

# Le micro-ordinateur de l'a

par André Truong Trong Thi et Pierre Vandeginste

**Cent millions d'instructions par seconde, autant d'octets de mémoire centrale, des milliards d'autres sur disque: l'ordinateur personnel de l'an 2000 regardera de haut le dinosaure qui gère notre compte en banque aujourd'hui. Les micro-ordinateurs progressent plus vite que les gros, parce qu'ils sont bien plus nombreux. Vingt millions aujourd'hui, cent cinquante millions en l'an 2000 ? Voilà de quoi motiver une industrie !**



*Figure 1. Le Deskpro 386/25 de la société Compaq est l'un des plus puissants micro-ordinateurs que l'on puisse acheter aujourd'hui. C'est un « compatible PC », donnant accès aux quelque dix mille logiciels disponibles pour ce standard introduit par IBM en 1981. Quatre millions d'instructions par seconde, jusqu'à seize millions d'octets de mémoire centrale et 300 millions sur disque, voilà ce qu'un membre du peloton de tête peut offrir aujourd'hui, il est vrai pour plus de 100 000 francs. Une telle machine sera considérée comme un jouet en l'an 2000. (Cliché Compaq)*



« *Little is beautiful* », ce pourrait être la devise de l'informatique. Du tube à vide au transistor et du transistor à la puce : ce fut l'une de ses recettes miraculeuses. De l'ordinateur — tout court — au mini-ordinateur et du mini au micro-ordinateur : c'est le menu qu'elle nous a servi en quarante ans d'histoire. Et sans aucun doute, c'est aujourd'hui la plus petite informatique qui fait preuve du plus grand dynamisme. Quinze ans après le premier micro-ordinateur, le rythme reste soutenu et chaque année apporte sa moisson de modèles plus rapides, dotés de mémoires plus vastes et d'écrans plus coloriés. La micro-informatique n'a plus à prouver, depuis longtemps, qu'elle est tout le contraire d'une informatique au rabais, reléguée à la résolution de problèmes « miniatures ». Le tiers du marché mondial de l'informatique déjà en poche, elle continue d'envahir les bureaux et dispute âprement de nouveaux secteurs d'application à ses aînées. Alors que la « grande » informatique, celle du *mainframe*, comme disent les Anglo-saxons, s'assoupit doucement, alors que la mini-informatique s'essouffle, l'industrie du micro-ordinateur peaufine dans ses labos de quoi nous étonner jusqu'au prochain millénaire au moins.

En quinze ans d'histoire, la micro-informatique a déjà parcouru un bout de chemin qui laisse rêveur. Ne remontons pas jusqu'au « tout premier » micro-ordinateur (voir l'encadré 1) mais arrêtons-nous plutôt en 1978. Il y a dix ans, un honnête micro-ordinateur exécutait moins de 100 000 instructions (opérations élémentaires) par seconde; il disposait d'une mémoire « centrale » (immédiatement accessible pour les calculs) capable de stocker 64 Ko (kilo-octet : un octet est une « place » en mémoire permettant de ranger par exemple un caractère ; le préfixe « kilo » employé en informatique introduit un facteur multiplicatif égal à 2 puissance 10, soit 1 024). Enfin la « mémoire de masse » sur laquelle il rangeait données et programmes était au mieux — leur apparition sur micro-ordinateur est toute récente — un « disque dur » (disque magnétique rigide et inamovible) d'une capacité de 5 Mo (méga-octet). Aujourd'hui, le Deskpro 386/25 de la société Compaq, par exemple, l'un des plus puissants micro-ordinateurs du moment, exécute *grosso modo* quatre millions d'instructions par seconde — sa puissance tourne donc autour de 4 Mips (millions d'instructions par seconde) —, offre jusqu'à 16 méga-octets de mémoire centrale et un disque de 300 méga-octets ! Et il ne s'agit pas d'un spécimen atypique, puisque dans le peloton de tête, il côtoie le PS/2, modèle 70-A21 d'IBM.

En dix ans, ces trois paramètres : vitesse de calcul, capacité de la mémoire centrale et de la « mémoire de masse » ont gagné, à coût constant, un facteur que l'on situera entre 20 et 50, en évitant tout excès coupable de précision. Demain,

nous le verrons, ces valeurs croîtront encore vertigineusement. On imagine des vitesses d'exécution dépassant les 100 Mips, des mémoires centrales de 256 méga-octets, des disques — vraisemblablement « magnéto-optiques », cette fois — de plusieurs dizaines de giga-octets (milliards d'octets). En l'an 2000 ? Peut-être bien avant !

#### Grande série, petit prix.

Avant d'aller plus loin, il serait bon de prendre le temps de préciser l'objet de notre propos. Le micro-ordinateur auquel nous pensons est un ordinateur personnel, par opposition au micro-ordinateur « multiposte » (dont la puissance est partagée par plusieurs utilisateurs disposant chacun d'un écran et d'un clavier) qui constitue une catégorie numériquement bien moins importante. Notre ordinateur personnel est par ailleurs destiné à une utilisation professionnelle, en tout cas essentiellement acheté pour cet usage. Mais tout d'abord qu'est-ce qu'un micro-ordinateur ? Technologiquement, c'est un ordinateur dont le processeur, en deux mots l'organe contrôlant l'ensemble et effectuant les calculs, n'occupe plus une armoire entière ni même une seule carte électronique, comme c'est le cas pour certains mini-ordinateurs, mais tient tout entier sur une unique « puce », le micro-processeur. Cependant, le même micro-processeur est aujourd'hui mis à contribution dans une catégorie plus huppée de machines communément appelées « stations de travail », où l'on tire le maximum de ses possibilités en ne lésinant pas sur les circuits annexes. Nettement orientée vers les applications graphiques, la station de travail serait plutôt le poste de travail de l'ingénieur tandis que l'ordinateur personnel se définirait comme un instrument plus universel et de ce fait produit en quantités bien supérieures. Cependant, la frontière entre ces deux catégories se fait de moins en moins évidente, notamment depuis que les logiciels graphiques sont devenus monnaie courante. Les fourchettes de prix se recoupent et la terminologie s'embrouille, ce qui nous amène à considérer la question sous un troisième angle, plus fondamental en définitive, celui du contexte économique. L'ordinateur dont nous parlons ici est avant tout un produit fabriqué et commercialisé en grandes quantités parce que bon marché, et inversement. Le miracle de la micro-informatique tient d'abord dans cette équation : des millions d'exemplaires, parce que vendus quelques milliers de dollars pièce, et réciproquement. Le micro-ordinateur se définit avant tout par son prix, sans qu'il soit pour autant facile de définir une fourchette précise qui, par exemple, exclurait clairement les stations de travail. On sera en particulier bien obligé d'appeler micro-ordinateur le représentant le plus puissant d'une gamme homogène dont les autres modèles ne prêtent pas à équivoque, malgré son prix

**André Truong Trong Thi** est un peu le « père » de la micro-informatique. Il a fondé et dirigé jusqu'en 1982 la société R2E, qui présenta en février 1973 le Micral, premier véritable micro-ordinateur. Il dirige depuis 1983 la société de consultants internationaux TIT (Toutes Technologies Télématiques). **Pierre Vandeginste** est journaliste scientifique et conseiller de la rédaction de *La Recherche*.

momentanément élevé: un an plus tard, le doute ne sera plus permis! En définitive, nous conviendrons abruptement qu'un ordinateur personnel est un ordinateur dont le prix public est inférieur à 5 000 dollars (autour de 40 000 francs, arrivé en France, pour un dollar à 6 francs) pour une « version de base », même si les versions les plus étoffées de la même gamme dépassent les 10 000 dollars.

Production de masse, donc prix bas, donc consommation de masse... Au départ de ce *remake* du problème de l'œuf et de la poule, il y a l'invention du microprocesseur. L'industrie électronique a constamment démontré sa capacité à ramener, dans le long terme, le coût de production d'un nouveau circuit, aussi novateur soit-il, aux alentours du dollar, dès lors que le volume de production se mesure en millions d'exemplaires. Cela tient à la nature même du processus de fabrication des circuits intégrés. Ceux-ci sont en effet réalisés selon des modalités qui ne sont pas sans rapport avec les techniques de l'imprimerie ou de l'industrie du disque microsillon. Les « masques » grâce auxquels sont « gravées » dans le silicium les couches successives d'une puce jouent un peu le rôle des plaques de l'imprimeur ou de la matrice du presseur de disques. Lorsque la rotative « roule » depuis longtemps, chaque exemplaire ne coûte plus que le prix des matières premières — papier, vinyl ou silicium — augmenté d'une participation à des frais fixes (conception, investissements...) tendant vers zéro.

Première pièce du puzzle de l'ordinateur personnel, donc: ce circuit miraculeux qui à lui seul remplace toute une carte bardée de douzaines de composants plus simples. Mais pour que la pompe s'amorce, il faut encore bien d'autres ingrédients. D'autres sortes de composants, en particulier des puces de mémoire de grande capacité. Et encore des lecteurs/enregistreurs de disques et de disquettes, des écrans, des claviers... Des pièces détachées qui peuvent, à des degrés divers, être également produites à des coûts de plus en plus bas si le « volume » est assuré.

#### **Une dynastie de microprocesseurs.**

L'affaire sera gagnée s'il se trouve un industriel ayant les reins assez solides pour lancer la machine. Intel avait initialement réalisé le premier microprocesseur de l'histoire, le 4004, pour répondre à la demande d'un fabricant de calculatrices. Les quantités prévues justifiaient l'étude. Et puis l'on découvrit que le même circuit pouvait servir à bien d'autres choses. De fil en aiguille, c'est toute une dynastie de microprocesseurs (8008, 8080, 8088, 8086, 80286), la plus appréciée encore à ce jour, qui prospère depuis cette année 1972. De génération en génération, le nombre de transistors rassemblés sur la même pastille de sili-

**Figure 2.**  
*Le PS/2 modèle 70-A21 est le représentant le plus puissant de la nouvelle famille des micro-ordinateurs introduite par IBM début 1987. Le PS/2 peut exécuter sans trop de mal les logiciels destinés au PC tout en étant différent de ce dernier — et incompatible — sur le plan matériel. Le numéro un a par ailleurs laissé entendre qu'il ne laisserait pas « cloner » le PS/2 comme l'a été le PC. Il est difficile de dire quel sera le succès du nouveau venu mais on peut parier que PC et PS/2 cohabiteront longtemps.*  
(Cliché IBM)



cium est passée de 4 000 à 350 000 et le nombre d'informations binaires (bits) traitées simultanément est passé de 4 à 8 (un octet), puis 16 et enfin 32 avec le 80386. Ce dernier, dans la version cadencée à 25 MHz — toutes les 40 nanosecondes, il s'y passe quelque chose — équipe par exemple le Compaq Deskpro 386/25 ou le PS/2 modèle 70-A21 d'IBM cités plus haut.

Pendant un certain temps — les années 1970 — les industriels sont partis en ordre dispersé à l'assaut de cet Eldorado. Chacun a contribué à constituer ce « facteur d'échelle » qui a permis progressivement de faire tomber les coûts de chaque pièce détachée de ces machines qui commençaient à partir comme des petits pains. Le plus gros succès de cette première période fut emporté par ce fameux Apple II né comme chacun sait en Californie, dans un garage de Cupertino. Puis le plus gros des poissons de la mare, IBM, après avoir mûrement réfléchi, s'est lancé à son tour dans la bagarre. En 1981, il lance le désormais célèbre PC (pour *Personal Computer*). La position — numéro un mondial de l'informatique — du nouvel intervenant lui assure rapidement la meilleure place possible sous le soleil. Mais intervient alors un phénomène qui va accélérer d'un coup le processus de « massification » exposé précédemment. IBM ayant laissé la porte ouverte sur le plan légal, un à un les industriels commencent à « copier » le PC, le cas échéant en laissant

purement et simplement tomber leur propre produit. Les « compatibles PC » sont nés. Avec les PC aux couleurs d'IBM ils sont aujourd'hui une vingtaine de millions de par le monde. Il fallait bien sûr quelques francs-tireurs dans ce concours de suivisme: le seul qui reste en lice s'appelle Macintosh. Apple est en effet la seule firme qui ait su résister au rouleau compresseur PC en proposant un micro-ordinateur professionnel vraiment « différent » — le « Mac », nous verrons pourquoi, est bien plus accessible au néophyte, et en général plus agréable à utiliser qu'un PC — susceptible de séduire une clientèle téméraire: près d'un million et demi de Macintosh ont été vendus jusqu'à ce jour.

#### **Un paramètre essentiel: les standards.**

A partir de là, l'équation micro-informatique comporte ce paramètre supplémentaire: l'existence de standards. Le micro-ordinateur de la firme X étant « compatible PC », il peut fonctionner avec les mêmes logiciels (programmes que tous les autres PC, et comme il y a de ce fait de plus en plus de logiciels compatibles, l'achat d'un PC ouvre des horizons de plus en plus larges. L'engrenage tourne à plein régime, une véritable industrie du logiciel PC (lui-même de moins en moins coûteux) met sur le marché de « solutions » à des problèmes de plus en plus variés, engendrant ainsi des achats

micro-ordinateurs. La standardisation de la clé de voûte de la micro-informatique; on la retrouve en divers endroits (logiciels, connecteurs — slots — de cartes d'extension, disquettes...) et à plusieurs niveaux: PC et Macintosh peuvent utiliser les mêmes disquettes au format 3 1/2 pouces. — tant mieux pour Sony, 3M, BASF ou Rhône Poulenc — même si ils n'enregistrent pas l'information de la même manière.

A la lumière de ces considérations sur les causes de la prospérité de la micro-informatique, voyons maintenant quels seront les facteurs essentiels des progrès futurs. Sans aucun doute, la mise au point de microprocesseurs de plus en plus puissants sera un atout majeur. A l'évidence, l'industrie électronique est prête à suivre cette demande à vive allure. Les indices les plus tangibles des réserves dont elle dispose ont l'inconvénient de relever une nouvelle école architecturale en matière de processeurs, dite RISC (voir « L'architecture des nouveaux ordinateurs » dans ce numéro), dont il n'est pas prouvé qu'elle doive s'imposer un jour en micro-informatique. Cela ne nous empêchera pas de citer ce prototype présenté par Texas Instruments lors du congrès ISSCC (le congrès international du circuit intégré) de février dernier à San Francisco, réalisé en arséniure de gallium (concurrent plus rapide du silicium) et revendiquant une puissance de 100 Mips, pas moins. Bien plus éloigné du monde réel est ce microprocesseur miniature, jusqu'il ne traite que quatre bits à la fois, présenté par Fujitsu au même congrès. Réalisé à l'aide de jonctions supraconductrices, il est cadencé à 770 MHz, ce qui, tant donné la jeunesse de cette technologie, permet de dire que le milliard d'instructions par seconde est bel et bien en vue. Mais la micro-informatique est-elle soluble dans l'azote liquide?

L'industrie semble être en mesure de fournir des moteurs à la hauteur des ambitions du micro-ordinateur de l'an 2000, nous voilà rassurés sur un point. Mais, tout comme les automobiles, les micro-ordinateurs ne peuvent se contenter d'un moteur. Un gain notable en matière de puissance de calcul ne serait rien s'il n'était servi par des progrès comparables selon — au moins — les cinq axes suivants: mémoires centrales et mémoires de masse, logiciels, moyens de communication et visualisation graphique. Ces ingrédients seront tout aussi essentiels dans la cuisine micro-informatique de la fin du siècle que les pneus et les amortisseurs des formule 1.

Une mémoire vaste permet d'accueillir des logiciels plus gros, donc plus sophistiqués, ainsi que des données, des résultats de calculs plus volumineux et donc de traiter des problèmes plus complexes. Cela va de soi. Et les chiffres grimpent plus vite qu'on ne le croit en cette matière. Les applications graphiques sont un bon terrain pour illustrer ce fait. Passer par exemple d'une résolution d'écran de

512 points sur 512 à 1 024 sur 1 024 représente, sans avoir l'air d'y toucher, un accroissement d'un facteur quatre de la capacité mémoire nécessaire. Abandonner le « tout noir ou tout blanc » des écrans les plus courants pour une palette de 256 couleurs multiplie par huit l'encombrement du même graphique (dans le premier cas, la « couleur » d'un point peut être codée sur un bit, tandis que huit sont nécessaires pour représenter 256 nuances).

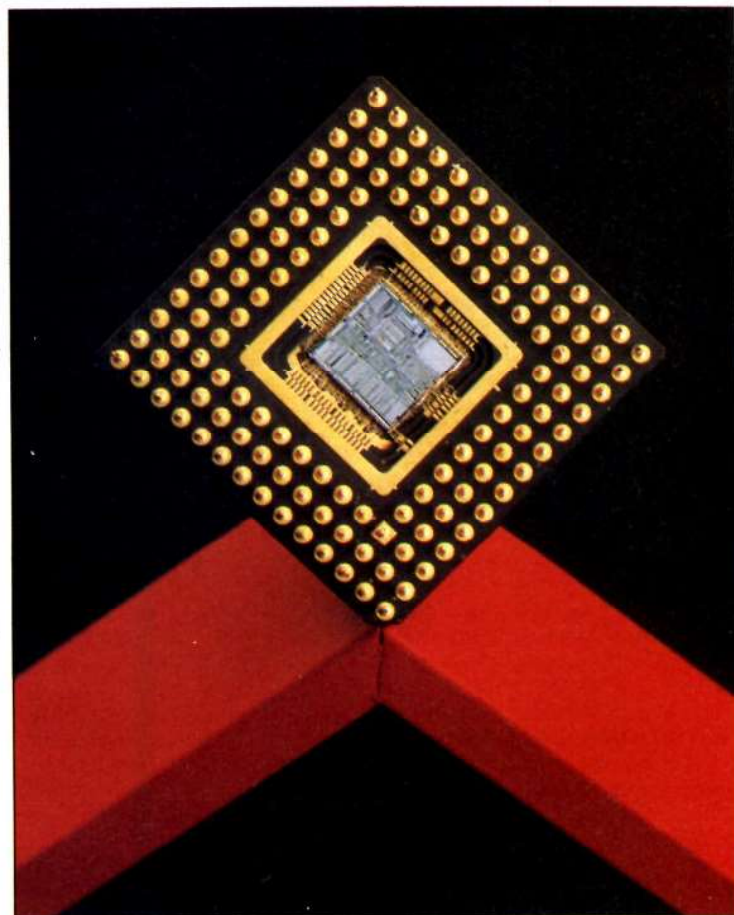
#### De la mémoire pour nourrir le microprocesseur.

L'évolution des exigences des utilisateurs commande donc très directement une augmentation rapide des capacités mémoire (ou, ce qui revient au même, un abaissement de son coût). Mais les performances atteintes par les microprocesseurs déjà disponibles sont telles qu'il n'est pas rare que des applications à leur portée sur le plan de la vitesse d'exécution restent impraticables du fait de l'exiguïté des mémoires actuelles. Dans certaines situations, il arrive qu'un fringant microprocesseur soit freiné dans ses élans par des va-et-vient, entre mémoire centrale et disque, de données ou de parties de programmes qu'il n'est plus possible de loger tous ensemble dans la première.

L'utilisateur réclame de la mémoire, il en aura. Un ordinateur personnel qui se

respecte comporte aujourd'hui une mémoire d'au moins un méga-octet, parfois jusqu'à seize. Un méga-octet de mémoire est à l'heure actuelle réalisé à l'aide de huit circuits intégrés dits « 1 Mbit », capables de stocker un million de bits chacun. Or la production des circuits 4 Mbits démarrera dans quelques mois. Mieux, trois prototypes de mémoires 16 Mbits ont déjà été présentés par Matsushita, Toshiba et Hitachi au congrès ISSCC de février dernier à San Francisco. Pour stocker toujours plus de bits sur une même « puce », les technologues tirent tout d'abord parti des progrès généraux de la micro-électronique, notamment en ce qui concerne les dimensions des transistors et la largeur des connexions métalliques. Dans ces circuits de mémoire, chaque bit est représenté par la présence ou l'absence d'une charge électrique dans un minuscule condensateur, constitué de deux « plaques » conductrices séparées par une mince couche isolante, et dont la surface est un paramètre crucial. Un progrès décisif fut donc de parvenir à disposer ce condensateur verticalement, en « tranchée », comme disent les spécialistes, dans l'épaisseur du silicium et non plus à plat. Grâce à quoi, les 16 Mbits sont déjà au stade du prototype, et l'on planche sur les futurs 64 Mbits. Il en faudra 32 pour réaliser une mémoire d'un quart de milliard d'octets! Et il n'y a aucune raison pour que ces circuits-là ne finissent pas par coûter un dollar pièce.

*Figure 3. Le microprocesseur Intel 80386 est aujourd'hui au cœur des plus puissants micro-ordinateurs du type PC ou PS/2. Il comporte environ 350 000 transistors et sa version la plus rapide fonctionne à 25 MHz, ce qui lui permet d'exécuter quatre millions d'instructions par seconde (Mips). Les 80486 et suivants des années à venir poursuivront le chemin vers les centaines de Mips. (Cliché Intel)*



Mais rien ne sert d'avoir de la mémoire « centrale » à profusion si l'on ne dispose pas d'une mémoire de masse permettant de stocker à long terme (la première est « volatile », son contenu disparaît à la mise hors tension) les programmes toujours plus complexes et les fichiers de données toujours plus copieux qu'ils traitent. Ce rôle de mémoire permanente est aujourd'hui essentiellement tenu par des disques magnétiques rassemblant jusqu'à huit plateaux superposés et donc seize faces, sur lesquelles autant de têtes magnétiques enregistrent et détectent d'infimes variations de champ magnétique porteuses de l'information. Une capacité de 300 méga-octets sur de tels disques dans le format « 5 pouces 1/4 » (13 cm de diamètre), le plus répandu encore aujourd'hui, correspond au haut de gamme actuellement possible. Dans le même format, une firme comme Maxtor, dont la réputation n'est plus à faire en la matière, a annoncé un modèle 760 Mo, il y a bientôt deux ans. Dans le format « 3 pouces 1/2 » (9 cm), qui s'impose progressivement et permet de réduire l'encombrement des micro-ordinateurs, Control Data Corp. a annoncé il y a un an le premier modèle atteignant 200 Mo.

Inutile de dire que de telles performances ne sont atteintes qu'au prix de quelques prouesses technologiques, notamment en matière de support d'enregistrement et de têtes magnétiques. Et pourtant, les sociétés spécialisées ont encore quelques cartes à jouer, en particulier ce fameux « enregistrement vertical » — consistant à faire varier le champ magnétique perpendiculairement à la surface du support et non plus horizontalement — qui devrait permettre de multiplier encore la densité d'enregistrement longitudinale, peut-être d'un facteur dix.

#### Le disque magnéto-optique prend la relève.

Il ne serait pas étonnant, d'ailleurs, que l'industrie de l'enregistrement magnétique mette les bouchées doubles à brève échéance, car il semble bien que le disque optique effaçable, un serpent de mer très attendu, soit sur le point de commencer sa carrière (voir « L'avenir des mémoires de masse » dans ce numéro). La société Maxtor n'a pas de raison d'être angoissée, puisqu'elle met ses œufs dans les deux paniers. Non contente d'exceller dans l'enregistrement magnétique, elle s'est déjà taillée une solide réputation en matière d'enregistrement optique, ou plutôt magnéto-optique en présentant il y a six mois son modèle Tahiti I qui atteint la capacité record de 1 Go (milliard d'octets) sur les deux faces d'un seul disque de 5 pouces 1/4 (13 cm), de surcroît amovible. Le disque optique est en effet toujours amovible, car il est peu sensible à la poussière, étant lu et enregistré à distance (alors qu'une infime particule passant entre tête et support magnétique peut avoir des conséquences désastreuses). A

peine abrité par un simple boîtier facilitant son introduction dans le lecteur, il peut donc accéder aux plus fortes capacités tout en restant amovible, lorsque le disque magnétique ne peut y prétendre que cloué dans une enceinte dépoussiérée.

Les disques durs ne sont pas tout. Le règne de la disquette est encore loin de son terme, son caractère amovible en faisant un instrument de choix pour véhiculer, voire sauvegarder programmes et données. Un record a été battu il y a trois mois par Hitachi avec une capacité de 12 Mo dans le format 3 pouces 1/2, ce qui fait déjà gagner un facteur huit par rapport aux meilleurs produits actuels. Mais la micro-informatique s'attaque à un tel rythme à de nouvelles applications toujours plus voraces en méga-octets (fichiers de gestion, images, etc.) que l'évolution de la capacité des disquettes semble rester insuffisante. Diverses technologies de disques durs amovibles, jouant sur un compromis capacité-fiabilité, ont été pratiquées sans rencontrer jusqu'à présent un franc succès. Tandon fut le premier à mettre en pratique une solution radicale consistant à rendre amovible la mécanique tout entière d'un disque dur 3 pouces 1/2 « inamovible » : disque, moteur, têtes et actuateur (mécanisme de déplacement des têtes), seule restant fixe l'électronique. Ces disques « enfichables » ne tiennent pas dans la poche, pèsent un kilo et leur prix n'est que légèrement inférieur à celui d'une unité vraiment fixe, mais ils répondent à de réels besoins, celui par exemple de pouvoir transférer instantanément une grande masse de données (jusqu'à 110 Mo, déjà) d'un ordinateur à l'autre.

Disques durs et disquettes pourraient connaître par ailleurs une nouvelle évolution concernant leur format. On serait tenté de croire que le standard 3 pouces 1/2, qui a aujourd'hui clairement détrôné son prédécesseur le 5 pouces 1/4, constitue un aboutissement, sinon technique, du moins pratique. On peut en douter depuis qu'un haut responsable du numéro un mondial a laissé échapper, au cours d'un séminaire qui se tenait en mai dernier au centre de recherche de Boca Raton, qu'IBM étudiait de nouveaux supports magnétiques au format 2 pouces...

Dans le rôle du support de sauvegarde (gros volume, mais accès rare), la bande magnétique présente l'avantage d'un coût au méga-octet bien inférieur à celui du disque. Son adaptation à l'univers de la micro-informatique a pris la forme de la « cartouche » — qui n'est rien d'autre qu'une sorte de cassette améliorée conçue pour l'enregistrement numérique. Mais alors que cette cartouche a tout juste eu le temps de trouver ses standards et de convaincre, une alternative se présente, consistant à détourner de son usage primitif la DAT, *Digital Audio Tape* ou « bande (magnétique) audio-numérique », tout juste installée sur les rayons des revendeurs hi-fi. Une fois n'est pas

coutume, c'est une entreprise ouest-almande, Gigatape, qui a la première en frayé la chronique en présentant en février un lecteur/enregistreur stockant 1,2 giga-octet sur cette cassette pas plus grande qu'une carte de crédit.

#### Invendable sans logiciels...

Notre micro-ordinateur de l'an 2000, doté d'un processeur qui ferait pâlir bien des *mainframes* actuels, d'une vaste mémoire centrale ainsi que d'une mémoire de masse non moins colossale, n'intéressera pas grand monde si le marché ne propose pas une vaste gamme de logiciels compatibles avec lui. En effet, pour que la boucle évoquée plus haut : « petit prix donc grande série, donc... » fonctionne encore faut-il que le petit monstre soit utile à un grand nombre d'individus. Personne ne voudra d'un micro-ordinateur aussi puissant qu'un mini-ordinateur s'il n'a pas de bonnes raisons pour cela, c'est-à-dire des logiciels à utiliser qui nécessitent cette puissance. Les utilisateurs, dit-on souvent, ne veulent pas des ordinateurs, ils cherchent des solutions à leurs problèmes. Une machine nue n'est d'aucune utilité, mais lorsque la solution passe par un logiciel, il faut bien acheter un moteur pour le faire « marcher ». Vingt millions d'utilisateurs, semble-t-il, ont trouvé la solution à quelques-uns de leurs problèmes dans des logiciels fonctionnant sur l'un des micro-ordinateurs actuels. L'industrie saura-t-elle offrir des solutions logicielles justifiant l'achat de quarante, quatre-vingt ou cent cinquante millions de nos futurs micro-ordinateurs de course? Bien sûr, les sociétés de développement de logiciels n'auront aucun mal, pour commencer, à préparer des versions améliorées de leurs produits actuels, profitant du supplément de puissance disponible. Bien sûr, on peut espérer qu'elles sauront aller plus loin. Cependant, qu'il s'agisse de réaliser un logiciel totalement nouveau ou d'adapter un vieux cheval, un problème se pose : les niveaux de puissance et de capacités mémoire indiqués plus haut ne sauront être pris en compte par le système d'exploitation — ce logiciel de base dont aucun ordinateur ne peut se passer, assurant la gestion de ses ressources — constituant aujourd'hui le standard le plus répandu du marché, à savoir le célèbre MS/DOS, le système du PC.

Qu'à cela ne tienne, IBM a déjà indiqué la voie de l'avenir, la sienne en tous cas ce jour d'avril 1987 où la firme annonçait sa nouvelle gamme de micro-ordinateurs les PS/2, comme les successeurs — plus ou moins compatibles, nous le verrons — de la famille PC. Le numéro un prenait donc délibérément ses distances avec le standard qu'il avait lui-même instauré. Le PS/2 est tout d'abord une machine différente du PC sur le plan architectural, dont les connecteurs (*slots*) n'acceptent pas les cartes d'extension du PC. Ce dernier étant trop copié à son goût, IBM semble décid

ne supporter cette fois qu'une certaine dose de « clonage » de ses PS/2: quelques imitations tolérées de grandes marques ne seront pas de tort, légitimeront les produits d'origine contrôlée et favoriseront l'extension du catalogue de produits complémentaires compatibles, mais des précautions (techniques et juridiques) ont été prises pour lutter contre un nouveau déferlement de compatibles à moins de 1000 francs en provenance d'Extrême-Orient. De plus le PS/2 abandonne MS/DOS et fait appel à un nouveau système d'exploitation, OS/2, qui est plutôt bien accueilli, car il est relativement compatible avec MS/DOS, dont les logiciels peuvent être adaptés sans trop de mal, et apporte des améliorations notables. OS/2, notamment, est « multi-tâches », ce qui signifie qu'il peut faire plusieurs choses à la fois. Il est de plus doté d'un « environnement graphique » tout neuf, un certain *Presentation Manager*, costume logiciel qui donne au PS/2, des allures de Macintosh.

#### Macintosh abandonne la langue de bois informatique.

Depuis sa sortie en 1984, le micro-ordinateur d'Apple doit d'avoir su non seulement survivre mais encore prospérer, malgré sa non-compatibilité avec le PC, à la supériorité de son « interface utilisateur », c'est-à-dire des modalités selon lesquelles, d'une part, il permet à l'utilisateur de lui donner des ordres ou d'introduire ses données et, d'autre part, visualise ses réactions et présente les résultats. Au dialogue « homme-machine » traditionnel, reposant sur une langue de bois informatique faite d'ordres cryptiques tapés au clavier (« DIR », « DEL »...) et de messages tout aussi codés, le Macintosh oppose l'interaction graphique-souris ». L'utilisateur donne la plupart des ordres à l'aide d'un petit instrument, une « souris », qu'il fait glisser sur le bureau pour contrôler le déplacement d'un « curseur » sur l'écran. Lequel écran représente sous une forme imagée, métaphorique, l'univers des objets informatiques que l'on est amené à manipuler sur un ordinateur. Les fichiers et le texte sont représentés par un petit dessin représentant une page de texte, précisément. Les disquettes et disques sont par d'autres « icônes » tout aussi suggestives, etc. L'utilisateur peut, à l'aide de la souris, placer le curseur sur l'une de ces icônes et, en appuyant sur un bouton situé sur la souris, « sélectionner » cette icône, qui change alors d'aspect. Toujours avec la souris, il peut enfin choisir dans une liste, un « menu », une commande à appliquer sur l'objet sélectionné. Ce dialogue tout en glissements et clics de souris et en « clics » (le bruit du bouton), un peu surprenant au début pour les vieux routiers de l'informatique, est beaucoup plus intuitif que l'échange traditionnel d'ordres et de messages. En particulier, il évite totalement d'avoir à mémoriser la panoplie des ordres existants ou même le nom de ses fichiers: l'utilisateur « reconnaît » ses outils de travail sur l'écran, les retrouve là où il les avait laissés.

Macintosh fut un précurseur sur ce terrain de l'interaction homme-machine. Mais à peine était-il lancé en 1984, qu'il était imité de toute part. En particulier chez Microsoft, l'éditeur de logiciels chez qui IBM était allé chercher MS/DOS. Microsoft présenta très vite un habit pour le PC, Windows, qui le parait de cette fameuse interface conviviale à laquelle Macintosh doit son succès. C'est que l'industrie sentait déjà que les utilisateurs y prendraient goût. Mais Windows,

le lancement du PC, au moment où MS/DOS commence à être dépassé par les événements technologiques (pour la petite histoire, une surprenante limitation obligeait les programmeurs à d'invisibles jongleries pour exploiter plus de 640 Ko de mémoire), IBM propose justement tout ce qu'il faut pour repartir du bon pied. Cela ne plait qu'à moitié à ces centaines de firmes qui s'étaient ralliées au standard PC. A moitié, car si OS/2 est bien compatible avec le PC, le PS/2 est bel et bien une nouvelle machine, que tout le monde ne pourra imiter. Lorsqu'IBM vendait un millier de dollars de micro-informatique, l'industrie du

millier d'instructions chaque seconde furent vendus au prix de 750 dollars entre 1971 et 1973. Le jury se sentit pourtant obligé de désigner le Micral de R2E, la société créée par André Truong Trong Thi, comme le premier « commercial non-kit computer based on a microprocessor », autrement dit le premier micro-ordinateur au sens où chacun l'entend aujourd'hui. Six mois après l'apparition du 8008 d'Intel, premier microprocesseur travaillant sur huit bits, le Micral fut bel et bien le premier ordinateur à en tirer profit, et à être vendu en temps que « microcomputer », dans une publicité parue dans *Electronics Magazine* le 21 juin 1973. Cinq cents commandes étaient parvenues chez R2E, à Orsay, fin 1973, pour cette machine offrant une mémoire de 256 octets extensible jusqu'à 2 kilo-octets.

## 1 QUI A INVENTÉ LE MICRO-ORDINATEUR ?

André Truong Trong Thi, co-signataire du présent article, est généralement présenté comme « l'homme que l'on considère le plus souvent comme l'inventeur du micro-ordinateur », la périphrase semblant devoir excuser l'audace d'une assertion qui rapatrie en banlieue parisienne un Bethléem que l'on situe volontiers en Californie. Pourtant, cette paternité se défend mieux que bien d'autres. En y réfléchissant, on se rend compte tout d'abord que la question appelle au moins une réponse pour chaque définition que l'on voudra bien donner au vocable « micro-ordinateur ». L'histoire de l'informatique est encore trop courte pour que l'on se soit donné la peine de l'écrire avec précision, au point que le Computer Museum de Boston se posait encore en 1985 la question qui nous occupe. Un concours (*contest*) fut organisé pour récolter antiquités et témoignages, qui se conclut en mars 1986 par la remise de prix et de médailles. La formulation choisie (*The Early Model Personal Computer*) explique peut-être que le jury désigna comme tel le Kenbak 1 de John V. Blankenbaker, un pionnier méconnu qui par la suite participa chez Symbolics Inc. à la conception de la première machine spécialisée dans l'intelligence artificielle. Présenté pour la première fois au printemps 1971, le Kenbak 1 est une sorte de mini-ordinateur minimal réalisé à l'aide de 130 circuits intégrés standard. Plusieurs douzaines d'exemplaires de cet escargot exécutant un bon

millier d'instructions chaque seconde furent vendus au prix de 750 dollars entre 1971 et 1973. Le jury se sentit pourtant obligé de désigner le Micral de R2E, la société créée par André Truong Trong Thi, comme le premier « commercial non-kit computer based on a microprocessor », autrement dit le premier micro-ordinateur au sens où chacun l'entend aujourd'hui. Six mois après l'apparition du 8008 d'Intel, premier microprocesseur travaillant sur huit bits, le Micral fut bel et bien le premier ordinateur à en tirer profit, et à être vendu en temps que « microcomputer », dans une publicité parue dans *Electronics Magazine* le 21 juin 1973. Cinq cents commandes étaient parvenues chez R2E, à Orsay, fin 1973, pour cette machine offrant une mémoire de 256 octets extensible jusqu'à 2 kilo-octets.

Pour ne faire pleurer personne, le jury du Computer Museum décerna encore un autre prix à l'Altair 8800, souvent désigné d'instinct outre-Atlantique comme l'Adam de l'espèce. Ce micro-ordinateur vendu en pièces détachées par la société MITS — à l'époque très réputée auprès des bricoleurs pour ses appareils électroniques en kit — connut un succès certain entre 1975 et 1978. Steve Wozniak, co-fondateur d'Apple Computer et concepteur d'un certain Apple I vendu à deux cents exemplaires début 1976 se contenta d'une place dans le jury.

Pierre Vandeginste

pièce rapportée sur une machine à l'époque un peu légère pour le supporter, ne fut pas assez convaincant pour s'imposer franchement. D'autant plus qu'un concurrent, GEM, partageait avec lui les faveurs de l'industrie. En revanche, le nouvel environnement graphique *Presentation Manager* est une pièce dûment officialisée de l'édifice OS/2. En l'annonçant, IBM a clairement indiqué sa décision d'opter pour cette nouvelle manière de dialoguer avec l'ordinateur. Belle victoire psychologique, au passage, pour Apple, qui n'a pas manqué d'intenter à Microsoft, auteur de *Presentation Manager*, un procès en « look and feel », selon l'expression consacrée: son produit ferait un peu trop penser au Mac...

PS/2, OS/2, *Presentation Manager*: ce sont les nouvelles tables de la loi d'IBM. Comment, des murmures dans la salle? Mais de quoi se plaint-on? Sept ans après

compatible en empochait entre deux et trois. C'est bien cela qui ennuyait le numéro un, habitué à partager le gâteau informatique en trois — un tiers pour les autres, deux pour lui. L'industrie vivant du standard PC veut bien d'OS/2, qui donne entière satisfaction sur les derniers PC bâtis autour du 80386, mais elle entend bien faire vivre le PC aussi longtemps que possible.

#### Les standards se bousculent.

La micro-informatique à usage professionnel avait son standard — le couple PC-MS/DOS — à côté duquel caracolait le second rôle Macintosh, elle se retrouve avec un troisième larron aux deux visages, PS/2-OS/2, qui provoque quelques remous. Et ce n'est pas tout, car un certain Unix pourrait encore perturber le jeu. Système d'exploitation initialement

mis au point pour des besoins internes, à la fin des années 1960 aux Laboratoires Bell du géant des télécommunications ATT, vite apprécié et de ce fait cultivé, « poussé » lentement mais sûrement par les milieux scientifiques et universitaires, Unix a fini par se faire une place au soleil. Essentiellement utilisé sur mini-ordinateurs et stations de travail (ces micro-ordinateurs gonflés pour ingénieurs, à vocation graphique, dont nous parlions plus haut), il est assez sophistiqué pour fonctionner sur des machines très diverses, du PC au plus gros ordinateur du monde, puisque le Cray 2 de Cray Research fonctionne sous Unix.

Appartenant en principe — et en droit — à ATT, certes numéro un mondial des télécommunications mais qui ne pèse pas lourd, pour l'heure, sur la place informatique, ce système est apprécié des utilisateurs pour une qualité rare: la liberté, celle qu'en principe il apporte en permettant de s'affranchir d'un constructeur d'ordinateurs particulier. De par sa conception, en effet, Unix est très « portable » — il est relativement aisé de l'adapter à une nouvelle machine. Des versions d'Unix existent pour de nombreux mini-ordinateurs (il a donné toute sa mesure sur le célèbre VAX de Digital Equipment, lequel a fini par mettre un Unix à son catalogue), il est devenu le système des stations de travail (Sun et Apollo en tête) et on en trouve des variantes y compris sur des PC AT (la version la plus puissante des PC) et sur le Macintosh II. Demain, il ferait merveille sur les « super-micro-ordinateurs » qui mûrissent en laboratoire. Le catalogue des logiciels disponibles « sous Unix », eux aussi aisément portables d'une machine à l'autre, s'étoffe chaque jour un peu plus; un catalogue tourné surtout vers les applications scientifiques et techniques, mais

qui constitue une base de départ non négligeable. Alors, pourquoi Unix ne ferait-il pas un bon candidat au titre de système d'exploitation standard du micro-ordinateur de demain?

D'un point de vue technique, Unix ferait parfaitement l'affaire. D'autant que des interfaces graphiques « à la Macintosh » ont fleuri, permettant de camoufler la rudesse du patois Unix sous des dehors tout en souris et en icônes. Mais en informatique comme en bien d'autres lieux, la technique ne fait pas la loi. Unix a été en principe « adopté » pratiquement par tous les constructeurs. Mais si l'adop-

tion d'un standard réputé libérateur est une arme pour des firmes n'ayant pas ou plus de système « maison » à défendre, elle constitue à l'évidence un bouclier pour d'autres (et notamment IBM et Digital Equipment) qui préfèrent l'offrir en second choix plutôt que de pousser des clients dans les bras des premières. Chacun avec ses raisons, les constructeurs aiment tellement fort Unix que le voilà maintenant atteint d'une redoutable gangrène. Unix avait des qualités et il était unique. Il a de plus en plus de qualités mais il est de plus en plus multiple. Unix souffrait déjà d'un dédoublement de per-

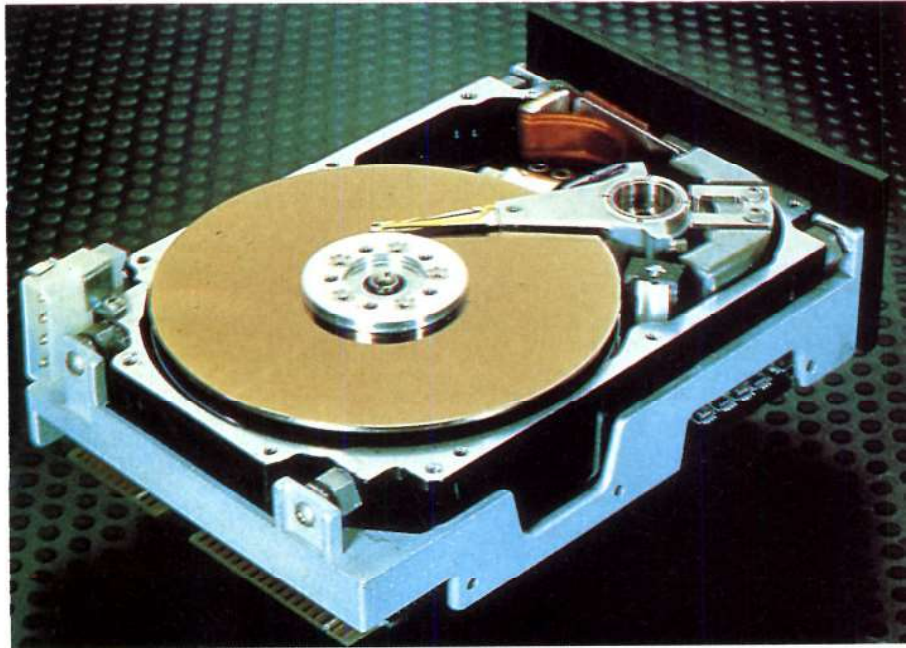
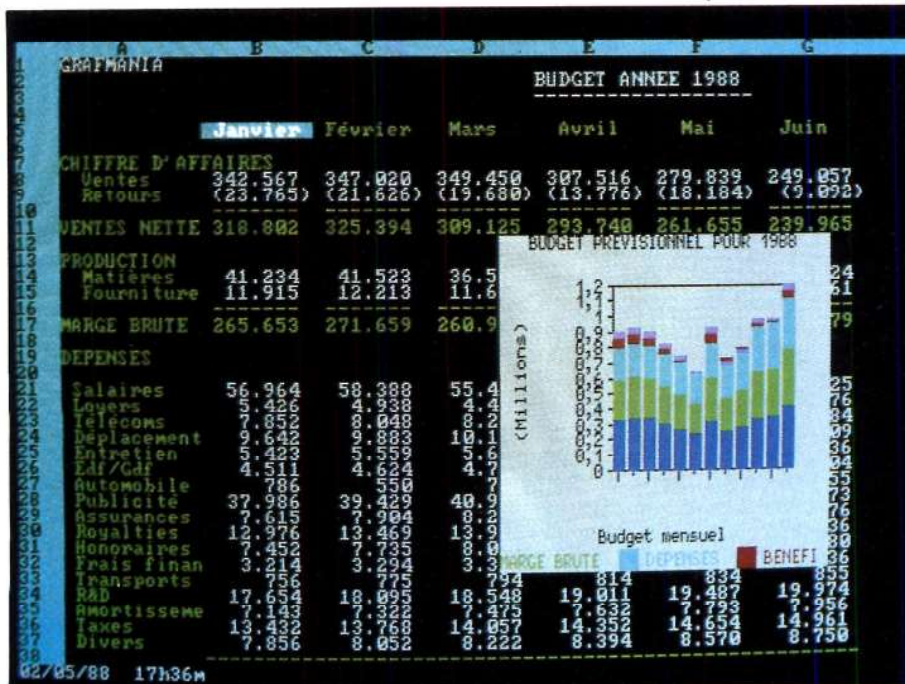


Figure 4. Le disque magnétique Swift de 200 méga-octets fabriqué par Control Data offre la plus forte capacité jamais atteinte dans le format 3 pouces 1/2 (9 cm de diamètre), qui s'impose progressivement en micro-informatique. Des capacités de plusieurs milliards d'octets devraient pouvoir être obtenues grâce à l'enregistrement magnéto-optique bien avant l'an 2000. (Cliché Control Data)



sonnalité avant que les industriels ne s'y intéressent, puisqu'une branche dite Unix BSD (B pour Berkeley), provenant de la célèbre université américaine, avait poussé aux côtés d'un Unix System V jouant la continuité. Rares furent ensuite les constructeurs d'ordinateurs qui évitèrent de lui ajouter, pour de plus ou moins bonnes raisons, une ou deux bricoles avant de baptiser le résultat d'un nom se terminant par « x » — de AIX à Xenix en passant par A/UX, Posix ou Ultrix.

Bonne et mauvaise nouvelle, les mêmes constructeurs se rassemblent de plus en plus autour de deux pôles nommés Sparc et OSF. Sparc est le nom d'une sorte

Figure 5. Le logiciel Lotus 1.2.3 est numéro un au hit parade des logiciels, toutes catégories confondues, avec plus de quatre millions d'exemplaires vendus. Il s'agit d'un « tableur », c'est-à-dire un logiciel gérant des tableaux définis par l'utilisateur et réalisant automatiquement tous les calculs demandés. L'existence de standards ouvrant aux éditeurs de logiciels un marché potentiel se mesurant en millions d'exemplaires est une condition sine qua non du développement de la micro-informatique. (Cliché Lotus)

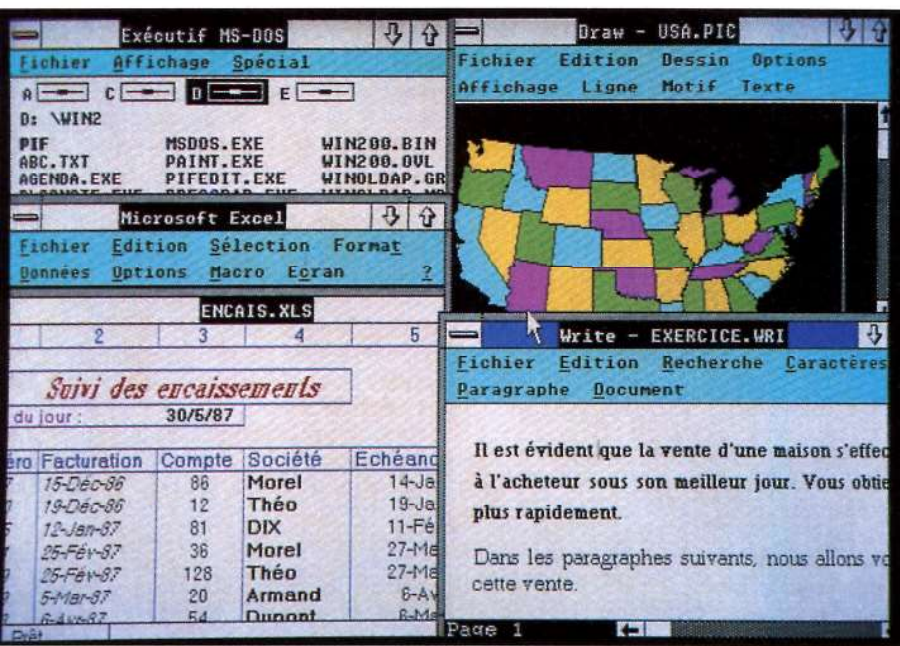


Figure 6. Les PC offrent depuis peu un visage plus avenant qu'hier à leurs utilisateurs. S'inspirant du Macintosh d'Apple, ils ont troqué la langue de bois du système d'exploitation MS/DOS pour un dialogue avec l'utilisateur reposant sur l'interaction graphique. Demain, tous les PC et PS/2 dialogueront à la manière du Macintosh grâce à Presentation Manager, l'environnement graphique du système d'exploitation OS/2, successeur de MS/DOS. (Cliché Microsoft)

l'architecture standardisée d'ordinateur fonctionnant sous Unix, définie par Sun et ATT et déjà concrétisée par le premier sous la forme d'un microprocesseur et d'une gamme de stations de travail; un standard complet convenant pour le micro-ordinateur comme pour le mini-ordinateur de l'avenir, qui a su séduire Xerox, Minisys et le Britannique ICL. Répliquant spectaculairement en mai dernier à cette offensive, sept constructeurs représentant presque totalité de l'informatique mondiale (IBM, Digital Equipment, Hewlett-Packard, Apollo, Bull, Siemens et Nixdorf) se sont regroupés au sein de l'Open Software Foundation (OSF). Il doit en sortir un Unix adapté d'AIX (la version IBM, par hasard) et reprenant un petit quelque chose dans le jardin de chaque autre membre de ce club. Bref, IBM, qui ne cesse d'affirmer son amour des grands standards, est en train de concocter son standard Unix. Maintenant que le numéro un de l'informatique a si fermement placé l'enfant prodige sous son aile protectrice, peut-on lui prédire une carrière glorieuse? Ce qui est sûr, c'est que le terrain est désormais occupé et que pour les acteurs du marché les plus fragiles, il n'y a plus d'autre choix que d'attendre les prochaines manœuvres du « grand

Figure 7. Les micro-ordinateurs conquièrent petit à petit le monde des applications graphiques. Power point est un logiciel de la société Microsoft permettant la réalisation de diapositives destinées à illustrer le propos d'un orateur. De telles applications nécessitent une forte puissance de calcul, une mémoire importante et un écran graphique en couleur de haute définition, que n'offrent aujourd'hui que les micro-ordinateurs les plus puissants (ici un Macintosh II). Avant quelques années ces mêmes caractéristiques seront devenues banales. (Cliché Microsoft)

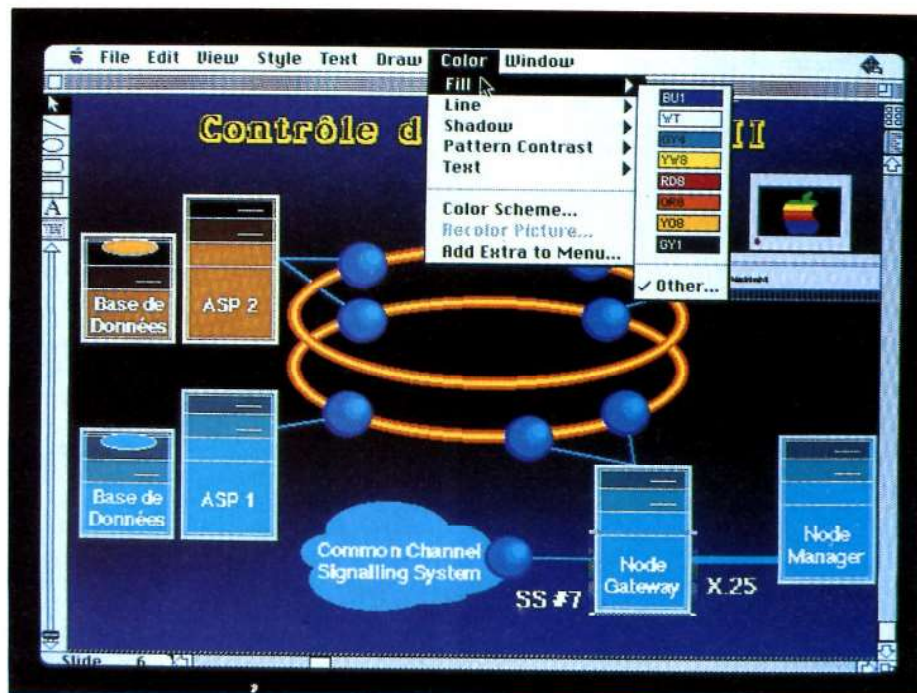
frère ». Mais qu'est-ce qui pourrait bien pousser IBM à mettre Unix en avant, dans le secteur de la micro-informatique, lorsque OS/2, commence à peine à s'installer? Sans parier sur une passion subite du numéro un pour ce gêneur, les observateurs s'accordent cependant pour prédire la poursuite de la pénétration d'Unix (le cabinet d'études de marché américain IDC prévoit ainsi Unix sur 22 % du parc informatique mondial en 1991, contre 6 % en 1986). Et l'on admet également qu'il devrait poursuivre sa « descente » progressive des moyens systèmes vers les

plus petits, entraîné par des secteurs d'application où il est passé maître sur mini-ordinateur ou station de travail (il est par exemple très apprécié en CAO — conception assistée par ordinateur). Il n'est donc pas déraisonnable de s'attendre à ce qu'il se fasse progressivement sa place au soleil sur micro-ordinateur, en faisant tache d'huile autour des applications d'ingénierie. MS/DOS et son successeur OS/2 cohabiteront de plus en plus avec Unix, il faudra s'y faire. Est-ce prendre un gros risque que de parier que cette partie de cartes pourrait trouver son aboutissement — un jour — dans une convergence de la filière MS/DOS vers Unix? On envisage même la possibilité d'intégrer OS/2 sous Unix, c'est-à-dire de faire vivre les deux systèmes sur un même ordinateur en « greffant » le premier sur le second...

En attendant, la percée d'Unix ne simplifie pas les choses. La micro-informatique avait un grand standard (PC) et un autre beaucoup plus petit (Macintosh), nous avons vu que la situation se complique déjà momentanément du fait de l'arrivée du PS/2 et favorise une fragmentation du marché. Cependant, la relation de parenté entre MS/DOS et OS/2 rend le schisme très relatif. Les développeurs de logiciels n'ont pas à repartir de zéro, il leur faut surtout repenser leurs produits en les adaptant au confort nouveau qu'apporte OS/2. Les versions de logiciels MS/DOS adaptées à OS/2 ne se feront pas attendre longtemps.

#### Des logiciels multistandards.

L'industrie du logiciel, plus généralement, apprend à vivre avec plusieurs standards. Voyons ce que fait une firme comme Lotus (numéro un, *ex-æquo* avec Microsoft, du logiciel pour micro-ordina-





teur), qui a bâti une fortune essentiellement sur son logiciel Lotus 1.2.3, ce « tableur » (logiciel de gestion de tableaux, appelé aussi « feuille de calcul électronique ») vendu à plus de quatre millions d'exemplaires depuis janvier 1983. Le Macintosh plait: on prépare une version de Lotus 1.2.3 pour lui; Unix s'installe: voici 1.2.3 sous Unix. Inutile d'évoquer le cas d'OS/2... Il sera difficile de détrôner le numéro un au hit-parade des logiciels. Microsoft de son côté propose déjà son traitement de texte Word, son tableur Excel et son « intégré » Works (traitement de texte, tableur, gestion de fichier

on généralement, seraient aujourd'hui disponibles sur PC. Ce chiffre taillé à la serpe mesure mieux la puissance de chaque PC que des Mips. Jamais l'informatique ne s'est à ce point rapprochée de la panoplie Black & Decker. Un magnétoscope peut nous montrer tous les Bogart, tous les Woody Allen et le prochain Stanley Kubrick, mais rien que des films. Le micro-ordinateur, lui, enrichit chaque année son répertoire de quelques talents nouveaux; ces derniers temps, il s'est mis au dessin technique, à la conception assistée par ordinateur, à la mise en pages. Profitant des progrès à venir, il va se

mande, elle est déjà parfois à la portée du micro-ordinateur et le sera tout à fait demain. Qu'il se trouve des applications susceptibles de déboucher sur des ventes à l'échelle de la micro-informatique, l'on verra peut-être partir en flèche Lotus 1.2.3 de l'intelligence artificielle.

Une mémoire centrale confortable, une mémoire de masse spatieuse et un système d'exploitation reconnu comme un standard de l'industrie, donnant accès à un large catalogue de logiciels. Nous avons dit que sans ces ingrédients il servait à rien que les prochains micro-ordinateurs courent beaucoup plus vite que ceux d'aujourd'hui. Il manque encore deux choses essentielles pour que l'on puisse vraiment dire qu'une petite révolution aura lieu sur les bureaux lorsqu'ils fleuriront ces nouveaux instruments de travail surpuissants. Un mot, en jouant avec peine avec lui, résume ce que l'entrepreneur — mais aussi l'administration, le laboratoire ou le bureau d'études — en attend avec la plus grande impatience: « communication ».

#### Micro-ordinateurs « branchés » et graphiques.

Télécommunications, tout d'abord, et le micro-ordinateur doit jouer pleinement son rôle dans cette « informatique répartie » ou « distribuée » — en tout cas communicante — qu'une abondante littérature promet depuis dix ans et qui vient enfin, techniquement et économiquement, tout à fait réalisable (voir « Les réseaux d'ordinateurs » dans ce numéro). Communication homme-machine, également: on retrouve ici une question déjà abordée sous l'angle du logiciel. Le micro-ordinateur peut et doit s'adapter aux techniques de communication humaine. L'image, le schéma, le graphique servent pour nous des véhicules de l'informatique à la fois très naturels et d'une rare densité. S'il doit devenir ce collaborateur électronique zélé, cet outil d'amplification de la réflexion que l'on décrit parfois, le micro-ordinateur de l'an 2000 devra offrir un confort graphique bien supérieur à ce que nous connaissons aujourd'hui. C'est d'autant plus que l'utilisateur de demain ressemblera de moins en moins à ce d'hier. Vingt millions de micro-ordinateurs ont été vendus dans le monde à cadence et des employés encore suffisamment motivés pour que l'on puisse attendre d'eux un petit effort d'adaptation aux bizarreries et aux miasmes de l'informatique. On ne peut espérer placer la main sur le bureau de Monsieur Tout le monde cent cinquante millions d'une pièce qui ne serait pas sensiblement plus apprivoisée. Et les meilleures recettes connues pour améliorer le dialogue homme-machine, nous l'avons passées par l'interaction graphique.

Communiquer, dira-t-on, les micro-ordinateurs ont commencé il y a quelque temps à le faire. Avec leurs grands frères, tout d'abord, grâce à des équipem-

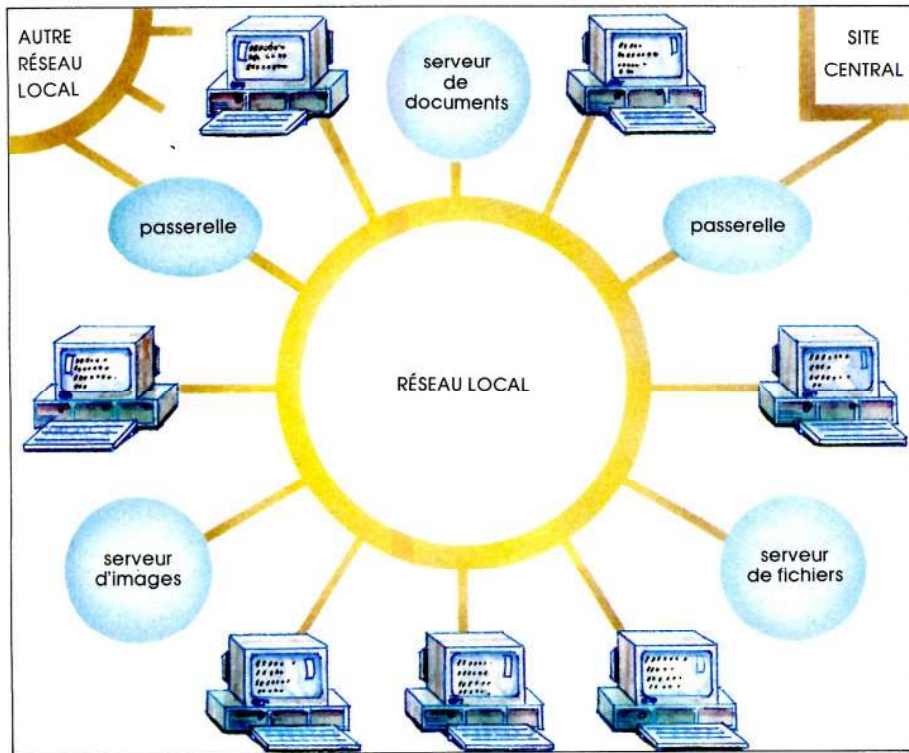


Figure 8. L'ordinateur personnel de l'avenir sera de moins en moins isolé. Grâce à un réseau local schématisé ici, il pourra dialoguer avec d'autres ordinateurs personnels et des machines spécialisées (serveurs) dans tel ou tel type d'applications. Des passerelles lui permettront d'échanger des informations avec des machines reliées à d'autres réseaux locaux ainsi qu'avec de grands ordinateurs (sites centraux). L'informatique de demain sera « répartie », disent les spécialistes: puissance de calcul et capacité de stockage ne seront plus centralisées mais distribuées localement, là où elles sont le plus nécessaires, le travail étant réparti cas par cas en fonction des besoins et des moyens.

et télécommunication) à la fois sur PC (et PS/2) et Macintosh, tandis qu'Aldus (Seattle) a conquis les deux tiers du tout nouveau marché du logiciel de mise en pages en proposant son PageMaker pour ces deux mêmes filières également; quatre standards au lieu de deux ne feront pas peur à des sociétés de ce type, a fortiori dans le cas de nouveaux produits pensés dans ces termes dès l'origine. Le marché du logiciel sur micro-ordinateur est momentanément un peu plus fragmenté, mais ce n'est pas la catastrophe, d'autant qu'il continue à croître. Les prix étant à la baisse, l'utilisateur achète de plus en plus souvent « pour voir » ou pour avoir sous la main un outil qui servira un jour.

En admettant que l'on sache les compter, dix mille logiciels différents, admet-

lancer en grand dans la simulation, la synthèse d'images en trois dimensions (voir l'encadré 2), ou même le raisonnement. Cette drôle de branche de l'informatique nommée « intelligence artificielle », qui se propose en toute simplicité de simuler nos démarches intellectuelles à l'aide de « systèmes experts », n'a certes pas fini de chercher les moyens de ses ambitions. Mais cela ne l'empêche pas de montrer ici où il y a des réalisations étonnantes, qu'il s'agisse de diagnostiquer une panne mécanique ou nos problèmes de cholestérol, de planifier la récolte du colza ou d'évaluer un risque financier. En prenant le temps qu'il faudra, l'intelligence artificielle, aujourd'hui isolée de l'informatique « classique », s'y intégrera pour devenir une façon de programmer parmi d'autres. Technique pourtant gour-

## 2 LE RÈGNE DU GRAPHIQUE

Le micro-ordinateur gagne du muscle, il améliore également sa conversation. Il nous dressait hier des messages, il nous parlera demain surtout en images. Les écrans d'antan étaient soit « alphanumériques » (ceux qui ne pouvaient montrer que des chiffres et des lettres), soit « graphiques ». Ce dernier qualificatif est désormais sous-entendu, un micro-ordinateur qui se respecte est aujourd'hui livré avec un écran tout court, « noir et blanc » ou « couleur ». Encore une précision qui va disparaître, car il est certain que les prochaines générations de micro-ordinateurs nous en feront voir de toutes les couleurs. Ceux d'aujourd'hui ont déjà commencé à s'attaquer à des secteurs d'applications qui ne cesseront de demander toujours plus de capacités d'expression graphique : conception assistée par ordinateur (mécanique, électronique, architecture...), publication assistée par ordinateur, même la création graphique et le dessin animé sont à leur portée. Progressivement, la micro-informatique permettra de produire aux prix qui sont le sens des images, dites de synthèse, que l'on peut aujourd'hui réaliser que sur des installations bien plus lourdes (voir les photographies). Le micro-ordinateur de demain, par ailleurs, ne sera plus isolé, mais connecté par un intermédiaire d'un réseau local à un vaste ensemble de ressources informatiques proches ou lointaines, en particulier de gros ordinateurs. Il deviendra un point de passage obligé pour l'informatique plus lourde, et en retour sa trine. Les problèmes graphiques nécessitant de fortes puissances seront « sous-traités » auprès d'un gros ordinateur, mais la préparation du travail ainsi que la présentation des résultats resteront le fait du poste de travail individuel. Puis, même sans aller chercher des applications particulièrement sophistiquées, un budget télévisuel ou une analyse statistique ne perdent rien à être agrémentés de quelques courbes, histogrammes et autres « camemberts » hauts en couleurs. La visualisation graphique fera partie de l'ordinaire du micro-ordinateur de demain, ses écrans et ses imprimantes seront graphiques.



Visualiser un graphique ou une image est une histoire qui se termine le plus souvent, aujourd'hui comme il y a dix ans, sur la surface d'un tube cathodique. Plusieurs technologies concurrentes (essentiellement les écrans à cristaux liquides, à plasma et électroluminescents) ont certes permis de réaliser des « écrans plats » plus compacts, plus légers et plus robustes — caractéristiques qui les destinent aux micro-ordinateurs portables —, mais n'ont jusqu'à présent rien apporté d'essentiel sur le plan de la qualité de l'image. L'industrie japonaise a particulièrement étudié la voie des « cristaux liquides », caractérisée par sa sobriété sur le plan de la consommation électrique. La couleur est accessible, mais ses écrans restent lents le passage du noir au blanc n'est pas instantané — et peu contrastés. Même la variété la plus prometteuse, dite à matrice active parce que chaque point y est commandé par un tran-



(Cliché TDI)

sistor (que maîtrise notamment une équipe du CNET de Lannion), ne menace pas à court terme le tube cathodique. La qualité d'un écran se mesure d'abord au nombre de points distincts dont il peut modifier l'aspect, c'est-à-dire à sa définition. L'écran standard d'un micro-ordinateur récent (Macintosh II d'Apple, PC ou PS/2 à la nouvelle norme VGA d'IBM) affiche sur son écran 480 lignes de 640 points chacune, soit plus de 300 000 sur un rectangle de 30 à 35 centimètres de diagonale. Le marché offre quantité d'écrans de plus grandes dimensions (48 centimètres de diagonale le plus souvent, et jusqu'à 63) et de meilleure résolution. En noir et blanc, on atteint les huit millions de points avec l'écran « pleine page » (le format d'une feuille de papier ordinaire) Exact-8000 de la société américaine Flanders Research, offrant une densité de 12 points au millimètre. Les écrans couleur des micro-ordinateurs actuels, pour leur part, dépassent rarement de beaucoup le million de points (typiquement 768 fois 1 024 ou 1 024 fois 1 280 points), mais les industriels envisagent d'offrir d'ici la fin du siècle des définitions allant jusqu'à quatre millions de points et au-delà. Depuis quelques années, pratiquement tous les écrans fonctionnent selon un principe nommé *bitmap* dans le français de rigueur. L'écran proprement dit est devenu la contrepartie visible de ce qu'on appelle une mémoire d'écran contenant l'information décrivant chacun de ses points. Quelle que soit la forme sous laquelle elle est décrite à l'origine, l'image à afficher est traduite en points dans cette mémoire, tandis que l'électronique de commande de l'écran y accède périodiquement (jusqu'à près de cent fois par seconde, pour une meilleure stabilité), ligne par ligne et point après point afin de constituer le signal vidéo commandant la formation de l'image sur le tube par balayage, comme dans n'importe quel poste de télévision. Le recours à cette technique a été rendu possible notamment par la diminution constante du prix des mémoires. Car il en faut une quantité non négligeable ! Un bit de mémoire permettant de coder deux états distincts, par exemple « noir » et « blanc », un écran monochrome d'un million de points nécessite déjà autant de bits, soit l'équivalent de 128 kilo-octets. C'est encore raisonnable, car un écran couleur confortable (48 centimètres, autour d'un million de points, 30 ou 40 000 francs) offre une palette de 256 couleurs. Chaque point y est codé sur un octet

(groupe de huit bits permettant précisément de représenter 256 valeurs différentes), et il faut donc un million d'octets (un méga-octet) pour stocker l'image entière. Mais une société (américaine) comme RasterOps offre déjà — pour 60 000 francs, il est vrai — un écran pour le Macintosh II d'Apple définissant la couleur de chaque point sur trois octets (un pour chaque composante, rouge, verte et bleue) et offrant ainsi seize millions de nuances, bien plus que de points ! On peut parier sans risque — c'est l'électronique qui fait la différence, le tube provient des mêmes chaînes que ceux de nos téléviseurs — que le plus beau des écrans d'aujourd'hui sera le minimum garanti avant dix ans.

La parole ne remplace pas l'écrit, l'image écran qui s'affiche a également besoin d'une contrepartie sur papier. L'impression elle aussi est entrée dans l'ère du tout graphique. L'imprimante qui monte est à laser (voir « *Le Desktop Publishing* », dans notre numéro d'octobre 1987) : ce dernier forme par balayage sur un cylindre en rotation chargé électrostatiquement une image latente, révélée ensuite par la projection d'une encre en poudre reportée finalement sur le papier. Tout comme pour un écran, l'image est d'abord formée dans une mémoire de page avant d'être reportée sur le support. Une imprimante laser typique (autour de 20 000 francs) consacre un méga-octet à cet usage, représentant huit millions de points — noirs ou blancs — à raison de 12 par millimètre linéaire sur un format A4 (21 sur 29,7 centimètres). Les 48 points au millimètre sont pratiquement disponibles outre-Atlantique chez Printware. La couleur est déjà là, mais plus facilement servie par une technologie dite du transfert thermique, dans laquelle trois ou quatre encres différentes (trois couleurs fondamentales plus éventuellement le noir) sont successivement reportées d'un ruban sur le papier par l'action d'une tête thermique qui les porte à leur point de liquéfaction. Thermiques ou à laser, les imprimantes graphiques « sans impact » qui nous impressionnent aujourd'hui ne tarderont pas — vu leur relative simplicité sur le plan mécanique — à atteindre le niveau de prix (quelques milliers de francs) des modèles classiques « à impact ». A l'écran comme sur le papier, la micro-informatique offrira demain l'image au prix où l'on payait le texte hier.

Pierre Vandeginst

(« modems » permettant aux données informatiques d'emprunter des voies non conçues pour l'information numérique) et des logiciels *ad hoc*. Mais surtout maintenant entre eux, également, grâce aux réseaux locaux, ces sortes d'interphones à leur usage. La technologie était pratiquement prête depuis quelques années, mais l'expansion d'un marché comme celui-là est particulièrement tributaire de la reconnaissance de standards et il a fallu attendre d'y voir clair sur ce plan. Le phénomène a vraiment démarré il y a un an environ, pratiquement lorsqu'IBM a dit: « On y va ». Depuis, les ventes ont pris leur envol et des fortunes sont en train de se bâtir sur ce nouveau marché. Les prix des équipements d'interconnexion ont commencé à répercuter l'accroissement des volumes de production. Enfin, l'exploitation au niveau logiciel des possibilités offertes par les télécommunications commence à dépasser le stade du simple partage d'un équipement coûteux (imprimante laser, typiquement). L'informatique distribuée avec un grand « D », ses logiciels coopérant de manière « transparente » (l'utilisateur ne « voit » qu'un seul logiciel, fonctionnant sur son ordinateur personnel, alors qu'une partie du travail est par exemple effectuée sur un grand ordinateur) et ses « bases de données réparties » (collections d'informations physiquement stockées en plusieurs points mais « visibles » comme un tout par l'utilisateur), arrive. Il

faudra un espéranto pour ces bases de données à succursales multiples, un « langage de requête », disent les spécialistes, assez reconnu pour que tout logiciel puisse aller puiser les informations dont il a besoin là où elles sont sans être polyglotte. C'est encore un terrain où la norme semble devoir être la norme IBM, puisque SQL (*Structured Query Language*) est généralement donné gagnant.

#### Les micro-ordinateurs dialoguent.

On parle d'eux depuis dix ans, maintenant on les vend, on se les arrache, presque, aux Etats-Unis: les réseaux locaux sont parmi nous. Au plan technique, l'offre se divise entre deux méthodes, la diffusion (un certain CSMA/CD) et le « passage de jeton », qui devraient cohabiter quelque temps même si la seconde a clairement la préférence d'IBM. Quelques sociétés spécialisées se partagent avec les constructeurs d'ordinateurs, notamment IBM et Apple, l'essentiel du marché: Novell, 3Com, Fox Research et Corvus. La première nommée, par exemple, une société installée dans l'Utah qui revendique 47 % du marché mondial du logiciel de gestion de réseau local, aurait déjà installé 220 000 réseaux dans le monde, interconnectant 2,2 millions de postes de travail. On propose aujourd'hui couramment des débits d'informations allant jusqu'à dix millions de bits par seconde (un peu plus d'un million d'octets par

seconde). Le champion actuel, Proteon propose déjà une solution à 80 Mbits/s, tandis qu'un standard à 100 Mbits/s est déjà en discussion. Tout laisse penser que le milliard de bits par seconde sera disponible avant l'an 2000. Progrès notable: de nombreux produits permettent désormais de constituer des réseaux hétérogènes mettant notamment en relation PC et Macintosh.

Tout autant que la communication entre ordinateurs, la communication entre l'homme et la machine est amenée à connaître des améliorations substantielles. Parmi les caractéristiques du Macintosh expliquant son succès, on cite régulièrement son écran graphique, certes de petites dimensions (23 cm de diagonale), mais d'une définition honnête (512 points sur 342). L'existence d'un paragon homogène de plusieurs centaines de milliers d'unités dotées du même écran contribua d'ailleurs à placer Apple en position de pionnier sur le marché naissant de la PAO (« publication assistée par ordinateur », ou l'art de réaliser une publication sur micro-ordinateur) en 1986. Côté PC, IBM n'ayant pas au début défini de standard graphique, l'offre était hétérogène et se situait pour l'essentiel à un niveau de qualité assez médiocre. Le Macintosh II a fait monter la barre encore un peu plus haut avec l'introduction de la couleur, mais dans le même temps l'annonce du PS/2 a enfin apporté ce qui avait fait défaut aux applications graphiques sur PC: un standard, dénommé VGA (*Video Graphic Array*).

Nous espérons avoir fait comprendre que l'on ne peut esquisser le portrait d'un micro-ordinateur de l'an 2000 en se contentant de pronostiquer sa puissance de calcul. Les Mips sont sans aucun doute un ingrédient utile, mais l'utilisateur n'en profite que s'ils sont servis par un environnement dont nous avons tenté de décrire les composantes essentielles. On aura également compris que même la description de l'ordinateur personnel le plus équipé ne dit pas encore assez ce qu'il sera la micro-informatique de l'an 2000. Aussi puissant qu'il soit, il n'est plus rien si on l'extrait de ce paysage micro-informatique, peuplé de logiciels et irrigué par la communication, que nous nous sommes efforcés de dépeindre. Demain il y aura certes encore plus de micro-ordinateurs sur les bureaux, chacun plus puissant que le dinosaure qui gère notre compte en banque, mais ce que nous percevrons avant tout, depuis notre poste de travail personnel, c'est la puissance disponible, derrière la prise, sur le réseau, celle d'autres ordinateurs individuels, mais aussi celle de machines spécialisées dans la gestion de gros fichiers dans le traitement des « connaissances » et le raisonnement ou, pourquoi pas, dans la gestion des « documents », intégrés à des textes, graphiques et images. Le micro-ordinateur de l'an 2000 est un poste de commande branché sur l'informatique tout entière.

La clé de l'Avenir d'un grand laboratoire  
pharmaceutique français (3.500 personnes).

## Informatique de recherche

Nous vous proposons le poste de **Coordinateur de l'Informatique Scientifique**

Vous êtes un concepteur, mais aussi un organisateur qui communique et dialogue pour mieux adapter et développer des systèmes.

Vous êtes Ingénieur Grande Ecole avec une expérience de 5 ans minimum dans la conception et le développement de systèmes informatiques, acquise en conseil ou dans une grande entreprise.

Votre mission prioritaire sera l'élaboration d'un schéma Directeur de Recherche et de Développement.

Vous devrez assurer ensuite la coordination des études de plusieurs centres de Recherche en France et à l'étranger, en liaison avec les équipes locales.

Merci de nous adresser lettre manuscrite +CV +photo sous référence 38639 à Média System, 6/8 Impasse des Deux Cousins 75849 Paris Cedex 17, qui transmettra.

# L'Europe des nouveaux ordinateurs

La décennie 1980 aura marqué une évolution fondamentale dans l'histoire de l'utilisation des ordinateurs. C'est au cours de cette décennie, en effet, que la preuve aura été faite qu'un ordinateur pouvait non seulement calculer ou raisonner efficacement sur des nombres mais, plus généralement, sur des symboles représentant des connaissances ; que l'homme pouvait communiquer avec une machine électronique non plus seulement à l'aide d'informations codées mais par le biais de dessins, d'images, de textes en clair, voire de la voix, que les hommes, enfin, les sociétés ou les entreprises pouvaient trouver dans les ordinateurs un outil incomparable de communication et d'auto-organisation.

Il est clair que les changements que nous pourrions observer au cours des années 1990 consisteront, pour une grande part, en une amplification, une généralisation, une plus grande diffusion des effets de l'évolution que nous venons de souligner. Bien entendu, cette mutation profonde du rôle et de l'utilisation des ordinateurs suppose l'existence d'un flot continu et substantiel de progrès scientifiques et techniques en matière de concepts nouveaux de calcul ou de raisonnement et de langages de programmation aptes à les exprimer, mais aussi en matière de technologie, d'organisation interne des composants électroniques d'une machine et, plus généralement, en matière d'architecture des systèmes d'information.

Dans ce contexte de large évolution, il importe de souligner le rôle que peuvent jouer l'industrie et la recherche européennes, et ceci notamment dans le cadre du programme Esprit de la Communauté européenne.

Au cours des quatre ans qui viennent de s'écouler, un budget de plus de cinq cents millions d'Ecus, partagé à part égale entre les industriels et la communauté, aura été consacré aux domaines dont relèvent les sujets des articles de ce numéro. Au cours de cette période, on peut notamment citer les études qui ont été poursuivies dans le cadre du projet dit 415, regroupant en particulier Bull, Nixdorf et Philips, afin de mettre en place les architectures à haut degré de parallélisme aptes à traiter efficacement les applications de l'intelligence artificielle et des bases de données.

En matière d'interface homme-machine, les travaux réalisés dans le cadre des projets tels que « Intelligent Work Station », ou WS (Bull, AEG, les Télécommunications italiennes) ou encore COCOS (« Components

for future Computing Systems ») avec ICL (International Computers Ltd.) et Olivetti, ont été déterminants pour mettre en place les composants de base des stations de travail du futur, permettant une communication multi-media (texte, voix, image) entre l'utilisateur et l'ordinateur. De même, les études relevant du projet « Construction and Management of Distributed Office Systems » ou COMANDOS (Bull, ICL, Olivetti) permettent de discerner très clairement comment seront constitués les systèmes d'information répartis de la prochaine décennie et la façon de les utiliser.

Au cours de la seconde phase du programme Esprit, qui démarre en 1989, c'est à un doublement des financements que nous avons évoqué qu'il faut s'attendre et à l'apparition sur le marché des premiers produits industriels hérités des études entreprises.

Dans tous ces projets des centres de recherche universitaires ou publics sont très largement associés aux industriels.

En dehors de ces initiatives, il importe aussi de mettre en évidence les actions directement engagées par les entreprises pour mettre en place les masses critiques de recherche en matière de nouveaux ordinateurs. Ainsi, Bull, ICL et Siemens, en fondant conjointement à Munich, l'ECRC (European Computer Industry Research Center) se sont donné les moyens de faire face avec succès aux avancées américaines ou japonaises dans le domaine de l'intelligence artificielle. L'année 1989 verra l'apparition, sous forme de prototypes pré-industriels, des premières machines conçues par l'ECRC et visant à l'interprétation de manière significativement plus performante du langage logique Prolog, inventé en France à Marseille par A. Colmerauer et son équipe. D'autres projets de l'ECRC au niveau des langages et des bases de données marquent des percées technologiques à l'échelle mondiale et sont en phase finale d'industrialisation.

Cette brève description des actions qui ont été engagées permet néanmoins de mesurer le rôle que l'Europe peut jouer pour préparer les solutions techniques qui sous-tendent cette formidable évolution de l'informatique. Il importe, en effet, d'évaluer l'importance des enjeux qui sont devenus notamment essentiels à la maîtrise des progrès scientifiques en général.

Citons à ce propos le rapport du « White House Science Council Research in Very High Performance Computing » (novembre 1985) : « *The bottom line is that any country which seeks to control its future must effectively exploit high performance computing* ». (1)

Les besoins en puissance de calcul et en capacité mémoire ne sont aujourd'hui limités que par les technologies disponibles. L'effort entrepris par Bull et les autres Européens en matière de standards et prin-

cipalement autour d'Unix et d'OSI (Open Systems Interconnection) permet seul l'émergence de nouveaux produits sur le marché associant à la fois tous les progrès de la technologie, du logiciel — en particulier les compilateurs — et des architectures. Beaucoup de ces nouveaux produits sont déjà présents ou arrivent sur le marché qui vont décupler l'efficacité et la productivité des scientifiques et des chercheurs dans les bureaux d'études et les laboratoires. D'autres nécessiteront encore du temps pour une parfaite maîtrise et pour disposer à la fois des outils de programmation et des algorithmes adaptés.

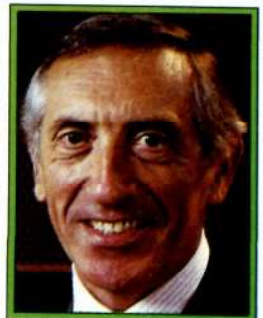
S'il ne fait pas de doute que, dès à présent, des ordinateurs à architectures parallèles permettent de résoudre certains problèmes spécifiques : traitement du signal, traitement d'images, il y a encore un long chemin à parcourir pour disposer d'ordinateurs à très fort parallélisme regroupant des centaines ou des milliers de processeurs pour des applications générales. Dans beaucoup de domaines des progrès théoriques sont encore à réaliser. Mais la voie est tracée et il faut la poursuivre.

Il importe que l'Europe reste présente dans ce secteur tant au niveau de la recherche que de l'industrie. Si Esprit a représenté un progrès, il est encore très insuffisant. Il faut une véritable mobilisation des gouvernements, des centres de recherche, des industriels, avec un fort esprit de coopération pour que l'Europe non seulement suive, mais ait l'ambition d'acquiescer le leadership qui s'impose.

Les Etats-Unis l'ont bien compris et un effort sans précédent a été entrepris par le gouvernement fédéral. L'enjeu est bien connu et il est de taille. Le rapport de novembre 1987 du comité mis en place par la Maison Blanche, cité plus haut, pour proposer une stratégie dans le domaine du calcul de très haute performance mentionne : « *In the long term, enhancement of the computing technology base will have significant impact in productivity efficiency and effectiveness of government, industry and the research community* ». (2)

En créant un large marché unifié, en favorisant la communication et les contacts entre les individus, les universités, les centres de recherche et les entreprises, 1993 constituera une opportunité nouvelle de succès de l'industrie européenne en informatique dont elle devra savoir profiter.

Jacques Stern,  
P-D-G  
du groupe Bull



Cliché Bull

(1) « En définitive, tout pays qui cherche à maîtriser son avenir doit exploiter efficacement le calcul de haute performance ».

(2) « A long terme, une utilisation plus étendue des technologies informatiques aura un impact important sur la productivité et l'efficacité des gouvernements, de l'industrie et de la communauté des chercheurs ».