

# ARCHITECTURES ET STRUCTURES DE L'INFORMATION

Création et transfert de valeurs

Terrence P. McGARTY  
Sara J. McGARTY

Au cours des cinquante années qui ont précédé, les définitions de l'information ont varié. En 1948, Shannon a proposé une définition quantitative fondée sur un ensemble de symboles et sur leurs probabilités relatives d'apparition. Celle de Walter Wriston, ancien président de Citicorp, se situe à l'extrême opposé. Il disait que l'information serait la monnaie du XXI<sup>e</sup> siècle et qu'il lui serait affecté une valeur définie en fonction de ses capacités à effectuer des transactions. Plus précisément, du fait qu'elle lui donnait pouvoir d'agir, Wriston considérait l'information comme une source de valeur pour son détenteur.

Dans le document présent, nous allons étudier six principaux concepts. Ces concepts recouvrent en partie les principales questions clés qui peuvent se poser à propos de l'infrastructure de l'information, et de son industrie. Ces questions sont les suivantes :

– *Quel sens a l'information ?* Peut-on définir ce sens en dehors d'un contexte et, sinon, quelle est la définition du contexte qui convient le mieux à une infrastructure ?

– *Quelle est la valeur de l'information ?* Comment se définit cette valeur et dans quel contexte faut-il la mesurer ? Plus précisément, doit-on prendre en compte son utilisation potentielle ou l'utilisation effective qui en est faite ?

– *Qu'est-ce qu'une architecture de l'information ?* De quoi sont constituées les composantes clés des systèmes d'information et de quelle manière ces composantes se rattachent-elles au fonctionnement de l'ensemble ? Sont alors appelées les questions de morphologie des systèmes d'information.

– *Qu'est-ce qu'une infrastructure et, plus spécifiquement, qu'est-ce qu'une infrastructure des communications ?* Que peut-on dire de son efficacité si l'on raisonne en termes d'utilisation de l'information et de valeur qui se crée au sein d'un système d'information ?

– *Quels sont les types de systèmes d'information existant aujourd'hui et vers quoi tendent-ils ?* Cette interrogation soulève à la fois des questions de taxonomie et des questions d'évolution dans le contexte d'une taxonomie déjà élaborée. D'où encore une autre interrogation : est-ce que l'ontogénie récapitule la phylogénie ? Pour préciser une compréhension affinée des modalités par lesquelles l'industrie de l'information est parvenue à son point actuel permet-elle de prévoir la direction que prennent les choses ?

– *Quels sont les canaux de distribution pour les systèmes, les services et les produits de l'information ?* Pour préciser de quelle manière les composantes doivent-elles être interconnectées et quels sont les rôles des opérateurs de ces composantes, lorsque l'objectif est de fournir, à tous les acteurs de la chaîne de distribution de l'information, les meilleurs atouts pour créer de la valeur ? Cette question se relie également au concept de « chaîne alimentaire » des systèmes d'information. Quels enchaînements sont essentiels pour leur survie ?

L'amélioration de la structure et

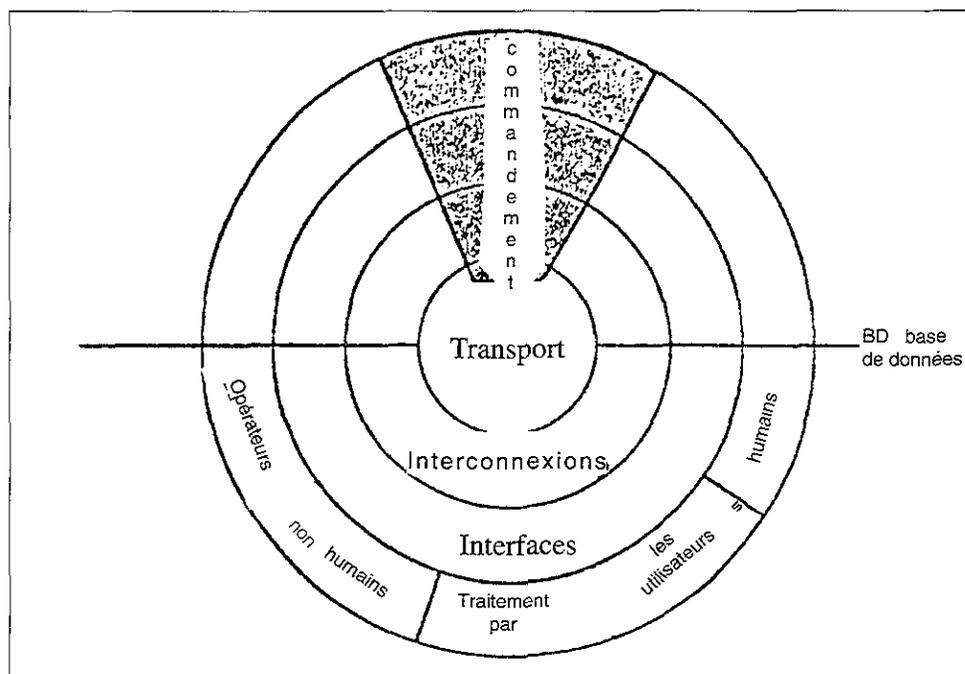
des composantes des systèmes d'information, les moyens d'accroître la valeur que ces systèmes produisent directement ou par l'entremise de leurs utilisateurs, sont les thèmes centraux de ce document. Il est essentiel de se souvenir que la première raison d'être des systèmes d'information est la création de valeur. Leur but n'est pas de se limiter à servir leurs propres fins. Ils représentent des entités économiques qui doivent se justifier en termes de capacité de contribution, directe ou non, à la valeur créée par leurs utilisateurs.

### MORPHOLOGIES DU SYSTÈME D'INFORMATION

Au cours des quarante dernières années, les systèmes d'information ont évolué et adopté de nombreuses formes et configurations. Dans cette partie, nous défendons l'idée selon laquelle il semble exister un ensemble fixe d'éléments communs à tous les systèmes d'information et que ces éléments sont susceptibles d'être classifiés pour distinguer un système d'un autre. La

méthode adoptée ici se calque sur celle de Linné qui, au XVIII<sup>e</sup> siècle, inventa une classification des plantes et des animaux. Utilisant les informations recueillies à travers l'observation de milliers d'espèces de plantes différentes, Linné produisit une structure des règnes végétaux, des groupes, des familles, des genres et des espèces. Chaque subdivision se caractérisait par une variation morphologique. Pour parvenir à cela, il fallait d'abord établir une liste de formes d'un niveau plus élevé. Dans le cas des plantes, c'étaient les racines, les tiges ou pousses, les feuilles et les fleurs. Pour les réseaux d'information, nous définirons à notre tour un ensemble de formes dont nous étudierons la morphologie. Dans la partie suivante, nous pousserons nos résultats jusqu'à une taxonomie aboutissant à une architecture. L'avantage de cette démarche est qu'elle indique pour les « espèces » de réseaux d'information des différences et des similarités mesurables, et qu'elle permet également des analyses de l'évolution, partant du passé, traversant le présent et s'engageant dans l'avenir.

Figure 1  
Composantes



## Composantes des systèmes

Les systèmes d'information ont cinq composantes. Ce sont les fonctions de contrôle, de transport, d'interconnexion, de base de données et d'interface (voir figure 1 où elles sont dépeintes de manière générique). À présent, nous allons donner davantage de détails à propos de ces fonctions. Il est à noter qu'au cours des années elles ont évolué à la fois dans leur contenu et dans leur complexité. Nous avons choisi d'étudier ces composantes dans le contexte de réseaux placés dans l'obligation d'assumer les applications de l'information et des communications les plus en pointe. Pour préciser l'univers de référence des réseaux que nous étudions en vue d'interpréter leur architecture ou doit recevoir les applications suivantes :

**Les utilisateurs finaux désirent avoir des interactions en temps réel** par des images ou autres types d'information de haute définition d'une manière répondant conjointement aux critères de temps et de définition (1)

**Les installations** de l'utilisateur final sont extrêmement intelligentes et complexes, et l'exploitation peut avoir lieu dans un contexte d'utilisation autonome

**Les utilisateurs désirent l'exploitation sur un mode totalement réparti**. Les bases de données, les utilisateurs, les dispositifs d'entrée/sortie seront tous situés en des points différents (2)

**Le réseau peut fournir un service de niveau différencié** selon les utilisateurs. Il ne fournit pas obligatoirement un service de type universel au maximum de ses capacités à tous les utilisateurs finaux

Cette conception du réseau aura une influence significative sur notre définition, extensive, des composantes et, par voie de conséquence, un impact sur le rapprochement desdites composantes dans une architecture d'ensemble. Tous les postulats concernant l'univers de référence sont nouveaux par rapport à ceux que l'on pouvait

émettre dans un univers uniquement vocal. Nous définissons un réseau comme étant la concrétisation d'une architecture, avec toutes ses composantes.

Les composantes architecturales sont le contrôle, le transport, l'interconnexion et l'interface. La figure 2 montre leurs interrelations dans une architecture d'ensemble. Ces composantes se répartissent de la façon suivante :

— **Contrôle** : dans une architecture, les éléments de contrôle assument des fonctions telles que l'administration, la détection des erreurs, les restaurations, la facturation, la gestion de l'inventaire et les diagnostics. Les réseaux vocaux assurent habituellement ces fonctions de manière centralisée. Cependant, au cours des cinq dernières années, des schémas d'administration et de commandement plus évolués ainsi que des produits permettant à la clientèle d'assurer le commandement et la gestion des réseaux lui appartenant sont apparus. IBM, AT&T (American Telephone and Telegraph Cie) et Nynex ont mis au point des systèmes de gestion de réseaux où la fonction de contrôle s'est transmise du réseau au client (3).

Dans le domaine des sous-réseaux, des entreprises comme NET, Timeplex, Novell, 3-COM, parmi d'autres, ont produit des installations similaires pour des réseaux locaux, des multiplexeurs de données, etc. Le commandement centralisé du réseau n'est désormais plus nécessaire et, de fait, ce n'est peut-être pas la manière la plus efficace de le commander.

Ce qui est important, par contre, c'est que ce contrôle de réseau, assumant les fonctions mentionnées ci-dessus, existe. Le contrôle est une composante essentielle pour n'importe quel réseau, tant public que privé. C'est pourquoi les schémas d'évolution du réseau doivent tenir compte de cette composante ou de cette série de fonctions.

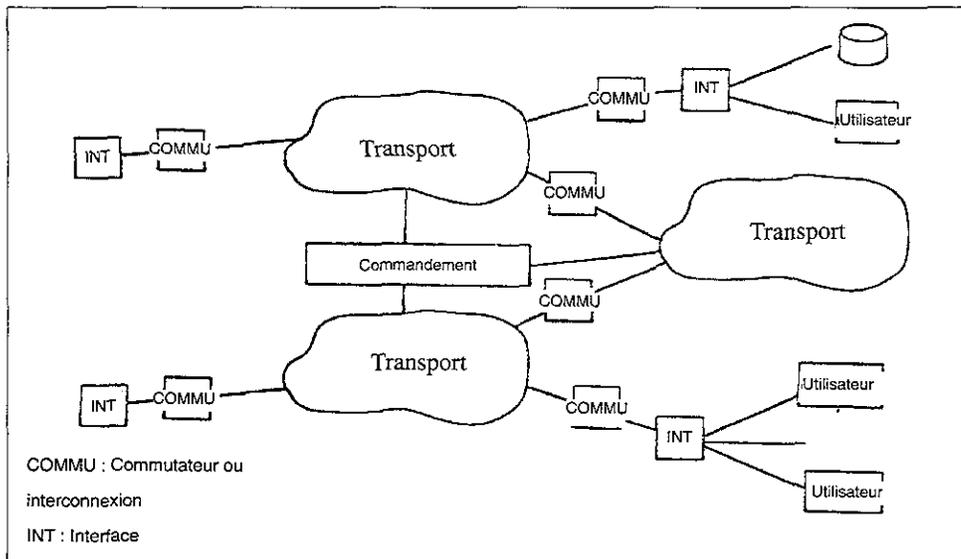
Aujourd'hui, le contrôle peut être souple et mobile. De tous les changements envi-

(1) BARLOW

(2) DERTOUZS et Moses DESOLAPOUL, p 55-59

(3) MCGARTY, 1987

**Figure 2**  
**Architecture de l'information**



sagés dans le cadre d'une architecture, ceux qui sont intervenus dans la fonction de contrôle sont probablement les plus décisifs. Pour faire un rapprochement, tous les bâtiments ont besoin de fenêtres, mais selon la nature de ces fenêtres et selon leur emplacement on obtiendra un tas de briques ou la cathédrale de Chartres. Il en est de même en ce qui concerne la composante contrôle. Dans certains réseaux récents, le contrôle n'est plus centralisé mais réparti et conféré aux utilisateurs finaux. Les utilisateurs peuvent maintenant faire des ajouts et des modifications, et transformer la configuration et les capacités de leur réseau.

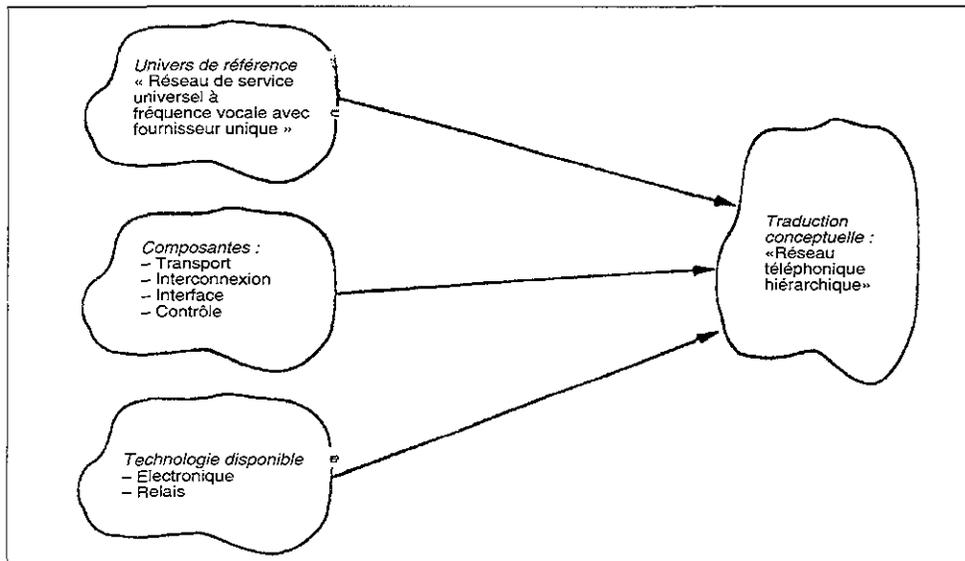
Voyons brièvement de quelle manière la fonction de contrôle peut à présent être répartie. Considérons une importante entreprise de réseaux, comprenant des ordinateurs, des réseaux locaux, des auto-commutateurs privés (PBX), des multiplexeurs « intelligents », et dotée également d'une épine dorsale de transport par fibre. Tous ces éléments ont chacun leurs propres équipements de gestion et de restauration. Chacun est en mesure de rediriger la circulation d'un site à un autre et des

systemes de cheminement sont programmés pour l'ensemble du dispositif. Les fonctions de contrôle attachées aux divers éléments sont surmontées par une autre couche des mêmes fonctions qui s'appliquent au réseau comme à une entité globale. Cette forme de contrôle est nommée « gestion des gestionnaires ». Elle surveille tous les éléments des sous-réseaux et, au besoin, s'empare des commandes. Elle est assumée par plusieurs contrôleurs qui, à partir d'un réseau indépendant, ont toute la capacité de commande à distance. La formule s'est répandue au cours des dernières années et est à présent commune à de nombreuses entreprises de réseaux. Cette conception de l'organisation du réseau a été décrite en détail par P. Huber (dans son rapport au département de la Justice américaine) (4).

— *Transport* la fonction de transport est assurée par un support matériel qui peut se présenter sous forme de paire torsadée, de câble en fibre optique, de signaux radio ou d'autres moyens. Le transport ne doit pas être confondu avec d'autres éléments du réseau. Le transport, ce sont tout simplement les réserves de

(4) HUBER

**Figure 3**  
**Montage architectural (réseau Télécom)**



moyens physiques permettant de faire passer sous une forme quelconque, digitale par exemple, l'information d'un point à un autre. A ce niveau, elle s'exprime au maximum en bits par seconde ou, mieux, en bande passante. En tant que structure de transport, la bande passante est ce qu'il y a de plus commode. Le transport n'entrave pas la capacité de changer l'information au besoin ni de lui apporter des améliorations de toute nature.

Les premières décisions réglementaires, telles que *Above 890* concernant les faisceaux hertziens qui anticipent sur la création de la Société MCI (5), pourvoient à des arguments du Système Bell affirmant que la technologie de la transmission limitait la fonction de transport aux seules entreprises capables d'assumer simultanément cette fonction et celles de l'interconnexion et du contrôle. MCI, par contre, a reconnu que le client pouvait être capable et désireux de séparer les composantes architecturales et qu'il était

en position de le faire d'une manière plus efficace économiquement. Pour preuve, aux premiers jours d'existence de MCI, les clients du Midwest choisissaient des chemins de transport multiples et assumaient la fonction de contrôle sur leurs propres sites. De plus, les clients étaient prêts à accepter un service de qualité moindre s'il s'accompagnait d'un coût moins élevé, la baisse de qualité se reflétant probablement dans des temps de coupures plus longs.

On a pu alors s'apercevoir que les économies d'échelle horizontale de chacune des composantes du réseau, y compris du transport mais pas uniquement, représentaient en fait un manque d'économie d'échelle pour le marché (6).

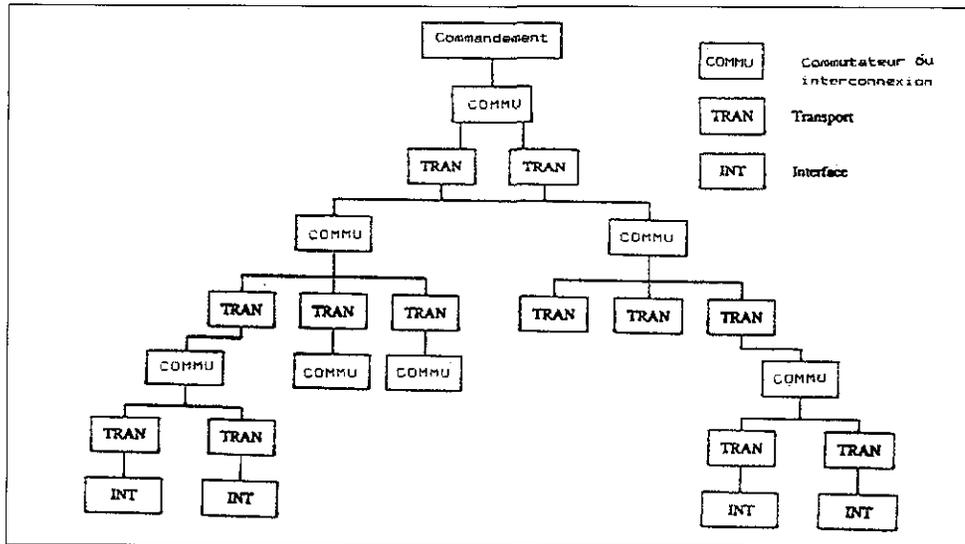
La fragmentation et le fractionnement transversal des composantes architecturales permirent la croissance et l'efficacité de MCI. A ce propos, l'inspecteur de la Federal Communications Commission (FCC) déclarait (7) : « MCI représente

(5) KAHN II 2 NDLR : Autorisation de la construction de réseaux privés pour les fréquences dépassant 890 Mc (millions de cycles : mégahertz). On trouvera une description de ces décisions dans Jean-Paul SIMON « L'esprit des règles ».

(6) Pour approfondir la thèse du manque d'économie d'échelle en termes de nouvelles composantes, voir FULHABER.

(7) EU - FCC, Federal Communications Commission, voir KAHN, II, 134.

**Figure 4**  
**Organisation hiérarchique**



une opération à peu de frais les sites sont petits et l'architecture des abris est celle d'un apprentis » Il est intéressant de noter que l'inspecteur utilisait le terme d'« architecture » à propos des sites de répéteurs de faisceaux hertziens alors que, de fait, MCI changeait l'architecture du réseau Sa remarque traduisait plus qu'une métaphore

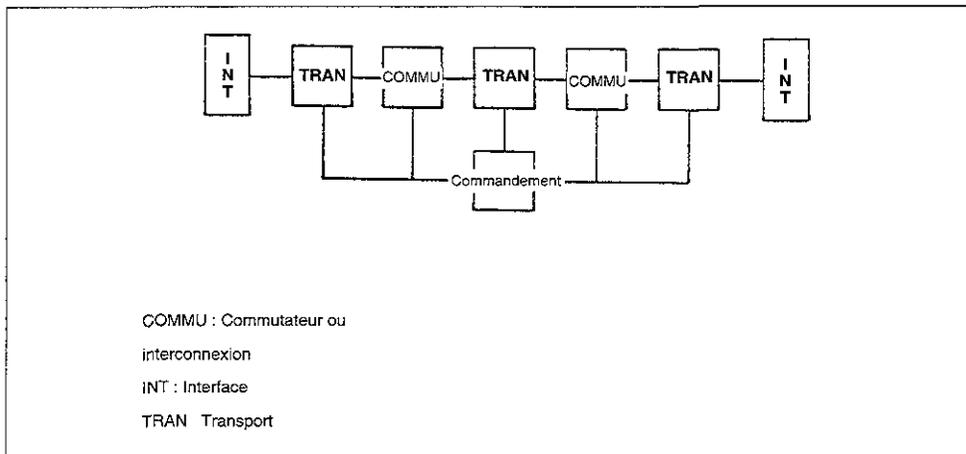
Dans le contexte d'utilisation actuelle du réseau, la question du transport et des possibilités qu'il offre à l'utilisateur surgit à nouveau Ce fut le cas avec l'introduction de la fibre optique Pour l'utilisateur, la fibre peut être fractionnée en termes de débit des données ou en termes de bande passante Dans le NREN décomposé, les trois étapes suivent toutes des lignes de débit de données croissantes, de 1,5 Mbps (million de bits par seconde) à 45 Mbps, puis jusqu'aux Gbps (gigabits par seconde) Ainsi que nous l'avons indiqué, la bande passante est plus commode car elle laisse à l'utilisateur final le choix entre le débit de données et la structure de données Cette capacité a davantage de possibilités de se déployer avec le réseau à fibres en attente d'utilisation (dark fiber network)(8)

Regardons les deux réseaux de la figure 7 Le réseau au-dessus est un réseau en fibre standard avec des répéteurs à intervalles périodiques Dans les limites de la technologie classique, ceux-là sont nécessaires en raison des pertes au cours du transport par fibre Cependant, dans l'état actuel de la technologie, la fibre peut couvrir des distances correspondant à de nombreuses dizaines de kilomètres sans avoir recours à de tels répéteurs et tout en conservant une capacité correcte de transmission

Cependant, les répéteurs ne sont pas là uniquement comme conséquence des contraintes que la fibre impose au transport Ils sont également là pour renforcer le régime vocal d'un univers de référence fondé sur la voix C'est-à-dire que les répéteurs ne répètent pas seulement des débits de données, ils répètent également des séquences structurées basées sur des structures vocales de 64 kbps Comme exemple extrême, NREN, dans sa seconde phase, fournira 45 Mbps aux utilisateurs Malheureusement, il n'existe pas de modems de 45 Mbps Cela signifie qu'un accès direct à 45 Mbps n'est pas réalisable Il

(8) NDLR : Les fibres optiques non utilisées ne sont pas éclairées, elles demeurent donc « sombres »

**Figure 5**  
**Organisation centralisée**



faut procéder à un sous-multiplexage de l'équivalent des circuits digitaux à fréquence vocale. Ainsi, dans ce type de schéma, l'univers de référence est envahissant. Il en est de même quand les protocoles SONET sont utilisés en hautes fréquences pour les réseaux numériques à intégration de service (RNIS) à large bande, en particulier à travers un commutateur ATM (Asynchronous Transfer Mod) (9).

Par contraste, le réseau à fibres en attente, c'est les ressources d'une fibre optique à la disposition de l'utilisateur final qui peut s'en servir comme bon lui semble. Sur le plan de l'univers de référence, il représente l'équivalent du réseau local. Le réseau local fournit une bande passante coaxiale de plusieurs centaines de MHz alors que la fibre fournit une bande passante allant des GHz aux TéraHz.

— *Interconnexion* la composante interconnexion de l'architecture révèle de quelle manière les différents utilisateurs sont connectés entre eux et avec n'importe quel élément du réseau, et est synonyme de commutation. La commutation suppose l'existence d'un schéma d'adressage, d'un schéma de gestion des adresses et d'un schéma permettant à un utilisateur d'entrer

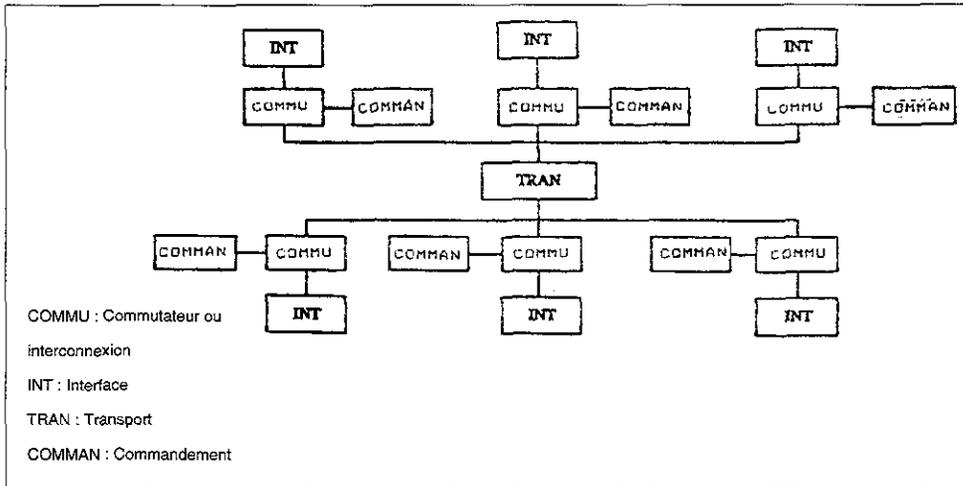
en relation avec n'importe quel autre en le localisant et en se connectant avec lui.

Par le passé, l'interconnexion était assurée par le système de commutation du central. Ainsi que nous le montrerons par la suite, la mise en œuvre de chacune des composantes architecturales devait se plier à certaines limitations de la composante transport. Avec les changements qui sont intervenus au niveau de cette dernière, dont les structures autorisent une plus grande bande passante, les besoins concernant la commutation ont connu des transformations. Plus précisément, les systèmes répartis et les économies d'échelle des architectures réparties font que l'interconnexion peut être commandée non plus par le central mais par les équipements d'utilisateurs. Comme nous le montrerons plus loin, l'avènement des réseaux locaux et de la télévision par câble a été marqué par l'utilisation de composantes d'interconnexion répartie.

L'argument en faveur d'une interconnexion combinée au transport et à la fonction de commandement (c'est-à-dire une intégration horizontale) était valable en 1970. Il ne l'est plus aujourd'hui. Les fonctions peuvent être indépendantes et les économies d'échelle sont entre les

(9) Mode de transfert asynchrone. Voir FLEMING pour la question de la commutation sur large bande et du paradigme vocal.

Figure 6  
Organisation distribuée



maines des fabricants et équipements d'usagers et non pas entre celles des fournisseurs des réseaux. En effet, résultant de ces changements technologiques, il n'existe pas de monopole de l'interconnexion. Cela représente un changement considérable par rapport à 1970 et aux analyses de Kahn (10).

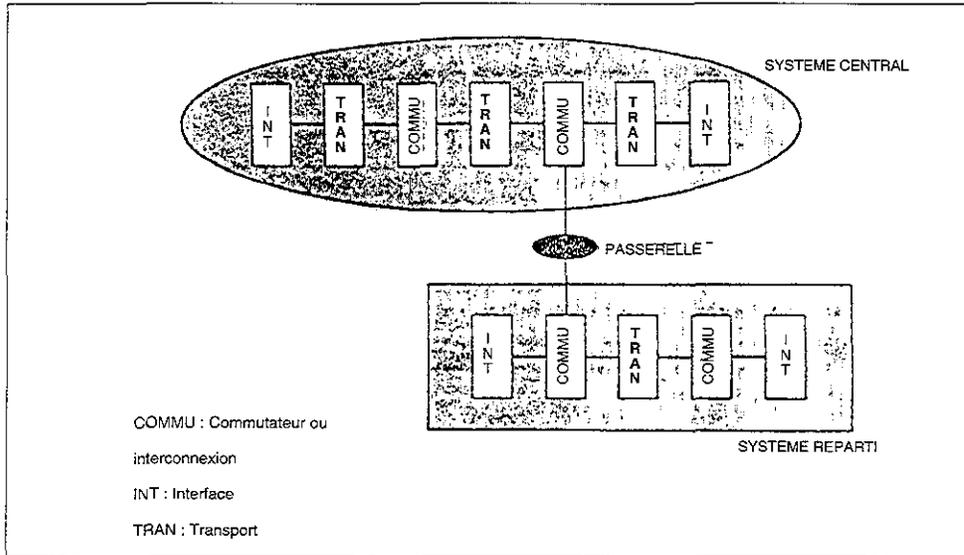
Aujourd'hui, trois conceptions générales de l'interconnexion ont cours : celle du télécommunicant, celle de l'informaticien et celle de l'utilisateur. La conception des télécommunications postule au départ un transport vocal de base, auquel se rattache un service universel, et ne sépare pas les fonctions d'interconnexion et de contrôle. La conception de l'informaticien est fondée sur le sentiment que, en tant que moyen de transport, le réseau manque totalement de fiabilité et que, pour le manquement de chaque paquet, le matériel et les logiciels de l'ordinateur ne doivent être utilisés qu'in extremis. Bien plus, selon cet informaticien, le commandement du réseau ne verrait dans la gestion du temps qu'une question d'importance secondaire. Son point de vue a été résumé par la phrase : « Chaque paquet représente une aventure ». Cette phrase est prononcée avec une certaine joie car, si chaque pa-

quet est envoyé tel quel au travers du réseau, menace des périls de Charybde et de Scylla, il ne devra son salut qu'à la science de l'informaticien et à son sens du défrichage. La troisième conception est celle de l'utilisateur intéressé par une interconnexion qui réponde à ses besoins tout en étant moins chère. Il doit donc se battre en même temps contre l'obsolescence et contre le prix de revient. La figure 8 permet de comprendre quel est, à propos de l'interconnexion, le défi qu'il doit relever. Le prix, ou la capacité, du traitement informatique décline chaque année. Aussi l'investissement doit-il essayer de suivre la courbe. Dans une organisation hiérarchique de l'interconnexion, comme un important réseau à commutation centrale, les changements n'interviennent que toutes les quelques années. C'est pourquoi les pertes financières ou en performances peuvent devenir significatives. Par contre, dans un contexte d'utilisation commandée par l'utilisateur final et marquée par une architecture totalement répartie, l'efficacité perdue du fait des progrès de la technologie est minimisée.

- *Interface* Les interfaces sont les moyens de connexion des utilisateurs finaux avec la composante transport. La

(10) KAHN

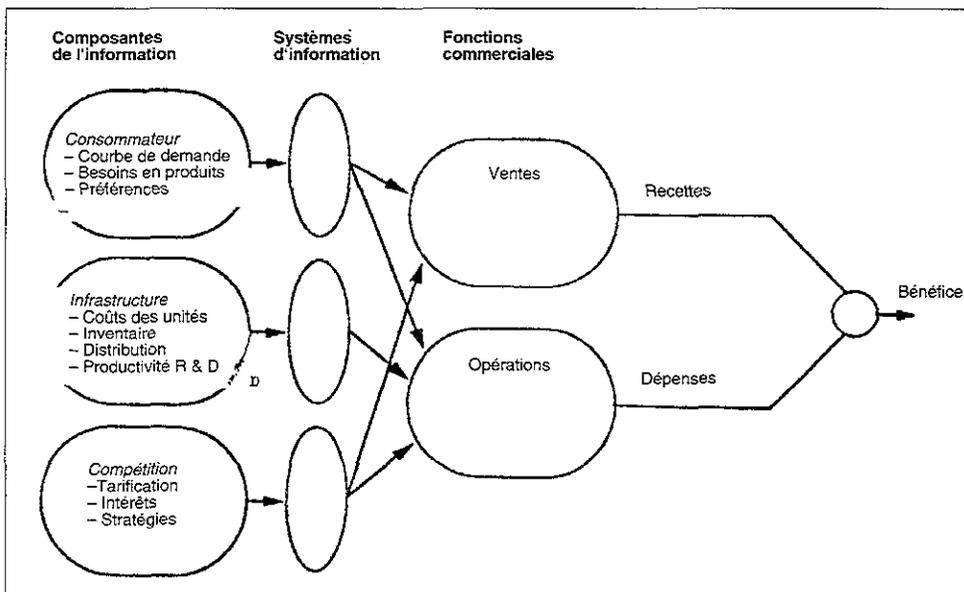
**Figure 7**  
**Organisation segmentée**



composante interface sert à la conversion du flot d'information de l'utilisateur final et des flots d'information utilisés dans la forme de transport du réseau. Par exemple, l'interface du téléphone pour la voix est l'appareil de conversion analogique.

— *Bases de données* les interfaces des composantes des systèmes assurent pour la plupart la jonction avec les utilisateurs finaux. Dans le cas d'un système d'information, les interfaces sont connectées à un ensemble d'utilisateurs et de bases de données.

**Figure 8**  
**Valeur de l'information**



Nous avons divisé des éléments du réseau en quatre catégories afin de démontrer qu'il existe clairement quatre zones distinctes et indépendantes qui peuvent être sujettes à croissance et faire l'objet de l'élaboration d'une politique. Les problèmes de réglementation dus à un monopole potentiel restent un souci, mais nous allons démontrer que, dans chacune des catégories, on peut faire des économies en désagrégant les marchés.

## ARCHITECTURE

Le concept d'architecture des télécommunications a été la pierre angulaire de la réalisation de nouveaux systèmes de télécommunications. Cela dit, les composantes structurelles de ces architectures n'ont pas été prises en compte dans la définition des politiques. Dans cette partie, nous développerons le concept de l'architecture prise en tant que moyen de comprendre le réseau qui est, à la fois, un marché et une notion réglementaire, et nous développerons un ensemble de points de vue inédits permettant de le considérer à la lumière de nouveaux paradigmes et de nouveaux univers de référence.

### Univers de référence

Une architecture demande, d'abord, que le système sur lequel elle repose soit traité comme un ensemble de composantes de base couramment reconnues et auxquelles sont attachées une série de fonctions nettement démarquées et une série d'interfaces permettant leur combinaison. À partir de là, la façon dont les composantes peuvent être combinées, confrontée aux types extrêmes de services fournis, détermine l'architecture. Un tel montage est représenté sur la figure 3.

Deuxièmement, une architecture est commandée par deux facteurs, la technologie et l'univers de référence du système. La technologie impose des limites à ce qui est

réalisable. Cependant, ces limites se trouvent généralement bien au-delà de celles que se fixe de lui-même le concepteur, ou l'architecte, en se fondant sur ce qu'il imagine être l'utilisateur dans son environnement. Le concept d'architecture avec utilisation d'éléments projetés est décisif pour la compréhension des paradigmes utilisés pour structurer les systèmes d'information. (11) L'univers de référence du système est ce qui commande le plus puissamment l'architecture. (12) Dans ce document, nous défendons la thèse selon laquelle, pour aborder les réseaux, il est essentiel d'adopter une attitude et une interprétation philosophiques. Nous sommes d'accord avec Winograd et Flores, et par là même avec Heidegger, pour dire qu'il faut se jeter à l'intérieur du réseau, afin de mieux comprendre les besoins de ses utilisateurs et la structure des paradigmes qui en constituent l'univers de référence.

Un paradigme pourrait se définir par la somme des technologies disponibles pour mettre en œuvre le réseau ajoutée à notre manière d'assembler ces éléments. Cependant, un paradigme ne trouve sa vraie signification que dans le contexte d'exemples ou d'expériences que, d'un commun accord, nous relient à ces technologies-là. Un paradigme, ce n'est pas une technologie en soi et pour soi, mais une technologie comme exemple. De nouvelles technologies créent de nouveaux paradigmes. De nouvelles technologies permettent d'ajuster différemment les composantes. Kuhn poursuit et démontre que l'univers de référence, c'est-à-dire la conception que nous avons de nous-mêmes et de notre environnement, est fondé sur notre acceptation de ces paradigmes conçus soit comme des sommes de techniques et de technologies, soit comme des sommes d'« allégories » de ces techniques et technologies. Nous finissons donc par les accepter comme étant tels que les choses sont et doivent être. Kuhn indique aussi que la transformation des para-

(11) WINOGRAD and FLORES, 34-50, notamment pour leur étude de la conception qui s'appuie sur HEIDEGGER et IHROWNNESS

(12) KUHN, 72-85

digmes qui accompagne celle des technologies ne se produit pas de manière continue mais procède par bonds. Les nouveaux paradigmes se construisent et restent congelés jusqu'au moment où ils jaillissent à la faveur de nouveaux univers de référence. D'après nous, le développement de la large bande s'est calqué sur ce modèle.

Ainsi donc, l'architecture est la combinaison de trois parties : les composantes de base, la technologie de support et l'univers de référence. Sur la figure 3, nous représentons la conceptualisation de l'architecture comme étant l'amalgame de ces trois éléments.

Le concept d'« univers de référence » est un concept étendu qui forme le noyau des thèses avancées dans ce texte. Pour mieux comprendre ce qu'il implique, nous examinerons plus avant plusieurs de ces univers de référence courants et analyserons les conséquences de chacun d'eux. Lorsque vous avez une conception hiérarchique de votre univers, votre réseau risque fort de la refléter. Si, de plus, vous lui ajoutez une préférence pour les communications vocales, ces deux éléments se refléteront dans tout ce que vous accomplirez. Les observations véridiques que vous pourrez faire sur le contexte et sur les besoins des utilisateurs se heurteront à ce point de vue. En tant qu'observateurs extérieurs, nous sommes bien placés pour démontrer de tels mécanismes et l'utilisation d'outils herméneutiques peut nous permettre de voir clairement quels sont les desseins d'un constructeur de réseau.

Prenons, par exemple, l'utilisation des paires torsadées – paires de fils de cuivre – comme moyen de transport téléphonique. Pendant des années, il fut implicitement convenu que la bande passante de ce moyen de transport était limitée à 4 000 Hz, soit celle qui était nécessaire à un signal vocal de qualité convenable. De manière évidente, l'univers de référence était celui d'un réseau vocal destiné à servir à la seule circulation de la voix. Il y a dix ans, cette restriction existait effectivement, puisque la transmission était, sur les lignes de téléphone, énergiquement limitée à 4 000 Hz par des charges inductives ou des bobines qui ne laissaient pas passer

des largeurs de bande supérieures. Puis, en un temps assez court, au milieu des années 80, des fabricants de réseaux locaux découvrirent qu'ils pouvaient transmettre 1,5 Mbps au moyen de la paire torsadée classique et que les données informatiques pouvaient passer par ce canal supposé réservé à la voix. La limite qui avait fait l'objet d'une loi presque religieuse n'existait pas réellement. Par la suite, avec l'introduction des commutateurs digitaux, les vieilles « charges inductives » réapparurent, l'interrupteur limitant cette fois-ci les données à 4 kHz ou 64 kbps. L'univers de référence du réseau uniquement vocal reprit le dessus mais, cette fois, beaucoup plus dans un contexte de limites imposées au débit que de limites de la bande passante. En ce début des années 90, une nouvelle tentative d'évasion de l'univers de référence se produit avec ce qu'on nomme les circuits FDDI, qui essaient de placer 100 Mbps sur la paire torsadée. De nouveau, en raison des limites que son système de prédominance vocale impose au réseau, l'univers de référence confine ce débit élevé aux seuls sites de la clientèle.

Le concepteur de l'appareil de transport peut limiter le débit par la sélection d'un format de signalisation ou délimiter la bande passante par filtrage. De fait, la paire torsadée a un profil bande passante-débit qui met l'accent sur les paradigmes vocaux. Cela va à l'encontre de grandes possibilités de fournir tantôt la largeur de bande, tantôt le débit à l'utilisateur. Les deux univers de référence limitatifs sont indiqués par deux rangées solides, l'une à 4 000 Hz, l'autre à 64 kbps. Tous les deux sont des univers de référence uniquement vocaux. Il est aisé de voir qu'avec la superposition de la fibre optique l'architecture peut continuer à être dominée par ces mêmes univers. Dans le cas de la fibre optique, le résultat peut être un fractionnement de l'architecture suivant des rangées de débit sélectionnées, en fonction, de nouveau, de l'univers de référence vocal.

C'est ainsi que l'architecture peut être définie comme la traduction conceptuelle d'un univers de référence, qui utilise l'ensemble des composantes structurelles com-

munément convenues, et qui se fonde sur la série des technologies disponibles

L'architecture gothique, par exemple, traduisait dans un bâtiment comprenant un toit, des murs, des planchers et des fenêtres et fait de pierre et de verre le salut promis par Dieu dans l'au-delà. L'architecture romantique, tout en employant les mêmes éléments avec parfois quelques matériaux de construction supplémentaires, était par contre une célébration de l'homme. L'impact des différents univers de référence apparaît de manière évidente dans leurs traductions architecturales (13)

Prenons un deuxième exemple de l'impact de l'univers de référence sur l'architecture. Considérons la différence qui existe entre l'architecture des RNIS et celle des réseaux locaux. L'architecture des premiers suit la logique d'un univers de référence à prédominance vocale et hiérarchisé autour de sites de commandement uniques. Celle des seconds reflète des univers de référence où, à la fois, l'utilisateur se prend lui-même en charge et où le contexte d'utilisation est celui d'une entreprise de réception de données.

Pour comprendre l'impact de l'univers de référence, il est crucial de comprendre cette évolution des mentalités. Le réseau local est une concrétisation de la reconnaissance des points de vue individuels qui s'est développée au cours des années 60 et 70. La conception des réseaux locaux, qui a son origine dans des sites tels que le Parc Xerox, a été induite par le besoin ressenti par les innovateurs de mettre à la disposition et sous le contrôle de l'utilisateur final des capacités informatiques auparavant hors de sa portée.

Cette conception a donné naissance à l'architecture des réseaux locaux, systèmes entièrement répartis, utilisant un mécanisme de transport coaxial pour fournir uniquement de la bande passante. Ce mécanisme de transport autorise beaucoup. La mise en application effective a lieu sur le terminal de l'utilisateur à travers son

matériel et ses logiciels. C'est en contradiction flagrante avec les RNIS, dont les commutateurs centraux assurent la mise en service. Les RNIS ne fournissent pas de bande passante mais, de préférence, un débit à fréquence vocale de 34 kbps ou de leurs multiples. Le fait est à considérer par rapport à la façon dont, au début des années 80, les entreprises de télédistribution par câble assuraient les communications vocales. Cox et Warner, utilisant des dérivées des technologies de réseaux locaux (Local Area Network), fournissaient, par le moyen du transport coaxial, un service de type vocal, de type vidéo et de type transmission de données, non pas en enrégimentant le réseau mais en passant le pouvoir aux terminaux des utilisateurs finaux.

### **Solutions de rechange architecturales**

Existe-t-il une taxonomie propre à l'ensemble des solutions de rechange architecturales des réseaux ? Celles-là sont-elles limitées dans leurs possibilités ou pas du tout ? Les architectures existantes ont-elles des limitations naturelles empêchant l'introduction par les nouvelles technologies des nouveaux paradigmes dans l'univers de la communication ? Nous traiterons ces questions en les plaçant dans le contexte de plusieurs organisations de réseau existantes.

**Organisation hiérarchique :** les architectures de réseau classiques sont structurées de manière hiérarchique. Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, il existe des raisons techniques et historiques à ces architectures. La figure 4 est un échantillon d'un réseau de ce type. Elle montre de manière caractéristique la série de schémas de transmission connectés entre eux du niveau inférieur au niveau supérieur. Un chemin peut ou non être horizontal. Il peut être vertical. Tous sont commandés au plus haut niveau par un commandement unique.

(13) Voir chez WOLFE les débats sur l'impact de l'univers de référence sur l'architecture, voir aussi les études de JANTZEN et de TOY concernant l'impact de l'univers de référence, ou impact culturel, sur l'architecture gothique.

**Organisation centralisée** : une architecture centralisée se rapproche d'une architecture hiérarchisée par le fait que la fonction de commandement est centralisée. Cependant, ses composantes transport n'adoptent pas une forme hiérarchique. Voir la figure 5 la structure hiérarchique a disparu mais le commandement reste en un point unique. La composante commandement recouvre toutes les autres composantes du système. Un exemple caractéristique de ce type de réseau est constitué par une banque importante en zone urbaine. Une partie du réseau est constituée par le réseau des distributeurs automatiques (Automated Teller Machine), une autre par le réseau vocal pour la banque. Ces réseaux sont indépendants l'un de l'autre mais la banque les commande tous les deux à partir d'un site unique.

**Organisation distribuée** : se caractérise par un commandement réparti, une interconnexion répartie et des solutions de transport par ruban. Si nous regardons la figure 6, nous notons d'abord les diminutions des commutateurs concaténés et des composantes de transport. Le réseau est beaucoup moins dense et les commutateurs ont, de fait, la même localisation que les interfaces. Les réseaux locaux sont un exemple typique d'une volonté de distribution.

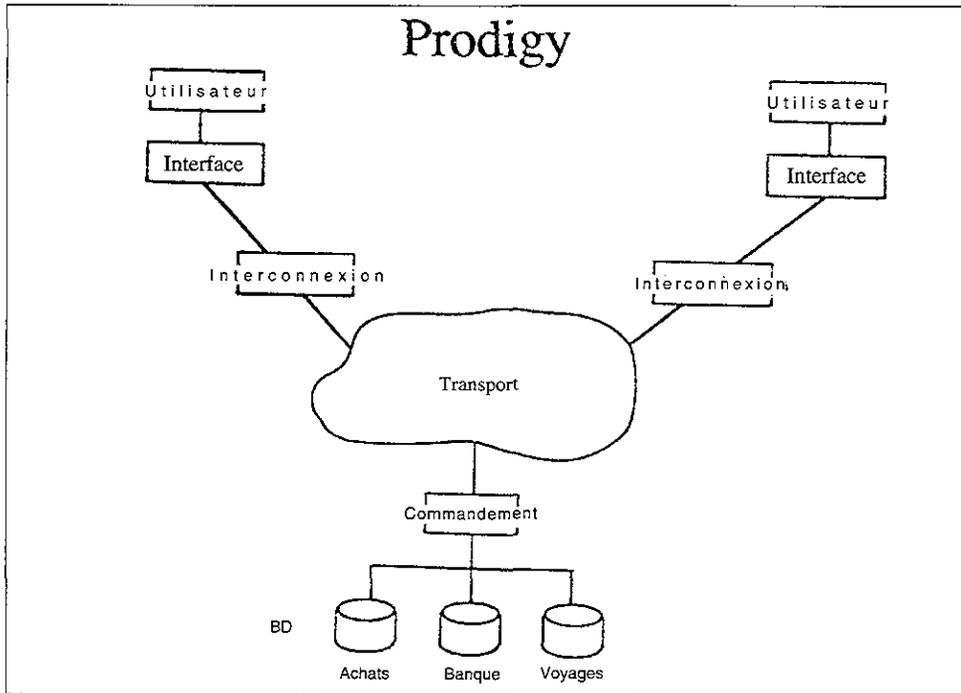
**Organisation segmentée** : un tel réseau est en réalité un réseau hybride. Chaque segment utilise une sous-architecture qui répond aux besoins de son système mais les réseaux sont interconnectés par des interfaces standard. Comme nous pouvons le voir sur la figure 7, cette architecture de réseau est un amalgame des trois premières. Elle garde en commun avec chacune la séparation entre le réseau local et le réseau longue distance. Un exemple typique de ce type de système est représenté par le réseau d'une importante entreprise industrielle ou commerciale. Une partie du réseau peut être réservée aux circuits vocaux, commandés à partir d'un point unique et fondés sur l'utilisation, à la fois, de circuits locaux et de circuits télépho-

niques inter. L'autre partie est le réseau des données, utilisant également, simultanément, des supports locaux et longue distance, et commandé à partir d'un site indépendant.

**Organisation cloisonnée** (le local et la longue distance combinés dans une communauté d'intérêts) dans tous les systèmes précédents, nous avons tenu comme établi que le transport local et le transport longue distance étaient indépendants. Cela représente un univers de référence dominé par le contexte réglementaire. Mais le fractionnement peut s'opérer en suivant des types de communauté d'intérêts plutôt que ces lignes traditionnelles. C'est ainsi qu'une communauté d'intérêts peut s'incarner dans un réseau pour les entreprises de services financiers et une autre dans un réseau fournissant des services aux particuliers. Les deux réseaux font toujours appel à tous les services locaux et longue distance mais sont à présent répartis en fonction du marché de l'utilisateur ou de la communauté d'intérêts. L'architecture sous-jacente peut ressembler à chacune des précédentes (figure 5 à figure 7). La différence majeure de ce système est que plusieurs réseaux auxiliaires, chacun contenant des éléments des quatre précédents, ont été fractionnés. Cette architecture permet le local et la longue distance dans des compartiments indépendants. Cela veut dire que l'on peut segmenter le réseau suivant les utilisateurs et non plus seulement suivant les éléments de fonctionnement. Si le Modified Final Judgement (MFJ) (14) avait fait attention aux utilisateurs plutôt qu'aux éléments de fonctionnement, les résultats auraient dû être différents et ce, de manière spectaculaire. Comme exemples de réseaux cloisonnés, on peut citer celui de l'American Express et celui de Sears. Ils disposent de l'ensemble réseaux locaux, réseaux longue distance, ainsi que de sous-réseaux pour des applications réparties spécifiques. En même temps, ces deux entreprises peuvent établir des connexions avec des services publics extérieurs.

(14) NDLR. Jugement décidant du démantèlement de AT&T, voir la contribution de David ALLEN dans ce volume.

Figure 10



Comprendre qu'il existe plusieurs conceptions architecturales différentes permet de mieux comprendre qu'elles ne sont pas seulement une affaire de connexion mais qu'elles reflètent l'univers de référence. Nous présentons pour cela trois réseaux différents : le NREN, le service pour consommateurs Prodigy et le service d'information Dialog. Lorsque l'on regarde les figures 9, 10 et 11, on peut immédiatement voir leurs différences et leurs ressemblances.

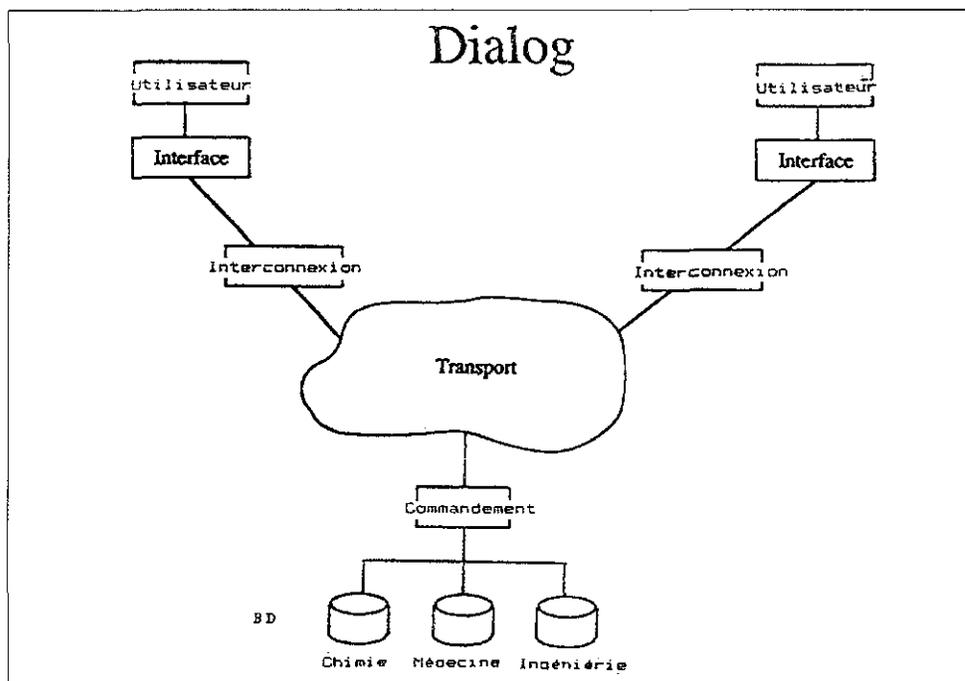
### Impact de la technologie sur l'architecture

Nous venons d'étudier les éléments architecturaux et nous avons vu à quelles conceptions matérielles ils pouvaient mener. Nous débattons plus loin de l'évolution de la technologie mais, au point où nous en sommes, il convient de livrer quelques observations sur l'impact que cette technologie a couramment sur l'architecture.

Dans le système téléphonique actuel, la composante interconnexion de l'architec-

ture est fournie par le commutateur du central et l'interconnexion physique des lignes va de la rue à ce commutateur. À l'endroit où les nombreuses lignes en provenance des rues rencontrent le commutateur se trouve un appareil appelé répartiteur principal. Ce répartiteur doit être en mesure de connecter n'importe quelle ligne d'entrée avec n'importe quelle ligne de sortie. Ce répartiteur n'a pas changé depuis cinquante ans. C'est un système de connexion manuelle qui oblige une personne spécialisée à connecter chaque ligne téléphonique d'entrée à l'emplacement prévu sur le commutateur chaque fois qu'un consommateur déménage ou change de numéro de téléphone. Dans les systèmes informatiques, cela se fait par l'électronique. L'unité centrale des ordinateurs donne lieu, elle, à des modifications une fois tous les deux ans. Les courbes de capacité de traitement standard accusent un doublement des capacités de traitement au cours de la même période de deux années. Les utilisateurs d'ordinateurs ont une rotation technologique plus rapide parce qu'ils travaillent habituellement dans un cadre non réglementé, avec

Figure 11



des programmes d'amortissement plus courts et une concentration de l'intérêt sur les besoins spécifiques de l'entreprise

A l'opposé, le réseau centralisé doit répondre à un ensemble de besoins courants et y répondre sur la base du plus petit dénominateur commun. La conclusion de ces observations est claire. Si l'évolution est au cœur des services et si c'est la technologie qui la dirige, alors le fait de favoriser en direction du consommateur la migration des composantes de commandement, d'interconnexion et d'interface ne peut que maximiser les capacités de transformation et d'innovation du réseau.

En ce qui concerne un réseau national, on peut alors se demander : en tant qu'infrastructure, le réseau ne doit-il pas se limiter à être un moyen de transport à large bande, consistant en un système en fibre, ouvert et fonctionnant sur un mode unique, et laisser l'utilisateur final se charger de toutes les autres fonctions !

### Infrastructures

Redéfinissons le concept d'infrastructure. Dans notre contexte, une infrastruc-

ture est un instrument banalisé, commun, exploitable, résistant, capable de varier d'échelle, en position d'être soutenu du point de vue économique par un marché existant, et représentant la matérialisation d'une architecture sous-jacente. De manière plus détaillée, c'est un

- **Instrument banalisé** : dans un contexte de compatibilité avec les objectifs généraux, il doit pouvoir être utilisé par n'importe quel ensemble d'utilisateurs.

- **Instrument commun** : il doit présenter, à tous les utilisateurs, une interface commune et conséquente, accessible par un ensemble de moyens standardisés. Vu sous cet angle, l'adjectif « commun » peut être synonyme de standardisé.

- **Instrument exploitable** : il doit fournir, à tout utilisateur ou ensemble d'utilisateurs, le support pour créer, développer et mettre en œuvre tous les traitements, biens ou services compatibles avec les objectifs qui le sous-tendent.

- **Instrument résistant** : le qualificatif signifie qu'une infrastructure digne de ce nom doit avoir la capacité de durer pendant une longue période de temps. Elle doit avoir la capacité de prendre de l'exten-

sion sans préjudices économiques pour s'adapter à de légers changements du contexte d'utilisation, mais doit rester conséquente par rapport à l'univers de référence. De plus, ses transformations ne doivent s'effectuer que dans une parfaite transparence par rapport à ses utilisateurs.

– **Instrument capable de varier d'échelle** : il peut accueillir un nombre illimité d'utilisateurs et d'utilisations et, de par sa nature même, est capable de se dilater sous une forme structurée afin d'assurer à ses services un niveau conséquent.

– **Instrument économiquement viable** : il doit posséder une viabilité économique. Il doit répondre aux besoins des clients et des fournisseurs du produit information. Il doit être nanti de toutes les composantes d'un canal de distribution, et suivre le produit de son site de création jusqu'à son site de consommation. Il doit posséder tous les éléments économiques d'une chaîne alimentaire.

– **Instrument de matérialisation d'une architecture** : l'infrastructure est l'expression physique d'une architecture sous-jacente. Elle exprime un univers de référence. Cet univers de référence doit être en équilibre par rapport à tous les autres éléments de l'infrastructure.

Une infrastructure est construite autour de l'architecture qui la sous-tend. Une infrastructure est par essence l'affirmation d'une architecture qui, de son côté, est la traduction conceptuelle d'un univers de référence.

En tant que matérialisations d'architectures et pour que leur vie économique soit signifiante, les infrastructures doivent être établies alors que l'univers de référence, la technologie et les besoins de l'utilisateur sont dans un état stable. Si un seul de ces éléments est sujet à des changements fréquents, l'infrastructure risque de ne pouvoir suivre les transformations de l'univers de référence et d'être frappée d'obsolescence.

## Types d'infrastructures

Il est important de faire la distinction entre architecture et infrastructure. Nous avons défini l'architecture de manière extensive sous forme de trois parties : les

composantes, l'univers de référence et la technologie.

L'infrastructure, malheureusement, a été réifiée en termes d'une quelconque forme physique. L'argument selon lequel le NREN serait une infrastructure est considéré par beaucoup comme déterminant. Kahin, cependant, à déréifié ce point de vue en posant comme principe que l'infrastructure est l'incarnation d'un concept ou d'un ensemble d'objectifs communs. Nous poussons plus loin et déclarons qu'une infrastructure est une capacité d'exploitation bâtie sur une construction commune.

Dans les débats en cours à propos des réseaux, quatre conceptions cohérentes de l'infrastructure sont avancées. Elles revêtent une importance particulière pour des réseaux comme le NREN dans la mesure où elles influenceront ses choix de politique. Les types d'infrastructures envisagés sont les suivants :

– **Infrastructure physique** : elle représente la conception la plus simpliste de l'infrastructure. Elle demande un investissement unique sur un seul support physique. Le vieux système Bell était une infrastructure de ce type. Le système des autoroutes fédérales est un système de ce type.

– **Infrastructure logique** : ce réseau peut avoir des supports physiques indépendants mais tous les utilisateurs se partagent un ensemble commun de normes, de protocoles et autres procédures communautaires. Tous ces utilisateurs y ont accès à travers des interfaces aux normes reconnues et grâce à un dispositif de transport commun de haut niveau. Dans les années 70, en créant le Systems Network Architecture (SNA), IBM a tenté de développer une infrastructure logique pour la communication de données. L'expérience prit de l'ampleur à travers les sept couches de l'Open Systems Interconnection (Interconnexion des systèmes ouverts) (OSI) de l'International Standards Organization, par la sélection d'un ensemble spécifique de protocoles dans chaque couche.

– **Infrastructure virtuelle** : ce type d'infrastructures repose sur des intermédiaires et des conventions. Elle fournit un accès commun banalisé et un support d'inter-

faces permettant aux réseaux physiques de support d'établir des interconnexions entre eux. Indépendamment, les réseaux individuels peuvent utiliser des protocoles qui diffèrent et il n'existe pas de normes communes. La normalisation apparaît tout au plus au niveau des passerelles en direction de l'interconnexion avec le réseau. Cette infrastructure est donc caractérisée par un raccordement lâche au moyen de passerelles. Sous bien des aspects, à condition de lui rattacher tous les sous-réseaux, elle est ce qu'est aujourd'hui Internet.

– **Infrastructure relationnelle** : cette sorte d'infrastructure est bâtie sur une relation entre les membres du réseau et l'établissement qui se trouve à un niveau supérieur d'accès et d'admission. Plus précisément, une infrastructure relationnelle se fonde sur des accords concernant la mise en commun d'adresses, et pas nécessairement de l'adressage, et sur la volonté de partager des formats et des types de données. C'est une infrastructure fondée sur des intérêts communs banalisés mais non accompagnée d'un accès commun banalisé. Dans son essence, c'est actuellement le type d'infrastructure le plus utilisé. Les utilisateurs peuvent transiter de réseaux en réseaux au moyen de diverses passerelles. La difficulté réside dans le fait

que les interfaces sont encombrantes et peuvent exiger un traitement compliqué de la part des utilisateurs. Cependant, ce problème avec des interfaces encombrantes ira en s'atténuant avec la mise en service, à l'usage des utilisateurs, de terminaux et d'interfaces plus intelligents.

Les relations existantes à l'intérieur de ces quatre infrastructures sont montrées de manière schématique sur les figures 12 et 15. Selon notre conclusion, la compréhension du type d'infrastructure désirée par les utilisateurs associés devrait également avoir des répercussions sur l'architecture, fondée sur l'univers de référence qu'on lui imputera. Il est facile à démontrer qu'une infrastructure physique conduit à un système de commandement hiérarchique au plus haut degré avec les caractéristiques qui s'y rattachent. Cela représente un problème délicat pour des réseaux tels que le NREN, vu que, lors du choix, l'infrastructure et l'architecture risquent de ne pas être aussi désaccouplées qu'on le désire. En particulier, le choix de la capacité Gbps peut en réalité être celui de la capacité GHz et convenir mieux à une infrastructure virtuelle ou relationnelle.

**Options actuelles concernant l'infrastructure** : définir et mettre en œuvre une infrastructure pour l'information exige un

Figure 12  
Infrastructure physique

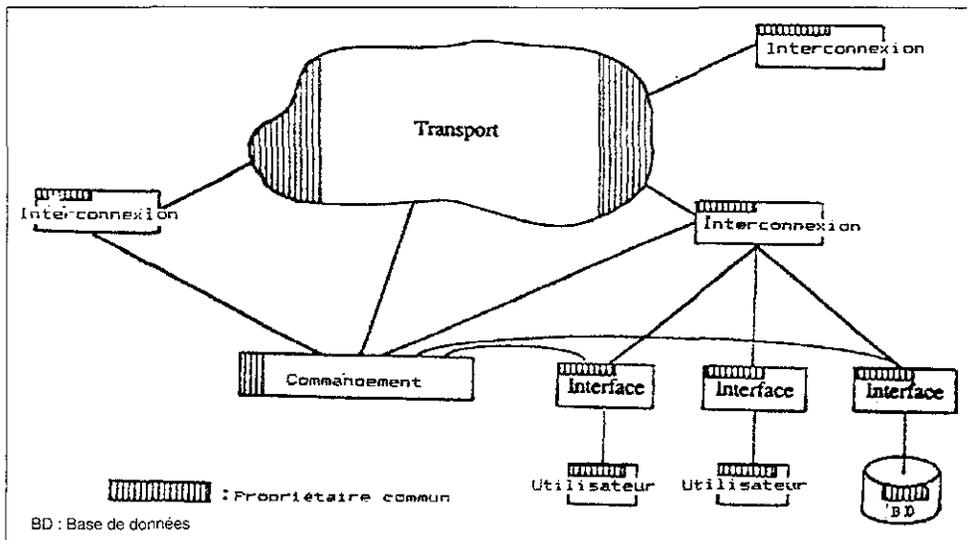
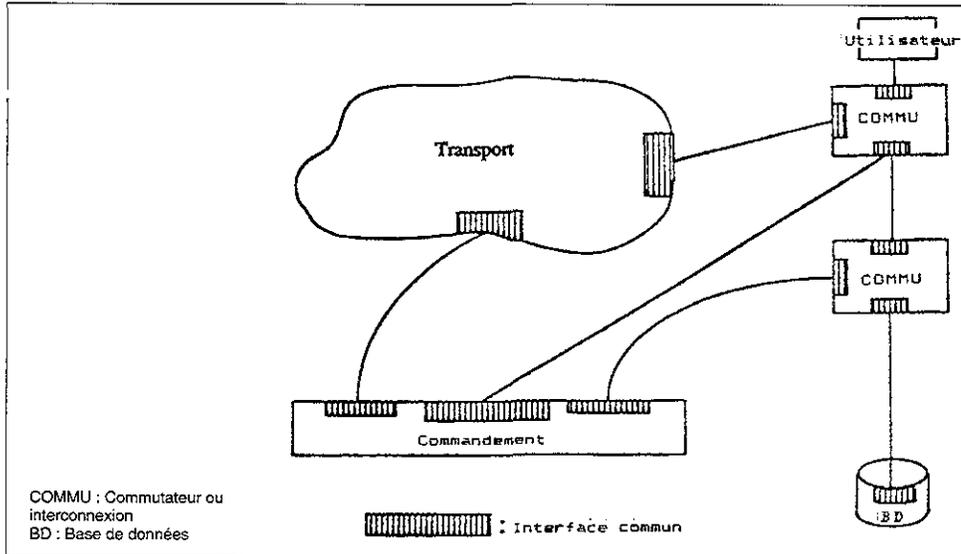


Figure 13  
Infrastructure logique



nombre considérable d'efforts. A l'heure actuelle, beaucoup de propositions sont encore en gestation et manquent de substance mais, dans cette partie, nous décrirons quelques-unes de celles qui sont avancées. Nous tenterons de les placer dans le contexte des montages décrits dans les parties précédentes. Pour être tout à fait en mesure d'en parler, nous devrons également démonter les travaux de leurs auteurs, comprendre leurs intentions à travers ce qu'ils disent et adopter une démarche faisant appel tant à l'herméneutique de Gadamer qu'à la sémiotique de Lévi-Strauss. Les théories sur les infrastructures qui suivent sont les plus connues. Nous reprenons du mieux que nous pouvons leurs formulations, puis nous tentons de les démonter pour comprendre ce qu'elles recouvrent comme présupposés architecturaux, comme points de vue à propos de l'infrastructure et, plus important, comme univers de référence touchant l'information et les réseaux d'information.

**Infrastructure de Dertouzos** : Proposée par Michael L. Dertouzos, informaticien et chef du Laboratoire d'informatique du MIT (Massachusetts Institute of Technology), c'est l'infrastructure la plus largement discutée. En simplifiant, il définit l'infrastructure de l'information de la ma-

nière suivante : « Un instrument communautaire de services de communications informatiques aussi facile à utiliser et aussi important que le téléphone ».

Il affirme que sa conception de l'infrastructure de l'information repose sur trois éléments, nommément :

- Un mode de transport souple : il comprend la bande passante à la demande, la souplesse des tarifications, la sécurité de fonctionnement et la fiabilité.

- Des conventions communes : elles incluent les notions de Dertouzos concernant les E-Forms et les Knowbots. Les premières sont un ensemble de normes pour les formats et les secondes des agents intelligents pour le transfert et le traitement des données.

- Des serveurs communs : ils sont représentés par un ensemble de serveurs de fichiers ou de serveurs généralistes destinés à fournir des répertoires, une traduction texte/image, l'accès à la base de données et des connaissances actives.

Nous montrons ces éléments sur la figure 16.

Il est amusant de noter que Dertouzos, dans le document qui lui sert à présenter cette architecture qui lui semble nécessaire, utilise comme exemple un système conçu et mis au point par le doyen des au-

teurs du texte présent (15) Or, le système de ce dernier visait à conférer le pouvoir à l'utilisateur final L'architecture exposée était fondée sur

– Un transport existant prendre ce qui existe et l'agencer d'une manière économiquement viable Etablir les communications sur un fondement économique efficace et croissant

– Des interfaces ouvertes utiliser les normes de manière appropriée et donner aux utilisateurs la liberté de satisfaire leurs besoins économiques Accepter que les besoins économiques de l'utilisateur et de l'acheteur se transforment, et croître en proportion pour répondre à l'évolution des besoins

– Une architecture au service du client maximiser le rendement des terminaux des utilisateurs finaux et développer les capacités de mise en œuvre des programmes d'application par l'utilisateur final Fournir des outils et non des restrictions

Ce système que l'auteur a conçu et qu'il fait fonctionner assure effectivement la connexion entre le campus du MIT et des hôpitaux, des éditeurs et d'autres entités économiques à travers une démarche du style « on construit un peu, on essaie un peu, on utilise un peu » qui permet l'admission au niveau de l'utilisation et qui se justifie économiquement L'infrastructure de Dertouzos suppose des liaisons qui, ab initio, ne sont pas viables

**Infrastructure de Kahn** . la conception de Bob Kahn du CNRI consiste en une épine dorsale de recherche sur large bande, couplée de manière lâche avec de la fibre en attente d'utilisation et une bande passante aussi élevée que possible, ce qui veut dire à haut débit Cette proposition, fréquemment confondue avec celle de Gore, est dans l'ensemble plus ouverte et plus souple Cependant, elle aussi souffre d'un manque total d'étayage économique

**Infrastructure de Gore** · Gore, sénateur du Tennessee, fils de l'initiateur du système Federal Highway, et candidat à la

présidence<sup>(16)</sup>, s'est déclaré en faveur d'un réseau unique, dirigé et financé par l'Etat, de forme hiérarchique, et permettant à tout le monde d'avoir accès au moindre bit Examinons la comparaison qu'il établit entre les bits de données et les grains de maïs

« Concernant l'information, notre politique nationale actuelle rappelle les pires aspects de notre ancienne politique agricole qui laissait pourrir le grain dans les silos pendant que des gens mouraient de faim Nous avons des magasins entiers d'information non utilisée, en train de pourrir, tandis que des questions cruciales demeurent sans réponses et que des problèmes décisifs restent non résolus »

Il est convaincu que chaque bit est un bon bit A part cela, sa conception de l'information ne fait pas de place à la valeur de celle-ci Sa définition porte clairement sur la quantité et non sur la valeur Quand les chercheurs meurent de faim, ce n'est pas nécessairement par manque de bits Au contraire, il existe plutôt un soin de diminution cohérente du volume des données Il poursuit

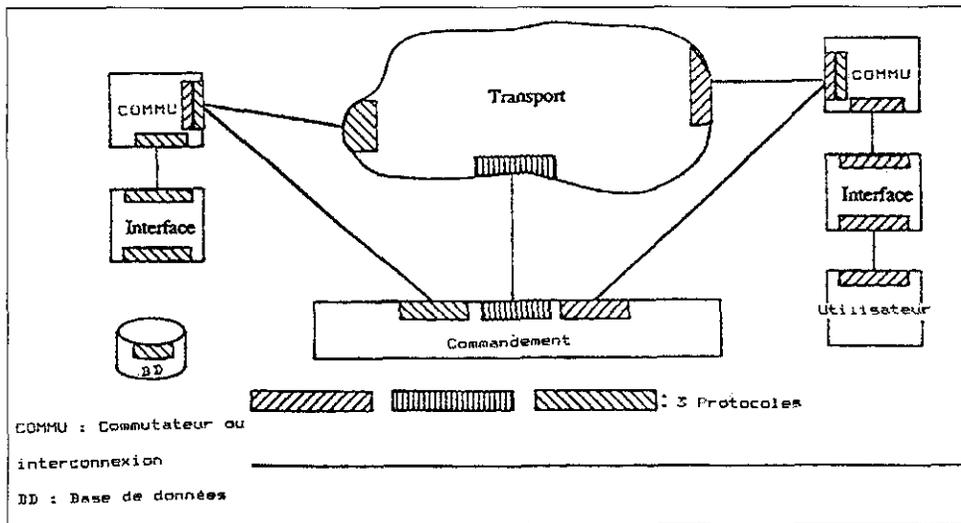
« Si l'on ne continue pas à financer ce réseau national, nous finirons avec un système balkanisé, composé de douzaines de morceaux incompatibles La force d'un réseau national résidera dans le fait que ni son commandement ni son fonctionnement ne dépendront d'une seule entité Des centaines de joueurs différents pourront connecter leurs réseaux à celui-là »

Il se contredit quelque peu D'un côté, il affirme qu'il y aura un réseau et non plusieurs et, de l'autre, il envisage tous ces réseaux indépendants qui s'y rattachent Il s'ensuit que son univers de référence apparaît clairement, de même que son manque de compréhension des architectures et des infrastructures Il désire une architecture hiérarchique ou, encore, centralisée, et une architecture de type physique Sa proposition n'a pas assez de souplesse pour constituer une entité économique

(15) McGARTY, 1990, 1, 2, et 1991, 1, 3

(16) NDLR Lors des présidentielles de 1988 En 1992, il s'est présenté comme vice-président avec B CLINTON

**Figure 14**  
**Infrastructure virtuelle**



**Infrastructure de Heilmeier :** Heilmeier, le nouveau président de Bellcore, la branche recherche des sociétés et exploitation Bell réglementées issues du System Bell, s'est fait l'avocat d'un réseau hiérarchique, commandé par ces entreprises, très axé sur le réseau et monolithique. Ce n'est pas surprenant si l'on se souvient de son séjour prolongé à Washington, comme bureaucrate. Il défend de plus le principe d'un contrôle portant à la fois sur les réseaux filaires et non filaires. On lui prête les paroles suivantes : « Je préférerais voir une infrastructure de l'information de bonne foi plutôt qu'un univers fragmenté de systèmes différents pour chaque chose ».

Les réseaux sont couramment fragmentés et cette fragmentation a permis des optimisations de l'économie locale. Heilmeier, qui fut également à la tête de la Darpa, est partisan d'un système hiérarchique avec commandement centralisé et éprouve le besoin de placer les fonctions de commandement et d'administration en un point unique. Mais, contrairement à sa conception, c'est grâce aux capacités accrues des interfaces des utilisateurs finaux et à la répartition de l'interconnexion d'un bout à l'autre du réseau que l'univers des réseaux de communications et d'information a pris de

l'extension. Cette extension est, de plus, le résultat d'une diminution du contrôle et de la centralisation.

Les travaux de l'auteur (McGarty, 1990, 1, 2, 1991, 1, 3) ont montré une architecture prévue pour un contexte d'utilisation multimédia distribuée. Cette architecture existe et est toujours opérationnelle. Elle utilise un assortiment de canaux de communications et prospère en raison de son utilisation des canaux qui ont le moins de fonctionnalités. En particulier, le transport par fibre en attente d'utilisation est, de tous les canaux de communications, celui qui assure le plus de services et donne le plus de pouvoir.

### Infrastructure proposée

Les infrastructures sont des entités exploitables. Ainsi que nous en avons débattu, pour être efficace, une infrastructure ne doit pas être une entité commandée, administrée et financée à partir d'un point unique et central. En fait, une infrastructure relationnelle qui repose sur très peu de matériel est tout aussi efficace que l'infrastructure physique la plus extrême. En nous fondant sur les développements qui précèdent, nous allons proposer une nouvelle orientation pour faire progresser l'in-

Figure 15  
Infrastructure relationnelle

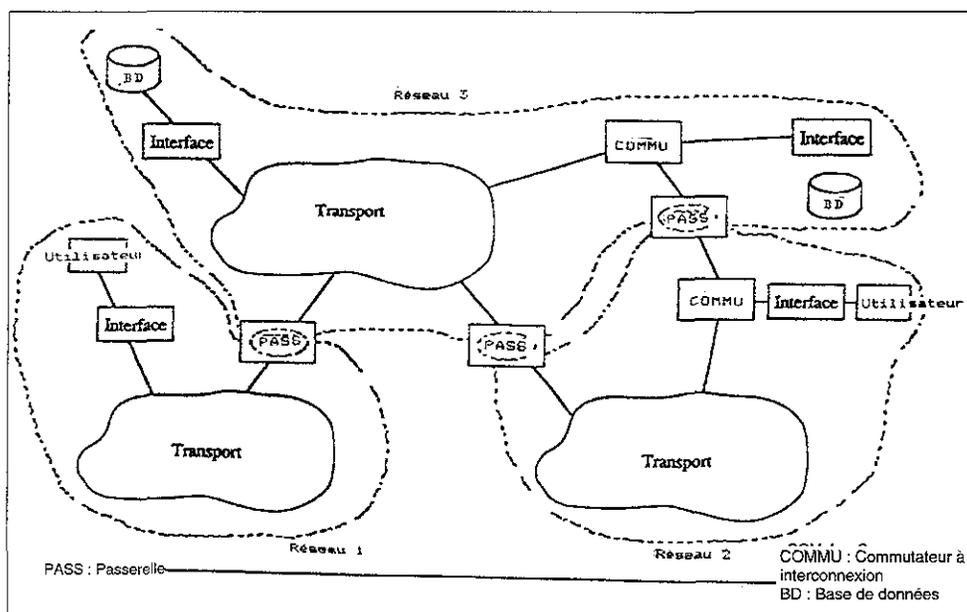
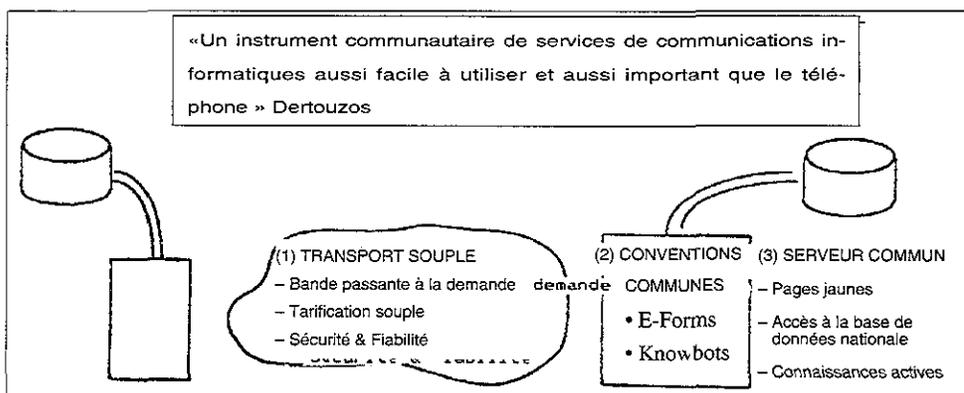


Figure 16  
Infrastructure de l'information . conception de Dertouzos



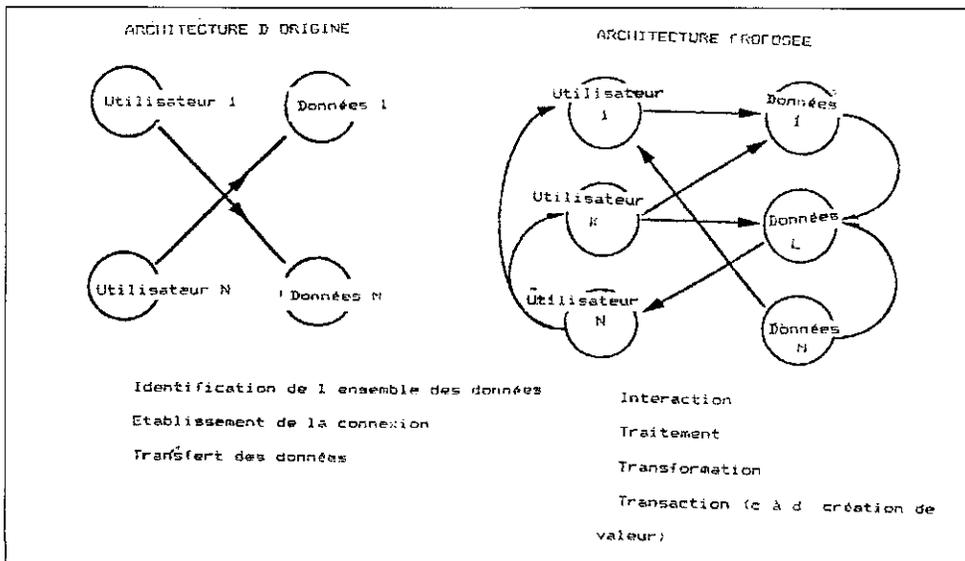
Infrastructure Mais livrons d'abord les observations suivantes

**La technologie se transforme rapidement** et va continuer à le faire Elle s'oriente vers un accroissement des capacités de traitement par poste de travail et vers un accroissement des aptitudes à, simultanément, effectuer des traitements complexes, et à manipuler des procédures de protocoles compliquées Cette transformation de la technologie est schématisée sur la figure 17

**La multiplication des terminaux** des utilisateurs a lieu dans un contexte de réseaux multimédias donnant à ces utilisateurs finaux la possibilité de se servir de nombreux nouveaux types de médias et, en même temps, de dialoguer sur le mode de la conversation avec d'autres utilisateurs d'un même réseau La figure 18 schématise les deux pôles de ce contexte d'utilisation

**Les utilisateurs finaux** prennent davantage d'importance et leur formation sur des bases strictement confinées aux langages

**Figure 17**  
**Evolution de l'architecture**



informatiques devient dépassée. L'utilisateur final se voit offrir la possibilité de faire fonctionner et d'utiliser le système d'information sans formation ni éducation préalables. Citibank s'est assurée, en mettant au point son réseau Asynchronous Transfer Mod, que le système n'exigera qu'un minimum d'intervention humaine et de formation. De plus, la banque à domicile Citibank, instrument de télépaiement le plus utilisé sur les compatibles PC, se passe presque de directives. L'ordinateur MAC de Apple est, de par l'absence d'éléments intimidants dans les interfaces de l'utilisateur final, un autre exemple des pouvoirs accrus de ce dernier. Ces modèles de relations sont schématisés sur la figure 19.

**Du point de vue de la productivité,** les progrès technologiques sont surtout l'œuvre de petites sociétés entrepreneurantes dont les structures permettent de lancer de nouvelles idées qui seront jugées par la dynamique du marché. Les grands laboratoires centralisés de développement de la technologie ont des délais plus longs. Les problèmes qui se posent aujourd'hui à l'in-

dustrie de l'informatique en sont une preuve évidente.

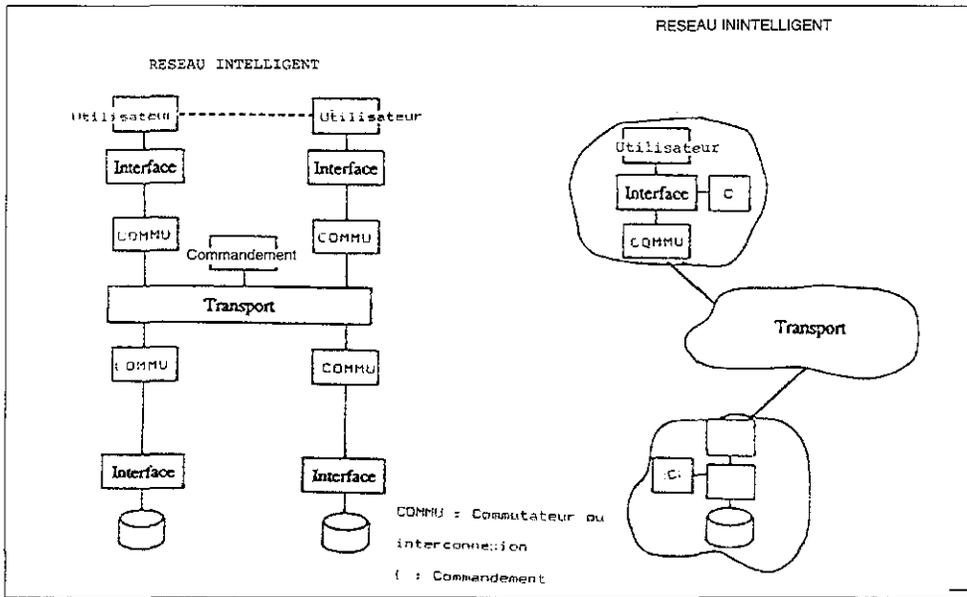
**Les utilisateurs bénéficient non seulement** de la possibilité de se servir des systèmes de toutes sortes de manières, ils ont également le choix entre de nombreuses interfaces, de nombreuses sources de données et de nombreux systèmes différents. Pour citer A. G. Fraser des Laboratoires Bell: « Tous ceux qui établissent des standards ont l'air de débiter des protocoles à droite et à gauche et au centre. Nous avons déjà dépassé le point où nous pouvons tous nous retrouver » (17).

Les réseaux distribués, les interfaces permettant les échanges, en utilisant des passerelles, avec d'autres réseaux, même hétérogènes, sont devenus une réalité.

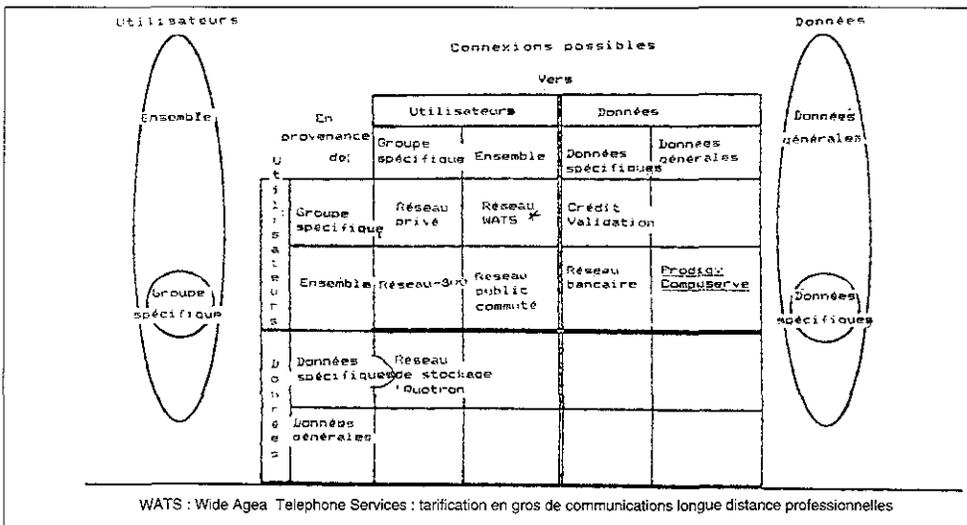
Ces observations indiquent donc que, avec une base de consommateurs qui subit des changements, avec un ensemble de besoins en transformation et avec des infrastructures déjà en voie d'amélioration, de type relationnel en ce qui concerne les meilleures, et afin de continuer à maximiser notre créativité technique, il est préférable d'harmoniser l'infrastructure de l'in-

(17) COY, 1991

**Figure 18**  
**Extrêmes architecturaux**



**Figure 19**  
**Exemples d'implications architecturales**



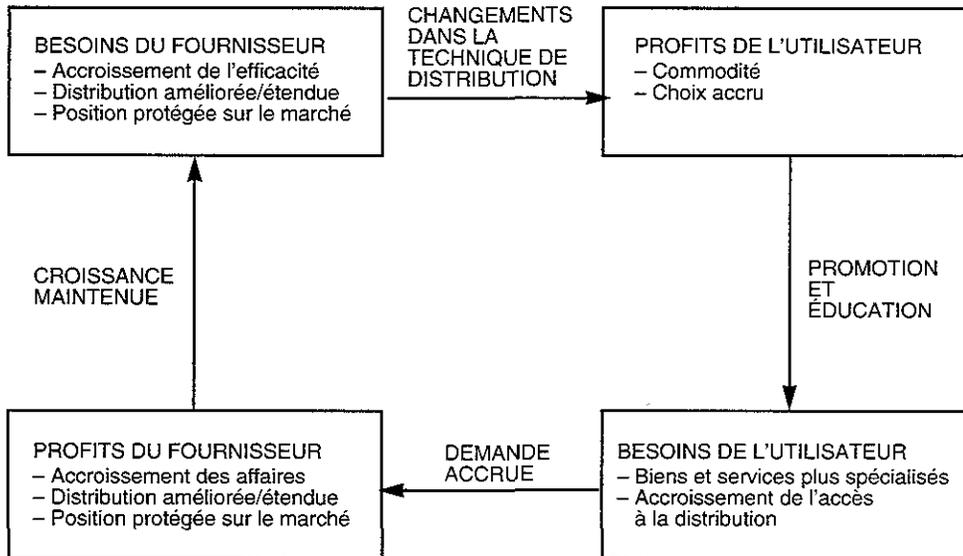
formation avec nos paradigmes culturels C'est pourquoi nous affirmons que, pour s'adapter, l'évolution de l'infrastructure de l'information doit s'effectuer sur le modèle de l'infrastructure relationnelle. Que, de fait, l'infrastructure physique qui en est l'opposé va à l'encontre des tendances à la passation de pouvoir à l'utilisateur et à

l'encontre de l'efficacité économique. Cette infrastructure pourrait, de plus, barrer la route à la créativité technique.

### La chaîne de distribution

Dans le marketing des biens de grande consommation, il est une maxime que l'on

**Figure 20**  
**Cycle besoin/profit**



répète tant et plus et qui est que ce sont les chiens qui mangent la nourriture pour chiens Cet énoncé est très parlant La nourriture pour chiens est conditionnée pour être vendue dans des magasins destinés aux êtres humains Les êtres humains sont les acheteurs Les producteurs d'aliments pour chiens doivent répondre aux besoins de deux acteurs le preneur de décision, ou acheteur, et l'utilisateur Le preneur de décision, ou acheteur, est représenté par un être humain qui est attiré par l'emballage, le prix ou la méthode de présentation et de conditionnement L'utilisateur, par contre, c'est le chien Le chien, en général, du moins pour ce qu'en savent les auteurs, ne fonde pas ses préférences alimentaires sur la marque ou l'emballage Le chien ne regarde pas la publicité à la télévision et ne lit pas les journaux Le chien renifle et doute Une première boîte d'aliments pour chien pourra être vendue à l'acheteur ou preneur de décision mais, si l'utilisateur ne la consomme pas, la seconde boîte et les suivantes ne seront pas vendues C'est une réflexion banale mais d'une extrême importance pour l'économie de l'information

Le vidéotex a été une illustration significative de la maxime qui précède Il a été

dépensé beaucoup d'énergie pour vendre aux propriétaires de chiens, dans ce cas précis les consommateurs de masse, une nouvelle nourriture La nourriture consistait en services interactifs d'achats, d'opérations bancaires, de réservations pour les voyages et les spectacles, etc Pour mesurer la réussite de l'initiative, il suffit de regarder le cimetière des entreprises de vidéotex Viewtron, Indax, Qude, Prestel et de nombreuses autres Compuserve et Prodigy ont survécu mais pour d'autres raisons Compuserve répond aux besoins en courrier électronique d'une frange bien définie du marché et a accompli des progrès afin de suivre l'évolution de ces besoins Prodigy puise dans les poches profondes mais de moins en moins pleines d'IBM et de Sears Si l'on se reporte en 1981 pour lire la littérature de l'époque concernant le vidéotex, on s'aperçoit qu'il paraissait alors évident que, dans les dix ans à venir, ce type de services domestiques se répandraient partout Il est clair que l'histoire en a jugé autrement

L'information est un produit Elle a un acheteur et un vendeur, et elle a une valeur Elle est viable dans un contexte commercial à condition et seulement à condition que le vendeur et l'acheteur puissent

être connectés de manière efficace économiquement. De plus, le produit doit répondre aux besoins de l'acheteur et, de la façon la plus naturelle, créer pour lui de la valeur. Dans cette partie, nous allons porter notre attention sur trois facteurs de première importance : l'utilisateur, le produit et le canal de distribution.

### **Les utilisateurs**

Les utilisateurs sont ces entités qui, à la fois, utiliseront les services fournis et paieront ceux-ci. A nouveau, nous nous appuyons sur une maxime commerciale : l'argent n'est jamais créé ou détruit, il ne fait que passer de la poche gauche à la poche droite. Par cela, il faut entendre que l'utilisateur a établi un ensemble de schémas de ses besoins et leur a affecté un montant défini de fonds disponibles. Le choix d'un service plutôt que d'un autre, d'un produit plutôt que d'un autre, se fonde sur la recherche de celui qui maximisera le profit. Aussi, pour capter des dépenses qui se sont portées vers d'autres ensembles déjà crédités d'une valeur, le seul fait qu'ils existent, un service d'information doit avoir sa valeur propre.

De même qu'avec n'importe quel produit ou service les utilisateurs ont une interaction progressive avec l'information. Dans le document présent, nous défendons l'idée selon laquelle il existe un cycle besoins-profit qui est à l'origine de l'introduction de n'importe quel nouveau produit ou service. La figure 20 schématise un cycle dont les acteurs sont le fournisseur des services d'information et l'utilisateur qui paiera pour les services offerts. Ce cycle se décompose de la manière suivante :

- Le fournisseur a sans doute besoin de mettre un nouveau service sur le marché. Il offre donc ce service aux utilisateurs.

- Les utilisateurs perçoivent alors les profits qu'ils pourront tirer de ce service. Ces profits sont perçus de manière transitoire par l'utilisateur. Ils deviennent un besoin à travers l'éducation, la promotion et l'obstination.

- Le besoin du consommateur crée la base d'un marché pour le service d'information. Une fois institué, celui-ci est

source de profits pour le fournisseur.

Il faut noter que, dans le cas des services d'information comme dans tous les autres cas d'introduction de produits, le temps nécessaire pour parcourir le cercle peut être prolongé. Le vidéotex en est un exemple. Le besoin existe, mais la preuve du profit que l'on peut en tirer reste encore à faire.

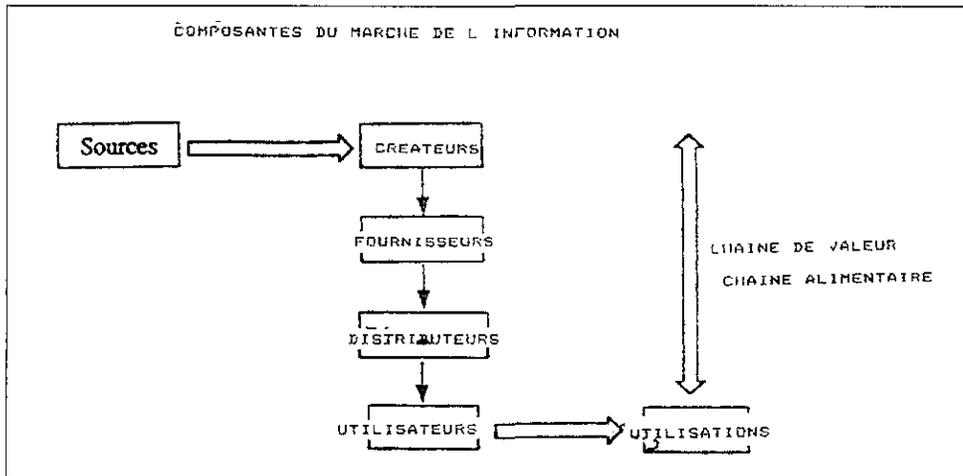
### **Utilisations, produits, biens ou services**

L'usage qu'un utilisateur fait de l'information recueillie est un élément décisif. Reprenons la comparaison de Gore employée dans sa description de l'infrastructure considérée comme un silo de maïs ou de blé. Prenons plus particulièrement la comparaison avec le maïs. Chaque bit d'information est un grain de maïs. En tant que consommateurs de produits alimentaires, nous serions bien en peine de trouver une épicerie qui vende le maïs en grains. Nous trouverons peut-être des grains de maïs traités, précuits, conditionnés au froid et convenant à une cuisson rapide, de préférence au four à micro-ondes. Parfois, en saison, nous trouverons peut-être des épis de maïs. Quant aux grains de blé, on en trouve rarement. Peut-être dans les magasins diététiques maïs, dans ce cas, uniquement en Californie.

Ce que l'on trouve est une forme traitée et utilisable de la marchandise initiale. Plus important, le produit de base se retrouve sous un emballage portant le nom d'une marque. La boîte de maïs surgelé que le consommateur achète s'appelle « Bird Eye ». Le blé est vendu sous la forme du pain « Pepperridge Form ». La marchandise n'a pas seulement été transformée, elle a aussi été conditionnée pour parvenir de manière efficace au consommateur. La transformation a créé le produit. Le produit peut être un bien ou un service.

Il nous faut alors nous poser la question suivante : quel type d'information se trouve au stade du grain de blé et comment ce type d'information se transforme-t-il en un produit de consommation du même ordre qu'un croissant ? Il est clair qu'au cours du processus de nombreuses opéra-

**Figure 21**  
**Composantes du marché de l'information**



tions s'appliquent et que le produit doit passer en de nombreuses mains. Selon notre thèse, nous devons en effet considérer l'information comme un produit et elle devient un produit au moment, et seulement au moment, où elle remplit les conditions nécessaires pour être consommée par l'utilisateur, ou consommateur. Cette consommation implique en amont la capacité de créer et transférer de la valeur.

Revenons encore une fois à la conception de Gore selon laquelle chaque bit est un bit important. L'information est la capacité de changer un état. Regardons une radio des poumons. Elle contient environ 20 milliards de bits d'information. L'information qui pourra être utile se trouvera peut-être dans la petite zone qui indique une inflammation hilairale elle-même consécutive à une inflammation primitive du lobe. En termes simples, cela veut dire que l'information qui permettra d'agir sur l'état du malade correspond de 50 à 100 bits sur un total de 20 milliards. Produire de l'information, c'est produire cette information-là et mettre au point son conditionnement.

### **Le canal de distribution**

Prendre de la matière brute et la transformer en un produit maniable entre les mains de l'utilisateur, telle est la fonction

du canal de distribution. Le canal de distribution représente la chaîne alimentaire de l'entité économique. Lorsqu'un chaînon manque, il y a rupture de la chaîne, inanition et décès.

En ce qui concerne l'information, le canal de distribution doit se saisir d'une matière brute, traiter et conditionner, distribuer aux utilisateurs et remplir une fonction d'assistance durant toute la vie active du produit. Considérons d'abord un exemple de distribution de l'information pris dans le marché professionnel, plus précisément le milieu universitaire et de la recherche. Des entreprises comme STN (Switched Telephone Network, réseau téléphonique commuté), Dialog et Nexus, de chez Mead Data Corp, exploitent des systèmes de bases de données et des réseaux destinés à l'accès des utilisateurs finaux. Elles acquièrent le droit de distribuer l'information sous forme de documents en texte intégral auprès de journaux professionnels et de bases de données sous licence. L'information leur est fournie par les préparateurs des journaux qui agissent en tant que fournisseurs initiaux des données. Elles assemblent ou conditionnent ensuite ces dernières sur leurs systèmes informatiques puis, par leurs propres réseaux ou par l'entremise du système commuté du téléphone public, elles permettent à l'utilisateur final d'avoir accès à l'information.

La connexion médicale de Dialog (Dialog Medical Connection) constitue un exemple précis. Un médecin peut allumer son ordinateur et entrer directement dans Dialog à partir d'un système pilote par un menu. La demande de connexion permet de choisir des mots clés pour la recherche. La délimitation opérée par le choix entre les articles disponibles déclenche la recherche, et les références, soit codées, soit en texte intégral, sont délivrées au chercheur. Ce système permet maintenant à un médecin praticien d'accéder directement aux informations.

Cet exemple spécifique révèle plusieurs rôles. Ces rôles sont les suivants :

– Fournisseur : il s'agit du fournisseur de données primitif. Ce peut être le *New England Journal of Medicine* qui fournit un fichier des données en texte intégral, adressable et pouvant être recherché par le système de base de données Dialog.

– Conditionneur : cette entité se saisit d'un ensemble disparate de données de différentes sources et procède à leur conditionnement à l'intention de l'utilisateur d'une cellule spécifique ou encore d'un marché vertical. Dans le cas présent, le logiciel et l'interface de la connexion médicale sélectionnent un ensemble de bases de données en rapport avec les préoccupations d'un médecin praticien.

– Distributeur : cette entité crée un marché dynamique pour l'information conditionnée. Le distributeur traite directement avec l'utilisateur final et s'occupe des fonctions de vente, d'assistance, de formation et de facturation intervenant à ce niveau.

– Réseau : cette entité doit fournir une infrastructure de communication des données pour les sources d'information. En général, le texte intégral ne concerne que les mots. Peu de bases de données transmettent l'article entier sous forme d'image, y compris avec les tableaux. Si le réseau était en mesure de proposer des facilités d'accès et de transport non onéreuses, l'article entier deviendrait accessible. Tous ces éléments font partie du réseau. Nous montrons les acteurs du canal de distribution sur la figure 21.

## CONCLUSIONS

Concevoir une infrastructure de l'information exige nécessairement une solide assise de compréhension de la signification de l'information, de la valeur qu'elle revêt, dans un contexte économique, pour un ensemble d'utilisateurs, de l'univers de référence des concepteurs, des maîtres d'œuvre et des utilisateurs, et de l'aspect économique qu'elle doit prendre pour devenir réalisable et durable. Une infrastructure de l'information considérée comme une rhétorique politique ne saurait être que spécieuse et sert les pires intérêts de ceux qui détiennent les enjeux. Dans ce document, nous avons fourni des réponses aux questions qui nous semblent être des préalables essentiels pour étudier et concevoir une infrastructure de l'information.

Parmi les propositions qui ont cours actuellement, nombreuses sont celles qui font appel à la mise en œuvre d'une infrastructure physique. Cette infrastructure physique est envisagée sous une forme hiérarchique et centralisée par des concepteurs dont l'univers de référence reste embourbé dans des temps révolus. Ces concepteurs montrent également qu'ils croient à l'efficacité de l'Etat pour contrôler et administrer les ressources et que, de leur point de vue, il est nécessaire de recourir à une coordination centrale. Ils utilisent couramment comme paradigmes des infrastructures nationales utilisées dans des nations étrangères centralisées, où les réseaux d'informations sont perçus comme des ressources nationales.

Des comparaisons avec les autoroutes sont produites ici ou là. Mais il faut voir que la marche, les chevaux, les ânes, les carrioles et les voitures ont existé pendant un nombre d'années considérable avant l'apparition d'une infrastructure nationale des autoroutes. Dans le domaine des routes, cette dernière a bien toutes les caractéristiques d'une infrastructure. Cependant, les systèmes d'information existent depuis moins de trente ans et ont évolué à une allure très rapide. Dans ces systèmes, l'innovation a été un effet direct d'une attitude entreprenante et sans entraves.

Les auteurs prétendent que tous les éléments d'une infrastructure de l'information sont aujourd'hui en place. Ces éléments évoluent à une allure à la fois rapide et économiquement tangible et efficace. Les idées changent et le marché libre confronte ces idées aux réalités économiques et accepte celles qui passent l'examen. Aux Etats-Unis, le vidéotex n'a pas réussi l'examen. En France, où il a été mandaté à l'initiative commune de l'exploitant et de journaux, il n'a pas eu à le

passer. Telle qu'elle a été décrite par Quarterman, la matrice des réseaux informatiques n'a accompli des progrès que dans un contexte d'intervention limitée de l'Etat. De fait, les évolutions les plus rapides se sont produites dans les périodes où l'Etat se désintéressait du problème, plutôt que dans les périodes où il se focalisait dessus.

*Traduit de l'américain par  
Edith ZEITLIN*

---

## GLOSSAIRE

---

**ARCHITECTURE** Traduction conceptuelle d'un montage des composantes d'un système utilisant la technologie disponible et fondé sur un univers de référence

**BASE DE DONNÉES** Dispositif ou ensemble de dispositifs pour stocker et restituer des données concernant soit un domaine particulier, soit de nombreux domaines

**BESOIN** Impératif économique constant fondé sur des profits conséquents pour l'utilisateur

**CANAL DE DISTRIBUTION** Série complète et ininterrompue de tâches et de fonctions nécessaires pour assurer, entre la source et le consommateur des services, un flux économiquement viable de biens et de services relevant de l'information

**CENTRALISÉ** Qualifie une conception des systèmes selon laquelle l'ensemble de leur fonctionnement doit dépendre d'un site unique et central de commandement et de contrôle

**COMMANDEMENT** Instance de surveillance, d'administration, d'adaptation et de reconfiguration de toutes les composantes d'un réseau d'information, qui a pour but d'assurer la distribution des services à un niveau conséquent

**COMMUNICATIONS MULTIMÉDIAS** Cadre multimédia consistant en un échange sur le mode du dialogue entre des utilisateurs multiples dans un contexte d'utilisation temporelle ou spatiale

**FRACTIONNÉ** Qualifie une répartition structurée entre deux sous-réseaux étroitement contrôlés

**HIÉRARCHISÉ** Qualifie un système dépendant d'un site unique de conception, de mise au point, d'administration et de commandement auquel toutes les composantes sont assujetties par un flux qui, en dernière instance, y aboutit

**INFRASTRUCTURE** En vue d'un certain nombre d'objectifs, ensemble de moyens communs, banalisés, exploitables, résistants de manière stable, pourvus d'un cadre conceptuel, viable économiquement sur un marché existant, et représentant la

concrétisation d'une architecture sous-jacente

**INFRASTRUCTURE LOGIQUE** Infrastructure où la communauté se fonde uniquement sur des accords concernant des séries de protocoles sans se préoccuper des composantes physiques qui peuvent dépendre d'un commandement et d'une administration extérieure

**INFRASTRUCTURE PHYSIQUE** Concrétisation physique d'une architecture entièrement intégrée, conçue, commandée et réglemée de manière centrale

**INFRASTRUCTURE RELATIONNELLE** Infrastructure constituée par le couplage lâche de sous-infrastructures entièrement indépendantes. La fonction d'interface s'échafaude sur des accords la concernant et sur l'application, par chacune des sous-infrastructures, de normes communes

**INFRASTRUCTURE VIRTUELLE** Infrastructure fondée sur des ensembles de protocoles communs mais disparates, admis sur la base des décisions d'un groupe

**INTERCONNEXION** Capacité, grâce aux dispositifs nécessaires, d'établir à l'intérieur d'un réseau n'importe quelle connexion entre tous les ensembles d'entités viables

**INTERFACE** Couche de protocoles, d'outils, de mécanismes à mettre en œuvre, permettant à un utilisateur final de profiter au maximum de toutes les ressources à sa disposition sur le réseau auquel il est rattaché

**MARCHÉ** Collectivité d'utilisateurs qui ménagent à l'information un ensemble tangible et économiquement efficace de transactions

**MULTIMÉDIA** Qualifie l'emploi par les utilisateurs humains finaux de données d'entrée et de sortie sensorielles multiples permettant l'interaction de données sensorielles

**PARADIGME** Exemple spécifique, expérimentation, ou cas concret expérimental, utilisé par un groupe important afin d'expliquer un vaste ensemble de phé-

nomènes directement ou indirectement reliés à l'exemple concret sous-jacent

- Comme paradigmes typiques, on peut citer l'écran à icônes du MAC de Apple qui redéfinit l'interface avec l'être humain, la conception de Watson et Crick concernant l'ADN, considérée comme étant le mécanisme de codage de la vie, et les ondes utilisées par Maxwell pour décrire la lumière

**PROCESSEUR** Dispositif physique utilisé pour effectuer un traitement

**PROFIT** Avantage de nature pécuniaire ou non, non perçu comme un besoin au départ, dont bénéficie un utilisateur d'un service

**RÉPARTI** Qualifie un système regroupant des composantes entièrement déconnectées et indépendantes qui, séparément ou ensemble, fournissent tous les éléments nécessaires pour offrir un service complet

**RÉSEAU** Mécanismes de transport combinés avec les fonctions d'interconnexion et contrôle

**TRAITEMENT** Incorporation dans un logiciel d'un ensemble d'opérations destinées à apporter une série de changements bien définis aux données d'entrée

**TRANSPORT** Mouvement de l'information physique d'un ensemble de points à un autre ensemble de points

**UNIVERS DE RÉFÉRENCE** Philosophie soit explicite, soit implicite adoptée par le concepteur du système et ses propriétaires, ou administrateurs, et qui réfléchit les limitations admises du paradigme dominant

**UTILISATEUR** Toute entité ou agent qui utilise les ressources d'un réseau

**VALEUR** Mesure économique du rendement de l'utilisation de l'information

## REMERCIEMENTS

Les auteurs désiraient remercier un certain nombre de personnes dont les commentaires et observations ont permis de cerner plus clairement la question traitée par ce document. Parmi elles, Brian Kahin, de la Kennedy School de l'université de Harvard, a fourni une assistance intellectuelle constante et une critique des thèses soutenues. Des discussions avec les docteurs Vincent Chan et Al McLaughlin du laboratoire Lincoln du MIT ont également été d'un apport significatif dans plusieurs domaines. Gustave Hauser, pour lequel les deux auteurs ont travaillé pendant plusieurs années, a procuré les bases d'un grand nombre des données économiques des concepts commerciaux. Des discussions avec Nicholas Negroponte, et des années de travail en commun avec son équipe du MIT, ont apporté des éléments pour la théorie de la passation de pouvoir à l'utilisateur. Notamment quand il a fallu intégrer dans un contexte d'utilisation viable les notions de console de visualisation de haute définition et celle de passation de pouvoir à l'utilisateur par le mode dialogue, le doyen des auteurs a travaillé étroitement avec le Pr Negroponte et ses étudiants. Le Pr Joël Hoses du MIT a également émis plusieurs critiques qui ont été intégrées dans ce travail. Enfin, les travaux féconds de Winograd et de Flores ont non seulement servi d'inspiration pour ce que devraient être les systèmes d'information, ils ont aussi été la carte routière et la bible de l'exploration intellectuelle.

## RÉFÉRENCES

- ALPAR, P, KIM M, « A Micro economic Approach to the Measurement of Information Technology Value », *Journal of Management Information Systems*, vol 7, n° 2, pp 55-69, Fall 1990
- ANTONOVITZ, F and ROE, T, « A Theoretical and Empirical Approach to the Value of Information in Risky Markets » A Reply, *The Review of Economics and Statistics*, vol 70, n° 3, pp 545-547, 1988
- ARMS, C, *Campus Networking Strategies*, Digital Press (Maynard, MA), 1988
- ARTAMONOV, G T, « The Laws and the Models of Pragmatic Information Science », *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*, vol 20, n° 4, pp 70-75, 1986
- AVERY, J E, VAN, *The Regulated Regime*, Telecom and Posts Div, Dept of Trade and Industry, UK, Conf on Communications, IEE, pp 78-81, May 1986
- BARLOW, W « The Broadband Revolution », *Info Tech and Pub Policy*, vol 8, n° 1, pp 6-8, 1989
- BARRON, A R, COVER T M, « A Bound on the Financial Value of Information », *IEEE Transactions on Information Theory*, vol 34, n° 5, part 1, pp 1097-1100, September 1988
- BELL, D, *The Coming of the Industrial Society*, Basic Books (New York), 1973
- BELL, T, « Technical Challenges to a Decentralized Phone System », *IEEE Spectrum*, pp 32-37, Sept 1990
- BERKMAN, R, « Information Quality An Emerging Issue », *National Online Meeting Proceedings*, pp 43-50, 1990
- BERNSTEIN, J, *Three Degrees Above Zero*, Scribner's (New York), 1984
- BLACKWOOD, M A, GIRSCHICK, A, *Theory of Games and Statistical Decisions*, Wiley (New York), 1954
- BOSTWICK, W E, *Program Plan for the National Research and Education Network*, Dept of Energy, May 1989
- BOWERS, R A, « Getting Serious About the Information Age », *Optical Information Systems*, vol 9, n° 3, pp 131-134, May-June 1989
- BRAMAN, S, « Delining Information An Approach for Policymakers », *Telecommunications Policy*, vol 13, n° 3, pp 233-242, September 1989
- BREALEY, R, MYERS, S, *Principles of Corporate Finance*, McGraw Hill (New York), 1990
- CARNEVALE, M L, « Untangling the Debate over Cable Television », *Wall Street Journal*, p B1, March, 19, 1990
- COLE, S, « The Global Impact of Information Technology », *World Development*, vol 14, n° 10/11, pp 1277-1292, 1986
- COLL, S, *The Deal of the Century*, Atheneum (New York), 1986
- COPELAND, T E, WESTON, J F, *Financial Theory and Corporate Policy*, Addison Wesley (Reading, MA) 1983
- CORDELL, A J, « The Uneasy Eighties The Transition To An Information Society », *Computers & Society*, vol 16, n° 4, pp 12-18, Winter-Spring 1987
- COUCH, S, MCGARTY, T P, KAHAN, H, QUBE « The Medium of Interactive Response, A Compendium for Direct Marketers », *Direct Mktg Assn*, pp 162-165, 1982

- COY, P , « How Do You Build an Information Highway », *Business Week*, pp 108-112, September 16, 1991
- DAVIS, S , DAVIDSON, B , *2020 Vision*, Simon and Schuster (New York), 1991
- DE SOLA POOL, I , *Technologies Without Barriers*, Harvard University Press (Cambridge, MA), 1990
- DE SOLA POOL, I , *The Social Impact of the Telephone*, MIT Press (Cambridge, MA), 1977
- DEPEW, D J , WEBER, B H , *Evolution at a Crossroads*, MIT Press (Cambridge, MA), 1985
- DERTOUZOS, M L , « Building the Information Marketplace », *Technology Review*, pp 29-40, January 1991
- DERTOUZOS, M L , « Communications, Computers and Network », *Scientific American*, pp 62-69, September 1991
- DERTOUZOS, M L , et al, *Made in America*, MIT Press (Cambridge, MA), 1989
- DERTOUZOS, M L , MOSES, J , *The Computer Age*, MIT Press (Cambridge, MA), 1979
- DERTOUZOS, M L , *Personal Correspondence*, March 1991
- DORFMAN, R A , SAMUELSON, P A , SOLOW, R M , *Linear Programming and Economic Analysis*, Dover (New York), 1986
- DRUCKER, P , *Adventures of a Bystander*, Harper Row (New York), 1979
- DUGAN, D J , STANNARD, R , « Barriers to Marginal Cost Pricing in Regulated Telecommunications », *Public Utilities Fortn.*, vol 116, n° 11, pp 43-50, Nov 1985
- EATON, J , GROSSMAN, G M , « The Provision of Information as Marketing Strategy », *Oxford Economic Papers*, vol 38, pp 166-183, Nov suppl 1986
- EGAN, B L , « Costing and Pricing of the Network of the Future », *Proc of International Switching Symposium*, pp 483-490, 1987
- EGAN, B L , HALPIN, T C , « The Welfare Economics of Alternative Access Carriage Rate Structures in the United States », *Telecom Journal*, vol 54, n° 1, pp 46-56, January 1987
- FLEMING, S , « What Users Can Expect From New Virtual Wideband Services », *Telecommunications*, pp 29-44, October 1990
- FOX, C , « Future Generation Information Systems », *Journal of the American Society for Information Science*, vol 37, n° 4, pp 215-219, 1986
- FRUHAN, W E , *Financial Strategy*, Irwin (Homewood, IL), 1979
- FULHABER, G R , *Pricing Internet Efficient Subsidy, Information Infrastructures for the 1990's*, JF Kennedy School of Government, Harvard University, Nov 1990
- GALLAGER, R S , *Information Theory*, John Wiley (New York), 1967
- GAWDUN, M , « Private-Public Network Internetworking », *Telecommunications*, vol 21, n° 11, pp 49-58, Nov 1987
- GELLER, H , « US Domestic Telecommunications Policy in the Next Five Years », *IEEE Comm Mag*, vol 27, n° 8, pp 19-23, Aug 1989
- GINMAN, M , « Information Culture and Business Performance », *International Association of Technological University Libraries Quarterly*, vol 2, n° 2, pp 93-106, 1987
- GORE, A , « Infrastructure for the Global Village », *Scientific American*, pp 150-153, September 1991

- GRAHAM-TOMASI, T , « A Theoretical and Empirical Approach to the Value of Information in Risky Markets A Comment », *The Review of Economics and Statistics*, vol 70, n° 3, pp 543-545, 1998
- HENDERSON, J M , QUANDT, R E , *Microeconomic Theory*, McGraw Hill (New York), 1980
- HILLS, J , « Issues in Telecommunications Policy A Review », *Oxford Surveys in Information Technology*, vol 4, p 57-96, 1987
- HOFFMAN, E , « Defining Information - II A Quantitative Evaluation of the Information Content of Documents », *Information Processing & Management*, vol 18, n° 3, pp 133-139, 1982
- HUBER, P W , « The Geodesic Network », U S Department of Justice, Washington, DC, January 1987
- HUDSON, H E , « Proliferation and Convergence of Electronic Media », *First World Electronic Media Symposium*, pp 335-339, 1989
- INGWERSEN, P , PEJTERSEN, A M , « User Requirements - Empirical Research and Information Systems Design », *Information Technology and Information Use Towards a Unified View of Information and Information Technology Conference*, pp 111-124, 1986
- IRWIN, M R , MERENDA, M J , « Corporate Networks, Privatization and State Sovereignty », *Telecommunications Policy*, vol 13, n° 4, pp 329-335, Dec 1989
- JANTZEN, H , *High Gothic*, Princeton University Press (Princeton, NJ), 1984
- KAHIN, B , *The NREN as a Quasi-Public Network Access, Use, and Pricing*, J F Kennedy School of Government, Harvard University, 90-91, Feb 1990
- KAHN, A E , *The Economics of Regulation*, MIT Press (Cambridge, MA), 1989
- KING, D W , GRIFFITHS, J -M , « Evaluating the Effectiveness of Information Use, Evaluating the Effectiveness of Information Centres and Services Conference », AGARD France, p 1/1-5, Sept 5-6, 1988
- KIRSTEIN, P T , « An Introduction to International Research Networks », *IEEE Int Council for Comptr Comm*, Ninth International Conf, pp 416-418, 1988
- KOHNO, H , MITOMO, H , « Optimal Pricing of Telecommunications Service in Advanced Information Oriented Society », *Proceedings of International Conf on Info Tech*, pp 195-213, 1988
- KOLMOGOROV, A N , « Three Approaches to the Quantitative Definition of Information », *International Journal of Computer Mathematics*, vol 2, n° 2, pp 157-168, 1968
- KONSYNSKI, B R , MCFARLAN, E W , « Information Partnerships - Shared Data, Shared Scale », *Harvard Business Review*, pp 114-120, September-October 1990
- KRAUS, C R , DUERIG, A W , *The Rape of Ma Bell*, Lyle Stuart (Secaucus, NJ), 1988
- KUHN, T S , *The Structure of Scientific Revolutions*, Univ Chicago Press (Chicago), 1970
- LAWRENCE, P R , DYER, D , *Renewing American Industry*, Free Press (New York), 1983
- LUCE, R D , RAIFFA, H , *Games and Decisions*, Dover (New York), 1985
- MANDELBAUM, R , MANDELBAUM, P A , *The Strategic Future of Mid Level Networks*, J F Kennedy School of Government, Harvard University, Working Paper, October 1990
- MARKOFF, J , « Creating a Giant Computer Highway », *New York Times*, Sept 2, 1990

- McGARTY, T P , POMERANCE, B STECKMAN, M , « CATV for Computer Communications Networks », *IEEE Comp Con*, 1982
- McGARTY, T P , *Business Plans*, J Wiley (New York), 1989
- McGARTY, T P , *Financial Data Networking and Technological Impacts*, Intelcom, 1980
- McGARTY, T P , CIANCEY, G J , « Cable Based Metro Area Networks », *IEEE Jour on Sel Areas in Comm*, vol 1, n° 5, pp 816-831, Nov 1983
- McGARTY, T P , « Growth of EFT Networks », *Cashflow*, pp 25-28, Nov 1981
- McGARTY, T P , BALL, L L , *Network Management and Control Systems*, IEEE NOMS Conf, 1988
- McGARTY, T P , *Local Area Wideband Data Communications Networks*, EASCON, 1982
- McGARTY, T P , SUNUNU, M , *Applications of Multi-Media Communications Systems to Health Care Management*, HIMSS Conference, San Francisco, Feb 1991
- McGARTY, T P , « Multimedia Communications in Diagnostic Imaging », *Investigative Radiology*, April 1991
- McGARTY, T P , « Multimedia Communications Systems », *Imaging*, Nov 1990
- McGARTY, T P , *Network Infrastructures for the 1990's*, Harvard University, Kennedy School of Government, November 1990
- McGARTY, T P , *Personal Correspondence to M Dertouzos*, February 1991
- McGARTY, T P , VEITH, R , *Hybrid Cable and Telephone Networks*, IEEE CompCon, 1983
- McGARTY, T P , McGARTY, S J , *Impacts of Consumer Demands on CATV Local Loop Communications*, IEEE, ICC, 1983
- McGARTY, T P , TREVES, S T *Multimedia Network Architectures*, SPIE Conference on Fiber Optics, September 1991
- McLUHAN, M , *The Gutenberg Galaxy*, Univ Toronto Press (Toronto), 1962
- McLUHAN, M , *Understanding Media*, NAL (New York), 1964
- MORTON, M S S , « The Corporation of the 1990's », Oxford (New York), 1991
- MUROYAMA, J H , STEVER, H G , *Globalization of Technology*, National Academy Press (Washington, DC), 1988
- MURPHY, A H , Ye, Q , « Optimal Decision Making and the Value of Information in a Time-Dependent Version of the Cost-Loss Ratio Situation », *Monthly Weather Review*, vol 118, n° 4, pp 939-949, April 1990
- NOAM, E M , *Network Tipping and the Tragedy of the Common Network*, J F Kennedy School of Government, Harvard University, Working Paper, October 1990
- NUGENT, P M , « User Objectives in the Development of International Telecommunications Policy », *Inf Age*, vol 7, n° 4, pp 200-202, Oct 1985
- O'HARA, S , « The Evolution of A Modern Telecommunications Network to the Year 2000 and Beyond », *IEE Proc*, vol 132, n° 7, pp 467-480, 1985
- PINDYCK, R S , RUBINFELD, D L *Micro economics*, McGraw Hill (New York), 1989
- PORTER, M , *Competitive Advantage*, Free Press (New York), 1985

- PORTER, M , *Competitive Strategy*, Free Press (New York), 1980
- PORTER, M , *The Competitive Advantage of Nations*, Free Press (New York), 1990
- QUARTERMAN, J S , *The Matrix*, Digital Press (Maynard, MA), 1990
- RAISBECK, G , *Information Theory*, MIT Press (Cambridge, MA), 1963
- ROBERTS, J , « Battles for Market Share Incomplete Information, Aggressive Strategic Pricing, and Competitive Dynamics », *Advances in Economic Theory*, n° 12, pp 157-195, 1987
- ROUSE, W , « On the Value of Information in System Design A Framework for Understanding and Aiding Designers », *Information Processing & Management*, vol 22, n° 2, pp 217-228, 1986
- RUTKOWSKI, A M , « Computer IV Regulating the Public Information Fabric », *Proc of the Regional Conf of the International Council for Computer Communications*, pp 131-135, 1987
- S 898, *US Senate Hearings on Telecommunications Competition*, Serial n° 97-61, June 1981
- SALTON, G , « Some Characteristics of Future Information Systems », *Sigir Forum*, vol 18, n° 2-4, pp 28-39, Fall, 1985
- SCHALKWIJK, J P M , « On a Quantitative Definition of Information and Its Impact on the Field of Communications », *Reports on the Progress of Physics*, vol 45, n° 11, pp 1213-1260, 1982
- SHELL, G P , « Establishing the Value of Information Systems », *Interfaces*, vol 16, n° 3, pp 82-89, May-June 1986
- SHUBIK, M , *A Game Theoretic Approach to Political Economy*, MIT Press (Cambridge, MA), 1987
- SHUBIK, M , *Game Theory in the Social Sciences*, MIT Press (Cambridge, MA), 1984
- SILVERMAN, K , *Semiotics*, Oxford (New York), 1983
- SIRBU, M A , REED, D P , « An Optimal Investment Strategy Model for Fiber to the Home », *International Symposium on Subscriber Loops to the Home*, pp 149-155, 1988
- SPULBER, D F , *Regulation and Markets*, MIT Press (Cambridge, MA), 1990
- SZEWCZAK, E J , KING WR , « Organizational Processes as Determinants of Information Value », *Omega International Journal of Management Science*, vol 15, n° 2, pp 103-111, 1987
- TANNENBAUM, A , *Computer Communications*, Prentice Hall (Englewood Cliffs, NJ), 1989
- TEMIN, P , *The Fall of the Bell System*, Cambridge University Press (Cambridge), 1987
- THORELLI, H B , « The Future for Consumer Information Systems », *Consumerism Search for the Consumer Interest*, pp 115-126, 1980
- TIROLE, J , *The Theory of Industrial Organization*, MIT Press (Cambridge, MA), 1990
- TJADEN, G , *CATV and Voice Telecommunications*, IEEE ICC, 1984
- TOFFLER, A , *The Adaptive Corporation*, Bantam (New York), 1985
- TOY, S , *Castles*, Heinemann (London), 1939
- TUROFF, M , « Information, Value and the Internal Marketplace », *Technological Forecasting and Social Change*, vol 27, n° 4, pp 357-373, 1985

- VICKERS, R , VILMANSEN, T , « The Evolution of Telecommunications Technology », *Proc IEEE*, vol 74, n° 9, pp 1231-1245, Sept 1986
- VON AUW, A , *Heritage and Destiny*, Praeger (New York), 1983
- VON HIPPEL, E , *The Sources of Innovation*, Oxford (New York), 1988
- VON NEUMANN, J , MORGENSTERN, O , *Theory of Games and Economic Behavior*, Wiley (New York), 1944
- WEST, E H , et al, *Design, Operation, and Maintenance of a Multi Firm Shared Private Network*, IEEE MONECH Conf, pp 80-82, 1987
- WIENER, N , *The Human Use of Human Beings*, Avon (New York), 1967
- WIENER, N , *God and Golem*, MIT Press (Cambridge, MA), 1964
- WIENER, N , *Cybernetics*, MIT Press (Cambridge, MA), 1957
- WILKES, M V , *The Bandwidth Famine*, *Comm ACM*, pp 19-21, vol 33, n° 8, Aug 1990
- WILLIAMS, M E , « Highlights of the Online Database Industry and the Quality of Information and Data », *National Online Meeting Proceedings*, pp 1-4, 1990
- WINOGRAD, T , FLORES, F , *Understanding Computers and Cognition*, Addison Wesley (Reading, MA), 1987
- WIRTH, T E , *Telecommunications in Transition*, U S House of Representatives Committee Report, Nov 1981
- WOLFE, T , *From Bauhaus to Our House*, Simon and Schuster (New York), 1981
- ZUBOFF, S , *In the Age of the Smart Machine*, Basic Books (New York), 1988