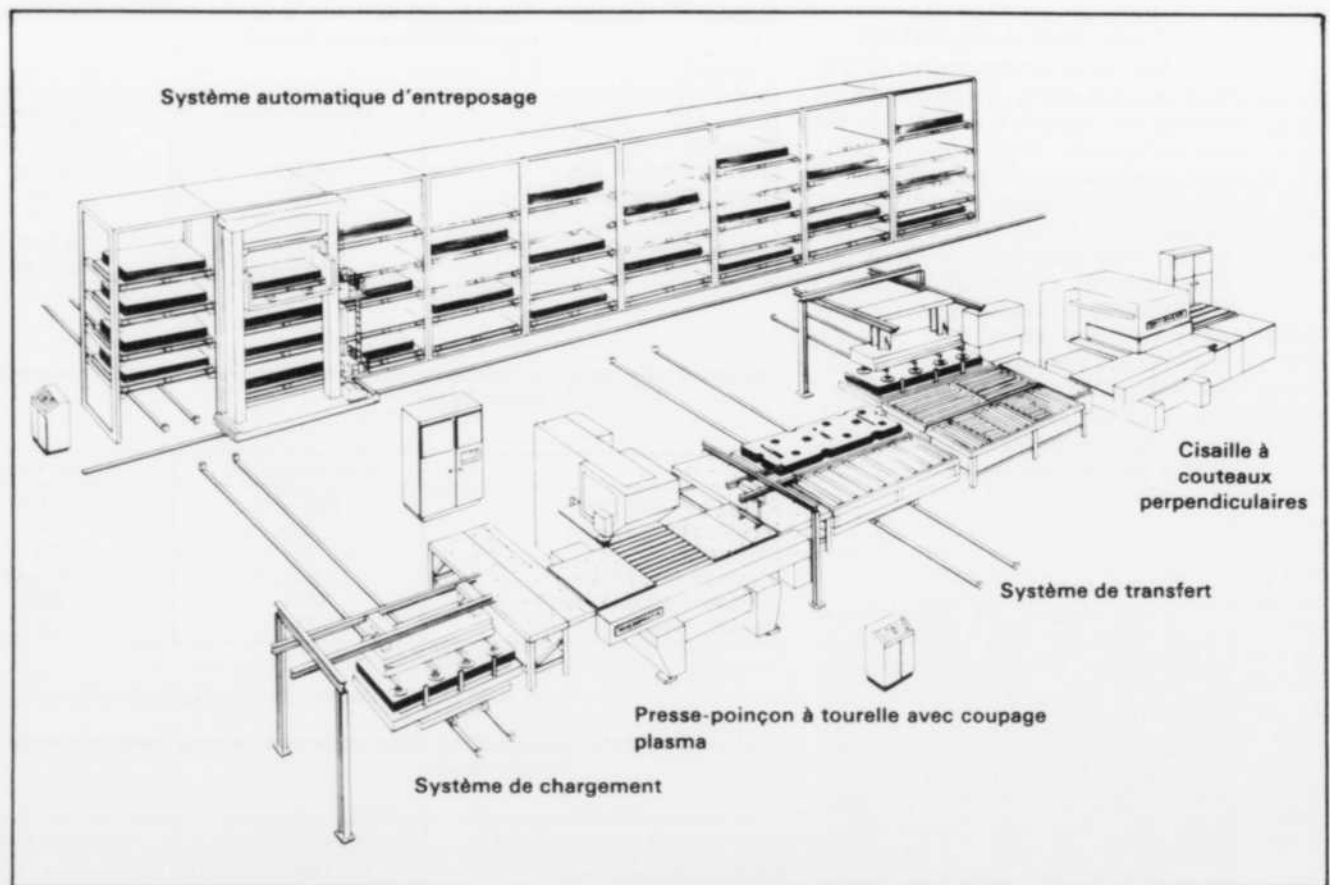


Figure 1 : Atelier flexible pour le métal en feuilles.

la tourelle. Il est recommandé de procéder à une analyse de la valeur des produits afin de minimiser la variété d'opérations donc d'outils requis.

#### Avantages

Parmi les avantages découlant de l'utilisation des ateliers flexibles, mentionnons les suivants :

##### Très haut taux d'utilisation de l'équipement

Typiquement, le rendement atteint par un ensemble de machines formant un atelier flexible est trois fois plus élevé que les mêmes machines fonctionnant dans un atelier conventionnel. Dans un atelier flexible, l'ordinateur affecte chaque pièce à une machine dès qu'elle est disponible; simultanément la pièce est déplacée par le système de manu-

tenement automatisé et le programme de fabrication est envoyé à la machine. De plus, la pièce arrive déjà préparée et montée sur une palette de telle sorte que la machine n'a pas à attendre.

##### Réduction des coûts en équipement

Le taux d'utilisation élevé de l'équipement entraîne une réduction du nombre de machines requises pour une même charge de travail. Une réduction de 3/1 est d'ordre courant.

##### Réduction des coûts en main-d'œuvre directe

Étant donné que les machines sont commandées par ordinateur, aucun machiniste n'est requis. La réduction de main-d'œuvre directe est cependant compensée par une demande accrue de spécialistes en informatique.

##### Réduction des stocks en cours et du délai de livraison

La réduction de l'en cours est attribuable à une variété de causes qui réduisent le temps d'attente d'une pièce. La concentration de l'équipement sur une petite surface de plancher et la réduction du nombre de machines utilisées pour une pièce — les opérations étant combinées sur le centre d'usinage — en sont des exemples.

##### Qualité et uniformité élevées

Le haut niveau d'automatisation ainsi que la réduction du nombre de fixations et de machines utilisées contribuent à l'obtention d'une qualité et d'une uniformité élevées.

Bref, les ateliers flexibles permettent de réduire les coûts de production grâce à une augmentation de la productivité de la main-d'œuvre et de l'équipement ainsi qu'à une réduction des stocks en cours.

### Exemples d'utilisation

En 1984, on estimait à 200 le nombre d'ateliers flexibles en opération au Japon, aux États-Unis, en Europe de l'Ouest et de l'Est. Au Japon, entre 1975 et 1984, le nombre d'ateliers flexibles est passé de 13 à 100. On retrouve les principales applications dans les domaines de l'automobile (38%), de l'industrie mécanique (30%), de la machine outil (18%), de l'aéronautique et de la défense (11%). Trois expériences japonaises seront succinctement présentées et une expérience québécoise sera rapportée plus en détail.

#### Yamasaki

Fabriquant de machines outils, *Yamasaki Machine Works* a expérimenté son premier atelier flexible à Nagoya au Japon au début des années 80. L'atelier comprend entre autres 18 centres d'usinage, deux chariots filoguiés, un dispositif de changement de tourelle, deux systèmes de récupération de copeaux, un dispositif de suivi et de changement d'outils usés, le tout sous le contrôle d'un ordinateur central. Les effets de l'atelier flexible sont présentés au tableau 2.

#### Toshiba Tungalow

L'atelier flexible comprend six centres d'usinage et produit 4000 pièces différentes. Le tableau 3 compare les performances des ateliers conventionnel et flexible. Notons une réduction de 88% du nombre de machines, 77% de la main-d'œuvre et 76% de l'espace de plancher.

#### Nigata

L'atelier flexible a été conçu pour usiner 30 types de têtes de moteurs et a démarré en 1980. La taille des lots varie de 6 à 30 pièces avec des poids de 20 à 450 Kg. À l'instar de *Yamasaki*, l'opération du troisième quart est effectuée dans le noir puisque l'atelier est sous le contrôle total de l'ordinateur. Le système est composé d'un centre d'usinage vertical, de deux tours, de quatre centres d'usinage horizontaux, d'un chariot filoguidé,

Tableau 1: Yamasaki: Comparaison entre le système de production conventionnel et l'usine de fabrication flexible

	Conventionnel	Usine flexible
Types de pièces	74	1400 pièces/mois
Espace de plancher	6800 m <sup>2</sup>	2800 m <sup>2</sup>
Nombre de machines	68	18
Main-d'œuvre	215	12
Cycle de fabrication	90 jours	3 jours
Stocks en cours	5 MI \$	0,218 MI \$

Tableau 2: Toshiba: Comparaison entre le système de production conventionnel et l'atelier flexible

	Conventionnel	Atelier flexible
Espace de plancher	1480 m <sup>2</sup>	350 m <sup>2</sup>
Nombre de machines	50	6
Main-d'œuvre	70	16
Cycle de fabrication	18,6 jours	4,2 jours
Efficacité opérationnelle	20%	70%
Nombre d'opérations	15	8

Tableau 3: Nigata: Comparaison entre le système de production conventionnel et l'atelier flexible

	Conventionnel	Atelier flexible
Nombre de machines	25	6
Main-d'œuvre	25	5
Cycle de fabrication	40	10
Nombre d'opérations	8	4

d'un dispositif automatique de chargement et de déchargement et de trois accumulateurs de palettes, chacun pouvant en accueillir dix.

#### Mark Hot Inc., Division de Volcano Inc.

Une voie nouvelle dans le domaine des ateliers flexibles est celle de la matière première laminaire. Contrairement à *Yamasaki*, *Toshiba* ou *Nigata*, où l'on fonctionne par enlèvement du métal, l'atelier flexible Mark Hot opère par formage et requiert un intrant laminaire métallique. Déclaré premier système du genre en Amérique du Nord, Mark Hot ouvre la porte de la haute technologie aux petites et moyennes entreprises. PME québécoise spécialisée dans la fabrication d'équipement de chauffage, de ventilation et de climatisation, Mark Hot Inc. fait face à des applications spéciales

stipulées par des plans et devis précis. C'est une entreprise caractérisée par une production sur commande et de petits lots.

Une étude menée au début de 1981 montre que 50% des heures-personne de l'usine sont consacrés au département de la tôlerie et que la majorité des pièces requièrent des opérations similaires de poinçonnage et de cisailage. On constate également que ces pièces doivent utiliser plusieurs machines afin d'effectuer toutes les opérations de perforation requises et que plusieurs réglages sont nécessaires sur une même machine. Cet état de faits entraîne des coûts de production élevés que Mark Hot désire réduire tout en augmentant sa capacité de production.

En mai 1981, Mark Hot est à la recherche d'une technologie lui offrant une souplesse de fabrication c'est-à-dire une production de petits lots au coût d'une produc-

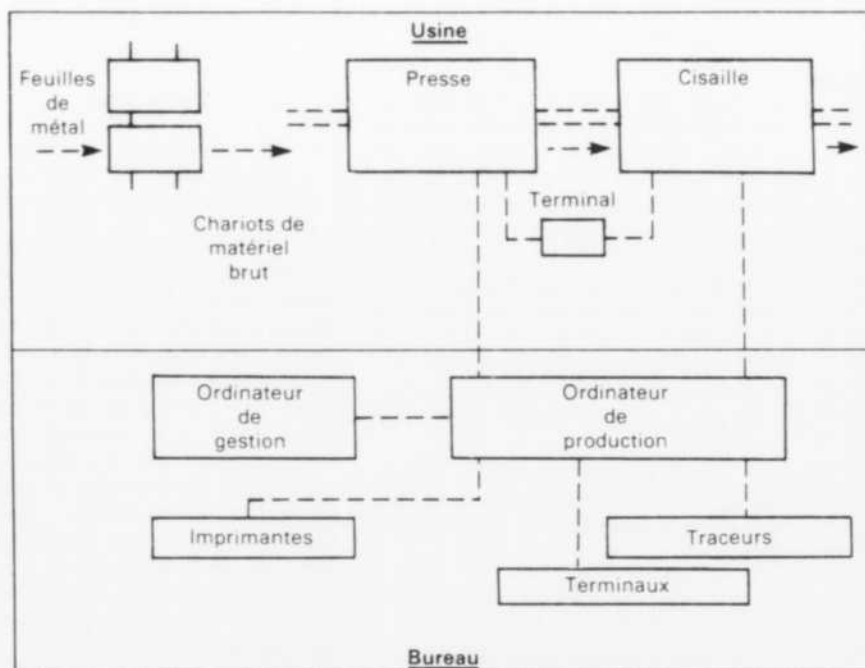


Figure 3: Configuration de l'atelier flexible Mark Hot

tion de série. Les spécifications sont établies, la recherche de fournisseurs est effectuée et une estimation de la période de recouvrement permet de conclure sur la faisabilité d'implanter un atelier flexible. Suivent les appels d'offres qui ont permis d'arrêter un choix sur une variante de configuration illustrée à la figure 1.

L'atelier flexible Mark Hot comporte deux postes d'usinage, soit une presse poinçon munie d'une tourelle à 36 outils et d'une torche au plasma et d'une cisaille à couteaux perpendiculaires. Le système de manutention automatisé comprend un manipulateur à succion permettant d'alimenter la presse et un convoyeur à rouleaux servant à déplacer la feuille de métal entre la presse et la cisaille. Le système de commande inclut un ordinateur central, trois commandes et le logiciel de production. La figure 3 présente la configuration matérielle de l'atelier flexible Mark Hot.

Après plus de trois ans de fonctionnement dont une année de rodage, l'expérience Mark Hot s'est avérée positivement concluante. De 7000 pièces différentes possibles avec l'atelier conventionnel, l'atelier flexible offre

une production potentielle de 20,000 pièces dont certaines difficilement réalisables suivant des méthodes traditionnelles. L'économie de plancher est proportionnelle à l'espace occupé par deux machines pour vingt-deux dans un atelier conventionnel. De sept heures qu'il pouvait atteindre dans certains cas, le temps de réglage a été virtuellement éliminé. Le pourcentage de rejets de la matière première est passé de 27 à 5. L'efficacité opérationnelle est passée de 75 à 94%. L'atelier flexible Mark Hot a été amorti en 18 mois.

### Avenir des ateliers flexibles

Les recherches s'intensifieront afin de développer des technologies industrielles qui permettront une intégration économique des procédés d'usinage et d'assemblage à l'intérieur d'un même système. Le centre de recherche japonais de *Tsukuba* vient de monter une usine pilote où trente nouvelles technologies ont été intégrées sur ordinateur.

Bien qu'ils soient à l'heure actuelle principalement utilisés par les grandes sociétés, on prévoit une augmentation apprécia-

ble du nombre d'ateliers flexibles chez les entreprises comptant moins de 50 employés. Une étude américaine établissait à 40 000 le nombre d'utilisateurs potentiels de petits systèmes et prévoyait que les livraisons passeraient de 115 millions en 1985 à 618 millions de dollars en 1990.

### Conclusion

La concurrence internationale découlant des pressions exercées par le commerce mondial force les compagnies à adapter la production aux exigences du marché. Il est évident que les ateliers flexibles améliorent les possibilités de réagir aux variations du marché. Cependant, la flexibilité ne constitue pas un substitut à la productivité. Afin de respecter les exigences du marché, les entreprises doivent implanter des systèmes de production combinant haute productivité et flexibilité. La technologie des ateliers flexibles constitue une des pierres angulaires qui permettra aux entreprises industrielles canadiennes de demeurer compétitives sur le marché international.

### Références

Charles Stark Draper Laboratory, Inc. «Flexible Manufacturing System Handbook», Cambridge, Massachusetts, 1983.

D'ANJOU, M., QUESNEL, L., «Introduction de la CFAO dans les industries Mark Hot», Séminaires Adrien Pouliot, Le rôle évolutif de l'ordinateur en ingénierie, novembre 1983.

DUPONT-GATELMAND, C., «A Survey of Flexible Manufacturing Systems», Journal of Manufacturing Systems, Volume 1, Numéro 1, 1982, pp. 1-5.

WERSHEIM, W., HERMANN, P., «Recent Trends in Flexible Automated Manufacturing», Journal of Manufacturing Systems, Volume 1, Numéro 2, 1982, pp. 139-148.

«Flexible Manufacturing System Complex provided with Laser», Agency of Industrial Science and Technology, MITI, Tokyo, Japan.

«FMS, A Boom You'll Guide», Production engineering, février 1986, pp. 58-60.

SHIH, C., «Implementation of Flexible Manufacturing Systems», 2nd CAD/CAM & Robotics, Conference Proceedings, May 31 - June 2, 1983, pp. 12.5-7.

STERKE, E.K., «Production Planning Problems for Flexible Manufacturing Systems», Purdue University, août 1981, pp. 1-4.

# Organisation cellulaire des ateliers

Claude Olivier, ing.

## Introduction, philosophie et définitions

Historiquement, l'organisation cellulaire a vu le jour dans les années cinquante suite aux travaux de S.P. Mitrofanow. Il s'agissait de techniques organisationnelles permettant de réutiliser au maximum les travaux déjà faits en rationalisant les procédures. On peut dire de cette organisation, d'une façon générale, que c'est «Une méthode permettant de résoudre des problèmes semblables en utilisant des solutions communes».

Si l'on cherche à définir l'organisation cellulaire d'une façon plus scientifique ou plus exacte, on pourrait parler de: «Techniques visant à regrouper en familles, selon leurs similitudes au point de vue géométrique, propriétés physiques et attributs de fabrication, l'ensemble des pièces fabriquées, de façon à réutiliser les données générées pour de la mise au point de nouveaux produits.»

L'information résultant de ces regroupements peut être utilisée par la suite à titre d'intrant pour les nouvelles conceptions, pour la mise en fabrication de ces produits et même pour la réorganisation sous forme de cellules de fabrication, des unités de production.

Nous exposerons, dans les lignes qui vont suivre, cette philosophie de fonctionnement qui est en train de s'implanter dans l'ensemble de l'Amérique du Nord. C'est là l'une des voies les plus plausibles pour l'intégration globale des entreprises ou, si l'on veut, l'application des concepts de fabrication intégrée par ordinateur (Computer Integrated Manufacturing ou CIM).

**M. Claude Olivier** est ingénieur et, depuis 1984, professeur au département de Production Automatisée de l'École de technologie supérieure de l'Université du Québec. Il est responsable des cours de Conception assistée par ordinateur (CAO) et de Gestion informatisée de la production. Précédemment, il occupait le poste d'ingénieur-analyste pour le Centre de Technologie Manufacturière de l'Université de Moncton, au Nouveau-Brunswick.

## Familles de pièces

La première étape à réaliser dans l'implantation d'une organisation cellulaire est le rassemblement des pièces produites en classes ou en famille. Pour effectuer ce regroupement, il est nécessaire de déterminer les critères qui vont gérer les différentes familles. Ces critères ou ces attributs devront être déterminés en fonction de l'utilité que l'on voudra faire des familles ainsi créées. On parlera en termes d'attributs géométriques, physiques, de fabrication ou autre.

Pour donner quelques exemples, au niveau géométrique, les aspects importants pourraient être:

- les dimensions ou le rapport des axes principaux
- la forme générale (cylindrique, rectangulaire)
- la position des trous, des rainures, des filets
- le nombre de dénivellements (changements de diamètres)
- les tolérances

Les attributs physiques seraient:

- le type de matières utilisées et sa spécification
- le fini de surface
- l'orientation possible de la pièce selon le sens de laminage des matières premières

Finalement, sur le plan de la fabrication, on peut penser aux opérations nécessaires à la réalisation, aux équipements requis en terme de procédé (oxido-réduction, tournage, soudage, électroplaquage, etc.) et leur capacité minimale. On peut également inclure une série d'autres facteurs reliés aux temps normaux de fabrication, au contrôle de la qualité, à l'entreposage des matières premières, des pièces en cours de fabrication ou du produit fini, les gabarits nécessaires, les outils spéciaux.

D'une façon générale, on cherche à développer un système de codification de l'ensemble des informations de fabrication utiles, de manière à pouvoir classifier la totalité des pièces fabriquées. C'est la création d'une base de données de fabrication (Figure 1).

Cette base de données deviendra éventuellement le centre



Figure 1. Base de données centralisée

Digit 1		Digit 2		Digit 3		Digit 4		Digit 5					
Part class		External shape, external shape elements		Internal shape, internal shape elements		Plane surface machining		Auxiliary holes and gear teeth					
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	L/D ≤ 0.5 0.5 < L/D < 3 L/D ≥ 3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Smooth, no shape elements No shape elements Thread Functional groove No shape elements Thread Functional groove Functional cone Operating thread All others	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	No hole, no break through No shape elements Thread Functional groove No shape elements Thread Functional groove Functional cone Operating thread All others	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	No surface machining Surface plane and/or curved in one direction, external External plane surface related by graduation around a circle External groove and/or slot External spline (polygon) External plane surface and/or slot, external spline Internal plane surface and/or slot Internal spline (polygon) Internal and external polygon, groove and/or slot All others	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	No auxiliary hole Axial, not on pitch circle diameter Axial on pitch circle diameter Radial, not on pitch circle diameter Axial and/or radial and/or other direction Axial and/or radial on PCD and/or other directions Spur gear teeth Bevel gear teeth Other gear teeth All others				
										Rotational parts	Stepped to one end or smooth	Smooth or stepped to one end	No gear teeth
										Nonrotational parts	Stepped to both ends	Stepped to both ends	With gear teeth

Figure 2: Extrait du système de codification Opitz.

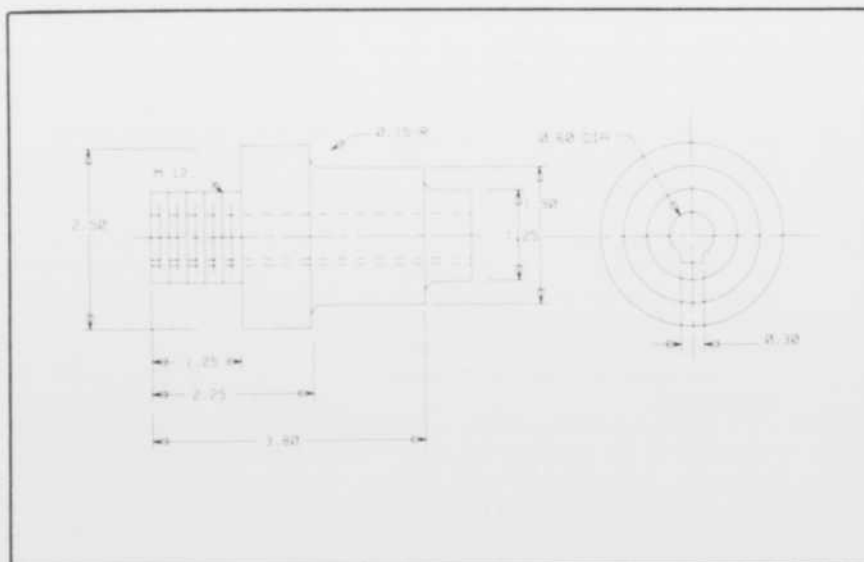


Figure 3: Exemple de codification de la géométrie d'une pièce

de toute l'activité de fabrication de l'entreprise, c'est dans cette base que tous les départements viendront puiser leurs informations.

Divers systèmes ont été développés, commercialement ou non, pour répondre à ce besoin de codification. Parmi ces systèmes on

retrouve celui de R.H. Opitz (figure 2 et 3) qui est disponible d'une façon générale et qui permet une classification de tous les produits usinés couramment. Le système de classification Opitz est sans doute l'un des plus connus, il a été élaboré pour répondre à un besoin général et, dans ce contexte, est très valable. Cependant, comme tous les systèmes se voulant très généraux, il peut être lourd à manipuler et ne pas répondre précisément à un besoin très particulier.

Il est par ailleurs possible, et c'est souvent l'approche que les firmes industrielles utilisent, de développer entièrement le système de codification. Certains produits existent sur le marché pour faciliter cette approche, ce ne sont, en fait, que des squelettes de systèmes sur lequel on vient greffer les attributs qui sont importants dans le contexte précis de l'application.

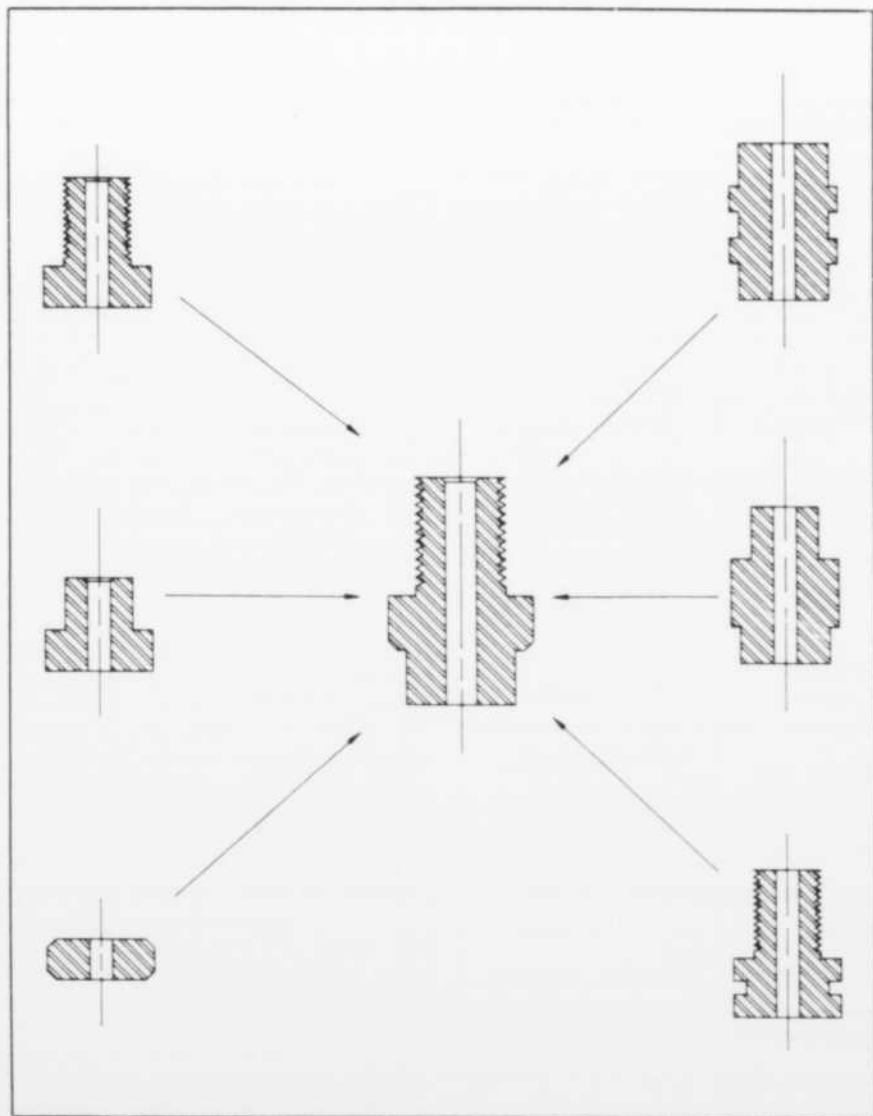


Figure 4: Utilisation d'une famille de pièces pour générer une nouvelle entité. [1]

Pour donner un exemple, on peut parler du système «DCLASS» développé à l'Université de Brigham Young qui permet de monter une structure aussi bien hiérarchique que tabulaire.

### Applications

Le système de codification et de classification n'est pas un but en soi, c'est une étape obligatoire nécessaire pour pouvoir utiliser de manière efficace l'information déjà existante. Cette utilisation se fera principalement à la conception et à l'étape de la fabrication.

### Conception

En terme de conception, on peut facilement démontrer que le nombre de répétitions de pièces

conçues au sein d'un même bureau est proportionnel au nombre de conceptions produites. Si l'on veut, plus on produira de pièces différentes sur une longue période de temps et par une grande équipe, plus on aura tendance à recréer, finalement, des pièces déjà produites ou très semblables à celles qui ont déjà été mises en fabrication.

Ceci a un effet direct sur les coûts de la compagnie: répétition de travail à la conception, à la planification, à la mise en production, augmentation inutile de la base de données, etc...

Une organisation cellulaire bien pensée permet d'avoir accès directement à l'information existante et d'éliminer toute ces répétitions. Il est possible de retrouver rapidement une pièce déjà conçue

et mise en production, de la réutiliser directement ou après quelques modifications mineures pour satisfaire les contraintes du nouveau dessin (figure 4).

Ceci élimine du même coup toute la recherche souvent infructueuse à travers des montagnes de dessins pour retrouver une pièce que l'on se souvient avoir fabriquée et qui remplirait probablement les besoins actuels.

Des économies considérables de temps et d'argent peuvent ainsi être réalisées.

### Fabrication

Sur le plan fabrication, on retrouve des gains de temps semblables pour la planification du procédé et la mise en production. Tout le travail fait lors de la détermination des étapes de production et des divers attributs est récupérable au même titre que la conception en tant que telle.

Ceci élimine, ou tout au moins diminue, le temps consacré à ces tâches. On peut penser également à tout le travail fait lors de la programmation des machines à commandes numériques qui est, lui aussi, partiellement récupérable.

Dans un contexte plus vaste, l'organisation cellulaire permet de réorganiser tout le plancher de production de façon à le rendre plus efficace. C'est ce que l'on appellera la formation de «cellules de fabrication», par opposition à la disposition traditionnelle des équipements par groupe de machines identiques, soit l'organisation fonctionnelle (figure 5).

Si on regarde la progression des pièces dans une organisation fonctionnelle, la circulation peut devenir particulièrement difficile et longue entre le début et la fin du processus, les pièces passant habituellement plus de temps en attente qu'en transformation.

Par contre, si les pièces à produire sont regroupées par leurs attributs de fabrication, les pièces peuvent être produites par une seule cellule possédant des équipements ayant les spécifications nécessaires à ce type d'attributs, effectuant toutes les opérations les unes à la suite des autres, diminuant d'autant les temps morts.

Ces cellules sont outillées en fonction du type de production qui y est effectué, avec des équipe-

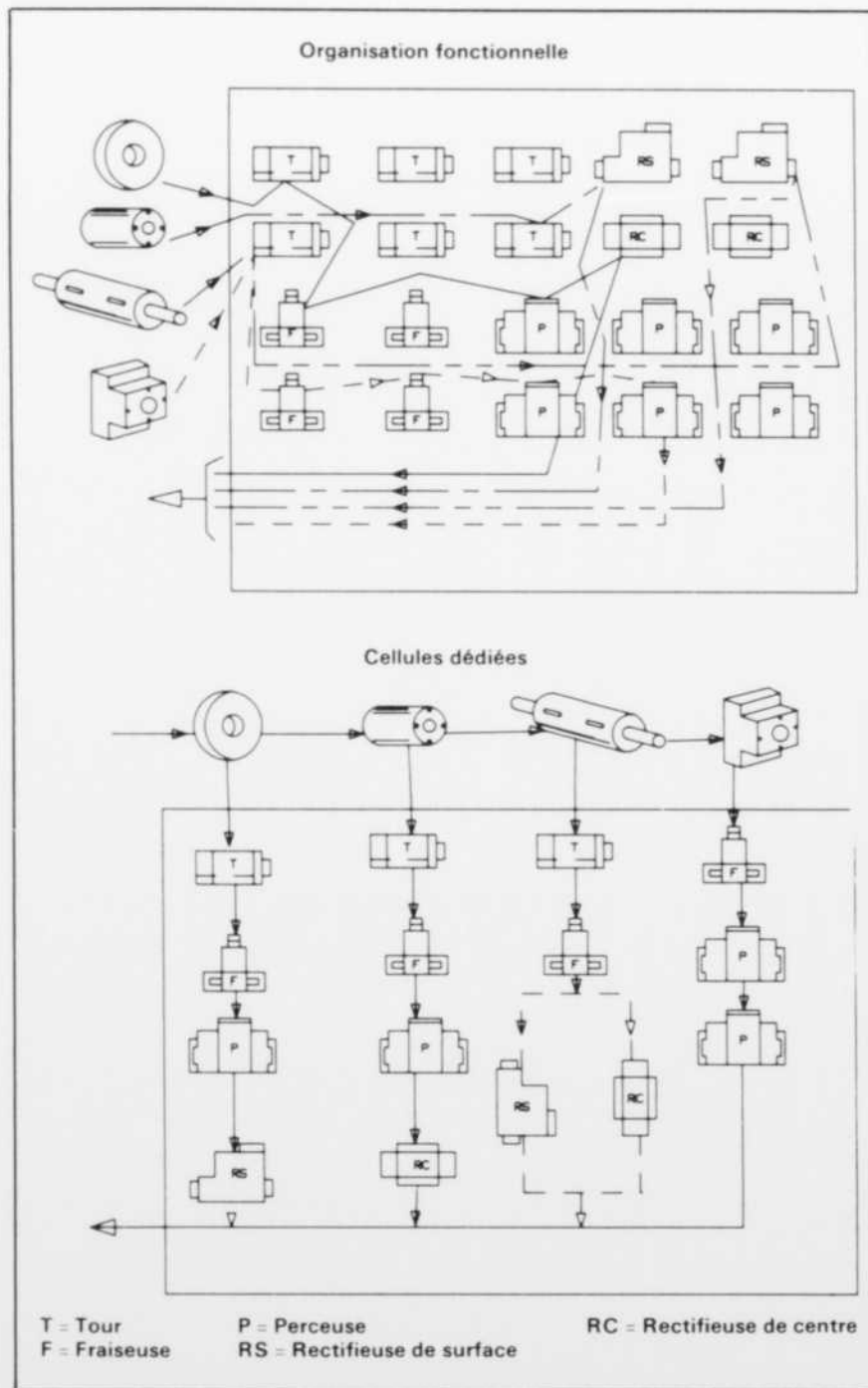


Figure 5: Comparaison du cheminement des pièces dans environnement d'organisation fonctionnelle et à l'intérieur de cellules dédiées [2]

ments à tourelles par exemple, possédant tous les outils nécessaires à la production qui y est faite.

Les outils étant toujours en place, les temps d'apprêt diminuent ce qui permet de diminuer la grosseur des lots produits tout en conservant un prix de revient compétitif.

La grosseur des lots a une répercussion directe sur l'entre-

posage des produits en cours de fabrication et des produits finis. Comme les lots sont plus petits, les surfaces nécessaires deviennent plus petites et moins d'argent est immobilisé dans les stocks. De plus, comme les lots sont plus petits, le temps de production global des produits est plus court et diminue les délais de livraison. Le même phénomène s'applique en cas de rupture de stock.

On tente, autant qu'il est possible, de faire produire des pièces finies par chaque cellule de travail, ceci a pour effet d'augmenter directement la qualité du produit. En effet, retrouvant au sein d'une cellule de fabrication que peu d'équipement, souvent moins d'une dizaine de machines, l'ambiance de travail s'y apparente plus à celle d'une équipe qu'à une grosse firme impersonnelle. De plus, l'ouvrier connaît sa position à l'intérieur de la cellule, il sait d'où vient la pièce qu'il usine et où elle se dirige par la suite, pouvant ainsi communiquer beaucoup plus efficacement les corrections éventuelles et déceler plus rapidement la provenance d'une erreur.

Lorsque la fabrication se fait selon les méthodes traditionnelles, une machine de production qui se dérègle peut souvent entraîner le rejet d'une quantité énorme de pièces. L'erreur sur un lot n'étant décelée qu'à l'étape ou qu'à l'une des étapes subséquentes.

### Conclusion

En guise de conclusion, on peut dire que l'organisation cellulaire est un concept relativement simple, faisant appel au bon sens et permettant des économies appréciables à moyen terme.

On pourrait synthétiser ses avantages par une diminution de la quantité de pièces produites, une augmentation de la vitesse de conception, une diminution des stocks, une amélioration de la qualité du produit, une diminution du nombre de rejets et une base pour l'intégration de la production (C.I.M.)

### Références

- [1] BARRAGER, J. *Classification and Coding at Paccar*, Group Technology 85, SME, Sept. 85
- [2] GALLAGHER, C.C. AND KNIGHT, W.A., *Group Technology*, Butterworth Group, England, 1973
- [3] HAM, I., *Introduction to Group Technology*, Technical report SME MMR76-03, 1976
- [4] HARBURN, D., *Group Technology and Computer-aided Process Planning*, Technical report NRC 24420, Ottawa 1985
- [5] HYDE, W., *Classification, Coding and Data Base Standardization*, Marcel Dekker Inc. 1981
- [6] Optiz, H., *A Classification System to describe workpieces*, Pergamon Press, 1970
- [7] VERNADAT, F. *Base de données de production*, Rapport technique, CNRC 22551, Ottawa 1983



M. Jean-Guy Légare, ing.  
Directeur général  
FusoRoc inc.  
Thetford Mines

*« Grâce à son four de cuisson à résistances électriques, la compagnie FusoRoc peut fabriquer des panneaux de laine minérale de qualité constante. Cette électrotechnologie donne un meilleur rendement que les fours traditionnels, car elle permet de récupérer l'énergie, ce qui est un avantage certain. »*

*Jean Guy Legare*

*de l'énergie  
et du cœur*

**L'électrification** 