Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 74 (1983)

Heft: 15

Artikel: Informatique et télécommunications : le choc de deux techniques

Autor: Nussbaumer, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904841

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Informatique et télécommunications – le choc de deux techniques

H. Nussbaumer

Téléinformatique, télématique, informatique répartie..., une avalanche de néologismes, semble annoncer le mariage heureux de l'informatique et des télécommunications pour le plus grand bien des utilisateurs. En fait, l'histoire des relations entre ces deux techniques démontre de façon exemplaire le cheminement tortueux du progrès technique, les conflits aigus qu'il peut faire naître et les profonds changements qu'il peut apporter à notre société.

Teleinformatik, Telematik, verteilte Informatik..., eine Reihe von neuen Wortbildungen, die auf eine glückliche Verbindung zwischen Informatik und Fernmeldetechnik zugunsten aller Anwender hinweisen. Die Geschichte der Beziehungen zwischen diesen beiden Techniken zeigt in typischer Weise den gewundenen Weg der technischen Entwicklung, die heftigen Konflikte, die dabei entstehen können und den tiefgreifenden Wandel, den die Entwicklung unserer Gesellschaft bringen kann.

Ce texte a été présenté lors de la leçon inaugurale de l'auteur à l'EPFL, le 14 janvier 1983.

Adresse de l'auteur

M. *Henri Nussbaumer*, professeur d'informatique technique, EPFL, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne.

Un peu d'histoire

Les premières relations entre l'informatique et les télécommunications se situent vers 1955. A cette époque l'industrie des télécommunications avait atteint depuis longtemps sa maturité et pouvait se targuer d'avoir conçu et de maintenir ce qui est encore le plus grand système automatique du monde interconnectant avec une qualité et une fiabilité remarquables des centaines de millions de téléphones répartis dans le monde entier. Les équipements de télécommunications étaient fournis par les groupes industriels puissants et les réseaux publics étaient généralement exploités en situation de monopole, soit par les PTT, soit par des compagnies privées, comme aux Etats-Unis. Sur le plan technique, les transmissions téléphoniques étaient effectuées sous forme analogique, avec déjà un large appel à l'électronique pour les communications à grande distance. La mise en relation des abonnés se faisait par l'intermédiaire d'une hiérarchie de centraux téléphoniques qui fonctionnaient par commutation de circuits en assurant une liaison physique temporaire entre l'appelant et l'appelé. Les centraux téléphoniques étaient basés sur l'électromécanique et, sur le plan conceptuel, les fonctions intelligentes de recherche et d'établissement des chemins n'étaient pas toujours nettement séparées des fonctions d'exécution pure correspondant à la réalisation de ces chemins.

A la même époque, les ordinateurs étaient encore rares et coûteux et leur utilisation se limitait à certaines applications scientifiques de pointe et à des travaux de gestion exploités en traitement par lots, c'est-à-dire avec une exécution séquentielle des tâches. Dans les deux cas, l'entrée et la sortie des données traitées par l'ordinateur étaient prises en charge par des unités périphériques situées au voisinage immédiat de l'ordinateur et qui étaient constituées principalement par des lecteurs de cartes perforées et des imprimantes. L'exploitation de l'ordinateur était donc essentiellement locale et visait principalement à une mécanisation plus efficace d'applications classiques.

Il est toutefois rapidement apparu que la vitesse de traitement de l'ordinateur et son importante capacité de mémoire lui permettaient de traiter en temps réel des problèmes entièrement nouveaux, à condition qu'il puisse communiquer d'une façon quasi-instantanée avec des terminaux éloignés de plusieurs centaines ou de plusieurs milliers de km. Une des applications les plus importantes qui ont marqué le début de l'association entre l'informatique et les télécommunications a été la réservation de place sur les avions. Les places d'avion sont une «denrée» coûteuse et hautement périssable, puisqu'une place vide ne vaut plus rien à la minute même du décollage de l'avion. Une bonne gestion de la réservation suppose que les sièges libres d'un vol donné soient mis à la disposition des différentes agences de réservation dispersées dans le monde entier et qu'un même siège ne puisse être vendu qu'à une seule personne. De plus, il faut pouvoir prendre en compte facilement les annulations et les changements de réservations. Le problème se complique encore en raison du grand nombre de classes de tarif et du fait que les délais d'attente aux guichets de réservation doivent être aussi faibles que possible. Pour traiter correctement ce genre d'application, il est nécessaire que l'état des réservations correspondant aux différents vols d'une compagnie aérienne soit centralisé en un lieu unique et que les agences de réservation disposent d'un moyen de communication rapide avec le centre de réservation. En pratique,

les liaisons entre les agences et le centre de réservation ne peuvent pas être assurés efficacement par des communications téléphoniques du fait du prix élevé de celles-ci et des délais d'attente trop élevés.

Les constructeurs ont donc été amenés à développer des systèmes dans lesquels les réservations sont tenues à jour par un ordinateur central relié directement par des lignes de communication à des terminaux situés dans les différentes agences. Lorsque les premiers systèmes de réservation ont été installés, les seules lignes de communication à grande distance qui étaient effectivement disponibles étaient les lignes télégraphiques et téléphoniques des réseaux de télécommunications publics. Les lignes télégraphiques étaient capables d'assurer directement une transmission numérique, mais leur prix élevé et leur faible débit ne permettaient pas d'écouler dans de bonnes conditions le trafic du système. Les constructeurs ont donc dû emprunter les lignes téléphoniques pour effectuer les transmissions de données, ce qui les a conduit à développer des équipements capables de convertir les signaux numériques en signaux analogiques présentant des caractéristiques similaires à celle du signal de parole. Ces équipements, appelés modems, font appel à des techniques de codage, de modulation et de démodulation. Les premiers modems permettaient d'écouler des débits de l'ordre de 600 à 1200 bit/s sur les lignes téléphoniques classiques (fig. 1).

Les avantages apportés par la connexion directe de terminaux éloignés à un ordinateur central ont entraîné au cours des années soixante un développement rapide de systèmes téléinformatiques destinés principalement à la gestion (fig. 2). Cette évolution bénéficiait de la diminution du coût des équipements informatiques liée à l'avènement des circuits intégrés, mais restait freinée par le prix élevé de location des lignes téléphoniques. De ce fait, les constructeurs de matériel informatique ont été amenés à consentir des efforts importants pour tirer un meilleur parti des réseaux de télécommunications publics. Ce travail s'est traduit en particulier par le développement de techniques de concentration et de multiplexage temporel qui exploitent la nature statistique du trafic informatique pour partager les lignes entre de nombreux utilisateurs. La transmission de données a également fait l'objet de travaux très poussés en vue d'accroître le débit d'informations susceptible d'être écoulé sur les lignes téléphoniques. Cette activité a permis d'atteindre aujourd'hui des débits de l'ordre de 9600 bit/s sur les lignes téléphoniques classiques, grâce en particulier à une méthode de compensation automatique et adaptive des distorsions des lignes.

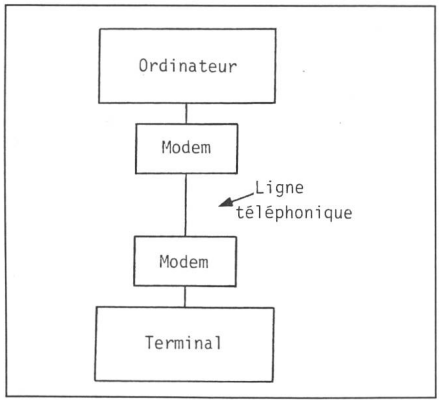

Fig. 1 Liaison terminal - ordinateur par ligne téléphonique

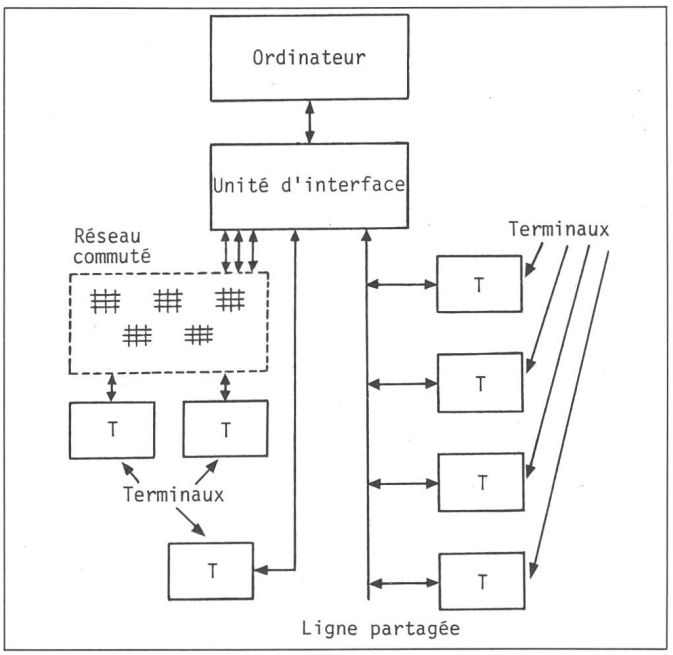

Fig. 2
Réseau informatique hiérarchique

En parallèle avec ce développement de la téléinformatique, les réseaux de télécommunications ont commencé à subir une profonde mutation provoquée par l'application systématique de l'électronique et de l'informatique à la transmission et à la commutation téléphonique. Cette évolution s'est traduite d'abord par le développement de la commutation téléphonique électronique, où toutes les fonctions intelligentes des centraux téléphoniques, c'est-à-dire essentiellement la recherche des chemins et la gestion des communications sont prises en charge par des ordinateurs au lieu d'être assurées par des dispositifs électroniques. Le passage à la commutation téléphonique électronique était au départ motivé essentiellement par le désir d'abaisser les coûts en profitant des progrès apportés par la miniaturisation des circuits électroniques.

Cependant il est vite apparu que l'introduction des ordinateurs dans les centraux téléphoniques apportait bien d'autres avantages qu'une simple réduction des coûts, et, en particulier, permettait de simplifier sensiblement la maintenance et le diagnostic des équipements tout en offrant la possibilité de fournir un grand nombre de services nouveaux aux abonnés. L'impact de l'électronique et de l'informatique ne s'est pas limité à un développement rapide de la commutation électronique. En effet, par un retournement de situation étonnant, alors que les informaticiens s'efforçaient d'adapter la transmission de données numériques au monde analogique de la transmission téléphonique, les spécialistes des télécommunications travaillaient activement à concevoir des systèmes basés sur la conversion numérique du signal de parole. Leur démarche partait de la constatation qu'une ligne téléphonique classique ne peut transmettre qu'une seule communication téléphonique lorsqu'elle est exploitée en analogique, alors qu'elle peut écouler simultanément une trentaine de commu-

nications téléphoniques lorsque la transmission est numérique. Avec l'arrivée des circuits intégrés, il est donc vite devenu rentable de convertir le signal téléphonique analogique en un signal numérique à 64 kbit/s pour le transmettre en multiplex sur les lignes téléphoniques classiques adaptées à la transmission numérique à 2048 kbit/s grâce au simple remplacement des bobines de Pupin par des répéteurs téléalimentés. Parallèlement, l'introduction des satellites de télécommunications résolvait de façon élégante le problème des communications à grande distance et rendait pour la première fois le coût des liaisons indépendant de leur portée.

Situation actuelle et perspectives

Les *réseaux téléphoniques* publics poursuivent actuellement leur évolution vers une approche entièrement numérique où la conversion du signal de parole est effectuée aussi près que possible de l'abonné et où toutes les fonctions de transmission et de commutation portent sur des signaux numériques. Cette mutation ne peut se faire que progressivement, au rythme du remplacement des équipements anciens, car elle met en jeu des investissements considérables. Les réseaux téléphoniques numériques du futur offriront une qualité de service nettement supérieure à celle des réseaux actuels car le signal de parole ne subira qu'une faible dégradation au moment de la conversion analogique/numérique, et toutes les opérations ultérieures de transmission et de commutation seront pratiquement sans influence sur la qualité du signal, du fait des taux d'erreurs très faibles des lignes numériques. Le coût des communications à grande distance aura tendance à diminuer sensiblement par suite du développement des satellites de télécommunications et de la mise en service de liaisons à fibres optiques.

Du point de vue des informaticiens, l'évolution vers le tout numérique est évidemment très favorable car elle met à leur disposition des lignes à grand débit dont les coûts et les taux d'erreurs sont très inférieurs à ceux des lignes analogiques classiques. Ainsi, alors qu'il n'est guère possible de dépasser un débit de 9600 bit/s, pour un taux d'erreurs de l'ordre de 10^{-5}, avec une transmission par modems sur une ligne téléphonique analogique, on arrive à un débit de 64 000 bit/s avec un taux d'erreurs de l'ordre de 10^{-8} lorsque la ligne téléphonique est numérique. Comme la liaison téléphonique est plutôt moins coûteuse lorsqu'elle est numérique, et comme elle ne nécessite dans ce dernier cas qu'une interface simple avec les équipements informatiques, la supériorité de la ligne téléphonique numérique sur la ligne téléphonique classique est sans appel.

A partir du moment où tout le réseau téléphonique est numérique, il serait naturel de penser qu'il suffit de connecter au réseau public les différents équipements informatiques d'un système pour les faire communiquer de façon efficace. En réalité, le problème est beaucoup plus complexe, et la réalisation d'un réseau de téléinformatique ne se réduit pas au remplacement des téléphones par de équipements informatiques dans un réseau capable d'acheminer des données binaires entre correspondants éloignés. Ceci est dû au fait que les réseaux de téléinformatique diffèrent profondément des réseaux téléphoniques sur deux points essentiels, la nature du trafic et le degré d'automatisation des communications.

Le trafic téléphonique est caractérisé par le fait que les abonnés se servent relativement rarement de leurs téléphones et que la durée moyenne des communications est relativement longue (par exemple de l'ordre de 3 min ou plus). Il est donc parfaitement admissible que les centraux téléphoniques soient conçus pour que l'établissement d'une communication prenne quelques secondes et que le nombre de connexions disponibles à un instant donné soit limité. De ce fait, les centraux téléphoniques fonctionnent tous selon le principe de la commutation de circuits qui consiste à assigner une voie à chaque appel et ce pendant toute la durée de la communication. Le nombre total des voies disponibles est très inférieur au nombre d'abonnés, mais ceci est sans importance car il est très peu probable qu'un grand nombre d'abonnés appellent simultanément. Si les équipements sont bien conçus, la probabilité de blocage du central est donc très faible, et le matériel des différentes voies est utilisé efficacement, tout en assurant aux utilisateurs un service équivalent à celui d'une liaison physique directe, pendant la durée de leurs communications.

Le *trafic téléinformatique* est d'une nature très différente du trafic téléphonique. Pour s'en convaincre, il suffit de considérer l'exemple d'un échange de messages entre un terminal clavier-écran et un ordinateur. D'une façon typique, l'opérateur tape quelques lignes sur son clavier et envoie le message correspondant à l'ordinateur, lequel lui répond en général immédiatement par un message beaucoup plus long. Une fois le message reçu, l'opérateur devra réfléchir avant d'envoyer le message suivant, ce qui lui prendra plusieurs dizaines de secondes, voire plusieurs minutes. La durée de la session entre le terminal et l'ordinateur peut être de plusieurs heures, selon l'importance du travail à effectuer. On voit donc que le trafic téléinformatique se caractérise par des sessions très longues constituées par de courtes périodes d'activité intense entrecoupées de longues périodes de silence: le trafic est aléatoire par rafales. La commutation de circuits ne peut pas être employée efficacement avec ce type de trafic car les temps de connexion sont trop longs pour qu'on puisse envisager d'établir un circuit pour chaque message. Il faut donc conserver la ligne pendant toute la durée de la session, ce qui oblige à immobiliser une ligne à fort débit pour écouler les pointes de trafic, bien que l'utilisation moyenne de la ligne soit faible, du fait des périodes de silence prolongées qui séparent les messages. Ces considérations ont amené les spécialistes à développer un nouveau type de réseau basé sur la commutation de paquets et dont l'emploi tend actuellement à se généraliser en téléinformatique.

Le *réseau à commutation de paquets* (fig. 3) est constitué par un certain nombre de lignes numériques empruntées aux réseaux de télécommunications publics et reliées entre elles par un certain nombre de nœuds. L'infor-

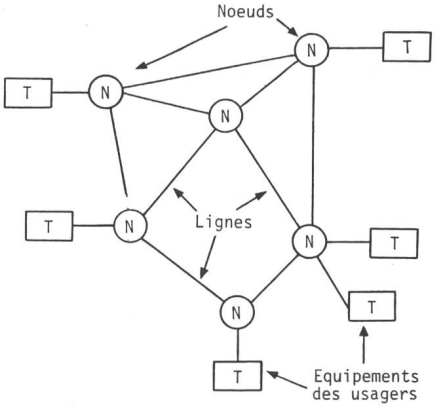

Fig. 3 Réseau à commutation par paquets

mation échangée entre usagers du réseau est découpée sous forme de paquets qui comprennent une partie du texte utile du message ainsi qu'un entête qui comporte un descripteur du paquet ainsi que l'adresse source et l'adresse destination. Les paquets peuvent être comparés à des télégrammes et sont, comme ceux-ci, acheminés indépendamment les uns des autres. Les différentes lignes du réseau sont systématiquement partagées par multiplexage des paquets en provenance des divers abonnés au lieu d'être allouées à une paire d'usagers pendant la durée de leur communication. Comme les voies ne sont plus réservées, plusieurs paquets peuvent arriver simultanément sur une même ligne. Les nœuds du réseau doivent donc être réalisés à partir d'équipements informatiques capables d'assurer le routage des paquets et leur stockage temporaire jusqu'à ce qu'ils puissent être envoyés sur la ligne de sortie qui les rapproche de leur destination.

Les réseaux à commutation de paquets sont beaucoup mieux adaptés à la téléinformatique que les réseaux à commutation de circuits car ils partagent systématiquement les ressources entre les différents utilisateurs et peuvent leur garantir, pour un coût raisonnable, l'écoulement de leur trafic de pointe, même si leur trafic moyen est faible. En contrepartie de ces avantages, l'allocation dynamique des lignes se traduit pour l'utilisateur par des délais de transmission qui varient sensiblement avec le trafic instantané sur le réseau. Les équipements doivent donc être dimensionnés pour assurer un temps de service convenable même pour une charge importante du réseau.

Du point de vue de l'utilisateur, les réseaux à commutation de paquets peuvent être exploités tels quels, par l'échange entre utilisateurs de messages indépendants limités à la taille d'un paquet. On parle alors d'un service de type datagramme. Un autre mode d'exploitation couramment utilisé consiste à offrir un service de *circuit virtuel* qui est mis en œuvre par l'utilisateur d'une façon analogue à celle qui est employée avec la commutation de circuits, c'est-à-dire par ouverture d'un chemin en début de session et maintien de ce chemin jusqu'à la fin de la session.

Les *réseaux de téléinformatique* fournissent encore la plupart du temps les fonctions de transport de systèmes fortement hiérarchisés constitués par un ou quelques grands ordinateurs auxquels sont reliés des miniordinateurs et des terminaux (fig. 2). Avec la décroissance du prix des communications à grande distance, cette situation est en train d'évoluer vers le développement de grands systèmes multiordinateurs/multiconstructeurs où les utilisateurs peuvent accéder par le réseau aux différents ordinateurs du système qui sont spécialisés par type d'application. Les réseaux à grande portée apportent également une solution intéressante à une meilleure utilisation des grands ordinateurs pendant les heures de nuit, grâce au décalage horaire entre les différents sites couverts par le système.

Du fait du développement très rapide de l'informatique, beaucoup d'utilisateurs disposent maintenant d'un nombre important d'équipements localisés dans une aire géographique limitée à quelques centaines de mètres. Dans la plupart des cas, ces équipements sont interconnectés par des réseaux de type longue distance. Comme ces réseaux sont en principe optimisés pour exploiter au mieux des voies de transmission coûteuses et de faible débit, leur utilisation se justifie mal dans un contexte local où les lignes peuvent avoir un débit considérable pour un coût très faible. Ces considérations sont à l'origine du développement de réseaux locaux à commutation de paquets qui sont généralement organisés autour d'un bus ou d'un anneau travaillant avec une vitesse de transmission de l'ordre de 10 Mbit/s (fig. 4).

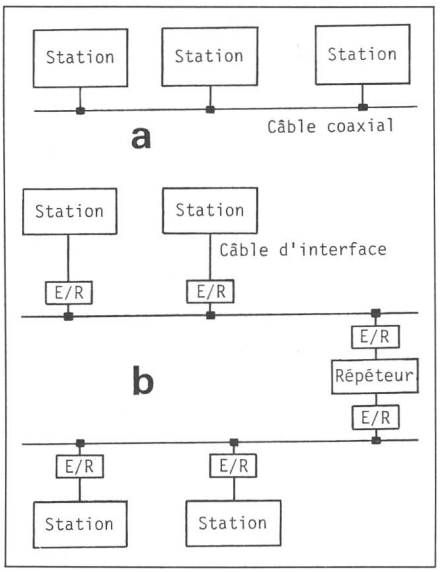

Fig. 4 Réseau Ethernet
a Réseau du type simple
b Réseau arborescent avec répéteurs

Les réseaux locaux ont d'abord servi à réaliser des systèmes classiques, fortement hiérarchisés. Il apparaît maintenant que l'existence d'un canal commun à grand débit permet d'envisager des systèmes très différents où les utilisateurs peuvent accéder directement à des ressources partagées telles que les imprimantes ou les disques. Ces systèmes répartis qui sont élaborés autour d'un réseau local devraient connaître un grand avenir.

Les protocoles

Un réseau de téléinformatique peut être considéré de l'extérieur comme un ensemble d'équipements fournissant les moyens matériels qui permettent de connecter les différents abonnés. Cette vision n'est, en fait, que très partielle car les communications ne peuvent être gérées de façon ordonnée et efficace que grâce à l'ensemble des programmes mis en œuvre par les équipements et qui constituent le logiciel de communication. Ce logiciel doit fonctionner selon un ensemble de règles bien précises. Le problème de la mise en relation et de l'échange d'information entre deux équipements ou deux programmes peut sembler trivial à première vue, mais un peu de réflexion sur l'exemple d'une communication téléphonique montre qu'il n'en est rien.

En effet, lorsqu'une personne désire téléphoner à un abonné, le décrochage du combiné et la numérotation sur le cadran peuvent apparaître comme les fonctions essentielles à assurer. En fait, la communication met en jeu des mécanismes beaucoup plus complexes: l'abonné appelant doit d'abord consulter un annuaire (ou sa mémoire) pour déterminer la correspondance entre le nom et l'adresse téléphonique du destinataire. Après avoir décroché le combiné, il doit ensuite attendre la tonalité pour s'assurer que le réseau est libre. Si tout va bien, l'appelant numérote son appel et détecte le décrochage de l'abonné appelé lorsqu'il cesse d'entendre le retour d'appel de sonnerie. Les deux parties doivent alors vérifier par l'échange d'un signal plus ou moins convenu (allo, grognement) que la liaison physique est établie. Il faut ensuite que les deux interlocuteurs s'assurent de leurs identités respectives. L'échange d'information peut alors commencer, mais il doit obéir à quelques règles afin de s'effectuer de

façon ordonnée: par exemple, les deux correspondants doivent éviter de parler simultanément et ils doivent indiquer s'il ont compris ou non ce qui leur a été dit, afin de demander la retransmission des messages brouillés par le bruit des lignes. La libération de la liaison s'effectue d'une façon symétrique de l'appel, et les abonnés doivent connaître les conventions à respecter pour effectuer la reprise de la communication dans des conditions d'exception. Ainsi, ils doivent savoir, par exemple, qui doit rappeler si la communication a été coupée.

On voit donc que l'échange d'information entre deux correspondants est un processus complexe qui ne nous paraît simple dans la vie quotidienne que parce que la plus grande part des opérations à effectuer est prise en charge par l'homme. Lorsqu'il s'agit de mettre en relation des machines, il n'est plus possible de laisser place à l'improvisation, et les règles qui spécifient les opérations à effectuer durant les différentes phases de la communication doivent être codifiées avec précision. Il a donc fallu fournir un effort considérable pour identifier tous les problèmes que pose la communication entre entités éloignées, pour classer ces problèmes en familles, et pour définir des solutions qui soient acceptables par le plus grand nombre possible d'utilisateurs. Ce travail se poursuit encore, mais il est aujourd'hui largement avancé, et il a donné naissance à de nombreuses normes internationales qui codifient les échanges en téléinformatique, sous forme de protocoles.

Les protocoles définissent le format des informations échangées et la séquence des opérations à effectuer pour réaliser une fonction donnée du processus de communication. Afin d'assurer le maximum d'indépendance vis-à-vis du matériel, et pour que le même logiciel de communication puisse être utilisé par le plus grand nombre possible d'équipements, l'ensemble des protocoles est divisé en familles correspondant chacune à un niveau d'abstraction, selon une structure en pelures d'oignon (fig. 5). Dans chaque équipement terminal, l'information traverse les différents niveaux de protocole pour circuler entre l'utilisateur (dispositif ou programme) et la ligne de transmission. Chaque niveau est séparé du niveau précédent et du suivant par une interface bien définie. Les échanges entre deux couches correspondantes de même niveau sont réglés par leur protocole propre et peuvent

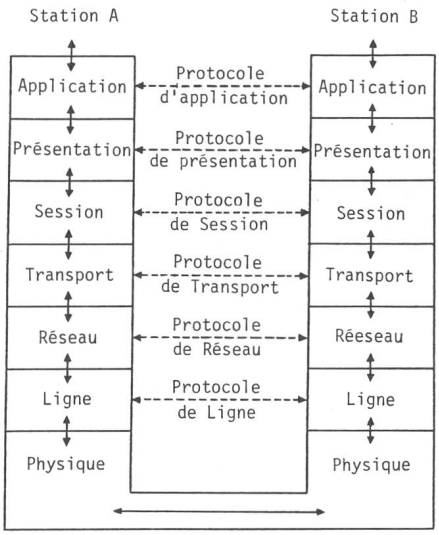

Fig. 5 Niveaux de protocole de réseau
Modèle en pelures d'oignon

être considérés comme s'effectuant directement, bien qu'ils transitent par le canal des couches inférieures. Ainsi, la liaison numérique physique constituée par une ligne et ses deux modems constitue le niveau physique. Comme cette ligne présente généralement des caractéristiques de fiabilité et de taux d'erreurs inacceptables pour les équipements qui l'exploitent, les informaticiens superposent au niveau physique un protocole de ligne qui prend en charge, entre autres, la retransmission en cas d'erreurs sur la ligne. Le niveau de ligne crée donc, pour les niveaux supérieurs, une liaison logique presque exempte d'erreurs qui présente l'intérêt d'éviter que les erreurs de transmission perturbent le système et qui permet d'assurer une relative indépendance des niveaux supérieurs vis-à-vis des problèmes de transmission.

Les deux niveaux de protocoles les plus bas règlent les échanges entre chaque paire de nœuds d'un réseau. Dès que le réseau devient un peu complexe, les messages doivent traverser plusieurs lignes avant d'arriver à leur destination. Ceci pose toute une série de problèmes nouveaux tels que, par exemple, le routage des messages. Les procédures correspondantes sont regroupées dans les niveaux de réseau et de transport qui débarrassent ainsi les niveaux supérieurs de tous les problèmes liés au transport de bout en bout des messages.

Les domaines d'application ainsi que les modes possibles de réalisation des protocoles que nous venons d'évoquer sont maintenant bien compris, et il existe déjà de nombreuses normes internationales qui définissent ces protocoles, en particulier la norme X.25 pour l'interface avec les réseaux publics à commutation de paquets. La situation est, par contre, encore floue en ce qui concerne les protocoles supérieurs qui sont en principe regroupés en trois niveaux correspondant respectivement à des fonctions de session, de présentation et d'application. Ces niveaux sont plus dépendants de l'application que les niveaux précédents et ils se réfèrent à un degré d'abstraction supérieur. Ils doivent parfois remplir des fonctions complexes, comme par exemple des fonctions de traduction qui se situent au niveau présentation et dont le rôle est de permettre la communication entre des stations terminales hétérogènes. Il n'est donc pas facile de définir ce qui doit être fait à ces niveaux et si la gestion des protocoles est du ressort de l'utilisateur ou de l'exploitant du réseau.

Les problèmes de frontières

Au-delà des aspects techniques, le développement remarquable de l'informatique et des télécommunications est appelé à avoir de profondes répercussions sur notre société. Sans aborder ce problème qui fait déjà l'objet d'un vaste débat et qui concerne un futur encore éloigné, il est intéressant d'évoquer ici l'impact de cette évolution technique sur les industries et les services directement concernés.

Il y a une quinzaine d'années, les industries de l'informatique et des télécommunications n'avaient que peu de points communs, et les prestations offertes par les services publics de télécommunications se réduisaient essentiellement à la fourniture d'une fonction de transport. L'industrie des télécommunications était, au départ, principalement orientée vers l'électromécanique. Pour faire face à l'évolution technologique, elle a dû se reconvertir en quelques années vers l'électronique et l'informatique. Cette mutation a posé des problèmes financiers et humains considérables, mais dans un premier temps n'a changé fondamentalement ni les situations respectives des industries de l'informatique et des télécommunications, ni leurs relations avec les services publics. Initialement, l'apparition des premiers réseaux de téléinformatique n'a pas modifié radicalement cet état de choses car ces réseaux privés étaient en général consti-

tués par du matériel homogène fourni par un seul constructeur et ils ne faisaient que se superposer au réseau public en lui empruntant des lignes.

Cette situation a commencé à évoluer à partir du moment où le nombre d'utilisateurs est devenu suffisant pour justifier le développement des réseaux publics de téléinformatique. Ces réseaux sont constitués essentiellement par des ordinateurs spéciaux qui jouent le rôle de commutateurs de paquets, et les services publics se sont tournés tout naturellement vers leurs fournisseurs pour se les procurer, ce qui a précipité l'évolution vers l'informatique de l'industrie des télécommunications. La ligne de démarcation entre les industries de l'informatique et des télécommunications a donc tendance à devenir de plus en plus floue, d'autant plus que les constructeurs de matériel informatique sont amenés, de leur côté, à s'intéresser de plus en plus près aux télécommunications afin de développer des systèmes qui intègrent le traitement et le transport de l'information sous toutes ses formes. C'est ainsi, par exemple, que plusieurs constructeurs de matériel informatique fabriquent aujourd'hui des centraux téléphoniques privés.

Les réseaux de téléinformatique publics, dont la fonction principale était à l'origine de transporter de l'information «en l'état», sans la modifier, disposent maintenant d'équipements informatiques sophistiqués qui leur permettent de fournir des services dépassant largement ceux qui correspondent à une simple fonction de transport. Il leur est par exemple possible de fournir une fonction de conversion de formats et de protocoles permettant à des équipements hétérogènes de communiquer entre eux par l'intermédiaire du réseau téléinformatique public. De même, il est tout à fait concevable que les réseaux publics développent des banques de données pour les mettre à disposition de leurs usagers. Ces fonctions nouvelles débordent en général largement du cadre étroit du monopole des services publics et placent parfois ces derniers dans une situation de concurrence directe avec le secteur privé. Il n'est pas douteux que cet état de choses aura des répercussions importantes sur l'organisation et la réglementation des services publics de télécommunication, sans qu'on puisse préjuger aujourd'hui du sens de cette évolution, qui sera en grande partie déterminé par des options politiques. L'exemple des Etats-Unis montre à quel point les services publics de télécommunication peuvent changer en une quinzaine d'années par suite d'une révolution technologique. Alors qu'autrefois le monopole d'exploitation des réseaux concédé à des compagnies privées était quasi absolu, avec en particulier l'impossibilité pour un usager de se connecter directement au réseau commuté téléphonique, de récentes décisions gouvernementales restreignent le monopole aux réseaux urbains et régionaux en introduisant la concurrence aussi bien en ce qui concerne les liaisons à grandes distances que pour la fourniture de services informatiques qui dépassent le simple transport de l'information. Ces décisions sont de nature à changer profondément la structure des industries de l'informatique et des télécommunications aux Etats-Unis.