

Zeitschrift:	Ingénieurs et architectes suisses
Band:	118 (1992)
Heft:	13
Artikel:	Au-delà des centraux téléphoniques...: la commutation d'informations multimédias
Autor:	Hubaux, Jean-Pierre
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-77773

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 11.01.2026

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

Au-delà des centraux téléphoniques ...

Par Jean-Pierre Hubaux
Professeur EPFL
Laboratoire de
télécommunications
1015 Lausanne

La commutation d'informations multimédias¹

La commutation est la fonction qui permet d'établir des connexions, puis de les libérer, en fonction des besoins des usagers. En partant d'un moyen de communication classique, le téléphone analogique, nous allons montrer comment la numérisation du réseau a tracé la voie vers le réseau numérique à intégration de services, le RNIS. Puis, nous illustrerons comment les fabuleux progrès réalisés en transmission, ainsi que la demande toujours plus forte en nouveaux services, conduisent à la réalisation de systèmes capables de commuter des informations multimédias.

La commutation

Autant la fonction de transmission est généralement connue et accessible à l'imagination du grand public, autant la commutation n'a retenu pendant longtemps que l'attention des seuls spécialistes du domaine. Cet état de fait est regrettable, car la commutation revêt une importance toujours croissante au fur et à mesure que les réseaux deviennent plus sophistiqués. L'effort fourni par la communauté technique pour le développement des systèmes de commutation est aujourd'hui comparable à celui fourni pour le développement des systèmes de transmission.

En plus des terminaux (tels que les postes téléphoniques), les réseaux de télécommunications sont constitués

- de systèmes de *transmission*, chargés de transporter l'information à une distance quelconque; ces systèmes peuvent faire usage de câbles, de faisceaux hertziens, directs ou par satellite, ou de fibres optiques;
- de systèmes de *commutation*, chargés de la mise en relation de deux ou plusieurs usagers, conformément aux ordres de ceux-ci.

La commutation joue ainsi le rôle d'aguillage au sein du réseau; sans elle,

il serait nécessaire d'installer une liaison entre chaque paire d'usagers, ce qui serait totalement irréalisable.

Dans le cas de la téléphonie, qui constitue le fil conducteur de notre propos, la commutation est activée par la numérotation. En fonction de cette numérotation, de la topologie, de l'état de charge ainsi que des éventuelles pannes dans le réseau, la commutation calcule un chemin (appelé acheminement) au sein du réseau afin de joindre l'usager souhaité. Pendant les premières décennies du téléphone, c'est-à-dire à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle, la commutation était réalisée de façon purement manuelle par des opératrices (fig. 1). Puis, l'ingéniosité humaine s'est employée à automatiser cette fonction et pendant longtemps, l'électromécanique fut à la base du fonctionnement de ces systèmes (fig. 2 et 4). Mais à partir des années 1960, les gigantesques progrès réalisés en électronique, associés à la numérisation toujours plus grande des systèmes de transmission, devaient conduire les ingénieurs à concevoir des systèmes de commutation entièrement

électroniques et numériques (fig. 5).

Les commutateurs contemporains

L'architecture simplifiée d'un commutateur est présentée à la figure 6. Les unités terminales d'abonné (UTA) se chargent de convertir le signal électrique transporté par la ligne d'abonné (en général encore sous forme analogique) en une information numérique, traitable par le commutateur lui-même. Les unités terminales de circuits (UTC) se chargent des liaisons avec les autres commutateurs. L'établissement d'un chemin de parole entre deux unités terminales données est réalisé par le réseau de connexion. Le comportement global du système est coordonné par la commande. La commande est un ordinateur spécialisé, en général un ordinateur multiprocesseur. Enfin, un générateur de tonalités se charge de produire des signaux audibles par les abonnés (invitation à composer un numéro, retour d'appel, etc.).

La simplicité du schéma ne doit pas conduire à sous-estimer la complexité des systèmes réels. A titre indicatif, il est utile de mentionner que le développement d'un nouveau type de commutateur peut coûter plusieurs milliards de francs suisses.

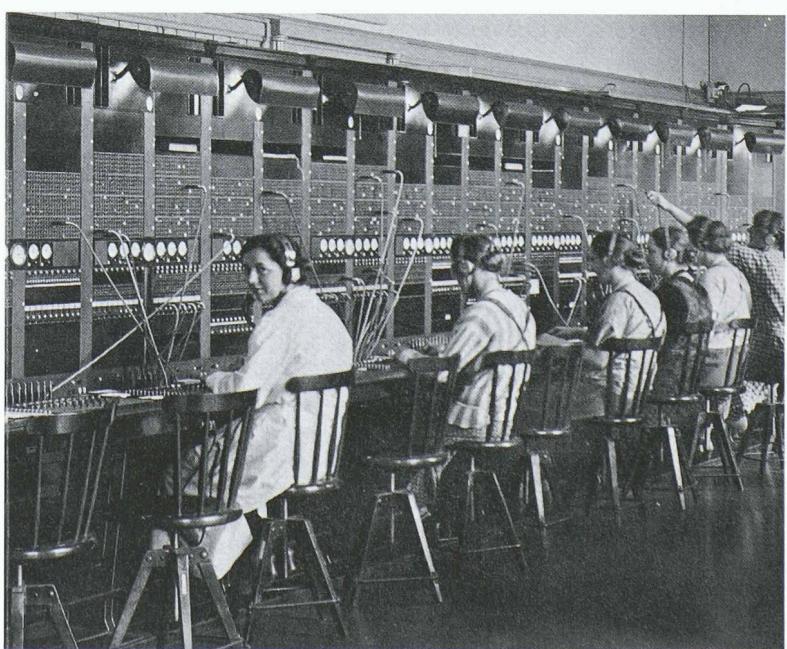


Fig. 1. – Central téléphonique manuel inauguré en 1924 à Aarau (Plaquette commémorative Hasler SA, 1952)

¹Texte abrégé d'une leçon inaugurale prononcée le 11 décembre 1991 à l'EPFL à Ecublens

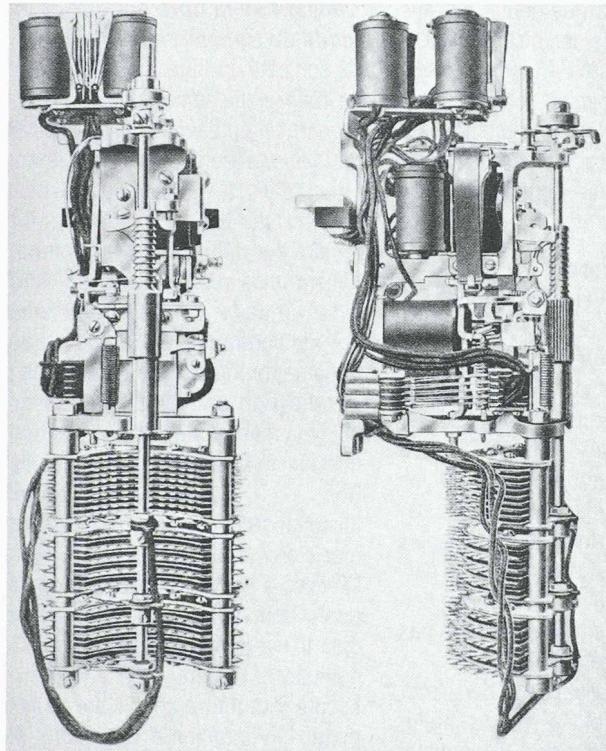


Fig. 2. – Sélecteur Strowgwe de 1905 (Un siècle de télécommunications en Suisse: 1852-1952, Berne, PTT, 1959)

Au fur et à mesure que les systèmes se sont développés, le logiciel de la commande a pris une importance croissante, jusqu'à représenter une part prépondérante dans le coût de développement d'un système (fig. 7). Actuellement, le logiciel d'un commutateur comprend en effet plusieurs millions de lignes de code source. Le caractère crucial du logiciel a été mis en lumière par de nombreux incidents provoqués par des fautes dans les programmes. Ainsi, en janvier 1990, une erreur dans un logiciel a provoqué l'indisponibilité d'une grande partie du réseau téléphonique des Etats-Unis pendant plusieurs heures. L'une des pistes actuellement explorées pour garder sous contrôle le processus de développement du logiciel est celle des techniques formelles. Une technique formelle comporte un langage formel qui permet de spécifier le comportement attendu d'un système à un niveau d'abstraction souhaité. Cela permet en particulier de préciser ce que l'on veut faire (le «quoi») en s'affranchissant des détails de l'implémentation (le «comment»). Le principal intérêt du langage formel

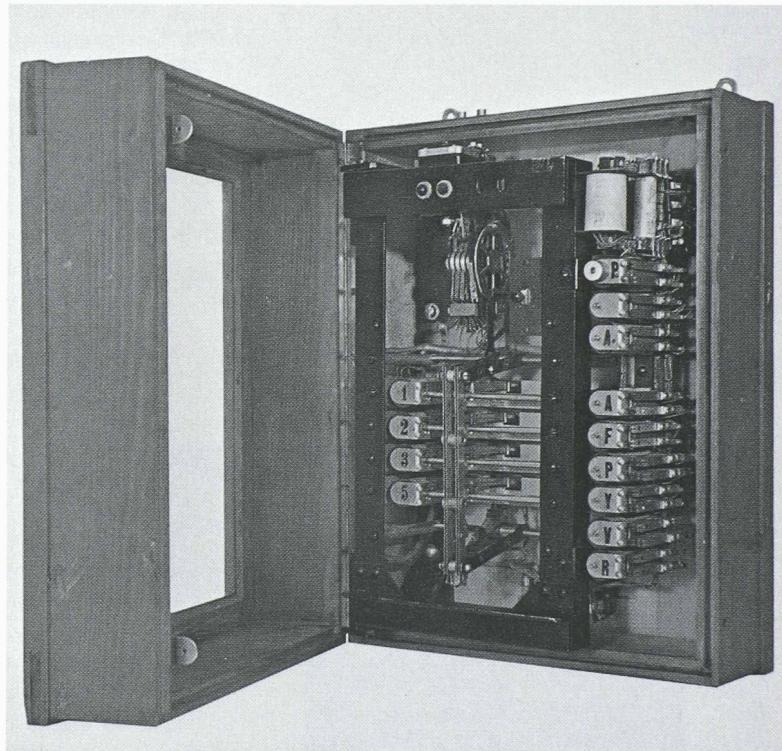


Fig. 3. – Premier central téléphonique avec sélecteur cross-bar (années 20) (Plaquette commémorative Chr. Gfeller SA, 1971)

est qu'il peut être interprété par un ordinateur.

Une fois la spécification rédigée en langage formel, elle peut faire l'objet d'un contrôle quant à son exactitude (fig. 8). Ce contrôle peut être soit manuel soit automatique. D'autre part, la spécification permet de générer automatiquement une partie du code exécutable correspondant. Enfin, il est possible de faire dériver par l'ordinateur des scénarios de test correspondant à la spécification.

Le RNIS et les réseaux de données

Dès lors que les systèmes de transmission ainsi que les systèmes de commutation deviennent numériques, il est tentant de numériser la dernière portion du réseau encore analogique, à savoir la ligne d'abonné. Une réflexion a été menée dans ce sens pendant les années 70 et celle-ci a débouché sur le concept de Réseau Numérique à Intégration de Services ou RNIS.

Le RNIS met à la disposition de l'usager plusieurs canaux numériques (à 64 kbit/s chacun) auxquels il est possible

de raccorder un ou plusieurs terminaux RNIS; ces terminaux peuvent être de véritables ordinateurs. Ce concept va dans le sens d'un usage optimal des débits offerts par le réseau. Il permet en outre la mise en œuvre d'un très grand nombre de services tels que, par exemple, l'envoi d'un message alphanumérique à un autre usager momentanément absent. Grâce aux techniques modernes de compression de l'information, le RNIS permet également de mettre en œuvre la vidocommunication de qualité moyenne. Fait remarquable, le RNIS peut être mis en place en conservant les paires de fils de cuivre installées entre l'équipement terminal et le commutateur de raccordement pour la téléphonie classique. Le RNIS est commercialisé depuis quelque temps dans l'ensemble des pays développés.

Entre-temps, d'énormes progrès ont été réalisés également dans le domaine de l'interconnexion des ordinateurs. Les réseaux locaux permettent d'interconnecter des ordinateurs sur de courtes distances (quelques dizaines ou centaines de mètres) à de

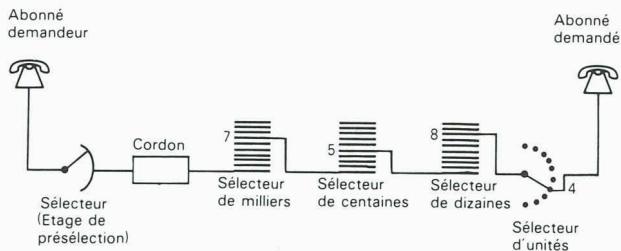


Fig. 4. – Principe d'un commutateur pas à pas (La Commutation électronique, par GRINSEC, Paris, Eyrolles, 1980)

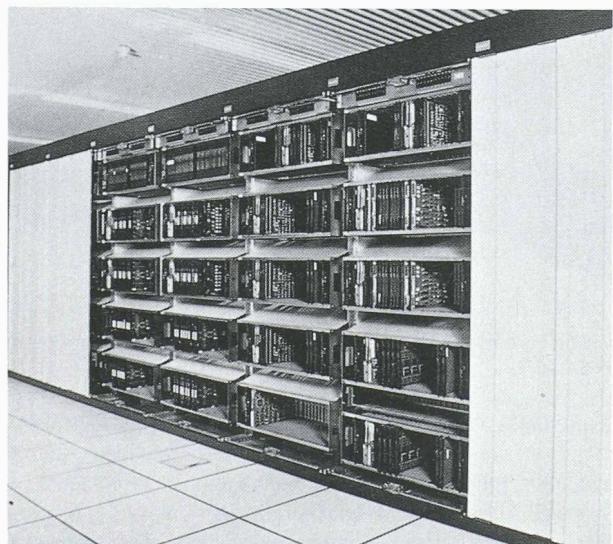


Fig. 5. – Commutateur électronique actuel (Revue des télécommunications, Alcatel, 1989)

hauts débits (quelques dizaines de Mbit/s). De leur côté, les réseaux de paquets permettent de faire communiquer des ordinateurs sur de grandes distances (quelques centaines de kilo-

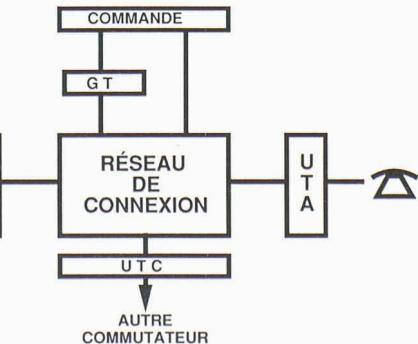
mètres ou plus) à des débits moyens (quelques dizaines de kbit/s). La technique de commutation utilisée dans ces réseaux, appelée commutation par paquets, diffère sensiblement de celle utilisée dans les réseaux téléphoniques, appelée commutation de circuits.

Le réseau intelligent

Le nombre des services offerts par les réseaux va considérablement augmenter dans les années à venir, notamment, comme on l'a vu, du fait du RNIS. Le déploiement et la gestion de ces services va représenter un défi majeur pour les opérateurs de réseaux. Ainsi, par exemple, l'étude de l'interaction entre les différents services est rendue particulièrement ardue par le fait que bon nombre de ces services... n'ont pas encore été inventés!

C'est pour faire face à cette perspective que le concept de réseau intelligent a été défini (fig. 9). Celui-ci consiste à ne laisser dans les commutateurs que les fonctions élémentaires de commutation et à implémenter la logique de fonctionnement du service au sein d'un réseau de paquets. Cette franche séparation entre fonctions de base d'une part et logique comportementale d'autre part est également motivée par l'évolution de la législation et l'apparition de la concurrence dans la fourniture de services. Ainsi par exemple, la nouvelle loi suisse sur les télécommunications (LTC, entrée en vigueur le 1^{er} mai 1992) prévoit que des sociétés privées pourront offrir des services s'appuyant sur le réseau public.

Fig. 6. – Architecture d'un commutateur téléphonique numérique. GT: générateur de tonalité, UTA: unité terminal d'abonnés, UTC: unité terminal de circuits



L'impact de la fibre optique et le mode de transfert asynchrone

De son côté, la transmission n'a cessé de réaliser de remarquables progrès. En particulier, l'avènement de la fibre optique représente une véritable révolution dans les télécommunications. En effet, la fibre optique permet d'atteindre des débits fabuleux (potentiellement plusieurs milliers de Gbit/s) avec un taux d'erreur extrêmement bas (de l'ordre de 10⁻¹⁵). Elle est déjà largement utilisée pour la diffusion de la télévision par câble, par exemple, ou pour certains systèmes de transmission téléphonique. Sa généralisation – à condition qu'elle aille jusqu'au terminal de l'usager – permet d'envisager la mise en œuvre de services à haut débit, au nombre desquels figurent les services multimédias (c'est-à-dire incluant la voix, les données et l'image).

Encore faut-il être en mesure de commuter l'information à ces débits élevés. Les commutateurs classiques commutent des voies de parole transmises à un débit de 64 kbit/s, alors qu'une image animée de haute qualité est codée et transmise à un débit de plusieurs dizaines de Mbit/s, donc de trois ordres de grandeur plus élevé. Qui plus est, les contraintes de qualité, dans un réseau multimédias, sont très différentes selon que l'information représente des données (priorité à l'intégrité de l'importation) ou de l'image et de la voix (priorité à la transmission en temps réel et à la synchronisation).

Pour atteindre cet objectif, la communauté technique a défini un nouveau mode de commutation: le mode de transfert asynchrone, plus connu sous son abréviation anglo-saxonne ATM (Asynchronous Transfer Mode). En ATM, toute information, qu'elle corresponde à de la voix, à des données ou à des images, est codée dans un ensemble de paquets de taille fixe appelés cellules. Chaque cellule comporte un champ de 48 octets contenant l'information proprement dite ainsi qu'un en-tête de 5 octets contenant celle nécessaire au routage de la cellule.

Le mode ATM vise une utilisation optimale des réseaux par le multiplexa-

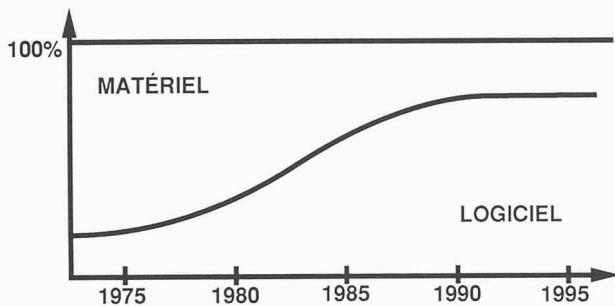


Fig. 7. – Evolution du rapport entre matériel et logiciel dans le coût de développement d'un commutateur

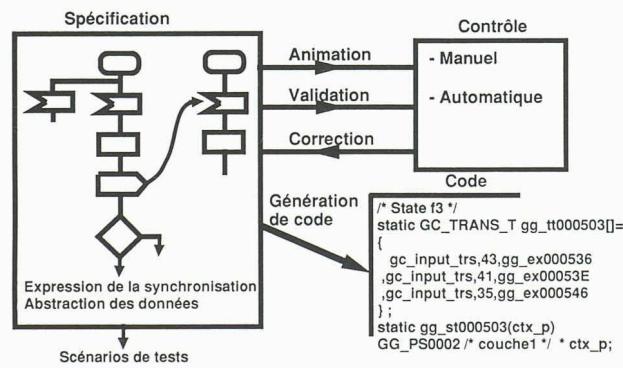


Figure 4 Les techniques formelles

Fig. 8. – Les techniques formelles

ge statistique. En d'autres termes, on tire profit du fait que le débit des différentes communications est en général variable. Ceci permet de faire supporter un ensemble de communications par un canal dont la capacité est inférieure à la somme des débits de crête des différentes communications. C'est sur ce principe que sera développé le RNIS à large bande. Les premiers commutateurs ATM seront mis en service dans le réseau public vers 1994.

Le mode ATM fait actuellement l'objet de nombreuses recherches et expérimentations. Il devrait représenter la technique de commutation la plus importante des dix à quinze prochaines années. Cependant, certains reprochent à l'ATM le fait qu'il présuppose une implémentation électronique des commutateurs, ce qui implique une conversion optique-électrique et électrique-optique lors de la traversée de chaque commutateur. Des recherches ont donc démarré visant la commutation du signal optique lui-même. Ces recherches, dont l'issue est encore très incertaine, représentent l'avenir à long terme de la commutation.

L'ensemble des concepts évoqués est schématisé dans la figure 10. Cette figure montre comment le monde des données (symbolisé par un ordinateur), le monde de la voix (symbolisé par un téléphone) et le monde de l'image (symbolisé par un téléviseur)

convergent vers le Réseau Numérique à Intégration de Services à large bande. La flèche en pointillés représente le fait déjà mentionné qu'il est possible de réaliser une vidéocommunication de qualité moyenne sur la base du RNIS à bande étroite. La figure oppose la commutation de l'information à la diffusion de celle-ci.

En guise de conclusion

Ce bref article visait à décrire le rôle fondamental que joue la commutation au sein des réseaux de télécommunications. Par souci de concision, certains aspects tels que les communications avec les téléphones mobiles ou les communications par satellites n'ont pu être abordés. Il est clair toutefois qu'au fur et à mesure de l'augmentation des débits de transmission et de l'accroissement de la demande et de l'offre en nouveaux services, les exigences en matière de commutation ne feront que s'amplifier. En effet, sans commutation, l'usager ne peut être que le récepteur passif d'une information qui lui est diffusée. Avec la commutation, il lui est permis de choisir ses interlocuteurs ainsi que les services qu'il souhaite activer. De cette façon, il devient le membre actif de communautés d'intérêt de son choix. Ainsi, le chemin vers le «village planétaire» passe par une commutation rapide, fiable et capable de traiter des informations multimédias.

Fig. 10. – L'évolution des réseaux

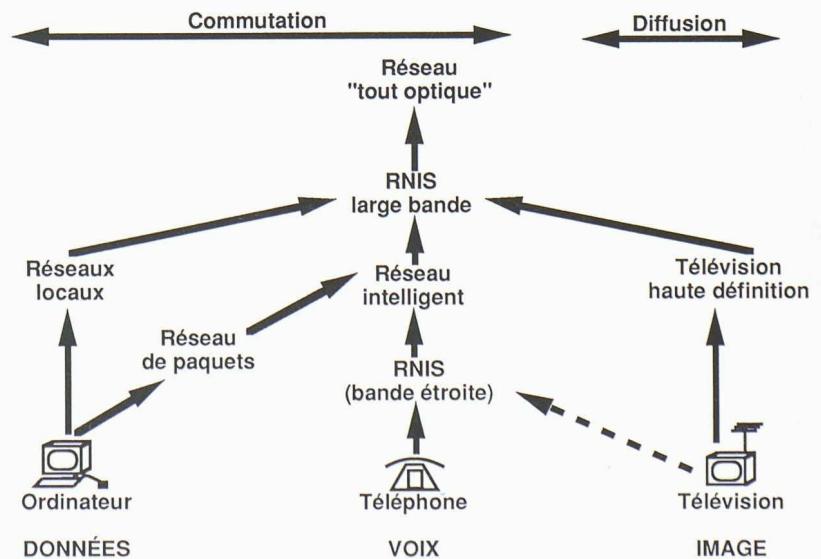


Fig. 9. – Le réseau intelligent

