

# Chapitre 9

## Deux années de progrès et d'innovation technologiques

NARASIMHIA SESHAGIRI

Secrétaire, Commission de la Planification  
et Directeur général  
du Centre national d'informatique\*

### LE CADRE INTÉGRATEUR DU PROTOCOLE INTERNET

La tendance vers la globalisation des technologies de l'information et des communications, qui s'appuie sur les matériels et logiciels informatiques, les récepteurs radio et TV, les équipements de diffusion et de télécommunications, les systèmes multimédias et de gestion de réseau, a donné naissance à de nouvelles technologies et à de nouveaux produits et services. Au cours des années 1997 et 1998, le nombre de ces innovations a augmenté de façon spectaculaire.

Ce chapitre se propose de décrire les innovations qui jouent indubitablement un rôle déterminant dans l'actuelle tendance vers une convergence des technologies. Il est clair qu'un ouvrage entier ne suffirait pas à brosser un tableau fidèle de la situation générale ; c'est pourquoi de nombreux points ne sont pas abordés, tels que les gros systèmes, les processeurs RISC (Reduced Instruction Set Computing [ordinateur à jeu d'instructions réduit]), le traitement en parallèle ou les problèmes de sécurité. Par ailleurs, la difficulté de tracer une frontière claire entre les aspects matériels et logiciels de ces innovations technologiques impose une autre contrainte. De même, les progrès dans les domaines de l'informatique scientifique, de la gestion des bases de données et d'utilisation des réseaux auraient également pu être évoqués, mais n'ont pas été traités, faute de place. Nous espérons toutefois que cette étude permettra au lecteur de prendre la mesure du rythme croissant de l'innovation de l'ensemble des technologies de l'information et des communications, dont le moteur est l'association des phénomènes de mondialisation et d'intégration.

L'intégration se matérialise par la création de nombreuses communautés virtuelles, regroupées autour de thèmes communs spécifiques, grâce auxquelles les analystes peuvent identifier les produits, systèmes et services répondant aux besoins de leurs membres. Nous examinerons les produits issus de la convergence technologique de l'informatique, de la diffusion, des télécommunications et de l'électronique

\* Manuscrit reçu le 30 octobre 1998.

grand public afin de déterminer comment les innovations d'aujourd'hui façonneront les services de demain, notamment du point de vue de la création, de la transmission et de l'utilisation de contenu.

La prééminence incontestable du protocole IP (Protocole Internet) dans les communications — véritable vecteur de la réorientation et du développement des technologies de l'information et des communications — a assurément marqué ces deux années particulièrement intenses. Ce protocole polyvalent sans connexion est une méthode permettant d'acheminer via Internet des données sous forme de paquets, d'un ordinateur à adresse unique à un autre, selon des itinéraires différents. A l'arrivée, ces paquets sont réassemblés par le protocole TCP (Protocole de contrôle de transmission).

Les grands réseaux (WAN), auxquels appartient Internet (réseau international), les intranets (réseaux d'entreprise) et les extranets (réseaux inter-entreprises), sont tous basés sur le protocole IP. Mais ce n'est pas tout puisque le protocole IP est utilisé partout : dans les réseaux métropolitains (MAN), les réseaux locaux (LAN), mais aussi dans les équipements tels que les ordinateurs de réseaux (**network computers**), les stations de travail, les serveurs de groupes de travail, les serveurs de médias, les serveurs Web, les réseaux de télévision câblée, les raccordements sans fil d'abonnés, les décodeurs et même les kiosques.

Cette présentation est organisée autour de deux thèmes concernant tous ces systèmes, ainsi que les équipements et dispositifs sous-jacents : les technologies qui orientent le marché du contenu et les nouveaux produits des deux dernières années qui auront sans doute une incidence sur les services des années à venir. Les marques citées ici ne doivent être considérées que comme des exemples représentatifs des tendances de ce marché très changeant.

## MATÉRIEL

Parmi les technologies qui orientent le marché du contenu, un certain nombre d'innovations récentes ont permis d'accroître la vitesse, la capacité et la polyvalence du matériel. Comme on pouvait s'y attendre, la loi de Moore a permis de doubler les performances des microprocesseurs ces dix-huit derniers mois. Les bases étaient alors posées pour permettre aux ordinateurs individuels (PC) de prendre en charge des jeux d'instructions, des mémoires cache, des architectures et des interfaces de bus complexes et étendus. Avec le passage de l'interface 296-pin Socket-7 à l'interface Slot-1 sur la deuxième génération de la famille des processeurs Intel Pentium, on dispose aujourd'hui d'un 242-Contact Slot Access sous la forme d'une simple cartouche à contact unique — une innovation qui permettra d'évoluer d'un type de microprocesseur à un modèle plus récent sans modification majeure de l'architecture du PC. C'est un vrai rêve pour les concepteurs : ils peuvent faire progresser fréquemment la capacité des PC, pour leur permettre de gérer un volume de contenu sans cesse croissant, sans perturber les utilisateurs. Avec en entrée de gamme le modèle Covington, d'un coût peu élevé pour des performances moyennes, grâce auquel les concepteurs peuvent créer un large éventail de produits à partir d'une simple carte mère, et en haut de gamme le modèle Mendocino, qui porte la vitesse des 128 Ko de cache L-2 au niveau de celle du processeur, la puce Celeron est tout à fait en mesure d'impulser un nouvel élan au marché du contenu. Les trois fabricants AMD, Cyrix et IDT concurrencent Intel, respectivement avec les processeurs K6, MXi et C6. Début 1999, ils raffermiront leur position avec le lancement des modèles K7, Jalapeno et C7. Au même moment, Intel devrait élargir son champ d'action avec les processeurs Katmai et Merced, dotés de jeux d'instructions 64 bits, destinés aux marchés des serveurs et stations de travail.

Avec l'informatique portable, la saisie de données sur le terrain est grandement simplifiée. Sur le

segment des boîtiers de « collecte d'informations sans fil » fonctionnant à piles, les processeurs PDA (Personal Digital Assistant [assistant personnel numérique]) intégrés tels que le StrongArm-1100 d'Intel, cadencé à 200 MHz et qui ne consomme que 200 mW pour l'alimentation d'un PC portatif, le Palm-III de 3Com doté d'un récepteur infrarouge et d'un modem câblé pour connexion au Web, ou encore le modem sans fil de Novatel Minstrel font figure de précurseurs en intégrant à la fois le transfert de données et la communication voix. Avec une capacité allant jusqu'à 128 Mo, la mémoire optique à lecture seule (OROM), dépourvue de toute pièce mobile, offre une capacité de stockage complémentaire aux PC portatifs. Le Nino Palm PC de Philips, qui exécute des versions allégées des applications Microsoft, est d'ores et déjà disponible, mais le dispositif d'alimentation qui l'équipe actuellement ne lui assure qu'une autonomie de quelques semaines seulement. Son concurrent le plus redoutable, l'unité Windows CE, gagne du terrain.

## PÉRIPHÉRIQUES

Dans le domaine de la domotique, la principale difficulté porte sur la communication entre les divers équipements et appareils. Ce problème est en passe d'être résolu grâce à un certain nombre de technologies qui font appel au câblage électrique domestique alimentant téléphones, ordinateurs et autres commandes des appareils électroménagers, et utilisant le standard X-10 adopté sur la plupart des types d'appareils. En parallèle, les fabricants d'électronique et d'ordinateurs PC se sont également entendus sur un standard électronique grand public CE-bus (Consumer Electronics) **plug-and-play**, supérieur au standard X-10 utilisé jusqu'à présent. Des logiciels de pilotage des modules de l'un ou l'autre de ces standards sont déjà disponibles sur le marché. Des réseaux PC Ethernet dotés de contrôleurs CE-bus peuvent ainsi être raccordés à des PC ou à des équipements de loisirs domestiques.

Avec l'ordinateur familial Sedona, qui réunit un système de fichiers, un navigateur Web et une messagerie cliente dans une même interface graphique — un concept novateur élaboré par Intel Architecture Lab (IAL) et qui ne manquera de faire des émules — la recherche de contenu devient véritablement polyvalente. En effet, Sedona peut localiser individuellement des unités, des fichiers, des messages, des pages Web ou des informations correspondant à des centres d'intérêt, sans aucune action particulière en entrée. Il peut également corréler un message et/ou un document ouvert par un utilisateur à toute information stockée s'y rapportant.

Avec les nouveaux standards audio récemment élaborés, les développeurs de contenu peuvent apporter le son 3D à leurs animations multimédias codées en Dolby Digital. Cette nouveauté confère une indéniable profondeur au son au point de créer un véritable effet d'immersion. Ainsi, les nouveaux produits multimédias comportent des séquences sonores qui créent l'illusion du son 3D, même avec de simples écouteurs ou une paire de haut-parleurs de PC. Direct sound et Direct sound 3-D de Microsoft permettent de mixer plusieurs flux audio et de programmer de manière indépendante des canaux à effet d'environnement total. Avec les besoins de stockage croissants du multimédia, la disquette et sa capacité limitée de 1,44 Mo perd de son intérêt au profit de trois grandes technologies concurrentes de lecteurs amovibles : le Zip Drive de Iomega, le HiFd de Sony-Fujifilm et le LS-120. Toutes visent à proposer un support bon marché d'une capacité de 100 Mo, idéal pour les productions multimédias, et assurant bien évidemment une compatibilité descendante avec les disquettes 3,5 pouces actuelles.

## MÉMOIRES

Du lecteur de CD-ROM (disque compact à lecture seule), la tendance s'oriente désormais vers le lecteur de DVD-ROM-2 (disque numérique polyvalent à lec-

ture seule, version-2), qui peut lire des CD enregistrables ou réinscriptibles, même si pour l'heure ce dernier reste moins performant que le plus rapide des lecteurs de CD-ROM. Ses résultats sont toutefois supérieurs à ceux du DVD-ROM-1. La capacité tout à fait phénoménale des DVD contribuera sans aucun doute à l'accroissement du volume de données brutes. L'enregistrement de films longs métrages sur DVD est devenu possible, avec la compression vidéo MPEG-2 (Moving Pictures Expert Group [groupe d'experts des images animées]) haute résolution, la compression audio Dolby à effet d'immersion et des animations graphiques 3D étendues. Aujourd'hui, il est possible de répondre à tous les types de besoins, du stockage haute densité classique au stockage de données audio et vidéo de qualité cinématographique. Alors que le CD-ROM a une capacité maximale de 650 Mo, les supports DVD-ROM actuels peuvent contenir jusqu'à 5 Go de données par face et évoluent rapidement vers les 17 Go. Le standard MPEG-2 offre désormais une qualité supérieure à celle des disques laser. Avec le standard vidéo MPEG-2, on est aujourd'hui techniquement en mesure de créer un atlas géographique interactif couvrant l'ensemble de la surface du globe par sections d'un kilomètre.

## LOGICIELS

1998 est une année charnière pour l'industrie des logiciels. Les décisions prises aujourd'hui par les acteurs majeurs du secteur détermineront l'orientation de l'évolution des architectures logicielles de demain. L'interpénétration des domaines de l'informatique, des communications et de l'électronique grand public vient renforcer cette tendance. Le fameux noyau Windows 3.x, lancé à partir de DOS, l'architecture de systèmes d'exploitation naguère dominante, va disparaître. Bientôt, Windows NT pourra répondre aux besoins des ordinateurs de grande distribution et prendre en charge un ensemble limité de périphériques. Microsoft a entrepris des efforts de développe-

ment qui permettront d'utiliser le système d'exploitation Windows NT sur le segment de l'informatique domestique, et donc de faire de Windows une plate-forme plus stable. Parallèlement, on travaille activement à l'élaboration d'une architecture 64 bits, qui sera la prochaine mutation conceptuelle de l'industrie : l'espace de plus de 4 milliards d'octets d'une adresse 32 bits sera multiplié par deux. Pour les programmeurs, il ne sera alors plus nécessaire d'ouvrir et fermer des fichiers pour y lire ou écrire des données, grâce à un système de fichiers mappé en mémoire. Le système d'exploitation déplacera les octets du disque à la mémoire en fonction des besoins, de façon à récupérer en l'état la structure de données du système d'exploitation contenant le fichier de données. Pour un certain nombre d'applications, cette nouvelle architecture permettra également d'utiliser des nombres entiers et non plus des valeurs à virgule flottante, avec à la clé un traitement plus rapide et une programmation simplifiée.

## CONVIVIALITÉ ET IMPLICATION DE L'UTILISATEUR

L'année 1998 a également marqué le recul des intermédiaires professionnels, les utilisateurs étant de plus en plus étroitement associés à l'élaboration des logiciels et à leur mise en œuvre. De ce fait, l'utilisateur devra apprendre à formuler ses besoins, à définir et adapter les calculs et à effectuer des tâches telles que la configuration, la mise à jour, la sauvegarde et la restauration. Dans ce contexte, la conception de logiciels doit désormais s'appuyer sur une nouvelle définition de la convivialité. Ainsi, les sources logicielles telles que le Web, Integrated Office Suites, Interactive Environment et Visual Basic (qui créent leur propre environnement à partir des ressources disponibles) connaissent un succès croissant dans la mesure où elles permettent aux utilisateurs de créer des applications précisément adaptées à leurs besoins. Le défi de

l'élaboration de processus autonomes pouvant être exécutés sans surveillance impose également de définir des stratégies incluant des jeux de calculs ouverts. C'est dans ce cadre que les processus indépendants de tri du courrier, de traitement automatique des chèques, ainsi que les « démons » (des ensembles de programmes et d'instructions permettant d'automatiser des tâches de gestion de réseau), qui sans cesse sélectionnent de nouveaux éléments dans de nouveaux champs, ont trouvé un écho plus que favorable sur le marché.

En phase avec ces développements, l'interface utilisateur des ordinateurs de type PC se rapproche de la logique humaine, sous l'impulsion du concept des hyperliens utilisés sur le Web. Avec l'apparition de nouveaux produits logiciels qui organisent graphiquement les informations de manière intuitive et de plus en plus attrayante, l'interface utilisateur graphique est considérablement améliorée. En outre, avec les programmes de reconnaissance vocale d'IBM, de Dragon Systems et d'autres encore, un processus a été engagé vers l'intégration de la reconnaissance dans les programmes existants, comme c'est d'ailleurs déjà le cas de la version de Lotus Notes à reconnaissance vocale.

## BASES DE DONNÉES

Le développement des systèmes de gestion des bases de données orientées objet s'est accéléré au point de faire de l'ombre aux systèmes traditionnels de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR). Les bases de données orientées objet permettent de créer de nouveaux types de données avec des attributs classiques, comme ceux des modèles relationnels, mais aussi des fonctions, méthodes et objets intégrés tout à fait adaptés aux applications à fort contenu en images et données vidéo. Cependant, la popularité croissante de l'exploitation de gisements de données (l'extraction de données numériques stockées dans des tableurs et bases de données) et du stockage massif de données

(le regroupement d'informations provenant de bases de données de gros systèmes et de serveurs de PC dans de gigantesques bases de données centralisées) est venue à la rescousse des bases de données relationnelles. Pourtant, compte tenu de l'interopérabilité de D-COM (Distributed Component Object Model) et de Java exécuté sur architecture CORBA (Common Object Request Broker Architecture), les bases de données permettent aujourd'hui de mélanger des données ou de les faire correspondre comme jamais par le passé. Ces deux tendances ont donné naissance à une technologie hybride qui confère une fonctionnalité objet aux produits SGBDR classiques.

La visualisation des données est un nouveau type d'application graphique, grâce auquel on peut observer graphiquement les tendances et variations exprimées par les valeurs. Par ailleurs, on intègre le langage évolutif XML (Extensible Markup Language) et le langage de balisage dynamique HTML (Hypertext Markup Language) pour améliorer la qualité des données graphiques sur le Web. De nouveaux logiciels graphiques sont en développement pour permettre une exploitation complète des gisements de données et la mise au jour d'informations cachées. Enfin, on travaille activement à la mise au point de PC dotés de capacités graphiques 3D supérieures aux performances actuelles : ils ouvriront la voie vers une nouvelle étape dans l'immersion, où l'utilisateur aura la sensation d'être au cœur de l'image et du son.

## RÉALITÉ VIRTUELLE

La réalité virtuelle est désormais considérée comme le prolongement naturel du multimédia interactif. De nouvelles interfaces telles que Vision Dome et Immersive Work Bench permettent à plusieurs collaborateurs de mener des simulations en totale interactivité sur des prototypes virtuels. Grâce aux réseaux à hauts débits et à l'extension globale du Web, cette nouvelle approche peut être mise en œuvre à partir de n'importe quel point de la planète. Les architectes et créa-

teurs de mobilier recourent déjà à la réalité virtuelle 3D sur le Web, via le langage VRML (Virtual Reality Modeling Language), pour permettre à leurs clients de faire leur choix dans un large éventail de prototypes simulés.

Les deux années passées ont vu une course à la création de logiciels compatibles HTML, utilisables sur Internet, et donc sur des intranets et extranets, et permettant d'échanger des données avec des sites Web, de lancer des programmes ou de conduire des expériences à distance, de publier des documents sur un réseau, etc. Dans le domaine du logiciel, le développement des environnements articulés autour du Web et la distribution d'informations par voie électronique représentent des évolutions radicales. En outre, l'une des lacunes majeures du Web, à savoir l'inaptitude du langage HTML pour le traitement du langage mathématique, a été pratiquement comblée. En effet, une nouvelle extension de HTML, baptisée MathML, évite désormais d'avoir à représenter les équations sous forme de données graphiques intégrées, ce qui était tout à fait inefficace. Enfin, de nombreuses évolutions récentes ont favorisé la diffusion électronique de journaux, certains d'entre eux ayant même totalement supplanté les versions papier.

Dans le domaine des applications, la montée en flèche des progiciels de gestion des ressources de l'entreprise (ERP [Enterprise Resources Planning]) a été l'une des évolutions les plus importantes de ces deux dernières années. Ces produits offrent aux entreprises un outil sans précédent pour gérer au mieux leurs ressources afin de répondre aux exigences croissantes des clients, proposer des solutions de pointe, réduire les délais d'exécution, accroître l'efficacité et améliorer les marges. Ce type de progiciel prend en compte l'intégralité de l'entreprise, des fournisseurs aux clients, et couvre de nombreux départements indépendants : services financiers, production, distribution, ressources humaines et marketing. Au-delà de l'effet de mode, l'impact de ces produits devrait se maintenir dans les années à venir.

## MISE EN RÉSEAUX DES COMMUNAUTÉS VIRTUELLES

Au cours de ces deux dernières années, le concept des communautés virtuelles structurées en réseaux, qui est en passe de redéfinir les relations entre les entreprises et leurs clients, s'est notablement renforcé. Cette transformation entraîne un recul de la position des intermédiaires et un renforcement de celle des clients, désormais en mesure de recueillir et gérer les informations pertinentes, et de traiter directement avec les fabricants. Cette situation a toutes les chances d'être favorable aux deux parties, clients et fabricants.

Les communautés virtuelles agiront pour le compte de leurs abonnés en leur fournissant au moment opportun des informations fiables et précises sur les produits et services recherchés, et en leur permettant d'acheter au meilleur rapport qualité-prix. En outre, ces outils de communication permettront à tout un chacun de satisfaire son besoin de communiquer. Pour leur part, les fabricants trouveront dans ces communautés virtuelles un puissant outil pour accroître leur marché, puisque l'on s'éloigne du concept d'image de marque. De plus, ils pourront tirer un certain nombre d'avantages : consumérisme accru des clients, baisse des coûts de marketing puisqu'ils n'auront plus à rechercher leur clientèle, meilleure analyse statistique des préférences des clients, ciblage des produits sur un groupe de meilleurs clients, et surtout réduction des frais grâce à une limitation du nombre des points de vente qui n'interdira pas, au contraire, de toucher des segments beaucoup plus larges sans restriction géographique.

Les communautés virtuelles nécessitent une stratégie technologique basée sur la vitesse et l'effet de levier, d'où l'intérêt d'une architecture modulaire et d'une infrastructure de données extrêmement pointue. Le choix de la plate-forme réseau est déterminé par l'objectif sous-jacent : participation à un service en ligne ou mise sur Internet. La force d'Internet tient à

l'immense diversité des ressources qu'il réunit dans un réseau unique. Les standards TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) et HTML d'Internet offrent davantage de possibilités de croissance et d'innovation que les plates-formes propriétaires. Pour qu'Internet s'impose comme le choix ultime des communautés virtuelles, on met actuellement en œuvre de nombreux développements de technologies récentes.

Les investissements dans les réseaux conventionnels, soit des dizaines de milliards de dollars, le plus souvent dans des réseaux téléphoniques commutés et analogiques, sont aujourd'hui menacés par la popularité croissante des réseaux de transmission de données basés IP. Les paquets IP, devenus les outils naturels d'échange, ont reçu un accueil si favorable que le trafic données et voix-données a enregistré une croissance exponentielle au cours des deux dernières années. On estime que le trafic mondial de données est multiplié par dix chaque année.

## RÉSEAUX LOCAUX

Dans le domaine des réseaux locaux, les évolutions technologiques ont permis d'adopter Fast Ethernet, dans la gamme des 100 Mbps, et Gigabit Ethernet dans la gamme des 1 Gbps. Le mode ATM (Asynchronous Transfer Mode [mode de transfert asynchrone]) a démontré son utilité dans les réseaux de base, comme dans les réseaux SONET (réseaux optiques synchrones). Selon une enquête réalisée à l'échelle mondiale par l'Oro Group de DELL, le marché des commutateurs et concentrateurs ATM a progressé de 77 % entre 1996 et 1997, et de 60 % entre 1997 et 1998. La technologie ATM, qui est également en tête dans les réseaux métropolitains et les grands réseaux, pour le raccordement de sites entre eux et les connexions à l'intérieur d'un campus, s'impose comme une infrastructure incontournable pour les grands réseaux de télécommunications. Ces réseaux ATM offrent d'importantes synergies pour l'exploitation des réseaux IP puisqu'ils permettent d'intégrer différents types de

trafics sur une même infrastructure. Les réseaux locaux sans fil se sont développés uniquement dans les zones où les réseaux à fibre optique et à large bande passante sont absents ou déficients. Les systèmes sans fil constituent une bonne solution au problème du raccordement aux réseaux métropolitains. C'est d'ailleurs pour cette raison que le système de distribution multipoint-multivoie (MDS) dans la bande des 2 GHz et le système local de distribution multipoint (LMDS) dans la bande haute fréquence entre 26 et 30 GHz ont été très largement utilisés. Parallèlement, avec la téléphonie cellulaire, le numérique gagne du terrain.

## TRANSMISSION DE DONNÉES

En Europe, on met l'accent sur le développement des réseaux numériques à intégration de services (RNIS), alors qu'en Amérique du Nord ce type de réseau n'est pas encore entré dans sa phase de croissance rapide. Les qualités de vitesse et de fiabilité des transmissions de données à 128 Kbps ont permis la percée du RNIS dans les foyers et les petites entreprises. La technologie ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line [ligne d'abonné numérique asymétrique]) concurrence sérieusement le RNIS car elle permet la transmission de données vers l'abonné à des vitesses allant jusqu'à 6 Mbps. Ces deux technologies conviennent tout à fait pour l'accès à Internet.

## COMMUNICATIONS PAR SATELLITE

Lancé pour la première fois en 1991 en remplacement des microstations terriennes (VSAT : Very Small Aperture Terminal), le satellite Inmarsat-A offre des transmissions rapides à partir d'un terminal terrestre miniature. Sa dernière version, Inmarsat-B HSD (Duplex High Speed Data), mise en exploitation commerciale dans toutes les régions océaniques, offre des services de transfert de fichiers haut débit, de stockage et d'acheminement de données vidéo, de vidéo--

conférences, mais également de télécommunications voix, fax et données. Un grand nombre d'utilisateurs, dont des organismes publics, des organisations internationales, des entreprises multinationales et des prestataires de services de télédiffusion, apprécient la qualité de ces services.

De nombreux développements évoqués ci-dessus, tels que le mode ATM et les réseaux SONET, ont permis la mise en place de systèmes multimédias interconnectés en réseau qui offrent de multiples avantages pour la transmission d'images fixes et animées, de données graphiques, texte ou audio. Bon nombre d'applications riches en contenu poussent au développement des communications multimédias.

Commencée avec l'investissement de 3,4 milliards de dollars des États-Unis de Motorola dans le projet Iridium — une constellation de 66 satellites dédiés à des réseaux de téléphonie portable —, l'année 1998 marque le départ d'une nouvelle course entre les géants du satellite. Au total, les opérateurs de ce secteur, tels que Loral et son projet Global Star System de 48 satellites, mais aussi Echostar System, Hughes Electronics Constellation et d'autres encore, multiplieront par dix la capacité actuelle de 150 satellites commerciaux au cours de la prochaine décennie. Le chiffre d'affaires annuel actuel des services de communications par satellite, soit 9 milliards de dollars, devrait atteindre les 30 milliards de dollars en l'an 2000. Ensemble, ces réseaux de satellites en orbite basse (à environ 1 000 kilomètres d'altitude), ou en orbite moyenne, vont entraîner une révolution dans les services mondiaux de télécommunications, de télécopie et de messagerie, et préparer la prochaine étape des systèmes multisatellites à large bande pour la transmission rapide de données Internet et vidéo. Par rapport aux 30 milliards de dollars investis ces vingt dernières années dans la télévision câblée, l'industrie des télécommunications par satellite a investi 20 milliards de dollars au cours des cinq dernières années et a budgétisé un investissement supplémentaire de 60 milliards de dollars pour les cinq années à venir.

L'une des clés de la pénétration des satellites sur le marché est la réduction du coût et de la taille des terminaux utilisateurs, par la concentration de la puissance sur des zones géographiques plus réduites et une réutilisation du spectre des fréquences. Le développement d'Internet et des autres réseaux distribués vient éroder l'efficacité des systèmes par satellite. En conséquence, on a assisté au cours des deux années à l'apparition de satellites commerciaux équipés de dispositifs embarqués permettant de commuter les signaux sur les différents faisceaux des satellites.

## LE WEB

Le Web — on dit aussi la Toile mondiale — est une fenêtre ouverte sur des dizaines de millions de pages immédiatement disponibles. Outre les services vidéo qu'il propose, le Web stimule résolument le marché de la gestion des réseaux à large bande. Début 1997, on estimait à 30 millions le nombre des utilisateurs du Web dans le monde, pour des activités de télétravail, ou à des fins pédagogiques et récréatives. Avec la multiplication des applications multimédias, le Web est de mieux en mieux adapté aux réseaux rapides. Les navigateurs Web se sont d'ores et déjà imposés comme des interfaces utilisateur graphiques pour les services à bande étroite tels que les messageries électroniques, les transferts de fichiers, le traitement des transactions, le « surf » sur le Web, etc. La technologie des navigateurs Web a été développée pour en faire des interfaces utilisateur graphiques à bande large.

Sur les systèmes de gestion de réseaux, les besoins importants en termes de signalisation, liés à l'accès au Web, ont donné lieu en 1998 à un début de crise, tous les types de réseaux n'étant pas capables de gérer les événements de signalisation requis dans les systèmes à large bande. L'abandon du mode **pull** (tirer) au profit du mode **push** (pousser) a été l'une des réponses apportées à ce problème. Le mode push est une technique de réduction de la largeur de bande et de la signalisation, qui permet une meilleure exploitation des serveurs et des réseaux. La mise à jour de

logiciels à partir des serveurs Web est l'une des grandes applications du mode push. Avec ce mode, le prestataire contrôle le contenu et le séquençement des opérations ; aussi est-il particulièrement apprécié des annonceurs.

## TÉLÉPHONIE

La téléphonie numérique basée IP a connu une croissance exponentielle au cours de ces deux dernières années, et s'est accompagnée d'une réduction sensible des tarifs des communications téléphoniques, au détriment toutefois de la qualité. Pour l'heure, les réseaux IP, dont Internet, ne sont pas encore capables d'assurer un trafic numérique de la voix à très grande échelle, la surcharge entraînant une dégradation notable de la qualité du son. Seul l'avènement de l'Internet-II à large bande offrira des solutions à long terme.

La téléphonie IP comprend des services de communications téléphoniques sur les réseaux locaux, Internet, les intranets et les extranets. Entre autres services, citons les télécopies directes ou différées, et une messagerie unifiée via le Web. Dans les réseaux privés, on recourt aux communications téléphoniques basées IP sur relais de trame (FR : Frame Relay) ou ATM pour la mise en œuvre d'applications multimédias ou d'informatique collaborative sophistiquée.

## L'ÉLECTRONIQUE GRAND PUBLIC BASÉE SUR IP

Les ordinateurs individuels et les télévisions numériques convergent vers un produit intégré. Les PC actuels sont équipés de cartes de réception vidéo, et certains prototypes de téléviseurs comportent des processeurs intégrés pour la programmation électronique et le décodage numérique. La transformation d'un téléviseur en ordinateur ne représente qu'un faible coût supplémentaire (pour l'extension de la mémoire et des capacités de traitement). Des services comme la

Web TV de Microsoft et InterCast rapprochent d'ores et déjà le Web de la télévision. Des efforts sont entrepris pour associer de manière cohérente Web et télévision, ce qui permettra aux diffuseurs de créer de nouvelles formes d'émissions. Ainsi, la télévision haute définition offre un service de télévision numérique de grande qualité, qui diffuse des services de données en plus de nombreuses chaînes.

Lancés récemment, les systèmes d'images de très haute définition, d'une résolution équivalente à celle des films 35 mm et d'une capacité de données quatre fois supérieure à celle de la télévision haute définition, permettent l'affichage haute résolution de journaux stockés, même affichés en grandeur réelle. Utilisable en combinaison avec une bibliothèque numérique en réseau, ce système d'image très haute définition pourrait déboucher sur des applications extrêmement polyvalentes telles que des musées numériques. A partir de la technologie d'affichage grand écran très haute définition utilisant le codage de la télévision haute définition 150 Mbps basé ATM, et d'un ensemble d'écrans haute définition Tandem, il est aujourd'hui possible de créer un environnement vidéo homogène, avec des raccords quasiment imperceptibles entre les écrans.

Cela étant, les normes de la diffusion des données constituent encore une question épineuse. On pourrait supposer que les standards utilisés pour le Web finiront par s'imposer, mais leur adaptation à des applications spécifiques de télédiffusion s'avère indéniablement ardue.

La vidéo à la demande est un nouveau service actuellement en phase d'essai. Il permet aux consommateurs de commander sur un réseau des films, documentaires et autres programmes pédagogiques. Ce service étant en mode pull, il est peu probable que deux abonnés se retrouvent simultanément à regarder le même film ou à utiliser la même commande de magnétoscope (rembobinage ou avance rapide, par exemple). On peut donc créer un flux de données spécifique pour chaque téléspectateur, chaque flux consommant une fraction donnée de la largeur de

bande. Avec la compression numérique et MPEG, un film à la qualité télédiffusion occupe un espace de 3 Go, pour une lecture à 3 Mbps. Un service comparable, proche de la vidéo à la demande, est également à l'étude.

Au cours des deux dernières années, le décodeur a connu un succès grandissant auprès des consommateurs, en complément de la télévision classique. Ce décodeur permet d'ajouter des fonctions que n'offrent pas les téléviseurs ou les magnétoscopes, par le biais d'un logement « services supplémentaires » et d'un syntoniseur adapté. La transmission peut s'effectuer via le câble, les satellites, la diffusion hertzienne, les services de distribution multipoint-multivoie, la télédiffusion cellulaire (via un service de câble sans fil à 28 GHz), ou d'autres supports de ce type. Les services actuellement accessibles via un décodeur sont la navigation et la programmation interactive par l'intermédiaire d'images écran et de dispositifs de pointage de type curseur, grâce auxquels les abonnés peuvent sélectionner et interagir avec d'autres services : téléachat, vidéo à la demande, jeux électroniques, programmes pédagogiques, publication électronique et services de télécommunications tels qu'Internet.

Le décodeur, tout comme les téléviseurs, comporte un ordinateur de réseau intégré. Alors que les PC en réseau dotent chaque utilisateur d'une capacité locale de stockage et de traitement, le gros des données résidant sur le système central, l'ordinateur de réseau intégré va plus loin en distribuant données, programmes, et capacité de traitement sur de nombreux nœuds sur Internet et les intranets. L'élaboration de cette architecture distribuée est rendue possible par l'utilisation du protocole TCP/IP, de la communication interprogramme, des codes mobiles comme Java, et de la représentation et l'extraction de données de type HTML et SQL (Structured Query Language : langage de requête structuré). Ensuite, avec un dispositif d'accès approprié, l'utilisateur peut parcourir les informations et appeler les fonctionnalités disponibles sur le réseau. L'ordinateur de réseau intégré offre une

solution de remplacement bon marché au PC classique pour la communication sur Internet.

## CONCLUSION

Au cours des années 1997 et 1998, les technologies de l'information et des communications ont subi une véritable mutation conceptuelle, le protocole IP s'imposant comme le standard de fait au niveau tant des réseaux que des équipements numériques. Il est devenu le facteur principal d'intégration des technologies numériques, avec à la clé une convergence de l'informatique, des systèmes de télédiffusion, des télécommunications et de l'électronique grand public.

La vitesse, la capacité et la polyvalence du matériel informatique ont doublé, conformément aux pronostics de la loi de Moore. L'interface de bus dans l'architecture informatique a apporté une réelle innovation en permettant l'évolution d'un modèle de puce au suivant sans modification radicale de la conception des PC. Les ordinateurs portatifs deviennent des outils particulièrement utiles pour la saisie de données sur le terrain. Et dans le domaine de la domotique, l'introduction du bus *plug-and-play* permet de connecter un PC aux appareils électroménagers.

Des progrès analogues ont été réalisés dans le domaine des équipements périphériques : enregistrement et reproduction du son, stockage externe et techniques de compression des données.

En 1998, les acteurs majeurs du logiciel auront certainement orienté le sens de l'évolution des architectures logicielles de demain. Microsoft a entrepris des efforts de développement pour adapter le système d'exploitation Windows NT au marché grand public. Parallèlement, l'architecture 64 bits, la prochaine innovation majeure dans le domaine du logiciel, est en plein développement. Les utilisateurs sont associés plus étroitement à leurs applications. Dans ce contexte, les interfaces utilisateurs des PC imitent de plus en plus finement la logique humaine, sous l'impulsion du concept des hyperliens du Web. Les solutions logicielles de reconnaissance vocale sont devenues des

produits courants. Au niveau des bases de données, les systèmes de gestion orientés objet se sont considérablement développés, au point de faire de l'ombre aux bases de données relationnelles classiques.

Toutes ces évolutions dans le monde du logiciel constituent un glissement vers un environnement structuré autour du Web et la distribution électronique d'informations sur le Web.

Les communautés virtuelles constituées autour de réseaux modifient les relations entre les entreprises et leurs clients en permettant aux consommateurs d'acheter directement des produits et services auprès des distributeurs. Dans le domaine des réseaux locaux, la technologie de la commutation a permis de multiplier la vitesse de transmission des données. Le mode de transfert asynchrone ATM s'est révélé particulièrement adapté aux besoins des réseaux de base mais aussi des réseaux SONET. L'intégration complète de plusieurs types de trafics sur une même infrastructure de réseau devient progressivement réalité. Les systèmes sans fil offrent une bonne solution au problème du raccordement aux réseaux métropolitains. L'Amérique du Nord et l'Asie rattrapent rapidement l'Europe dans l'utilisation du réseau numérique à intégration de services (RNIS).

Le lancement d'Iridium de Motorola a donné le départ d'une nouvelle course entre les géants de l'industrie du satellite, avec des applications mondiales de communications téléphoniques, de messagerie et de télécopie ; les systèmes multisatellites à large bande, pour des transmissions Internet et vidéo rapides, se profilent déjà à l'horizon. Les deux années passées ont également marqué le début des satellites commerciaux à processus embarqués permettant la commutation du signal entre différents faisceaux. Le Web stimule résolument le marché de la gestion des réseaux à large bande, quelque 30 millions d'utilisateurs ayant utilisé le Web dans le monde pour des activités de télétravail, ou à des fins pédagogiques et récréatives. Des services à bande étroite, tels que les messageries électroniques, la technologie des navigateurs Web a été

développée pour en faire des interfaces utilisateur graphiques à bande large.

Les ordinateurs individuels et les télévisions numériques convergent pour devenir un produit intégré. Des services tels que la Web TV rapprochent déjà le Web de la télévision. Des efforts ont été entrepris pour associer de manière cohérente Web et télévision, de façon à ce que les diffuseurs puissent créer de nouvelles formes d'émissions. La vidéo à la demande via les réseaux informatiques est un service nouveau encore en phase d'essai. Au cours des deux dernières années, le décodeur a connu un succès grandissant auprès des consommateurs, en complément de la télévision classique. Sur Internet, des systèmes de programmation et de navigation interactive, dans lesquels les abonnés sélectionnent et interagissent avec le système par le biais d'images écran et de dispositifs de pointage de type curseur, contribuent au développement rapide de différents services : téléachat, vidéo à la demande, jeux électroniques, programmes éducatifs, publication électronique, et autres services de télécommunications. Le décodeur a ouvert les portes de la navigation à partir d'un appareil de télévision.

Les deux prochaines années devraient voir se renforcer l'omniprésence du protocole IP, avec à la clé une convergence croissante de l'informatique, de la diffusion radiophonique et télévisuelle, des télécommunications et de l'électronique grand public.

Cette convergence est favorisée par un environnement fortement concurrentiel et ce pour une raison très simple : désireux de toucher le consommateur moyen, tous les acteurs du marché entreprennent une action marketing à l'échelle nationale et internationale. Dans ce contexte, Internet a joué un rôle déterminant, à la fois direct, par diverses améliorations de toutes les technologies connexes (téléphonie sur Internet, réseaux informatiques, Java, etc.), et indirect, par le développement d'autres technologies (la vidéo à la demande ou les décodeurs).

Il est très probable que cette concurrence perdu-

ra et que les prochaines années verront apparaître de nouvelles innovations technologiques, au niveau tant matériel que logiciel, permettant de produire, enregistrer, stocker, manipuler, transmettre et diffuser de l'information, dans l'acception la plus large de ce mot.

## ORIENTATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

ANDRESS, D. 1998. DVD Finally. *PC World*, janvier 1998, p. 195-208.

BLYTHE, C. 1997. *The next space race*. Toronto, ON, Canadian Telecom, février 1997.

Computing in the New Millennium. *PC Magazine*, 9 juin 1998, p. 101-198.

HAGEL, J. et SACCONAGHI, T. M. 1996. Who will benefit from virtual information ? *McKinsey Quarterly*, n° 3, 1996, p. 22-37.

HOGAN, M. 1998. The PC of tomorrow. *PC World*, janvier 1998, p. 132-142.

PERKINS, C. 1997. Mobile IP. *IEEE Communication*, mai 1997, p. 84-97.

Technology 1998 — Analysis and Forecast. *IEEE Spectrum*, janvier 1998.

Sites à consulter :

[www.ipmulticast.com](http://www.ipmulticast.com)

[www.broadbandwireless.org](http://www.broadbandwireless.org)

[www.mpeg.org](http://www.mpeg.org)