TS
183
.C35214

EMBOITONS LE PAS

Rapport préparé par le

Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM

à l'intention de

l'industrie, des établissements d'enseignement

et du gouvernement canadiens

(Mise à jour du rapport de 1980 intitulé Opération "Survie")

Janvier 1983

TS
183
C35214

Des exemplaires du présent rapport ou du rapport de 1980 peuvent être obtenus du secrétariat du Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM

Industry, Trade and Commerce Industrie et Commerce
JUIN JUNE 13 1983
Library Bibliothèque

S'adresser au:

Secrétariat
Conseil pour l'avancement de
la technologie CAD/CAM
Direction de l'électronique
et de l'aérospatiale
Ministère de l'Industrie et du Commerce
235, rue Queen
Ottawa (Ontario)
K1A 0H5

(613) 593-4481

- Also available in English.

INDEX

	Pages
Sommaire	1- 3
Mise à jour des activités CAD/CAM: 1980-1982	4-11
Le centre canadien de développement de la technologie CAD/CAM	12-15
Centres régionaux de développement de la technologie CAD/CAM	15-16
Besoins des compagnies canadiennes en matière de renseignements	17
Programmes CAD/CAM dans d'autres pays	17-26
La situation au Canada	26-30
Recommandations	31-33
Références	34-37

Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM	Annexe I
Membres du Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM	Annexe II
Points saillants et phrases clés tirés du rapport de 1980 du Conseil	Annexe III

SOMMAIRE

En 1980, le Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM a publié un rapport intitulé Opération "Survie", Technologie CAD/CAM: option canadienne.(1) S'adressant à l'industrie, aux établissements d'enseignement et au gouvernement canadiens, ce rapport soulignait l'importance de la conception et de la fabrication assistées par ordinateur (CAD/CAM) pour maintenir ou accroître la productivité et la compétitivité de l'industrie manufacturière canadienne.

Le rapport de 1980 évoquait la vague de progrès technologiques qu'a suscité l'utilisation d'ordinateurs dans la conception et la fabrication. Ces progrès menacent l'existence future de l'industrie manufacturière canadienne et l'incitent à relever certains défis; de fait, ce secteur économique intervient pour environ 20 p. 100 de l'emploi et du PNB au Canada et pour un pourcentage encore plus élevé de la production des richesses. Invoquant ces motifs, le rapport de 1980 insistait sur la n'écessité d'examiner cet ensemble de techniques de plus en plus répandues et d'étudier, sans plus tarder, ses recommandations.

Le rapport de 1980 a été bien accueilli. Il a été largement examiné, résumé et cité. Plusieurs milliers d'exemplaires ont été distribués sur demande, suivant la diffusion initiale de quelques centaines d'exemplaires.

A titre d'aide-mémoire, un certain nombre de ses points saillants et phrases clés ont été reproduits à l'annexe 3. Des exemplaires du rapport original peuvent être obtenus sur demande.

A la suite de la publication du rapport de 1980, des particuliers et organismes ont pris des mesures positives et progresssives qui revêtaient plusieurs formes; toutefois, il reste encore beaucoup à faire. La technologie CAD/CAM aura un rôle essentiel à jouer pour revitaliser l'économie canadienne dans les années 80 et par la suite.

En substance, le présent rapport ne change en rien les messages ou les recommandations du rapport antérieur qui, par conséquent, tiennent encore. Il vise plutôt à souligner, grâce aux données recueillies au

cours des deux dernières années, à quel point la technologie CAD/CAM se développe rapidement, particulièrement dans d'autres pays. Il y a donc lieu de conclure que le Canada devra déployer de nombreux efforts pour réduire cet écart, ou pour éviter de se laisser distancer davantage.

Comme le recommandait le rapport de 1980, nombre de sociétés au Canada ont commencé à se prémunir pour faire face aux menaces et aux défis que présente cette technologie. Certaines d'entre elles prévoient l'intégration de systèmes CAD/CAM et d'autres commencent déjà à s'en servir. Toutefois, nous ne sommes pas au bout de nos efforts.

Un sondage, préparé par le Conseil et mené auprès des sociétés manufacturières par l'Association des manufacturiers canadiens (2), révèle que seulement 8 p. 100 des sociétés ont recours au dessin assisté par ordinateur, seulement 14 p. 100 au génie assisté par ordinateur, seulement 30 p. 100 à la commande numérique et quelque 3 p. 100 à la robotique. Par comparaison, il existe de nombreux systèmes de fabrication flexibles au Japon où cette technique fait, parraît-il, sensation. Selon un récent sondage, jusqu'à 50 p. 100 des sociétés japonaises feront bientôt usage de tels systèmes, alors que le Canada ne possède qu'un ou deux systèmes d'envergure de ce genre.

Comme le recommandait le rapport de 1980, les universités et les collèges communautaires tentent actuellement d'inscrire à leurs programmes d'études suffisamment de cours sur la conception et la fabrication assistées par ordinateur, particulièrement sur les systèmes et applications possibles. Il semble toutefois, que des efforts concertés s'imposent pour y parvenir. Il est impératif, dans beaucoup de cas, de rehausser les compétences universitaires, de prévoir de nouveaux cours ou de changer ceux que l'on dispense déjà, et d'obtenir les fonds nécessaires à la mise sur pied de nouvelles installations. Une somme importante devra être investie, particulièrement dans l'achat de systèmes informatiques, de logiciels et de terminaux graphiques pour la conception assistée par ordinateur. Bien que les terminaux graphiques nécessaires à la majorité des étudiants soient peu coûteux,

les frais du matériel et du logiciel peuvent atteindre de 1 à 4 millions $ pour une classe de 120 étudiants par année, cette estimation suppose un rapport de 10 à 15 étudiants en génie pour un terminal CAD perfectionné.

Tous ces changements doivent être réalisés malgré les nombreuses restrictions financières auxquelles sont astreints les universités et les collèges communautaires de la plupart des provinces, et particulièrement de l'Ontario. Il n'en reste pas moins que, malgré ces difficultés, certains établissements réussissent à faire des progrès.

Même si de nombreuses personnes ont tendance à penser que les plus grands besoins d'information et d'enseignement dans ce domaine se font sentir aux niveaux universitaire et collégial, c'est surtout le personnel technique et administratif déja employé dans l'industrie qui pourrait bénéficier le plus de cours de formation dispensés à l'usine. En raison du besoin urgent de recycler des personnes dans les domaines de la gestion, de l'enseignement et de la technologie industrielle, de nouvelles méthodes d'enseignement, telles que les conférences enregistrées sur bandes vidéo et l'enseignement automatisé (EA) doivent être envisagées et adaptées au besoin et dispensées de façon économique, et des logiciels (matériel didactique) doivent être élaborés. Il a été démontré que le recours à ces méthodes permettait souvent de réduire considérablement le temps d'apprentissage et d'améliorer la compréhension du sujet étudié, par exemple dans l'utilisation d'affichages graphiques interactifs dans l'enseignement de la programmation CN. L'enseignement automatisé est considéré comme l'une des nouvelles méthodes permettant d'accélérer l'enseignement et les applications de la technologie CAD/CAM au Canada.

Comme l'indiquait le rapport de 1980, même si seulement 10 p. 100 des deux millions de personnes employées dans l'industrie manufacturière canadienne ont besoin de connaître la technologie CAD/CAM, ce pourcentage vise au moins 200 000 personnes. Les cours de perfectionnement offerts dans les universités et les collèges communautaires ont une utilité, tout comme les cours offerts par les vendeurs de matériel

CAD/CAM; toutefois, on a manifestement besoin d'une gamme de cours de formation dans l'entreprise et de matériel didactique dans ce domaine pour répondre à une telle demande de façon rentable. Le Conseil a joué un rôle dans l'organisation et la formulation partielle d'une série de monographes sur la technologie CAD/CAM pouvant être utilisés dans ces cours de formation.

C'est le gouvernement qui a réagi le moins rapidement au rapport du Conseil, bien que des progrès aient été signalés, particulièrement dans certaines provinces, comme l'Ontario et le Nouveau-Brunswick. Le Conseil constate que les gouvernements sont de plus en plus conscients de l'importance de la technologie CAD/CAM. En outre, il est confiant que les gouvernement fédéral et provinciaux réagiront favorablement et que le gouvernement fédéral prendra des mesures concrètes qui reconnaîtront entièrement les possibilités qu'offre cette technologie pour accroître la productivité et assurer la survie économique.

MISE A JOUR DES ACTIVITÉS CAD/CAM: 1980-1982

Dans le rapport de 1980, le Conseil affirme que l'industrie manufacturière canadienne fera face au cours de la décennie à l'accroissement de la concurrence sur le marché international, à la réduction des barrières tarifaires et au perfectionnement des techniques de conception et de production. Pour diverses raisons complexes, l'industrie manufacturière a été la plus gravement frappée par la récession économique au cours des deux dernières années. Ce secteur, qui représente environ 18 p. 100 de tous les emplois au Canada, a été touché par un nombre disproportionné de mises à pied. Au cours de la période de 10 mois comprise entre août 1981 et juin 1982, 592 000 personnes ont perdu leur emploi, dont 255 000 , soit presque 50 p. 100, travaillaient dans le secteur manufacturier.(3)

Lors d'une conférence tenue en Ontario en juin 1982, les hauts-fonctionnaiers invités ont informé les participants que l'industrie canadienne était moins avancée que les industries des autres pays dans le domaine de la robotique, de la conception assistée par ordinateur et de la fabrication assistée par ordinateur, et que cette dernière devait

procéder immédiatement au perfectionnement des techniques employées afin de demeurer compétitive. "Nous pouvons résister au progrès dans l'industrie manufacturière et laisser nos industries et les emplois disparaîtrent, ou nous pouvons pénétrer le marché de la technologie CAD/CAM et de la robotique et y faire notre marque."(4)

Un bref examen de quelques grands secteurs, tels que l'infographie, les machines-outils à commande numérique, les robots industriels, les machines-outils automatiques et les systèmes de fabrication flexibles, permettra de déterminer le rythme de l'évolution de la technologie CAD/CAM et de l'intégration de cette dernière dans les usines de fabrication presque entièrement automatisées.

Progrès en infographie et en conception assistée par ordinateur

Les systèmes graphiques interactifs ne se limitent déjà plus au dessin. Certains systèmes peuvent effectuer des analyses, ce qui permet d'évaluer les pièces au moyen de techniques comme la méthode d'éléments finis. Grâce aux programmes cinématiques, on peut étudier dans certains cas le mouvement des mécanismes. En outre, on peut évaluer le matériel et déceler les défectuosités par le biais de techniques de vérification assistée par ordinateur, dont l'analyse modale.

L'intégration des techniques CAD, (modélisation géométrique, conception, analyse et mise à l'essai) dans un seul système possédant les techniques CAM nécessaires à la préparation de bandes magnétiques pour les commandes numériques, constitue un grand pas en avant. Cette unification des techniques CAD et CAM permet à l'ingénieur de n'avoir recours qu'à un seul système pour convertir un concept initial en un produit fini.

L'un des concepts clés de la technologie CAD/CAM réside dans le fait que les fonctions individuelles de conception et de fabricaton sont informatisées et qu'elles sont en plus reliées par une base de données partagée, comprise dans la mémoire de l'ordinateur.

L'ingénieur peut donc définir la configuration d'un dessin, analyser la structure et le mouvement mécanique, introduire les données d'essai et produire automatiquement des dessins techniques, le tout à partir d'un seul terminal graphique. D'autre part, les préposés à la production peuvent, d'après la description géométrique fournie par le système CAD, créer des bandes magnétiques pour les commandes numériques, planifier le processus, donner des instructions aux robots et gérer les activités de l'usine avec le système CAM.

Progrès dans les commandes numériques

Alors qu'on assistait à la mise au point des techniques CAD, des progrès étaient enregistrés dans le domaine de la technologie CAM, principalement en ce qui concerne les commandes numériques (CN), la robotique et les systèmes de fabrication flexibles.

Jusqu'à ces derniers temps, les programmeurs d'expérience devaient produire et vérifier les instructions pour les CN. Aujourd'hui, les programmes de CN peuvent être produits automatiquement par les graphiques interactifs, et les trajectoires des outils peuvent être vérifiées rapidement grâce à la simulation par ordinateur. En outre, certains systèmes peuvent effectuer, dans une certaine mesure, la planification des procédés pour déterminer l'ordre de succession des étapes de fabrication, et d'autres systèmes possèdent des fonctions de gestion pour l'acheminement du travail et des matérieux au sein de l'usine. La toute nouvelle technique en CAM est la robotique qui permet la manipulation des outils et des pièces travaillées au moyen de bras automatisés.

Les changements qui se matérialisent rapidement dans la technologie des machines-outils reflètent la tendance à l'intégration et à l'automatisation des usines. Les constructeurs présentent maintenant des machines-outils à contrôle numérique par ordinateur (CNO) améliorées, intégrées à des robots mobiles ou à poste fixe à des changeurs de palettes, à des changeurs mobiles d'outils et, dans le cas des tours, à des revolvers et à des portes-outils mobiles.

Le contrôle adaptif, qui n'a pas été employé pendant au moins quinze ans, a finalement été appliqué aux cellules de fabrication flexibles. Les systèmes d'inspection en cours de production commencent aussi à être appliqués. De nouveaux contrôles ont été mis au point afin de faciliter la "programmation à même la machine"; certains contrôles sont munis de moniteurs de couleurs et d'affichages graphiques pour la vérification des trajectoires des outils. D'autres contrôles comprennent des processeurs parallèles qui permettent d'effectuer la programmation pendant la production. Au moins trois fabricants de contrôles y ont intégré une fonction de traitement des données sur la localisation des trajectoires de découpage. Depuis, de nombreux acheteurs éventuels s'intéressent davantage au language APT (machines-outils à commande automatique) qui produit les données sur la localisation des trajectoires de découpage, ou à d'autres nouveaux systèmes d'infographie qui peuvent exécuter cette fonction. Ces innovations démontrent clairement que la téléprogrammation assistée par ordinateur deviendra encore plus importante dans le secteur manufacturier et qu'elle fournira éventuellement un lien avec la conception assistée par ordinateur.

Progrès dans les robots industriels

Depuis 1980, les progrès enregistrés dans le domaine des robots industriels ont été phénoménaux. Il y a deux ans, la plupart de ces appareils n'accomplissaient que de simples travaux, tels que la manutention du matériel, la soudure par points, la soudure à l'arc en une seule passe et la peinture par pulvérisateur. Aujourd'hui, certains robots utilisés dans les techniques de pointe sont munis de capteurs de vision et de capteurs tactiles et ils peuvent effectuer des travaux d'assemblage et d'inspection.

Le perfectionnement accéléré de la technologie robotique de base a engendré des progrès rapides dans le secteur des robots industriels. La réduction ces coûts des ordinateurs et la mise au point de robots, de capteurs et d'applications plus sophistiqués y a contribué dans une très grande mesure. Enfin, la demande du marché, fondée sur les besoins en matière de productivité, de contrôle de la qualité et de

rentabilité, en a été l'organe propulseur. Le coût horaire moyen d'un robot est d'environ trois fois inférieur au coût moyen d'un employé. Selon une grande compagnie d'automobiles, chaque fois que le coût de la main-d'oeuvre augmente d'un dollar l'heure, 1000 nouvelles applications en robotique deviennent économiques.(5)

Il y a quelques années, les robots étaient considérés un simple élément dans une usine de fabrication et ils étaient installés comme tel. Aujourd'hui, les robots sont considérés comme une partie d'un système global de fabrication et ils sont installés en tant que tel. C'est pourquoi il n'est pas surprenant de constater que certaines usines installent de 50 à 100 robots à la fois.

Chargement automatique des pièces et postes de travail automatisés

Le Salon international de la machine-outil, à Hanovre, en Allemagne de l'Ouest, a démontré clairement que les usines du monde entier optent pour les machines-outils munies de chargeuses automatiques de pièces, ou utilisées conjointement avec des robots industriels. Sur les 7800 machines-outils présentées, environ 1100 possédaient un certain type de commande numérique. Près de 200 machines-outils étaient équipées de chargeuses de pièces ou étaient combinées avec des robots. Ces données représentent un accroissement considérable de leur utilisation.(6) Au Japon et en Europe, de plus en plus d'usines automatisent leurs machines en les dotant des capteurs et des dispositifs de surveillance et de contrôle nécessaires. Cette tendance incite l'Amérique à prendre une décision cruciale à ce sujet.(7)

Progrès dans les Systèmes de fabrication flexibles

Dans le rapport de 1980, le Conseil donne une définition de la technologie CAD/CAM en énumérant les applications de l'informatique à la conception et à la fabrication, et il note ce qui suit:

> "En termes de productivité et au point de vue économique, la technolgie CAD/CAM sera la plus rentable lorsque toutes les opérations susmentionnées ou la plupart seront combinées ou reliées pour former un système intégré. On fait donc actuellement beaucoup de recherches dans ce sens."

Le terme "Systèmes de fabrication flexibles" (SFF), est très répandu. Il désigne des combinaisons de machines-outils et d'équipement de manutention du matériel, comme les robots industriels qui fonctionnent de façon coordonnée sous la supervision d'un ordinateur central. Bien que le terme SFF s'applique généralement aux opérations reliées principalement à la coupe des métaux, la commande numérique est maintenant utilisée dans presque tous les procédés de production concevables. Par exemple, parmi les usines les plus automatisées au monde, dont les opérations sont entièrement automatisées et dont tout l'équipement de manutention du matériel est automatique, certaines produisent des tranches de silicium pour les microplaquettes employées dans l'industrie de l'électronique.

Les Systèmes de fabrication flexibles se sont révélés plus avantageux qu'on ne l'aurait cru. Par exemple en Europe, l'usine Messerschmitt - Boelkow - Blohm, à Augsburg, en Allemagne de l'Ouest, possède l'un des systèmes de production automatisée et intégrée, contrôlée par ordinateur, les plus perfectionnés. L'unité centrale de ce système contient 28 postes d'usinage à commande numérique. Les améliorations en matière de productivité dont ont fait part les conférenciers et d'autres personnes qui ont décrit cette usine reflètent les économies qui ont été réalisées:

1. "Dans cette usine, le taux d'utilisation des machines-outils pour la coupe des métaux s'élève actuellement à 75 et 80 p. 100 par rapport à 5 p. 100 dans les usines ordinaires.

2. Le délai de production du chasseur Tornado serait raccourci de 30 à 18 mois, si des machines-outils à commande numérique indépendantes étaient utilisées.

3. Dans le cas des machines-outils CN tout comme dans celui des ouvrier, les besoins de l'usine ont décru de 44 p. 100.

4. La superficie nécessaire a diminué de 39 p. 100.

5. L'investissement nécessaire équivaut à 9 p. 100 de moins que l'investissement requis pour l'utilisation de machines à commande numérique classiques.(8)

6. Les coûts annuels d'exploitation sont réduits dans l'ensemble de 25 p. 100".(9)

Au Japon, dans des installations comme l'usine de fabrication de robots et de machines-outils de Fujitsu-Fanuc et l'usine de fabrication flexible Yamzaki, le besoin de main-d'oeuvre opérationnelle directe est réduit considérablement et le travail de nuit peut-être effectué presque sans intervention humaine. Selon certaines évaluations, le succès remporté par les japonais au chapitre des usines de fabrication flexibles, actuellement mises en place à raison de deux par mois, engendre le concept de la vente d'usines complètes.(10,11) Les pages 19 à 21 du présent rapport méritent une attention toute particulière, car elles contiennent des renseignements tirés d'une étude effectuée récemment sur le SFF au Japon.

La technologie CAD/Cam pourrait également devenir un puissant instrument de transfert de techniques au pays riches en ressources pétrolières et aux pays en voie de développement, ce qui poserait une nouvelle source de concurrence pour l'industrie canadienne sur les marchés national et international. Selon le U.S. National Science Foundation Centre for Productivity, "la technologie CAD/CAM est plus en mesure d'accroître considérablement la productivité que toute autre innovation qui est apparue depuis la découverte de l'électricité."

Une étude comparative détaillée a été menée à l'échelle internationale par des experts engagés à contrat par la United States Air Force and National Academy of Sciences. Cette étude porte sur la fabrication assistée par ordinateur et elle comprend, en résumé, les conclusions suivantes:

> "Tous les pays industrialisés au monde entrent dans une nouvelle ère très dynamique, celle de la CAM. D'ici à la fin du siècle, le statut des industries d'une nation sera évalué d'après l'étendue des applications CAM dans ce pays.
>
> La nouvelle usine que l'on voit naître sera en grande partie automatisée, elle aura un taux de rendement opérationnel très élevé et elle sera presque aussi flexible dans l'exécution de ses fonctions qu'un ouvrier expert dans le maniement de ses outils manuels. Elle pourra superviser, contrôler et ordonnancer ses propres fonctions ainsi que diagnostiquer et réparer ses propres défectuosités. Elle adaptera sa configuration et ses capacités au travail à effectuer.

> L'approche de cette usine est dualiste, soit du bas vers le haut et du haut vers le bas. L'approche du bas vers le haut consiste dans la construction de cellules de fabrication toujours plus sophistiquées qui peuvent être reliées entre elles de façon flexible principalement au moyen de techniques de logiciel. Ces cellules, qui permettent à l'usine de fonctionner la nuit sans intervention humaine, constituent des produits compétitifs. L'approche du haut vers le bas requiert de la réflexion et de l'audace dans la mise sur pied de l'usine de l'avenir et dans la mise à l'essai par le biais de grands projets expérimentaux.
>
> Les gouvernements de presque tous les pays industrialisés sont conscients de l'importance de ces tendances et ils fournissent, à cet effet, une orientation et un appui considérables. Aucun pays ne possède les ressources nécessaires pour effectuer seul la mise en place de l'usine de l'avenir. Les nations les plus avancées dans ce domaine ont été les premières à admettre ce fait et à agir en conséquence."(12)

Il y a environ 200 ans, l'hémisphère sud tout entier n'a pas su profiter de la première révolution industrielle, ce qui a affecté la vie de centaines de millions de gens. Si le Canada ne prête pas attention aux événements et s'il ne prend pas les mesures qui s'imposent, il pourrait facilement rater cette deuxième révolution industrielle, soit la révolution CAD/CAM, qui se déroule actuellement dans le secteur de la conception et de la fabrication. Comme l'a mentionné une grande compagnie canadienne, pour réussir à accroître la productivité, il ne suffit pas d'en faire un objectif.

Les compagnies canadiennes devront surmonter de nombreux obstacles. En outre, comme l'industrie canadienne a ralenti ses activités en matière de recherche, de développement et d'investissement en raison de la récession actuelle, les compagnies canadiennes seront peut-être incapables, lorsque viendra le moment de faire volte-face, de concurrencer les compagnies étrangères qui sont plus actives dans le domaine CAD/CAM. Un grand nombre de personnes pensent que nous sommes déjà en train de payer le prix du peu de dynamisme dont nous avons fait preuve en recherche et en développement dans les années 1960 et 1970. Tout autre retard dans ce domaine vital pourrait être désastreux.

LE CENTRE CANADIEN DE DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE CAD/CAM

L'établissement d'un centre canadien de développement de la technologie CAD/CAM, tel que recommandé par le Conseil dans son premier rapport "Opération Survie", représente un besoin urgent.

Selon le concepte initial, le centre aurait deux fonctions principales:

1 - Diffusion des renseignements;
2 - Attribution de contrats pour des projets de développement bien définis.

Comme de nombreux centres régionaux sont en voie de planification ou d'établissement, il faudrait manifestement ajouter deux autres fonctions:

3 - Coordination des travaux et partage de l'information entre divers centres régionaux;
4 - Élargissement de la perspective nationale et internationale par rapport à ce que pourrait offrir les centres provinciaux et régionaux.

Le centre devra s'adapter aux changements qui se produiront dans l'attribution de priorités et de ressources à ces fonctions et aux fonctions qui s'ajouteront éventuellement.

En ce qui concerne le besoin d'un centre canadien de développement de la technologie CAD/CAM, on peut affirmer ce qui suit:

- Il importe de fournir, de façon impartiale, des renseignements et des conseils sur la technologie CAD/CAM à l'industrie canadienne.
- L'enquête menée par l'AMC a révélé que l'établissement du centre et les fonctions proposées sont appuyés par un très grand nombre de personnes.(2)
- Le rôle proposé pour le centre national est très différent du rôle des centres régionaux, lesquels s'occupent davantage

de la démonstration de l'équipement et des techniques ainsi que de la constitution d'une liste de fournisseurs locaux.

- Comme le centre national ne possède pas d'équipement ni la capacité d'effectuer lui même des travaux de recherche et de développement, il serait tout désigné pour superviser les activités des autres centres.
- Le centre national sera ainsi accepté par les autres centres qui ont eux-mêmes demandé que les travaux soient coordonnés.
- Le centre national ferait preuve d'impartialité dans la prestation de conseils et dans l'attribution de contrats pour les projets de développement financés par des groupes de compagnies. Ces contrats seraient attribués à des compagnies industrielles pour les projets de développement "in situ", ainsi qu'aux centres CAD/CAM régionaux, aux organisations d'experts-conseils, aux universités et à d'autres spécialistes selon un processus d'appels d'offres. Une approche semblable est appliquée, avec succès, par le CAM-I aux États-Unis, ainsi que par les sociétés canadiennes d'électricité au Canada, par l'entremise de l'Association canadienne de l'électricité (ACE).
- Les jurys chargés de définir les projets et de choisir les soumissionnaires seraient composés de représentants des compagnies qui parrainent les projets, et ils seraient aidés par les membres du centre.
- Cette approche facilite l'exécution de projets financés par des groupes de compagnies; sans elle, les projets ne pourraient peut-être pas être exécutés ou ils ne pourraient l'être que moyennant des coûts plus élevés. Elle est, en outre, utilisée en vue d'éviter la répétition des efforts et d'accorder une attention toute particulière aux projets vraiment nécessaires. Elle permet aussi de mettre au point et d'appliquer ces projets au Canada dès que possible, et de minimiser les crédits à prélever sur les fonds publics.
- Le centre national devra probablement demander une aide financière au gouvernement pour ses activités internes et pour ses dépenses d'administration. Cette aide servirait également de subvention pour les projets de développement exécutés à contrat.

- Le centre national devrait pouvoir réaliser des recettes, tirées principalement des contributions fournies par les compagnies qui financent des projets particuliers ainsi que de la vente, à un prix peu élevé, de rapports, de documents et de progiciels, après la période d'application (un ou deux ans) du droit de priorité desdites compagnies.

Au cours d'une discussion qui a suivi la rédaction du rapport de 1980, les représentants du gouvernement fédéral ont suggéré aux membres du Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM un moyen d'obtenir une aide pour le centre national. Le Conseil pourrait en effet demander à une association industrielle existante de présenter une demande pour l'établissement du centre et de faire fonction de représentant légal avec lequel un accord pourrait être conclu pour l'affectation de crédits dans le cadre d'un programme fédéral en vigueur. Le Conseil a donc fait appel à cinq grandes associations industrielles. Une proposition a été présentée, mais elle a été retirée par la suite. Par conséquent, les discussions avec d'autres associations industrielles ont été reprises. Pendant ce temps, le secrétariat du Conseil accomplit toujours les fonctions du centre, de façon partielle et dans les limites de ses ressources; ces fonctions consistent principalement dans la diffusion des renseignements et la coordination des travaux.

En résumé, le Conseil affirme qu'il faut établir un centre national. La structure de ce dernier a déjà été déterminée, mais le mécanisme d'établissement n'a pas encore été élaboré.

Aujourd'hui plus que jamais, il importe de fournir à l'industrie et aux établissements d'enseignement des renseignements à jour sur les innovations dans le domaine CAD/CAM. Si nous voulons mener plutôt que marcher sur les traces de nos prédécesseurs, il nous faut également prévoir les tendances en matière de technologie qui pourraient s'appliquer à l'industrie canadienne et faire en sorte que nos établissements d'enseignement forment des personnes capables d'appliquer et d'utiliser ces techniques.

Selon une étude effectuée récemment[13], dans laquelle on cite une étude Delphi sur la technologie CAD/CAM menée par la Society of

Manufacturing Engineers, l'ouvrier qui est actuellement un exécutant est en train de devenir un gestionnaire et un superviseur de machines; d'ici à 1990, "cinquante pour cent des employés d'usine seront des ingénieurs et des techniciens très spécialisés qui assureront l'exploitation d'usines automatisées, robotisées et informatisées".

Le Business Intelligence Program, du SRI International a conclu son rapport de recherche par l'énoncé suivant qui semblerait s'appliquer tout aussi bien, et peut-être même davantage, au Canada:

> "Il existe un sérieux vide en matière de formation et de R&D aux États-Unis dans l'industrie manufacturière en général et dans la fabrication des SFF en particulier. Si les ingrédients manquants ne sont pas fournis, les compagnies américaines souffriront d'un sérieux désavantage par rapport aux entreprises de presque tous les autres pays industrialisés du monde."(14)

CENTRES RÉGIONAUX DE DÉVELOPPEMENT DE LA TECHNOLOGIE CAD/CAM

Depuis 1980, on planifie l'établissement d'un certain nombre de centres régionaux de développement de la technologie CAD/CAM, notamment en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario et au Nouveau-Brunswick. Le gouvernement provincial de l'Ontario a annoncé que six centres seraient mis sur pied dans le cadre du programme BILD et que la somme d'environ 20 millions $ serait accordé à chaque centre pour une période de cinq ans. Les six centres comprennent notamment:

Centres	Endroits
Un centre de la microélectronique	Ottawa
Un centre CAD/CAM	Cambridge
Un centre de technologie robotique	Peterborough

Dans un très grand nombre de provinces, des personnes intéressées et bien informées se sont constituées en groupes de planification et d'application de la technologie CAD/CAM. Presque tous les groupes sont composés de représentants de l'industrie locale, du conseil de recherches provincial, des universités, des collèges communautaires et, dans certains cas, du gouvernement provincial. En Colombie-Britannique, un

de ces groupes a fondé la Western Foundation for Advanced Industrial Technology (WFAIT) et a formulé une proposition visant l'établissement d'un centre de développement de la technologie CAD/CAM dans la province. Le Centre de la microélectronique de l'université de l'Alberta a l'intention d'exploiter la technologie CAD/CAM au moyen d'un système CAD de graphiques interactifs clés en main qu'il vient d'acquérir. En Saskatchewan, un groupe semblable est en train d'élaborer des plans pour répondre à des besoins collectifs. Au Manitoba, les besoins ont été cernés et des plans ont été approuvés sous la direction du Conseil de recherches du Manitoba. La province du Nouveau-Brunswick a fourni 780 000 $ pour l'achat d'un système graphique interactif décentralisé qui sera installé dans plusieurs collèges, universités et établissements industriels de la province et qui entrera en exploitation en janvier 1983.

Le Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM insiste sur la nécessité d'établir un centre canadien de développement de la technologie CAD/CAM, tel que décrit dans son rapport de 1980, mais il appuie également les initiatives visant la création de centres régionaux, dont les objectifs et les activités compléteraient tous ceux du centre canadien.

Le gouvernement fédéral a annoncé la mise en vigueur d'un nouveau programme d'aide à l'industrie de l'électronique afin de promouvoir la fabrication et l'utilisation de composants électroniques dans l'industrie canadienne, et il a précisé que le nouveau programme offre des crédits pour l'établissement de quatre autres centres de la microélectronique afin que toutes les provinces canadiennes en possèdent un. Ces centres peuvent s'adapter à certains aspects de la technologie CAD/CAM ou en traiter, mais ils ne peuvent s'y consacrer entièrement ou s'occuper de tous ses aspects, parce qu'un très grand nombre de systèmes et d'applications CAD/CAM requièrent des éléments très complexes en matière de génie mécanique, de techniques de fabrication, de mise au point d'applications et de génie industriel. Il existe donc réellement un besoin urgent de centres CAD/CAM qui se consacreraient entièrement à tous ces aspects.

BESOINS DES COMPAGNIES CANADIENNES EN MATIÈRE DE RENSEIGNEMENTS

Les résultats d'un questionnaire, préparé par le Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM et distribué aux compagnies membres par l'Association des manufacturiers canadiens, contiennent des données sur les besoins des compagnies canadiennes en matière de renseignements sur la technologie CAD/CAM.

Sur le total des compagnies interrogées, seul un tiers possèdent des connaissances suffisantes sur la technologie et les applications CAD/CAM ou y ont accès par le biais des réseaux existants ou ordinaires. D'autre part, 58 p. 100 des compagnies souhaitent la mise sur pied d'un centre CAD/CAM pour la préparation et la distribution du matériel didactique nécessaire à la formation en cours d'emploi; 66 et 67 p. 100 désirent que le centre planifie des séminaires pour les gestionnaires et les techniciens; 77 p. 100 demandent que le centre prépare des rapports d'étude sur l'équipement offert et sur l'évaluation de ce dernier. Enfin, 91 p. 100 des enquêtés veulent obtenir d'autres renseignements et être inscrits, s'il y a lieu, sur la liste de distribution du centre.

PROGRAMMES CAD/CAM DANS D'AUTRES PAYS

Un bref examen des innovations et des programmes CAD/CAM dans d'autres pays permettra de tracer un meilleur aperçu de la situation actuelle du Canada.

Allemagne:

Dans le cadre des Deuxième et Troisième plans de traitement des données, totalisant 1,366 milliard $, le gouvernement a fourni environ 179 millions $, entre 1971 et 1979, pour la mise au point de la technologie CAD/CAM et des commandes de processus automatiques.(15) Un vaste réseau de centres et d'instituts, où travaillent des milliers de scientifiques et d'ingénieurs, s'occupent de la mise au point de la technologie CAD/CAM, reliée tout particulièrement au génie mécanique.(16)

Tout récemment, le gouvernement fédéral de la RFA a lancé un nouveau programme de recherche en techniques de fabrication, dont les coûts prévus jusqu'en 1983 s'élèvent à 250 millions DM (environ 140 millions $). Le ministère fédéral de la Recherche et du Développement a annoncé que le programme sera administré par le Kernforschungszentrum (centre de recherches nucléaires), à Karlsruhe. Les recherches permettront surtout "de s'adapter rapidement aux changements technologiques que les innovations en microélectronique apporteront dans l'industrie manufacturière". Le programme sera axé sur les activités d'élaboration, de conception et de planification en matière de fabrication; sur les systèmes de fabrication flexibles; sur l'amélioration des structures de production; sur les procédés et l'assurance de la qualité; sur les études d'ordre social et économique concernant la fabrication; et, sur le transfert de techniques. Environ deux tiers des crédits seront accordés à des petites et moyennes entreprises (soit jusqu'à concurrence de 85 millions $ pour les ventes annuelles).(17)

Japon:

Le Japon accorde une très grande priorité à la technologie CAD/CAM et à la robotique. Des compagnies particulières comme la Mitsubishi et les fabricants d'automobiles exploitent un très grand nombre de systèmes. La Methodology for Unmanned Manufacture (MUM), projet de mise sur pied d'une usine automatique auquel le gouvernement accorde 100 millions $, a été apparemment modifié pour permettre la mise au point d'un Système de fabrication flexible (SFF), qui constitue une étape intermédiaire.(18) Les crédits totalisent maintenant 60 millions $ et ils sont accordés pour une période de sept ans.(19)

La Japan Robot Leasing Co., formée par un consortium groupant la MITI et un certain nombre d'institutions financières pour encourager les clients à adopter les applications de la robotique et à utiliser, sans tarder, les tout nouveaux modèles techniques, a été inaugurée en avril 1980. A la fin de la première année d'exploitation, la location de robots dans les usines des clients avait rapporté 5,5 millions $, soit 160 p. 100 du chiffre d'affaires visé pour la première année.

Les rapports sur l'exploitation de l'usine de la Fujitsu Fanuc Ltd. (aujourd'hui la GM-Fanuc), qui a commencé à fabriquer des robots industriels et des machines-outils à commande numérique en janvier 1981, constituent le premier indice important du succès remporté dans les usines de fabrication automatiques et dans les systèmes de fabrication flexibles.(20) Cette usine est évaluée à 38 millions $, elle a un effectif de 100 employés seulement et elle produit 100 robots par mois. L'usine accorde une très grande importance à la manutention automatique du matériel au moyen de chariots-robots, de robots industriels et de machines-outils à commande numérique, groupés et reliés pour former des "cellules de fabrication". Depuis, le nombre de ces installations et de ces usines s'accroît rapidement; l'usine de fabrication de la Yamazaki en est un exemple.

En Amérique du Nord, l'intérêt et l'attention ont été axés, tout au moins dans le passé, sur trois domaines particuliers reliés à la technologie CAD/CAM, soit les graphiques pour la conception assistée par ordinateur, les machines-outils à commande numérique et les robots industriels. L'intégration de tout le système est considérée comme un objectif important mais à long terme.

Selon une étude menée récemment sur les Systèmes de fabrication flexibles, les Japonais participent très activement à ce niveau supérieur d'intégration. Bien que les opinions diffèrent au sujet de la définition d'un système de fabrication flexible, ce dernier est en général décrit comme un système de fabrication géré par un seul ordinateur en direct intégré servant à la manutention du matériel (il s'agit habituellement de pièces travaillées transportées sur palettes) et des outils, ainsi qu'au traitement des données sur la production et des données sur la configuration géométrique des pièces et la trajectoire des machines à couper les outils dans le cas des machines à commande numérique.

Un Système de fabrication flexible complet comprend généralement un certain nombre de cellules de fabrication flexibles reliées entre elles. Lorsque ce système assure le fonctionnement de toute une usine, il prend alors le nom d'Usine de fabrication flexible (UFF).

Une étude a été menée récemment au Japon auprès des utilisateurs du SFF. Compte tenu du fait que la définition donnée à ce système varie quelque peu, les résultats, dont certains sont énumérés ci-dessous, sont frappants.(21)

- Des questionnaires ont été envoyés à 4435 usines choisies au hasard dans 12 secteurs industriels désignés; 502 usines ont répondu.

- Sur le total des enquêtés, 23 p. 100 exploitent actuellement des SFF et 27 p. 100 ont l'intention ou sont sur le point d'en adopter, ce qui porte le pourcentage total à 50 p. 100.

- Les systèmes sont mis en place dans de nombreux secteurs industriels.

- Le taux de mise en place des systèmes est plus élevé dans les compagnies qui comptent de 1 000 à 5 000 employés (systèmes installés dans 40 p. 100 des compagnies et systèmes dont l'installation est prévue dans 43 p. 100 des compagnies). Même les petites compagnies qui comptent moins de 300 employés installent des SFF (17 p. 100), ou en prévoient l'introduction (17 p. 100).

- Parmi les systèmes visés par l'enquête, un grand nombre sont relativement petits: dans 27 p. 100 des cas, l'investissement est inférieur à 250 000 $ et dans 24 p. 100, il varie entre 250 000 et 500 000 $. Toutefois, pour 38 p. 100 des systèmes, l'investissement se situe entre 500 000 $ et 2 500 000 $.

- La mise en place des systèmes se fait très rapidement. Dans l'industrie de la coupe des métaux, 207 systèmes sont déjà installés dans 94 usines; cependant, 72 de ces systèmes mis en place dans 42 usines ont un seul poste. Dans la majorité des cas, les systèmes comprennent de 2 à 5 postes. D'ici à la fin de 1982, 72 autres systèmes seront installés dans 51 usines et en 1983, 117 systèmes supplémentaires seront mis en place dans 57 usines.

- Dans environ un quart des usines, les coûts de main-d'oeuvre ainsi que le nombre de machines nécessaires ont diminué dans une proportion atteignant jusqu'à 60 p. 100.

En résumé:

- Le concept du SFF a fait sensation au Japon. Il a été appliqué non seulement dans les industries de la construction, de l'agriculture et des machines-outils, mais aussi dans tous les autres secteurs industriels.

- Au départ, le SFF était appliqué principalement dans le secteur de la coupe des métaux; toutefois, ses applications semblent s'être accrues considérablement dans le domaine de l'assemblage. De plus en plus d'utilisateurs mettent leurs propres SFF au point.

- Les coûts d'installation du SFF sont élevés, mais les coûts de main-d'oeuvre devraient diminuer de 20 à 80 p. 100 et les coûts de production de 20 p. 100. Les Systèmes de fabrication flexibles sont donc considérés comme l'atout de la révolution industrielle des années 1980.

États-Unis:

Aux États-Unis, un nombre croissant d'efforts sont effectués sur une très grande échelle en vue d'atteindre un taux de productivité tout aussi élevé que celui d'autres pays, notamment du Japon et de l'Allemagne. Aucun programme financé par le gouvernement ne prédomine sur la totalité des efforts, comme c'est probablement le cas dans d'autres pays. Certains programmes fédéraux sont toutefois de très grande envergure, et le gouvernement, par le biais de nombreux services, finance un fort pourcentage de la totalité des efforts, tout particulièrement dans le domaine de la recherche et du développement.

Le nombre de personnes qui participent à des conférences et à des expositions comme la Autofact, parrainée par la Society of Manufacturing Engineers, ou la SIGRAPH, Special Interest Group on Graphics, qui relève de la Association for Computing Machinery (ACM), reflète l'ampleur des activités. Dans le cas de la Autofact et de la SIGRAPH, tout comme dans d'autres cas, le taux de participation des spécialistes est passé de 200 et 300, il y a à peine quelques années, à 15 000 et 18 000. Des séminaires sont présentés fréquemment et une grande quantité de matériel didactique est produite par des organisations, telles que la Society of Manufacturing Engineers (SME) - y compris ses deux principales divisions, la Computer and Automated Systems Association (CASA/SME) et la Robot Institute of America (RIA/SME) - la Numerical control Society (NCS), la Computer Society of IEEE, la National Computer Graphics Association (NCGA) et la American Society of Mechanical Engineers (ASME). Certaines comptent plus de 50 000 membres et accueillent environ 10 000 nouveaux membres par an. Plusieurs d'entre elles ont préparé des publications spéciales portant sur la technologie CAD/CAM à l'intention de leurs membres et des abonnés.

Les projets suivants figurent parmi les projets élaborés par le gouvernement et dont une grande partie sont exécutés à contrat: le projet Integrated Computer-Aided Manufacturing (I-CAM) de la United States Air Force, mis sur pied pour la somme de 100 millions $ à l'intention des compagnies érospatiales; le projet Integrated Planning for Aerospace Design (IPAD), axé sur la technologie CAD, mis au point par la National Aeronautics And Space Administration; et, le programme Computer-Aided Shipbuilding Design and Construction (CASDAC), préparé par la United States Navy.[22,23]

Le projet I-CAM pourra commencer bientôt à bénéficier d'une nouvelle initiative appliquée dans le secteur des sciences de la fabrication en vue d'établir une base scientifique pour les programmes de production et de tenue de lots de l'avenir. Cette initiative comprend deux grands nouveaux programmes qui commenceront en 1983 et pour lesquels au moins un contrat important a déjà été conclu. Le premier grand programme, le Intelligent Task Automation (ITA), est parrainé par les Air Force

Wright Aeronautical Laboratories (AFWAL/ML) et par la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA/MSO). Il est axé sur les grands travaux de recherche et de développement visant à fournir "une très grande avance" dans le domaine de l'ITA. Le deuxième programme consistera dans l'application de techniques assistées par ordinateur à la conception et à la fabrication de matrices.(24,25)

Le National Bureau of Standards exploite un programme de recherches en robotique et en automatisation, dont le coût annuel est d'environ 2 ou 3 millions $. Le programme vise l'établissement des structures et des interfaces de l'information nécessaires aux systèmes d'automatisation sophistiqués pour permettre la formulation de normes provisoires afin d'accélérer la mise au point de techniques et d'applications nouvelles.(26,27)

La National Science Foundation finance des travaux de mise au point de techniques de fabrication dans de nombreuses universités. Certains travaux portent sur la recherche et le développment en robotique et sont effectués dans des établissements, tels que le Stanford Research Institute (SRI) et le Charles Stark Draper Laboratories, ainsi que dans de nombreux établissements universitaires, dont l'université de Rhode Island qui possède un centre de coordination et d'information pour la recherche en robotique, parrainé par plus de 30 organisations industrielles.(28)

Il existe de nombreux autres projets, dont un grand nombre sont financés dans une large mesure par le gouvernement. En 1982, la Westinghouse Corporation a ouvert un centre de mise au point de techniques de fabrication sophistiquées, à Columbus, Maryland, près de Washington, D.C.; le centre compte 250 employés affectés au matériel de défense. La société General Electric a établi un centre de la robotique, à Schenectady, New York, à l'intention surtout de ses ingénieurs en fabrication. La societé Computervision, un des premiers fournisseurs de systèmes CAD clés à main, possède actuellement plus de 40 p. 100 du marché mondial; ses recettes sont passées d'environ 25 millions $ en 1977 à 270 millions $ en 1981. Tout récemment, elle a exécuté de grandes commandes, dont une, pour la United States Navy, totalisant 62,9 millions $(29) et une pour l'approvisionnement de 26 chantiers navals en systèmes CAD, se chiffrant à 22 millions $.

Royaume-Uni:

Les crédits affectés à la technologie CAD/CAM proviennent de trois sources principales: le Science Research Council, le ministère de l'Éducation et des Sciences et le ministère de l'Industrie. Le National Engineering Laboratory, situé près de Glasgow, effectue des travaux de mise au point et donne des conseils sur la technologie des machines-outils CN et sur la préparation des bandes pour les commandes numériques.

Depuis 1980, le Computer-Aided Design Centre, un établissement de recherche du ministère de l'Industrie, situé à Cambridge, compte 150 employés et dépense 5 millions $ par an.

Dans un rapport présenté en janvier 1980, le Cabinet Office Advisory Council for Computer-Aided Design and Manufacturing a recommandé ce qui suit:

- Accroître la coordination et la centralisation des travaux de recherche et de développement sur la technologie CAD/CAM.

- Affecter au cours des trois prochaines années, entre 1,5 £ et 2 millions £, aux mesures appliquées en vue de diffuser des renseignements sur la technologie CAD/CAM et de sensibiliser davantage les gens (en plus du Microelectronics Awareness Program, MAP).

- Fusionner le NEL, à East Kilbride et le Computer-Aided Design Centre (CADC) à Cambridge en un seul établissement, et déménager les locaux de cet établissement à "un ou plusieurs endroits situés plus près des grandes centres de fabrication au Royaume-Uni" afin de faciliter l'accès des compagnies industrielles.

Les renseignements recueillis en 1982 ont révélé que le ministère de l'Éducation et des Sciences offre une subvention de 9 millions £ aux établissements d'enseignement secondaire afin d'accélérer l'intégration de cours d'informatique dans leur programme d'enseignement.

D'autres rapports ont démontré que les Britanniques font un effort considérable pour intégrer, dès que possible, la technologie CAD/CAM dans leurs industries. Le gouvernement ainsi que les organisations et les sociétés industrielles existantes y contribuent dans une très large mesure. En outre, un très grand nombre d'employés ont acquis la formation nécessaire dans le cadre de travaux portant sur les commandes numériques et les techniques reliées au CAD/CAM. Par exemple, la Production Engineering Research Association (PERA) compte environ 450 chercheurs et utilise 20 robots industriels. La somme de 6 000 000 £ (14 000 000 $) sera accordée pour une période de trois ans en vue de l'achat de l'équipement nécessaire à cinq "centres d'expériences" qui seront exploités dans des centres de recherches déjà en place à divers endroits. Des crédits supplémentaires devraient être affectés sous peu à une initiative en robotique.(30)

France:

Le gouvernement français, par l'entremise du ministère de l'Industrie, tente activement de sensibiliser l'industrie en général quant à l'utilisation de systèmes informatiques, ainsi que d'encourager les petites et moyennes entreprises à adopter la technologie CAD. L'Institut national de recherche en informatique et en automatique a publié un bulletin contenant un exposé détaillé sur la technologie CAD/CAM de même que des rapports sur les activités de recherche et de développement en CAM réalisées par 19 autres laboratoires et instituts en France.(31)

Selon des rapports diffusés récemment, le ministère de la Recherche et de l'Industrie affectera, au cours des trois prochaines années, des crédits totalisant près de 350 millions $ à la mise au point de la technologie robotique en vue de rattraper les États-Unis, le Japon et la Suède. La majorité des crédits seront attribués à des projets industriels. En vertu de ce plan, cinq centres de la robotique, axés sur la recherche, seront mis sur pied.(32)

Italie:

Depuis 1974, l'Italie occupe le quatrième rang des fabricants de machines à commande numérique (derrière le Japon, les États-Unis et l'Allemagne de l'Ouest), et le deuxième rang des constructeurs d'installations de machines-outils CN (tout juste derrière l'Allemagne de l'Ouest). L'Italie ne semble pas être un meneur dans le domaine CAD/CAM, mais elle possède toutefois un nombre considérable d'installations robotiques industrielles.

Généralités:

Les données sur les installations robotiques industrielles dans divers pays, citées dans de nombreux rapports, ne devraient être considérées que comme un indice opportun et incomplet de l'évolution de la technologie CAD/CAM. Toutefois, les données incomplètes suivantes (estimations de 1979) pourraient constituer un instrument utile pour mesurer l'étendue et l'application de la technologie CAD/CAM.(33)

Japon	10 000
É.-U.	3 000
Allemagne de l'Ouest	850
Suède	600
Italie	500
Pologne	360
France	200
Norvège	200
Grande-Bretagne	185
Finlande	130
URSS	25

A la fin de 1980, le Canada possédait près de 200 installations, dont 125 avaient été mises en place au cours de l'année.(34)

LA SITUATION AU CANADA

Bien qu'il soit difficile de recueillir des données pour effectuer une comparaison directe, il importe toutefois d'évaluer l'ampleur des applications CAD/CAM au Canada.

Depuis des années, des efforts considérables sont faits, tout particulièrement par des représentants dynamiques et avan-gardistes de

l'industrie, des établissements d'enseignement et du gouvernement. Des crédits provenant du programme TIBI II sont offerts aux employés des industries en Ontario qui désirent suivre des cours en CAD/CAM dans des écoles reconnues. Ce programme a permis de former un très grand nombre d'employés dans des domaines de pointe. Par exemple, environ 800 employés auront suivi, d'ici à 1983, 40 heures d'ateliers CAD/CAM donnés par le Canadian Institute of Metalworking.

La majorité des collèges ontariens bénéficient des programmes de subvention BILD et TIBI II. Au moins six collèges, le Mohawk, le Durham, le Humber, le George Brown, le Fanshaw et le Seneca, possèdent du matériel graphique interactif moderne. En outre, des machines-outils CN et du matériel robotique ont été achetés, et des cours sont offerts aux employés des industries.

Le recensement annuel des machines-outils CN, effectué par le Canadian Machinery and Metalworking, contient les données suivantes:(35,36)

Année	Nombre de machines-outils CN	Augmentation (en %)	Nombre d'ateliers CN	Augmentation (en %)
1980	1396		408	
1981	2052	47 %	593	45 %
1982	2246	9 %	663	12 %

Néanmoins, le Canada a encore beaucoup de chemin à faire. Les données suivantes, provenant d'une enquête préparée par le Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM et menée par l'Association des manufacturiers canadiens, constituent un instrument utile et révélateur.(2)

Pourcentage des enquêtés qui emploient régulièrement les techniques CAD/CAM dans les activités de leur compagnie

	Oui	Non	Indécis
Conception et analyse techniques	14	85	1
Conception assistée par ordinateur	8	91	1
Établissement des calendriers de production	44	53	3
Contrôle des stocks	60	38	2
Planification des procédés	29	69	2
Machines-outils CN	30	69	1
Robots industriels	3	96	1

L'enquête sur l'utilisation actuelle de la technologie CAD/CAM démontre clairement que les nouvelles applications se répandent. En général, les nouvelles techniques sont adoptées d'abord par les grandes compagnies, puis par les moyennes et enfin par les petites, comme l'indique le tableau suivant.

Pourcentage des compagnies qui emploient les techniques CAD/CAM

	Taille de la compagnie*		
	Grande	Moyenne	Petite
Conception et analyse techniques assistées par ordinateur	23	10	7
Conception assistée par ordinateur	18	3	0
Machines-outils CN	36	45	20
Robots industriels	6	1	0

		Chiffres d'affaires annuels
*Petite	-	0 - 5 millions $
Moyenne	-	5 - 25 millions $
Grande	-	25 - millions $

Activités du Conseil

Depuis la diffusion de son rapport de 1980, le Conseil a participé à un certain nombre d'activités, dont les suivantes:

- Le Conseil a teni quatre réunions par an, en Ontario, en Alberta, au Nouveau-Brunswick et au Québec.
- Le Conseil a négocié des ententes avec un certain nombre d'associations industrielles en vue d'établir un centre canadien de développement de la technologie CAD/CAM.
- Le Conseil a préparé un questionnaire afin de déterminer l'étendue des applications CAD/CAM au Canada et de cerner les besoins des compagnies canadiennes en matière de renseignements sur la technologie CAD/CAM, renseignements que pourrait notamment fournir le centre canadien. Le questionnaire a été distribué par l'Association des manufacturiers canadiens, et un rapport des résultats a été diffusé par la suite.
- Le Conseil a participé à deux séances d'information et de coordination auxquelles étaient invités les représentants de tous les centres CAD/CAM mis en place ou prévus dans sept provinces.

- Les membres du Conseil ont donné environ 80 exposés sur la technologie CAD/CAM au cours de 61 conférences et colloques au Canada, auxquels environ 4400 personnes ont pris part.
- Un très grand nombre de documents sur la technologie CAD/CAM ont été classés par sujet et par chapitre en vue d'aider les spécialistes concernés à préparer des comptes rendus et des monographies faisant autorité et à la fine pointe de l'actualité, portant sur chaque domaine visé. Certains documents sont en voie de préparation, mais il faut encore trouver d'autres auteurs.
- Le Conseil a fourni de l'aide et des renseignements au CNR pour la planification d'un système de fabrication flexible.
- Le Conseil a aidé le ministère de l'Industrie et du Commerce à regrouper des articles pour la diffusion d'un recueil sur la technologie CAD/CAM.
- Le Conseil a organisé, en collaboration avec la Société canadienne de génie mécanique, la Réunion générale annuelle et conférence technique de 1981.
- Le Conseil a organisé, avec l'aide de la Canadian Industrial Computer Society, la Conférence canadienne sur les systèmes informatiques industriels de 1982, première conférence de ce genre.
- Le Bulletin CAD/CAM est publié chaque mois. Pour répondre à la demande des intéressés, le tirage est passé d'environ 300 en 1980 à près de 1600 en 1982.
- Le Conseil a recommandé au ministère de l'Industrie et du Commerce de prier ou d'encourager les compagnies qui reçoivent une subvention, dans le cadre des programmes du Ministère, pour l'exécution de projets reliés à la technologie CAD/CAM, de communiquer avec les établissements d'enseignement de leur région pour leur donner des détails sur les projets en question afin de promouvoir la coopération dans les activités d'enseignement et de formation. Le Ministère a diffusé une note de service interne à ce sujet.
- Le Conseil a recommandé au Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNGC), de désigner la

technologie CAD/CAM secteur secteur prioritaire en ce qui concerne les subventions offertes dans le cadre du programme de subventions stratégiques.

Le rapport de 1980 du Conseil a fait l'objet de comptes rendus dans un très grand nombre de quotidiens et de publications commerciales mensuelles, ainsi que de citations et de renvois dans plusieurs autres publications reconnues. Dans son rapport n° 33 Préparons la société informatisée: Demain sera trop tard, le Conseil des sciences du Canada recommande, en termes explicites, d'appuyer les recommandations du rapport de 1980. Ce dernier est également cité dans le rapport intitulé Du travail pour demain, rédigé par un groupe d'étude parlementaire et portant sur les perspectives d'emploi dans les années 1980. Enfin, une demande d'autorisation a été présentée en vue d'ajouter des parties du rapport Opération "Survie" dans le manuel révisé intitulé "Issues in Canadian Business", préparé par R.W. Sexty et devant être publié par la maison Prentice-Hall of Canada.

Les quatorze membres du Conseil qui ne font pas partie de la fonction publique consacrent gratuitement leur temps aux réunions et aux activités du Conseil. L'un des membres du Conseil qui représente l'administration fédérale, fait également fonction de secrétaire du Conseil et dirige le Secrétariat, aidé par une commis-secrétaire; chacun consacre environ la moitié de son temps aux activités du Conseil.

RECOMMANDATIONS

Le rapport préparé par le Conseil en 1980 soulevait de nombreuses questions qui y étaient développées à tour de rôle et faisait des recommandations précises. Toutefois, en résumé, le Conseil y présentait trois recommandations principales: la première était adressée au gouvernement, la deuxième à l'industrie et la troisième aux établissements d'enseignement (voir ci-dessous). Bien que des progrès aient été réalisés, la principale recommandation de la présente mise à jour réitère la nécessité pour ces derniers d'approfondir la question sans plus tarder. Des mesures concrète et une mise en application s'imposent, tout comme la reformulation de programmes en place et de nouvelles initiatives, selon les besoins. Il faut également songer aux ressources nécessaires, en particulier pour la formation et pour la mise au point de procédés dans le domaine des techniques de fabrication. Si cela s'avérait nécessaire, la technologie CAD/CAM devrait être désignée domaine prioritaire dans les programmes gouvernementaux où des fonds devraient être réservés à cette fin. L'accroissement de la productivité et la vitesse à laquelle nous adopterons la technologie CAD/CAM auront une incidence considérable sur l'avenir du Canada. L'enjeu est de taille.

A - "Le Conseil recommande au gouvernement de former un petit groupe de travail interministériel afin de préparer une réponse officielle concernant les recommandations du rapport qui s'appliquent au gouvernement et de prendre les mesures qui s'imposent. Il y a ici une certaine urgence. Il faudrait, premièrement, établir le centre canadien de dévelopement de la technologie CAD/CAM qui a été proposé de façon efficace et le plus tôt possible et étudier les recommandations concernant la sensibilisation de l'industrie, la main-d'oeuvre, l'enseignement et la formation.

La principale recommandation du rapport vise à établir un centre canadien de développement de la technologie CAD/CAM. Le Centre aurait entre autres pour rôles de diffuser l'information et de confier la coordination de projets de recherche et de développement à d'autres centres, établissements et entreprises."

B - "Le Conseil recommande à l'industrie de veiller à ce que pratiquement toutes les entreprises manufacturières canadiennes désignent au moins une personne en qualité de gestionnaire technique au sein de l'organisation. Celui-ci se tiendrait au courant des progrès de la technologie CAD/CAM, si ce n'est déjà fait, et planifierait en conséquence l'organisation de l'entreprise pour qu'elle profite des avantages de cette nouvelle technologie et se protège contre les dangers qu'elle présente. Deuxièmement, il faudrait établir des liens et des mécanismes par l'entremise des centres de développement et des sociétés techniques en vue de définir et d'amorcer des projets collectifs le moins coûteux possible qui répondent aux besoins communs d'un groupe."

C - "Le Conseil recommande aux établissements d'enseignement, particulièrement aux universités et collèges communautaires, d'examiner leur programme d'enseignement afin de s'assurer que la technologie CAD/CAM, surtout ses systèmes et ses possibilités d'application, est bien représentée. Il recommande également que les établissements d'enseignement étudient les possibilités qui leur sont offertes de donner des cours et des programmes de formation aux travailleurs de l'industrie dans les domaines de la conception et de la fabrication assistées par ordinateur, en mettant surtout l'accent sur les cours et les programmes de formation en usine."

Les priorités que ces recommandations et d'autres recommandations du rapport de 1980 font ressortir sont les suivantes:

- Une réponse gouvernementale, spécialement du gouvernement fédéral, axée sur les ressources, les mesures concrètes et la mise en application, est encore plus nécessaire et plus pressante que jamais.
- L'industrie doit maintenant trouver des moyens de mettre en oeuvre des activités de planification, de poursuivre ses activités et de mettre en oeuvre de nouvelles mesures concrètes et ce, malgré une situation économique précaire.

- Les établisements d'enseignement et plus particulièrement les universités, doivent trouver une solution aux problèmes budgétaires qui entravent leur action pour qu'ils puissent enseigner la technologie CAD/CAM et répondre aux besoins grandissants des industries dans ce domaine.

Le rapport de 1980 donne une définition de la technologie CAD/CAM. En outre, il soulève des questions et présente des recommandations en vue de la mise au point et de l'utilisation de cette technologie au Canada. En guise de résumé, des phrases-clés tirées du rapport de 1980 sont exposées à l'annexe III du présent rapport.

Pour se procurer des exemplaires du rapport de 1980 et du présent rapport, communiquer avec le secrétariat du Conseil pour l'avancement de la technoloige CAD/CAM, direction de l'électronique et de l'aérospatiale, ministère de l'Industrie et du Commerce, 235 rue Queen, Ottawa (Ontario) K1A OH5, tél: (613) 593-4481.

RÉFÉRENCES

(1) Opération "Survie". Rapport du Conseil pour l'avancement de la technoloige CAD/CAM (sept. 1980). Disponible sur demande auprès du secrétariat du Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM, direction de l'électronique et de l'aérospatiale, ministère de l'Industrie et du Commerce, 235 rue Queen, Ottawa (Ontario) K1A 0H5.

(2) "Information Needs of Canadian Companies on Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing". Association des manufacturiers canadiens, février 1982. Disponible auprès de l'AMC ou du secrétariat du Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM.

(3) Globe and Mail, 10 juin 1982.

(4) G. Walker, ministre de l'Industrie et du Développement de l'Ontario, Globe and Mail (2 juin 1982).

(5) "Robotics and the Economy". Publié à l'intention du Comité conjoint sur l'économie du Congrès américain et disponible auprès du Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402.

(6) "Europe Looks at Untended Machines". A. Ashburn, American Machinist, novembre 1981, p. 151-158.

(7) "Éditorial. American Machinist, novembre 1981, p. 5.

(8) "Autofact 111". J.H.C. Scrimgeour, Engineering Digest, janvier 1982, p. 36-38

(9) "Computer System Used in MBB Augsburg Facility". Aviation Week and Space Technology, 17 mai 1982, p. 111, 113.

(10) "Introducing the Nearly Unmanned Factory". The Engineer, 19 février 1981.

(11) "From Japan: The Manless Factory". The New York Times, 13 décembre 1981.

(12) "Computer-Aided Manufacturing: An International Comparison". Commitee on Computer-Aided Manufacturing, Manufacturing Studies Board, Assembly of Engineering, 1981. National Academy Press, National Research Council, 2101 Constitution Avenue N.W. , Washington, D.C. 20418.

(13) "Human Factors in Automation". D.E. Reader, Manufacturing Engineering, octobre 1982, p. 43-45.

(14) "Flexible Machining Systems". G.P. Sutton, Research Report No. 664, August 1982, Business Intelligence Program, SRI International, 333 Ravenswood Avenue, Menlo Park, California, 94025. Rapport de la SRI réservé aux clients du Business Intelligence Program.

(15) "CAD/CAM and Process Control in the Federal Republic of Germany". J.H.C. Scrimgeour, J.R. Dickinson, J.E. Crozier, J.W.T. Battershill. Rapport pour le ministère de l'Industrie et du Commerce, Ottawa (1976).

(16) "Trip Report on Manufacturing Science and Production Technology in Great Britain and West Germany". E.H. Dudgeon, N. Burtnyk. Conseil national de recherches, Ottawa (1980).

(17) "Bulletin CAD/CAM, mai 1981.

(18) "Unmanned machine shop project in Japan". H. Yoshikawa. Advances in Computer-Aided Manufacture (North-Holland Pub. Co.) (1977).

(19) "Computer-Aided Design and Manufacture". Cabinet Office Advisory Council for Applied Research and Development. Her Majesty's Stationary Office, London (England) (1980).

(20) "Fanuc edges closer to a robot plant". Business Week, 24 novembre 1980 (Bulletin CAD/CAM, février 1981).

(21) "Report on Flexible Manufacturing Systems in Japan". Nikkei McGraw-Hill Co. Tradution résumée du japonais par le Dr C. Shih pour la réunion du conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM, septembre 1982.

(22) "The Who and What of NC/CAM". K. Gettelman, Modern Machine Shop (sept. 1979).

(23) "National Meeting to Review IPAD Status and Goals". R.E. Fulton, Astronautics and Aeronautics (juillet-août 1980).

(24) "Manufacturing Science Initiative". W.C. Kessler, Fourth IFAC Symposium on Information Control Problem in Manufacturing, NSB, Gaithersburg, Maryland, États-Unis, 26 au 28 octobre 1982.

(25) "DARPA Program - Intelligent Task Automation (ITA)". Fourth IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, NSB, Gaithersburg, Maryland, États-Unis, 26 au 28 octobre 1982.

(26) "National Bureau of Standards' Automation Research Program" J.A. Simpson, Fourth IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, NSB, Gaithersburg, Maryland, États-Unis, 26 au 28 octobre 1982.

(27) "An Architecture for Real-Time Sensory - Interactive Control of Robots in a Manufacturing Facility". J.S. Albus et al, Fourth IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, NSB, Gaithersburg, Maryland, États-Unis, 26 au 28 octobre 1982.

(28) "National Science Foundation - manufacturing Engineering Program". W.M. Spurgeon, Fourth IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, NSB, Gaithersburg, Maryland, États-Unis, 26 au 28 octobre 1982. (Consulter également le Bulletin CAD/CAM de mai 1982).

(29) Société Computervision, Rapport annuel de 1981.

(30) "CAD/CAM Field Trip - Visit to the U.K." K. McPherson, B.C. Research Council. (Consulter également le Bulletin CAD/CAM de juillet 1982).

(31) Bulletin de liaison de la recherche en informatique et en automatique n° 64 (1980). Institut de recherche en informatique et en automatique.

(32) Bulletin CAD/CAM, octobre 1982.

(33) "The Robot Revolution". Time Magazine (8 déc. 1980).

(34) "Robotics in the Canadian Manufacturing Industries". Rapport n° LTR-CS-226. Laboratoire des systèmes de commande et d'ergonomie, Division du génie mécanique, CNR, Ottawa.

(35) "1981 Census of Canada's NC Machine Tools". Canadian Machinery and Metalworking, mars 1981.

(36) "1982 Numerical Control Census". Canadian Machinery and Metalworking, mars 1982.

ANNEX I

Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM

Le ministère de l'Industrie et du Commerce a créé en 1978 un Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM composé de représentants de l'industrie, des universités et du gouvernement. Le Conseil a pour objectif de mieux faire comprendre à l'industrie et à d'autres secteurs l'importance de cette technologie pour la productivité et la capacité concurrentielle de l'industrie canadienne et de diffuser des renseignements afin d'encourager et de faciliter la mise au point de l'application de cette technologie.

Pour connaître le mandat détaillé du Conseil, consulter une des annexe du rapport de 1980.

ANNEX II

Membres du
Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM*

Industrie

M. R. Fielding (ancien président)
Directeur des services techniques
Produits Alcan du Canada Ltée
Kingston (Ontario)

M. M.J. Lishnak
Vice-président (ventes)
Gross Machinery Group
Toronto (Ontario)

M. C. Archibald (vice-président)
Directeur de la fabrication
NCR Canada Ltée
Waterloo (Ontario)

M. J.J. Nassr**
Président
ICAM Technologies Corporation
Pointe Claire (Québec)

M. G.L. Patterson
Vice-président (exploitation)
Orcatech Inc.
Ottawa (Ontario)

M. D.E. Close
Expert-conseil en CAD/CAM
Bath (Ontario)

Dr. C. Shih
Expert-conseil
Advanced - Tech Consulting International Co.
Scarborough (Ontario)

M. R. Seiler
Gestionnaire d'usine
George & Nick's Machine Works
Calgary S.E. (Alberta)

M. J.S. MacDougall
RR n° 1
Thornbury (Ontario

* septembre 1982
** président 1978-79

Membres du
Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM (suite)

Établissement d'enseignement

Dr D. Bonham**
Président, faculté de génie mécanique
Université du Nouveau-Brunswick
Fredericton (Nouveau-Brunswick)

M. J.E. Crozier*
Vice-président et directeur général
Canadian Institute of Metalworking
Université McMaster
Hamilton (Ontario)

M. J.R. Dickinson (président)
Professeur adjoint
Faculté des techniques industrielles
University of Western Ontario
London (Ontario)

M. G.L. Pal, doyen
Faculté des sciences et des techniques appliquées
Mohawk College of Applied Arts & Technology
Hamilton (Ontario)

Dr M.P. Polis
Département de génie électrique
École Polytechnique
Montréal (Québec)

Gouvernement

M. J.L. Harrison
Conseiller principal de la politique
Direction des industries aérospatiale et maritime (53)
Ministère de l'Industrie et du Commerce
Ottawa (Ontario)

M. E.H. Dudgeon
Directeur, Div. du génie mécanique
Conseil national de recherches
Ottawa (Ontario)

M.J. Scrimgeour, Conseiller
Direction de la technologie (61)
Ministère de l'Industrie et du Commerce
Ottawa (Ontario)

M. R.S. Bycraft
Chef, Conception assistée par ordinateur
Travaux publics Canada
Ottawa (Ontario)

* Président 1979-1980
** Président 1980-1981

ANNEX III

Points saillants et phrases clés tirés du rapport de 1980 du Conseil

- "Au point de vue de la création d'emplois et de la croissance à long terme les industries manufacturières constituent l'un des principaux secteurs de l'ensemble de l'économie canadienene."

- "Au cours des années 80, la productivité des industries manufacturières canadiennes sera particulièrement importante."

- "Avec l'avènement de la technologie CAD/CAM, il deviendra de plus en plus évident dans les années 80 que la conception d'une usine est tout aussi importante que celle du produit."

- "Le Conseil recommande au gouvernement de former un petit groupe de travail interministériel afin de préparer une réponse officielle concernant les recommandations du rapport qui s'appliquent au gouvernement et de prendre les mesures qui s'imposent."

- "Le Conseil recommande à l'industrie de veiller à ce que pratiquement toutes les entreprises manufacturières canadiennes désignent au moins une personne en qualité de gestionnaire technique au sein de l'organisation qui se tiendrait au courant des progrès de la technologie CAD/CAM, si ce n'est déjà fait, et planifierait en conséquence l'organisation de l'entreprise pour qu'elle profite des avantages de cette nouvelle technologie et se protège contre les dangers qu'elle présente."

- "Le Conseil recommande aux établissements d'enseignement, particulièrement aux universités et collèges communautaires, d'examiner leur programme d'enseignement afin de s'assurer que la technologie CAD/CAM, surtout ses systèmes et ses possibilités canadien de développement de la technologie CAD/CAM. Le centre aurait entre autres pour rôles de diffuser l'information et de confier la coordination de projets de recherche et de développment à d'autres centres, établissements et entreprises."

- "La productivité sera particulièrement importante pour l'industrie manufacturière canadienne au cours des années 80 étant donné la réduction de la protection tarifaire, l'accroissement probable de la concurrence de sources extérieures et la persistance de l'inflation à un rythme accéléré."

- "On assistera en même temps à une nouvelle vague d'automatisation en milieu industriel au niveau mondial en raison de l'accroissement rapide de l'utilisation des ordinateurs dans les domaines de la conception et de la fabrication."

- "La conception assistée par ordinateur et la fabrication assistée par ordinateur (CAD/CAM) ont été reconnues par les chefs de file de l'industrie et les gouvernements des pays industrialisés comme une nouvelle technologie clef qui évolue rapidement et qui influe particulièrement sur la productivité et la capacité de concurrence de l'industrie manufacturière."

- "L'application de la technologie CAD/CAM dans le secteur manufacturier nécessite beaucoup de génie mécanique, de génie des procédés opérationnels et de systématique conçu en fonction des utilisateurs."

- "Grâce à des systèmes informatiques reliés entre eux, la fabrication peut être entièrement automatisée, depuis la création et la conception jusqu'à l'assemblage final, à la vérification et à la livraison."

- "En ce qui concerne la production entièrement automatisée, ces sous-systèmes sont tous disponibles actuellement sous une forme ou une autre."

- "Leur perfectionnement et leur interconnexion dans un système de fabrication global n'est qu'une question de temps."

- "Cela aura un effet draconien sur la conception et sur l'aménagement des usines modernes".

- "Il ne faudrait pas penser que la technologie CAD/CAM signifie uniquement la commande numérique des machines-outils. Elle s'applique effectivement à tous les processus de fabrication."

- "Il faut bien comprendre que l'ordinateur utilisé pour les systèmes CAD/CAM doit être considéré comme un outil disponible."

- "Les techniques CAD/CAM se présentent sous forme de systématique, de génie mécanique et de techniques de fabrication et doivent être mises au point à l'usine même de l'usager."

- "Ce serait ... une erreur de penser que la "technologie CAD/CAM" est un produit développé et fourni uniquement, ou même principalement, par l'industrie de l'électronique."

- "En termes de productivité et au point de vue économique, la technologie CAD/CAM sera le plus rentable lorsque toutes les opérations susmentionnées ou la plupart seront combinées ou reliées pour former un système intégré. On fait donc actuellement beaucoup de recherches dans ce sens."

- "Les Canadiens doivent se rendre compte que la technologie CAD/CAM est un outil essentiel pour bâtir l'économie canadienne. Il importe d'adopter une politique nationale pour diffuser l'information et encourager le développement de cette technologie dans le but d'aider l'industrie."

- "Il y a lieu d'établir au Canada un centre important responsable de la diffusion de l'information et de l'attribution des contrats, en vue d'une coopération pour le développement de la technologie CAD/CAM axée sur l'usager."

- "La coordination de programmes par le centre et visant à la mise au point de systèmes particulièrement intéressants pour l'industrie canadienne serait très utile à presque toutes les industries manufacturières canadiennes, des plus grandes aux plus petites."

- "Il faut activement encourager et favoriser la recherche et le développement concernant la technologie CAD/CAM au Canada."

- "La période de mise au point des systèmes CAD/CAM peut être longue mais l'étape du développement et de la mise en application, d'une part, et les avantages économique subséquents d'autre part, peuvent être très rapprochés."

- "Pour que les systèmes soient mis en application en temps opportun, il importe que les coûts soient partagés autant que possible au moyen de projets conjoints et d'une aide gouvernementale."

- "Il faudra en particulier établir des cours de formation et préparer de la documentation à l'intention du personnel de l'industrie."

- "Bien que son objectif prioritaire serait de répondre aux besoins des usagers, l'établissement d'un centre canadien de développement de la technologie CAD/CAM, en favorisant la création d'une structure cohérente, permettrait de vendre plus facilement les systèmes CAD/CAM et leurs techniques d'application".

- "Une grande utilisation de systèmes CAD importés ou de services CAD importés au moyen d'installations de calcul éloignées pourrait occasionner une perte presque complète d'indépendance technologique."

- "Intégration des techniques CAD et CAM au moyen de la base de données centrale."

- "Dans de nombreux secteurs, les manufacturiers canadiens courent le risque de n'être plus compétitifs étant donné que d'autres pays subventionnent fortement l'adoption de techniques automatisées d'assemblage et de contrôle de la production."

- "Certains établissements indiquent que l'adoption de systèmes de fabrication flexibles a permis des réductions de coûts allant jusqu'à 75 p. 100."

- "Il se pourrait que les petites industries manufacturières soient soumises à de fortes pressions ... situation considérée comme un danger pour les petites entreprises."

- "Il est raisonnable de penser qu'au moins quatre-vingt-dix pour cent des innovations en matière de systèmes et de techniques CAD/CAM proviendront de l'extérieur du Canada".

- "Étant donné que la technologie CAD/CAM comporte des systèmes intégrés, il faut en plus que les travaux de recherche et de développement soient effectués en équipe".

- "L'aide gouvernementale offerte à l'industrie en vue du perfectionnement et de l'application des systèmes CAD/CAM devrait surtout viser à coordonner les efforts et à assurer une source d'information, et non pas se traduire par un programme spécial de financement direct des travaux de développement".

- "Près de 20 p. 100 des dix millions de personnes qui font partie de la population active canadienne travaillent dans les industries manufacturières. Si 10 p. 100 de ces deux millions de personnes ont besoin au minimum d'une connaissance élémentaire de la technologie l'industrie canadienne en matière de technologie CAD/CAM ne peut être que lent."

- "Il faudrait établir au Canada un centre important pour l'avancement de la technologie CAD/CAM axée sur l'usager qui serait fondé sur la coopération."

- "La principale recommandation du présent rapport du Conseil pour l'avancement de la technologie CAD/CAM vise à établir au Canada un grand centre ayant pour rôle de perfectionner la technologie CAD/CAM axée sur l'usager dans le cadre d'un programme de coopération."

- "Pour que l'industrie obtienne les meilleurs services possibles et que les organisations existantes soient utilisées au maximum, il recommande que le centre ait pour rôle principal:

  - de diffuser les renseignements
  - de confier à des entreprises et à des centres de développement appropriés des projets."

- "Il y a un besoin impérieux de faire connaître davantage la technologie CAD/CAM aux dirigeants et au personnel technique de l'industrie canadienne et d'augmenter les connaissances techniques dans ce domaine."

- Peu de personnes techniquement compétentes comprennent les systèmes CAD/CAM, il y a pénurie de main-d'oeuvre hautement qualifiée."

- "Il faudrait encourager la production de films et de documentaires sur l'industrie montrant que la technologie CAD/CAM peut être utilisée avec succès. Au besoin, ces productions seraient financées par le gouvernement fédéral."

- "Dans le cadre du Programme d'expansion des entreprises (PEE), il serait possible d'augmenter le nombre de projets concernant les techniques de fabrication."

- "Au moyen des programmes existants, on pourrait faire en sorte que le Centre canadien de développement de la technologie CAD/CAM reçoive les fonds nécessaires pour les projets de développement coopératifs ou collectifs."

- "Le ministère de l'Industrie et du Commerce devrait avoir comme priorité d'établir plus de centres spécialisés dans la technologie CAD/CAM et les domaines connexes dans les universités canadiennes et d'assurer un financement permanent, s'il y a lieu pour soutenir la recherche et le développement dans les centres déjà établis."

- "Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie devrait êt fortement encouragé à considérer la technologie CAD/CAM comme un secteur prioritaire des demandes de subventions stratégiques."

- "Le gouvernement fédéral devrait soutenir et coordonner la mise au poin l'application de systèmes de fabrication souples et de machines industrielles programmées à petite échelle."

- "Il faudrait contrôler les niveaux des importations de matériel et de systèmes CAD/CAM afin de connaître leur incidence sur la balance des paiements et déterminer dans quelle mesure on peut remplacer les importations."

- "Il faudrait établir au Canada une meilleure infrastructure et de meilleurs modes de circulation de l'information et de transfert technologique dan domaine de la technologie CAD/CAM."

- "La technologie CAD/CAM progresse rapidement dans beaucoup de pays. Il faudrait constamment se tenir au courant des travaux effectués à l'échelle internationale et augmenter les connaissances à ce sujet."

- "Il faudrait envisager de perfectionner les conseillers scientifiques de certaines ambassades canadiennes pour qu'ils puissent offrir un meilleur service de renseignements et d'information".

- "Il faudrait s'assurer dans la mesure du possible que c'est l'homme qui est le maître de la machine. Il faudrait éviter les systèmes où l'homme devient le serviteur ou l'esclave de la machine en portant une attention spéciale à la conception des systèmes et au choix des objectifs".

- "Concevoir les systèmes informatiques et les systèmes de production ... de telle sorte que l'opérateur ne soit pas obligé de suivre le rythme de la machine, surtout pendant de longues périodes. La conception des systèmes ... devrait faire en sorte que la machine suive le rythme de l'opérateur et non le contraire."

- "Les programmes d'application dans lesquels le taux de rendement de l'opérateur est surveillé et enregistré par l'ordinateur ne devraient être utilisés que si l'opérateur connaît et comprend la méthodologie et la façon dont les renseignements sont utilisés."

- "Le Canada devrait se tenir au courant des répercussions sociales dans d'autres pays à mesure qu'elles sont connues et des moyens adoptés pour contrer les effets indésirables."

INDUSTRY CANADA/INDUSTRIE CANADA
69509