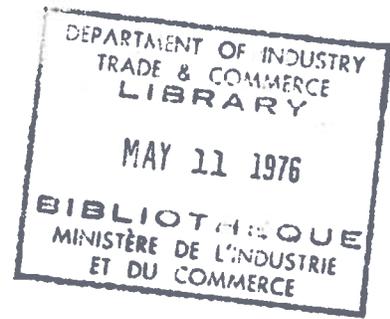


HD
9715
.C32B314

IC

EMPLOIS POSSIBLES DES ORDINATEURS DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION



EMPLOIS POSSIBLES DES ORDINATEURS DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION

préparé pour le ministère
de l'Industrie et du Commerce, Ottawa
par George Banz,
architecte et urbaniste conseil
Toronto, 1975

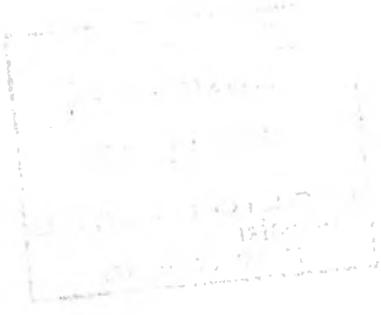


TABLE DES MATIÈRES

	Page		Page
DIVERSES UTILISATIONS DES ORDINATEURS	3	LES PROGRAMMES ET LA PROGRAMMATION	1
IDENTIFICATION DES TÂCHES APPROPRIÉES AUX ORDINATEURS	3	Les langages de programmation et leurs caractéristiques	18
Les ordinateurs et la planification des programmes	4	Les langages conçus pour la machine	19
Études du site	5	Les langages conçus pour les problèmes	19
Analyse économique	5	Les langages conçus pour l'utilisateur	19
Impact social	6		
Les ordinateurs et le design	6	Préparation des programmes	19
Analyse des sites et aménagement paysager	8	Emploi et acquisition des programmes	20
Allocation de l'espace et arrangement des éléments de design standard	8	Comptabilité des programmes	22
Études de l'ingénierie et science du bâtiment	9	ÉQUIPEMENT INFORMATIQUE – SON INTRODUCTION	22
Sélection des matériaux et estimation des coûts	10	L'automatisation par étapes	22
Établissement des devis et préparation des plans standard	11	Les banques de données	22
Les ordinateurs et la gestion des projets	11	Deux méthodes d'approche de l'emploi des ordinateurs	24
Échelonnement des travaux	11	Emplois et limites des ordinateurs internes	24
Contrôle des coûts	12	Emplois et limites des terminaux en partage de temps	26
Modes de gestion intégrés	12	Introduction des périphériques	26
CHOIX DU MATÉRIEL	12	Le concept des terminaux intelligents	27
Les micro-ordinateurs	13	Renseignements supplémentaires	28
Les terminaux en partage de temps	16		
Les systèmes informatiques internes	16		

Diverses utilisations des ordinateurs

Depuis les années 1950, le nombre d'ordinateurs n'a cessé de croître. Conçus pour l'usage militaire pendant la deuxième guerre mondiale, ils firent bientôt leur apparition dans les bureaux gouvernementaux et, de là, dans ceux de l'industrie et du commerce. Aujourd'hui, il est difficile d'envisager comment les gouvernements, les banques importantes, les grosses compagnies d'assurances et les comptoirs de vente en commun pourraient fonctionner sans eux. Il en est de même pour les grandes lignes aériennes avec leurs horaires et leurs services compliqués de réservations et de vente; même dans les domaines de la recherche et de l'activité professionnelle, les ingénieurs, les économistes, les scientifiques et les médecins en sont tous venus à considérer les ordinateurs comme des outils indispensables.

Lorsque l'on considère l'emploi qu'elle fait des ordinateurs, la construction doit être considérée comme une industrie encore sous-développée. En général, les ordinateurs ne sont utilisés que par les entreprises les plus importantes et les plus dynamiques et même là, ils jouent souvent un rôle secondaire. Cette situation s'explique facilement. Premièrement, la construction n'utilise que peu d'éléments standardisés et l'on continue de dessiner les plans de chaque bâtiment sur commande, alors que leur standardisation serait plus économique et plus simple au point de vue technique. Le travail de chantier est organisé suivant les corps de métiers traditionnels, au lieu d'être effectué par des ouvriers spécialisés, comme dans les ateliers ou sur les chaînes de montage. Par conséquent, les innovations qui pourraient être faites par la main-d'oeuvre entière ont tendance à être limitées par la compétence des diverses professions. Une autre tradition veut que l'établissement de plans et la construction des bâtiments continuent d'être la prérogative d'une profession qui répond principalement aux besoins immédiats de la société, et qui n'est guère influencée par des considérations de production, ni par des techniques commerciales.

Les liens qui relient les opérations de la construction à une forte tradition sont renforcés par la constante nécessité, pour ceux qui y travaillent, de faire face à des conditions et à des événements inattendus. Par exemple, puisque le design n'a aucun rapport avec les études de marché, il est plus ou moins impossible de prédire la réaction des clients à l'égard des innovations qui sont faites dans la présentation. La condition des sous-sols est aussi imprévisible que celle du temps pendant la construction. Il en résulte que maintes décisions sont prises sur la base d'un minimum d'informations. L'intuition joue inévitablement un rôle plus important dans la construction et dans le design que dans d'autres champs d'activité économique. Par conséquent, la construction dépend d'une intégration de l'expertise et de l'expérience alors que les autres industries préfèrent un degré de fragmentation à tous les niveaux sauf aux échelons supérieurs.

À cause de cette intégration des tâches techniques spécialisées, il est difficile d'accroître le rendement tout simplement en introduisant des ordinateurs. Après tout, une des principales fonctions de l'ordinateur moderne, qui consiste à incorporer les opérations diverses d'organisations complexes, est exécutée efficacement au niveau humain grâce aux fragmentations d'ordre organique de l'industrie de la construction. L'interaction créative de personnes expérimentées, qui ne sont pas limitées par des contraintes organiques, a des avantages économiques et sociaux. Si les ordinateurs doivent jouer un rôle positif dans la construction, ces avantages ne doivent pas être sacrifiés, sauf si l'on peut en retirer des profits plus importants encore. On sait par expérience que l'on arrive à de plus grands profits si les modes d'application informatique appropriés sont développés dans l'industrie même, au lieu d'être transplantés d'autres secteurs en exploitation.

Identification des tâches appropriées aux ordinateurs

Il n'est pas surprenant que les meilleurs cas d'application de l'ordinateur aux problèmes de la construction aient été développés, non pas par les fabricants d'ordinateurs, ni par les scientifiques dans les universités, mais plutôt par des gens employés dans la construction. Les ordinateurs ont donc prouvé leur valeur là où ils ont été introduits et leur capacité de répondre aux besoins de la demande, alors que, bien souvent, ils ont échoué là où ils ont été imposés par une direction qui avait cédé à la pression exercée par une promotion de vente ou qui avait suivi des recommandations reçues de l'extérieur. Comme l'a fait remarquer, il y a plusieurs années, un des pionniers de l'application des méthodes informatiques à l'architecture, il est tout aussi déraisonnable, dans une entreprise commerciale, de se procurer un ordinateur puis de chercher des moyens de l'utiliser, que d'acheter une perceuse électrique puis de chercher des endroits où l'employer, à la maison. On a initialement recours aux ordinateurs pour l'une des raisons suivantes:

- 1) un certain travail est répétitif ou prend beaucoup trop de temps;
- 2) une étude préliminaire a établi que l'ordinateur est capable d'exécuter la tâche en question;
- 3) on analyse les différentes façons d'employer l'ordinateur et l'on détermine la méthode qui convient le mieux à la tâche et à son environnement d'ordre organique.

D'autres points à couvrir concernent les problèmes de mise en oeuvre et l'analyse des performances; nous en parlerons plus tard. Le premier but est de décrire les cas où les ordinateurs ont contribué à la solution de problèmes qui se posent lors de la planification, du design et dans la gestion des projets de construction.

LES ORDINATEURS ET LA PLANIFICATION DES PROGRAMMES

Pendant la période qui précède l'élaboration des plans, il est nécessaire de prendre une multitude de décisions et d'exécuter des opérations logiques qui pourraient très bien être résolues à l'aide d'ordinateurs. La raison pour laquelle les ordinateurs ont été jusqu'ici si peu utilisés dans le secteur de la construction réside dans le fait que la planification, faute d'informations solides, a été trop souvent résolue d'une façon intuitive et en se fondant sur l'expérience acquise. Ce faisant, les problèmes nouveaux dérivant de l'impact social et écologique des projets récents ont été presque complètement ignorés. Même si la viabilité économique des nouveaux projets, surtout ceux à long terme, est trop souvent prise pour acquis; elle est déterminée, du point de vue de ses partisans et de la société, en fonction d'une analyse insuffisante des faits fondamentaux. Par conséquent, lors de l'établissement de nouveaux projets, le rôle des ordinateurs n'est pas tellement celui d'aider à prendre des décisions, mais plutôt celui

d'apporter les innovations nécessaires à un processus basé sur des données inadéquates.

L'introduction des ordinateurs pendant la période qui précède l'élaboration des plans va donc offrir à ceux qui ne sont pas du métier une occasion de suivre le processus de la planification. Il n'est, par conséquent, pas surprenant que le développement de programmes de planification ait reçu l'encouragement de grandes organisations, ainsi que du secteur public, tous deux intéressés à des procédés de planification structurés permettant une évaluation objective de toutes les décisions prises. Comme ailleurs, les processus automatiques se caractérisent par leur façon rigide de suivre des étapes prévues et identifiables, avec toutes les informations d'entrée et de sortie disponibles sous la forme désirée. Deux zones d'application présentent un intérêt particulier, soit l'étude du site et l'analyse économique. Une troisième zone, celle de l'impact social, semble avoir un avenir des plus prometteur.



Fig. 1

Grâce à une superposition des plans de base, les composites créés par les ordinateurs et produits sur un traceur peuvent déterminer les parties d'un site ou d'une région qui répondent aux conditions spécifiées, comme l'impact visuel et écologique probable des installations futures.

Source: James F. MacLaren Ltd.

ÉTUDES DU SITE

Dans la planification, il arrive que l'emplacement de nouvelles installations puisse être déterminé par la seule logique de l'ordinateur. Un exemple serait la situation optimale d'entrepôts que dessert un réseau national de distribution. Dans un tel cas, les conditions générales du transport et la superficie requise étant connues, le choix d'un certain site peut être fait en établissant une comparaison du prix du terrain, des services municipaux et des impôts avec ceux d'autres sites. De même, il est possible de choisir les sites de centres commerciaux éventuels en analysant la distribution du pouvoir d'achat d'une région, puis en établissant un rapport entre les résultats obtenus et les terrains disponibles et accessibles par une route, existante ou proposée.

Toutefois, la plupart des études de site exigent l'analyse d'éléments plus complexes et nécessitent plusieurs mises au point à des moments définis de la planification du programme. Bien que peu de décisions soient prises uniquement selon une logique pure et simple ou de simples calculs, les ordinateurs peuvent apporter une aide précieuse au programme. Leur application la plus fréquente, lors d'études de site, est celle du traitement d'informations géocodées et leur représentation graphique sous forme de plans topographiques.

Dans leur forme la plus simple, les plans topographiques produits à l'aide d'ordinateurs présentent des informations fondamentales qui sont enregistrées sous forme numérique. Il s'agit ici de plans faits sur commande pouvant indiquer des choses telles que la qualité et le genre de végétation, l'épaisseur du sol, le niveau des nappes phréatiques ainsi que d'autres informations qui sont normalement obtenues à l'aide de photos aériennes. Toutes ces informations sont rapportées sur un plan quadrillé que l'on superpose au plan du terrain. Il est alors possible d'utiliser un ordinateur pour recouvrir des plans de base choisis, et d'après les résultats, d'identifier les parties du terrain qui répondent aux conditions requises. (Fig. 1).

Cette approche fondamentale peut être améliorée et utilisée dans plusieurs domaines. Par une programmation judicieuse, l'ordinateur peut produire des plans à une échelle identique à celle des cartes topographiques normales, ce qui permet de faire une comparaison directe des données du plan quadrillé avec les informations utilisées normalement lors de la planification. Les plans quadrillés peuvent être reproduits à l'aide d'une imprimante ligne par ligne, ou sur un terminal équipé d'un clavier, un traceur numérique ou encore une visionneuse genre téléviseur. S'il est nécessaire d'imprimer à grand format, l'ordinateur peut produire les plans par sections que l'on peut ensuite assembler de façon à produire des plans plus grands. Selon les ordinateurs disponibles, les plans peuvent être produits instantanément, en noir et blanc ou en couleur, en réponse à de brèves instructions tapées sur le clavier.

Les informations présentées sur les plans quadrillés produits par ordinateur peuvent se rapporter aux conditions de l'environnement déjà citées. L'ordinateur peut également calculer la possibilité d'avoir une partie du terrain (représenté ici par l'un des carrés) exposée au soleil à une certaine heure du jour. Le résultat de ces calculs est présenté sous forme de plan topographique. L'ordinateur peut également calculer quelle partie d'une colline ou d'un lac peut être visible du terrain choisi. L'échelle de ces plans peut être adaptée à la tâche à accomplir et l'attention peut être concentrée sur les points qui présentent un intérêt particulier.

Enfin, il se peut que les plans produits à l'aide d'ordinateurs présentent, non l'état des lieux même, mais plutôt le résultat de simulations mathématiques. Par exemple, on peut utiliser des modèles hydrologiques pour déterminer les changements anticipés concernant le niveau des nappes phréatiques suite à l'exécution des travaux; les résultats de ces changements sont présentés sous forme de plans indiquant l'altération produite dans la végétation. De même la transmission du bruit provoqué par l'exploitation d'un nouvel aéroport peut être superposée à des projets de construction de quartiers résidentiels, pour aider à évaluer les différents emplacements possibles des pistes d'envol. Dans un autre genre de simulation appelée projection dynamique, les changements anticipés dans l'environnement sont présentés visuellement en produisant une série de plans qui montrent les étapes successives d'un développement, par exemple, l'évolution de la circulation routière; le procédé est présenté sous forme de film.

ANALYSE ÉCONOMIQUE

En général, l'aspect économique d'études préparatoires s'adapte très bien à l'application des ordinateurs, puisque chaque détail peut être défini d'une façon logique et traité quantitativement. L'emploi des ordinateurs se trouve donc solidement établi dans ce secteur; il y a déjà de nombreux programmes destinés au calcul de la viabilité économique de nouveaux projets. Pour le client, ces programmes diffèrent surtout dans le degré de complexité de l'analyse, ainsi que dans la forme d'entrée et de sortie employée. Les informations nécessaires à ce genre d'analyse ont habituellement été codées sur des cartes perforées, avec les sorties produites sous forme de longs rapports financiers. Une autre possibilité, qui exige l'emploi de terminaux en partage de temps, permet à l'utilisateur de converser avec l'ordinateur et de lui demander des informations spécifiques relatives à la praticabilité économique du projet. On pourrait encore ajouter ou substituer des informations écrites et des listes de chiffres aux diagrammes qui fournissent, d'un seul coup d'oeil, des informations financières comparatives. La cadence des renvois, selon les conditions, de même que les liquidités disponibles prévues et d'autres éléments qui exigent une attention particulière pendant les premières

étapes du projet, peuvent être présentés sous cette forme. Dans quelques installations de ce genre, de telles informations se trouvent directement à la portée du personnel de la direction s'il dispose de tubes cathodiques (ressemblant à un écran de télévision équipé d'un clavier) installés dans les bureaux.

Le choix de la forme des entrées et des sorties dépend donc plus ou moins de la disponibilité de certaines pièces d'équipement périphérique. Toutefois, même l'équipement le plus rudimentaire permet la projection d'informations économiques utiles, présentées sous une forme qui permettra de les appliquer directement à des informations écologiques. Des simulations de ce genre peuvent donc être développées dans le domaine des études économiques et utilisées pour évaluer, du point de vue du public, les avantages de certains nouveaux projets. L'emploi des ordinateurs peut donc aider à relever le niveau des analyses coûts-bénéfices en comparant les prix et les profits globaux aux questions d'impact sur l'environnement et sur l'économie d'une région particulière.

IMPACT SOCIAL

Mais si, dans la planification des projets de construction, on commence à tenir compte de l'impact écologique et économique, on accorde encore très peu d'importance à l'impact social. L'emploi des ordinateurs permet de développer des intérêts pour l'environnement qui tiennent compte du milieu social. Les champs d'application les plus évidents sont ceux de l'analyse

des statistiques et la représentation de leur aspect géographique sous forme de plans. Toutefois, la cartographie peut inclure la représentation graphique des aspects quantitatifs des styles de vie, par exemple le moment et l'endroit de diverses activités, leur chevauchement et leur interaction, etc. En programmant des ordinateurs de façon à ce qu'ils traitent des masses d'informations pour présenter le résultat sous une forme utilisable pendant la phase préparatoire des projets, on pourra évaluer d'une façon de plus en plus précise les effets des projets sur les styles de vie actuels ainsi que le besoin de certaines installations destinées à encourager de nouveaux styles de vie.

LES ORDINATEURS ET LE DESIGN

Au début de l'ère de l'informatique, un effort considérable a été fait pour créer des programmes permettant de rendre des décisions indépendantes quant au design. Bien que quelques maisons d'enseignement continuent de travailler dans cette voie, (souvent en rapport avec des recherches faites sur l'intelligence artificielle), le travail de développement pratique s'est tourné depuis longtemps vers la production d'éléments standard de design, plutôt que celle d'architectes-robots. La tendance serait donc de construire des ordinateurs qui renforcent le travail humain, en s'occupant de l'aspect quantitatif du design, en donnant à l'architecte, sur commande, les informations dont il a besoin, et en remplissant de plus en plus le rôle d'un dessinateur appliqué mais peu brillant.

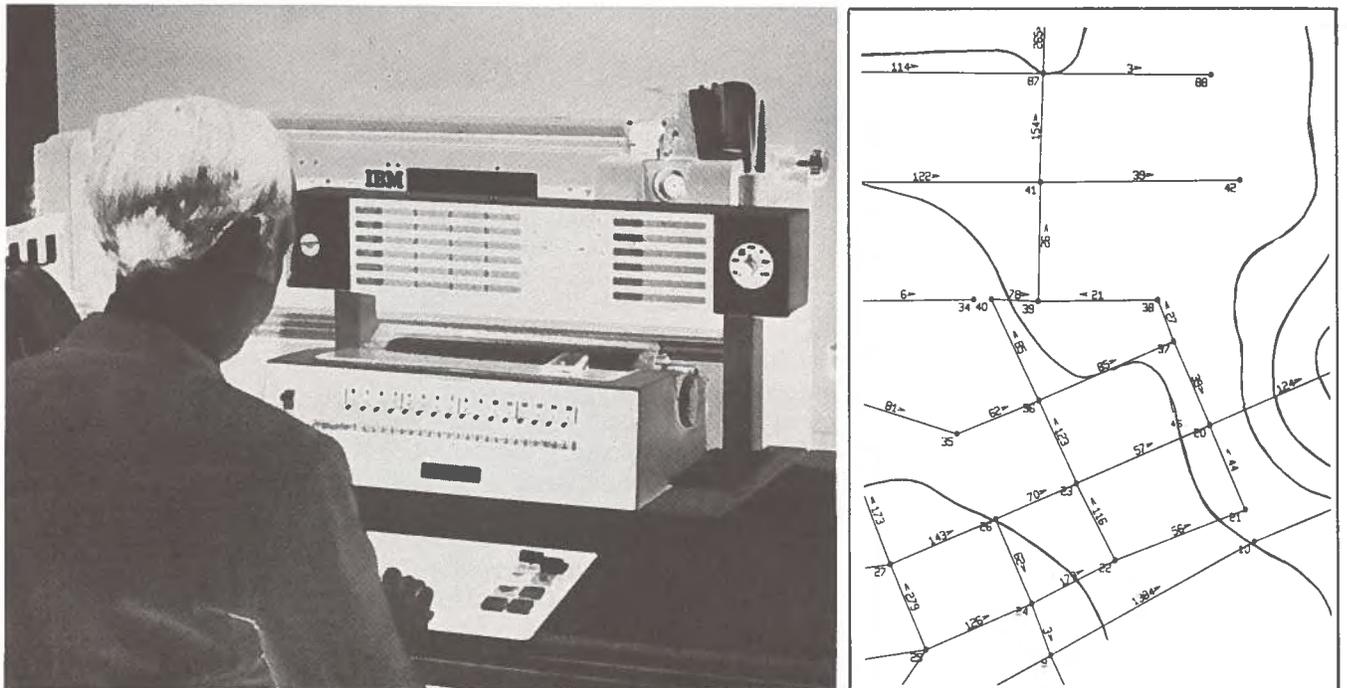


Fig. 2

Les plans à relief peuvent être très pratiques dans la présentation d'informations topographiques non-conventionnelles. Un grand bureau d'ingénieurs-conseils utilise un système informatique interne pour produire des plans de la canalisation d'eaux et de la pression résiduelle, pour prévoir les effets de changements proposés sur un réseau de canalisation et pour analyser des alternatives avec rapidité et précision et à peu de frais.

Source: Proctor & Redfern Ltd.

Pour être plus spécifique, les ordinateurs prouvent leur utilité dans les secteurs suivants:

- analyse des sites et aménagement paysager;
- allocation de l'espace à occuper et arrangement des éléments standard de design;
- études de l'ingénierie et science du bâtiment;
- sélection des matériaux et estimation des coûts;
- é ablisement des devis et préparation de plans standard.

Les succès limités des compagnies et des agences et sociétés de création quant aux essais d'intégration de plusieurs de ces applications aux systèmes automatisés d'aide au design, montrent toutefois que l'emploi des ordinateurs dans le domaine du design en est encore à ses débuts. On fera sûrement meilleur emploi des ordinateurs lorsque les composants de la construction seront standardisés et que le design et la production se trouveront sous le même contrôle.



Fig. 3

L'emploi d'un ordinateur a permis à un entrepreneur privé de marquer les espèces, la condition et la location exacte de milliers d'arbres se trouvant sur le site éventuel d'une nouvelle ville, et tenir la liste à jour. Il en résulte que la location des nouveaux bâtiments et autres installations, tels que l'égout illustré, peut être analysée en considération des effets qu'ils auront sur les arbres qui existent, en indiquant la location exacte de chaque arbre qui se trouve dans la zone affectée par la construction des égouts, à l'aide d'une table traçante commandée par un ordinateur.

Source: The Cadillac Fairview Corporation Ltd.

ANALYSE DES SITES ET AMÉNAGEMENT PAYSAGER

Les problèmes que l'on rencontre dans les projets de construction ne peuvent généralement être résolus isolément, comme le sont les problèmes du design industriel. Un bâtiment doit être adapté au site sur lequel il sera érigé, ou bien le site doit être adapté au bâtiment. Dans les deux cas, on rencontrera des problèmes d'analyse du site et d'aménagement paysager. S'il s'agit d'un site d'une grande superficie, les programmes de plans géographiques automatisés, dont nous avons parlé auparavant, peuvent être appliqués. Les ordinateurs peuvent également offrir une aide appréciable lorsque le projet est de petite envergure.

Un des champs d'application tout indiqué est celui du traçage des perspectives aériennes et des plans à relief. (Fig. 2). Dans ce cas, les ordinateurs peuvent transcrire les élévations et les coordonnées des points importants d'un site (déterminés par des photos aériennes ou des relevés du terrain) en données-grille, ou calculer les profils ou les sections du site aux intervalles nécessaires, pour produire des plans finis à l'échelle spécifiée. Quelques-uns de ces programmes exécutent également des analyses complètes du déblayage et du remblayage nécessaires en comparant les différents nivellements du terrain.

Les ordinateurs serviront éventuellement à déterminer le genre d'aménagement et de végétation approprié à des terrains particuliers. Les inventaires automatisés du stock seront catalogués selon le coût et selon l'adaptation aux différents sites et aux conditions du sol, permettant ainsi au paysagiste de décider de l'emplacement des plantes, de tenir compte du coût et de produire des graphiques sans avoir à quitter le pupitre de commande. La disponibilité des relevés du terrain sous forme numérique va grandement aider au procédé puisque ceux-ci permettront de tracer automatiquement les plans à n'importe quelle échelle et sous n'importe quelle forme, d'après les calculs faits par l'ordinateur. (Fig. 3).

Les ordinateurs deviendront également de plus en plus utiles pour des applications techniques moins compliquées. Par exemple, il est urgent de développer une méthode d'accès aux données qui permettra aux planificateurs d'obtenir toutes les données concernant les possibilités du terrain. De telles informations pourraient porter sur l'alignement des bâtiments selon les règlements municipaux, les règlements locaux de la construction, la limitation de la hauteur des bâtiments, les divers services disponibles, etc. Idéalement, des systèmes de ce genre permettraient aux planificateurs d'avoir accès aux banques de données fédérales, provinciales, régionales et municipales, qui seraient toutes intégrées dans un "Système global d'informations sur la planification des terrains à bâtir", et d'utiliser les ordinateurs pour assembler et présenter les informations sous forme de rapports qui comporteraient des plans et des diagrammes faits sur commande selon le site en question.

ALLOCATION DE L'ESPACE ET ARRANGEMENT DES ÉLÉMENTS DE DESIGN STANDARD

Les décisions qu'on obtient d'une façon parfaitement logique peuvent facilement être simulées à l'aide d'un ordinateur et produites automatiquement. Toutefois, ce procédé s'applique rarement aux projets de cons-

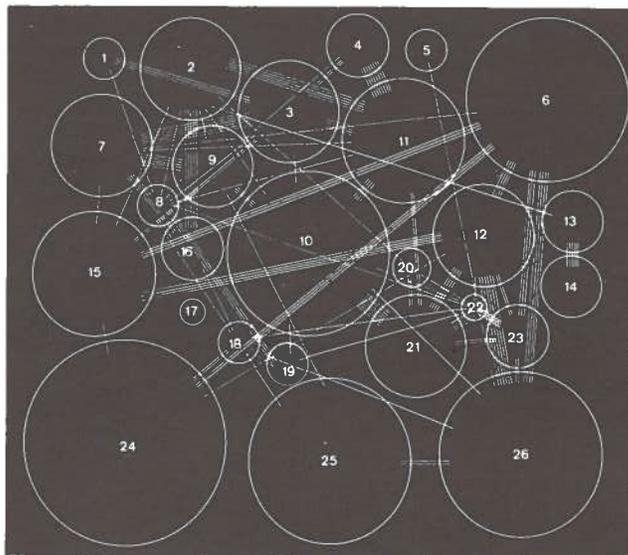


Fig. 4

Un ordinateur peut servir à un arrangement optimal de l'espace en analysant la nature des communications internes de l'organisation et en produisant les tableaux pertinents tels que celui illustré ci-dessus. La fréquence des rapports est représentée par le nombre de lignes reliant les différentes sections en vue de faciliter la disposition des pièces; le diamètre des cercles indique l'importance des sections.

Source: Herman Miller of Canada Ltd.

truction. La disposition d'un entrepôt constitue un bon exemple. Dans un bâtiment de ce genre, la disposition des marchandises la plus avantageuse dépend de la fréquence des envois des différents articles; ceux qui sont le plus en demande sont évidemment placés le plus près possible des portes. CRAFT et ALDEP se classent parmi les premiers exemples des programmes d'ordinateurs destinés à résoudre des problèmes de ce genre, en produisant de simples diagrammes d'arrangement. Ces programmes ont néanmoins eu peu de succès lorsqu'ils ont été appliqués aux écoles, aux hôpitaux et aux édifices de bureaux, démontrant ainsi que la plupart des problèmes d'arrangement de l'espace sont bien trop complexes pour être résolus à l'aide de simulations mathématiques.

Certains aspects des problèmes d'arrangement de l'espace peuvent être analysés à l'aide d'ordinateurs. Il est possible par exemple de déterminer certains des besoins d'agencement d'une organisation en étudiant ses interactions sociales et ses moyens d'intercommunications, pour ensuite trouver la meilleure façon

d'organiser l'espace à occuper. (Fig. 4). De plus, de telles informations peuvent avoir un rapport direct avec les exigences d'équipement et d'installation des différents postes de travail, et elles peuvent être utilisées pour faire une liste dans le cas d'édifices à bureaux, de tous les meubles et de tout l'équipement requis pour chaque poste de travail. Comme ces derniers sont normalement construits par unités modulaires, ils peuvent être groupés et arrangés dans l'espace disponible, à l'aide de tubes à rayons cathodiques générés par des ordinateurs.

La manipulation de modules à deux dimensions, c'est-à-dire des postes de travail ou de l'ameublement, peut se faire facilement grâce à la programmation actuelle des ordinateurs. (Fig. 5). Il est également possible d'obtenir des perspectives de l'arrangement de l'espace qui en résulte. Cependant, la manipulation des modules à trois dimensions, bien qu'étant assez simple en théorie, ne deviendra réellement praticable qu'avec le développement de l'industrie de préfabrication dans la construction.

ÉTUDES DE L'INGÉNIERIE ET SCIENCE DU BÂTIMENT

L'analyse quantitative constitue une partie bien définie du travail de l'ingénieur, ce qui explique l'introduction précoce des ordinateurs dans ce domaine où ils sont maintenant généralement utilisés. Les problèmes qui restent à résoudre concernent surtout les questions de

le secteur industriel. Ils sont en général faciles à obtenir et peuvent être utilisés pour de nombreux calculs techniques servant au design des structures en béton, en acier ou en maçonnerie, ou encore pour tracer les schémas de conduites électriques, de tuyauterie, de canalisations, etc. En plus des programmes qui sont utilisés dans le secteur public, il en existe un grand nombre qui peuvent être obtenus de l'entreprise privée.

En plus de leurs applications techniques, des programmes récemment mis au point servent à faire des calculs concernant d'autres aspects scientifiques des projets de construction. Ceux qui permettent d'optimiser la consommation de l'énergie dans les projets de construction sont d'une importance particulière. De grands efforts ont été faits pour créer des programmes qui permettent de déterminer la meilleure structure possible en tenant compte des particularités générales de l'environnement. Parce qu'il est nécessaire de prendre d'autres facteurs en considération pour arriver à une forme pure de l'architecture, l'automatisation complète des projets de construction ne doit pas être prise trop au sérieux pour le moment, sauf dans quelques cas exceptionnels.

Mais l'emploi progressif de la simulation mathématique dans le design détaillé des projets, qui jusqu'à présent avait été résolu d'une façon intuitive, est très prometteur. Bien que cette méthode ait été jusqu'à maintenant

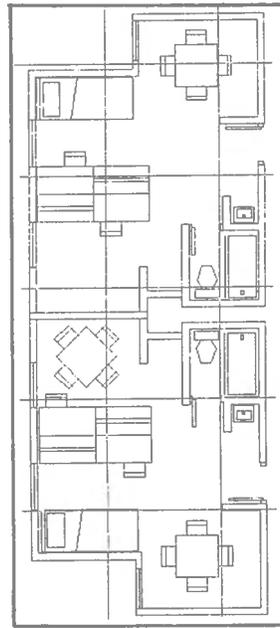


Fig. 5

"ARK-2" est un des rares ensembles de programmes qui ait été créé spécifiquement pour des architectes. Il permet à un dessinateur qui se trouve à un pupitre de commande, de produire différents plans d'arrangement et de déplacer l'ameublement et l'équipement à l'aide d'un crayon lumineux. La grille de consultation surimposée est une caractéristique du programme; elle peut être ajustée ou enlevée à volonté par l'utilisateur.

Source: Abbey Glen Property Corporation

la configuration optimale de l'équipement et les avantages comparatifs des différents programmes. La plupart des programmes ont été réalisés par des fabricants, des groupes d'utilisateurs, des universités, des organismes publics, ou des établissements financés par

seulement appliquée à la disposition des groupes d'ascenseurs et autres moyens de transport, des programmes tels que le GPSS d'IBM (General Purpose Simulation System) devraient être applicables à d'autres cas.

SÉLECTION DES MATÉRIAUX ET ESTIMATION DES COÛTS

La sélection des matériaux de construction exige habituellement de longues et fastidieuses recherches dans

un grand nombre de catalogues. Le dessinateur cède le plus souvent à la tentation de choisir les matériaux qu'il connaît déjà, rejetant ainsi toute forme d'innovation. L'établissement du Système Canadien d'Informa-

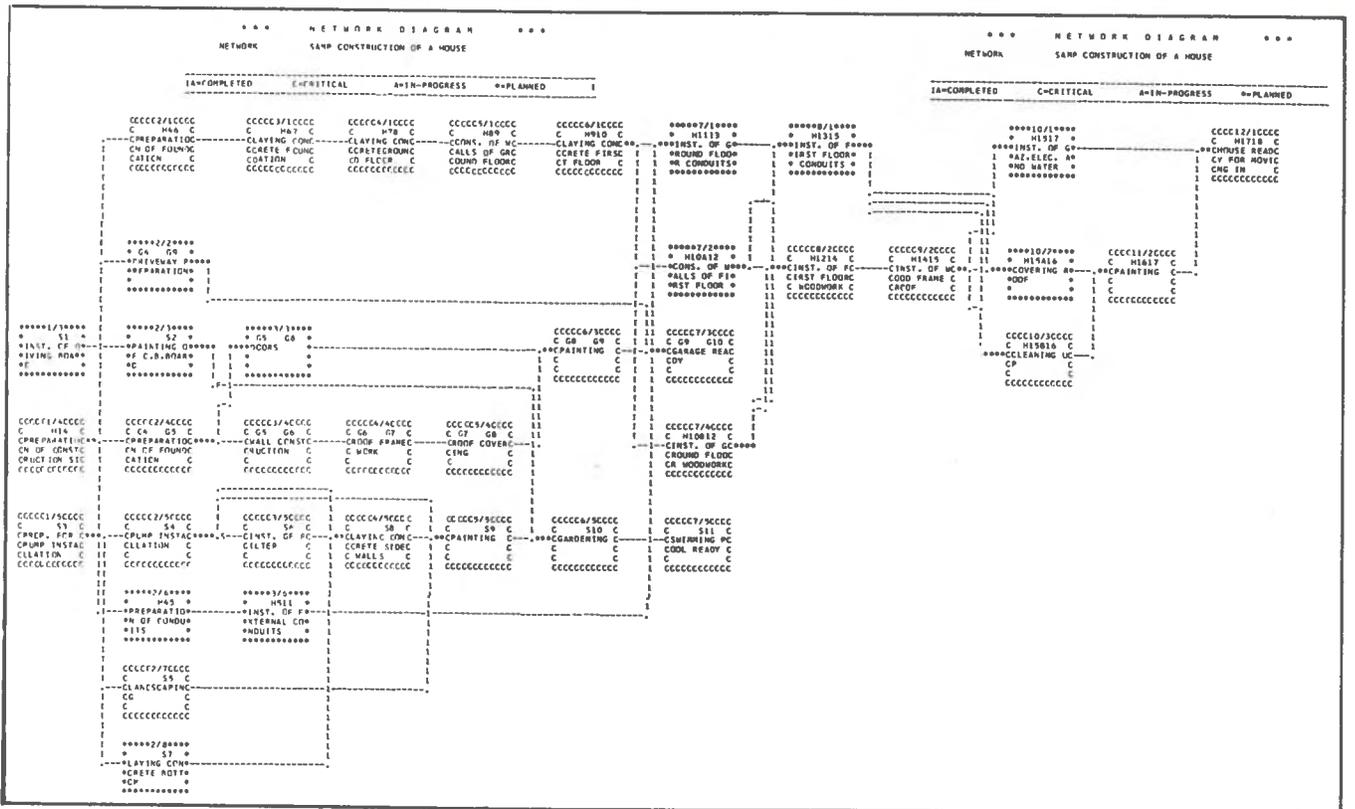
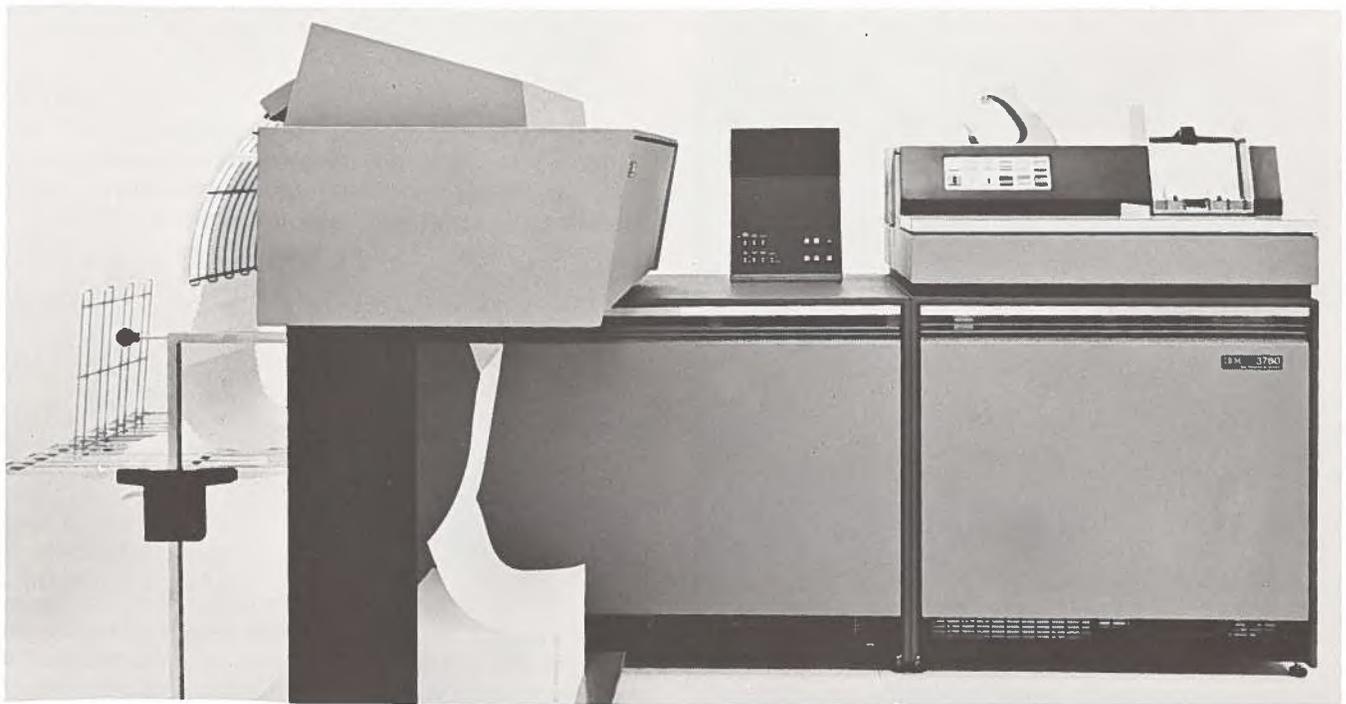


Fig. 6 L'aptitude qu'ont les ordinateurs de générer des diagrammes complets du chemin critique permet l'emploi de terminaux d'affichage graphique pour analyser la portée d'autres décisions de l'échelonnement des travaux, avant que le diagramme final du réseau soit produit sur un terminal d'imprimante ligne par ligne, comme le Terminal de transmission des données 3780 d'IBM, illustré.

Source: IBM Canada Ltd.

tions sur la Construction permet, pour la première fois, de choisir, par l'intermédiaire d'une banque centrale des données, les matériaux de construction requis, d'une façon rapide et rationnelle. Se basant sur une courte liste des performances et sur d'autres paramètres, l'ordinateur consulte les fichiers appropriés, identifie les matériaux ou les éléments qui conviennent le mieux et imprime tous les renseignements nécessaires.

Avec l'établissement d'autres banques de données, ce procédé de rationalisation deviendra de plus en plus efficace et perfectionné. Des systèmes d'informations relatifs aux différents genres de bâtiments, tels que hôpitaux ou écoles, faciliteront le choix des matériaux, tandis que des systèmes de contrôle des matériaux, maintenus par des agences spécialisées, assureront leur livraison en quantité suffisante aux chantiers de construction.

Un autre champ d'application des ordinateurs est celui de l'estimation des coûts. Il s'agit de maintenir des banques de données relatives au prix des matériaux, et aux frais du personnel. Puisque cette estimation des coûts se fait généralement en fonction de prix futurs, les techniques prévisionnelles automatisées trouveront beaucoup plus de champs d'application.

ÉTABLISSEMENT DES DEVIS ET PRÉPARATION DE PLANS STANDARD

Si, de prime abord, l'emploi des ordinateurs pour l'établissement des devis semble être la suite logique du procédé de sélection automatisée des matériaux, c'est l'automatisation des devis qui a précédé, de plusieurs années, la création d'un système central d'informations. Les premiers succès des ordinateurs dans ce domaine sont dus à différents facteurs: la préparation des devis ne demande qu'une banque de données modeste, sous forme d'une fiche technique principale et la programmation et l'équipement proprement dits ne sont pas très complexes. D'autre part, les rédacteurs de devis étant hautement qualifiés, il est naturel que l'on tente d'améliorer leur productivité à l'aide d'ordinateurs.

Aujourd'hui, la préparation automatisée des devis peut être faite à l'aide de programmes standard selon lesquels le texte et la forme de présentation sont mémorisés par l'ordinateur, avec possibilité que soit édité le texte de base, en conformité avec les exigences techniques individuelles. Les perfectionnements du procédé favorisent d'une part l'intégration de la préparation automatique des matériaux et d'autre part, une intégration des aspects divers de la production des plans et de la gestion des contrats. Le résultat du procédé de sélection des matériaux serait donc présenté sous une forme qui conviendrait aux entrées relatives à la préparation des devis, ce dernier procédé donnant des instructions pertinentes aux dessinateurs et aux superviseurs des chantiers, sous forme de sorties secondaires. Il faut s'attendre toutefois à ce que l'élaboration des plans devienne de plus en plus automatisée. Les dessins standard d'abord, et ensuite tous les travaux de design, sauf ceux faits sur commande, se feront de plus en plus à l'aide d'ordinateurs, probablement directement sur microfilms, suite à une rationalisation de la construction.

LES ORDINATEURS ET LA GESTION DES PROJETS

Certaines descriptions de l'utilisation des ordinateurs lors de la planification et du design des projets de construction sous-entendent un chevauchement possible de certains aspects de la gestion des projets. C'est ainsi que le calcul des liquidités mobiles peut également servir d'ajustement des ressources; l'estimation des coûts entraîne le contrôle des coûts; les sorties sur imprimante d'instructions destinées aux directeurs des chantiers constituent un sous-produit de l'informatique dans l'établissement des devis. Il semble que l'utilisation des ordinateurs aura pour effet de renverser les structures des organisations et d'imposer une nouvelle approche fonctionnelle.

La première manifestation de cette tendance est l'émergence d'une science nouvelle, à savoir la gestion des projets, qui se base sur un haut niveau de perfectionnement emprunté à d'autres industries et adapté à l'administration des projets de construction. En général, les ordinateurs sont employés pour rationaliser et contrôler la production. (Nous en discuterons plus tard sous les titres de "Échelonnement des travaux", "Contrôle des coûts", et "Modes de gestion intégrés".) À cause du succès des ordinateurs dans ces nouvelles zones d'activité, il faut s'attendre à ce que les nouvelles méthodes de gestion scientifiques soient intégrées à la planification et au design des projets, phases qui jusqu'à maintenant sont restées autonomes.

ÉCHELONNEMENT DES TRAVAUX

Dans le contexte de l'informatique, l'échelonnement des travaux se rapporte surtout à la discipline mathématique qu'est l'analyse des réseaux et à son application pratique dans la détermination du processus à suivre. Il s'agit de préparer le schéma des réseaux selon lesquels un projet est décomposé en une série d'opérations et d'événements de base, présentés graphiquement à l'aide de flèches, de cercles ou de carrés. En inscrivant le temps nécessaire à chaque opération, et en indiquant les relations séquentielles entre les événements, l'ordinateur peut déterminer le chemin critique, c'est-à-dire la séquence des opérations la plus rapide.

Cette méthode peut être appliquée seulement s'il est possible d'estimer avec assez de précision le temps qui s'écoule entre les événements. Si ce n'est pas le cas, par exemple lors de la planification d'un projet de construction, on peut utiliser une autre technique d'analyse de réseaux, connue sous le nom de PERT et basée sur la probabilité d'effectuer des opérations différentes dans un laps de temps prévu. Dans un cas comme dans l'autre, si des erreurs d'estimation ont été commises, l'ordinateur peut calculer rapidement une alternative.

Les programmes d'analyse utilisant la méthode du chemin critique ont connu un tel succès qu'il est impensable actuellement de réaliser de larges projets sans y avoir recours. Mais lorsqu'il s'agit de projets plus modestes, tel que la construction d'immeubles individuels, son application a rencontré quelques obstacles qui ne touchent pas cependant l'industrie de la construction dans son ensemble. Il semble plutôt que ce soit l'utilité des programmes qui varie et que leur application exige une grande compétence.

La plupart des applications de l'informatique à l'analyse du chemin critique servent avant tout à générer les données qui permettront par la suite de préparer à la main les diagrammes pertinents. Il existe toutefois des programmes automatisés capables de produire tous genres de diagrammes du tracé critique, en simples sorties sur imprimante (Fig. 6) ou sous forme de graphique. L'utilisation croissante de dispositifs interactifs graphiques (tels que les tubes cathodiques) dans les bureaux d'ingénieurs ou de gestion, va permettre de présenter instantanément, sous forme schématique, les effets de différents échelonnements des travaux. Les décisions prises par la Direction d'une entreprise n'en seront que plus efficaces.

CONTRÔLE DE COÛTS

Bien que la méthode du chemin critique contribue grandement à une bonne gestion de projets complexes, elle ne sert toutefois qu'à la computation du temps. Pour gérer efficacement des projets de construction, il est nécessaire de contrôler les coûts de gestion internes et les coûts d'opération des projets. Dans les deux cas, l'ordinateur est utilisé pour les calculs administratifs ainsi que pour la préparation de rapports basés sur les entrées qui sont transférées des feuilles de présence, de compte rendu des travaux, etc. Il est évident que la valeur de ces rapports dépend non seulement de la qualité de la programmation mais également de la qualité des entrées. Par conséquent, il est nécessaire que toute la programmation ainsi que la collecte et le traitement des données soient basés sur une évaluation réaliste du niveau des contrôles qui sont maintenus sur les employés et sur l'équipement.

MODES DE GESTION INTÉGRÉS

Les programmes de gestion dont il a été question jusqu'à maintenant traitent surtout de l'accélération de la construction et des diverses opérations qui s'y rapportent, ainsi que de l'obtention adéquate d'informations relatives aux coûts. Les données obtenues, combinées avec des techniques telles que la programmation linéaire*, permettent l'utilisation optimale de tous les moyens qui sont mis à la disposition de la Direction, à savoir la main-d'oeuvre, l'équipement et les ressources financières, ces trois aspects étant traités intégralement.

Les modes de gestion intégrés visent à réduire toute forme de gaspillage dans une organisation. Ils peuvent, dans certains cas, engendrer une réorientation complète de la direction d'une entreprise, si par exemple on en vient à reconnaître qu'il faut obtenir un meilleur contrôle de certains aspects des projets en cours.

*La programmation linéaire est une méthode mathématique qui permet, avec un minimum de calculs, de sélectionner la stratégie optimale du développement des ressources, de façon à aboutir au résultat désiré. La méthode est relativement nouvelle et elle a de nombreuses possibilités d'application dans le domaine de la construction et de la planification urbaine.

Choix du matériel

Trois options sont offertes à ceux qui désirent bénéficier des services d'ordinateurs; on peut

INVESTMENT ANALYSIS IN REAL ESTATE (100 UNIT APARTMENT - 1975)

R
38 R
C O J

INPUT

BUILDING COST	1800000	S
LAND COST	100000	S
	250	↓
	12	X
	3000.00	A 0
	100	X
GROSS INCOME	300000.00	A 0
		S
	300000	↓
	0.45	X
OPERATING EXPENSES	135000.00	A 0
		S
PROBABLE 1ST MORTGAGE	75%	S
MORTGAGE INTEREST	10.5%	S
# OF YEARS OF REPAYMENT	25	S
INTEREST TIME COMPUTATION	2 YEARLY	
PROBABLE 2ND MORTGAGE	20%	S
MORTGAGE INTEREST	12%	S
# OF YEARS OF REPAYMENT	25	S
INTEREST TIME COMPUTATION	2 YEARLYS	
BUILDING DEPRECIATION	2%	S
TAX BUILDING DEPRECIATION	5%	S
		S
CAPITALIZATION RATE	11.85%	A 0
OWNER TAX	25%	S
CAPITAL GAIN TAX	50%	S
# OF YEARS CONSIDERED	10	S

1. acheter un micro-ordinateur
2. louer un terminal en temps partagé donnant accès à un ordinateur central activé par un centre de traitement
3. louer ou acheter un système informatique interne et intégré, adapté aux exigences de l'organisation.

LES MICRO-ORDINATEURS

Les micro-ordinateurs se sont récemment ajoutés à l'équipement de base disponible en informatique. Ils sont construits autour de micro photographies qui occupent seulement quelques microplaquettes (petites plaques de silicium) mais qui, en réalité, se composent de plusieurs milliers de transistors entassés dans un

espace qui ne mesure que quelques millimètres carrés. En ajoutant une mémoire et des circuits permettant de communiquer avec l'extérieur, il est possible de créer des ordinateurs fonctionnels, à une fraction du prix des modèles conventionnels. Les modèles les plus simples sont des calculatrices ou des dispositifs de contrôle spéciaux qui sont incorporés dans des machines à écrire ou dans d'autres mécanismes. Certains micro-ordinateurs ont des mémoires extensibles qui peuvent être reliées à des terminaux à clavier, à différents dispositifs mémoire, à des imprimantes par lignes, etc. Ils ne se distinguent alors des ordinateurs réguliers que par leur dimension, comportant les mêmes avantages et désavantages fonctionnels.

Entre ces deux extrêmes, le marché offre un choix de micro-ordinateurs qui conviennent parfaitement à



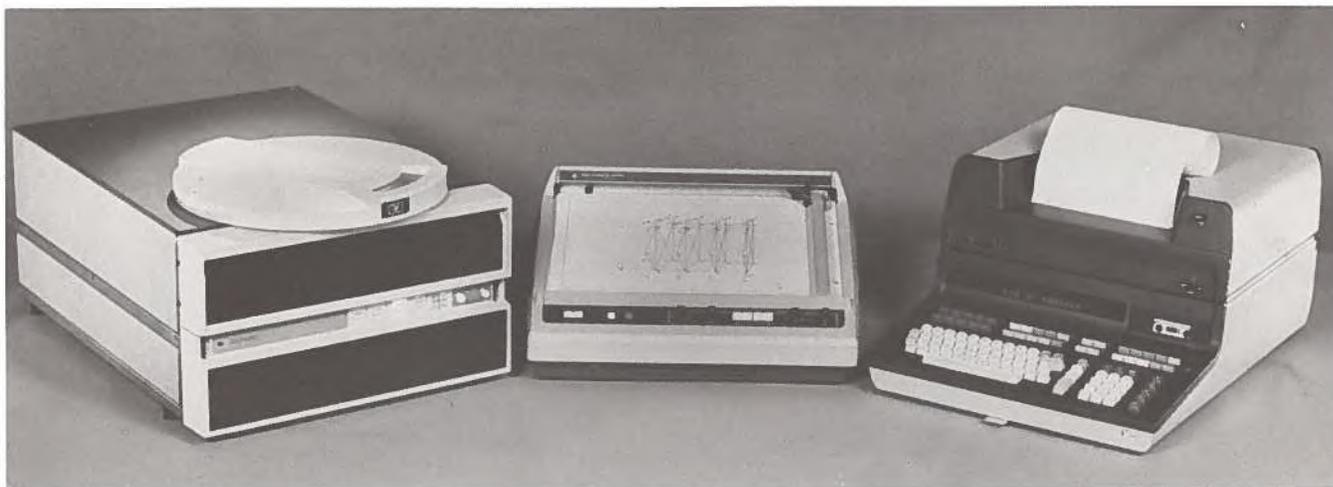
Fig. 7

Un micro-ordinateur peut offrir une aide précieuse aux professionnels dans leur travail quotidien. Nous voyons ici un bureau d'architectes qui utilise deux ordinateurs Olivetti en vue d'effectuer des travaux qui vont de simples calculs aux analyses de placement, en passant par les calculs de construction, le design des perspectives, le calcul de la perte de chaleur, etc. La forme des sorties est illustrée dans l'exemple donné, avec les explications nécessaires.

Source: Aldo Riva, architecte, Toronto

certaines applications de la construction, bien qu'ils ne se prêtent pas à l'emploi de langages conventionnels comme FORTRAN. Il est donc nécessaire de se servir d'un code spécial pour programmer les micro-ordinateurs. Les calculs complexes doivent être réduits en éléments plus simples. Les résultats obtenus seront probablement moins exacts ou reçus moins rapidement que si les calculs étaient effectués sur des ordinateurs de grand format. La forme des éléments de sortie est également plus simple, ils se limitent aussi aux informations essentielles. (Fig. 7).

Dans la plupart des cas, ces désavantages sont sans importance. Bien qu'il ne soit pas possible d'utiliser les langages conventionnels de l'informatique, l'utilisateur peut programmer la machine sans l'aide d'un programmeur professionnel. Sauf dans certaines applications techniques ou commerciales spécialisées, on a rarement besoin de faire des calculs complexes ou d'atteindre un très haut niveau d'exactitude dans l'industrie de la construction puisque l'ordinateur sert surtout à des opérations simples telles que l'estimation des coûts. La forme simplifiée des éléments de sortie



A. J. VERMEULEN 322 KING STREET WEST TORONTO 416 862 1720				CIVIC CENTRE MAY 1975 OAA RAIC GROSS FLOOR AREA 26231SF			
ELEMENT	RATIO	QUANTITY	RATE	AMOUNT	COST PER SF	TOTAL	%
1 SUBSTRUCTURE				62291			
(A) NORMAL FDMS.	0.00	0SF	0.00	0	0.00		
(B) BASEMENT EX&B	3.86	101313CF	0.27	27291	1.04		
(C) SPECIAL FDMS.				35000	1.33	2.37	62291 5
2 STRUCTURE	1.32	34619SF	3.79	131300			
(A) LOWEST FLOOR	0.31	8104SF	1.27	10300	0.39		
(B) UPPER FLOORS	0.69	18127SF	5.02	91000	3.47		
(C) ROOF CONSTRN.	0.32	8388SF	3.58	30000	1.14	5.01	131300 11
3 EXTERIOR CLADDING	1.02	26738SF	5.48	146400			
(A) ROOF FINISH	0.32	8388SF	2.15	18000	0.69		
(B) WALLS BELLOW	0.17	4500SF	6.00	27000	1.03		
(C) WALLS ABOVE	0.36	9550SF	6.28	60000	2.29		
(D) WINDOWS	0.14	3690SF	10.00	36900	1.41		
(E) DOORS & SCRNS	0.01	225SF	13.33	3000	0.11		
(F) PROJECTIONS	0.01	385SF	3.90	1500	0.06	5.58	146400 12

Fig. 8

Il existe certains ordinateurs modernes de bureaux qui sont équipés d'unités de disques et de tables traçantes facultatives. Ils peuvent être programmés dans un langage évolué et utilisés dans un grand nombre d'applications professionnelles et commerciales. Un échantillon des sorties d'un tel ordinateur montre un sommaire des coûts de construction basé sur la méthode élémentaire CIQS de l'analyse du mesurage, préparée par un métreur utilisant son propre ordinateur HP 9830.

Source: Hewlett-Packard Canada Ltd.
A. J. Vermeulen, métreur, Toronto

suffit ordinairement à répondre aux besoins des sociétés. On peut compenser la lenteur avec laquelle les informations sont reçues en introduisant les programmes de longue durée pendant la nuit ou les fins de semaines, lorsque l'ordinateur est habituellement inactif.

Les avantages principaux des micro-ordinateurs sont naturellement leur prix abordable et leurs faibles coûts d'exploitation. Il est possible d'en acheter plusieurs (dépendant de la dimension et du modèle) pour le prix d'un ordinateur de grand format. De plus, il est possible de prévoir les coûts. Puisque les programmes et la programmation sont simples, l'utilisateur peut facilement les rédiger lui-même en fonction de ses besoins ou il peut se procurer de courts programmes à un prix réduit. Mais plus important encore, il n'est pas nécessaire d'engager un personnel spécialisé dans le traitement des données. Il existe sur le marché certains micro-ordinateurs qui se prêtent à une extension modulaire et qui peuvent être utilisés de concert avec de grandes installations en temps partagé, ou avec l'équipement périphérique normalement associé aux systèmes de traitement de l'information, tels que les dispositifs mémoire, les imprimantes par lignes, les tubes cathodiques, etc. (Fig. 8).

LES TERMINAUX EN PARTAGE DE TEMPS

Si les micro-ordinateurs font partie depuis quelque temps seulement de l'équipement informatique disponible, les terminaux en partage de temps, reliés à des ordinateurs de grand format, sont solidement établis sur le marché. Ce système donne accès à la puissance de calcul de systèmes informatiques importants à peu de frais et avec un personnel restreint. En suivant les indications données, les entrées sont introduites à l'aide d'un terminal à clavier ou d'un télétype, et les sorties sont obtenues sur le même terminal en introduisant quelques mots de commande. Aucune connaissance des langages techniques n'est requise si l'on s'en tient aux programmes qui existent sur le marché. Un exemple déjà cité est le Système Canadien de l'Information sur la Construction à Ottawa. Dans ce cas, tout abonné, peu importe où il se trouve au Canada, peut obtenir des informations sur des produits de construction, en tapant ses demandes sous forme de paramètres. Les terminaux en partage de temps servent aussi à établir des devis de construction. Une troisième fonction est l'enregistrement régulier d'inscriptions comptables qui permettent à un ordinateur satellite de tenir les comptes et de produire sur commande des rapports financiers à jour. Bien que le même terminal à clavier soit employé pour chaque opération, on s'adresse chaque fois à un ordinateur différent simplement en changeant le signal de marche.

Fig. 10

Les bureaux d'Alcan à Montréal ont probablement un des systèmes de dessins automatisés les plus avancés au monde. Il consiste en deux tables traçantes à plat, un terminal à tubes cathodiques, un convertisseur analogique et un lecteur de cartes, reliés à deux mini-ordinateurs qui peuvent eux-mêmes être connectés à un ordinateur central de grand format. Les informations sont digitalisées sur la base de croquis, les plans d'architectes étant préparés sur une des tables traçantes, puis complétés à la main. Les tables traçantes sont également utilisées pour préparer de longues perspectives (jusqu'à 5 pieds), tel qu'illustré.

Source: Aluminium du Canada Limitée, Montréal

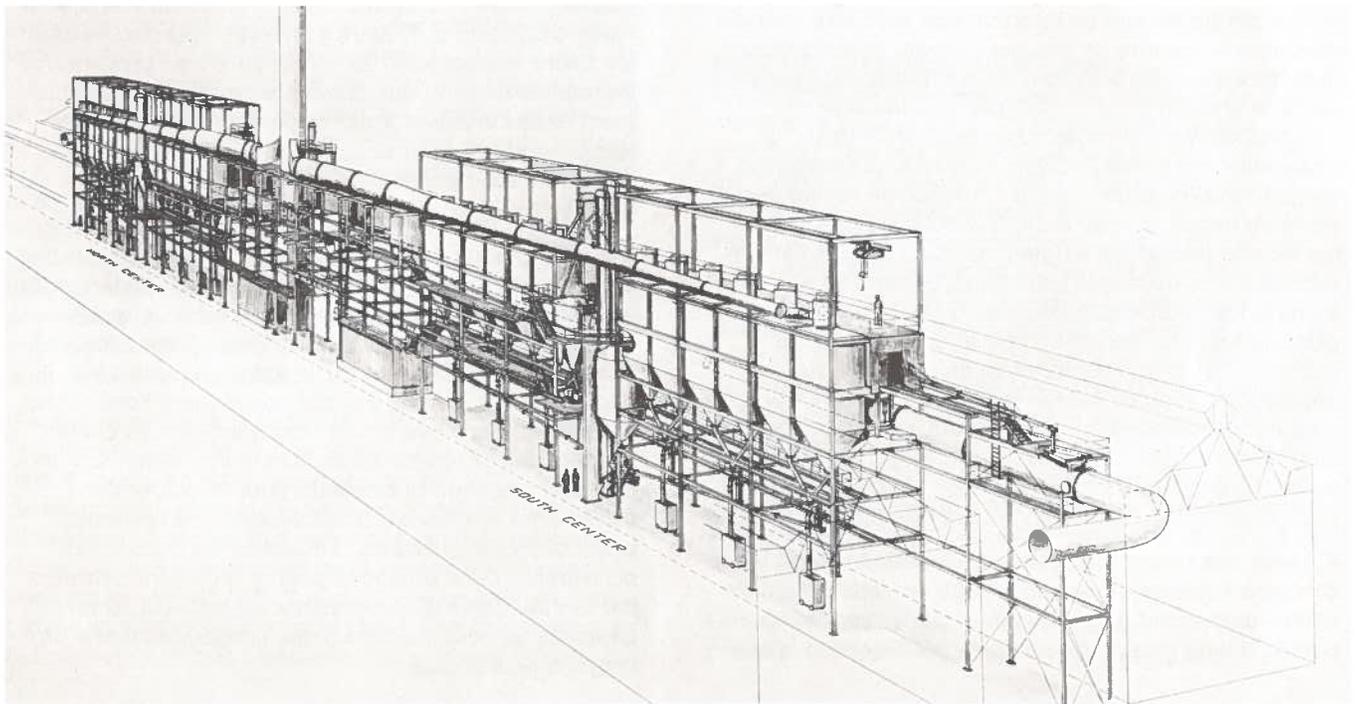
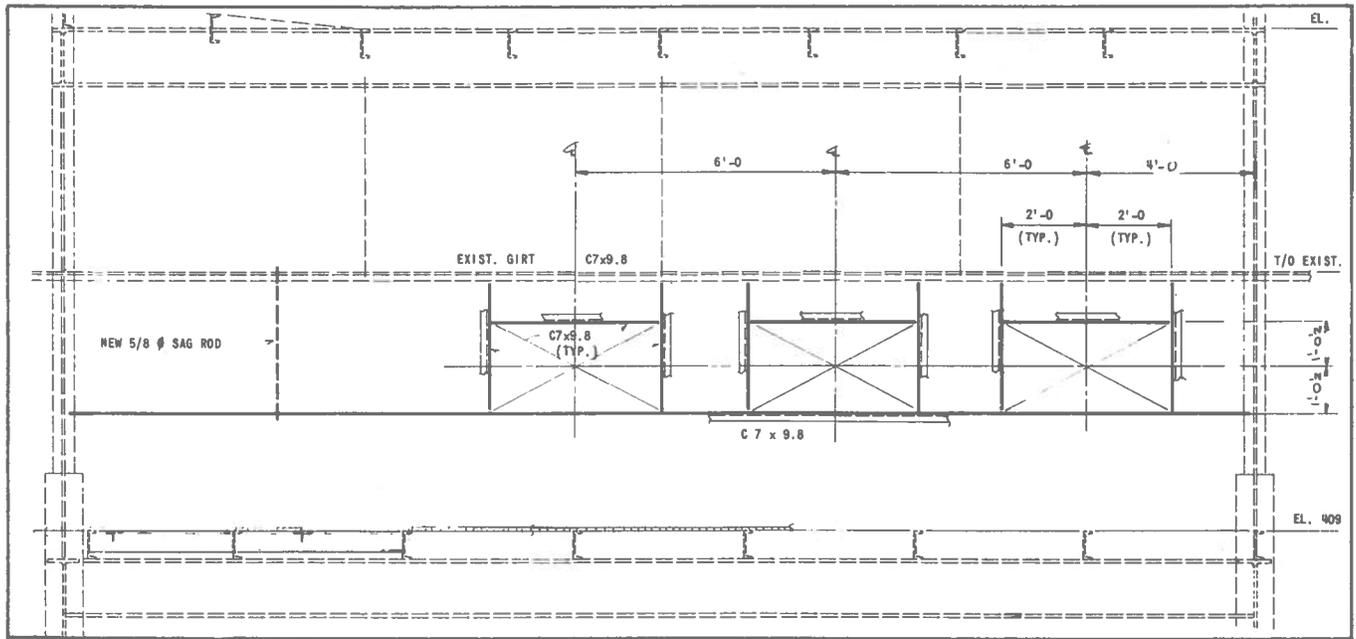
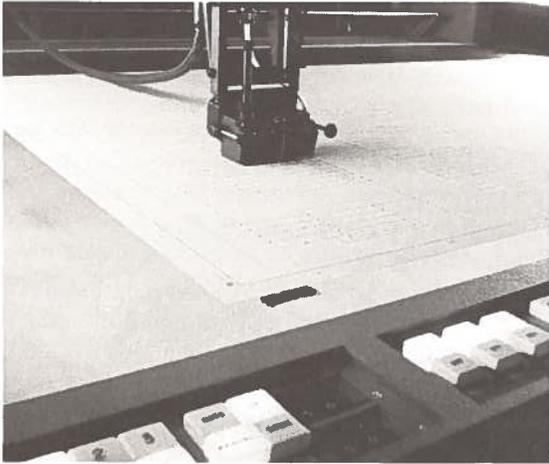
Une importante variation dans le travail en partage de temps conventionnel consiste à utiliser la méthode du dialogue. Au lieu d'entrer toutes les données nécessaires puis de demander les sorties sur imprimante, l'utilisateur insère les données d'entrée en réponse à des questions posées par l'ordinateur. Cette interaction entre l'homme et la machine permet de considérer et d'évaluer d'autres solutions à un problème, dans le contexte d'un processus synergique. Il faut s'attendre à ce que cette méthode prenne de plus en plus d'envergure dans maints aspects de la planification et du design, surtout si les banques de données actionnées par le Gouvernement deviennent facilement accessibles (Fig. 9).

Plutôt que d'insérer seulement des entrées pour les voir soumises au traitement d'un programme du Centre informatique, un utilisateur de terminaux a le choix d'utiliser ses propres programmes. Ces derniers peuvent être mémorisés sur bandes électromagnétiques ou sur disques par l'ordinateur central; les programmes courts peuvent être enregistrés manuellement à l'aide d'un appareil à clavier, chaque fois qu'ils sont utilisés; ou ils peuvent être mémorisés sur cartes perforées ou sur bandes, et insérés à l'aide d'un lecteur de cartes ou de tout autre dispositif installé dans le bureau de l'abonné. Grâce au grand nombre de lecteurs disponibles, il est possible d'insérer de grandes quantités de données d'entrée, pour traitement par un ordinateur central. À ce stade, le simple terminal à clavier ne suffit pas à manier le flux croissant des éléments de sortie, et il doit être suppléé par des imprimantes d'une capacité de sortie de plusieurs centaines de lignes, ou plus, à la minute.

Il est évident que les frais d'entretien des installations en partage de temps sont élevés. Mais ils sont justifiés quand le traitement des données est assez complexe pour exiger l'emploi d'un grand ordinateur, mais trop irrégulier pour justifier l'achat et l'installation d'un système.

LES SYSTÈMES INFORMATIQUES INTERNES

Lorsqu'une organisation fait un emploi de plus en plus considérable de micro-ordinateurs ou d'ordinateurs en partage de temps, elle en vient naturellement à considérer l'installation d'un système informatique interne et ce pour diverses raisons: la capacité limitée ou la nature spécialisée des micro-ordinateurs ne permet plus d'exécuter les travaux généraux du traitement de l'information; ou bien les frais concernant les services en partage de temps continuent d'augmenter, même lorsqu'ils ont atteint des niveaux qui dépassent et le prix d'achat et les frais d'exploitation d'un système informatique interne.



L'installation d'un système informatique interne entraîne, non seulement un engagement financier important, sous forme de capital ou de dépenses de crédit-bail, mais également l'établissement d'un département indépendant chargé de faire fonctionner le système. Et le succès économique et technique de l'opération, à commencer par le choix de l'équipement et de la programmation dépend surtout de la compétence et de l'expérience du personnel chargé de son implantation.

En ajoutant une mémoire, des dispositifs d'enregistrement-mémoire et un équipement périphérique aux micro-ordinateurs, on peut les convertir en mini-ordinateurs qui "lisent" les tracés (à l'aide de convertisseurs numériques) et produisent des manuscrits dactylographiés, des sorties sur imprimantes de format normal, des plans et des diagrammes; ils peuvent également être utilisés comme terminaux pour exécuter des programmes de grande envergure sur des ordinateurs à temps partagé éloignés. Dans un tel cas, le système à temps partagé devient un dispositif additionnel qui réduit les heures de pointe occasionnelles et dispense l'organisation de se procurer un système interne plus important. Il est possible toutefois d'obtenir relativement plus de puissance de calcul pour la même somme d'argent si la gamme de l'équipement périphérique est réduite, par exemple, à une seule imprimante par ligne et au perforateur de cartes nécessaire à la préparation des entrées. Par conséquent, les éléments de sortie graphiques pourraient être limités à la sorte d'imagerie qui peut être produite sur une imprimante par ligne, en surimprimant les caractères. D'autre part, les sorties graphiques peuvent être produites si nécessaire sur des traceurs actionnés par un service spécialisé, à l'aide de sorties imprimées sur des bandes magnétiques produites sur l'ordinateur interne.

La puissance d'un ordinateur détermine, en plus des diverses opérations possibles, la rapidité avec laquelle un certain traitement de l'information peut être exécuté ainsi que le nombre de travaux pouvant être accomplis simultanément. En principe, un ordinateur peut résoudre tout problème mathématique, peu importe sa complexité. Mais s'il s'agit d'un petit ordinateur, les problèmes complexes doivent être réduits en simples séquences de routine, ce qui constitue en réalité une perte de temps. Lorsqu'il s'agit d'exécuter certains travaux de design qui exigent un retour d'informations visuelles plus ou moins instantané, comme en architecture, les micro-ordinateurs se révèlent inadéquats puisque tout leur pouvoir d'opération est alors mis à la disposition d'un seul terminal graphique, pour déplacer de simples éléments graphiques sur un écran à tubes cathodiques ou pour reproduire la perspective d'un bâtiment. Dans un bureau de design, les postes de travail équipés d'ordinateurs doivent presque toujours être rattachés à un système en partage de temps.

À cause des ressources financières et de la main-d'oeuvre requises, il est normal que l'établissement et le développement de programmes perfectionnés soient passés d'individus ou de petites sociétés conseils aux

gouvernements et à de grandes sociétés commerciales, particulièrement dans le secteur de la fabrication métallurgique. (Fig. 10).

Les programmes et la programmation

LES LANGAGES DE PROGRAMMATION ET LEURS CARACTÉRISTIQUES

Les micro-ordinateurs se distinguent des mini-ordinateurs et autres systèmes avant tout par leur aptitude à se prêter à un langage de programmation plus évolué. Alors que la programmation d'un micro-ordinateur nécessite un langage orienté machine ou un codage qui lui est propre, la programmation de grands ordinateurs peut se faire dans un des langages universels orientés vers le problème tels que: COBOL, BASIC, FORTRAN, etc. On peut utiliser les ensembles de programmes rédigés dans un de ces langages standard sans connaître le langage machine employé, grâce à la superposition d'un langage évolué, souvent composé entièrement de chiffres et de mots-commandes écrits dans la langue de l'utilisateur. Ces langages évolués sont souvent appelés langages spécialement conçus pour l'utilisateur ou personnalisés.

LES LANGAGES ORIENTÉS MACHINE

Comme le nom le suggère, les langages orientés machine peuvent être compris par un ordinateur sans traduction aucune. Pour instruire un petit ordinateur d'un ensemble de calculs complexes ou d'opérations logiques, il est parfois nécessaire de décrire chacune des étapes que l'ordinateur devra suivre pour parvenir au résultat désiré et d'identifier l'emplacement ou l'adresse exacte des données pertinentes en mémoire. Normalement, un tel programme est d'abord rédigé sur des feuilles de programmation appropriées. Chaque ligne est alors transférée sur une seule carte et le paquet complet de cartes est enregistré en mémoire à l'aide d'un lecteur. D'autre part, (et en particulier avec les micro-ordinateurs) les informations en provenance de feuilles de programmation sont introduites directement dans l'ordinateur par le clavier approprié. Une fois introduit, il est probable que le programme sera mémorisé sur bandes électromagnétiques ou sur disque pour être utilisé plus tard.

Dans les grands ordinateurs, les langages orientés machine sont plus complexes; on les appelle langages assembleurs; les jeux d'instructions détaillées sont remplacés par des macro-instructions. Leur principal avantage consiste en ce qu'ils exigent moins de la capacité de la mémoire et par conséquent l'ordinateur est plus efficace que si des langages évolués étaient utilisés. Les programmes assembleurs permettent donc d'utiliser des mini-ordinateurs pour effectuer des travaux qui exigeraient normalement des systèmes beaucoup plus puissants. Toutefois, les économies qu'entraîne cette efficacité plus grande sont détruites par le coût élevé du programme assembleur, si on le compare au coût moindre d'une programmation d'un langage plus évolué.

LES LANGAGES ORIENTÉS VERS LES PROBLÈMES

Les langages orientés vers les problèmes permettent de surmonter deux désavantages principaux du langage assembleur. Puisqu'ils adressent à l'ordinateur à un degré évolué, ils permettent d'éliminer le travail fastidieux du déchiffrement des instructions-machines détaillées. Cet avantage provient du fait que les instructions se rapportent à la séquence des étapes nécessaires pour résoudre le problème. En comparaison, chacune des instructions écrites dans un langage assembleur se traduit dans une seule instruction-machine ou, dans le cas de macro-instructions, dans un ensemble précis d'instructions-machines. De plus, chaque ordinateur ne comprend que son propre langage-machine, ce qui veut dire que si un programme a été préparé dans un langage assembleur, il doit être entièrement réécrit si l'on veut employer un autre ordinateur pour résoudre le même problème. Par contre, des programmes écrits dans des langages tels que FORTRAN, BASIC, COBOL, etc. peuvent généralement être facilement transférés d'un ordinateur à un autre. Dans ce système, l'ordinateur peut être programmé pour traduire le langage orienté vers les problèmes avec son propre code interne. Cette traduction se fait à l'aide de compilateurs. Et puisqu'il est facile de se procurer des compilateurs pour ordinateurs de grande et moyenne dimension, l'application des programmes écrits dans ces langages est presque universelle. Toutefois, avant de pouvoir les introduire en mémoire, il est nécessaire de charger la mémoire centrale de l'ordinateur avec le compilateur approprié, ce qui réduit la puissance nette du système. De plus, le compilateur doit traduire chaque instruction du programme en un nombre beaucoup plus considérable d'instructions-machine, ce qui rallonge le temps nécessaire pour passer un programme rédigé en langage orienté vers les problèmes. La facilité et l'universalité de la programmation sont donc obtenues aux dépens d'un rendement réduit et d'une extension du temps d'exploitation. Dans les installations informatiques importantes, on se heurte à des problèmes additionnels tels qu'instruire l'ordinateur de ce qu'il doit faire avec le programme qui est introduit; choisir le compilateur approprié; localiser les données et les ensembles de programmes en mémoire dans le système; déterminer les exigences à la sortie (par exemple, la sorte de papier à employer pour les sorties imprimées), etc. Les systèmes qui s'occupent de ces procédés et qui décident de l'ordre dans lequel les programmes en entrée seront exécutés sont d'une telle complexité qu'ils requièrent, dans le cas d'installations importantes IBM, l'emploi de langages spéciaux additionnels appelés JCL.

Il arrive rarement que l'utilisateur doive s'occuper de problèmes associés à l'opération d'un système important. Il existe, en effet, des langages qui lui permettent de les ignorer, mais qui le laissent toutefois dialoguer directement avec les ordinateurs les plus puissants. Un des meilleurs exemples de langages développés pour cet usage est APL. Il permet non seulement d'employer un terminal à clavier, comme une calculatrice à la fois simple et très puissante et comme un éditeur de

texte, mais aussi d'introduire et de contrôler des programmes perfectionnés à n'importe quel degré de complexité.

LES LANGAGES SPÉCIALEMENT CONÇUS POUR L'UTILISATEUR

Les programmes et données peuvent être mémorisés dans l'ordinateur, et localisés dans une banque de programmes. Le programme peut être rédigé en langage APL qui fait appel à des symboles abstraits. Les langages conçus pour l'utilisateur n'exigent pas une connaissance de la programmation pour les manipuler. Ces conditions s'appliquent à bien d'autres ensembles de programmes. Qu'ils soient rédigés en FORTRAN, COBOL ou autre langage, leurs utilisateurs n'ont qu'à connaître les mots codes appropriés et la forme des instructions et des données.

Les langages efficaces, spécialement conçus pour l'utilisateur, ont fait leur apparition suite aux tentatives de rendre les ordinateurs indépendants des connaissances relatives aux langages assembleurs ou aux langages orientés vers les problèmes. Même ceux qui ne connaissent rien à l'informatique peuvent utiliser des grands systèmes après seulement quelques heures de cours. Un bon exemple est le système MARK IV qui commence à remplacer COBOL dans de nombreuses applications commerciales.

Les langages spécialement conçus pour l'utilisateur jouent un rôle particulièrement important dans le traitement de l'information graphique, où ils permettent à une personne travaillant à une console de visualisation interactive de produire des images, de les faire bouger, de changer leur échelle, etc., sans avoir à connaître la programmation. Un bon exemple de langage graphique est GRAPPLE, utilisé par le CAD du ministère fédéral des Travaux publics.

PRÉPARATION DES PROGRAMMES

En général, les ordinateurs ont été introduits dans le commerce pour exécuter des travaux trop longs ou fastidieux. Une fois bien établis, la tendance naturelle est d'utiliser l'équipement disponible et les connaissances techniques acquises à d'autres fins. Les nouveaux programmes sont préparés dans le langage le mieux connu du personnel et pouvant être utilisés par l'ordinateur disponible. Lorsqu'il n'existe aucun programme pour une tâche particulière, on doit d'abord la déclarer informatisable. Des analystes fonctionnels ou des programmeurs seront alors chargés de la rédaction des programmes nécessaires qui seront à leur tour alimentés dans le système informatique le plus convenable. (Comme il est très probable que les programmeurs feront partie du personnel d'un établissement qui vend des services informatiques, il faut s'attendre à ce qu'ils favorisent leurs propres produits.)

En toutes circonstances, il est nécessaire de tenir compte des systèmes informatiques auxquels s'adres-

sent les programmes que l'on écrit. Par exemple, le rendement d'un petit ordinateur interne peut être augmenté de beaucoup si les programmes sont rédigés dans son langage assembleur. Ceci va toutefois ajouter à la tâche des programmeurs. Il est également nécessaire d'amortir le coût de la préparation de tels programmes avant la fin du temps d'exploitation de l'ordinateur en question, car il est impossible de les transférer à un autre système. Il faut donc examiner minutieusement les systèmes d'échanges possibles entre le coût de la programmation et les frais d'exploitation des ordinateurs, de même que les profits, toujours imprévisibles à cause des changements technologiques continus et des révisions des méthodes de traitement qu'ils entraînent pour les organisations. Ce point est important car les programmes exécutant les mêmes opérations peuvent différer non seulement dans les langages utilisés mais dans leur algorithme de base. L'algorithme se rapporte à une suite d'opérations à effectuer pour obtenir un résultat voulu en un nombre défini d'étapes. Et bien souvent, différents algorithmes peuvent résoudre le même problème mathématique. Lorsqu'un problème est trop compliqué pour être résolu logiquement, par étapes, on peut l'aborder selon les méthodes heuristiques de tâtonnement. On retrouve diverses approches concernant la solution d'un problème. Certains visent à obtenir le meilleur rendement possible des ordinateurs; d'autres préfèrent ne résoudre que les aspects du problème qui se prêtent facilement à l'emploi des ordinateurs et qui permettent les meilleures relations possibles entre homme et machine. Ainsi, pour obtenir la perspective d'un bâtiment, deux solutions se présentent: on peut soit préparer un programme compliqué, ce qui entraîne des coûts élevés, soit se servir d'un micro-ordinateur pour calculer la position des points importants qu'un graphiste peut ensuite relier. Cette méthode est évidemment beaucoup plus économique. On peut donc écrire un programme de façon à obtenir des solutions sous forme de graphique (Fig. 11).

EMPLOI ET ACQUISITION DES PROGRAMMES

À cause des difficultés et du coût élevé inhérents à la création de son propre programme, on résiste peu souvent à la tentation de se procurer et d'utiliser les programmes des autres. C'est d'ailleurs parfois la meilleure solution. Par exemple, l'automatisation de travaux marginaux (comme la comptabilité) dans une petite entreprise, justifie rarement que l'on embauche des analystes fonctionnels et des programmeurs. Des services commerciaux en informatique peuvent habituellement satisfaire les besoins particuliers des sociétés sans que leurs utilisateurs aient pour autant une connaissance de la programmation.

D'autre part, la disponibilité de certains ensembles de programmes destinés à des ordinateurs particuliers est à considérer lors de l'achat du matériel-machine nécessaire. Les mêmes considérations s'appliquent également aux calculatrices de poche programmables, aux micro-ordinateurs, aux systèmes mini-ordinateurs et aux ordinateurs de grand format. Les programmes complexes qui jouissent du plus grand succès ont été perfectionnés il y a plusieurs années et sont difficiles à

imiter. En voici quelques exemples: les programmes ICES, créés au Massachusetts Institute of Technology; les programmes APEC, créés par un groupe indépendant d'utilisateurs aux États-Unis; les programmes de relevés automatisés SYMAP, GRID, SYMVU, etc. créés à l'université Harvard, etc. On peut également obtenir des programmes par l'entremise d'organisations à but non lucratif, à un prix modique, accompagnés de toute la documentation et l'assistance nécessaires, services qui sont également fournis par des fabricants d'ordinateurs, pour les programmes créés et développés pour leurs clients.

Sans une telle assistance, un programme peut s'avérer beaucoup plus coûteux que prévu; de même, le transfert des programmes d'un ordinateur à un autre peut entraîner des difficultés inattendues. Comme des ordinateurs identiques peuvent utiliser des systèmes opératoires différents, il faut procéder à des ajustements dans la programmation. Si le programme est rédigé dans un des langages standard orientés vers les problèmes, certaines différences dans le compilateur peuvent causer des difficultés de traduction, ou la documentation qui accompagne le programme peut s'avérer inadéquate.

Un autre genre de difficulté associée avec l'emploi de programmes achetés est celui de la responsabilité. Dans le cadre professionnel en particulier, l'emploi des ordinateurs pour exécuter des calculs techniques, pour choisir les matériaux de construction et pour établir des devis ne doit pas empêcher leurs utilisateurs d'assumer leurs responsabilités normales. Il ne faut pas imputer les erreurs de calcul ou des mauvaises décisions à un mauvais programme ou à un opérateur incompetent. Les professionnels qui travaillent avec des ordinateurs se doivent d'être parfaitement au courant des programmes qu'ils utilisent dans l'exécution de leur travail. D'autre part, il est également impératif de protéger le public contre des abus d'emploi des ordinateurs par des amateurs qui, de plus en plus, se trouvent en mesure d'effectuer des calculs complexes qui les mèneront à prendre des décisions hautement professionnelles sans qu'ils se rendent compte des implications que leurs actions pourraient avoir.

À l'heure actuelle, il n'existe aucun règlement limitant l'emploi des programmes-machines, ni de protection concernant les droits d'auteur, ce qui a contribué à l'expansion rapide des ordinateurs depuis leur mise en vigueur. Cette situation restreint l'accès aux programmes en propriété, puisque l'inexistence de droits de reproduction rend la vente d'un programme dans sa forme originale commercialement aléatoire. Mais quand il existe une bonne raison de vendre un programme, celui-ci est très souvent offert sous forme binaire, ce qui lui permet d'être passé dans certains ordinateurs sans que l'utilisateur comprenne la base conceptuelle du programme. Pour des raisons de sécurité évidentes, de tels programmes doivent être exécutés à l'aveuglette, ce qui rend leur application inacceptable pour des travaux professionnels importants. Une alternative serait de trouver des programmes qui appartiennent au domaine public et de les adapter aux besoins spéci-

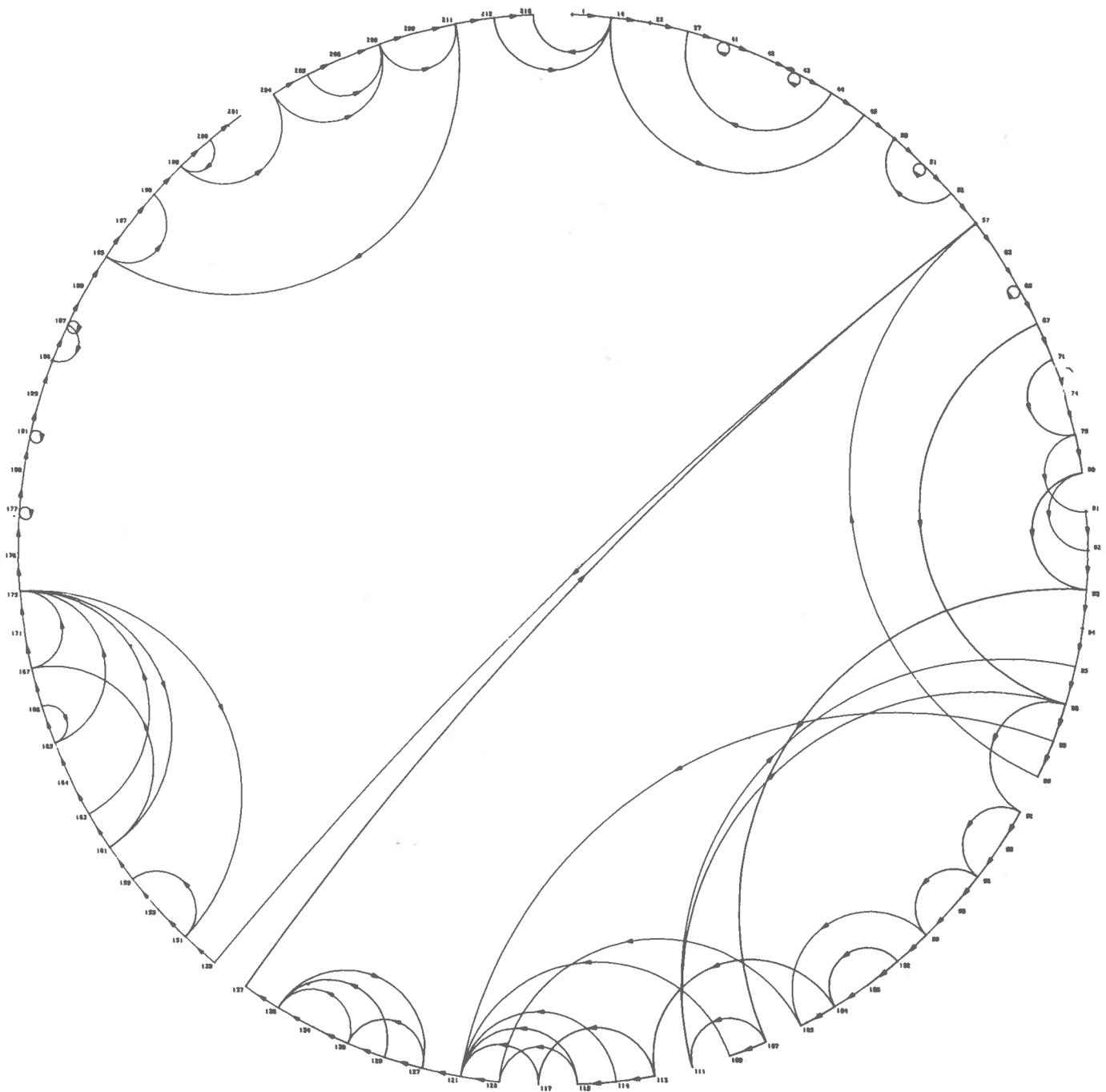


Fig. 11

Comparée avec les ordinogrammes conventionnels qui décrivent les problèmes à l'aide de cercles et de carrés reliés de la bonne façon, une forme nouvelle et développée récemment donne une meilleure idée de la structure d'un programme machine complexe. L'exemple illustré montre l'ordinogramme pour un programme appelé "TASK", qui a été créé par la maison Proctor & Redfern pour son propre emploi, et illustre la relation mutuelle des 216 éléments du programme. La forme nouvelle offre l'avantage additionnel de pouvoir dessiner les ordinogrammes automatiquement sur des tables traçantes sans aucune difficulté.

fiques de l'utilisateur. Les meilleurs endroits pour trouver de tels programmes sont les bibliothèques des universités et des gouvernements. Les programmes que l'on y trouve ne sont généralement pas soutenus, mais la documentation qui s'y rapporte devrait être suffisante pour un travail d'introduction. Mais avant de se lancer dans de longues et coûteuses recherches pour trouver certains programmes, il serait bon de déterminer les coûts d'une programmation exécutée sur place ou sous contrat.

COMPTABILITÉ DES PROGRAMMES

À cause du grand nombre et de la diversité des programmes-machines disponibles, il est bon de se tenir sur ses gardes lorsque de nouvelles programmations sont établies. Dans une entreprise d'affaires les programmes utilisés doivent répondre non seulement aux besoins courants mais être en mesure d'assurer le rendement optimal des ordinateurs tout en prenant le minimum de temps du personnel. Dans ce contexte, il est préférable que le département d'informatique se concentre sur la programmation (software) plutôt que sur l'équipement (hardware).

Au début de l'automatisation de la planification, il est nécessaire de déterminer les genres de programmes qui seront écrits ou achetés. À leur tour, ces programmes décideront de l'ordinateur employé et donneront une indication des coûts en partage de temps et en équipement. Mais avant de décider des programmes, du service et de l'équipement, il est nécessaire de calculer les coûts d'exploitation de l'équipement et d'entretien du matériel logiciel.

Pour s'occuper de la programmation, il est nécessaire d'avoir une connaissance appropriée du domaine. Bien que la plupart des programmeurs de métier connaissent plusieurs langages-machines, ils ne possèdent pas tous l'expérience requise et les connaissances techniques pertinentes. L'utilisateur décidera peut-être, dès le début, que son personnel apprendra les langages FORTRAN et COBOL à cause de la grande disponibilité de ces programmes. Il peut également vouloir que l'ordinateur soit utilisé interactivement le plus possible, ce qui exige une programmation interne préparée surtout en langage APL. Mais s'il désire louer ou acheter un ordinateur interne qui, pour une plus grande efficacité, exige une programmation dans un langage assembleur (du moins pour ce qui concerne les opérations répétitives), les services d'au moins trois spécialistes seront requis pour réaliser un ensemble informatique en réalité relativement simple.

Une alternative serait d'abandonner le système interne, de confier l'entretien des ensembles de programmes à un bureau d'exploitation en temps partagé et de concentrer les ressources sur la mise au point de nouveaux programmes APL, qui seraient exécutés sur des terminaux éloignés. Les économies réalisées concernant les salaires et l'équipement compenseraient alors les frais d'exploitation en temps partagé. En même temps, les innovations dans l'emploi interactif des ordinateurs pourraient donner un meilleur standing à la société sur le marché.

Il est toutefois impossible de trouver l'équilibre parfait entre les langages assembleurs, les langages orientés vers les problèmes et les langages évolués. Non seulement les besoins ne cessent de changer, mais le développement de l'équipement et du matériel logiciel démodent rapidement l'équipement et les programmes, ce qui nécessite une réévaluation périodique de l'utilisation établie des ordinateurs.

L'équipement informatique— son introduction

En théorie, il arrive dans tout établissement industriel un moment où l'emploi du matériel informatique disponible atteint son point culminant. Il faut alors considérer l'achat ou la location de matériel informatique, décisions qui engagent des montants importants ainsi qu'une main-d'oeuvre considérable. Par conséquent, il faut s'assurer que l'acquisition d'ordinateurs correspond aux besoins et à la capacité de manutention des programmes de l'établissement. En pratique, il arrive que la capacité informatique excède la demande, ou que la demande soit trop forte pour la capacité du système. L'automatisation ne sera donc jamais le procédé par lequel un simple ajustement peut accommoder les changements constants, ni celui qui peut être réduit à une seule étape sans causer des dislocations sévères, aux conséquences sérieuses pour la société en cause.

L'AUTOMATISATION PAR ÉTAPES

Avant d'établir les étapes essentielles de l'automatisation, il est important de prendre en considération l'augmentation éventuelle de l'équipement, du personnel et de l'espace nécessaires au fonctionnement du système, en fonction de l'échelle des opérations et des ressources financières. On doit aussi tenir compte de facteurs extérieurs, le plus important étant les possibilités d'accès aux banques de données extérieures.

BANQUES DE DONNÉES

Les ordinateurs ont révolutionné le rassemblement, la gestion et l'emploi des informations, en subordonnant la valeur des documents écrits aux données mémorisées sous forme binaire. Pour la première fois, ils permettent aux informations d'être enregistrées et traitées électroniquement. Produites à une vitesse de plus en plus rapide d'année en année, ces données continuent d'être déposées dans des banques de données électroniques qui s'agrandissent constamment, en nombre et en volume. Un certain nombre appartiennent à des utilisateurs individuels et répondent à leurs intérêts personnels ou commerciaux. Mais une partie plus importante des banques de données a été et continue d'être créée par le secteur public et bien que, pour le moment, peu d'entre elles soient à la disposition du public, il est probable qu'elles deviendront aisément accessibles dans l'avenir.

La tendance serait donc d'établir graduellement un système de télégestion public qui recevrait constamment des données nouvelles, et en sortirait, en blocs, à un coût réduit. Dans un tel système, les institutions gouvernementales telles que Statistique Canada, qui

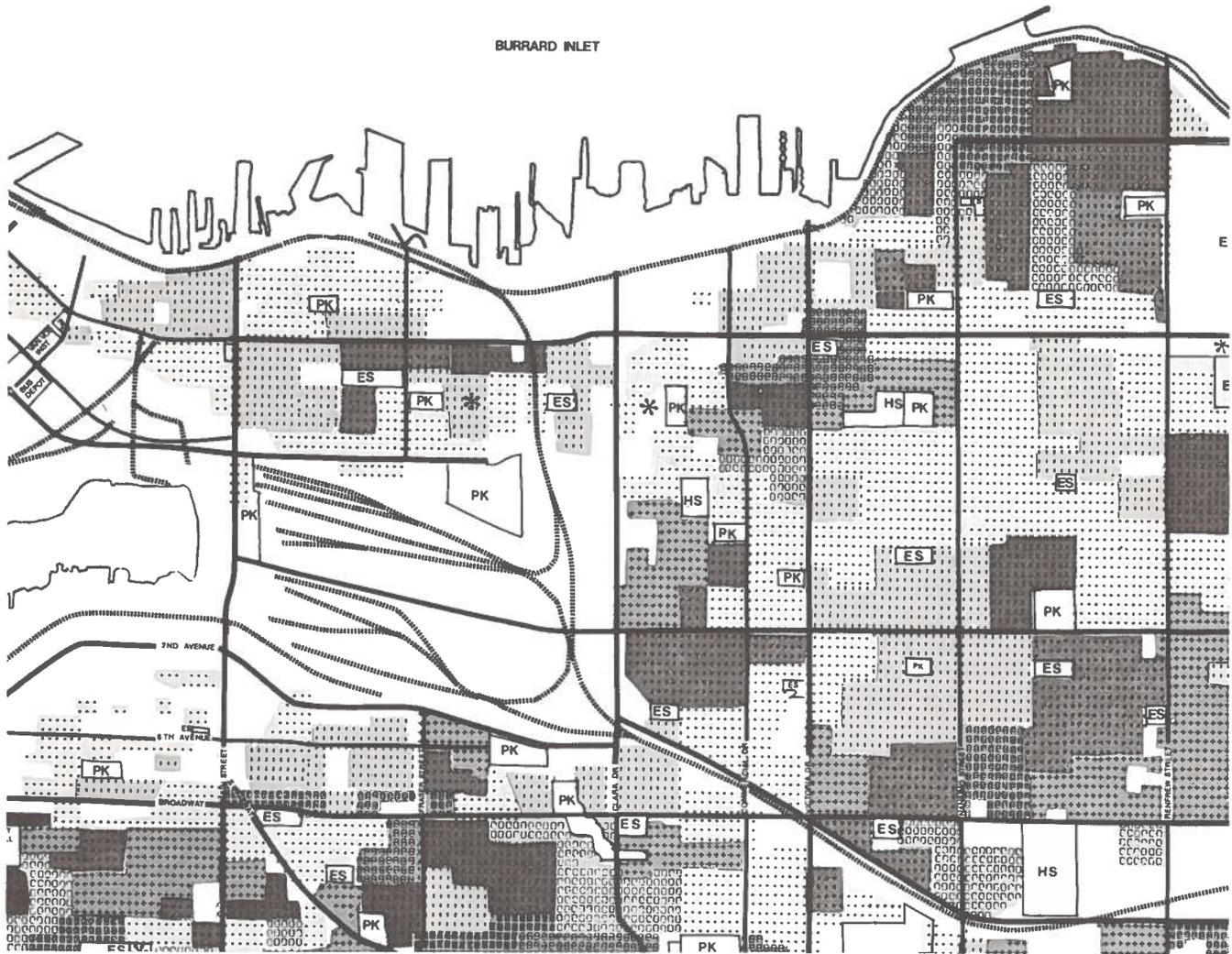


Fig. 12

Basés sur des données de recensement et offrant toutes informations démographiques désirées, des plans créés à l'aide d'ordinateurs sont maintenant disponibles commercialement. Ils peuvent apporter une aide précieuse lors de la planification de nouveaux projets.

Source: International Urban Analysis Corporation, Vancouver (C.-B.)

met déjà des données, sous forme binaire, à la disposition des utilisateurs intéressés, auraient le rôle de premier plan. On pourrait ainsi obtenir des relevés démographiques exécutés par ordinateurs et préparés à l'aide de bandes spéciales fournies par des ministères. (Fig. 12). La disponibilité des résultats de levés aérotophogrammétriques en provenance des niveaux fédéral ou provincial permettrait de préparer des relevés topographiques automatiques et faits sur commande. Avec des programmes déblayage-remblayage opérant sur la même base de données, ces relevés seraient pratiques au moment de lancer des projets importants. D'autres données seraient obtenues à l'aide de télédéTECTEURS venant de satellites, qui permettraient

par exemple d'établir l'impact du zonage rural prévu par les gouvernements régionaux et municipaux. Ces données seraient accessibles à des groupes de citoyens

et aux entrepreneurs privés. De plus, il serait possible d'avoir accès à des banques de données municipales pour obtenir des informations géocodées sur la surface des terrains, la propriété foncière, les besoins d'alignement des bâtiments, l'installation des services publics, en donnant une simple commande sur clavier au lieu de s'adresser aux bureaux du cadastre et aux organismes locaux de la construction.

Il est de plus en plus important dans les études techniques et le design de disposer d'informations sur le mode de vie des occupants des installations existantes ou en voie de construction. Ce facteur pourra engendrer l'établissement de nouvelles banques de données destinées aux urbanistes. Au lieu d'être imprimées selon la formule traditionnelle, les informations relatives au coût de la construction seront disponibles dans un nouveau format constamment mis à jour, et relié à un système d'informations sur la construction. Dans chaque cas, il est possible d'obtenir les données soit sur bande pour ordinateur, soit directement de la banque des données, sur un appareil terminal.

DEUX MÉTHODES D'APPROCHE DE L'EMPLOI DES ORDINATEURS

Ces deux façons d'utiliser des informations enregistrées dans des banques de données centrales caractérisent les deux emplois des ordinateurs. L'approche "poste terminal" dépend d'une liaison entre l'ordinateur et les banques de données; elle souligne l'accès aux informations et à la capacité de calculer à distance. L'approche "interne" se rapporte aux opérations complètement autonomes. Mais lorsque ces approches sont situées dans le contexte d'une augmentation continue des utilisations de l'ordinateur dans la construction, elles ne peuvent être qualifiées que de transitoires.

Comme les applications des ordinateurs deviennent de plus en plus nombreuses, l'emploi exclusif des terminaux deviendra de plus en plus cher pour la plupart des utilisateurs; ils devront alors procéder à l'installation de matériel supplémentaire de traitement interne d'une plus grande capacité, probablement relié aux terminaux existants. Toutefois, même les plus grands systèmes d'ordinateurs internes en viendront à dépendre d'un système d'accès direct aux banques de données.

Mais les deux systèmes vont se fusionner lorsque l'emploi des ordinateurs dans la construction aura atteint son plein développement. À ce moment-là, des ordinateurs de toutes dimensions seront dispersés dans tous les secteurs de l'industrie et seront tous reliés à différentes banques de données, publiques et privées, ainsi qu'à de larges systèmes à temps partagé (sauf dans des cas exceptionnels), pour réduire les charges de pointe du système interne.

EMPLOIS ET LIMITES DES ORDINATEURS INTERNES

Il existe toutes sortes d'ordinateurs internes, allant des calculatrices programmables aux micro-ordinateurs, des mini-ordinateurs aux grands systèmes intégrés capables de desservir plusieurs terminaux. Toutefois, la grandeur du système doit être adaptée au genre d'activité d'une entreprise. Dans un grand établissement industriel desservant l'industrie de la construction, la création d'un système automatisé pour les études techniques et le design monopolise moins de ressources que l'achat d'un micro-ordinateur ne peut le faire dans une petite société de consultation. Dans les deux cas, il est important que les décisions d'investis-

sement financier et d'embauche d'un personnel supplémentaire ne soient faites qu'après une analyse rationnelle des avantages et des coûts reliés à l'informatisation.

Autrefois, dans l'estimation du coût d'opérations-machines, il fallait en principe que les dollars-machines soient équivalents aux dollars-personnel; ainsi, le coût de l'équipement informatique était doublé pour obtenir un montant représentant plus ou moins le coût total d'une opération automatisée. Mais étant donné que le prix de certains matériaux baisse continuellement alors que les salaires sont en hausse, cette règle doit être appliquée avec prudence. Même si le coût de la rédaction des programmes et de la préparation des données continue d'augmenter, les nouvelles utilisations des ordinateurs bénéficieront des expériences passées et des progrès techniques pour faire croître la productivité. Entre-temps, le besoin de perforer des cartes devrait décroître car les informations pouvant être obtenues directement des banques de données s'accumulent.

Il est toujours assez difficile de prévoir le résultat d'une analyse coût/efficacité quand il s'agit de justifier l'achat d'un premier ordinateur. Il est possible de prévoir le rendement d'un ordinateur s'il est loué ou acheté en vue d'effectuer un travail spécifique dans un certain environnement et pour lequel il existe des programmes éprouvés. Citons les applications suivantes: comptabilité, surveillance des travaux, estimation des coûts et calculs techniques. D'autre part, un ordinateur peut être considéré comme un investissement spéculatif acquis en vue d'exécuter des travaux spécialisés ou pour rendre des services internes qui rehausseront le prestige de la firme sur le marché. (Fig. 13).

Quels que soient les motifs initiaux servant à justifier l'acquisition d'un centre automatisé interne, qu'il s'agisse d'augmenter les profits d'une entreprise ou la capacité des services de vente ou d'améliorer sa situation compétitive, le nouveau propriétaire découvrira une gamme d'applications qui n'avaient pas été prévues. Par conséquent, l'utilisateur aura tendance à ajouter plus de matériel périphérique et à augmenter la capacité de la mémoire centrale. Et là où les opérations sont exécutées dans un département séparé, il s'ensuivra une augmentation du personnel et un renouvellement périodique de l'équipement.

Et ceci nous amène à la question: quelle est la meilleure dimension pour un ordinateur interne? Il serait peut-être bon pour y répondre de se reporter aux débuts de l'électricité dans l'industrie. Toutes les machines à courroie de transmission fonctionnaient à l'aide de l'énergie provenant d'une seule source centrale; c'est la production en masse des moteurs électriques qui permit enfin de faire fonctionner chaque machine d'une façon individuelle, comme elles le sont aujourd'hui. L'introduction des micro-ordinateurs pourrait très bien avoir la même influence sur l'emploi des ordinateurs. Au lieu d'augmenter la capacité des systèmes centraux internes, on peut les remplacer par des

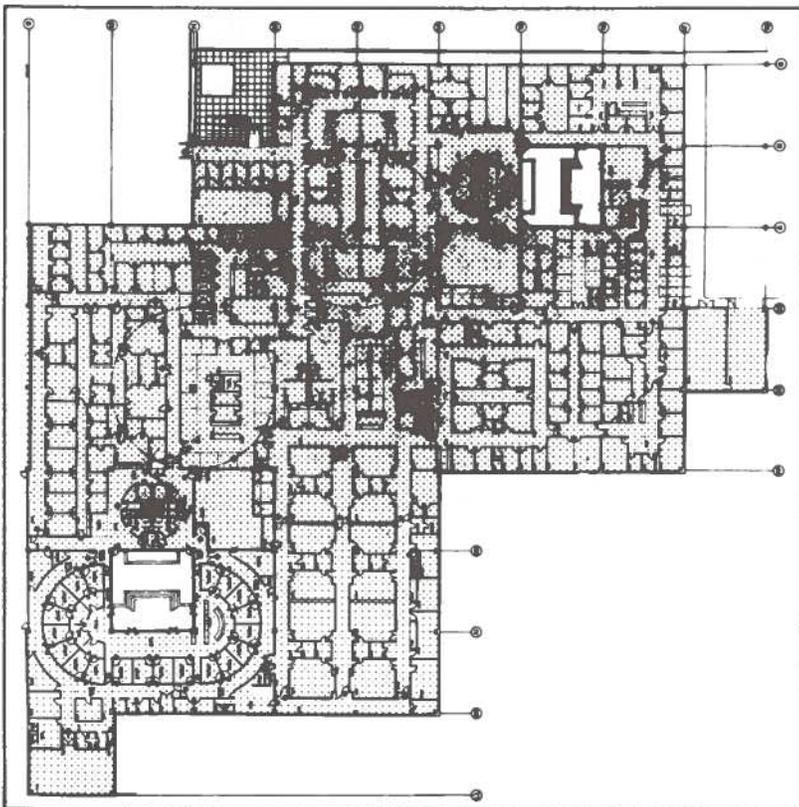
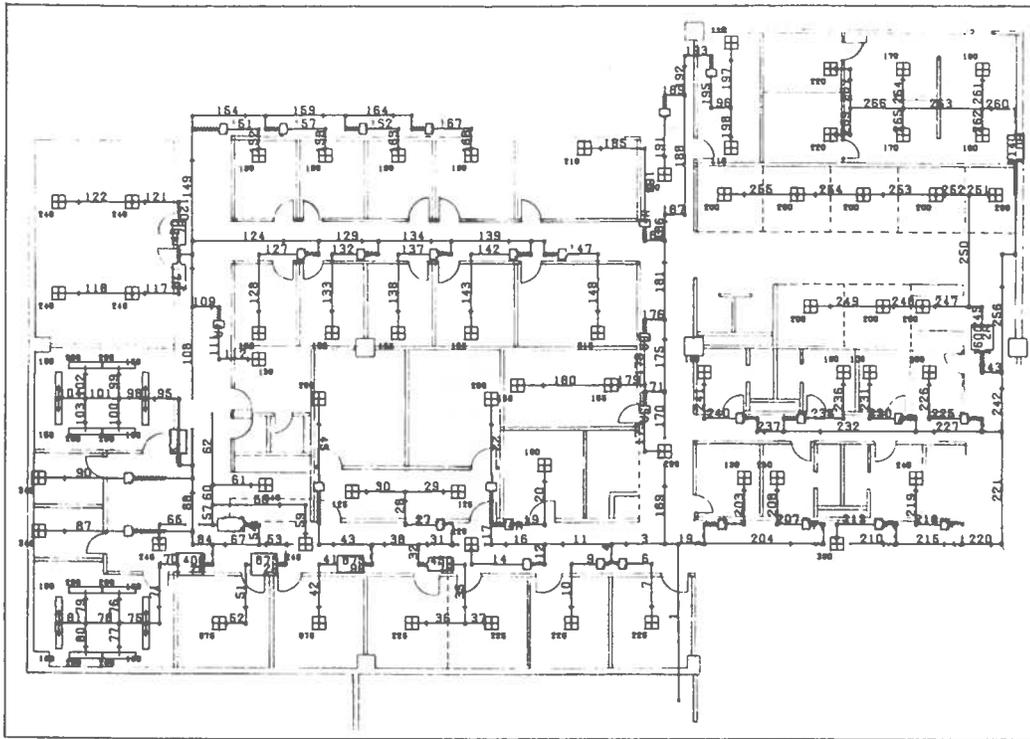


Fig. 13

Un service spécialisé qui va probablement devenir très populaire est celui du dessin par ordinateur, basé sur des croquis effectués par des architectes ou des ingénieurs. Dans le cas de "Computer Service, Inc." de Chicago, trois programmes différents destinés à la préparation de dessins détaillés d'architecture et d'ingénierie, de listes d'équipement nécessaire et de calculs complets de surface, sont combinés pour offrir un service de planification globale à l'industrie de la construction.

Source: Computer Service, Inc., Chicago, Ill.

micro-ordinateurs produits en série qui sont adaptés à des fins spéciales. Reliés à des services centraux éloignés, comme les moteurs électriques étaient alimentés d'une source d'énergie centrale, les micro-ordinateurs pourraient aisément faire les calculs et exécuter les travaux mécanographiques, selon un système en partage de temps.

EMPLOIS ET LIMITES DES TERMINAUX EN PARTAGE DE TEMPS

Louer un terminal en partage de temps évite à une société de procéder à l'installation d'un ordinateur interne qui rendrait l'automatisation inhérente à son fonctionnement. La différence la plus significative entre les deux alternatives réside moins dans les possibilités de rendement que dans l'implication financière du choix. Ainsi, si on loue un terminal, le coût élevé en réduit l'emploi aux applications spécifiques prévues dans le budget; par contre, on utilise au maximum un ordinateur que l'on a acheté.

L'exploitation en partage de temps offre toutefois des avantages que les ordinateurs internes ne peuvent pas égaler. L'un d'eux consiste à donner un accès direct aux banques de données centrales, qui peuvent fournir instantanément des informations sur: les matériaux de construction, sur des clauses de devis, sur des données démographiques, etc. Un deuxième avantage consiste à pouvoir utiliser conjointement des programmes mémorisés dans l'ordinateur et qu'il serait impossible de se procurer autrement. Finalement, ce système permet de se servir de la puissance presque illimitée d'un système informatique important et de l'appliquer à un problème spécifique.

Mais ces avantages sont accompagnés de certains inconvénients. Ainsi les aspects de sécurité des opérations-machines centralisées se trouvent hors de la portée des abonnés au service en partage de temps. De plus, un tel système est souvent surchargé ou tombe en panne. Avec un système interne, il est naturellement plus aisé de régler de telles situations puisque les priorités sont plus aisément définies que dans un service en commun. Des problèmes de ce genre sont rares dans un système décentralisé interne.

Il arrive toutefois que d'autres problèmes se développent dans les lignes téléphoniques qui transmettent les informations de l'ordinateur au terminal. La qualité des sorties des tables traçantes téléguidées serait caractérisée par des imperfections de transmission plutôt que des erreurs dans le traceur ou dans le programme-machine, comme il pourrait paraître à première vue. Pour éviter de telles difficultés, il faut prendre le ruban des informations de sortie de l'ordinateur central et l'insérer dans un plus petit ordinateur réservé au fonctionnement de la table traçante.

Mais il n'existe pas de solutions toutes faites quand il s'agit de résoudre les problèmes d'opération des terminaux d'affichage graphique interactifs. Les images qui paraissent sur les tubes cathodiques utilisés à cet effet doivent être constamment régénérées et mises à jour d'après les dernières entrées données par les

crayons électroniques. Ce procédé exige une circulation constante des données entre l'ordinateur et le terminal, que ne peuvent fournir des lignes téléphoniques ordinaires. Les dispositifs graphiques interactifs doivent être soutenus d'un ordinateur auxiliaire réservé à leur fonctionnement: ils ne peuvent être utilisés seulement en temps partagé. Par conséquent, l'emploi de terminaux en temps partagé réduit les affichages graphiques à des images fixes, produites sur des tubes d'enregistrement en mémoire ou à l'aide d'un dispositif de mémoire locale; ni l'un ni l'autre ne permettent des dialogues instantanés homme-machine.

INTRODUCTION DES PÉRIPHÉRIQUES

Différents appareils périphériques ont des exigences particulières concernant le système informatique qu'ils desservent et leurs utilisateurs. Il est, par conséquent, impossible d'examiner l'acquisition du matériel périphérique d'une façon isolée, mais bien en fonction de l'évolution de l'emploi des ordinateurs dans le contexte spécifique d'une organisation. Cette évolution se fait plus ou moins dans l'ordre suivant:

Étape 1: Les tâches qui étaient exécutées au sein de l'entreprise sont transférées à des spécialistes externes. Dans l'industrie de la construction, les domaines touchés sont: la comptabilité, l'évaluation des travaux, l'échelonnement des travaux, l'analyse statistique, l'établissement des devis, etc. L'entreprise ne doit que préparer les informations d'entrées selon un format adapté à celui de l'ordinateur.

Étape 2: Un point limite est atteint, où la location d'au moins un terminal en temps partagé est justifiée par l'accroissement des travaux à exécuter par ordinateur. Alternativement (ou simultanément), des difficultés techniques ou de gestion peuvent surgir, qu'il est impossible de résoudre efficacement sans l'aide d'un ordinateur, ce qui invite à participer à une programmation-machine.

Étape 3: Un deuxième point limite est atteint lorsque les opérations-machines et la programmation peuvent être exécutées à moindre frais par un petit ordinateur interne, ce qui entraîne la création d'un service informatique indépendant.

L'extension des affaires aura alors tendance à suivre la loi de Parkinson, en ce sens qu'il sera éventuellement nécessaire d'acquérir du matériel périphérique, d'embaucher du personnel, d'amplifier la capacité de rendement de l'ordinateur de façon à mieux supporter et mieux contrôler le matériel. Par conséquent, une alternative à l'étape 3 est de louer des terminaux en temps partagé additionnels qui remplissent des fonctions spécifiques. Pour exécuter des travaux mécanographiques occasionnels mais importants, un lecteur de cartes/imprimantes de lignes combinées, relié à un système éloigné en temps partagé, va probablement coûter moins cher qu'un ordinateur interne ayant le même matériel périphérique.

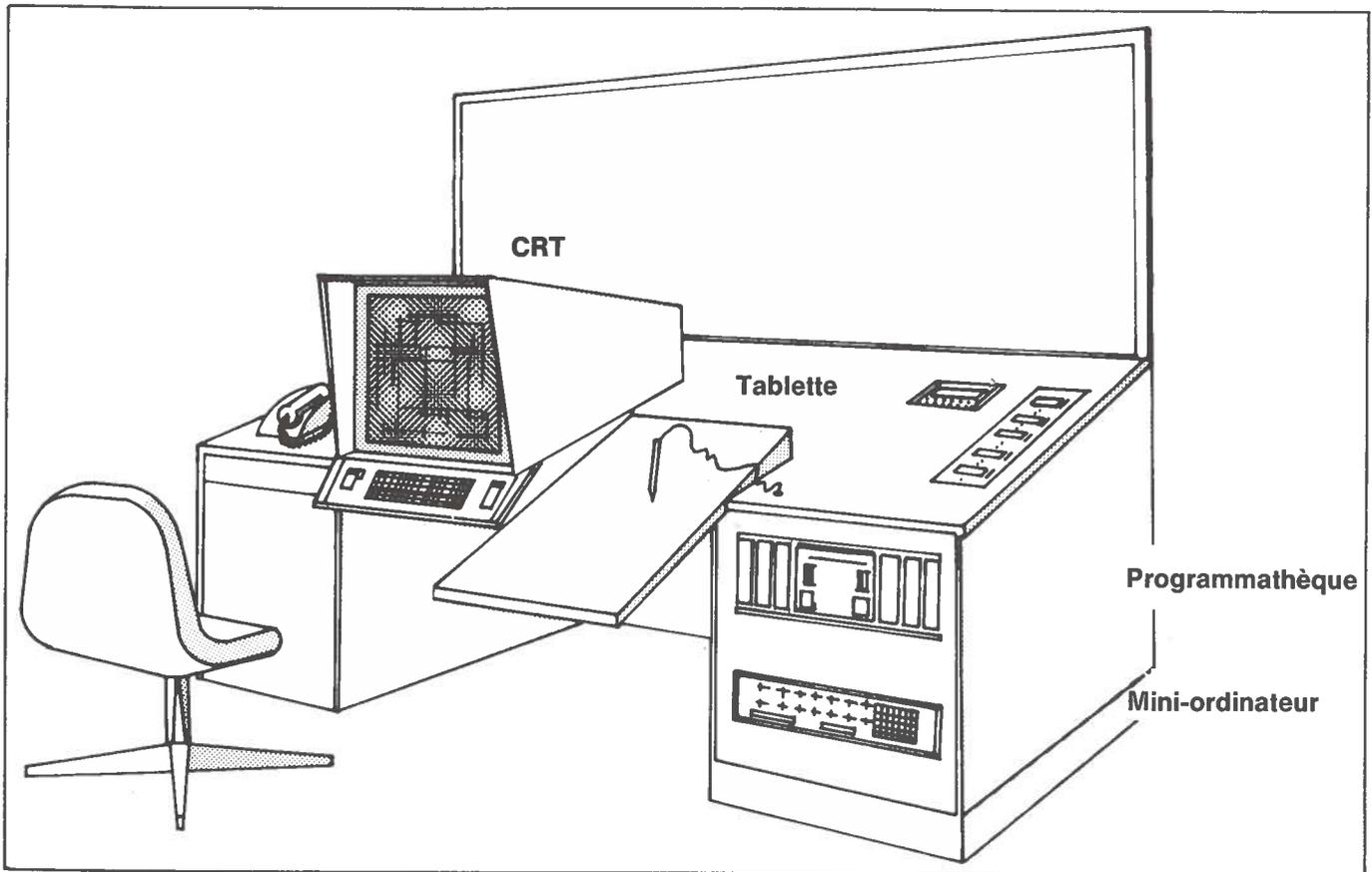


Fig. 14

Tel que prévu par le ministère fédéral des Travaux publics, des postes de design du genre illustré seront reliés à des ordinateurs centraux et à des banques de données. Faisant partie d'un "système de design automatisé" en voie d'être mis au point, on s'attend à ce qu'ils contribuent à une augmentation de l'efficacité et de la productivité des architectes et des ingénieurs..

L'invention des micro-ordinateurs a ouvert une autre voie en informatisation, permettant ainsi d'éviter de louer des terminaux informatiques:

Étape 2A: Un premier point limite est atteint lorsqu'il y a assez de travail pour justifier l'acquisition d'un micro-ordinateur. Suit le développement de la capacité de programmation interne et décentralisée, nécessaire à l'intervention de l'ordinateur pour résoudre une gamme toujours plus vaste de problèmes techniques et de gestion.

Étape 3A: Un deuxième point limite est atteint quand le micro-ordinateur en place requiert une connexion directe avec une banque de données centrale et avec un système important en temps partagé, pour exécuter des tâches particulières.

Cette autre voie vers l'automatisation diffère de la première en ce qu'elle n'amène pas la création de départements nouveaux à l'intérieur d'une organisation. Au contraire, les micro-ordinateurs et les périphériques sous leur commande restent sous le contrôle direct d'utilisateurs particuliers ou d'associations d'utilisa-

teurs, les services informatiques étant nécessaires seulement dans les grandes sociétés pour le soutien et la coordination de l'emploi des micro-ordinateurs, ainsi que pour l'opération de n'importe quel traitement central des travaux encore nécessaires.

LE CONCEPT DES TERMINAUX INTELLIGENTS

Malgré leurs différences, les deux chemins qui mènent à l'informatisation (le premier exigeant des terminaux de plus en plus compliqués, l'autre requérant la connexion à de grandes installations éloignées) en arriveront à un point où toute capacité informatique interne sera reliée à un système public de banques des données et du traitement de l'information. Les systèmes internes auront alors les caractéristiques de terminaux intelligents, contrôlés par des services spéciaux ou directement par leurs utilisateurs, dépendant de la structure interne de l'établissement.

Si ces prédictions se réalisent, il est bon de s'interroger sur les bénéfices à retirer d'une accélération du développement informatique actuel. Il peut être avantageux d'anticiper les exigences futures et de concevoir la composition optimale d'un terminal pour exécuter des travaux propres à l'industrie de la construction plutôt

que d'essayer d'adapter un matériel conçu pour satisfaire un marché plus général. Des travaux à cet effet sont actuellement en cours au ministère fédéral des Travaux publics à Ottawa. (Fig. 14).

Deux différents facteurs favorisent de tels efforts. Le premier est l'état de sous-développement relatif dans lequel se trouve la construction. Cette industrie n'a pas encore été marquée par des méthodes avancées en informatique et par conséquent, elle devrait se montrer plus réceptive aux procédés et aux dispositifs d'innovation éprouvés que les autres secteurs de l'économie. Le deuxième facteur favorable est l'arrivée prochaine d'une nouvelle génération de main-d'oeuvre spécialisée, plus familière avec l'informatique et les techniques de programmation. Les sentiments d'hostilité et d'appréhension envers l'automatisation devraient donc disparaître graduellement pour faire place à une attitude plus positive.

Les ordinateurs vont inévitablement jouer un rôle plus important dans la construction, ne serait-ce que parce que l'élaboration des projets va devenir de plus en plus compliquée. Deux exemples sont: la demande croissante pour plus d'études relatives à l'impact sur l'environnement, désormais partie intégrante du procédé normal de la planification des programmes ainsi que pour une planification plus stricte de la construction utilisatrice de gros capitaux. L'emploi optimal des ordinateurs dans ces secteurs va aider à atteindre le maximum de productivité. Le résultat de tout cela sera une spécialisation forcée des individus et des établissements industriels et finalement, une structure nouvelle de maints aspects de l'industrie de la construction.

Renseignements supplémentaires

Cet exposé vise à encourager les personnes reliées à l'industrie de la construction à avoir recours de plus en plus fréquemment aux ordinateurs, en leur présentant une vue d'ensemble de l'état actuel de l'informatique et de ses possibilités d'application. Il est possible d'obtenir des renseignements supplémentaires de diverses façons.

Demandes directes: On peut s'adresser directement aux fabricants de matériel informatique et aux sociétés qui offrent des services d'exploitation en temps partagé et des services de consultation, de même qu'à des conseillers indépendants en gestion et en informatique.

Documentation: Se retrouver dans le vaste labyrinthe des publications, brochures et imprimés relatifs à l'informatique et à ses applications est devenu une tâche plutôt difficile, surtout que de nombreux livres et revues spécialisées en sciences techniques, en gestion et en méthodes de design traitent du sujet. Le "Environmental Design Research Centre" de Boston, Massachusetts publie une liste complète des programmes et des bibliographies sur la partie de l'informatique touchant à l'architecture et à la construction. Malheureusement les listes de publications sur le sujet deviennent rapide-

ment désuètes. Les utilisateurs d'ordinateurs seraient donc mieux servis en se référant aux magazines spécialisés en informatique. Parmi les périodiques, les publications mensuelles *Canadian Data Systems* (MacLean-Hunter, Toronto) et *Datamation* (F. D. Thompson Publications, Greenwich, Conn.) et la revue hebdomadaire *Computer World* (Newton, Massachusetts) jouissent probablement du tirage le plus important au Canada et aux États-Unis.

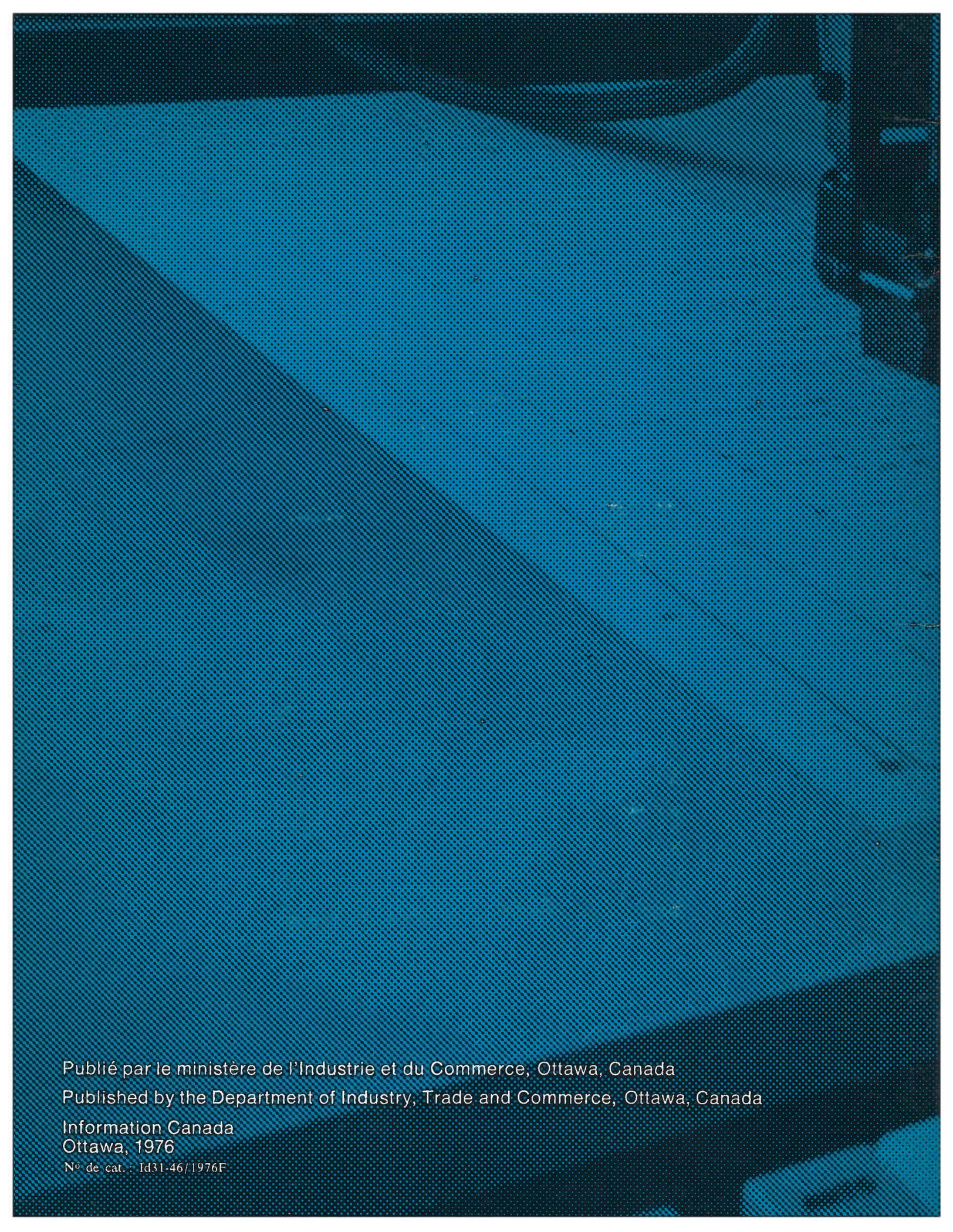
Associations et groupes d'utilisateurs: Les utilisateurs fournissent souvent les renseignements les plus pertinents et la meilleure façon de prendre contact avec eux est d'assister aux séminaires d'études et aux congrès appropriés. De plus les associations et les groupes d'utilisateurs font parvenir à leurs membres des programmes et des listes de programmes disponibles. En voici quelques exemples:

L'Association canadienne de l'informatique (ACI) à Toronto organise des rencontres locales et nationales, publie une revue, fait des sondages, etc.;

Le "Design Methods Group" de Californie publie le "DMG/DRS Journal" qui traite des innovations en design et en planification;

APEC (Automated Procedures for Engineering Consultants);

CEPA (Civil Engineering Program Applications), un groupe d'utilisateurs des États-Unis accessible aux établissements industriels intéressés au développement, à la distribution et au soutien de programmes pratiques.



Publié par le ministère de l'Industrie et du Commerce, Ottawa, Canada
Published by the Department of Industry, Trade and Commerce, Ottawa, Canada
Information Canada
Ottawa, 1976
N° de cat. : Id31-46/1976F