

# Nouvelles solutions de raccordement d'abonnés dans les réseaux locaux de télécommunications

Autor(en): **Demierre, Eric**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **71 (1993)**

Heft 7

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875514>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Nouvelles solutions de raccordement d'abonnés dans le réseau local de télécommunications

Eric DEMIERRE, Berne

## 1 Introduction

Depuis l'introduction du téléphone, au début du siècle, les réseaux de télécommunications n'ont cessé d'évoluer, offrant des performances toujours plus grandes. Les premières années ont permis une amélioration du service téléphonique et une augmentation du nombre de raccordements, alors que depuis quelque temps on assiste à une diversification des téléservices, tels que la transmission de données, la distribution TV ou les liaisons téléphoniques mobiles.

Le *réseau de distribution* («réseau de distribution de lignes locales» selon le CCITT) occupe une place particulière dans le domaine des télécommunications. Il mobilise une grande partie des investissements des opérateurs de réseaux. De plus il est très proche des abonnés, donc des services support. Il nécessite donc des solutions simples et bon marché qui soient adaptées aux conditions locales (types d'abonnés avec les services support correspondants, densité des raccordements, éloignement, etc.). Du point de vue des câbles et des canalisations, le réseau de distribution offre une topologie en arbre qui est différente de celle du réseau à longue distance. La répartition des abonnés est irrégulière et les besoins en capacité de transmission individuelle sont encore relativement faibles, exception faite des besoins de quelques usagers professionnels. Ces caractères particuliers influencent fortement les systèmes de transmission qu'il est possible, ou souhaitable, d'utiliser.

La croissance des besoins et l'introduction de nouveaux téléservices exigent de nouvelles possibilités techniques pour le futur. Les planifications les plus optimistes prévoient cependant qu'il faut au moins 25 ans pour renouveler tout un réseau de distribution de façon à pouvoir offrir des «services à large bande» (basés sur le RNIS à large bande) à tout le monde. Les réseaux télévisuels câblés CATV actuels doivent d'ailleurs aussi être modifiés (augmentation de la largeur de bande) pour accueillir la télévision à haute définition HDTV. On imagine facilement les difficultés que cela entraîne lorsque l'on considère l'évolution de la technique ces 25 dernières années. D'où l'importance des choix concernant les investissements à court terme dans le réseau de distribution, qui peut avoir des conséquences économiques importantes à moyen et à long terme.

Quelques solutions parmi celles qui semblent les plus intéressantes à court terme pour le raccordement par fil des abonnés sont décrites et quelques exemples d'ap-

plication sont présentés. Alors que pendant près d'un siècle le cuivre a été utilisé pour les raccordements téléphoniques, il faut aujourd'hui envisager d'autres technologies permettant de supporter plus facilement l'évolution des besoins des usagers. L'accent est mis sur les aspects techniques des systèmes de transmission par fil et, plus particulièrement, par fibre optique dans le réseau de distribution. Un bref résumé de la situation concernant les téléservices et les services support est donné.

## 2 Services et transmission

Il est important de définir de quelle manière les téléservices en tant que prestations peuvent être fournis par le biais du réseau de transmission. La structure illustrée par la *figure 1* repose sur les définitions du CCITT. Entre les liaisons téléphoniques vocales, telles qu'elles sont utilisées par les abonnés, et la transmission, telle qu'elle doit être considérée dans le réseau de distribution, des couches ont été créées qui correspondent aux services support, à savoir aux interfaces usagers/réseaux.

### 21 Téléservices

Le CCITT définit le téléservice en tant que service de télécommunication qui englobe tous les aspects de la communication entre utilisateurs, y compris le fonctionnement de l'équipement terminal, conformément aux protocoles établis. Ce sont les téléservices qui intéressent directement les abonnés et l'interface utilisée pour y accéder est naturellement l'interface homme/machine. Elle peut être constituée de la feuille de papier (interface visuelle) et du clavier de commande pour un télécopieur, du son et du clavier pour les communications téléphoniques vocales (définition arbitraire du téléservice correspondant à l'utilisation du service téléphonique pour la communication orale), etc.

### 22 Services support

Les liaisons téléphoniques vocales et le télécopieur utilisent une interface commune, à savoir celle du service téléphonique, considéré comme un service support. Ce dernier permet la transmission d'une certaine largeur de bande (entre 300 et 3400 Hz) entre deux points avec cer-

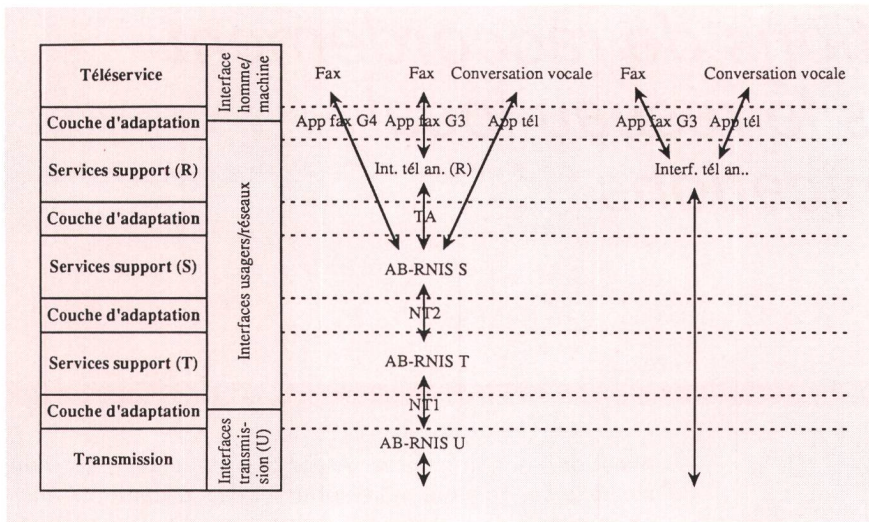


Fig. 1 Représentation des trois couches fonctionnelles principales dans le réseau d'accès (téléservices, services support et transmission)

taines fonctions, telles que la commutation ou l'indication d'occupation de la ligne, par exemple. Selon la définition du CCITT, un service support (en anglais bearer service), est un service de télécommunication qui permet la transmission de signaux entre des interfaces usagers/réseaux. Il existe aussi des services support pour la transmission de données (utilisés par exemple pour la visioconférence) ou des services support analogiques à large bande comme la CATV (service support) pour la distribution de programmes TV (téléservice). D'une manière générale, tous les services auxquels correspond une interface se trouvant en principe chez l'abonné (sauf l'interface homme/machine) seront considérés ici comme services support. Le schéma de la figure 1 n'est cependant pas complet car l'interface homme/machine du téléphone (son), par exemple, peut être utilisée par un modem externe pour la transmission de données.

### 23 Transmission

Le CCITT définit la transmission en tant qu'action de transférer des signaux d'un point à un ou plusieurs autres points. Dans le réseau de distribution, les interfaces autres que celles des services support et des télé-services font partie de la transmission. Ainsi, une interface de transmission ne sera pas forcément identique à celle du service support et il est nécessaire de prévoir un adaptateur, par exemple NT1 pour le RNIS.

On distingue, là aussi, plusieurs sous-couches à l'intérieur du domaine de la transmission, telles que celles mentionnées dans la figure 2. Chacune de ces sous-couches est telle qu'elle peut supporter plusieurs éléments identiques de la sous-couche qui lui est directement superposée. Ainsi, un milieu de propagation comme une fibre optique peut supporter plusieurs systèmes de transmission à l'aide d'un élément de multiplexage optique. A chacune de ces sous-couches correspond alors une interface qui peut être différente de celles des sous-couches inférieures et supérieures. Une sous-couche d'adaptation (non représentée sur le schéma) sépare alors les différentes sous-couches de la transmission à l'instar de ce qui se fait pour les services support.

### 24 Le réseau de distribution

La couche «transmission» est la plus importante pour le réseau de distribution. Elle inclut tous les éléments clés de celui-ci, à savoir les systèmes de transmission, les milieux de propagation, les câbles, les canalisations et autres infrastructures (par exemple les armoires de distribution). La transmission est influencée par les services support qu'elle doit gérer, qui dépendent eux-mêmes des téléservices.

### 3 Evolution des services

#### 31 Téléservices futurs

Les services actuels évoluent rapidement. On a vécu ces dernières années l'introduction du télécopieur et, auparavant, celle de la distribution TV et de la transmission de données. Actuellement, on observe deux tendances générales dans l'évolution des téléservices: l'accroissement de la mobilité et l'augmentation de la largeur de bande demandée par les usagers. Aujourd'hui, les mesures pour satisfaire à ces deux types d'évolution sont en général prises séparément: elles pourraient être

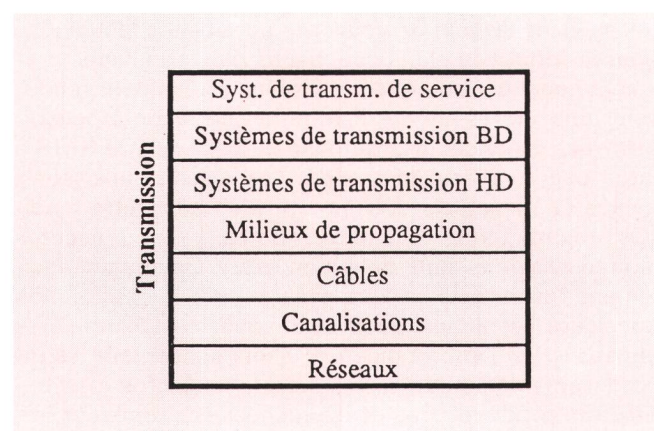


Fig. 2 Subdivision de la couche de transmission en plusieurs sous-couches

Cette distinction est très importante pour l'étude de l'évolution du réseau local

combinées dans le futur. Seuls les téléservices «immobiles», relatifs à un raccordement d'abonné fixe avec transmission sur fil, seront traités ici.

On peut prévoir pour les années à venir l'apparition chez les usagers professionnels des premiers téléservices à large bande, fondés sur le RNIS à large bande. Parallèlement ou un peu plus tard, la distribution de la télévision à haute définition devrait apparaître pour les abonnés résidentiels.

### 32 *Intégration des téléservices*

Il y a encore une vingtaine d'années, alors que le téléphone constituait le seul téléservice utilisé, il n'y avait pas lieu de parler d'intégration de téléservices (donc d'utilisation d'interface commune). Le recours, pour d'autres services, aux moyens utilisés initialement pour le téléphone a provoqué de facto une intégration des téléservices sur le service (support) téléphonique analogique. Cette intégration s'est poursuivie ensuite au niveau de la transmission elle-même (création de la norme G.703). Avec la numérisation des télécommunications, on introduit une nouvelle intégration des téléservices, purement intentionnelle cette fois. Il s'agit du concept du RNIS avec son interface usager/réseau numérique.

La poursuite de ce même but conduit aujourd'hui à la standardisation d'un nouveau service support: le RNIS à large bande, avec la création de la norme ATM. Mais les objectifs en sont beaucoup plus ambitieux.

### 33 *Services support du futur*

Pour pouvoir offrir les services indiqués ci-dessus, il faut fournir à l'abonné des supports adéquats. Les services support actuels ne sont pas adaptés à de tels téléservices. La norme ATM semble avoir un rôle important à remplir pour le transport de données à haut débit, l'établissement de multiples canaux audio ou d'images vidéo à haute définition et à débit variable. Elle a un aspect d'universalité qui pourrait en faire, à terme, la norme de transport unique pour tous les services support futurs. Cette évolution vers le RNIS à large bande ou la distribution HDTV se fera sans aucun doute par étapes. La distribution HDTV, par exemple, pourrait se contenter d'une plus grande largeur de bande en transmission analogique, sans les fonctions liées à la norme ATM. Le RNIS à large bande est plus spécialement adapté à des usages professionnels comprenant des services de télécommunication à large bande bidirectionnels. L'interface correspondant à ce service support est connue sous le nom de B-UNI. Les applications du RNIS à large bande se résumeront, dans un premier temps, à des services plutôt interactifs pour quelques usagers professionnels.

### 34 *Intégration des services support*

Le problème de la transmission dans le réseau de distribution est dû à la diversification des services support (CATV, service téléphonique, RNIS). Il est évident qu'une intégration au niveau de la transmission réduit les coûts et augmente la flexibilité dans l'allocation des capacités de transmission. Elle améliore donc l'efficacité. Mais

cette intégration n'est pas facile dans certains cas. Par exemple, les services à bande étroite d'aujourd'hui sont peu compatibles avec la CATV. C'est pourquoi, à court terme en tout cas, il faudra limiter l'intégration aux services support de télécommunications entre eux et aux services support de distribution (radio/TV) entre eux.

Le partage des canalisations entre ces deux groupes de services support, éventuellement aussi des câbles et peut-être même du milieu de transmission, est cependant possible et répond à cet objectif de réduction des coûts.

On peut en déduire qu'il existe un compromis sous forme d'un niveau de multiplexage optimal pour chaque situation et/ou technologie de transmission applicable à un moment donné. La technologie changeant avec le temps, ce compromis optimal évoluera aussi.

Une telle intégration des services support dans la transmission influence naturellement la configuration du réseau. De plus le financement des réseaux est réalisé par l'intermédiaire de la tarification des services. Pour une rentabilité optimale, un réseau idéal sera donc en tout temps dimensionné exactement à la mesure des services qu'il doit supporter. Cet objectif est naturellement utopique et ne tient pas compte des coûts des interventions humaines pour les modifications du réseau en vue d'une adaptation à de nouvelles exigences. Cela amène à l'introduction du concept de réserve. Les notions de modification du réseau et de réserve sont connues depuis longtemps mais elles revêtent une nouvelle importance avec les systèmes modernes de raccordement d'abonnés, comme cela sera montré. On pourra voir par la suite que tous ces aspects se résument en termes économiques de «coût du réseau».

## 4 *Quelle évolution pour le réseau de distribution?*

### 41 *Situation actuelle*

Les réseaux de canalisations qui existent déjà doivent être utilisés aussi pour les nouvelles méthodes de raccordement des abonnés, car leur construction coûte très cher. Une très grande partie des coûts du réseau de distribution est due, en effet, aux infrastructures. La structure du réseau de canalisations dictera souvent le choix de la solution retenue.

Lors de la construction de nouveaux quartiers, il faut donc tenir compte, dans le calcul des coûts, de la construction des canalisations qui peut varier en fonction de la solution technologique envisagée pour la transmission (par exemple cuivre ou fibre optique).

On a assisté ces dernières années à une forte augmentation des demandes pour de nouveaux raccordements téléphoniques causée par l'introduction du télécopieur et cette situation peut se répéter à l'avenir. C'est pourquoi une grande flexibilité dans les possibilités d'extension des capacités de transmission et d'introduction de nouveaux services est souhaitable. Elle a été réalisée jusqu'à présent sous la forme d'une réserve de câbles installés dans le réseau. Il s'agit toutefois d'un investissement dont la rentabilité à terme n'est pas assurée, car

les câbles en cuivre ne permettent pas d'exploiter les services support du futur.

Dans certains cas, un engorgement des canalisations limite l'extension du réseau par les moyens conventionnels. C'est alors qu'il y a lieu de recourir aux nouveaux systèmes permettant la transmission d'une grande largeur de bande et nécessitant peu de place dans la canalisation.

## 42 Technologie des nouveaux systèmes de transmission

Les besoins accrus en matière de largeur de bande exprimés par les abonnés, l'intégration des services support et les exigences de l'exploitation imposent deux conditions:

- Premièrement, il faut un support physique à plus grande bande passante et qui prend moins de place dans les canalisations que les traditionnelles paires symétriques en cuivre, voire même que les câbles coaxiaux. La réponse à cette condition est la fibre optique. On doit ainsi favoriser l'utilisation de la fibre optique plutôt que celle du cuivre.
- Secondement, il faut un mode de transmission qui soit facilement applicable pour la plupart des services et qui soit bien adapté aux outils de gestion et de maintenance. La technologie numérique répond à cette seconde condition et il y a lieu de la favoriser.

La transmission numérique sur fibre optique est donc un objectif mais n'exclut pas d'autres solutions techniques à court terme (transmission à large bande sur câble de cuivre ou transmission analogique sur fibre optique). Une autre possibilité pour le raccordement des abonnés consiste en une liaison point à point ou point à multi-point entre le central local et un nœud, prolongée par une liaison radio entre ce nœud et les abonnés. Cela permet la réalisation d'économies d'investissements pour les canalisations terminales. Cependant, cette solution ne va pas dans le sens d'une évolution vers les accès à large bande et n'autorise la mobilité que dans la micro-cellule radio dans laquelle est situé l'abonné. De plus les coûts d'exploitation de ces systèmes sont assez élevés. Leur mise en œuvre n'est généralement prévue que dans certains cas particuliers, par exemple en cas de besoin en raccordements dans de brefs délais ou lorsque la construction de canalisations ou la mise en place de câbles aériens pose de gros problèmes et/ou est très coûteuse.

C'est donc vers une technologie faisant appel à la transmission numérique et à la fibre optique que la situation évoluera. Il s'agit d'une combinaison idéale puisque la technologie numérique convient mieux à la transmission sur fibre optique que la technologie analogique.

Les étapes intermédiaires, surtout les solutions à court terme, ne peuvent certainement pas satisfaire à ces deux conditions et réaliser en même temps l'intégration de tous les services support. Ils devront cependant faciliter une évolution dans ce sens.

## 43 Coût des réseaux

Le critère clé pour un abonné, donc pour un opérateur de réseaux, est le coût d'un service. Vu que les besoins

évoluent avec le temps, le réseau change. Cependant, une partie des équipements est réutilisée, les modifications ne pouvant se faire d'un seul jet. Il y a donc lieu d'examiner les stratégies d'évolution et d'évaluer les coûts considérés sur une période donnée. La technologie et les besoins changent de plus en plus vite. En conséquence la durée d'exploitation des équipements diminue et l'évolution lors de cette période d'évaluation est toujours plus difficile à cerner.

La durée d'exploitation des différents composants du réseau est un paramètre essentiel et doit être prise en considération pour la détermination de la période d'évaluation. Le problème est que la durée n'est pas la même pour chacun des composants. Elle peut être de plus de 100 ans pour les canalisations, de 30 à 50 ans pour les câbles, de 15 ans pour les équipements actifs. D'autres aspects rendent aussi le coût difficile à minimaliser sur une période, si l'on songe, par exemple, aux coûts des investissements, à la quantité et au coût de la main-d'œuvre disponible, ainsi qu'à l'urgence des nouveaux raccordements à installer.

Tous ces paramètres varient avec le temps et il est difficile de prévoir si les éléments de réseau seront remplacés à la fin de la durée de vie opérationnelle prévue, avant ou après. Ces facteurs se traduisent finalement en termes de coûts. Le coût d'un réseau, incluant son évolution sur une période donnée, est ainsi le paramètre à optimiser. Mais on voit que la minimalisation du coût est complexe et que beaucoup d'inconnues sont en jeu.

## 44 Exploitation

C'est un aspect qui prend de plus en plus d'importance, car il influence toujours plus le coût des services. Les outils de gestion des systèmes de transmission peuvent très sensiblement améliorer les performances et diminuer les coûts d'exploitation. Les possibilités informatiques peuvent être utilisées pour la gestion des systèmes de transmission. Elles permettent un meilleur contrôle du réseau ainsi que des modifications rapides et à distance de sa configuration (par exemple, mise en service à distance d'une ligne d'abonné). De plus des fonctions de contrôle du réseau peuvent être automatisées.

C'est aussi grâce à un outil de gestion performant qu'un dérangement reste sans conséquence pour les abonnés et qu'un système peut être réparé facilement. Par exemple la commutation automatique d'une carte de ligne d'abonné défectueuse sur une carte de secours augmente sensiblement la disponibilité du système.

Ainsi une gestion efficace et des équipements fiables sont nécessaires pour réduire les interventions humaines et augmenter la qualité et les performances du système.

## 45 Impératifs d'évolution des réseaux

Il y a lieu d'optimiser l'évolution du réseau en tenant compte de la modification des besoins. Il faut donc procéder à une optimisation dynamique. Vu les coûts actuels élevés de la main-d'œuvre, il faut limiter le nombre d'interventions humaines et leur durée. La solution réside dans des systèmes faciles à mettre en œuvre et qui permettent de couvrir tout ou partie des besoins futurs

grâce à une capacité suffisante et une gestion du réseau efficace. Cela justifierait même aujourd'hui un investissement supplémentaire, si à terme une économie était réalisée.

Cependant, d'un autre côté, on ne peut pas trop investir car les besoins à trop long terme ne sont pas prévisibles avec suffisamment de précision. On voit donc que la solution optimale (réseau de moindre coût) est dans un compromis entre le niveau d'investissement et la fréquence des modifications du réseau pour son évolution.

#### 46 Critères pour le choix d'une solution pour le réseau de distribution

Un système installé dans le réseau de distribution en fixe les possibilités d'évolution pour le futur. C'est pourquoi le choix de ce système est si important. La durée de vie des équipements étant un paramètre essentiel, il peut être intéressant d'en tenir compte pour la période d'évaluation des stratégies. Il faut cependant comparer encore les différentes situations qui peuvent résulter de l'utilisation de l'un ou l'autre système à la fin de cette période.

Etant donné la complexité de ces évaluations économiques, on les abandonne et on les remplace par la prise en compte de paramètres qui permettent une comparaison qualitative. On voit qu'en fait il faut favoriser les solutions initiales qui :

- minimisent l'investissement pour une configuration donnée
- s'intègrent de façon optimale dans le réseau
- offrent une grande souplesse d'évolution (minimisent les interventions humaines, correspondent à l'évolution des besoins en services, etc.)
- sont performantes (disponibilité, capacité, facilité pour l'exploitation et la maintenance, etc.).

Cette analyse doit évidemment être faite dans un environnement stratégique tenant compte :

- des services fournis et des planifications des besoins
- du financement des investissements, etc.

### 5 Futurs systèmes de transmission du réseau de distribution

Les transports des services de télécommunications et de la CATV devront être effectués à court terme avec des équipements séparés.

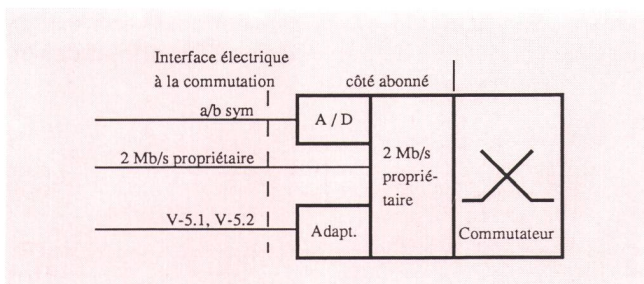


Fig. 3 Interfaces disponibles à un équipement de commutation IFS côté abonnés

Ce sont les systèmes de transmission pour les télécommunications qui nous intéressent ici car ils posent les exigences les plus élevées pour la configuration du réseau et les différences de coûts qui en résultent sont relativement élevées. La transmission du service CATV pourra naturellement être installée en parallèle en utilisant, par exemple, un multiplexage optique.

#### 51 Interfaces dans le réseau de distribution

##### 511 Interfaces disponibles à l'équipement de commutation de l'abonné

On trouve aujourd'hui différentes solutions d'interfaçage avec un équipement de commutation d'abonné pour un raccordement téléphonique: la paire a/b symétrique analogique et l'interface à 2 Mbit/s propriétaire. Dans le futur, des interfaces à 2 Mbit/s normalisées (V5.1 et V5.2) pourront aussi être utilisées. La figure 3 montre les différentes possibilités d'interfaces et les adaptateurs nécessaires.

##### Interface analogique a/b symétrique

Cette interface est celle utilisée dans les anciens équipements de commutation analogiques. Son application pour la connexion d'équipements de transmission dans le réseau de distribution à des commutateurs numériques n'est pas souhaitable, vu que cela exige une double conversion A/N qui dégrade la qualité et augmente les coûts.

##### Interface à 2 Mbit/s propriétaire

Elle permet d'éliminer la double conversion A/N mais exige l'utilisation d'un équipement du même fournisseur que celui de l'équipement de commutation. Cela diminue la liberté dans le choix d'un système de transmission pour un réseau de distribution donné et/ou pour son extension future.

##### Interface à 2 Mbit/s normalisée

En fait deux interfaces sont prévues: l'interface V5.1 et l'interface V5.2. L'interface V5.1 est une interface à 2 Mbit/s qui permet la connexion de systèmes de transmission pour la téléphonie et le RNIS (accès de base), en incluant la signalisation, à des équipements de commutation numériques. Elle permet aussi le multiplexage sur un même système de transmission de plusieurs abonnés, ainsi que le transport de fonctions de gestion et de contrôle des lignes d'abonnés.

L'interface V5.2 offrira les mêmes possibilités que le type V5.1 plus l'accès primaire RNIS et des possibilités de concentration de trafic.

##### 512 Interfaces chez l'abonné

Seules les interfaces correspondant aux services support sont considérées ici.

Chez les petits et moyens abonnés elles sont les suivantes:

- a/b symétrique analogique sur paire de cuivre
- interface PDH (64 kbit/s, éventuellement à 2 Mbit/s)

- interfaces de transmission numériques (série V, X25)
- interface de la CATV avec codage PAL pour la distribution des programmes TV.

Chez les gros abonnés elles sont les suivantes:

- PDH G.703 de 2 Mbit/s à 140 Mbit/s
- Megacom
- Télépac (X.25)
- accès de base (AB-RNIS) ou accès primaire (AP-RNIS).

### 513 Interfaces de transmission

On trouve ou on trouvera en principe les interfaces de transmission suivantes dans le réseau de distribution (interfaces U):

- des interfaces analogiques a/b symétrique
- PDH (64 kbit/s à 140 Mbit/s)
- SDH (STM1 à STM16)
- des interfaces propriétaires
- l'interface U de l'accès de base RNIS sur paires de cuivre.

## 52 Systèmes de transmission à base de fibres optiques

En principe seuls les systèmes pour les petits à moyens abonnés sont considérés ici. Les gros abonnés nécessitent souvent des solutions spécifiques. Il faut cependant remarquer que des solutions présentées peuvent aussi répondre à leurs besoins (voir paragraphe 542 en particulier).

### 521 Nœuds du réseau

Les nœuds du réseau correspondent aux embranchements du réseau dont la structure des câbles et canalisations est en arbre. Ces nœuds sont particulièrement concernés ici car les nœuds des systèmes proposés (embranchements, ou points de multiplexage) doivent correspondre en principe avec les nœuds du réseau.

### 522 Capacité

La capacité considérée correspond à la quantité d'information à destination ou en provenance des abonnés supportée par le système de transmission. On parle aussi de la capacité de transmission d'une ligne qui est alors la quantité d'information susceptible d'être transportée par cette ligne.

### 523 Multiplexage

On rencontre deux types de multiplexage dans ces systèmes, vu que la structure du réseau de distribution est en arbre. On peut diviser les fonctions de multiplexage en deux groupes. Cela ne se justifie cependant que du point de vue de l'opérateur de réseau. C'est pour cela qu'on ne considère que le réseau de distribution incluant l'équipement actif de l'abonné qui se charge des communications avec le réseau, tous les autres équipements dans le réseau mais pas chez l'abonné, et les équipements de transmission au central local (côté abonnés).

Ces deux groupes de fonctions de multiplexage sont le multiplexage topologique et le multiplexage de capacité.

Le *multiplexage topologique* a pour fonction de regrouper des lignes d'abonnés sur un nœud du réseau. Cette fonction ne limite pas la capacité de transmission d'une ligne d'abonné par rapport à la capacité de transmission entre ce nœud de multiplexage et le central local. Elle ne fait que donner à plusieurs points en même temps une possibilité de raccordement sur une unité de transmission commune avec le central local.

Le *multiplexage de capacité*, au contraire, a pour fonction de regrouper la transmission de plusieurs entrées (de faible capacité) côté abonnés d'un nœud du réseau pour n'avoir qu'une seule sortie (côté réseau) de capacité plus grande.

Ces deux types de multiplexage peuvent être utilisés seuls ou combinés. Le multiplexage topologique ne sera utilisé seul que dans l'UA1 avec un système à base de PON (voir paragraphe 532). Le multiplexage de capacité seul ne sera appliqué que dans les terminaisons de réseau de distribution chez les abonnés. Sa fonction est alors de partager les équipements de transmission entre plusieurs terminaux d'abonné (voir paragraphe 532, systèmes FTTH et FTTO).

Dans tous les autres cas ces deux types de multiplexage seront combinés (voir paragraphes 531, 532, 542). Les systèmes qui seront présentés comportent tous au moins un multiplexage topologique. L'absence de ce type de multiplexage amène à des systèmes de transmission point à point, sur paires de cuivre (tel que cela est le cas) ou sur fibres optiques (reconnus comme étant trop coûteux pour la plupart des applications pour les petits et moyens abonnés).

## 53 Systèmes de transmission à bas degré de multiplexage

Un bas degré de multiplexage implique un faible degré de multiplexage de capacité et surtout un faible degré de multiplexage topologique. Un tel système couvrira donc les besoins d'une zone de faible à moyenne étendue (immeuble locatif ou très petit quartier).

### 531 Les FMUX

Les FMUX sont des équipements de multiplexage d'abonnés avec des accès de différents types (de capacité de transmission supérieure à 2 Mbit/s) côté abonnés et communiquant avec le central à l'aide d'une transmission PDH (fig. 4). Ils peuvent aussi être exploités avec un système de transmission SDH offrant des in-

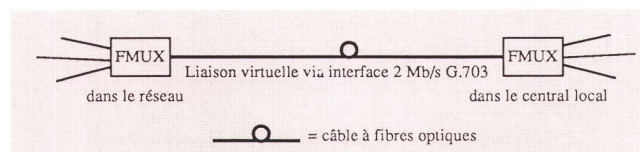


Fig. 4 Raccordement d'abonnés par un système FMUX  
Les équipements de transmission sont généralement inclus dans le FMUX

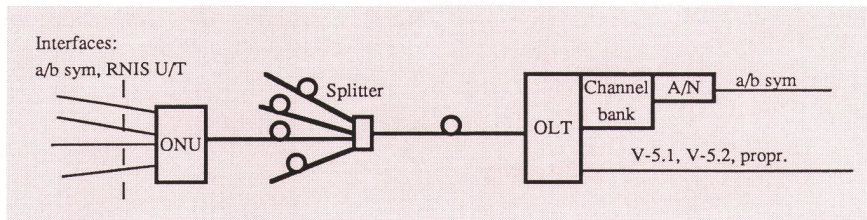


Fig. 5 Configuration d'un système à base de PON

terfaces à 2 Mbit/s selon G.703. Leur utilisation donne une structure du réseau de distribution de type double/triple étoile active. Remarquons encore que certains FMUX possèdent une fonction de brasseur qui leur procure une grande flexibilité dans l'allocation de la capacité aux abonnés. La capacité de ces FMUX est relativement faible et varie généralement entre 30 et 60 raccordements téléphoniques ordinaires (POTS).

Des FMUX peuvent aussi être reliés à l'équipement de commutation par une interface à 2 Mbit/s propriétaire ou normalisée. Dans ce cas on n'aurait plus de FMUX dans le central local, mais à la place un équipement plus simple de type LT adaptant l'interface de transmission à l'interface à 2 Mbit/s de cet équipement de commutation numérique.

Comme la transmission optique point à point est techniquement peu contraignante sur les courtes distances du réseau de distribution, l'évolution à partir d'une telle solution initiale est très facile si l'on conserve le même nœud du réseau pour l'installation des équipements actifs. On peut, par exemple, installer un système de transmission point à point complémentaire avec un multiplexeur optique sur les mêmes fibres. Il est également possible de remplacer facilement les équipements actifs par d'autres dispositifs plus performants.

Vu la structure topologique des canalisations et des câbles en arbre il est plus compliqué de rapprocher les équipements actifs des abonnés en partant d'une telle solution.

## 532 Systèmes à base du réseau optique passif

### Réseau optique passif

Devant les coûts des systèmes de transmission optique, et plus particulièrement de l'optoélectronique, des architectures de réseaux optiques passifs (PON) ont été proposées. Elles permettent de diminuer le nombre des éléments optoélectroniques tout en conservant les avantages de l'optique.

On donne le nom de PON (Passive Optical Network, réseau optique passif) aux réseaux optiques dont l'accès à la fibre d'un câble principal est partagé entre plusieurs terminaux appelés ONU (Optical Network Unit, unité du réseau optique). Un composant optique passif (splitter, composant WDM) distribue l'accès à la fibre principale.

Le splitter répartit ou combine des signaux optiques en provenance de plusieurs fibres (d'un côté) sur une ou plusieurs fibres (de l'autre côté). La combinaison est transparente pour les signaux optiques, sauf pour l'atténuation qui en résulte.

Le composant WDM a la même fonction que le splitter sauf qu'il sélectionne ou combine *une* longueur d'onde par fibre optique.

Les systèmes basés sur ces architectures optiques sont décrits dans la *figure 5*. Cette architecture optique a des conséquences importantes:

- Elle permet, en profitant de la largeur de bande optique utilisable, de diminuer la quantité de fibres à installer dans le réseau (particulièrement au niveau du câble principal), d'où une économie des investissements dans les câbles.
- Elle autorise des distances allant en principe jusqu'à une dizaine de kilomètres au maximum.
- Elle impose un protocole de transmission du type «transmission sur bus» (lorsqu'on utilise un splitter, et non pas un composant WDM, pour le partage de l'accès à la fibre) avec des contraintes liées au temps de propagation des impulsions lumineuses différent pour chaque unité du réseau ONU (protocole de transmission plus compliqué que pour un FMUX).
- Elle donne au réseau de distribution une architecture (entre les terminaisons de réseau et le central local) triple étoile passive et active (FTTC, FTTB), double/triple étoile passive (FTTH, FTTO) ou éventuellement bus et étoiles (FTTC) tel que cela ressort des paragraphes suivants. Cette architecture a des contraintes optiques plus sévères que celle nécessaire à une transmission point à point.
- Elle offre des possibilités d'évolution du réseau intéressantes pour le futur.
- La transmission descendante est généralement bien séparée de la transmission ascendante soit par multiplexage WDM, soit en utilisant un PON pour la transmission dans chaque direction.
- Le raccordement au central souhaitable est naturellement celui basé sur une interface à 2 Mbit/s (si possible normalisée), car ainsi on évite les conversions A/N aux implications coûteuses.

Comme l'illustre la *figure 6*, ces systèmes permettent en général d'installer des FTTC/B/H/O en même temps sur le même PON, c'est-à-dire qu'ils partagent la même terminaison de ligne optique (OLT) et la(les) même(s) fibre(s) principale(s).

L'adaptation évolutive d'un système basé sur un PON peut être réalisée de différentes façons. On peut par exemple rapprocher les ONU des abonnés. La structure du réseau de distribution en arbre entraîne également une augmentation du nombre de ces ONU qui ont alors une capacité plus faible mais peuvent continuer à se partager la même fibre principale (jusqu'à une certaine limite qui est d'environ 32 ONU par fibre principale). On peut partager l'utilisation d'un PON à base de splitters



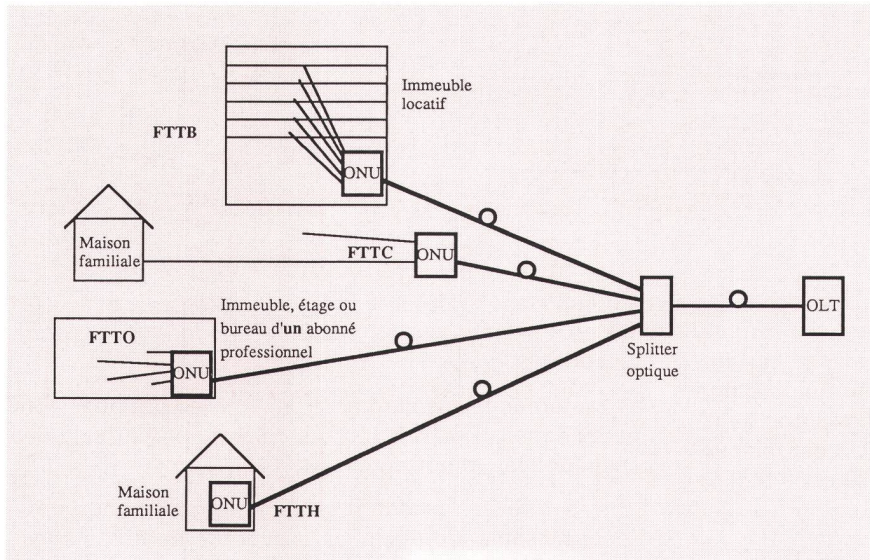


Fig. 6 Système de transmission basé sur un PON  
Il peut avoir simultanément des ONU du type FTTC, FTTH, FTTB et FTTO

avec d'autres systèmes de transmission point à multi-point à l'aide d'un multiplexeur optique (par exemple «téléphone et RNIS» avec CATV). Il faut cependant prévoir des protections optiques (filtres) pour chaque ONU de façon à éviter les perturbations lors de l'addition de signaux optiques sur le PON, en provenance du central, surtout.

*Systèmes FTTC (Fiber to the Curb) et FTTB (Fiber to the Building)*

Il s'agit des systèmes basés sur un PON dont l'équipement de multiplexage côté abonnés est situé dans la rue ou dans un bâtiment public qui n'est pas celui de l'abonné (FTTC), ou alors dans le bâtiment commun à plusieurs abonnés (FTTB). Ils constitueront les systèmes de première génération, car c'est avec ces configurations que le partage de la capacité est le plus efficace et que les coûts sont les moindres, surtout si les ONU sont installés à l'abri (FTTB, ou FTTC avec ONU à l'intérieur de bâtiments publics).

La capacité de ces systèmes de transmission (capacité de l'OLT) varie généralement entre 200 et 480 abonnés, voire plus.

Lorsqu'on considère la structure des canalisations terminales vers les abonnés et les capacités des multiplexeurs terminaux, on voit que la topologie est en principe multiétoile pour les quartiers d'immeubles locatifs, mais peut être ramenée quelque fois à une structure de type bus/étoile pour les quartiers résidentiels de maisons familiales. Dans ce cas, des architectures optiques adaptées, correspondant à cette structure de réseau, sont possibles (fig. 7).

*Systèmes FTTH (Fiber to the Home) et FTTO (Fiber to the Office)*

A la base ce sont des systèmes identiques aux FTTC et FTTB dans une configuration multiétoile, mais chaque abonné possède son propre ONU qui a alors un nombre d'accès plus faible. Cela permet d'avoir une division de la fibre optique plus importante pour une capacité totale identique du système de transmission. Dans le cas du

FTTO, l'ONU a néanmoins une capacité plus grande que dans le cas du FTTH.

**54 Systèmes de transmission à haut degré de multiplexage**

**541 Systèmes avec concentration de trafic**

Ce sont des systèmes qui reposent sur l'hypothèse que tous les abonnés raccordés à un terminal n'utilisent pas leur ligne simultanément. On a alors une transmission point à point de capacité plus faible entre le concentrateur et le central que la capacité totale des lignes d'abonnés raccordées au concentrateur. On économise ainsi de la capacité de transmission entre le concentrateur et le central local. Cependant l'inconvénient réside dans une diminution de la disponibilité du système et dans l'utilisation d'une interface propriétaire. Ces équipements, appelés AKI, incluent des fonctions de commutation. L'interface de ces AKI côté réseau est basée

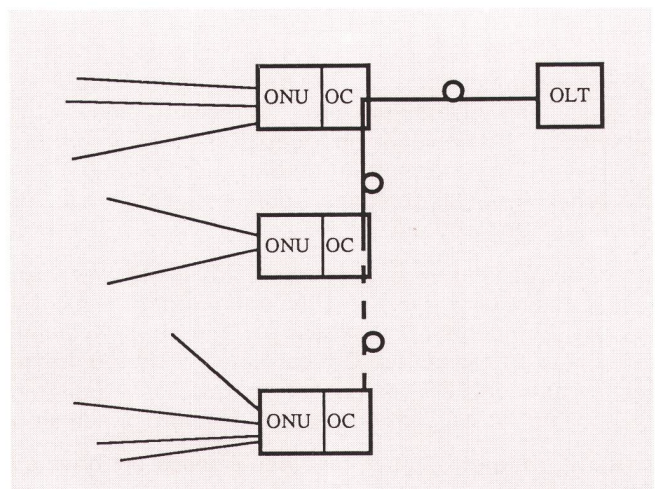


Fig. 7 Configuration PON bus/étoile  
L'adaptation à une telle architecture des canalisations est possible avec des coupleurs optiques spéciaux

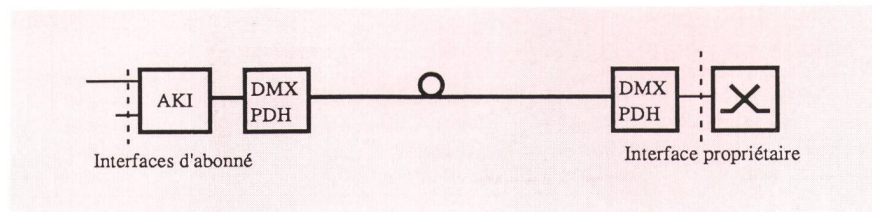


Fig. 8 Connexion d'une AKI au central local par le biais d'une interface à 2 Mbit/s G.703

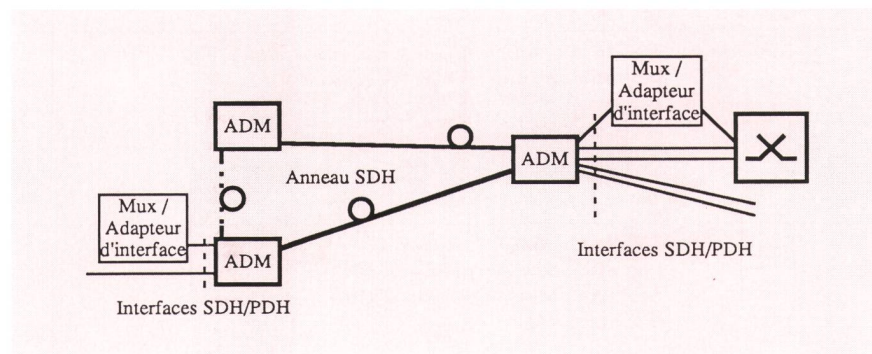


Fig. 9 Configurations prévues pour la SDH

Elles sont utilisables dans le réseau d'accès, en particulier la configuration en anneau qui offre une disponibilité accrue

sur la PDH (2 Mbit/s propriétaire selon la norme G.703). La transmission vers le central se fait par un système PDH, mais pourrait éventuellement aussi être réalisée par la SDH (fig. 8) qui fournirait l'interface PDH G.703.

### 542 Hiérarchie numérique synchrone

La hiérarchie numérique synchrone (SDH) occupe un rang un peu particulier puisqu'elle ne donne pas directement accès à l'interface téléphonique ou même à un accès de base RNIS. Les seules interfaces supportées par la SDH sont les interfaces SDH et PDH. Cette technologie doit donc être utilisée en combinaison avec un FMUX (fig. 9) ou un autre système donnant accès aux services support comme le POTS ou le RNIS. Elle a néanmoins un rôle très important à jouer dans le réseau de distribution grâce au niveau de multiplexage qu'elle permet. Avec ses débits très élevés, elle apporte en effet une grande économie de câbles et de fibres optiques. Les équipements de transmission sont cependant relativement coûteux.

Ces considérations montrent que la SDH est particulièrement intéressante pour raccorder un nombre suffisamment important d'abonnés situés à une distance suffisante (pour amortir le coût du multiplexage et pour réaliser une économie significative sur les fibres et donc les câbles, le cas échéant sur les canalisations).

On voit que l'intérêt de la SDH augmente en même temps que le nombre d'abonnés ( $n$ ) et leur éloignement du central ( $d$ ), un des deux paramètres pouvant compenser l'autre. En première approximation on peut admettre que l'intérêt de la SDH augmente avec le produit  $n \times d$ . On a donc avec ce produit de la distance et du nombre de raccordements une indication de l'intérêt d'utiliser la SDH pour un nœud donné du réseau. On peut fixer une valeur limite  $p$  telle que pour  $n \times d$  supérieur à  $p$  (fig. 10), la SDH est utilisée, et que pour  $n \times d$  inférieur à  $p$  elle n'est pas installée. On a alors un critère de décision.

En fait ce critère n'est pas seulement applicable pour la SDH mais pourrait aussi être retenu pour tous les autres multiplexages/concentrations (par exemple, pour les FMUX, les PON, voire même pour l'installation d'un central de commutation). Il est clair que la valeur à considérer pour la constante  $p$  varie selon le type de multiplexage.

Les équipements SDH occupent un volume assez important et les conditions de locaux pour l'installation de ces équipements sont à prendre en compte. Leur considération implique la transformation de la courbe  $n \times d = cte$  en une bande à l'intérieur de laquelle les conditions locales sont déterminantes. Ces conditions se révèlent en fait beaucoup plus importantes que le critère  $p$  dans les cas de faibles taux de multiplexage, par exemple pour les PON ou les FMUX. C'est pourquoi pour ces derniers il est inutile d'avoir recours à la valeur de  $p$ , car ce critère est insignifiant.

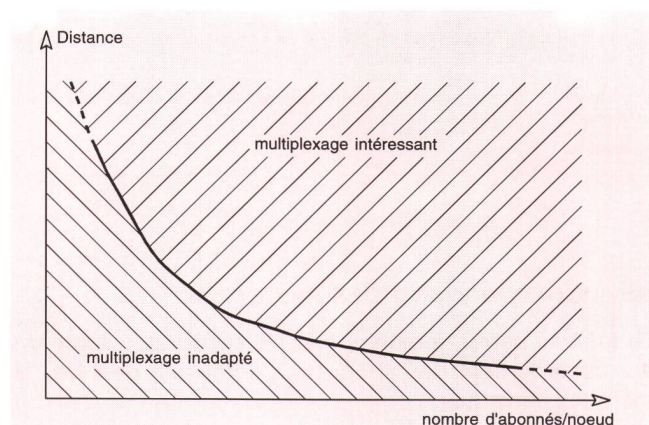


Fig. 10 Fonction  $n \times d = p$  de subdivision du réseau d'accès en deux parties

La surface supérieure correspond au domaine du réseau d'accès qui est bien adapté à l'utilisation d'une UA0 à base de SDH. La surface inférieure est mal adaptée à une telle solution (trop faible concentration d'abonnés trop peu éloignés du central)

Tableau: Comparaison des systèmes utilisables dans le réseau local dans leur configuration optimale

|          | Applications  | Quantité de fibres utilisée | Niveau de multiplexage | Potentiel d'évolution | Pour rajouter la CATV après installation pour les abonnés                              | Types d'interfaces télécoms disponibles pour les abonnés | Intérêt opérationnel | Ouverture du système (standardisation) |
|----------|---|-----------------------------|------------------------|-----------------------|--|--|----------------------|--|
| FTTC     | Villas individuelles  | Très faible                 | Moyen                  | Bon                   | Assez facile, problème de câble entre l'ONU et les abonnés                             | a/b sym Cu, AB-RNIS, PA-RNIS, G.703 ≤ 2 Mb/s             | Faible               | Faible                                 |
| FTTB     | Immeubles résid., immeubles communs à des petits et moyens abonnés prof.      | Très faible                 | Moyen                  | Très bon              | Très facile, peu de problème de câble  | a/b sym Cu, AB-RNIS, PA-RNIS, G.703 ≤ 2 Mb/s             | Très grand           | Faible                                 |
| FTTO     | Immeubles ou bureau d'un abonné professionnel moyen                           | Faible                      | Moyen                  | Très bon              | Très facile mais peu efficace si seul une partie des ab. le désire                     | a/b sym Cu, AB-RNIS, PA-RNIS, G.703 ≤ 2 Mb/s             | Grand                | Faible                                 |
| FTTH     | Villa individuelle  | Moyenne                     | Moyen                  | Très bon              | Très facile, dépend en fait de la configuration de l'ONU                               | a/b sym Cu, AB-RNIS, PA-RNIS, G.703 ≤ 2 Mb/s             | Très grand           | Faible                                 |
| Ring SDH | Quartiers à haute à très haute densité d'ab., immeubles de gros abonnés prof. | Très faible                 | Très haut              | Très bon              | Possible, dépend de la réserve de fibres, problème de câble entre l'ONU et les abonnés | G.703 ≤ 2Mb/s, STM1, STM4                                | Très grand           | Elevée                                 |
| AKI      | Quartiers à très haute densité d'abonnés                                      | Très faible                 | Haut                   | Bon                   | Assez facile, problème de câble entre l'ONU et les abonnés                             | a/b sym Cu, AB-RNIS, PA-RNIS                             | Moyen                | Très faible                            |
| FMUX     | Immeubles résid. de moyenne importance, abonné prof. moyen à gros             | Haut                        | Bas                    | Excellent             | Très facile, peu de problème de câble  | a/b sym Cu, AB-RNIS, G.703 → 128 kb/s                    | Grand                | Très faible                            |

Toutes les sous-couches de la transmission (fig. 2) ont été prises en considération.

La quantité de fibre utilisée par système est estimée de façon très grossière et sans tenir compte de réserve.

Les câbles en cuivre sont considérés comme peu évolutifs, surtout s'ils sont longs.

L'adjonction de la CATV a été estimée grossièrement en tenant compte du raccordement jusqu'à l'abonné à partir d'une solution de raccordement pour les services de télécommunication uniquement.

L'intérêt opérationnel inclut la maintenance et les problèmes d'alimentation.

L'ouverture du système exprime la standardisation des interfaces de raccordement au central ou chez les abonnés, ainsi que celle de l'interface de transmission.

## 55 Comparaison des systèmes

Le tableau permet de comparer les différentes solutions de raccordement des abonnés. On peut en tirer les remarques suivantes:

- La SDH offre la plus grosse capacité de transmission.
- La SDH n'offre pas d'autres interfaces que PDH supérieur à 2 Mbit/s (donc pas d'accès téléphonique, pas d'accès de base RNIS).
- Il existe différentes configurations de systèmes PON, chacune adaptée à une situation particulière (FTTH,

FTTO, FTTB, FTTC), dont les conséquences économiques et opérationnelles sont différentes. Ces rapports entre les différents systèmes peuvent varier en fonction du temps.

- Les systèmes à base de PON sont très souples à l'utilisation (combinaison de FTTC/B/H/O), surtout dans un contexte d'évolution si on veut aussi rapprocher la fibre optique de l'abonné (extension de services par multiplexage WDM et passage de FTTC à FTTH/O, par exemple).
- Les AKI ne sont pas des systèmes ouverts (interfaces propriétaires).

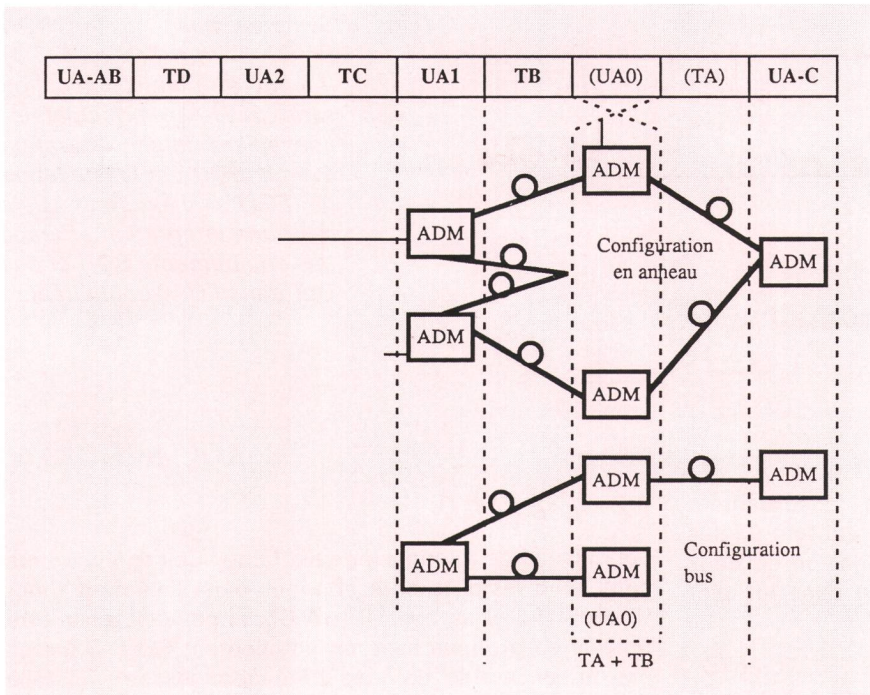


Fig. 11 Configuration SDH en anneau

Une telle configuration pourrait inclure en même temps des UA0 et des UA1. La configuration de référence fonctionnelle du réseau doit être légèrement adaptée pour une telle structure

- Les AKI diminuent la disponibilité des services (conséquence directe de la concentration du trafic) et offrent moins de services.
- L'installation d'équipements (surtout partagés) dans le réseau (surtout à l'extérieur) entraîne des coûts opérationnels assez élevés comparativement à des équipements passifs (sans électronique).

En outre:

- La SDH offre une grande disponibilité à cause de la protection du routage «protection routing», bien que cette protection puisse aussi être partiellement offerte avec des PON (re-routage manuel et seulement sur une partie du réseau).
- L'intérêt de la SDH augmente avec l'accroissement de la valeur  $n \times d$ , mais en même temps les conditions de locaux doivent être prises en considération.

Ces remarques permettent déjà de faire des sélections pour des stratégies d'évolution du réseau.

## 56 Configurations de référence du réseau de distribution

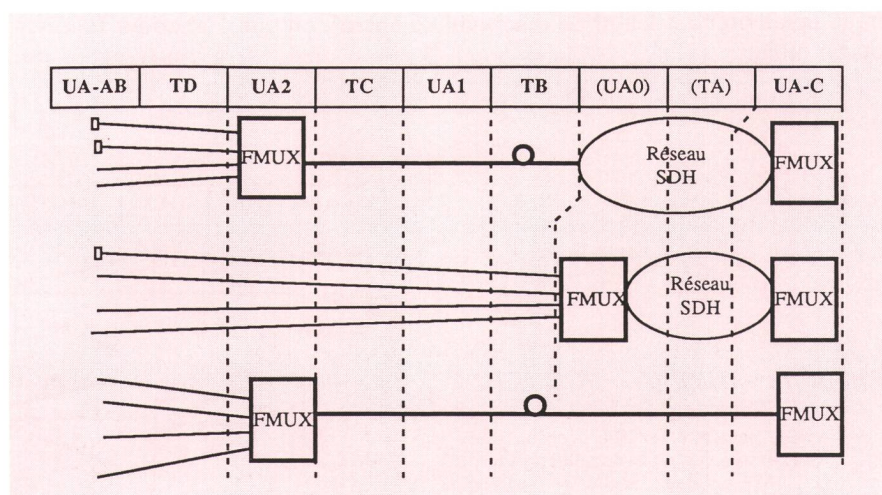
Tous les systèmes décrits ci-dessus pour le réseau de distribution peuvent être intégrés dans la configuration de référence fonctionnelle de la couche physique telle qu'elle est représentée dans la figure 11 et suivantes. Les parenthèses indiquent le caractère optionnel des éléments fonctionnels.

Les éléments UA0, UA1 et UA2 indiquent différents niveaux de multiplexage ascendant/descendant. Les éléments UA-AB et UA-C indiquent respectivement les équipements chez l'abonné et au central. Les éléments TA, TB, TC et TD correspondent à la fonction de transport du signal sur les différents tronçons reliant les éléments fonctionnels de multiplexage. Ils correspondent aux câbles à paires de cuivre ou à fibres optiques.

Cette configuration de référence permet de faire une description logique, basée sur des considérations fonc-

Fig. 12 Connexion de FMUX au central avec un système de transmission PDH ou SDH

L'intérêt de l'utilisation de la SDH réside dans le fait que le FMUX côté central peut être installé dans le central local



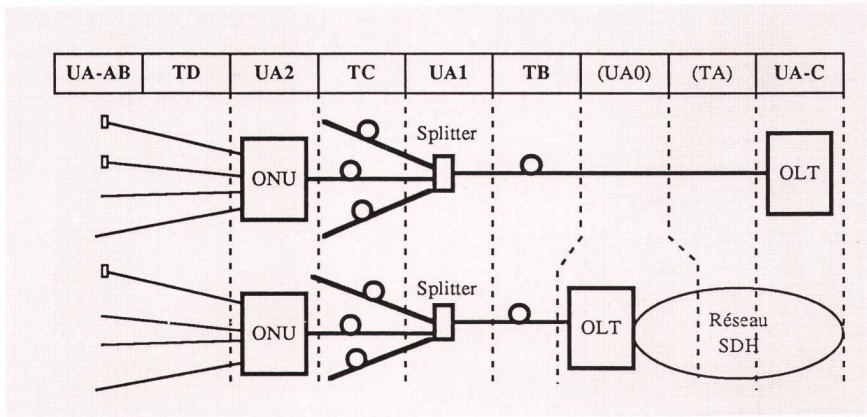


Fig. 13 Système basé sur un PON (FTTC, FTTB, FTTH ou FTTO) Il peut être utilisé avec ou sans SDH. Le principal inconvénient de son utilisation avec la SDH est l'installation de l'OLT à l'extérieur. Cela rend une intégration efficace des équipements SDH et des OLT dans l'UA0 souhaitable

tionnelles, de différentes solutions de raccordement d'abonnés dans le réseau de distribution utilisant un des systèmes ou éventuellement une combinaison de deux systèmes. Ainsi on trouvera en principe dans les éléments fonctionnels:

- du cuivre ou de la fibre optique dans TA, TB, TC et TD
- un ONU ou une simple prise téléphonique pour l'UA-AB
- un multiplexeur électrique de bas niveau (faible capacité de raccordement), un petit splitter optique ou rien pour l'UA2
- un multiplexeur de moyenne capacité, un concentrateur, un splitter optique ou rien pour l'UA1
- un multiplexeur de haut niveau (grande capacité), un concentrateur de haut niveau ou rien pour l'UA0.

Rien ne signifie que l'élément fonctionnel est simplement une connexion entre les deux fonctions de transmission qui l'entourent.

## 6 Exemples d'utilisation de ces futurs équipements de transmission

### 61 La SDH

Un équipement SDH peut permettre un multiplexage de capacité moyenne à très forte. Sa correspondance avec la configuration de référence est montrée dans la figure 11. Il devrait être utilisé pour la connexion de l'UA0, éventuellement aussi de l'UA1 avec le central local (UA-C). La structure d'un réseau SDH peut être en anneau (avec un coefficient de disponibilité accru), en bus ou en étoile.

### 62 Les FMUX

Leur niveau de multiplexage est faible. Ces équipements sont donc installés côté abonnés dans l'élément fonctionnel UA2 et au central (UA-C). Ils peuvent aussi être utilisés en groupes avec un équipement SDH. Dans ce cas un ensemble d'unités côté abonnés sera installé dans l'UA0, où chaque unité équipera individuellement une UA2 avec une connexion point-point PDH jusqu'à l'UA0 (fig. 12).

### 63 Les systèmes PON

Le niveau de multiplexage se situe ici entre celui de la SDH et celui des FMUX. La particularité des systèmes PON est de posséder deux niveaux de multiplexage en série: le «multiplexage topologique» et le «multiplexage topologique et de capacité de transmission». Le premier niveau de multiplexage (topologique) est réalisé par le splitter qui est installé dans l'UA1 et éventuellement aussi dans l'UA2 (seulement pour les FTTH/O). Le deuxième niveau de multiplexage (topologique et de capacité) est réalisé par des multiplexeurs actifs installés dans les UA2 (comme pour les FMUX). Cette répartition du multiplexage est mieux séparée pour les solutions FTTH/O car, en principe, le multiplexage topologique est réalisé à l'aide de splitters dans le réseau, alors que le multiplexage de capacité est réalisé dans les multiplexeurs actifs des UA-AB.

Voyons tout d'abord l'intégration des FTTC et FTTB au modèle fonctionnel. L'OLT réalise la fonction UA-C (ou d'une partie de l'UA0 si ce système est utilisé avec la

Fig. 14 Installation d'un PON FTTO/FTT

Elle peut être réalisée avec ou sans SDH avec un point de splitting (dans l'UA1) ou deux points de splitting (dans l'UA1 et l'UA2)

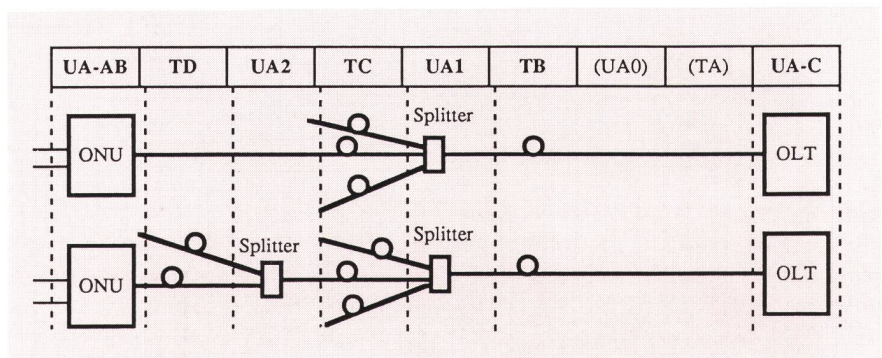
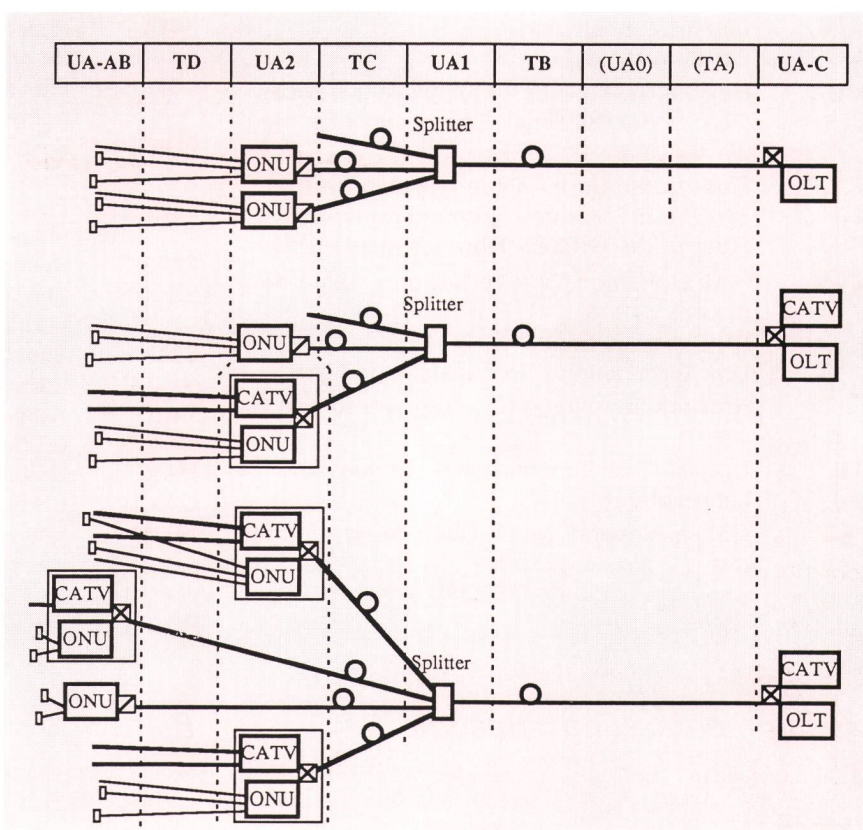


Fig. 15 Exemple d'évolution d'un système à base de PON

Dans une première phase (a) un système FTTB ou FTTC n'offrant que des services de télécommunications à bande étroite est installé. Plus tard on peut introduire, par exemple, un service CATV (b) dont la transmission est multiplexée optiquement avec les services de télécommunications sur le PON. Si plus tard encore, il faut raccorder par exemple des villas neuves ou des bureaux, on peut passer à la troisième phase (c) qui consiste à installer de nouveaux ONU directement chez ces abonnés (FTTH ou FTTO) avec ou sans service CATV

- ▣ = filtre optique
- ⊠ = coupleur WDM
- = paire a/b sym. cuivre avec prise d'abonné
- = liaison par fibre optique



SDH). Le splitter correspond à la fonction de l'UA1 et l'ONU à celle de l'UA2 (fig. 13).

L'intégration des FTTO et FTTH au modèle est presque identique. Seuls changent les ONU qui remplissent la fonction de UA-AB et éventuellement le splitter qui peut comporter deux étages: un premier comme UA1 et un second comme UA2 (fig. 14).

Les systèmes à base de PON et de SDH, utilisés ensemble ou séparément, semblent être les systèmes les plus intéressants pour le raccordement futur des petits et moyens abonnés résidentiels ou professionnels. De plus, comme le montre la figure 15, l'évolution du système est relativement aisée et souple pour le raccordement de nouveaux abonnés, pour la fourniture de nouveaux services (comme la CATV, par exemple) ou simplement pour profiter des nouvelles solutions lors des extensions, par exemple le passage d'un FTTC à un FTTH.

## 7 Conclusion

Une comparaison de solutions de raccordement d'abonné a été présentée après une proposition de bases fonctionnelles pour le réseau de distribution. L'aspect économique au sens large est le paramètre le plus important, mais en même temps le paramètre le plus difficile à estimer, étant donné le nombre de facteurs qui l'influencent. Une étape suivante consisterait en une analyse économique précise permettant de comparer différentes solutions (stratégies d'évolution considérées pour une période donnée) en tenant compte des paramètres identifiés ici.

Parmi les systèmes qui ont été présentés, on peut déjà faire une présélection qualitative. L'utilisation de ces systèmes dépend en effet fortement des conditions locales et cette première étude comparative permet déjà de limiter les configurations, ou les stratégies d'évolution, dont il faudrait une évaluation détaillée de l'impact économique.

On se rend facilement compte que l'efficacité d'une telle étude économique comme étape suivante serait plus grande si elle était liée de façon claire aux stratégies d'évolution des services à long terme.

## Bibliographie

- [1] ETSI TM/TR 002. Use of single mode fibre in the access network.
- [2] Bellcore TR-NWT-000909, Generic requirements and objectives for Fiber in the Loop Systems.
- [3] CCITT, livres bleus.
- [4] British Telecom Technology Journal, Vol. 7, N° 2.
- [5] Glasfaser bis zum Haus, Gerd Tenzer, DBP Telekom.

## Abréviations

- AB-RNIS Accès de base RNIS
- AKI Abgesetzter Konzentrador IFS – Unité de concentration numérique décentralisée
- AP-RNIS Accès primaire RNIS
- ATM Asynchronous Transfer Mode – Mode de transmission asynchrone
- B-UNI Broadband User Network Interface – Interface du réseau d'utilisateurs à large bande

|         |   |       |   |
|---------|---|-------|---|
| CATV    | Cable TV – Télé-réseau                                  | PAL   | Phase Alternation Line – Ligne à alternance de phase                            |
| FAX G3  | Fax du groupe 3   | PDH   | Plesiochronous Digital Hierarchy – Hiérarchie numérique plésiosynchrone         |
| FMUX    | Flexible Multiplexer – Multiplexeur flexible            | PON   | Passive Optical Network – Réseau optique passif                                 |
| FTTB    | Fiber to the Building – Fibre jusqu'à l'immeuble        | POTS  | Plain Old Telefon Service – Service téléphonique ordinaire                      |
| FTTC    | Fiber to the Curb – Fibre jusqu'au trottoir             | RNIS  | Réseau numérique à intégration de services                                      |
| FTTH    | Fiber to the Home – Fibre «tout ménage»                 | SDH   | Synchronous Digital Hierarchy – Hiérarchie numérique synchrone                  |
| FTTO    | Fiber to the Office – Fibre jusqu'au bureau             | STM   | Synchronous Transfer Module – Module de transmission synchrone                  |
| HDTV    | High Definition TV – Télévision à haute définition      | Tx    | Transmission sur tronçon x  |
| LB-RNIS | RNIS à large bande                                      | UA-AB | Unité d'accès chez l'abonné   |
| LT      | Line Termination – Terminaison de ligne                 | UA-C  | Unité d'accès au central local  |
| NT1     | Network Termination 1 – Terminaison de réseau 1         | UAx   | Unité d'accès x   |
| OLT     | Optical Line Termination – Terminaison de ligne optique | WDM   | Wavelength Division Multiplexing – Multiplexage par division de longueur d'onde |
| ONU     | Optical Network Unit – Unité de réseau optique          |       |   |

## Zusammenfassung

*Neue Lösungen zum Anschluss der Teilnehmer im Ortsnetz*

Der Autor zeigt verschiedene Lösungsalternativen zum Anschluss der Teilnehmer im traditionellen Teilnehmer. Die besonderen Eigenschaften des Verteilnetzes sowie die Kriterien für die Wahl der Lösung werden beschrieben. Ein kurzer Überblick der den Teilnehmern anzubietenden Dienstleistungen, heute und in der Zukunft, bildet die Grundlage der Evolution des Anschlussnetzes. Eine funktionale Modellierung der physikalischen Schicht dieses Verteilnetzes wird mit den Schnittstellen zu jeder Schicht dargestellt. Der evolutive Aspekt der kurzfristig brauchbaren Lösungen ist für die Wirtschaft sehr wichtig, und es werden Beispiele der neuen Technologien gezeigt und besprochen. Ein Vergleich zwischen den verschiedenen Lösungen ist in einer Tabelle zusammengefasst. Er hebt die idealen Anwendungen jeder Technologie oder jedes Systems sowie entsprechende Konsequenzen hervor.

## Résumé

*Nouvelles solutions de raccordement d'abonnés dans le réseau local*

L'auteur présente différentes solutions pour le raccordement des abonnés traditionnels. Les caractéristiques particulières du réseau de distribution ainsi que les critères pour le choix d'une solution de raccordement sont décrits. Un bref rappel des services à fournir aux abonnés aujourd'hui et dans le futur donne les bases de l'évolution du réseau d'accès. Une modélisation fonctionnelle de la couche physique de ce réseau de distribution est présentée avec les interfaces correspondant aux différentes couches. L'aspect évolutif des solutions utilisables à court terme est très important pour l'économie et des exemples de nouvelles technologies sont montrés et discutés. Une comparaison entre les différentes solutions est résumée sous forme de tableau. Elle met en évidence les applications idéales de chaque technologie ou système et les conséquences qui en découlent.

## Riassunto

*Nuove soluzioni per l'allacciamento degli abbonati nella rete locale*

L'autore illustra diverse soluzioni adottate per l'allacciamento tradizionale degli abbonati. Egli descrive le caratteristiche particolari della rete di distribuzione come pure i criteri utilizzati per scegliere una soluzione. L'autore si sofferma sulle prestazioni da offrire oggi e in futuro agli abbonati, le quali costituiscono la base per l'evoluzione della rete d'accesso. Egli presenta un modello funzionale dello strato fisico di questa rete di distribuzione mediante le interfacce verso ogni strato. L'aspetto evolutivo delle soluzioni impiegabili a breve termine è molto importante per l'economia; l'autore mostra e discute alcuni esempi delle nuove tecnologie. Egli inoltre fa un confronto schematico fra le diverse soluzioni illustrandolo sotto forma di tabella. Mette infine in risalto le applicazioni ideali di ogni tecnologia o di ogni sistema e le relative conseguenze.

## Summary

*New Solutions for the Subscriber Connection in the Local Network*

The author shows different alternatives to the traditional telephone subscriber line. The particular characteristics of the distribution network as well as the criteria for the choice of a solution are described. A short overall view of the services to be offered to the subscriber today and in the future shows the basis of the subscriber network evolution. A functional model of the physical layer of this distribution network is described with the interface to every layer. The evolution aspect of the immediately usable solutions is very important for the economy, and examples of the new technology are shown and discussed. A comparison between the different solutions is summed up in a table. The author points out the ideal applications of each technology or each system as well as the corresponding consequences.