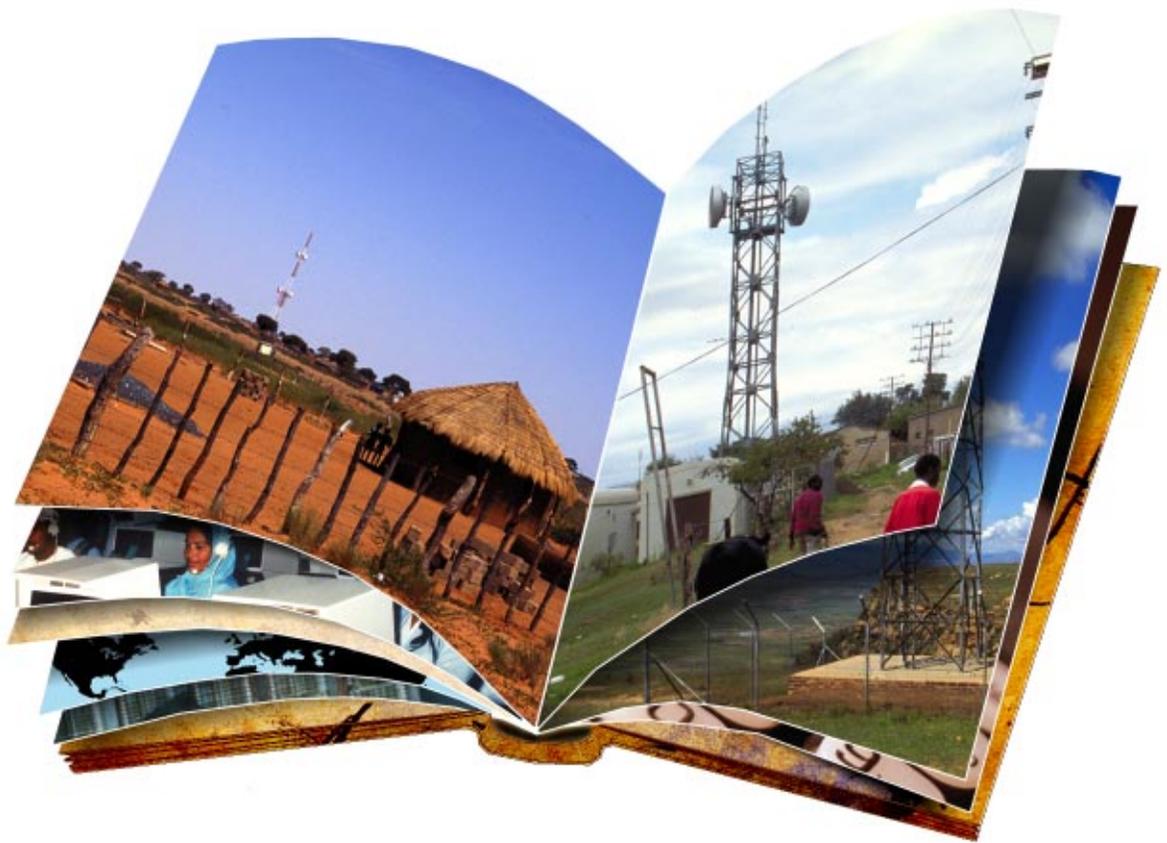




UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

Elaboration de manuels à l'intention
des pays en développement:
*Nouveaux développements dans
les télécommunications rurales*



BDT

BUREAU DE
DÉVELOPPEMENT DES
TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-D Commissions d'études

Première période d'études (1995-1998)

Rapport sur la Question 2/2

LES COMMISSIONS D'ÉTUDES DE L'UIT-D

Les Commissions d'études de l'UIT-D ont été créées conformément à la Résolution 2 de la CMDT-94 (Buenos Aires, mars 1994). Pour la période 1994-1998 la Commission d'étude 1 a été chargée d'étudier cinq Questions dans le domaine des stratégies et politiques de développement des télécommunications et la Commission d'étude 2 a été chargée d'étudier huit Questions dans des domaines plus techniques. Le travail effectif a commencé en 1995 et débouché sur une série de douze Recommandations, qu'a approuvées la CMDT-98 (La Valette, mars 1998).

Pour tout renseignement sur les questions des Commissions d'études de l'UIT-D

contacter:

UIT

Mme Alessandra Pileri

Place des Nations

CH-1211 Genève 20

Suisse

Téléphone	+41 22 730 6698
Fax	+41 22 730 5484
Internet	alessandra.pileri@itu.int
X.400	S=brmail; P=itu; A=400net; C=ch

Pour commander les publications de l'UIT

contacter:

UIT

Service des ventes et marketing

Place des Nations

CH-1211 Genève 20

Suisse

Téléphone	+41 22 730 6141	Anglais
Téléphone	+41 22 730 6142	Français
Téléphone	+41 22 730 6143	Espagnol
Fax	+41 22 730 5194	
Télex	421 000 uit ch	
Télégramme	ITU GENEVE	
Internet	sales@itu.int	
X.400	S=sales; P=itu; A=400net; C=ch	

© UIT 1999

Tous droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

Elaboration de manuels à l'intention
des pays en développement:
*Nouveaux développements dans
les télécommunications rurales*

BDT

BUREAU DE
DÉVELOPPEMENT DES
TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-D Commissions d'études

Première période d'études (1995-1998)

Rapport sur la Question 2/2

PUBLICATIONS DES COMMISSIONS D'ÉTUDES DE L'UIT-D

Période d'études 1995-1998

Commission d'études 1

- Rapport sur la Question 1/1** Rôle des télécommunications dans le développement économique, social et culturel
- Rapport sur la Question 2/1** Politiques de télécommunication et leurs répercussions aux niveaux institutionnel, réglementaire et de l'exploitation des services
- Rapport sur la Question 3/1** Impact de l'introduction et de l'utilisation de nouvelles technologies sur l'environnement commercial et réglementaire des télécommunications
- Rapport sur la Question 4/1** Politiques et modalités de financement des infrastructures de télécommunication dans les pays en développement
- Rapport sur la Question 5/1** Industrialisation et transfert de technologie

Commission d'études 2

- Rapport sur la Question 1/2** Points intéressant particulièrement les pays en développement dans le cadre des travaux du Secteur des radiocommunications et du Secteur de la normalisation des télécommunications
- Rapport sur la Question 2/2** Elaboration de manuels à l'intention des pays en développement
- Manuel sur les «*Nouveaux développements dans les télécommunications rurales*»
- Manuel sur les «*Nouvelles technologies et nouveaux services*»
- Manuel sur les «*Aspects économiques, administratifs et réglementaires de la gestion nationale du spectre*»
- Rapport sur la Question 3/2** Planification, gestion, exploitation et maintenance des réseaux de télécommunication
- Rapport sur la Question 4/2** Communications dans les zones rurales et isolées
- Rapport sur la Question 5/2** Développement et gestion des ressources humaines
- Rapport sur la Question 6/2** Incidence des télécommunications sur les soins de santé et les autres services sociaux
- Rapport sur la Question 7/2** Contribution des télécommunications à la protection de l'environnement
- Rapport sur la Question 8/2** Infrastructure du service public de radiodiffusion dans les pays en développement
-

Elaboration de manuels à l'intention des pays en développement

Nouveaux développements dans les télécommunications rurales

Table des matières

	<i>Page</i>
Avant-propos	vii
Sigles	1
1 Introduction	5
1.1 Objectif et champ d'application.....	5
1.2 Structure du Manuel.....	5
2 Particularités des environnements ruraux, conséquences pour les télécommunications, avantages retirés des télécommunications rurales.....	5
2.1 Définition d'une zone rurale.....	5
2.2 Accès universel et service universel.....	6
2.2.1 Définitions.....	6
2.2.2 Fourniture de l'accès universel.....	7
2.2.3 De «l'accès universel» au «service universel».....	7
2.2.4 Stratégies permettant de réaliser les objectifs du service universel.....	8
2.2.5 Avantages et inconvénients de l'approche «directe» et de l'approche «indirecte»	9
2.3 Avantages économiques, sociaux et culturels	10
2.3.1 Aperçu des différents avantages.....	10
2.3.2 Exemples d'avantages.....	11
3 Planification des réseaux dans les zones rurales et isolées	17
3.1 Rappel	17
3.2 Planification des projets/programmes de réseaux de télécommunication ruraux.....	18
3.3 Etudes de coût économique.....	19
3.4 Analyses financières.....	19
3.5 Planification budgétaire	19
3.6 Prévision de la demande.....	20
3.6.1 Accès/service universel et investissement.....	20
3.6.2 Prévisions de la croissance.....	21
3.6.3 Exemple.....	21
3.7 Réglementation	22
3.7.1 Catégorie 1: subventions croisées internes obligatoires	23
3.7.2 Catégorie 2: régime de licences pour les opérateurs exclusivement ruraux	23
3.7.3 Interconnexion.....	23
3.8 Aspects financiers	27
3.9 Planification du développement des télécommunications rurales au niveau national.....	29
3.9.1 Plans de développement	29
3.9.2 Plans techniques fondamentaux	29
3.9.3 Planification du réseau	30
3.9.4 Planification dans les zones rurales.....	31
3.9.5 Etudes complémentaires.....	31
3.10 Conception des systèmes.....	32
3.10.1 Critères à utiliser pour le choix de la technologie	32
3.10.2 Contraintes liées à l'environnement.....	32
3.10.3 Mise en œuvre	33
3.11 Gestion du réseau	33
3.12 AOM&P (administration, exploitation, maintenance et fourniture)	34

4	Technologies de réseau.....	35
4.1	Systèmes de commutation, concentrateurs, unités locales ou distantes	35
4.1.1	Commutation.....	35
4.1.2	Petits systèmes de commutation ruraux autonomes	37
4.2	Multiplixeurs	37
4.3	Interconnexion	37
4.4	Technologies du réseau d'accès.....	39
4.4.1	Systèmes non radioélectriques	39
4.4.2	Systèmes radioélectriques	43
4.5	Lignes d'évolution de la technologie.....	49
4.5.1	Systèmes filaires.....	49
4.5.2	Systèmes hertziens	49
5	Comparaison technique et économique	50
5.1	Comparaisons techniques entre technologies.....	53
5.2	Quelle technologie et à quel prix?.....	56
5.2.1	Scénarios	58
5.2.2	Technologies applicables aux scénarios	58
5.2.3	Compatibilité et cohérence technologiques	60
5.2.4	Solutions pour les trois scénarios	61
5.2.5	Hypothèses	61
5.2.6	Comparaison des coûts.....	62
5.3	Conclusion	64
	Annexe I – Exemple d'analyse financière	68
	Références bibliographiques.....	75
	Bibliographie additionnelle.....	76

AVANT-PROPOS

Je suis heureux de présenter le dernier d'une série de Manuels sur les télécommunications rurales publiés par l'UIT. Les précédents Manuels sur ce sujet avaient été élaborés par le GAS 7 du CCITT (aujourd'hui UIT-T), qui est dissous. Le présent Manuel, élaboré par le BDT, est une contribution à la Question 2/2 de la Commission d'études 2 de l'UIT-D, qui a été étudiée au cours du dernier cycle. Il s'inspire largement de contributions sur cette Question et de divers articles et manuels publiés sur le sujet par l'UIT (voir les Références).

La télédensité dans les zones rurales des pays en développement est en général très faible et nombreuses sont les communautés rurales qui n'ont toujours pas accès ne serait-ce qu'à des services de télécommunications de base. On s'accorde aujourd'hui à reconnaître que les télécommunications sont un moteur de la croissance et que la majorité des habitants des pays en développement qui vit dans les zones rurales doit pouvoir prendre part activement à la société mondiale de l'information naissante. Les Membres de l'UIT font de la fourniture de l'accès universel qui exige des investissements importants dans le développement des télécommunications rurales une priorité absolue.

De nombreux équipementiers voient donc dans les zones rurales un des marchés futurs les plus prometteurs car on ne cesse d'élaborer des équipements de télécommunication et des technologies nouvelles adaptés aux conditions particulières des zones rurales et isolées. Tout Manuel sur le sujet est donc très vite dépassé pour ce qui est du choix des technologies mais les principes fondamentaux restent valables et on peut espérer que les utilisateurs de ce manuel tireront profit des grandes orientations qui y sont données et seront encouragés à se tenir au courant des progrès de la technologie.

Hamadoun I. Touré

Directeur

Bureau de développement des télécommunications

ACRONYMES

ADM	Multiplexeur d'insertion/extraction
AMPS	Système téléphonique mobile évolué
AMRC	Accès multiple par répartition en code
AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps
AN	Nœud d'accès
ANSI	American National Standard Institute
AOM&P	Administration, exploitation, maintenance et fourniture
AON	Réseau optique actif
ATM	Mode de transfert asynchrone
BDT	Bureau de développement des télécommunications
BML	Niveau gestion commerciale
BOT	Construction, exploitation et transfert
BSC	Contrôleur de station de base
BTO	Construction, transfert et exploitation
BTS	Station d'émission-réception de base
CAI	Interface radioélectrique
CP	Point de concentration
CPE	Equipement des locaux d'abonné
CT	Télécommunications sans cordon
CT2	Téléphone sans cordon de deuxième génération
DAMA	Accès multiple avec assignation en fonction de la demande
D-AMPS	Téléphone mobile numérique évolué
DC	Concentrateur numérique
DECT	Télécommunications numériques sans cordon évoluées
DP	Point de distribution
DRF	Duplex à répartition en fréquence
DRT	Duplex à répartition dans le temps
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication
FITL	Boucle à fibre
FTTC	Fibre jusqu'au trottoir
FTTCa	Fibre jusqu'au boîtier

FTTH	Fibre jusqu'au domicile
FWA	Accès hertzien fixe
GAS	Groupe autonome spécialisé
GMPCS	Systèmes mobiles mondiaux de communications personnelles par satellite
GOS	Qualité de service
GSM	Système mondial de communications mobiles
HDI	Indice de développement humain
IC	Information et communication
IFC	Coût primaire des installations
IMT-2000	Télécommunications mobiles internationales-2000
IRR	Taux de rendement interne ou effectif
IT	Technologie de l'information
LAN	Réseau local
LDAU	Unité d'accès numérique locale
LE	Central local
LEO	Orbite terrestre basse
LTU	Unité terminaison de ligne
MCT	Télécentre communautaire polyvalent
MDF	Répartiteur principal
MEO	Orbite terrestre intermédiaire
ML	Ligne principale
MSC	Centre de commutation mobile
N-AMPS	Système téléphonique évolué à bande étroite
NEML	Niveau gestion élément de réseau
NML	Niveau gestion de réseau
NMT	Téléphone mobile nordique
NPV	Valeur actuelle nette
NT	Terminaison de réseau
NTT	Nippon Telephone and Telegraph Corporation
NTU	Unité terminaison de réseau
OMC	Organisation mondiale du commerce
OSG	Orbite des satellites géostationnaires
OSI	Interconnexion des systèmes ouverts
PABA	Plan d'action de Buenos Aires

PACS	Systèmes de communications avec accès personnel
PBX	Autocommutateur privé
PCS	Service de communication personnelle
PHS	Système téléphonique personnel
PIB	Produit intérieur brut
PLANITU	Planification des réseaux assistée par ordinateur
PLDT	Philippine Long Distance Telephone Company
PMA	Pays les moins avancés
PMP	Point-multipoint
PNB	Produit national brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
PO	Bureau d'appel public
POI	Point d'interconnexion
PON	Réseau optique passif
POTS	Système téléphonique classique
PPP	Parité du pouvoir d'achat
PTO	Opérateur de télécommunications publiques
PWAC	Valeur actuelle des charges annuelles
RDAU	Unité d'accès numérique distante
RDPC	Réseau de transmission de données public commuté
RGT	Réseau de gestion des télécommunications
RMTP	Réseau mobile terrestre public
RNIS	Réseau numérique à intégration de services
RPV	Réseau privé virtuel
RTPC	Réseau téléphonique public commuté
SAN	Nœud d'accès par satellite
SDH	Hiérarchie numérique synchrone
SFS	Service fixe par satellite
SML	Niveau gestion de service
STS	Système de télécommunication stratosphérique
TACS	Système de communication à accès total
TOT	Telephone Organization of Thailand
UHF	Ondes décimétriques
UIT	Union internationale des télécommunications

UIT-D	Secteur du développement de l'Union internationale des télécommunications
UIT-R	Secteur des radiocommunications de l'Union internationale des télécommunications
UIT-T	Secteur de la normalisation des télécommunications de l'Union internationale des télécommunications
VAN	Réseau à valeur ajoutée
VHF	Ondes métriques
VSAT	Microstation
WTDR	Rapport sur le développement des télécommunications dans le monde
xDSL	Ligne d'abonné numérique asymétrique (ADSL) Ligne d'abonné numérique à grand débit (HDSL) Ligne d'abonné numérique à grand débit à paire unique (S-HDSL) Ligne d'abonné numérique symétrique (SDSL) Ligne d'abonné numérique à très grand débit (VDSL)

RAPPORT SUR LA QUESTION 2/2

Elaboration de manuels à l'intention des pays en développement*Nouveaux développements dans les télécommunications rurales***1 Introduction****1.1 Objectif et champ d'application**

Le Volume I (Genève, 1992) du Manuel du Groupe autonome spécialisé 7 (GAS 7) traite des systèmes radioélectriques exploités dans les zones rurales alors que le Volume II (Genève, 1994) porte sur la commutation, le RNIS, le financement et l'utilisation des fibres optiques pour les réseaux ruraux [1].

Le présent Manuel, élaboré en liaison étroite avec le Programme 9 du PABA [2] (Développement rural intégré), est destiné à compléter et à mettre à jour les Manuels du GAS 7.

Axé sur les technologies existantes ou émergentes pouvant offrir des solutions rentables adaptées aux besoins des zones rurales des pays en développement, ce Manuel riche d'informations est destiné à aider ces pays à prendre leurs décisions. Des méthodes et non des recommandations sont proposées car il appartient à chaque administration et à chaque opérateur de télécommunications publiques de déterminer la solution la mieux adaptée aux besoins des populations rurales pour ce qui est des télécommunications.

1.2 Structure du Manuel

Ce Manuel se compose de cinq sections. Après l'introduction (Section 1), la Section 2 passe en revue les caractéristiques particulières des environnements ruraux et les conséquences qui en résultent pour le développement des réseaux de télécommunication dans les zones rurales, isolées et mal desservies. Il examine également les avantages qu'apportent les télécommunications pour le développement économique social et culturel. Diverses stratégies sont proposées pour réaliser l'accès universel, l'objectif à terme étant la fourniture du service universel.

La Section 3 traite de la planification des réseaux dans les zones rurales et isolées, en particulier des aspects techniques, financiers, budgétaires et réglementaires. On examine également diverses formules de financement des télécommunications rurales ainsi que la mise en œuvre, l'exploitation et la maintenance des réseaux de télécommunications rurales.

La Section 4, consacré aux technologies de réseau, passe en revue les diverses technologies qui peuvent être utilisées pour mettre en œuvre des réseaux de télécommunications rurales et met tout particulièrement l'accent sur les technologies radioélectriques qui permettent, dans bien des cas de mettre en place de façon rentable et efficace l'infrastructure nécessaire.

La Section 5 compare les différentes technologies d'un point de vue technique et économique. Un point de concentration/de distribution entre le central local et l'abonné peut être nécessaire; dans ce cas les technologies hertziennes ou une combinaison des technologies hertziennes et des technologies filaires sont peut-être les solutions les plus indiquées. Une étude de coût détaillée est faite pour trois modèles différents. Le chapitre se termine par une étude des services qui pourraient être offerts sur le réseau et insiste sur le fait qu'il n'y a pas de panacée pour le développement des infrastructures de télécommunications rurales.

L'Annexe I donne un exemple illustrant les éléments à prendre en compte dans l'analyse financière des offres.

2 Particularités des environnements ruraux, conséquences pour les télécommunications, avantages retirés des télécommunications rurales**2.1 Définition d'une zone rurale**

Le plus souvent, l'adjectif rural, qui s'oppose à urbain, s'applique à la campagne ou à tout ce qui touche à celle-ci mais tel n'est pas le cas ici. Dans le présent Manuel, l'expression «rurales et reculées» (ou simplement «rurales») renvoie à des régions rurales, isolées et mal desservies, dans lesquelles la conjugaison de plusieurs éléments rend difficile la mise en place de services de télécommunication.

Une zone rurale [3] se caractérise par un habitat dispersé, (villages, petites villes); les habitants de ces zones peuvent se trouver à plusieurs centaines de kilomètres du centre d'une agglomération ou d'une ville. Toutefois, dans certains cas, une zone suburbaine peut, elle aussi, être assimilée à une zone rurale.

Une zone rurale présente une ou plusieurs des caractéristiques suivantes:

- rareté ou absence d'équipements collectifs (réseau fiable de distribution d'eau et d'électricité, voirie, transports réguliers);
- pénurie de personnel technique;
- topographie difficile, par exemple lacs, rivières, collines, montagnes ou déserts qui rendent la construction de réseaux de télécommunication très coûteuse;
- climat rigoureux qui sollicite beaucoup les équipements;
- activité économique peu développée reposant essentiellement sur l'agriculture, la pêche, l'artisanat, etc.;
- faible revenu par habitant;
- infrastructures sociales sous-développées (santé, éducation, etc.);
- faible densité de population;
- fréquence d'appel très élevée par ligne étant donné que le service téléphonique est très peu développé et qu'une seule et même ligne dessert un grand nombre de personnes).

Pour toutes ces raisons, il est difficile d'offrir, à un prix abordable et avec les moyens classiques, des services de télécommunication publics d'une qualité acceptable, mais aussi rentables pour le fournisseur de services.

Le dernier point de la liste a une double conséquence: pour régler le problème, les réseaux de télécommunications rurales doivent être dimensionnés en conséquence, c'est-à-dire être dotés d'une plus grosse capacité de commutation et d'un nombre de circuits de transmission interurbains plus important que ce dont on aurait besoin dans les zones urbaines. Dans ces conditions, le gros volume de trafic acheminé et les recettes importantes par ligne d'accès permettent d'améliorer les résultats financiers et économiques du réseau rural. Sinon, le réseau sera régulièrement encombré, le service offert sera médiocre et une bonne partie de la capacité du réseau sera utilisée en pure perte pour des tentatives d'appels infructueuses.

Dans de nombreux pays en développement, le taux de pénétration téléphonique dans les zones rurales est très faible. Il est courant d'attendre longtemps pour un raccordement et dans de nombreux pays il arrive très souvent que de gros villages n'aient même pas un simple téléphone public. Dans les pays à faible revenu (voir la définition de la Banque mondiale), on ne comptait en moyenne en 1996 que 8,9 lignes principales résidentielles pour 100 ménages et 0,56 publiphone pour 1 000 habitants (contre respectivement 102,7 et 5,17 pour les pays à revenu élevé) – Rapport sur le développement des télécommunications dans le monde de l'UIT, 1998 [4].

Les taux de pénétration très faibles observés dans les pays à faible revenu tiennent essentiellement au fait qu'il faut, compte tenu des caractéristiques particulières dont on vient de parler, investir des sommes relativement importantes pour mettre en place des systèmes de télécommunications rurales de Terre (en particulier ceux qui sont mis en œuvre dans le cadre d'une politique de service universel). Dans douze projets récents financés par la Banque mondiale, chaque nouvelle ligne d'accès dans les zones rurales des pays en développement coûtait en moyenne trois fois plus cher qu'une nouvelle ligne dans les zones métropolitaines.

Il ne faudrait pas conclure de cet examen des problèmes particuliers que pose la fourniture, dans de bonnes conditions d'efficacité économique, de services de télécommunication dans les zones rurales des pays en développement, que cette opération n'est pas réalisable sur une base commerciale ou doit être nécessairement subventionnée. En effet, dans ces pays, les investissements consacrés aux télécommunications peuvent souvent être financés par des moyens commerciaux normaux. En règle générale, dans les pays en développement où la demande est normalement plus importante que l'offre, une entité de télécommunication bien gérée, pratiquant une politique des prix judicieuse, peut couvrir, à l'aide des tarifs, l'intégralité du coût de fourniture du service. On croit souvent que, pour ce faire, les services de télécommunications rurales doivent être largement subventionnés par les services longue distance ou les services en milieu urbain mais ce ne doit pas nécessairement être le cas. Si le réseau est conçu de façon à utiliser des technologies permettant de concentrer les communications dans une zone étendue (par exemple, en utilisant diverses architectures «hertziennes» de Terre ou satellitaire) pour réduire au strict minimum les effets d'échelle négatifs sur les coûts unitaires, les services de télécommunications rurales peuvent souvent être très rentables.

2.2 Accès universel et service universel

2.2.1 Définitions

Dans le présent Manuel on entend par «accès universel» le fait d'avoir accès à des services de télécommunication à une distance raisonnable de son domicile. Ce que l'on entend par distance «raisonnable» dépendra du moyen de transport (marche, bicyclette ou engin motorisé) et de la notion de temps qui varie selon les individus.

Le «service universel» serait défini comme le fait d'avoir au moins une ligne téléphonique par ménage. Très peu nombreux sont les pays qui ont atteint cet objectif, lequel va bien au-delà de ce que pourraient objectivement réaliser les pays en développement dans un avenir prévisible.

2.2.2 Fourniture de l'accès universel

NOTE – On trouvera, dans le Rapport sur le développement des télécommunications dans le monde, 1998, UIT, un examen complet de la fourniture de l'accès universel.

Chaque communauté doit pouvoir avoir accès aux moyens et services de télécommunication dans un lieu central et commode. La gamme des services offerts devrait permettre de répondre aux besoins de la communauté. Les types et la quantité de services offerts augmenteront avec la demande et la diversification des applications et des débouchés.

Dans un premier temps, cet accès peut être fourni à l'aide de bureaux d'appel publics (PO) qui pourront évoluer, ultérieurement, vers des centres communautaires polyvalents. Certaines administrations de télécommunication – Bangladesh, Chili, Inde, Indonésie, Kenya, Pérou, Sénégal et Yémen, par exemple – ont privilégié l'installation de téléphones publics dans les zones rurales. Certaines d'entre elles, comme l'Inde, l'Indonésie ou le Sénégal, se sont lancés dans des politiques novatrices visant à inciter des patrons du secteur privé à créer et à exploiter des PCO. On a ainsi pu mobiliser des sommes importantes pour étendre le réseau de publiphones et améliorer la disponibilité et la fiabilité.

Il ressort d'études faites sur l'utilisation des PO [5] dans les zones rurales des pays en développement qu'une politique de développement des PO bien gérée permet de rentabiliser les investissements nécessaires à l'installation des bureaux et apporte aux utilisateurs des avantages considérables qui vont bien au-delà du prix de leurs communications téléphoniques («rente du consommateur»).

Les publiphones peuvent aider les pays disposant de réseaux de ligne d'accès actuellement limités à atteindre leurs objectifs de service universel et aussi constituer, pour des entreprises excentrées, la seule liaison au réseau public, d'où une diversification des débouchés et un gain de productivité pour les patrons et également une création d'emplois.

Le concept de télécentres communautaires polyvalents (MCT) [6] – infrastructure commune dispensatrice de services d'information et de communication – connu également sous le nom de centres de télé-services communautaires, centres d'information communautaires, téléboutiques ou plus simplement «télékiosques» – est aujourd'hui largement reconnu comme moyen permettant d'améliorer l'accès à ce type de services dans les zones rurales et isolées (ou dans des zones urbaines défavorisées). De tels centres fournissent aux utilisateurs le soutien et la formation nécessaires pour utiliser la technologie de l'information ainsi que les installations de télécommunication et en font bénéficier la majorité de la population d'une communauté rurale pour laquelle de tels moyens restent inaccessibles à titre individuel et/ou qui n'a pas les qualifications nécessaires pour utiliser ces outils.

Outre les services de téléphonie publique, de télécopie et de messagerie vocale, des télécentres communautaires polyvalents à part entière fourniraient un accès aux réseaux de données (par exemple, Internet) de façon à offrir des services de courrier électronique, de transfert de fichiers, d'accès aux bibliothèques et aux bases de données électroniques, aux systèmes d'information publics et communautaires, aux informations sur les marchés et les prix, aux données de surveillance de l'environnement, etc., ainsi qu'à des installations et des équipements de télé-enseignement et de télé-médecine. Etant équipés d'ordinateurs, d'imprimantes, de photocopieurs, etc., ces centres pourraient également proposer des installations bureautiques (partagées); de plus, ils pourraient mettre leurs installations, leur équipement et leur capacité de formation à la disposition des programmes locaux de production (et de réception) de radiocommunaire et de radiotélédiffusion.

Par ailleurs, d'autres services communautaires – poste, banque, distribution d'électricité et distribution d'eau – pourraient être assurés par le télécentre polyvalent qui pourrait alors devenir un centre de développement et d'affaires télécommunautaires ainsi qu'un centre d'activités sociales et culturelles.

2.2.3 De «l'accès universel» au «service universel»

Les statistiques que l'UIT publie sur les télécommunications font apparaître un déséquilibre entre le taux de pénétration téléphonique dans les zones urbaines et les zones rurales. Elles montrent également que plus le PIB par habitant est faible, plus grande est la disparité entre les taux de pénétration en zones urbaines et en zones rurales. C'est ce qu'illustre le Tableau 1 ci-après.

La différence entre les taux de pénétration téléphonique dans les zones urbaines et les zones rurales est due essentiellement à un effet seuil lié au revenu.

TABLEAU 1

**Estimation du taux de pénétration téléphonique dans les zones rurales
des pays en développement**

Source: UIT, 1998 – Banque mondiale

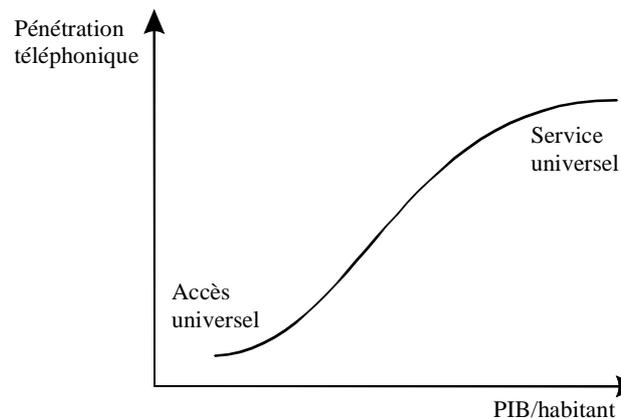
Année 1996	Population (en millions)		Pénétration téléphonique (lignes principales pour 100 habitants)	
	Total	Rural (Est.)	Total	Rural (Est.)
Pays à faible revenu	3 258,10	2 350	2,45	0,7
Pays à faible revenu, à l'exception de la Chine, de l'Inde et du Pakistan	947,29	695	0,825	< 0,1
Pays à revenu intermédiaire inférieur	1 170,62	510	9,71	2,3
Pays à revenu intermédiaire supérieur	440,36	110	13,36	7,9

Lorsqu'une partie importante de la population se trouve en dessous du seuil de revenu qui lui permettrait d'avoir une ligne téléphonique privée, la fourniture du service universel nécessite la mise en place de stratégies particulières.

La Fig. 1 ci-après illustre comment les pays, au fur et à mesure que leur PIB par habitant augmente, passent des objectifs d'accès universel aux objectifs de service universel.

FIGURE 1

De l'accès universel au service universel



d01

La principale question à laquelle doivent répondre les pouvoirs publics et les régulateurs (ainsi que les opérateurs de télécommunication qui ont contracté des obligations d'accès universel/de service universel) n'est pas de savoir s'il faut investir dans l'expansion des réseaux ruraux mais comment investir. En d'autres termes, quelle méthode d'expansion des réseaux ruraux sera la plus rentable?

2.2.4 Stratégies permettant de réaliser les objectifs du service universel

Toute politique de service universel a deux objectifs: étendre la couverture géographique du réseau téléphonique public commuté et fournir de nouvelles lignes d'accès; toutefois, l'un et l'autre de ces objectifs sont plus ou moins prioritaires selon la politique.

Dans l'approche dite «directe» des objectifs de service universel, on privilégie le renforcement de la capacité d'accès local et de la capacité du système de commutation local afin d'offrir rapidement davantage de lignes d'accès et de réduire la liste d'attente, mais la thèse consistant à ne pas rechercher le taux de croissance le plus élevé des lignes d'accès se défend. L'autre approche dite «indirecte» des objectifs de service universel consiste à encourager le développement des liaisons de transmission locales, de la commutation de transit et du réseau longue distance: sur le court terme, le nombre de nouvelles lignes d'accès sera un peu moins important mais la couverture géographique sera plus étendue; pour les raisons expliquées ci-dessus, le nombre de lignes d'accès connectées sur le long terme sera peut-être plus important.

L'une ou l'autre approche peut être préférée selon les priorités fondamentales des politiques économiques et sociales. Dans certains pays, les responsables politiques ont défini leurs objectifs de service universel et les obligations de service universel des opérateurs de télécommunication avant tout sur la base du nombre de nouvelles lignes d'accès à mettre en place dans les zones nouvelles, privilégiant implicitement l'approche «directe». C'est le cas par exemple de l'Inde où il a été demandé récemment aux opérateurs privés du réseau fixe bénéficiant d'une licence d'implanter au moins 10% de leurs nouvelles lignes directes dans des zones rurales. Dans d'autres pays, les objectifs de service universel se traduisent par des mesures indiquant l'étendue géographique du réseau, s'appuyant ainsi, dans une certaine mesure, sur l'approche indirecte. A titre d'exemple, on peut citer le deuxième programme de développement des télécommunications du Kenya, lancé en 1979, qui privilégiait la desserte des zones rurales et des «districts»: installation de nouveaux commutateurs numériques dans neuf localités afin que les 41 districts du Kenya aient tous le téléphone automatique. Cet objectif a été atteint en 1988.

Avant d'examiner les divers éléments en jeu, il faut signaler qu'avec les architectures de réseau «hertziennes» évoluées, en particulier les architectures satellitaire, le choix entre ces deux approches est beaucoup plus facile. Le même investissement dans les systèmes hertziens permet souvent à la fois d'étendre la couverture géographique et d'augmenter la capacité. En effet, dans le cas de systèmes à satellites, il n'y a normalement pas lieu de choisir entre investir dans la couverture géographique et investir dans la capacité étant donné que toute augmentation de la capacité du système est instantanément disponible sur une zone géographique très étendue correspondant à «l'empreinte» de couverture d'un satellite ou d'une «constellation» de satellites. Ces observations générales s'appliquent à des architectures satellitaire modernes très diverses – répéteurs de satellites géostationnaires dans des microstations DAMA (accès multiple avec assignation en fonction de la demande) et satellites non géostationnaires dans les systèmes mobiles mondiaux de communications personnelles par satellite (GMPCS) – adaptées à la fourniture de services de télécommunications rurales dans les pays en développement.

2.2.5 Avantages et inconvénients de l'approche «directe» et de l'approche «indirecte»

NOTE – Le trafic entrant est une source de recettes additionnelle. L'expérience semble montrer que ces recettes sont souvent supérieures à celles qui sont générées par le trafic sortant. Elles sont par ailleurs rarement prises en compte dans l'analyse financière des projets de développement.

Comme indiqué ci-dessus, dans l'approche «directe» la priorité est donnée à l'expansion de la capacité d'accès local du réseau téléphonique public commuté (RTPC) dans les zones rurales et les zones suburbaines à faible revenu. Pour attirer des abonnés résidentiels dans ces zones, le service de base doit être peu coûteux. Si le service de base doit être largement subventionné par les taxes élevées perçues sur les communications internationales et longue distance (essentiellement, les abonnés d'affaires), cela peut avoir des conséquences analogues à ceux d'une mesure fiscale et freiner la croissance économique.

Par contre, l'approche «indirecte» vise à accroître l'offre de services longue distance, lesquels ont une valeur marchande élevée puisqu'ils sont utilisés par des entités ou des personnes qui se servent des télécommunications dans des activités de grande valeur. Toutefois, les recherches montrent aussi que ce type d'applications des télécommunications a une forte incidence sur la production et, par conséquent, fait augmenter le revenu national et le revenu par habitant. Sur le long terme, un plus grand nombre de ménages pourront ainsi s'offrir un service de base pour particuliers à des prix non subventionnés (ou peu subventionnés), ce qui à son tour rendra commercialement viable une augmentation de l'offre.

Il est possible d'illustrer les différences entre les deux approches en prenant l'exemple d'un village rural compact fictif du type de ceux que l'on rencontre couramment dans de nombreux pays en développement (en Inde, par exemple, il y a plus de 500 000 villages qui comptent moins de 1 000 habitants). Une stratégie s'inspirant de l'approche directe pourrait donner la priorité à la création ou à l'expansion d'un réseau local dans le village fictif afin de raccorder un grand nombre de ménages. Peut-être faudrait-il alors largement subventionner l'accès et le service local. Or, les communications locales en soi ont une valeur marchande relativement limitée dans un tel village (les gens ont l'habitude de se parler de vive voix), alors que des communications longue distance peuvent être extrêmement précieuses, par exemple dans le cas d'urgences médicales.

Dans un tel village, il y aura des gens qui auront souvent besoin de faire des appels longue distance (voire internationaux) et beaucoup d'autres à titre occasionnel seulement, par exemple en cas d'urgences médicales ou pour parler à des parents éloignés. Voilà pour les habitants de ce village les communications qui sont importantes. A moins qu'il soit parfaitement autonome (ce qui est très rare), le village exporte et importe des produits et, éventuellement, des services. Une bonne partie de ce commerce «externe» est gérée par des intermédiaires, des marchands et des commerçants locaux qui pourraient travailler plus efficacement s'ils étaient reliés par un service téléphonique longue distance, et à un prix raisonnable, aux marchés sur lesquels ils vendent ou achètent. Plusieurs études montrent par ailleurs que l'amélioration des communications augmente le pouvoir d'achat des producteurs ruraux sur le marché, ce qui

leur permet d'accroître leurs revenus. Une meilleure prise en compte, plus rapide, des conditions prévalant sur les marchés distants aurait également tendance à profiter aux producteurs des «exportations» du village et aux consommateurs de ses «importations». Grâce aux télécommunications longue distance, un village peut consulter des médecins pour avoir un avis médical (par exemple, en donnant aux infirmières locales et autre personnel paramédical la possibilité de consulter des médecins dans d'autres villages) et avoir accès à des programmes éducatifs.

2.3 Avantages économiques, sociaux et culturels

Dans le cadre de la Question 1/1 – Rôle des télécommunications dans le développement économique, social et culturel, la Commission d'études 1 de l'UIT-D a publié un Rapport final [7] qui passe en revue tous les avantages qu'offrent les télécommunications. Des recherches de plus en plus nombreuses ont montré toute l'importance des télécommunications comme moteur de la croissance économique. Des études ont fait apparaître que, dans la plupart des cas, les avantages économiques que les utilisateurs retirent des services de télécommunication sont bien supérieurs aux coûts correspondants. Les pouvoirs publics de nombreux pays voient également dans la fourniture de services de télécommunication efficaces un facteur de cohésion sociale et nationale. L'idéal de l'accès/du service universel est un idéal d'équité et de participation pour les citoyens d'un pays: les télécommunications en particulier peuvent grandement faciliter l'intégration des populations périphériques dans la vie nationale, économique, sociale et politique.

La volonté de mettre en place des services de télécommunication fiables et efficaces est motivée par la reconnaissance du fait que ces services peuvent avoir une incidence non négligeable sur le rythme et les orientations du développement d'un pays. Les divers avantages tirés des investissements dans le secteur des télécommunications sont examinés ci-après.

2.3.1 Aperçu des différents avantages

2.3.1.1 Effet multiplicateur

D'ordinaire l'investissement dans un secteur fait augmenter la production économique d'un montant supérieur à l'investissement proprement dit; c'est ce qu'on appelle l'effet multiplicateur de l'investissement. En effet, l'injection d'argent frais dynamise l'activité commerciale des secteurs fournisseur et utilisateur. Le secteur des communications est davantage un fournisseur d'intrants pour d'autres secteurs qu'un utilisateur des intrants de ces secteurs. L'incidence des projets de développement des télécommunications sur l'économie d'un pays se traduit essentiellement par une amélioration de l'emploi, une augmentation de la production et/ou de la productivité.

2.3.1.2 Recettes directes en devises

L'installation de nouvelles lignes téléphoniques et la mise en place de services téléphoniques améliorés pour les communications internationales longue distance devraient augmenter considérablement les recettes tirées des services internationaux et, partant, accroître les recettes en devises.

2.3.1.3 Economies d'énergie

Les services de télécommunication peuvent se substituer en partie au transport. Ils peuvent aussi rationaliser l'utilisation des moyens de transport et de l'énergie et, donc, contribuer à améliorer l'environnement.

2.3.1.4 Amélioration de la stratégie de marketing

L'amélioration des services de télécommunication permet d'accroître l'efficacité du marketing et la concurrence. Les acheteurs doivent pouvoir disposer d'informations sur les prix, les quantités et les caractéristiques des produits si l'on veut qu'un marché s'acquitte correctement de sa fonction de répartition des ressources. A cet égard, l'utilisation d'un réseau de télécommunication est un élément important. Les télécommunications peuvent également servir à établir des contacts plus directs entre les fournisseurs primaires et les marchés. Ce raccourcissement de la chaîne de distribution peut réduire le coût de distribution des biens et des services, voire d'accroître les revenus des fournisseurs primaires (en particulier dans les zones rurales), ce qui permet de lutter contre la pauvreté.

2.3.1.5 Meilleure interaction à l'intérieur des différents secteurs de l'économie et entre ces secteurs

Le développement, pour ainsi dire, de n'importe quel secteur de l'économie dépend de l'adéquation entre le réseau d'infrastructures d'un pays – routes, ponts, installations de génération d'énergie électrique – et ses installations de distribution et réseaux de télécommunication. Le rôle fondamental des services de télécommunication n'est plus à démontrer dans des domaines comme le développement agricole, l'industrie, le commerce, le secteur des services (banque, tourisme, presse). Ces activités peuvent pâtir de l'absence de services de télécommunication accessibles et fiables.

2.3.1.6 Développement du commerce international

Les entreprises s'internationalisent de plus en plus. Investir dans le secteur des télécommunications va dynamiser l'activité commerciale internationale et contribuer ainsi à l'augmentation des recettes d'exportation.

2.3.1.7 Décentralisation régionale

Les pouvoirs publics encouragent depuis longtemps la délocalisation des entreprises dans des régions moins développées. Toutefois, l'efficacité de ces incitations est en partie annulée par les coûts élevés de l'information et des transactions et par les coûts de transport inhérents à toute délocalisation. De meilleurs services de télécommunication peuvent réduire considérablement ces coûts. Investir dans les télécommunications peut donc être un bon moyen d'attirer des activités génératrices d'emplois dans les régions défavorisées.

2.3.1.8 Amélioration de l'efficacité des programmes et des services publics

L'administration publique a besoin d'une bonne coordination entre sièges centraux, centres régionaux, bureaux de zone locale et entre fonctionnaires. L'extension et l'amélioration du réseau de télécommunication offriront des moyens plus efficaces pour la diffusion et les échanges d'idées et d'informations et pour la gestion des programmes publics. Les zones rurales à faible revenu pourront en outre bénéficier de services de santé, d'éducation, d'administration publique etc., ainsi que de compétences d'experts pour des avis, un appui ou de la supervision.

2.3.1.9 Avantages potentiels d'une croissance du parc d'abonné

Du point de vue de l'abonné, l'effet multiplicateur se manifeste par le fait que les nouveaux abonnés aux services de télécommunication non seulement peuvent avoir des avantages directs mais aussi augmentent les avantages potentiels de ceux qui sont déjà raccordés au réseau de télécommunication. Bien plus, les avantages découlant d'une communication ne se limitent pas aux parties intervenant dans cette communication; ils peuvent se répercuter sur les personnes qui sont contactées ultérieurement, à la suite de l'appel d'origine.

2.3.1.10 Amélioration de l'infrastructure et des services écologiques

Les services de données offrent la possibilité de suivre et de contrôler à distance la distribution d'électricité et d'eau, les transports et les services d'approvisionnement en essence et en gaz (s'ils existent) et de repérer rapidement les problèmes de systèmes. Ils permettent aussi, par exemple, de procéder à distance au comptage pour la facturation ou au contrôle des systèmes d'irrigation en fonction des conditions climatiques et pédologiques. Ils offrent également des possibilités en termes de surveillance de l'environnement et de services d'alerte (avertissements en cas de danger d'éruption volcanique, de tempêtes ou d'inondations importantes, de tsunamis, etc.). Les services par satellite, en particulier, peuvent généralement résister aux catastrophes naturelles et permettent de procéder à des évaluations et d'intervenir rapidement lorsque les systèmes de communication de Terre sont indisponibles ou détruits.

2.3.1.11 Sûreté, sécurité et amélioration du bien-être social

Les télécommunications contribuent au bien-être des individus, des familles et des communautés en facilitant les contacts entre parents, amis et connaissances et en offrant un accès rapide aux services nécessaires pour la protection de la vie, de la santé et des biens. Elles peuvent faciliter le développement de l'habitat humain en desservant même les zones les plus reculées. Elles facilitent également l'intégration politique, culturelle, économique et sociale.

2.3.2 Exemples d'avantages

2.3.2.1 Produit national brut et télécommunications

La contribution d'un téléphone au PNB est plus importante que le PIB par habitant le plus faible. C'est ce qu'illustrent les chiffres suivants (Tableau 2).

Par exemple, si le taux de pénétration téléphonique en Afrique subsaharienne rurale passait de 0,095 à 0,28, le PNB total de la région passerait de 4 à 5 USD (soit une augmentation de 3% du PNB total).

La contribution d'une communication téléphonique au PNB est comprise entre 4 et 12 USD pour les pays dont le PNB par habitant est de 100 USD et entre 1 et 3 USD pour les pays dont le PNB par habitant est de 300 USD.

TABLEAU 2

Contribution d'un téléphone au PNB par habitant

Source: Document 1/183 – Commission d'études 1, Question 1/1
(dernière Période d'études 1994-1998)

PNB par habitant USD	Contribution USD
100	11 804
200	5 550
300	3 727
500	2 384

2.3.2.2 Rapport avantage/coût

Un certain nombre d'études ont été entreprises en vue de quantifier les avantages qu'un abonné peut retirer de l'accès à un service de télécommunication.

L'exemple suivant dont a fait état le Ministère des communications indien en 1981 s'explique de lui-même (Tableau 3).

TABLEAU 3

Rapport avantage/coût en Inde

(étude effectuée sur 120 utilisateurs d'un bureau d'appel public)

Avec télécommunications		Sans télécommunications			Excédent Roupiés f = (e-b)	Rapport avantage/coût $g = \frac{f}{b}$
Distance moyenne d'un appel en km (a)	Coût de l'appel Roupiés (b)	Coût du transport par bus Roupiés (c)	Valeur du temps perdu ¹⁾ Roupiés (d)	Coût total des transports Roupiés (e)		
11,24	1,37	4,53	2	6,53	5,16	3,76
34,57	3,54	8,45	4	12,45	8,91	2,52
80,54	4,56	16,19	8	24,19	19,63	4,30
149	5,44	27,69	8	35,69	30,25	5,56

¹⁾ Estimation de la valeur du temps perdu en cas de déplacement nécessaire.

On a montré en 1986 que les rapports avantage/coût suivants avaient été obtenus aux Philippines par des entreprises ayant accès à des installations de télécommunication (Tableau 4).

TABLEAU 4

**Rapport avantage/coût pour
des entreprises aux Philippines**

Activité	Rapport avantage/coût
Agriculture	44
Santé	33
Autres	21

2.3.2.3 Indice de développement humain (HDI) et télécommunications [8]

On trouve pour la première fois dans le Rapport sur le développement humain, publié par le PNUD en 1990, la notion d'un indicateur composite regroupant trois éléments également pondérés du développement humain d'un pays: la longévité (calculée d'après l'espérance de vie à la naissance), le savoir (donné par le taux d'alphabétisation chez les adultes et le nombre moyen d'années de scolarité) et le revenu (donné par le PNB réel par habitant, exprimé sous forme de parité du pouvoir d'achat). Cet indicateur, appelé indice de développement humain (HDI), varie de 0 à 1. On considère que les pays dont le HDI est supérieur à 0,8 ont un niveau élevé de «développement humain», alors que ceux dont le HDI est inférieur à 0,5 sont considérés comme ayant un faible niveau de développement humain. Il semble que cet indice permette de mesurer efficacement et de façon adéquate, le développement social, économique et culturel d'un pays.

A titre d'exemple, entre 1961 et 1992, le HDI des pays d'Afrique subsaharienne est passé de 0,2 à 0,357 contre 0,255 à 0,653 en Asie de l'Est.

Il y a une corrélation entre le HDI et le taux de pénétration téléphonique et on a montré que, plus le HDI est élevé, plus la croissance du taux de pénétration téléphonique est forte. Il faut toutefois étudier plus en détail et déterminer la relation de cause à effet entre le HDI et la croissance des télécommunications.

2.3.2.4 Exemples choisis

– *Avantages des téléphones publics: Sénégal [5]*

Une étude a été entreprise au Sénégal en 1986 afin de quantifier, pour l'utilisateur, les avantages liés à l'utilisation des téléphones publics. Dans le cadre de cette étude, quelque 700 utilisateurs des installations publiques de télécommunication ont été interrogés lors d'entrevues destinées à fournir des informations visant à dresser un profil de l'utilisateur, de façon à pouvoir évaluer précisément la rente du consommateur (celle-ci constituant l'avantage direct de l'utilisation des télécommunications par opposition à une autre méthode de communication possible). Parmi les données prises en compte, figurent l'âge, le niveau d'instruction, la profession, le motif de l'appel, la distance à parcourir pour obtenir la communication et l'autre méthode possible de communication préférée, en cas d'échec de la tentative d'appel. Par ailleurs, différentes questions ont également été posées aux usagers du téléphone, afin de déterminer quel montant ils consentiraient à payer pour avoir une meilleure qualité de service ou disposer d'un téléphone public plus proche de leur domicile.

L'étude réalisée au Sénégal a tenu compte également de la difficulté d'évaluer le coût d'opportunité du temps dans un contexte rural, qui fait l'objet de variations saisonnières et dépend de facteurs informels, tandis que certains déplacements peuvent être effectués à des fins multiples. Ces difficultés ont été prises en considération, étant entendu que l'on s'est abstenu de comptabiliser un déplacement effectué à plusieurs fins et que l'on a toujours choisi la solution comportant le coût d'opportunité le plus faible. L'étude a utilisé une valeur moyenne du coût d'une communication de 4,3 minutes indépendamment de la distance et calculé un prix économique total, égal à l'avantage moyen de l'utilisateur par communication, en estimant le coût de la meilleure solution de remplacement possible, appelée ici «rente du consommateur». La méthode consistant à ignorer la distance introduit une sous-estimation de la rente du consommateur dans le cas des communications à plus courte distance et une surestimation pour les distances plus importantes, mais, en moyenne, donne en principe des valeurs de la rente du consommateur comprises entre 38% et 134% ou – en d'autres termes – des rapports avantage/coût allant de 1,38 à 2,34.

– *Téléphones publics ruraux: Vanuatu [9]*

Une étude a été réalisée au Vanuatu en 1988 dans le but d'optimiser l'installation des téléphones ruraux de type bureau d'appel public. En dépit d'une bonne infrastructure des télécommunications dont bénéficient les zones urbaines et les grandes entreprises installées dans les zones rurales, la population rurale ne pouvait accéder aisément aux postes téléphoniques. Seuls quelque 60 téléphones ruraux (dont 44 téléphones publics) desservaient environ 80% d'une population totale de 130 000 personnes. L'étude a été entreprise afin de déterminer la densité d'implantation et la répartition géographique optimale susceptible d'offrir les avantages les plus importants aux utilisateurs ruraux des téléphones publics, pour un coût donné. L'étude a comporté la mesure et la modélisation des pertes consécutives à l'absence d'un système adéquat de télécommunication.

Des données ont été recueillies sur les distances aller-retour parcourues (à pied ou par un autre moyen) à destination de tous les téléphones publics installés dans les zones rurales. La demande annuelle de communications nationales rapportée à 100 habitants, a été ensuite exprimée en fonction du coût encouru par chaque demandeur, en fonction de la valeur du salaire minimum et des frais acquittés de transport par véhicule. Le coût du transport a été évalué à 30 vatus par km (100 vatus = 0,75 dollar des Etats-Unis (février 99)), chiffre qui a servi à son tour à calculer la rente du consommateur. Un modèle spatial a ensuite été mis au point afin de déterminer l'avantage lié à l'extension du réseau

rural en réduisant la distance que les habitants des zones rurales doivent parcourir pour trouver un poste téléphonique. Le pays a été divisé en 96 zones et le modèle a servi à calculer le taux d'appel pour 100 habitants, le volume du trafic téléphonique, la distance du téléphone le plus proche, la zone dans laquelle se situe le téléphone le plus proche et enfin, la rente du consommateur calculée pour chaque zone et la valeur agrégée pour l'ensemble de la zone étudiée.

On a calculé que l'augmentation du nombre de postes téléphoniques de 44 à 64 offrirait un avantage supplémentaire de 2,6 millions de vatus par an (économie annuelle de 56 000 km de déplacements); en supposant que l'on installe un téléphone dans 100 zones, l'avantage supplémentaire atteindrait 11,4 millions de vatus par an (économie annuelle de 125 000 km de déplacements). La valeur moyenne de l'avantage annuel recueilli par emplacement grâce à l'adjonction de 10 emplacements supplémentaires (avec pour effet de porter le nombre de téléphones publics de 44 à 54) s'élevait à 78 200 vatus. Dans l'ensemble, les avantages économiques obtenus grâce au réseau téléphonique ont augmenté en fonction du nombre d'emplacements, mais dans une proportion de moins en moins importante; la plus grande partie de cet avantage économique a été recueillie dans les 100 premiers emplacements; en effet, plus les emplacements étaient nombreux et plus le trafic avait tendance à comporter des appels de moindre valeur. L'étude avait cependant pour grave défaut de ne pas évaluer les avantages après déduction des coûts, faute de données appropriées sur les coûts de prestation du service; on ignore par conséquent si la stratégie recommandée présupposait la couverture des dépenses par les recettes.

Le Tableau 5 illustre l'impact de l'installation d'un plus grand nombre de téléphones afin de réduire la distance à parcourir jusqu'au téléphone le plus proche. On constate, d'une part, une augmentation du nombre d'appels et, d'autre part, la réalisation d'un avantage supplémentaire de 3,7 millions de vatus/an avec 200 téléphones et de 7,0 millions de vatus/an avec 500 téléphones.

TABLEAU 5
Distance/nombre de téléphones

Nombre de téléphones	Distance du téléphone le plus proche		
Situation actuelle	3 km	5 km	8 km
Avec 200 téléphones	1 km	3 km	5 km
Avec 500 téléphones	1 km	1 km	3 km

On a constaté que chaque segment du marché recueillait des avantages à mesure que de nouveaux emplacements ruraux étaient desservis par des téléphones publics. Le Tableau 6 ci-dessous récapitule la valeur annuelle des avantages ruraux par segment de marché (millions de vatus/an).

TABLEAU 6
Valeur annuelle des avantages ruraux

Segment du marché	Valeur annuelle des avantages ruraux (millions de vatus/an)		
	200	300	500
Nombre d'emplacements	200	300	500
Utilisateurs privés	7,4	9,7	11,5
Services publics	7,7	8,8	11,0
Industrie et agriculture	2,9	2,9	2,9
Total	18,0	21,4	25,4

– *Télécommunications rurales: Indonésie* [7]

Une méthode d'échantillonnage mixte à choix intentionnel et aléatoire a été appliquée afin de sélectionner les 299 personnes interrogées dans les quatre catégories suivantes: abonnés équipés d'un téléphone à domicile, lequel domicile coïncidait dans de nombreux cas avec le lieu de leur activité professionnelle; employés travaillant dans des bureaux équipés d'une ligne téléphonique; les «emprunteurs» de téléphone qui ne sont pas équipés de téléphone, mais qui sont réputés emprunter assez régulièrement celui d'autres personnes, et enfin les non-abonnés ne disposant d'aucune facilité d'accès à une ligne téléphonique. L'échantillon était réparti équitablement par sexe, par âge, par niveau d'instruction et suivant d'autres critères.

D'après les conclusions de l'étude réalisée en Indonésie, la population des zones rurales éprouve un réel besoin de communiquer au-delà de son environnement immédiat. Au sein de l'échantillon des non-abonnés, près de 40% des personnes interrogées avaient besoin de communiquer régulièrement avec des personnes situées en dehors de leur lieu de travail. Les pourcentages correspondants étaient nettement plus élevés parmi les abonnés résidentiels (79%), les employés de bureau (80%) et les «emprunteurs» de téléphone (76%).

Les programmes de développement entrepris dans les régions rurales de l'Indonésie exigent des communications suivies entre les bureaux et les entreprises. La constatation suivante témoigne de l'importance du téléphone pour ce type de communication: parmi les abonnés résidentiels, 76% utilisaient le téléphone pour communiquer avec des bureaux et des entreprises, contre 52% pour les employés de bureau, et 23% pour les «emprunteurs» de téléphone. En ce qui concerne les non-abonnés, aucun d'entre eux n'a fait état de l'utilisation du téléphone pour ce type de communication. Par ailleurs, 78% des non-abonnés avaient recours aux visites en personne, contre 61% pour les «emprunteurs» de téléphone et 42% pour les employés de bureau. Seuls 10% des abonnés résidentiels avaient recours à cet effet aux visites en personne.

En ce qui concerne les autres méthodes possibles de communication, plus de la moitié des personnes interrogées en Indonésie ont choisi l'option consistant à emprunter le téléphone de quelqu'un d'autre, ce qui confirme de nouveau l'importance du téléphone dans leur vie quotidienne. De l'avis de la plupart des personnes interrogées, le téléphone a modifié leur existence, cela étant d'autant plus vrai parmi les abonnés résidentiels (96%), que parmi les employés de bureau (69%) et les «emprunteurs» de téléphone (47%). Pour la plupart des personnes interrogées, l'influence ainsi ressentie avait surtout pour effet de faciliter différents types de relations, plutôt que de simplement transmettre des informations ou de permettre de gagner du temps. Il semble en effet que les relations interpersonnelles jouent un rôle de première importance tant pour le travail que les affaires au sein des communautés rurales indonésiennes. Au fur et à mesure de l'essor des relations de travail qui accompagne le développement économique, le téléphone devient un moyen indispensable d'entretenir les relations qui sont essentielles à l'accomplissement des tâches professionnelles.

– *Télécommunications rurales: Thaïlande [7]*

L'étude réalisée en Thaïlande a retenu quatre districts, deux districts semi-ruraux et deux ruraux, tous situés dans un rayon de moins de 900 kilomètres de Bangkok. Les districts semi-ruraux étaient ceux de Phuket, avec 1 400 téléphones et de Kamphaeng Phet avec 400 téléphones. Les deux districts ruraux étaient celui de Pasang équipé de 100 téléphones et celui de Choke-chai sans aucun téléphone au moment de l'étude.

Là encore, l'application d'une méthode d'échantillonnage mixte à choix intentionnel et aléatoire a permis de sélectionner 400 personnes interrogées dans quatre catégories: abonnés résidentiels équipés d'un téléphone à domicile, lequel domicile était généralement le lieu de l'activité professionnelle; employés de bureau équipés d'une ligne téléphonique, personnes munies de deux téléphones, l'un à leur domicile et l'autre au bureau et enfin, non-abonnés, ne disposant d'aucune facilité d'accès à une ligne téléphonique. L'échantillon était réparti équitablement par sexe, par âge, par niveau d'instruction et suivant différents critères.

Les conclusions de l'étude thaï ont été semblables à celles de l'étude indonésienne: les personnes interrogées en Thaïlande ressentaient un important besoin de communication au-delà de leur environnement immédiat. Parmi les non-abonnés, 85% avaient besoin de communiquer régulièrement avec des personnes situées en dehors de leur lieu de travail. Ce chiffre est nettement plus élevé qu'en ce qui concerne l'Indonésie, en raison sans doute notamment de l'inclusion de deux zones semi-rurales dans l'échantillon thaï. Dans les autres catégories de personnes interrogées en Thaïlande, les pourcentages étaient les suivants: 96% parmi les employés de bureau, 93% parmi les abonnés résidentiels et 98% parmi les personnes équipées de deux téléphones.

La nécessité de communiquer avec des bureaux et des entreprises s'est avérée aussi forte qu'en Indonésie: 77% parmi les non-abonnés, 91% parmi les employés de bureau, 89% parmi les abonnés résidentiels et 95% parmi les personnes équipées de deux téléphones.

Cette étude a révélé l'existence d'une demande naissante de services de télécommunication, même dans les zones rurales, dans des pays tels que l'Indonésie et la Thaïlande. Là où l'accès au téléphone existe, qu'il s'agisse d'une entreprise privée ou de bureaux des services publics, ou encore de domiciles privés, la capacité disponible est pleinement utilisée. Environ les trois quarts des communications étudiées étaient des appels longue distance. Si davantage de téléphones publics sont installés dans les zones rurales, il ressort des conclusions de l'étude qu'ils seront utilisés au maximum et engendreront des recettes, provenant essentiellement des appels longue distance.

Pour nombre des résidents ruraux pris en compte dans l'étude, l'absence de services téléphoniques constitue semble-t-il un handicap majeur. Dans l'échantillon thaï près de 65% des personnes ne disposant pas d'un téléphone dans leur voisinage devaient parcourir plus de 25 km pour y avoir accès. Quelque 10% devaient faire plus de 40 km. Enfin, plus de 90% des appels en question étaient des appels longue distance.

Le projet de téléphone rural à longue distance a été entrepris par la Telephone Organisation of Thailand – TOT (Office thaïlandais du téléphone) en vertu de ses obligations de service universel, dans le but d'assurer des télécommunications rurales par des lignes tant publiques que privées. Le projet répond à des critères plus généraux liés à des objectifs socio-économiques, visant à assurer une rente du consommateur élevée et à stimuler les activités économiques.

En 1996, MIDAS Agronomics Company Limited a réalisé une étude de l'impact socio-économique des télécommunications rurales. Des informations ont été recueillies auprès de trois catégories de personnes, notamment les utilisateurs du téléphone, les exploitants de bureaux d'appels publics et différents individus choisis au sein de la population: chefs de village, agriculteurs, personnes démunies, hommes d'affaires, enseignants et étudiants. L'étude a été réalisée dans neuf provinces pour répondre aux critères de répartition géographique, d'incidence de la pauvreté et d'éloignement plus ou moins grand de la zone étudiée. Dans chaque province, trois villages ont été choisis: un village doté d'un téléphone installé récemment, un autre utilisant le téléphone depuis plus longtemps et enfin, un village dépourvu de téléphone.

D'après les conclusions de l'étude les téléphones publics installés dans le cadre de ce projet ont offert des avantages substantiels aux populations des zones rurales: les membres les plus pauvres de la communauté ont eu la possibilité de s'informer de la disponibilité des emplois et de rester en contact avec les membres de leur famille dont ils étaient éloignés. La présence de téléphones a permis de prendre des décisions de migration en meilleure connaissance de cause. Les agriculteurs et les commerçants ont pu vérifier les prix en vigueur et accroître leurs revenus. Le téléphone a aidé par ailleurs les organismes publics et privés à dispenser leurs services aux populations rurales, compte tenu notamment des avantages liés à une notification rapide des accidents et de différentes situations d'urgence. Etant donné la valeur des économies réalisées sur les frais de déplacement et les dépenses liées aux autres moyens de communication, les avantages recueillis ont valu au moins le double des sommes dépensées pour téléphoner. La conclusion de cette étude a permis de prendre des décisions en parfaite connaissance de cause quant au développement futur du réseau rural de télécommunication.

– *Télécommunications rurales en Colombie* [10]

L'Agence canadienne de développement international (ACDI) a effectué en 1997 une visite sur le terrain, sur la côte pacifique de la Colombie, à l'ouest de la ville de Cali où deux systèmes hertziens point-multipoint (PMP) ont été mis en service en 1994. L'objet de la visite était de dresser un bilan de l'expérience acquise et d'évaluer dans quelle mesure les objectifs de développement économique, social et culturel avaient été atteints.

Les deux systèmes PMP desservent dix-huit petites communautés comptant au total environ 25 000 habitants. Il n'est possible d'accéder à certaines de ces communautés que par voie maritime. Elles vivent essentiellement de l'agriculture et de la pêche et trois d'entre elles sont aussi des lieux de séjour touristique. Au total, 31 lignes ont été installées. Les services de télécommunication sont assurés par le service d'assistance indirecte (*servicio de atención indirecta*) exploité comme des agences de Telecom Colombia. Les recettes mensuelles moyennes pour un système atteignaient 8 500 000 pesos à la mi-97 alors que les recettes par ligne en service, les recettes rapportées à la population de communautés desservies et les recettes mensuelles variaient dans de grandes proportions.

L'analyse utilisateur-consommateur en pourcentage d'appels, basée sur 68 interviews structurées – 51 avec des consommateurs, 17 avec des opérateurs – fait apparaître ce qui suit:

Développement économique (marchés, agriculture, transports, pêcheries, tourisme)	39%
Développement social (santé, secteur public, éducation, environnement)	37%
Personnel (famille, amis)	24%

Certaines observations des consommateurs font apparaître que la disponibilité de services de télécommunication, dans les zones où il n'y a pas de moyens de transport appropriés (accès par la mer, par exemple) a permis d'améliorer les soins de santé et les services administratifs dans la communauté, de développer l'activité commerciale et de renforcer la sécurité. A signaler que les consommateurs demandent que plus de lignes soient installées.

– *Autres exemples* [11]

Au Bangladesh, où 90% des habitants vivent dans les zones rurales et où presque tous les habitants ruraux sont employés dans l'agriculture, qui représente 50% du PIB du pays, seulement 10% des téléphones sont installés en milieu rural. La topographie du pays cause des inondations pendant la mousson, ce qui rend les communications routières et ferroviaires impossibles. Dans le cadre de la politique nationale, on étend les télécommunications aux zones rurales et 449 sur 466 sous-districts ruraux disposent maintenant de moyens de télécommunication. On envisage de développer les sous-districts ruraux comme centres d'activité économique rurale et centres de croissance primaires, afin de décourager la migration vers les villes.

L'échelle et l'envergure de l'extension des télécommunications à ces zones rurales dépassent les ressources du Gouvernement et des opérateurs privés ont donc été invités à participer à ce travail. Les résultats ont été jusqu'ici prometteurs. Le Bangladesh a constaté que les télécommunications rurales peuvent être une source importante de recettes. On cite l'exemple de recettes moyennes de 190 USD par jour et par téléphone, pour 100 demandeurs en moyenne par jour.

La demande croissante des villes du Liban pour la mise en œuvre de télécommunications en milieu rural est fortement axée sur le soutien du développement commercial et économique. Cette demande englobe les besoins administratifs des secteurs public et privé, des entreprises de type projet telles que les plates-formes pétrolières, de l'industrie minière et forestière, des transactions électroniques pour l'industrie bancaire ainsi que du contrôle et de la gestion des réseaux de compagnies de transport par pipeline. Au Liban, également, il est probable que le développement des télécommunications rurales réduira en partie la migration urbaine.

Compte tenu de l'évolution vers une économie de marché au Myanmar, le besoin de télécommunications est devenu plus en plus évident. Avec une économie fonctionnant au-dessous de sa capacité, l'amélioration des télécommunications stimulera la croissance économique, dopera la production et conduira à une amélioration des rendements agricoles et à une plus grande efficacité des transports.

Au Bhoutan, 70% des habitants vivent dans les territoires ruraux presque totalement non desservis et topographiquement difficiles, certaines zones étant à sept jours de marche de la route la plus proche. Le Gouvernement s'est fixé comme objectif de desservir tous les villages d'ici à l'an 2002. Le Bhoutan participe à un projet pilote dans le cadre du Programme 9 – Développement rural intégré (maintenant devenu le Programme 3 du Plan d'action de La Valette).

Le Gouvernement de la Chine reconnaît clairement la contribution que les télécommunications rurales apportent au développement économique et social. La Chine s'est engagée dans un programme ambitieux de modernisation des moyens de télécommunication dans les vastes zones rurales où vivent les trois quarts de la population du pays. Des priorités d'ordre pratique ont conduit à l'établissement d'un programme rural pluriannuel qui concerne d'abord la région côtière du sud-est et qui s'étendra ensuite vers l'ouest du pays.

La gestion du programme de télécommunications rurales en Chine est fondée sur des principes uniformes qui régissent la planification, la normalisation, le choix des équipements et des systèmes, la construction et les applications de développement. Le programme utilise un éventail large et approprié de techniques de télécommunication modernes. Les objectifs de croissance en termes de densité téléphonique sont très agressifs. La motivation du Gouvernement chinois est clairement liée à un développement économique et social important et aux avantages qui en résulteront.

Au Yémen également, le Gouvernement reconnaît que les télécommunications sont vitales pour le développement socio-économique et la croissance. Les trois quarts des habitants du Yémen vivent dans les zones rurales faiblement peuplées et topographiquement difficiles, essentiellement dans de très petites communautés. Néanmoins, le Gouvernement du Yémen est déterminé à desservir les zones rurales et isolées.

Pour cette initiative, le Yémen a bénéficié d'un large soutien de la communauté internationale, aussi bien du secteur public que du secteur privé. Le programme rural du Yémen progresse bien, avec plusieurs projets spécifiques en cours qui utilisent les techniques de télécommunication modernes. Des études de planification de réseau sont en cours afin de poursuivre la mise en œuvre du programme rural. La dernière phrase de la contribution du Yémen mérite d'être citée: «En conclusion, les télécommunications resteront un outil indispensable dans toutes les activités humaines et vouloir c'est pouvoir».

3 Planification des réseaux dans les zones rurales et isolées

3.1 Rappel

La Conférence mondiale de développement des télécommunications (CMDT-94, Buenos Aires, 1994) a, dans sa Résolution 4 – Politiques et stratégies des télécommunications, suggéré des politiques et des principes appropriés, dont un certain nombre sont particulièrement importants en ce qui concerne les communications dans les zones rurales et isolées. Ceux-ci ont été réaffirmés par la deuxième Conférence mondiale de développement des télécommunications (CMDT-98, La Valette, 1998), en particulier dans:

- les Recommandations 6, 7 et 8;
- la Résolution 11. Des lignes directrices complémentaires sont données dans le rapport sur les communications pour les zones rurales et isolées [3] rédigé en réponse à la Question 4/2 et approuvé par la Commission d'études 2. Le Programme 9 du PABA – Développement rural intégré (devenu le Programme 3 du Plan d'action de La Valette – Accès universel et développement rural) approuvé par la CMDT-94 puis, sous sa forme actuelle, par la CMDT-98, vise aussi à promouvoir le développement des télécommunications rurales.

Les politiques de télécommunication doivent s'inscrire dans une stratégie globale de développement économique et social. Les principes économiques basés sur les lois du marché jouent un rôle croissant dans le développement du secteur des télécommunications.

Il convient de séparer les fonctions de réglementation et d'exploitation. Un cadre réglementaire approprié assurera le développement à long terme du secteur des télécommunications sur une base stable, tout en encourageant l'innovation technologique, la modernisation des infrastructures, la diversification des services et l'amélioration de la qualité de service. Une réglementation appropriée est également essentielle pour promouvoir la fourniture de l'accès universel aux services de télécommunication de base dans les zones rurales et isolées.

La politique de développement des télécommunications doit encourager l'essor harmonieux des réseaux et des services en vue de réduire les disparités nationales et régionales et d'améliorer l'interopérabilité des réseaux dans le monde. Les politiques doivent être définies de telle sorte que les PTO accordent une attention particulière aux besoins des zones rurales et isolées. Compte tenu de l'investissement considérable nécessaire au développement des infrastructures de télécommunication modernes, notamment dans les zones rurales et isolées, il est très important d'explorer toutes les solutions pour attirer les investissements provenant de l'épargne nationale et encourager la participation du secteur privé national et international. Les progrès technologiques devraient inciter à plus d'audace et permettre d'offrir les mêmes services avec la même qualité aux abonnés urbains et aux abonnés ruraux.

Il est clairement établi que l'amélioration de l'infrastructure des télécommunications dans les zones rurales et isolées peut élever considérablement la qualité de vie. Toutefois, les télécommunications sont un élément nécessaire mais non suffisant pour améliorer la qualité de vie dans ces zones. D'autres éléments d'infrastructure sont également essentiels, par exemple, les transports, l'eau potable, mais aussi l'eau pour l'irrigation, et l'électrification.

La fourniture d'un service de télécommunications rurales pour être durable doit obéir à des principes commerciaux. Les processus de décision et les opérations des PTO doivent être basés sur l'économie d'entreprise qui englobe à la fois les dépenses et les recettes, en réduisant les premières et en augmentant les secondes. Une «obligation d'accès universel» et/ou de «service universel» peut être nécessaire pour les zones rurales et isolées mais le fait d'accorder une attention particulière à l'économie et à la rentabilité contribuera sensiblement à alléger la charge cette obligation.

On peut réaliser d'importantes économies en mettant en œuvre un programme de télécommunications rurales bien planifié et méthodique. Un programme spécialisé sur plusieurs années développera les connaissances spécialisées du personnel du PTO et des vendeurs d'équipement. Les entrepreneurs qui exploitent des PCO dans les villages trouveront de nouvelles possibilités créatives pour améliorer les services qu'ils fournissent aux habitants ruraux.

Etant donné que la fourniture de services de télécommunication dans les zones rurales et isolées est généralement plus coûteuse que dans les zones urbaines, il faut tirer au mieux parti des possibilités de développement dans les communautés desservies. Il est important d'offrir une capacité suffisante pour tous les besoins de service et le PTO pourra ainsi réaliser toutes les recettes opportunistes qui résultent de la satisfaction de ces besoins.

En théorie, les télécommunications rurales peuvent être rentables, donc viables et durables. Avec une réglementation minimale, la continuité du service rural sera assurée.

Il convient d'organiser et de mettre en œuvre des projets nationaux de développement des télécommunications rurales à l'aide d'un programme pluriannuel soigneusement planifié, méthodique et progressif, dans le cadre du plan directeur national de développement des télécommunications, afin que les programmes soient exécutés efficacement et économiquement.

3.2 Planification des projets/programmes de réseaux de télécommunication ruraux [3]

Toute la planification des réseaux de télécommunication est par nature complexe et suppose l'interaction de nombreuses variables interdépendantes. Une telle planification est, par définition, un processus itératif qui cherche à se rapprocher progressivement d'une solution optimale. Dans toute planification de réseau, il convient d'accorder une attention particulière à l'optique de planification à long terme. Les plans doivent être extensibles et souples.

Les différents plans de réseau étudiés doivent *toujours* être comparables, du point de vue de la couverture, des services assurés, de la qualité de service et de la durée, afin de constituer une base appropriée pour la prise de décisions.

Il est indispensable d'utiliser un outil de planification informatisé tel que celui de l'UIT, «PLANITU», pour étudier et comparer correctement les options de réseau multidimensionnelles qui sont désormais possibles. Ces outils de planification de réseau deviennent progressivement de plus en plus «conviviaux» et faciles à utiliser.

Dans la planification des réseaux de télécommunication ruraux, il est important de prendre en considération les avantages socio-économiques qualitatifs et quantitatifs que les télécommunications procureront aux zones rurales, dans la mesure où ils peuvent être définis. Il est souhaitable de tenir compte de l'aspect financier des avantages socio-économiques (voir ci-après § 3.4 Analyses financières).

Les objectifs de qualité de service doivent être clairement établis. La demande d'abonnés escomptée et les recettes correspondantes attendues sont naturellement un paramètre d'entrée important du processus de planification. Malheureusement, on connaît en général mal la demande des zones rurales et isolées actuellement non desservies. L'utilisation du service de télécommunication par des gens qui n'en ont jamais bénéficié auparavant est, en tout état de cause, difficile à prévoir. Le nombre de «demandeurs de service en attente» enregistrés risque d'être largement dépassé par la demande latente inexprimée. Il est donc essentiel d'explorer différents scénarios pour déterminer la sensibilité du plan aux variations importantes de la demande.

3.3 Etudes de coût économique

Ces études sont basées sur les mouvements de fonds de tous types, tout au long de la période étudiée, y compris les dépenses en capital, les recettes, les frais de maintenance et d'exploitation, les frais généraux, ainsi que les frais de récupération (à la fin de la durée de vie utile des équipements ou des systèmes). Il convient de dégager des crédits pour les équipements de mesure et les pièces de rechange appropriés, pour la formation du personnel et pour diverses dépenses, par exemple le marketing, la facturation et les commissions. Il faut aussi tenir compte correctement, pour la période considérée, de ces divers types de mouvements de fonds conformément aux conditions de taxation et d'amortissement qui tendent à varier selon les pays.

Si les recettes sont constantes lorsqu'on compare différentes solutions, la «valeur actuelle des charges annuelles» (PWAC) est le critère approprié pour le choix de la décision mais, dans les études de réseau rural, les recettes escomptées sont susceptibles de varier selon les solutions, au niveau de la chronologie sinon du montant global, et le critère de décision correct est donc la «valeur actuelle nette» (NPV). Un autre critère utile est le «taux de rendement interne» (IRR). L'objectif du planificateur de réseau est de trouver la solution de réseau qui optimise la NPV et l'IRR. Pour trouver cette solution, il devra certainement effectuer plusieurs itérations du plan proposé. Les décisions de planification de réseau ne devraient pas être fondées sur le «premier coût installé» (IFC), bien qu'il faille tenir compte de ce coût car il influe directement sur les besoins de financement des projets/programmes.

Il est également important d'effectuer une analyse de sensibilité. On constatera souvent que trois ou quatre paramètres ont une influence importante sur le résultat de l'étude et sur les conclusions auxquelles on parvient et que les autres paramètres sont relativement peu importants. La tâche de gestion consiste alors à se concentrer sur ces paramètres critiques et à les contrôler tout au long de la mise en œuvre du plan afin d'ajuster le plan si nécessaire.

Il est préférable d'adopter des solutions de réseau assez souples pour s'adapter rapidement à des variations inattendues de la demande. A cet égard, les solutions de réseau basées sur les radiocommunications, avec une capacité souple et la possibilité de déplacement des équipements tendent à avoir un avantage sur les solutions filaires fixes, qui incluent une composante importante de travaux de génie civil irrécupérables.

Le planificateur doit également prendre en considération le réseau interurbain national et le réseau interurbain international. Si ces réseaux sont mis en œuvre par des organisations différentes, la séparation des recettes et des dispositifs d'interconnexion est très importante. Ces parties du réseau national global sont les compléments clés du réseau rural car les recettes grande distance seront un facteur important de l'analyse économique. Si l'on veut réaliser ces recettes, il est indispensable que les réseaux interurbains puissent acheminer les communications à grande distance. Dans les pays développés, «un non-aboutissement des appels d'un pour cent en heure chargée sur réseau interurbain» est une performance de réseau qu'il est d'usage de spécifier et qui est généralement respectée.

3.4 Analyses financières

L'analyse financière est l'étape qui suit les études de coût économique. Les domaines à prendre en considération pourraient inclure le changement des niveaux et/ou des structures tarifaires. Il convient également de tenir compte du règlement des comptes de recettes. A ce stade, l'évaluation quantifiée des avantages socio-économiques qui résulteront du réseau de télécommunications rurales proposé peut être le facteur clé qui déterminera les dispositions réglementaires.

3.5 Planification budgétaire

La planification budgétaire doit prendre en considération non seulement les valeurs financières précédemment déterminées mais aussi le calendrier des mouvements de fonds, les méthodes permettant de recueillir des fonds (par exemple, endettement, capital-actions ou fonds internes), les besoins en devises étrangères et d'autres stratégies de financement, par exemple les montages BTO et BOT.

Les risques de change et les taxes d'importation sont deux domaines spécifiques qu'il convient d'examiner attentivement, en particulier dans le cas des pays en développement importateurs d'équipements de télécommunication. Une gestion financière prudente exige des dispositions qui protègent l'entreprise des risques dus aux variations inattendues des taux de change. Les taxes d'importation augmentent directement le coût de l'équipement et des systèmes importés et ce coût additionnel sera finalement reflété dans le prix du service. Un très bon argument financier à faire valoir est que la perception, par les pays en développement, de taxes d'importation sur l'équipement de télécommunications rurales est inutile et contreproductive.

En accordant une attention appropriée à tous les facteurs mentionnés ci-dessus, les planificateurs budgétaires doivent veiller à ce que le projet/programme de télécommunications rurales soit correctement adapté aux plans et aux attentes de l'entreprise de télécommunication en matière de budget général.

3.6 Prévision de la demande

La demande sera dans une large mesure déterminée par le rapport coût du service/revenu dont les abonnés potentiels peuvent disposer.

Toutefois, le manque de capitaux limite en général la mesure dans laquelle la demande d'abonné peut être satisfaite dans les zones rurales. Dans ce cas, les investissements disponibles détermineront les objectifs du projet et le nombre d'abonnés qui peuvent être desservis.

Toutefois, pour estimer le taux de pénétration téléphonique réalisable dans les zones rurales et éloignées, il faut tenir compte des éléments suivants:

- la population et sa dispersion géographique;
- le PIB par habitant dans les zones rurales (qui, dans la plupart des cas, est plus faible que le PIB moyen par habitant dans le pays);
- les sommes que les particuliers ou les ménages sont disposés à dépenser ou peuvent se permettre de dépenser pour des services de télécommunication;
- les recettes par ligne exigées par l'opérateur pour que la ligne soit commercialement viable.

3.6.1 Accès/service universel et investissement

Des statistiques de l'UIT font apparaître que les pays consacrent entre 1 et 3% de leur PIB aux services de télécommunication. Dans la plupart des pays en développement, on peut raisonnablement penser qu'une communauté rurale sera disposée à dépenser au moins le même pourcentage de son revenu global pour avoir accès à des services de télécommunications de base. On peut estimer le revenu moyen dans les zones rurales à partir des statistiques disponibles.

Prenons, par exemple, le cas d'un pays comptant au total 20 millions d'habitants dont 70% vivent dans des zones rurales, pour une superficie rurale de 600 000 km². Le PIB moyen par habitant pour l'ensemble du pays est de 200 USD, 56% étant attribué à la population rurale. Chaque habitant des zones rurales est disposé à dépenser 1,5% de son revenu pour des services de télécommunication. Le PIB par habitant dans les zones rurales peut être estimé à $200 \times 0,56 : 0,7 = 160$ USD. Par conséquent, chaque personne dépensera 2,4 USD par an pour des services de télécommunication. Si un ménage compte en moyenne six personnes, chaque ménage dépenserait en moyenne 14,4 USD par an.

Il faut compter pour chaque ligne principale installée dans les zones rurales 2 500 USD même si l'expérience montre que ce prix peut dépasser 10 000 USD dans certaines régions. Toutefois, le coût d'installation d'une ligne principale en zone rurale baisse sensiblement et l'objectif de moins de 1 000 USD est en vue. Il est évident que les opérateurs – et les investisseurs – ont besoin de rentrer dans leurs fonds le plus vite possible. Il attendent donc un taux de rendement interne de l'ordre de 25%. Pour atteindre un tel objectif, il faudrait que les recettes par ligne soient supérieures à 830 USD (financement sur 10 ans à 8% par an, amortissement annuel linéaire sur une période de 15 ans, coûts d'administration, d'exploitation et de maintenance représentant 15% des investissements, augmentation de 5% par an).

Pour atteindre ce chiffre, chaque ligne principale installée dans les zones rurales de ce pays devrait desservir $830/2,4 = 346$ habitants. Il serait donc nécessaire d'installer environ 40 500 lignes principales, ce qui représente un investissement de 101,25 millions de USD.

La fourniture de l'accès universel – un point d'accès aux télécommunications, avec deux lignes téléphoniques dans un rayon de 5 km au maximum – nécessiterait l'installation de 18 500 lignes seulement, soit un investissement de 46,25 millions de USD.

NOTE – Il convient de procéder à un calcul plus détaillé pour tenir compte de la répartition géographique exacte de la population rurale (zones désertiques, zones forestières, etc.).

La fourniture du service universel – une ligne téléphonique par ménage, chaque ménage comptant six personnes – nécessiterait l'installation d'environ 2,33 millions de lignes, soit un investissement de 5,75 milliards de USD.

NOTE – Les investissements nécessaires pour assurer le service universel sont manifestement surestimés car on peut réaliser des économies d'échelle importantes compte tenu du nombre de lignes principales à installer.

Le Tableau 7 récapitule ces résultats.

TABLEAU 7

Nombre de lignes et investissement nécessaire dans les zones rurales d'un pays fictif

Objectif	Nombre de lignes	Investissement (en millions de USD)	Recettes escomptées (en millions de USD)
Accès universel	18 500	46,25	33,6
Basé sur le PIB/habitant	40 500	101,25	33,6
Service universel	2 330 000	≤ 5 750	33,6

NOTE – Compte tenu du fait que l'investissement se fait en une fois et que les recettes escomptées sont dégagées annuellement, les deux premières méthodes paraissent potentiellement rentables, même si les recettes du trafic entrant n'ont pas été prises en considération.

3.6.2 Prévisions de la croissance

Les taux de croissance réels dans les zones rurales dépendent souvent de la disponibilité de l'investissement.

Lorsque les investissements suffisent à satisfaire la demande, les taux de croissance devraient être estimés à partir des prévisions de la demande, compte tenu du taux de croissance téléphonique historique, des grandes tendances et des prévisions de la croissance économique, ainsi que des évolutions démographiques dues, par exemple, à l'urbanisation ou à la décentralisation.

Toutefois, la croissance du réseau rural, en particulier au tout premier stade de son développement, est souvent limitée par la quantité des investissements disponibles. Dans ce cas, la prévision de la croissance se fera à partir des politiques d'investissement et des prévisions.

Les prévisions de la croissance devraient se faire sur une période suffisamment longue pour que les décisions prises reposent sur une période d'étude économique valable, de deux à cinq ans, en principe.

Les taux de croissance annuelle pourraient se situer entre 2 et 12%, selon les conditions. Les taux de croissance les plus faibles s'observent généralement lorsque les investissements sont limités ou en cas de saturation du marché. Les taux de croissance élevés s'observent généralement lorsque les investissements sont suffisants, que la demande contenue est satisfaite.

3.6.3 Exemple [11]

La Philippine Long Distance Telephone Company (PLDT) estime la demande téléphonique par municipalité. Les municipalités sont classées en deux groupes: 1) celles qui sont desservies par la PLDT; et 2) les autres municipalités. Le dernier groupe comprend les municipalités desservies par d'autres compagnies du téléphone et celles qui ne sont pas desservies (zones nouvelles).

1) Municipalités desservies par la PLDT

- a) Les besoins pour la zone de service existante sont déterminés à partir d'enquêtes effectuées dans chaque municipalité. On utilise des données secondaires – population et revenu – pour estimer le potentiel de croissance. On utilise les données du responsable local de la PLDT pour la zone considérée pour calculer les chiffres définitifs.
- b) Les localités situées dans un rayon de 1,5 km du centre de population mais qui ne sont pas desservies représentent la population supplémentaire à desservir.
- c) La demande des stations principales est calculée comme suit:
 - demande des stations principales = population × densité des stations principales;
 - la variable population est donnée par la population moyenne dans un rayon de 1,5 km du centre de population, laquelle repose sur les données concernant les centraux ruraux existants de la PLDT;
 - la variable densité des stations principales est calculée à partir des centraux ruraux de la PLDT mais elle est réduite de 10% pour tenir compte du fait que les zones desservies par la PLDT sont en général plus développées.

- 2) Municipalités desservies par d'autres compagnies du téléphone et municipalités non desservies
 - a) La demande est calculée à l'aide de la même formule.
 - b) On procède également à des estimations régionales de la densité des stations principales. La demande résidentielle dépend des revenus des familles, du taux d'inflation et du coût des produits de consommation courante. On suppose qu'il y a une corrélation entre la demande professionnelle et le produit intérieur brut (PIB).
 - c) La demande dans les «barangays» (villages) situés dans un rayon de 1,5 km du centre de population mais en dehors du village lui-même est elle aussi subdivisée en demande résidentielle et demande professionnelle.
 - d) La projection de la densité des stations principales pour la demande résidentielle est basée sur le taux de croissance escompté du PIB par habitant. La croissance de la demande professionnelle devrait être de 3,5% par an. Pour les «barangays» situés dans le rayon de 1,5 km, la couverture de 75% en 1987 sera portée à 90% en 2010 pour la demande résidentielle et la demande professionnelle.

3.7 Réglementation

La restructuration et la libéralisation de plus en plus poussée du secteur des télécommunications sont manifestes pour ainsi dire dans tous les pays du monde. Ceci apparaît de plus en plus clairement dans les accords internationaux (OMC) sur les services.

Le Rapport sur le développement des télécommunications dans le monde (1994) examine l'étendue et la diversité des questions, les solutions, les choix qui ont été faits ou qui sont faits actuellement et, dans la mesure du possible, les résultats. La contribution du secteur des services à la richesse économique augmente manifestement. En même temps, l'innovation technologique accroît la capacité et réduit considérablement les coûts, surtout dans le domaine des transmissions à grande distance, de la commutation, de l'exploitation et des systèmes commerciaux. Dans le réseau de la boucle locale (ou d'«accès»), certaines dépenses telles que le droit de passage, les travaux d'alimentation en énergie et de génie civil résistent à toute réduction, bien que les nouvelles technologies améliorent beaucoup la qualité et la souplesse.

Les tarifs établis dans des conditions de monopole subventionnent traditionnellement le service local à partir des recettes grande distance nationales et surtout internationales. Le service de la clientèle d'affaires subventionne le service résidentiel et le service urbain subventionne le service rural. Lorsqu'on introduit la concurrence entre les services, les nouveaux prestataires de services portent tout naturellement leur attention sur les domaines de service où le prix est établi bien au-dessus du coût et se détournent des domaines où le coût égale ou dépasse le prix.

Du point de vue de l'interconnexion, les nouveaux prestataires de services doivent faire passer, obligatoirement à une extrémité et généralement aux deux extrémités de la connexion, les communications de leurs clients par le réseau de la boucle locale établi du PTO. Les termes et conditions de cette interconnexion sont la clé du succès commercial des nouveaux prestataires de services.

A. Dymond of Teleconsult Limited, Canada [12] a passé en revue les politiques dont on dispose pour accélérer le développement des télécommunications dans les zones rurales et isolées des pays en développement. Le Tableau 8 ci-dessous donne quelques exemples de politiques visant à encourager l'essor des télécommunications rurales.

TABLEAU 8

Exemples de politiques [12]

Politique	Pays
Imposer aux opérateurs monopolistiques nouvellement privatisés l'obligation de desservir certaines catégories de la communauté	Mexique, Argentine, Venezuela, Pérou
Imposer aux nouveaux concurrents, aux concessions monopolistiques, aux opérateurs réformés ou partiellement privatisés d'atteindre certains taux de pénétration dans les zones rurales	Inde, Indonésie, Malaisie, Botswana
Offrir des licences monopolistiques pour les zones de service essentiellement rurales	République tchèque, Hongrie, Bangladesh, Venezuela
Autoriser la concurrence ou des fournisseurs de services coopératifs à desservir les zones rurales	Argentine, Pologne
Assortir les licences d'exploitation intéressantes de passerelles internationales, de systèmes cellulaires ou à valeur ajoutée d'obligations de service dans les zones rurales	Philippines, Afrique du Sud
Offrir un financement pour le développement des télécommunications dans des zones non couvertes par les obligations de l'opérateur principal	Chili, Pérou

Ces exemples peuvent être classés en deux catégories:

3.7.1 Catégorie 1: subventions croisées internes obligatoires

Le Mexique est un exemple de pays qui a établi un service de télécommunication dans toutes ses zones rurales et isolées moyennant la mise en œuvre réglementaire d'une obligation de concession spécialement définie et ciblée [3]. Lorsque l'opérateur historique Telmex a été privatisé en 1990-1991, la concession de privatisation prévoyait des dispositions et des clauses très précises pour l'extension des télécommunications à des communautés de population spécifiées dans l'ensemble du pays. Au moment de la privatisation de Telmex, une politique de télécommunications rurales était déjà en place et un programme de télécommunications rurales était en cours de mise en œuvre au Mexique. Les planificateurs du réseau avaient examiné les technologies existantes et pertinentes, et les plus prometteuses d'entre elles étaient déjà utilisées dans le réseau mexicain. La concession de Telmex prévoyait l'obligation d'étendre les télécommunications à toutes les communautés du Mexique non desservies, comme indiqué dans le Tableau 9 figurant ci-dessous.

TABLEAU 9

Besoins d'extension faisant l'objet de la concession de Telmex

	Population de la communauté						
	0-500		500-2 500		2 500-5 000		>5 000
Demandeurs (A)	<100	>100	<100	>100	<100	>100	(B)
D'ici à la fin de 1994	Néant	Néant	(C)	(C)	(C)	(D)	(E)
1995 et au-delà	(F)	(D)	(F)	(D)	(F)	(D)	(E)
NOTES							
(A)	Demandeurs, avec dépôt de trois mois payé.						
(B)	Pas d'exigence concernant les demandeurs en attente. Le service automatique doit être assuré à toutes les communautés ayant une population de plus de 5 000 habitants.						
(C)	Exigence minimale, publiphone et/ou agence. «Accès au service de base».						
(D)	Assurer un service automatique dans un délai de 18 mois à compter du 100 ^e demandeur en attente.						
(E)	Le service automatique doit être assuré à toutes les communautés ayant une population de plus de 5 000 habitants.						
(F)	Assurer un service si les dépenses peuvent être couvertes à 75%.						

Au moment de la concession, sur la base des données de recensement existantes, on estimait qu'aux termes de cette exigence il faudrait desservir environ 9 600 communautés supplémentaires, étant entendu qu'avec les données de recensement complémentaires d'ici à la fin de 1994 il faudrait vraisemblablement desservir de nouvelles communautés en plus de celles qui ont besoin d'un service et modifier la catégorie de certaines des communautés figurant déjà sur la liste.

L'expérience mexicaine est probablement, après la concession de Telmex, l'un des meilleurs exemples que l'on puisse trouver d'un programme de télécommunications rurales relativement bien exécuté et réussi, c'est-à-dire méthodique, économique et ayant atteint ses objectifs. Ce programme a été planifié et exécuté pendant une période de quatre ans, avec un mandat clairement défini, un objectif de performance spécifique et une date d'achèvement prescrite.

3.7.2 Catégorie 2: régime de licences pour les opérateurs exclusivement ruraux

Dans des pays comme le Bangladesh, la République tchèque, la Pologne ou le Venezuela, des opérateurs ruraux se sont vus délivrer des licences pour opérer avant tout dans les zones rurales. Plusieurs questions ont été examinées: rentabilité, partage des recettes et interconnexion.

3.7.3 Interconnexion

Ce qui suit s'inspire des travaux du quatrième Colloque de l'UIT sur la réglementation/Unité de planification stratégique [13, 14].

Pour que la concurrence soit efficace, le nouvel opérateur doit pouvoir s'interconnecter à des conditions «raisonnables». Ces conditions comprennent non seulement la tarification mais aussi de nombreux autres aspects qui sont examinés succinctement ci-après.

Il est utile, à titre préliminaire, de prendre conscience de fait qu'une grande partie du coût total supporté par un exploitant à grande distance est constituée de paiements qu'il effectue au PTO historique pour les services d'interconnexion. Par exemple, plus de 45% du coût total encouru par Sprint (l'un des exploitants à grande distance des États-Unis) pour assurer une communication moyenne sont constitués de paiements que cet exploitant effectue pour les services d'interconnexion, c'est-à-dire pour l'interconnexion de ses communications au départ et à l'arrivée ou pour leur transport sur une partie du trajet à grande distance d'un autre exploitant à grande distance (ce chiffre est basé sur une analyse des rapports annuels de Sprint pour 1991-1993 par M. Tyler et autres). De même, il y a quelques années, deux nouveaux opérateurs japonais à grande distance, DDI et Teleway Japan, payaient environ 35% de leur tarif pour assurer le transport local d'une communication typique au PTO historique, Nippon Telephone and Telegraph Corporation (NTT). Tous les nouveaux opérateurs qui n'offraient initialement qu'un service à grande distance (y compris, dans certains cas, un service international) ont été confrontés à des coûts d'interconnexion d'une ampleur similaire.

Des prix d'interconnexion qui permettent la concurrence et le maintien de l'exploitation par les concurrents sont une condition nécessaire mais non suffisante pour une politique d'interconnexion économiquement viable. Le niveau et la structure des prix d'interconnexion influent aussi fortement sur l'équilibre concurrentiel entre le PTO historique et le nouvel opérateur et sur les stratégies et le comportement spécifiques du nouvel opérateur et du titulaire. Des conditions d'interconnexion fondées sur des critères économiques appropriés et le développement des pressions concurrentielles qui en résulte peuvent inciter, d'une part, le titulaire à améliorer ses performances et, d'autre part, les nouveaux opérateurs à rechercher les moyens les plus rentables de construire de nouveaux réseaux et de développer ou «réorganiser» les systèmes et pratiques d'exploitation. En revanche, des prix d'interconnexion trop élevés (ou anticoncurrentiels) peuvent conduire à une mauvaise affectation des ressources. L'accord de l'OMC sur les télécommunications de base donne des directives en la matière: «L'interconnexion avec un fournisseur principal sera assurée à tout point du réseau où cela sera techniquement possible suivant des modalités, à des conditions (y compris les normes et spécifications techniques) et à des tarifs non discriminatoires et sa qualité est non moins favorable que celle qui est prévue pour les services similaires dudit fournisseur ou pour les services similaires des fournisseurs de services non affiliés ou pour des filiales ou autres sociétés affiliées ...». Les administrations qui souhaiteraient avoir un cadre général pour leur politique d'interconnexion pourraient s'inspirer du document de référence de l'OMC largement adopté.

3.7.3.1 Types d'interconnexion

Sept types d'interconnexion sont examinés dans le rapport de l'UIT sur l'interconnexion. Ils sont valables pour le développement de télécommunications rurales dans la mesure où le service rural peut être assuré par un fournisseur en concurrence avec le PTO en place. Dans de nombreux cas, la concurrence peut être un outil nécessaire pour stimuler le développement des télécommunications rurales et élargir le réseau existant. Dans d'autres cas, une restructuration, une autre planification ou, plus vraisemblablement, un apport d'investissements nationaux ou étrangers directs dans l'infrastructure existante peuvent suffire pour dynamiser le développement.

En utilisant la méthode exposée dans le rapport de l'UIT sur l'interconnexion, on a regroupé les sept types d'interconnexion en trois catégories. Les catégories et les types sont les suivants:

Catégorie 1

- 1) *Raccordement de l'équipement des locaux d'abonné (CPE) au RTPC.* Il s'agit de la réglementation qui régit l'interconnexion avec le RTPC de l'équipement des locaux de l'abonné (CPE) tel que les appareils téléphoniques, les télécopieurs, les modems ou PBX. L'évolution de la technique offrant dans de nombreux cas la possibilité de choisir entre l'exécution de certaines fonctions par le CPE ou par le RTPC, la distinction entre le raccordement de CPE (notamment de PBX) et d'autres formes d'interconnexion est un peu moins nette qu'elle peut initialement le paraître.
- 2) *Interconnexion de réseaux privés («d'entreprise») avec le RTPC.* Les réseaux privés, fondés généralement en totalité ou en partie sur l'utilisation de lignes louées («circuits privés») fournies par un ou plusieurs PTO peuvent exister en tant qu'entités acheminant le trafic uniquement entre des points «sur réseau», c'est-à-dire des emplacements reliés par des PBX ou par des lignes louées. Mais leur valeur économique est considérablement renforcée si les communications peuvent émaner du réseau privé et aboutir au RTPC ou émaner du RTPC et aboutir au réseau privé.
- 3) *Interconnexion de réseaux à valeur ajoutée (VAN) avec le RTPC.* Les fournisseurs de service à valeur ajoutée ou «améliorés» (par exemple, courrier électronique, services d'accès aux informations/bases de données en ligne ou services de communications de données spécialisés) exploitent leurs propres équipements de réseau tels que ordinateurs, logiciel d'application et parfois commutateurs spécialisés. Ils doivent s'interconnecter avec le RTPC et/ou avec un réseau de données public commuté (RDPC) pour assurer leurs services à la plupart des utilisateurs finals.

Du point de vue du responsable de la réglementation, les interconnexions de la catégorie 1 sont similaires à deux égards. Etant donné que les CPE, les réseaux privés et les VAN ne sont pas en concurrence avec le réseau de base des PTO historiques, ils ont été libéralisés dans de nombreux pays bien avant que la politique menée dans ces pays par les pouvoirs publics n'autorise la concurrence au niveau du réseau téléphonique central. Les réseaux privés et les VAN sont souvent peu réglementés, voire pas du tout, et les responsables de la réglementation permettent généralement aux PTO historiques de pratiquer pour les acheteurs d'interconnexion les mêmes tarifs que pour des utilisateurs finals ordinaires (qui bénéficieraient néanmoins de toutes les réductions accordées aux utilisateurs finals à fort volume de trafic).

Catégorie 2

- 4) *Interconnexion de nouveaux réseaux fixes à grande distance avec le RTPC.* Dans cette rubrique, nous mettons essentiellement l'accent sur le cas «classique» dans lequel le nouvel opérateur est en totalité ou en grande partie un fournisseur, possédant ses propres installations, de services à grande distance et internationaux exclusivement comme dans le cas de MCI et de Sprint aux Etats-Unis, de DDI au Japon, de Mercury au Royaume-Uni, de Clear Communications en Nouvelle-Zélande.
- 5) *Interconnexion de nouveaux réseaux fixes locaux avec le RTPC.* Bien que la concurrence ait été introduite initialement sur les marchés à grande distance et/ou internationaux (dans presque tous les cas où elle est apparue), d'autres réseaux fixes sont maintenant établis dans de nombreux pays pour le service local également. Certains des exploitants de ces réseaux n'assurent qu'un service local sur leur propre réseau. Afin d'assurer un service commercialement viable, ces opérateurs doivent s'interconnecter avec un ou plusieurs exploitants à grande distance et avec le réseau local du PTO historique dans leur propre zone locale.

Les deux types d'interconnexion de la catégorie 2 ne sont apparus que lorsque la politique des pouvoirs publics d'un pays a autorisé la concurrence d'une ou de plusieurs entreprises prêtes à rivaliser avec le PTO historique. Cette situation se présente souvent (mais pas uniquement) après la libéralisation de l'interconnexion de la catégorie 1. Une fois que ce profond changement de réglementation a eu lieu, d'autres problèmes complexes se posent en ce qui concerne l'interconnexion, par exemple le niveau et la structure appropriés des taxes d'interconnexion et les meilleures méthodes possibles de réglementation de ces problèmes.

L'interconnexion du réseau d'un nouvel opérateur au RTPC exploité par le PTO historique forme une extension du RTPC constituant essentiellement un réseau physique unifié, contrôlé et exploité par plusieurs organismes indépendants. Les problèmes d'interconnexion que doivent résoudre les responsables de la réglementation concernent principalement l'interconnexion de nouveaux opérateurs qui établissent et exploitent leurs propres réseaux de transmission («exploitants possédant leurs propres installations») mais, dans certains cas, ils peuvent s'étendre aux exploitants revendeurs (qui fondent essentiellement ou totalement leurs activités sur la revente des services d'autres exploitants).

Catégorie 3

- 6) *Interconnexion de réseaux cellulaires et d'autres réseaux «sans fil» avec le RTPC.* Etant donné que la majeure partie du trafic acheminé par les réseaux cellulaires est un trafic au départ et à destination du RTPC fixe, l'interconnexion avec le(s) PTO historique(s) est une absolue nécessité. De même, les réseaux «sans fil» qui assurent un service d'accès local par des moyens sans fil, jusqu'ici en général dans les localités urbaines, doivent s'interconnecter avec le RTPC afin d'assurer un service commercialement viable.
- 7) *Interconnexion de systèmes à satellites avec le RTPC.* En principe, il ne s'agit pas d'une catégorie distincte. Si les systèmes à satellites assurent des services mobiles, ils peuvent appartenir au type 6. S'ils sont établis pour une utilisation à l'intérieur d'une entreprise, ils peuvent entrer dans la catégorie «réseau privé» ou, s'ils sont utilisés comme des éléments de service par un exploitant de réseau fixe, ils peuvent être considérés comme appartenant à la catégorie 2. Néanmoins, dans la pratique, les politiques d'interconnexion concernant les systèmes à satellites sont souvent inscrites sous forme de question distincte à l'ordre du jour de la réglementation. Cela a été le cas, par exemple, dans chacun des pays européens qui a autorisé la concurrence dans les communications par satellite et dans le processus législatif de l'Union européenne.

Les deux types d'interconnexion de la catégorie 3 concernent des opérateurs qui amélioreront considérablement les réseaux des PTO nationaux historiques. Outre les problèmes de réglementation génériques que posent aussi les nouveaux opérateurs qui appartiennent aux catégories 1 et 2, les nouveaux opérateurs de la catégorie 3 posent des problèmes de réglementation spécifiques, partiellement liés à leurs demandes en matière de spectre des fréquences radioélectriques et de mobilité transnationale de leurs utilisateurs finals.

3.7.3.2 Les multiples «dimensions» de la politique d'interconnexion

Une politique d'interconnexion comprend plusieurs éléments différents. On peut définir les «dimensions» d'une politique d'interconnexion en examinant deux questions: quelles sont les conditions d'interconnexion importantes pour un nouvel opérateur et lesquelles de ces conditions le responsable de la réglementation cherchera-t-il à influencer ou à contrôler?

Conditions d'interconnexion

a) Aspects tarifaires:

- Niveau des prix
- Structure des prix
 - Calcul en moyenne/par catégories
 - Intégration/séparation
 - A un ou plusieurs éléments

b) Aspects non tarifaires:

- Conditions techniques et opérationnelles
 - Fonctions d'interconnexion exécutées
 - Intégration/séparation des fonctions d'interconnexion
 - Structure géographique de l'interconnexion
 - Emplacement du POI dans l'architecture de réseau RTPC de l'opérateur historique
 - Dispositions relatives à la qualité
 - Interfaces et normes techniques
- Conditions administratives
 - Conditions de divulgation des informations
 - i) Situation actuelle du réseau de l'opérateur historique
 - ii) Futurs projets pour le réseau de l'opérateur historique
- Conditions de facturation/paiement

Par «niveau général des prix d'interconnexion», nous entendons le prix qu'un exploitant interconnecté paie au PTO historique pour l'acheminement d'un volume de trafic donné ou pour la fourniture d'une capacité donnée. Une question essentielle qui se pose concernant le niveau des prix est celle de savoir dans quelle mesure ces prix peuvent inclure un élément de «surtaxe» fondé sur des considérations autres que les ressources utilisées par le PTO historique pour assurer les services d'interconnexion, par exemple pour contribuer au financement de l'exécution, par l'opérateur historique, des obligations d'accès de service universel.

La structure des prix d'interconnexion se compose de nombreux éléments. Parmi ces considérations structurelles, les plus importantes sont les suivantes:

– *Etablissement des prix en moyenne ou par catégories:*

Les taxes d'interconnexion peuvent être fixées au même niveau pour tout le trafic ou varier, généralement afin de refléter les conditions particulières influant sur le coût de la production de services d'interconnexion par le PTO historique. Les taxes établies par catégories peuvent varier pour refléter des facteurs tels que:

- le volume de trafic à chaque point d'interconnexion (POI);
- la distance d'un POI du nouvel opérateur par rapport au commutateur local le plus proche du réseau du PTO historique (si cette distance est grande, parce que le nouvel opérateur a décidé d'installer peu de POI, le trafic de ce nouvel opérateur doit parvenir au commutateur local le plus proche de l'opérateur historique par des liaisons intermédiaires dans le réseau de celui-ci, c'est-à-dire des commutateurs en cascade ou des «circuits inter-machines»);
- la zone géographique où l'interconnexion est assurée (les coûts du PTO historique peuvent être plus élevés dans certaines zones que dans d'autres, par exemple en raison du nombre et de la densité géographique des abonnés téléphoniques).

– *Intégration ou séparation des fonctions:*

L'exploitant interconnecté paie-t-il une taxe unique pour toutes les fonctions de réseau nécessaires pour émettre et recevoir une communication par l'intermédiaire du réseau du PTO historique ou existe-t-il un «menu» avec différentes fonctions taxées séparément et avec la possibilité de choisir certaines fonctions plutôt que d'autres dans les cas où cela est techniquement possible? La séparation des fonctions peut conduire à offrir séparément l'utilisation de différentes parties «géographiques» du réseau du titulaire et/ou de différentes fonctions techniques.

– *Tarifs à un ou plusieurs éléments:*

Les taxes d'interconnexion peuvent revêtir la forme simple d'un prix par minute de trafic, c'est-à-dire d'un «tarif à un seul élément» ou encore le prix peut comprendre plusieurs éléments différents: par exemple, une taxe par minute, plus une taxe basée sur la capacité d'interconnexion fournie par le PTO historique. Des types plus élaborés de tarification à plusieurs éléments sont également possibles; certains d'entre eux peuvent être économiquement justifiés mais difficiles à appliquer.

En conclusion, un réseau de télécommunications rurales performant et durable suppose une politique et une réglementation appropriées. Les organisations internationales pourraient fournir une assistance technique, élaborer des politiques de tarification et d'interconnexion qui favorisent le développement commercial des services de télécommunication dans les zones rurales et isolées. A titre d'exemple de pays où de telles initiatives ont déjà été couronnées de succès, on peut citer le Mexique, comme indiqué ci-dessus, et le Bangladesh précédemment cité.

L'expérience indique que le cadre réglementaire le mieux adapté au développement des télécommunications rurales prévoit ce qui suit:

- une autorité de réglementation indépendante est chargée de l'octroi de licences et de concessions;
- des tarifs et des modalités de règlement des comptes appropriés sont en place;
- les obligations de concession doivent tenir compte de l'intégrité financière et de la viabilité du service de télécommunications rurales;
- les termes et conditions d'interconnexion sont examinés et définis;
- une gestion efficace du spectre des fréquences en assure l'utilisation rationnelle;
- les modalités d'octroi de licences sont compatibles avec une structure de réseau efficace.

La fourniture de services de télécommunication dans les zones rurales et isolées doit être fondée sur les principes suivants:

- le service est assuré par des PCO et des MCT, et par des lignes pour desservir les clients non résidentiels;
- l'investissement rural est encouragé d'une manière généralement compatible avec les relations prix/coût;
- l'innovation est encouragée pour assurer le service rural;
- l'exploitation des PCO et MCT ruraux concédée à des entrepreneurs (locaux) du secteur privé est encouragée.

La relation dépenses/recettes est un facteur clé pour l'organisme de réglementation, notamment afin de connaître le volume et les recettes du trafic entrant, y compris du trafic international entrant. L'organisme de réglementation peut obtenir une «contribution des recettes locales» adéquate et appropriée mais non excessive provenant du trafic entrant et sortant national et international.

Une obligation qui impose la fourniture d'un service aux zones rurales et isolées sera souvent nécessaire. L'obligation financière doit être aussi faible que possible et compatible avec l'intégrité financière et la durabilité du service de télécommunications rurales.

Une approche qui a donné de bons résultats est celle qui consiste à inclure, dans la licence ou la concession du PTO, des conditions qui imposent la fourniture accélérée et continue du service rural.

3.8 Aspects financiers

Dans de nombreux pays, on continue de penser que les télécommunications rurales ne sont pas rentables. Or, des études récentes montrent qu'en fait un service de télécommunication rurale est en général rentable.

La fourniture de services de télécommunication dans les zones rurales et isolées nécessite toutefois des ressources financières importantes (voir § 3.2.1 ci-dessus). Le financement nécessaire peut être obtenu de diverses façons:

- recettes (autofinancement);
- investisseurs privés;
- assistance multilatérale de développement;
- assistance bilatérale.

Autres formes de financement:

- les subventions croisées internes;
- des taxes d'interconnexion aménagées ou une contribution en faveur des opérateurs ruraux;
- des fonds pour le développement des zones rurales.

L'assistance multilatérale et l'assistance bilatérale font défaut au moment même où les pays en développement ont besoin d'avoir davantage de capitaux pour investir dans les télécommunications rurales. Manifestement, le financement interne, la participation du secteur privé ou des modes de financement novateurs sont les seules solutions possibles.

Pour être viable et durable, l'exploitation des services de télécommunications rurales doit obéir à des principes commerciaux.

L'opérateur doit avoir une idée claire des dépenses et des recettes; il cherchera à minimiser les premières et à maximiser les secondes. Il existe plusieurs solutions pour réduire les dépenses: achats en gros, achat à des prix compétitifs, partage des infrastructures, conception novatrice des systèmes et des équipements, fabrication locale et utilisation des ressources humaines locales. Il est possible d'augmenter les recettes en élargissant la gamme des services offerts par telle ou telle infrastructure ou installation en pratiquant une politique de marketing judicieuse.

En outre, les opérateurs de télécommunications publiques doivent être autorisés et encouragés à fixer et à suivre leur propre politique sans directives ou intervention des pouvoirs publics, si ce n'est une fonction de réglementation «minimaliste» qui n'en est pas moins «sensible».

La Commission d'études 1 de l'UIT-D a publié un projet de Rapport intérimaire sur – Politiques et modalités de financement des infrastructures de télécommunication dans les pays en développement. Avec les Actes des six Colloques sur le commerce et le financement des télécommunications organisés par le BDT dans les diverses régions du monde et l'étude sur le commerce et le financement (1998), ces documents donnent une idée très précise des moyens de financement [15, 16, 17].

Il ne faut pas oublier que les pouvoirs publics peuvent inciter par divers moyens – réductions des taxes à l'importation et des droits à payer sur les équipements, période d'exonération de l'impôt sur le revenu, report de la déduction des pertes nettes, etc. – les exploitants des télécommunications publiques et les investisseurs potentiels à mettre en place les infrastructures nécessaires à moindre coût.

Une façon de réduire le coût de la desserte des zones rurales consiste à encourager la création de coopératives locales qui construiront, exploiteront le réseau local et en seront les propriétaires. On pourrait dans cette optique faire appel à une main-d'œuvre bénévole pour construire l'installation téléphonique, ce qui permettrait bien sûr de faire des économies. La gestion de la coopérative serait normalement fondée sur le bénévolat.

Pour rentabiliser les télécommunications rurales il faut s'assurer que chaque ligne en service génère des recettes à grande distance suffisantes, à la fois pour les communications sortantes et entrantes. On atteint en général cet objectif pour les PCO/MCT ainsi que pour les institutions et les entreprises commerciales qui engendrent un volume important de communications à grande distance. Si les abonnés résidentiels potentiels sont de gros utilisateurs de services à grande distance engendrant des recettes grande distance importantes, il sera rentable de leur fournir un service résidentiel. Pour que les recettes grande distance provenant de ces abonnés soient adéquates, le principe de «tarification minimale» pourrait être appliqué. Conformément à ce principe, l'abonné équipé d'une ligne à sa résidence s'engagerait à payer un «montant de base» spécifié de recette grande distance même si le montant de ses communications à grande distance est inférieur à ce montant.

Accorder une concession pour l'installation et l'exploitation d'un équipement terminal (PCO ou MCT) est un autre moyen de réduire les investissements et les coûts d'exploitation pour l'opérateur de télécommunications publiques. L'expérience du Sénégal et de l'Inde par exemple, montre que le bénéficiaire de la concession et l'opérateur de télécommunications publiques font tous les deux des bénéfices importants. L'expérience du Bangladesh, pays dans lequel Grameen Telecom [18] a obtenu une licence pour fournir à chacun des 68 000 villages du pays des services de télécommunication, est une autre réussite. L'équipement terminal dans chaque village est acheté par un habitant de ce village, avec l'aide d'un microprêt, lequel sera remboursé par l'opérateur du terminal sur une certaine période de temps grâce aux recettes d'exploitation de ce terminal. Il est intéressant de noter que cette formule permet aussi aux exploitants de ces terminaux de créer des emplois dans des villages isolés.

Pour les gros investissements dans l'infrastructure des télécommunications, on peut puiser les sommes nécessaires dans un «fonds renouvelable de développement des télécommunications rurales» mis en place au niveau national, sous-régional ou régional par les opérateurs qui verseraient dans ce fonds quelques pour cent de leurs recettes. Le fonctionnement de ce fonds renouvelable est décrit dans les documents [17, 19].

3.9 Planification du développement des télécommunications rurales au niveau national [3]

3.9.1 Plans de développement

La planification d'un réseau de télécommunication consiste, pour une zone déterminée et sur une période donnée:

- à définir la structure du réseau général (commutation et transmission) ainsi que la structure du réseau d'accès des abonnés;
- à choisir des systèmes qui s'adaptent à l'environnement, aux objectifs d'exploitation, aux fonctions à mettre en œuvre et à la demande des clients avec le meilleur rapport qualité/prix.

Selon la période de planification retenue, on distinguera les types de plans suivants:

a) *Plan directeur ou planification à long terme*

Document élaboré pour dix à vingt ans, il concerne le plan de développement général.

En effet, laisser un réseau de télécommunication évoluer au gré des opérations de gestion opérationnelle courante ne permet pas à celui-ci de rester optimal très longtemps.

C'est pourquoi, il est nécessaire d'élaborer un plan directeur des télécommunications, document indispensable qui va servir de cadre à une politique cohérente en matière d'équipement, de gestion technique rationnelle et de bonne maîtrise des dépenses d'investissements.

b) *Plan à moyen terme*

Conçu pour trois à cinq ans, il concerne la faisabilité des projets et leurs spécifications. Il a pour but de définir:

- le réseau cible pour la période considérée, avec une estimation des besoins actuels et futurs en ce qui concerne les services;
- les grandes étapes du passage du réseau existant au réseau cible.

c) *Plan à court terme*

Conçu pour un à trois ans, il s'applique à des spécifications particulières de projets ou à des extensions de projets. Autrement dit, il a pour but de définir de manière détaillée le développement du réseau et les modalités pratiques de sa mise en œuvre.

d) *Mise à jour des plans directeurs*

Les plans à long et à moyen termes devraient être remis à jour périodiquement en fonction de l'évolution de la demande et de la technologie.

3.9.2 Plans techniques fondamentaux

La liste ci-après des plans techniques fondamentaux n'est pas exhaustive:

- le plan de numérotage;
- le plan d'acheminement;
- le plan de transmission;
- le plan de numérisation;
- le plan de synchronisation;
- le plan et de taxation;
- le plan de signalisation;
- le plan de couverture;
- le plan de fréquence; etc.

3.9.3 Planification du réseau

La planification du réseau doit se fonder sur des études préliminaires regroupant les données fondamentales suivantes:

1) Prévision de la demande et du trafic

Une prévision de la demande donne une projection du nombre de lignes principales pour l'année cible (en particulier les besoins immédiats et futurs des zones rurales concernées). Elle devrait en outre permettre de ventiler les lignes principales entre PCO, MCT, entreprises, administrations, lignes d'abonné résidentielles et lignes de service et types de services offerts.

La prévision du trafic obtenue d'après la prévision de la demande permet de connaître le volume et les flux du trafic, ce qui est impératif pour dimensionner les équipements en conséquence.

La couverture cible en termes d'étendue géographique du réseau, devrait tenir compte des réalités économiques, techniques et opérationnelles et intégrer une définition de l'accès/service universel compatible avec les besoins de développement et les possibilités du/des opérateurs de télécommunication.

2) Règles d'ingénierie régies par la stratégie de développement compte tenu des systèmes à mettre en œuvre et des plans techniques fondamentaux.

3) Données sur l'infrastructure existante qui peuvent servir de base pour prendre des décisions concernant:

- le remplacement des équipements obsolètes;
- l'extension de la durée de vie des équipements encore utilisables;
- l'utilisation ou la réaffectation de l'infrastructure existante (pylônes, par exemple).

Compte tenu des données et informations ci-dessus, la planification du réseau comprend en outre les tâches suivantes:

- a) le choix des emplacements des centraux et des nœuds de transmission;
- b) la conception de la structure du réseau de commutation.

Par le passé, les réseaux ruraux comportaient souvent un grand nombre de petits commutateurs locaux. Etant donné que ces commutateurs sont petits et distants, les charges financières et les coûts de maintenance par ligne d'accès sont en général très élevés. Des variantes plus modernes de l'architecture «filaire» de Terre permettent de résoudre en partie ce problème en concentrant dans chaque emplacement le trafic provenant des lignes d'accès des utilisateurs via une unité distante. Cette dernière n'exécute pas nécessairement toutes les fonctions de commutation; elle envoie le trafic sur des circuits de transmission efficacement partagés jusqu'à un commutateur régional, ce qui permet de réaliser des économies d'échelle impossibles avec une architecture nécessitant un nombre important de petits commutateurs.

Les architectures «hertziennes» plus modernes reprennent la même idée tout en allant un peu plus loin puisqu'elles collectent et concentrent le trafic via des «stations de base» radio (dont chacune peut desservir une zone étendue lorsque la densité d'abonnés est faible). Le trafic en provenance de plusieurs stations de base est acheminé via un commutateur régional, ce qui permet de réaliser des économies d'échelle. Il y a aussi les solutions utilisant le satellite qui reposent pour l'essentiel sur la même idée si ce n'est que les «stations de base» sont dans l'espace et que les zones géographiques sur lesquelles le trafic est collecté («empreintes» du satellite) sont beaucoup plus vastes. Ces architectures sont donc tout particulièrement indiquées pour la desserte des régions où la densité des abonnés est très faible (et le coût fixe d'une station de Terre est trop élevé par abonné desservi) et les régions présentant un relief accidenté où les coûts d'implantation de stations de Terre et/ou la propagation radioélectrique posent des problèmes importants.

c) la conception de la structure du réseau de transmission.

En particulier, les liaisons de transmission longue distance d'un réseau rural constituent une partie importante de l'investissement, quelle que soit la technologie utilisée, lignes en fils nus, faisceaux hertziens de Terre, câbles aériens ou câbles coaxiaux, câbles à fibres optiques, ou même liaisons de satellite. Il est donc essentiel d'utiliser efficacement ces liaisons et, pour ce faire, on peut:

- utiliser la compression numérique pour les signaux vocaux;
 - utiliser la possibilité d'une connexion hertzienne avec les utilisateurs finals pour collecter le trafic sur une zone étendue afin que les différents flux de trafic présentant des heures de pointe différentes soient combinés sur le même support de transmission. Les architectures utilisant le satellite présentent un avantage dans ce domaine;
 - utiliser la signalisation par canal sémaphore (normes de l'UIT pour le Système de signalisation N° 7) afin d'éviter d'utiliser les circuits vocaux pour la signalisation).
- d) la planification des travaux de génie civil (bâtiments ou abris, voies d'accès, conduits, chambres, sites radio, pylônes, etc.);
 - e) la planification des caractéristiques de l'unité d'alimentation (énergie solaire, classique, etc.);

- f) la délimitation des zones (locales et de «sous-répartition»);
- g) l'évaluation en paires/km des câbles primaires et/ou des équipements de transmission radio de liaison entre l'équipement de commutation et les stations de base pour le réseau d'accès;
- h) l'évaluation des paires secondaires et/ou des équipements radio d'accès (stations de base et terminaux abonnés) pour le réseau d'accès;
- i) les prévisions des coûts d'investissement pour la période de planification, utilisées en vue:
 - d'évaluer le financement requis pour la mise en œuvre du plan de développement;
 - d'évaluer la rentabilité globale des investissements;
 - d'utiliser les crédits à bon escient et au bon moment.

L'acquisition de terrains pour les bâtiments et les pylônes, les droits de servitude pour les réseaux filaires (poteaux télégraphiques), les lignes électriques et les voies d'accès doivent être prises en compte dans les estimations des investissements.

Il faudra, pour ce faire, apporter des corrections, faire des réévaluations et des mises à jour périodiques pendant toute la durée de vie du plan de développement. La complexité et la nature répétitive des calculs incitent à utiliser des outils logiciels, tant pour la planification que pour les mises à jour.

Selon le type de planification, on peut utiliser divers outils, par exemple pour:

- la structure générale du réseau (commutation et transmission); et
- la structure du réseau d'accès d'abonné local (câble et/ou radioélectrique).

3.9.4 Planification dans les zones rurales

Le réseau rural devrait être considéré comme une extension du réseau public national. La planification du réseau dans les zones rurales doit donc porter sur la structure du réseau interurbain qui achemine le trafic des zones rurales et du réseau d'accès pour les abonnés ruraux.

Comme cela a été dit plus haut, on utilise des logiciels de planification pour mettre au point la structure générale du réseau, en particulier celle du central desservant les zones rurales.

On dispose aussi d'outils de planification conçus spécialement pour les parties «radio» du réseau local, notamment pour calculer la zone de couverture, pour déterminer les besoins de fréquences et pour planifier les fréquences.

Ces logiciels permettent d'effectuer des simulations en faisant varier les paramètres d'entrée, ce qui facilite le choix de la structure optimale du réseau et des technologies les mieux adaptées.

3.9.5 Etudes complémentaires

Il conviendrait d'entreprendre des études complémentaires sur la faisabilité économique, la planification des projets et les besoins en ressources humaines des réseaux ruraux.

L'étude de faisabilité économique aide à choisir la solution optimale et la plus économique, compte tenu des dépenses d'investissement, des recettes et des coûts d'exploitation. Elle permet de corriger les objectifs du plan en fonction des ressources financières budgétées et des coûts d'exploitation. La version définitive, qui sera réévaluée à intervalles réguliers, peut ensuite être utilisée pour réviser les plans de développement.

Il faut déterminer également les ressources humaines et la formation dont on a besoin pour exploiter le réseau, car ce sont des paramètres qui influenceront eux aussi sur le coût du projet.

En conclusion, pour toute planification de réseau, il faut tenir compte de la demande totale, en particulier des besoins immédiats et futurs des zones rurales. Pour les projets à court ou à moyen terme, on a besoin de caractéristiques techniques précises pour préparer les appels d'offre afin de s'assurer qu'elles sont conformes aux impératifs d'exploitation et aux objectifs de performance. (Certaines caractéristiques sont fournies dans le cadre de la planification du réseau: par exemple, le volume de trafic par central, le nombre de circuits, les plans d'acheminement, la capacité de transmission nécessaire, etc.)

3.10 Conception des systèmes

3.10.1 Critères à utiliser pour le choix de la technologie

Outre ce qui vient d'être dit, le choix devrait être guidé par les considérations suivantes:

- a) Le nouvel équipement sera numérique jusqu'au central local compris. Pour le réseau d'accès d'abonné ou la boucle locale, le numérique est préféré, mais pour des raisons économiques, l'analogique est accepté. L'objectif est de faire le plus d'économies possible au niveau du réseau tout en restant à jour sur le plan technologique. Les centraux communautaires peuvent utiliser n'importe quelle technologie permettant d'assurer le service demandé à moindre coût aujourd'hui et dans l'avenir.
- b) Chaque fois que cela se justifie, il convient de donner la préférence aux équipements et aux composantes fabriqués localement.
- c) On préférera des équipements et des systèmes utilisant des normes recommandées par l'UIT à ceux utilisant des normes «internes».
- d) Les fonctions nécessaires seront nombreuses mais il faudra limiter le plus possible le nombre de types d'équipements différents pour maximiser les économies d'échelle et minimiser les coûts d'exploitation (pièces de rechange et formation).
- e) On préférera les équipements ou les systèmes modulaires évolutifs très souples qui peuvent être redéployés facilement.
- f) Pour des projets d'envergure, on préférera des équipements rodés pour lesquels on dispose de données de fiabilité basées sur les statistiques de service. Dans tous les cas, des garanties devront être spécifiées.
- g) Les équipements consommant peu d'énergie et équipés de sous-systèmes d'alimentation de secours intégrés auront un avantage.

Théoriquement, on choisira et utilisera pour la conception des systèmes un petit nombre de technologies possibles en fonction des considérations ci-dessus. Les achats d'équipement en gros pourront alors faire l'objet d'appels d'offre. A ce jour, les technologies suivantes ont été choisies et utilisées à grande échelle par les organismes publics et privés:

- systèmes de radiocommunication d'abonné à accès multiple;
- systèmes de communications cellulaires fixes ou mobiles;
- systèmes radioélectriques mono ou bicanal;
- centraux de commutation numériques de faible capacité;
- petites stations terriennes/microstations;

La conception des systèmes devrait être globale et tenir compte des besoins de service existants et futurs, de l'intégration avec le RTPC et, si nécessaire, d'autres réseaux. Dans une conception optimale des systèmes (coût de cycle de vie minimal), il conviendrait de prendre en compte divers éléments: achat, partage des infrastructures, intégration des services et qualité de service. Chaque élément de coût doit être soigneusement examiné, par exemple:

- a) Le coût élevé des pylônes autoporteurs fera augmenter sensiblement le coût unitaire dans des emplacements distants desservant une ou quelques lignes; il est donc difficile à justifier, sauf dans les emplacements où il y a un seul central.
- b) Il peut être plus aisé d'assurer la maintenance d'un grand nombre de répéteurs situés à des emplacements d'accès facile que d'un petit nombre de répéteurs situés à des emplacements d'un accès plus difficile. Toutefois, plus il y aura de répéteurs, plus le financement et les coûts de maintenance seront importants.

3.10.2 Contraintes liées à l'environnement

L'environnement influe sur la conception des systèmes et le choix des équipements. Il faut donc rassembler les informations suivantes:

- température mensuelle moyenne, maxima, minima et extrêmes;
- température et humidité relatives les plus élevées;
- vitesse du vent la plus élevée (vent régulier et rafales) et principale direction du vent;
- fréquence des orages électriques (foudre);
- taux de précipitation (pluie, grêle, neige);
- poussières, insectes, champignons;
- atmosphères corrosives ou polluantes;

- données sur le rayonnement solaire;
- activité sismique;
- caractéristiques du sol (pour les travaux de génie civil et la mise à la terre).

Il convient de collecter des statistiques de distribution annuelles pour chaque emplacement s'il en existe. Les minima et les maxima devraient être les valeurs normalement observées car il est en général peu réaliste de concevoir des équipements pour des situations extrêmes, mais rares.

3.10.3 Mise en œuvre

Pendant la phase de mise en œuvre, il faut réunir les conditions suivantes:

- surveiller les progrès réalisés et tenir un relevé des événements marquants;
- surveiller la construction des ouvrages civils et l'installation des équipements; et
- relever les dysfonctionnements et procéder à des essais de recette une fois les travaux finis.

Il existe des outils informatiques pour la planification et la surveillance des projets que l'on utilisera chaque fois que cela est possible.

3.11 Gestion du réseau

Les fonctions de gestion du réseau concernent la configuration, la gestion, la surveillance des ressources du réseau ainsi que l'enregistrement des paramètres d'utilisation et de fonctionnement afin d'offrir des services de télécommunication d'une qualité et d'un prix acceptables.

L'UIT-T a défini une architecture fonctionnelle et une architecture physique pour la fonction de gestion, à savoir le réseau de gestion des télécommunications (RGT). Le modèle générique est défini dans la Recommandation UIT-T M.3100. Des précisions concernant le modèle d'information SDH sont données dans les Recommandations UIT-T G.774, G.774.01, G.774.02, G.774.03 et G.774.04.

Etant donné que la gamme des services de télécommunication offerts ne cesse de se diversifier et que la capacité d'acheminement de trafic des nœuds de commutation et de systèmes de transmission ne cesse d'augmenter, la gestion du réseau (en particulier, exploitation, maintenance et administration) revêt de plus en plus d'importance. Elle suppose la supervision de plusieurs éléments du réseau pour savoir comment ils sont utilisés et pour contrôler et optimiser la qualité de service.

Les Recommandations relatives au réseau de gestion des télécommunications (RGT) présentent les caractéristiques générales de l'architecture nécessaires pour répondre aux besoins de gestion en ce qui concerne la planification, la fourniture, l'installation, la maintenance, l'exploitation et la gestion des réseaux et services de télécommunication. Dans le contexte du RGT, on entend par gestion un ensemble de fonctionnalités permettant l'échange et le traitement d'informations de gestion afin d'aider les opérateurs à travailler correctement. Les services et protocoles de gestion des systèmes OSI (Recommandation X.700) constituent un sous-ensemble des fonctions de gestion qui peuvent être fournies par le RGT. Ces notions s'appliquent aux réseaux ruraux, une fois les corrections et les simplifications nécessaires apportées.

Les fonctions d'application de gestion sont contenues dans les fonctions du système d'exploitation du RGT. Il y a quatre niveaux:

- a) Au *niveau gestion des éléments du réseau* (NEML) sont situées les fonctions concernant la gestion des éléments du réseau d'une région. Il s'agit essentiellement de fonctions de maintenance mais il peut y avoir une fonction de configuration, voire des statistiques détaillées.
- b) Au *niveau gestion du réseau* (NML) on trouve les fonctions concernant la gestion du réseau pris dans son intégralité. Le plus souvent, la visibilité du réseau dans son ensemble sera totale et on fera en sorte de s'affranchir des contraintes liées au fournisseur. La configuration du réseau dans son ensemble serait réalisée à ce niveau tout comme l'analyse de performance et les statistiques.
- c) Au *niveau gestion du service* (SML) on trouve toutes les fonctions de gestion d'un service donné. Ce service peut être mis en œuvre dans plusieurs réseaux, chaque réseau assurant de nombreux services. C'est à ce niveau qu'on trouve les fonctions liées à l'abonné – abonnements, droits d'accès, tenue à jour des statistiques d'utilisation et des comptes et fonctions liées à l'établissement et à la maintenance des fonctionnalités offertes par le service lui-même, au-dessus ou au-dessous des fonctionnalités du réseau.

- d) Au *niveau gestion commerciale* (BML) on trouve toutes les fonctions nécessaires pour mettre en œuvre les politiques et stratégies à l'intérieur de l'organisation qui exploite les services (et éventuellement le réseau) et en est le propriétaire. Influencées par des niveaux de gestion encore plus élevés – législation ou facteurs macroéconomiques – ces fonctions pourraient comprendre les politiques de tarification, les stratégies de maintien de la qualité, qui donnent des orientations sur l'exploitation du service lorsque la qualité de fonctionnement des équipements ou du réseau est dégradée, etc. Il est peu vraisemblable que la majorité de ces fonctions soit automatisée dans un avenir proche même si l'on pourrait envisager d'utiliser certains outils: analyse des tendances, modélisation économique, modélisation de la demande ou prévisions de l'impact de la qualité.

Les principales fonctions de gestion du RGT sont les suivantes:

- dérangements: supervision des alarmes, localisation des dérangements et réalisation de tests;
- comptabilité et statistiques: toutes les fonctions permettant de comptabiliser l'utilisation du réseau;
- performance: gestion du trafic et du réseau (observations du trafic, reconfiguration) et observations pour la qualité de l'optimisation du service;
- configuration: gestion des paramètres de configuration, des installations, des commandes et des états;
- sécurité: protection des systèmes et des réseaux (accès non autorisé à des ressources ou des données, dysfonctionnements des équipements).

Dans tous les réseaux, la gestion des ressources sera facilitée si les équipements de commutation et de transmission sont homogènes. La maintenance sera simplifiée et moins coûteuse si le nombre de modules à tester, à réparer ou à remplacer est faible. La gestion du matériel, de la documentation, de la formation, etc., sera elle aussi beaucoup plus simple si les équipements sont normalisés.

Les équipements devraient pouvoir être améliorés ou modifiés pendant qu'ils sont en service. L'évolution devrait être compatible avec les modifications précédentes et avec les services existants, les logiciels, la documentation, etc. La plupart de ces modifications, par exemple le chargement de logiciels de microprocesseurs lorsque de nouveaux services vont être offerts, peuvent se faire à distance.

Avec les essais en ligne, la détection et la localisation automatiques des dérangements, les technologies nouvelles simplifient l'exploitation et la maintenance, ce qui est particulièrement important dans des zones isolées.

La mise en œuvre d'équipements de transmission utilisant la hiérarchie numérique synchrone (SDH) améliore la disponibilité et la fiabilité du réseau. Des mécanismes agissant à différents niveaux donnent des informations sur l'exploitation du réseau afin d'éviter les pannes dues à une saturation ou à une surcharge des ressources du réseau.

Plusieurs Recommandations des séries G, M et Q de l'UIT-T traitent de la maintenance, de la gestion et de l'exploitation du réseau.

3.12 AOM&P (administration, exploitation, maintenance et fourniture)

Pour un service de télécommunication, par «administration, exploitation, maintenance et fourniture on entend:

- la commercialisation des services;
- la facturation et la taxation des abonnés, y compris la collecte de l'argent dans les cabines téléphoniques;
- la vérification de la situation des abonnés (déconnexions temporaires ou permanentes);
- l'élaboration et le respect d'un budget annuel d'administration, d'exploitation et de maintenance (personnel et matériel);
- la formation du personnel d'exploitation;
- les travaux d'installation des stations d'abonné dans les nouveaux locaux des abonnés;
- le suivi des plaintes des abonnés;
- la formation ou l'instruction des utilisateurs;
- la maintenance administrative.

Les systèmes téléphoniques actuellement en service dans les zones rurales devront, au besoin, être changés pour répondre à l'augmentation de la demande ou à une demande de nouveaux services. Pour maintenir la qualité de service requise, il faut:

- augmenter le nombre de canaux;
- modifier les paramètres des systèmes;
- contrôler les données de trafic;
- analyser et utiliser les statistiques concernant les dérangements;

- faire un inventaire des pièces détachées;
- faire effectuer par le fabricant les réparations des équipements et des unités qui ne peuvent être réparées dans un centre de maintenance;
- former le personnel de maintenance;
- assurer la maintenance préventive;
- assurer la maintenance corrective.

4 Technologies de réseau

Le réseau d'accès est la partie du réseau de télécommunication qui permet de raccorder les abonnés au central local. Il se compose d'un certain nombre d'éléments de commutation et de transmission traditionnellement configurés en étoile, en arbre ou en bus. Parmi les diverses topologies il faut en choisir une en fonction de la répartition géographique des emplacements distants existants ou prévus, des services à offrir, du volume de trafic escompté, des risques liés à l'environnement et de la sécurité. Avec l'introduction de la hiérarchie numérique synchrone dans le réseau, la configuration «en anneau» est une topologie techniquement satisfaisante. Dans une telle configuration, tous les concentrateurs de commutation et les unités d'abonné locales ou distantes peuvent être raccordés au central principal par un anneau de transmission autodépannable.

Quelle que soit la topologie de réseau choisie, le réseau d'accès aux abonnés peut être mis en œuvre avec divers systèmes: fils métalliques, fibres optiques, liaisons radioélectriques, faisceaux hertziens ou liaisons par satellite ou une combinaison de ces diverses possibilités.

Par le passé, les réseaux d'accès dans les zones rurales étaient le plus souvent des réseaux à fils métalliques, combinés parfois à des systèmes point à point de faible capacité ou des systèmes hertziens point-multipoint. Aujourd'hui, les nouvelles technologies permettent:

- de réduire les coûts d'exploitation et de maintenance;
- d'améliorer la maintenance et l'exploitation (localisation centralisée des dérangements, modification de service, etc.);
- de mettre en œuvre facilement et rapidement de nouveaux services;
- d'accroître la largeur de bande/la capacité.

Ce chapitre a pour objet de passer en revue ces nouvelles technologies et d'examiner également dans quelle mesure elles peuvent offrir de nouveaux services – Internet, applications multimédias, vidéo à la demande, télé-médecine, télé-enseignement, etc. – pour lesquels on a besoin d'une plus grande largeur de bande. A l'heure actuelle, il est certes peu probable que des abonnés potentiels des zones rurales des pays en développement puissent s'offrir de tels services, mais il faut en tenir compte pour planifier de nouveaux réseaux ou améliorer les réseaux existants. Par exemple, de véritables télécentres communautaires polyvalents (MCT) ont besoin d'une plus grande largeur de bande que les publiphones (bureaux d'appel publics – PCO) étant donné que ces télécentres sont destinés à offrir de nouveaux services, à fournir un appui aux utilisateurs et à dispenser une formation à la majorité de la population d'un village (ou d'un groupe de villages).

Pour éviter que les coûts au départ ne soient trop élevés, le réseau d'accès doit être modulable afin que l'opérateur puisse rapidement répondre, à moindre coût, à une nouvelle demande en ajoutant simplement des unités «enfichables large bande».

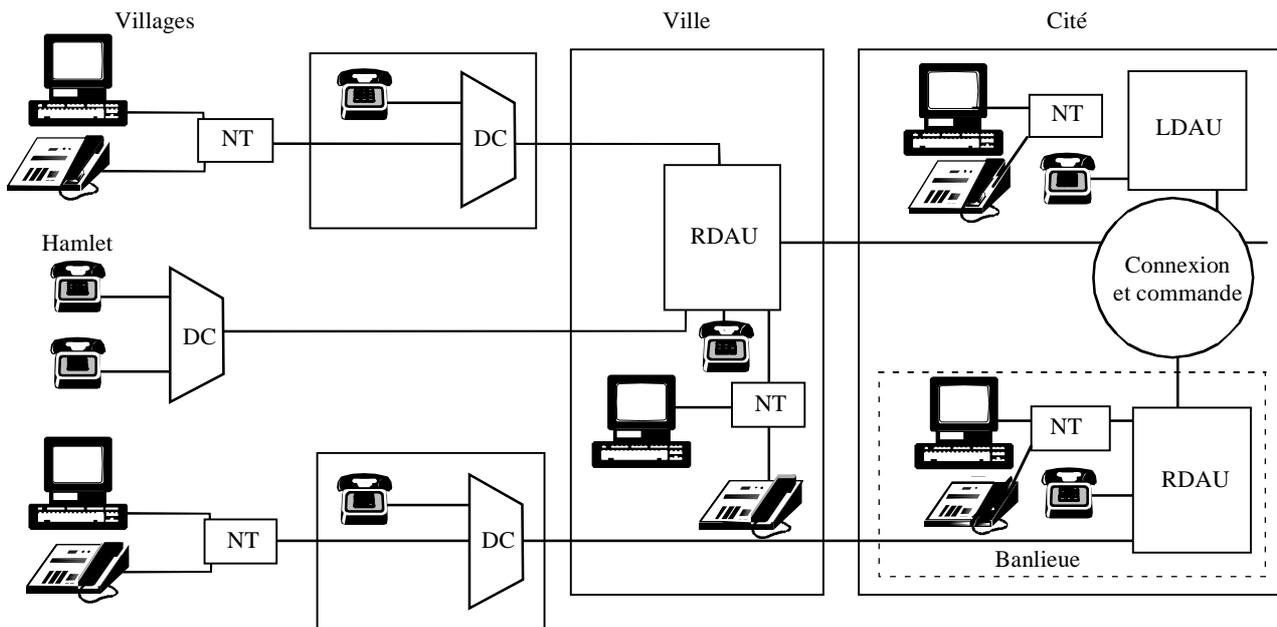
4.1 Systèmes de commutation, concentrateurs, unités locales ou distantes [1]

Le Manuel du Groupe autonome spécialisé 7 (GAS 7) donne un exemple d'organisation d'un réseau local (voir Fig. 2).

4.1.1 Commutation

Plusieurs fournisseurs offrent actuellement des systèmes de commutation à architecture décentralisée, dans lesquels le central hôte fournit une unité de commande centrale pour des fonctions telles que l'acheminement et la taxation. La fonction de connexion des abonnés relève d'unités spécialisées qui peuvent être situées dans le central même – unité d'accès numérique locale (LDAU) – ou être distantes – unité d'accès numérique distante (RDAU). Une telle architecture permet une répartition optimale des fonctions entre les différents modules et processeurs. Grâce à la modularité du matériel et des logiciels, les systèmes peuvent s'adapter à des topologies de réseau très diverses et il est plus facile d'étendre le réseau de télécommunication pour répondre aux besoins futurs (nombre d'abonnés, nombre d'emplacements et services à bande étroite ou à large bande).

FIGURE 2
Exemple d'organisation d'un réseau local



d02

- RDAU = unité d'accès numérique distante
- LDAU = unité d'accès numérique locale
- DC = concentrateur numérique
- NT = terminaison de réseau

Ces systèmes de commutation peuvent desservir de 2 000 à plus de 100 000 abonnés. Les unités RDAU et LDAU qui ont une capacité de quelques milliers d'abonnés (en général 5 000) peuvent être réparties sur plusieurs emplacements, ce qui permet de raccorder de petits groupes d'abonnés disséminés sur une zone étendue. Dans ces cas, les abonnés sont raccordés à des concentrateurs numériques (DC) d'une capacité de quelques dizaines d'abonnés et connectés aux unités RDAU via des liaisons à 2 Mbit/s.

Les unités RDAU et les concentrateurs numériques peuvent assurer la commutation du trafic dans leur zone de service mais les communications vers d'autres zones de service sont traitées par le central principal. Ainsi, une panne sur le trajet entre une unité RDAU/un concentrateur numérique et le central n'interrompt pas les communications locales et le service dans la zone de service de l'unité RDAU/du concentrateur numérique.

Les concentrateurs numériques constituent une solution rentable puisque les interfaces analogiques et RNIS sont parfaitement interchangeables, ce qui permet d'avoir n'importe quelle configuration. Ces concentrateurs peuvent être gérés de façon transparente depuis le central principal, ce qui supprime la nécessité d'avoir un système de gestion locale. Disponibles en versions «intérieur» et «extérieur» (dans ce dernier cas, on utilise des abris étanches à la poussière, protégés contre les intempéries), ils peuvent être livrés avec convertisseur d'alimentation et sous-répartiteurs intégrés, ce qui en fait une solution idéale pour les zones rurales.

Les diverses unités d'un système de commutation à architecture décentralisée sont reliées au réseau de transmission dorsal à différents niveaux: 2 Mbit/s, 34 Mbit/s, 51 Mbit/s, 140 Mbit/s ou 155 Mbit/s (à 622 Mbit/s dans le cas de très gros centraux de commutation).

Côté réseau d'accès, l'interface est une interface à deux fils ou du type V5, selon les Recommandations de l'UIT-T.

Certains fournisseurs d'équipements ont déjà lancé sur le marché des systèmes de commutation pouvant offrir des services large bande – visioconférence, applications multimédias, interconnexion sur demande aux réseaux locaux – sur le réseau commuté. L'architecture modulaire de ces commutateurs permettra également d'intégrer des technologies de commutation nouvelles, par exemple, l'ATM.

4.1.2 Petits systèmes de commutation ruraux autonomes

De petits centraux ruraux numériques autonomes sont conçus tout spécialement pour répondre aux besoins de petits groupes d'abonnés; ils constituent une solution souple et rentable pour la mise en œuvre des réseaux dans les zones rurales. Ils sont autonomes pour l'acheminement du trafic et la taxation, ils ont leur propre logiciel de gestion locale auquel on peut accéder depuis un site distant et ils offrent les mêmes services que de gros systèmes de commutation à architecture décentralisée. Ces centraux autonomes qui ont généralement une capacité comprise entre 100 et 1 000 abonnés peuvent être connectés à des unités d'accès numériques distantes.

4.2 Multiplexeurs

Pour atteindre les utilisateurs distants, on utilise beaucoup les concentrateurs et les multiplexeurs d'abonné. Les multiplexeurs d'abonné à 2 Mbit/s, symétriques ou asymétriques, permettent de raccorder jusqu'à 30 abonnés au central. Les signaux vocaux sont transmis dans des intervalles de temps préalablement assignés; les informations de signalisation quant à elles sont acheminées dans l'intervalle de temps (TS) 16. Toutefois, ce sont les fabricants qui fixent les spécifications de ces équipements.

Les protocoles de signalisation normalisés de type V5.1 et V5.2 permettent aux opérateurs de ne pas être prisonniers d'interfaces «propriétaires».

NOTE – Le protocole V5.1 est spécialisé dans la gestion du réseau téléphonique classique et du RNIS pour un maximum de 30 abonnés sur une liaison à 2 Mbit/s, alors que le protocole V5.2 permet de gérer la concentration et prévoit des intervalles de temps qui doivent être utilisés en partage par les abonnés pour chaque appel, ce qui permet de faire des économies. Les Recommandations UIT-T G.964 et G.965, dans leur dernière version, décrivent en détail ces protocoles.

La nouvelle technologie de transport utilisant la hiérarchie numérique synchrone (SDH) associée aux protocoles mentionnés ci-dessus, a amené certains fournisseurs à développer un nouveau concept d'interconnexion reposant sur la technologie du nœud d'accès [20].

4.3 Interconnexion

Par le passé les installations extérieures étaient essentiellement des installations à fils métalliques qui raccordaient les abonnés au central local. Aujourd'hui, le réseau d'accès utilise plusieurs technologies: accès filaire (fils métalliques ou fibres optiques) ou accès hertzien ou une combinaison des deux. Le réseau de télécommunication dorsal utilise de plus en plus la hiérarchie numérique synchrone, ce qui permet d'offrir des services à bande étroite et à large bande pour répondre aux besoins des différents abonnés.

La Fig. 3 montre comment le réseau peut évoluer dans une zone de central local utilisant l'architecture en anneau SDH.

Différents types de nœuds d'accès existent déjà ou sont en cours d'élaboration. Leurs principales caractéristiques sont les suivantes:

1) *Premier type*

L'équipement de nœud d'accès peut être connecté à un anneau STM-1 disposant d'une capacité d'insertion/d'extraction pouvant aller jusqu'à 21×2 Mbit/s. Il accepte le protocole V5.1 (voir Note) et fonctionne avec les liaisons téléphoniques classiques, les liaisons RNIS (accès de base et accès primaire) et les lignes louées.

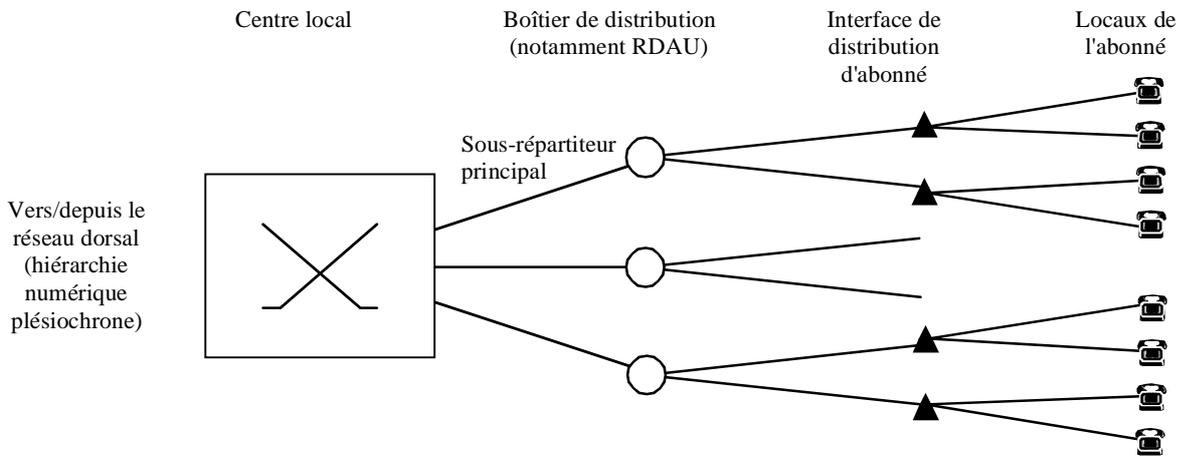
2) *Deuxième type*

L'équipement de nœud d'accès peut être connecté à un anneau STM-N et accepte le protocole V5.2 (voir Note). Avec 51 Mbit/s en aval et en amont disponibles à toutes les cartes de ligne, cet équipement peut fonctionner non seulement avec les liaisons téléphoniques classiques, les liaisons RNIS, les lignes louées mais aussi avec l'Internet et d'autres services large bande. De plus, une carte d'interface permet de multiplexer/démultiplexer un certain nombre de trains à 2 Mbit/s qui peuvent être envoyés à un groupe d'utilisateurs particulier.

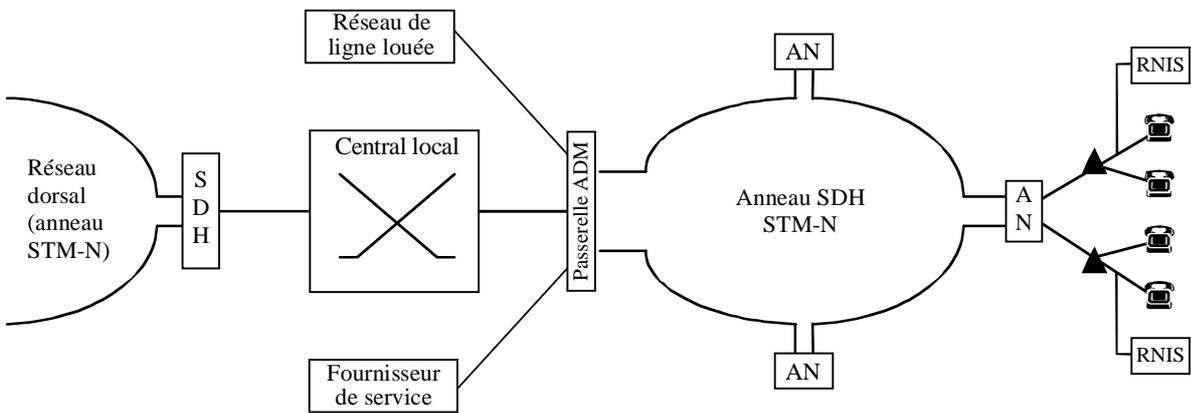
NOTE – Le protocole V5.1 est spécialisé dans la gestion du réseau téléphonique classique et du RNIS pour un maximum de 30 abonnés sur une liaison à 2 Mbit/s, alors que le protocole V5.2 permet de gérer la concentration et prévoit des intervalles de temps qui doivent être utilisés en partage par les abonnés pour chaque appel, ce qui permet de faire des économies. Les Recommandations UIT-T G.964 et G.965, dans leur dernière version, décrivent en détail ces protocoles.

Le nœud d'accès, concept très souple, permet de desservir des zones urbaines, suburbaines et rurales dans de bonnes conditions de fiabilité et de rentabilité car la structure en anneau du réseau de distribution primaire est autodépannable et utilise des fibres optiques ou des faisceaux hertziens selon l'environnement.

FIGURE 3
Evolution du réseau dans une zone de central local (source: GAS 7)



Réseau primaire Réseau secondaire



AN = Nœud d'accès ADM = Multiplexeur d'extraction/d'insertion

Réseau d'accès:
anneau SDH: fibre optique ou faisceau hertzien
Réseau secondaire:
filaire et/ou hertzien

4.4 Technologies du réseau d'accès

Il y a quelques années encore, le réseau d'accès était l'un des éléments les plus coûteux du réseau de télécommunication. Les progrès technologiques permettent aujourd'hui aux zones rurales d'avoir un meilleur accès aux services de télécommunication et rendent la desserte des abonnés distants plus rentable. Les paragraphes qui suivent décrivent les différents supports de transmission [systèmes à fils, hertziens ou à satellites (OSG, LEO, MEO)].

4.4.1 Systèmes non radioélectriques [20, 21, 22, 23, 24]

4.4.1.1 Systèmes à fils métalliques⁹⁾

NOTE – La Note 9 est sans objet pour la version française.

Récemment encore, on utilisait des paires de fils métalliques dans le réseau d'accès pour fournir aux abonnés le service téléphonique analogique de base dans une largeur de bande comprise entre 300 et 3 400 Hz ou le service RNIS au débit de base. Pour certaines applications on utilise dans les locaux de l'abonné des multiplexeurs multiservices afin d'offrir, en plus du service téléphonique classique, des interfaces de données (de 1 200 bit/s à $n \times 64$ kbit/s) sur des paires spéciales.

1) *Système multiplicateurs de paires MIC4*

Les émetteurs-récepteurs à 144 kbit/s conçus essentiellement pour le RNIS ont permis de produire des systèmes multiplicateurs de paires numériques, comme le système MIC4.

Le système MIC4 s'utilise pour acheminer quatre voies téléphoniques sur une seule paire torsadée; il représente donc une solution intéressante pour les problèmes d'encombrement. Composé de deux terminaisons, une située dans le central et l'autre distante, proche des abonnés, le système, facile à mettre en œuvre, ne nécessite aucune infrastructure supplémentaires utilise une interface U analogue à celle de l'accès de base du RNIS entre les deux terminaisons. Il y a deux canaux à 64 kbit/s et un canal de service. Chaque canal à 64 kbit/s achemine deux signaux téléphoniques codés en MIC différentielle adaptative. Le code de ligne, code quaternaire de type 2B1Q, permet de transmettre le signal sur des distances raisonnablement longues: 4 km sur une paire de 0,4 mm ou 11 km sur une paire de 0,8 mm.

2) *Systèmes de ligne d'abonné au débit primaire*

Les systèmes de ligne d'abonné au débit primaire permettent d'étendre des services téléphoniques ordinaires et des services spéciaux d'un centre de commutation à des groupes de particuliers ou d'entreprises. Sous la forme de liaisons numériques normalisées au débit primaire sur les lignes d'abonné, ils peuvent fournir 24 canaux (hiérarchie numérique à 1 544 kbit/s) ou 30 canaux (hiérarchie numérique à 2 048 kbit/s) à 64 kbit/s chacun. Ces canaux peuvent prendre en charge divers services: service téléphonique ordinaire, services à pièces, de transmission de données, RNIS et autres services spéciaux. Combinés à une fonction de concentration, certains de ces services peuvent prendre en charge jusqu'à 544 lignes de différentes combinaisons de services.

3) *Systèmes de ligne d'abonné numérique xDSL*

Etant donné que les installations à fils métalliques sont très répandues et que les nouveaux services ont besoin d'une plus grande largeur de bande, on a mis et on met encore au point de nouveaux systèmes de ligne d'abonné numérique pour transmettre des données à un débit relativement élevé sur des paires métalliques; certains sont déjà en exploitation ou font l'objet d'essais sur le terrain.

L'UIT-T a élaboré (1998) de nouvelles normes correspondantes (Recommandations de la série G.990), qui précisent les caractéristiques de plusieurs techniques fournissant un accès au réseau à un débit de l'ordre du Mbit/s sur les lignes d'abonné téléphoniques existantes, simultanément à des communications vocales ordinaires. Les principales applications en sont l'accès à l'Internet à grande vitesse et les communications de données vidéo et d'autres données en ligne (commerce électronique, télétravail, télé-enseignement, télé-médecine, ...).

Les différentes technologies xDSL sont résumées dans le Tableau 10; les débits de données et les portées types ne donnent qu'une indication très générale des fonctionnalités de chaque système.

TABLEAU 10
Technologies xDSL

DSL	Portée type (câble de 0,4 mm de diamètre)	Débit de données
HDSL	3,5 km	2 Mbit/s
S-HDSL	2,15 km	2 Mbit/s
SDSL	entre 5,5 km et 1,5 km	entre 144 kbit/s et 2 Mbit/s
ADSL	3,5 km	jusqu'à 6 Mbit/s en aval et 640 kbit/s en amont
SL-ADSL	4,2 km (objectif)	jusqu'à 1,5 Mbit/s en aval et 512 kbit/s en amont
VDSL	0,3 km	jusqu'à 52 Mbit/s en aval et 6,4 Mbit/s en amont pour la technologie VDSL asymétrique; jusqu'à 34 Mbit/s, dans chaque sens, pour la technologie VDSL symétrique

4) Ligne d'abonné numérique à grand débit (HDSL)

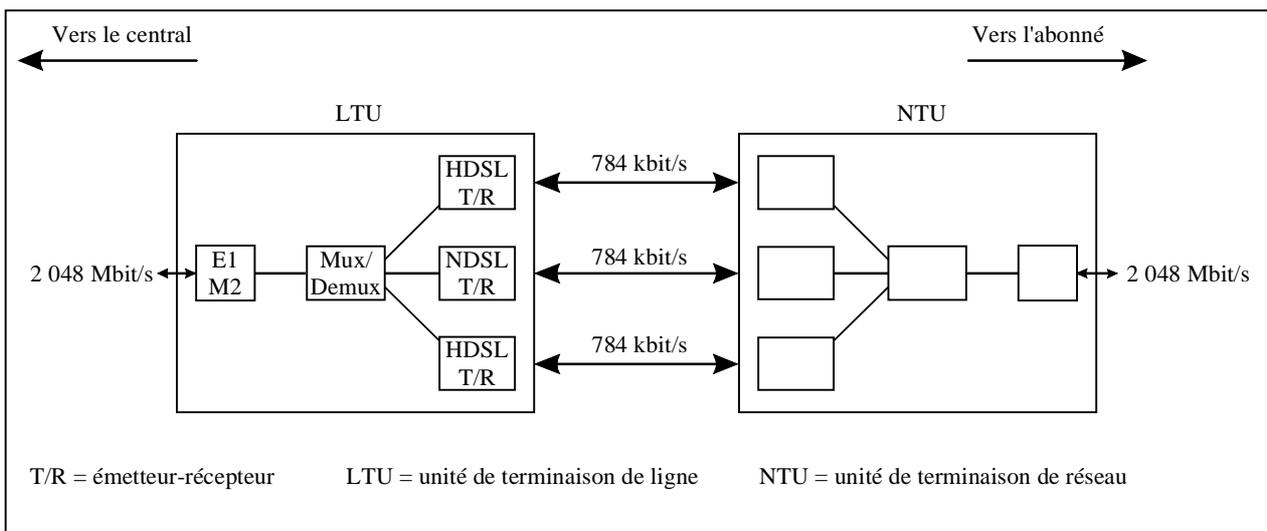
La technologie HDSL permet de transmettre, dans les deux sens, des trains allant jusqu'à 2 Mbit/s sur une, deux ou trois paires torsadées ordinaires non blindées. Mécanisme de transport de bits de couche 1 indépendant des applications, elle permet d'ajouter facilement des interfaces d'application. Cette technologie d'une portée de 3,5 km, a été normalisée par l'UIT-T (Recommandation G.991.1).

Un système HDSL se compose de deux unités, une côté abonné (NTU) et une côté central (LTU). Ces deux unités sont raccordées par une, deux ou trois paires métalliques et acheminent sur chaque paire 2 320 kbit/s, 1 168 kbit/s ou 784 kbit/s (Fig. 4).

Les applications de la technologie HDSL relèvent de deux grandes catégories:

- amélioration des installations à fils métalliques existantes pour acheminer plus d'une voie téléphonique;
- fourniture de nouveaux services, par exemple transmission de signaux vidéo à petite vitesse ou transmission de données à grand débit.

FIGURE 4
Configuration de la technologie HDSL



d04

NOTE – Lorsqu'on utilise uniquement deux paires, le débit est de 1 168 kbit/s.

5) *Ligne d'abonné numérique à débit élevé à paire unique (S-HDSL) et ligne d'abonné numérique symétrique (SDSL)*

Des systèmes S-HDSL à plein débit, en cours d'élaboration, couvriront des distances pouvant aller jusqu'à 2,15 km. Par ailleurs, on définit actuellement une ligne d'abonné numérique symétrique qui offrira une qualité de transmission analogue à celle de la ligne d'accès d'abonné. L'opérateur pourra ainsi offrir une plus grande largeur de bande en utilisant les installations à fils métalliques existantes. L'UIT-T travaille à l'élaboration d'une norme correspondante (1998).

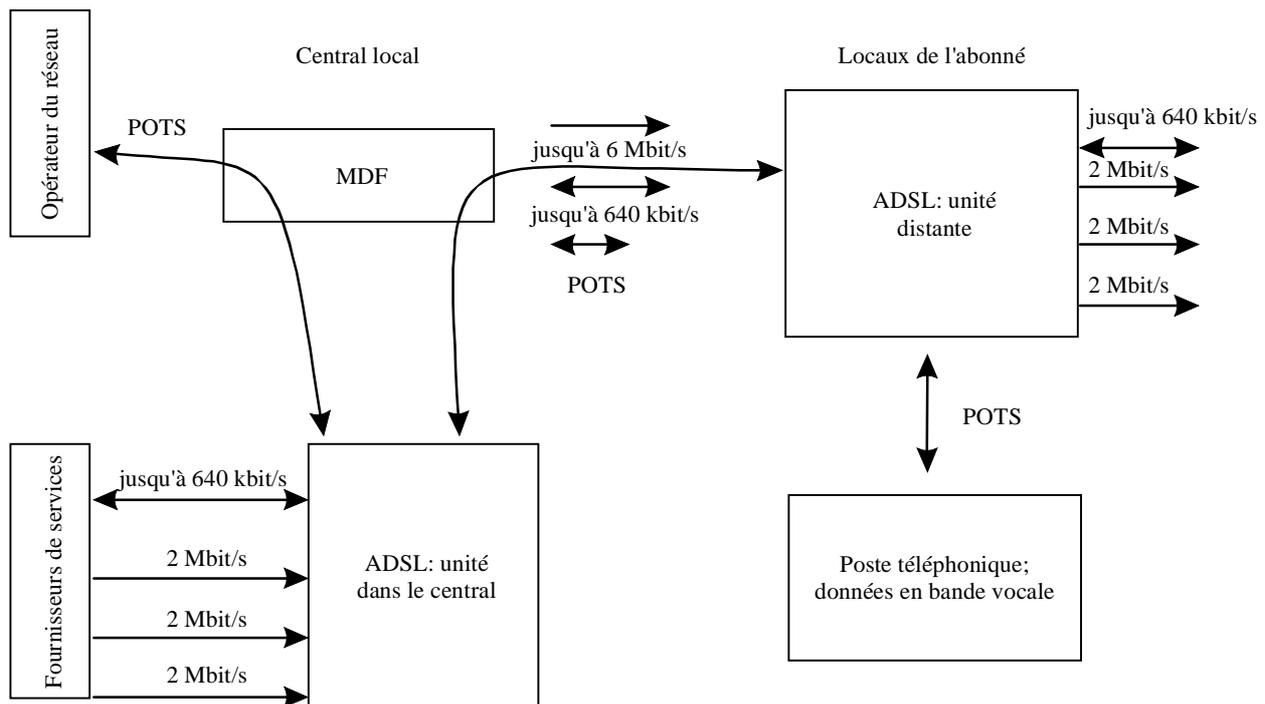
6) *Ligne d'abonné numérique asymétrique (ADSL)*

Les lignes ADSL ont été mises au point en vue de répondre à la demande croissante de nouveaux services qui ont besoin d'une largeur de bande plus importante dans un sens de transmission que dans l'autre. Parmi ces services, on peut citer la vidéo à la demande, la télé-médecine (par exemple, la transmission de radiographies dans un sens), le télé-enseignement, Internet etc.

Par ailleurs, une voie téléphonique classique peut toujours être associée aux signaux ADSL sans nuire à la qualité de fonctionnement du système (Fig. 5).

L'UIT-T a élaboré un projet de nouvelle Recommandation G.992.1, précisant les caractéristiques des émetteurs-récepteurs avec des débits d'accès allant jusqu'à 640 kbit/s en amont (abonné vers réseau) et jusqu'à 6 Mbit/s en aval (réseau vers abonné), selon la longueur de la ligne d'abonné. Ce projet devrait être approuvé en juin 1999. Dans l'intervalle, les systèmes ADSL sont actuellement (1998) testés en conditions réelles dans plusieurs pays et ont commencé à être exploités commercialement dans d'autres.

FIGURE 5
Architecture ADSL



d05

7) *Ligne d'abonné numérique asymétrique sans séparateur (SL-ADSL)*

Il s'agit d'un système asymétrique plus simple, sans séparateur, qui peut être installé par l'utilisateur. Selon la longueur de la ligne d'abonné, ce système fournit un accès en amont allant jusqu'à 512 kbit/s et permet à l'abonné de télécharger des données, y compris des données vidéo, à des débits pouvant atteindre 1,5 Mbit/s. Il est conçu de telle sorte que l'équipement appelé «séparateur» n'est plus nécessaire dans les locaux de l'abonné. La norme de l'UIT-T correspondante est la Recommandation G.992.2, qui devrait être approuvée en juin 1999. Les émetteurs-récepteurs conformes à cette nouvelle Recommandation s'enfichent simplement à l'arrière d'un PC, comme les modems actuels, et donneront aux abonnés un accès à l'Internet sur les lignes d'abonné existantes à des débits jusqu'à 25 fois supérieurs à ceux qu'il est possible d'atteindre avec un modem classique à 56 kbit/s.

8) *Boucle d'abonné numérique à très grande vitesse (VDSL)*

Les systèmes VDSL visent à offrir de très hauts débits (plusieurs dizaines de Mbit/s) sur de courtes distances (quelques centaines de mètres). Les débits maximums possibles avec les systèmes VDSL asymétriques vont jusqu'à 52 Mbit/s en aval et 6,4 Mbit/s en amont, selon la longueur de la ligne d'abonné. Pour les systèmes VDSL symétriques, ces débits sont de 34 Mbit/s dans chaque sens.

4.4.1.2 Systèmes à câbles coaxiaux

Les câbles coaxiaux sont plus coûteux que les paires métalliques et sont plus indiqués pour transmettre des signaux haute fréquence ou des données à grande vitesse. On utilise aujourd'hui des câbles coaxiaux pour raccorder des abonnés aux services de données de 2 Mbit/s ou plus, ou pour transmettre des signaux de télévision analogiques chez les particuliers. Il est peu probable qu'on utilise des systèmes à câbles coaxiaux dans les zones rurales car on exploite déjà dans ces régions des technologies plus modernes (par exemple, radiodiffusion télévisuelle par satellite).

4.4.1.3 Systèmes à fibres optiques

Pour les applications FITL (accès par fibre) on pourrait utiliser les configurations d'accès suivantes dans les zones rurales:

- circuits de ligne à bande étroite et/ou à large bande à l'interface de distribution de l'abonné (FTTC – fibre jusqu'au trottoir);
- circuits de ligne à bande étroite et/ou à large bande à l'interface de distribution d'alimentation (FTTCa – fibre jusqu'au boîtier).

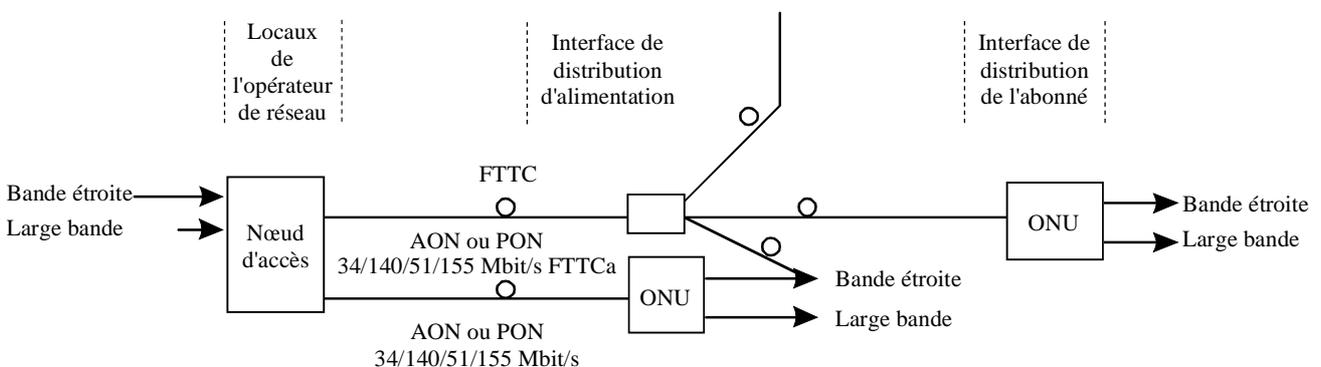
L'application FTTH (fibre jusqu'au domicile) ne semble pas être une configuration adaptée aux zones rurales dans les prochaines années.

Dans le scénario FTTC, les réseaux primaire et secondaire sont tous les deux des réseaux à fibres optiques, ce qui signifie que la distance totale qui sépare le central local des locaux de l'abonné peut atteindre 20 km avec un réseau optique passif (PON), voire être supérieure si l'on introduit des composantes actives dans le réseau de distribution secondaire (réseau optique actif – AON). Pour les quelques dernières centaines de mètres entre l'interface de distribution de l'abonné et chaque abonné on utilise des paires métalliques ou des câbles coaxiaux. Il importe de noter que dans les zones rurales où le relief est souvent très difficile, la solution FTTC pour la fourniture d'un service téléphonique classique et/ou des services RNIS reste aujourd'hui une solution coûteuse.

La solution FTTCa est plus indiquée pour la fourniture de services à bande étroite et à large bande dans les zones rurales, même si dans la plupart des cas les systèmes radioélectriques seront, vraisemblablement, plus rentables.

Les Recommandations UIT-T G.981, G.982 et G.983 couvrent en détail le sujet des systèmes à ligne optique applicables aux réseaux locaux et aux réseaux d'accès.

FIGURE 6

Applications fibre jusqu'au trottoir et fibre jusqu'au boîtier

AON = réseau optique actif
 O = câble à fibres optiques
 ONU = unité de réseau optique
 PON = réseau optique passif

4.4.2 Systèmes radioélectriques

4.4.2.1 Systèmes de Terre [3, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30]

Un accès local comprend en général des paires métalliques, souterraines ou aériennes.

Par le passé, on utilisait des systèmes de communication hertziens presque exclusivement pour raccorder des abonnés vivant dans des zones éloignées ou inaccessibles.

Ce n'est que récemment, avec les progrès de la technologie, que les technologies hertziennes en sont venues à être considérées comme une autre solution tout à fait viable pour remplacer l'accès local filaire classique.

On considère aujourd'hui que la possibilité d'utiliser des liaisons hertziennes pour établir le dernier tronçon de l'accès d'abonné n'est pas sans intérêt pour au moins cinq raisons:

- 1) Avec les technologies radioélectriques, il est moins coûteux et moins long de mettre en œuvre des réseaux qu'avec les systèmes filaires. Le choix de recourir à ces techniques peut être fait soit définitivement, dans des zones peu densément peuplées, soit temporairement, lorsque la population n'est pas encore stabilisée, le temps de s'assurer qu'il serait judicieux d'exploiter un système d'accès filaire et, le cas échéant, de l'installer.
- 2) Les techniques d'accès hertzien permettent de faire évoluer le réseau – et donc de faire des investissements – progressivement, en fonction de la demande.
- 3) Les coûts d'établissement et de maintenance des équipements sont généralement moins élevés avec des systèmes d'accès radioélectrique qu'avec les réseaux filaires, dans les zones peu densément peuplées.
- 4) L'accès hertzien fixe représente un marché important pour les opérateurs de réseaux et les équipementiers. Des efforts de normalisation ont été faits, qui ont permis aux fabricants d'équipements de réaliser des économies d'échelle. La déréglementation a ouvert la porte à la concurrence. Cette situation tire les prix vers le bas.
- 5) Les technologies numériques admettent tous les types de services de télécommunication, jusqu'au multimédia, selon le débit de données requis et la largeur de bande disponible.

Lorsqu'on examine les technologies hertziennes (qui font appel au spectre des fréquences, ressource naturelle limitée) et leur coût, il faut cependant les comparer aux systèmes à fils métalliques.

Il existe deux méthodes pour fournir un accès hertzien fixe: la première consiste à mettre en place un système d'accès hertzien qui constitue une extension d'un réseau fixe connecté au commutateur local le plus proche; la seconde à établir un réseau cellulaire qui est, en soi, un réseau complet, en privilégiant la mobilité plutôt que la transparence du service.

Description des principales technologies

Les systèmes d'accès hertzien fixe commercialisés sont très variés. On peut les regrouper en trois grandes catégories: les systèmes d'accès hertziens fixes, les systèmes numériques sans cordon et les systèmes cellulaires.

1) *Systèmes d'accès hertziens fixes*

a) *Faisceaux hertziens point à point*

Ils sont tout à fait indiqués pour transmettre des signaux numériques sur de grandes distances lorsque le relief est accidenté. On utilise des systèmes de grande capacité (>34 Mbit/s) pour interconnecter des centraux de commutation ou pour transmettre des signaux de télévision. Les systèmes de capacité moyenne ou faible (≤ 34 Mbit/s) sont quant à eux utilisés pour connecter des concentrateurs numériques, des unités d'abonné distantes, etc., au central principal. Ils peuvent également être utilisés pour raccorder un groupe d'abonnés distants au central principal (trafic non concentré).

b) *Systèmes radioélectriques monocanal*

Exploités dans les bandes des ondes métriques ou décimétriques, ces systèmes sont particulièrement indiqués pour raccorder un ou deux abonnés à un point de concentration ou à un coffret de distribution sur des distances pouvant aller jusqu'à 60 km. On peut utiliser des répéteurs mais avec des systèmes analogiques leur nombre est limité. Un des inconvénients de ces systèmes est qu'ils ont une efficacité spectrale médiocre, ce qui limite leur utilisation à grande échelle à l'intérieur d'une même zone.

c) *Faisceaux hertziens point-multipoint (PMP)*

On utilise depuis de très nombreuses années les systèmes PMP avec accès multiple par répartition en fréquence et dans le temps (AMRF/AMRT) dans un très grand nombre de pays pour établir la connexion entre le central et le point terminal d'abonné.

Les systèmes PMP AMRT se composent d'une station centrale et de plusieurs centaines de stations distantes, soit des stations de répéteurs – avec ou sans installations d'abonné – soit des stations terminales. Leurs principales caractéristiques sont les suivantes:

- capacité: 30, 60 ou 120 circuits de chacun 64 kbit/s. On met actuellement au point des systèmes d'une capacité pouvant aller jusqu'à 240 circuits de 32 kbit/s;
- bandes de fréquences utilisées: 400 MHz (voir Note), 1,5 GHz, 2 GHz, 2,4 GHz, 2,6 GHz, 10 GHz;

NOTE – En général, les bandes de fréquences utilisées pour les services hertziens fixes sont celles qui sont attribuées à chaque région par le Règlement des radiocommunications (voir l'article RRS5).

- plusieurs milliers d'abonnés;
- faible consommation d'énergie pour les stations distantes (terminaux et/ou répéteurs), ce qui permet d'utiliser l'énergie solaire.

Grâce à la modularité de l'équipement, les stations distantes peuvent être équipées pour le raccordement d'un seul abonné, d'un petit nombre d'abonnés ou de plusieurs dizaines d'abonnés. On peut facilement et à moindre coût, étendre le système pour l'adapter à la demande.

Outre les signaux téléphoniques (en règle générale avec une qualité de service P.01), les systèmes PMP AMRT peuvent acheminer des signaux vocaux et des données et offrir différents services, télécopie de groupe 3, RNIS et Internet, par exemple. L'interface avec le central est analogique ou numérique (jusqu'à 2 Mbit/s).

En règle générale, l'interface d'abonné est une interface analogique à deux fils, mais les connexions avec les locaux de l'abonné peuvent également être hertziennes et numériques.

Les systèmes numériques transparents de bout en bout permettent aux opérateurs de mettre en œuvre n'importe quelle architecture de réseau dans l'accès local.

2) *Systèmes numériques sans cordon*

Ils ont été conçus avant tout pour les applications sans cordon résidentielles et professionnelles, à l'intérieur des bâtiments. Ils offrent une mobilité limitée et sont tout à fait indiqués pour régler le problème du «dernier kilomètre». Les normes suivantes ont été établies:

- en Europe: CT2 (cordless telephone second generation);
DECT (digital enhanced cordless telecommunications);
- au Japon: PHS (personal handyphone system);
- Etats-Unis: PACS (personal access communications systems).

a) *Systèmes d'accès hertzien à la norme CT2*

Les systèmes d'accès hertzien à la norme CT2 assurent que la liaison entre les locaux de l'abonné et le réseau téléphonique commuté public est conforme à la norme CT2, adoptée par 26 pays d'Europe, d'Asie et d'Amérique du Nord et du Sud. La liaison radioélectrique est transparente du point de vue de l'utilisateur, qui utilise des postes téléphoniques, des modems ou des télécopieurs ordinaires branchés dans des prises téléphoniques normalisées. Ces systèmes d'accès hertzien sont à la norme CT2/CAI et fonctionnent dans la bande des 800 MHz (voir Note). Un système d'accès hertzien permet aux opérateurs de raccorder les abonnés par voie hertzienne et non par voie filaire classique. Ces systèmes offrent une haute qualité vocale et permettent d'émettre et de recevoir des appels (voix, données et télécopies) avec une qualité comparable à celle offerte par les systèmes filaires.

Ces systèmes d'accès hertzien sont particulièrement intéressants pour les applications en milieu urbain et suburbain densément peuplés, où un réseau d'alimentation existe déjà. Ils conviennent aussi aux zones rurales à habitat dispersé où les distances entre villages excluent l'utilisation de systèmes à longue portée. La bande de fréquences 864-868 MHz est largement utilisée (voir Note), mais d'autres fréquences pourraient être utilisées afin d'éviter les retards subis en attendant que des fréquences se libèrent.

NOTE – En général, les bandes de fréquences utilisées pour les services hertziens fixes sont celles qui sont attribuées à chaque région par le Règlement des radiocommunications (voir l'article RRS5).

La planification des fréquences est simplifiée grâce à une allocation dynamique des canaux, ce qui facilite la mise en place initiale du système et l'accroissement ultérieur de la capacité. L'allocation dynamique des canaux garantit en permanence l'utilisation des meilleures voies, les appels étant basculés sur une voie libre en cas de brouillage.

b) *Systèmes d'accès hertzien à la norme DECT*

Les systèmes basés sur la norme des télécommunications numériques améliorées sans cordon (DECT) utilisent à la fois l'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) et le duplexage à répartition dans le temps (DRT). Un filtrage RF coûteux n'est plus nécessaire, ce qui permet d'utiliser de petits combinés compacts, légers et de faible coût. Les systèmes DECT sont exploités dans la bande 1 880-1 900 MHz (voir Note), laquelle est partagée en 10 porteuses, comportant chacune 12 intervalles de temps AMRT, soit au total 120 voies téléphoniques. Les signaux vocaux sont codés à 32 kbit/s, c'est-à-dire à deux fois le débit utilisé pour le GSM, ce qui fournit une bonne qualité interurbaine. La puissance en crête maximale des stations de base et des combinés est de 250 mW, même si la commande dynamique de la puissance ramène généralement cette valeur à environ 60 mW. Toutefois, puisqu'il s'agit d'une valeur en crête (c'est-à-dire valable uniquement pendant la durée de l'intervalle de temps transmis), la puissance d'émission moyenne est 10 mW ou moins, ce qui se traduit par un allongement considérable de la durée des piles, par rapport aux combinés cellulaires ou aux téléphones sans cordon analogiques classiques.

NOTE – Les paramètres radioélectriques ont été définis dans la gamme de fréquences 1 880-1 937 MHz pour faciliter l'introduction des systèmes DECT dans les pays non européens où les fréquences de base des systèmes DECT ne sont pas disponibles.

Les systèmes DECT sont compatibles avec le RNIS voix et données, assurent un cryptage complet et un transfert sans coupure. Les intervalles de temps peuvent être combinés pour effectuer des transmissions de données à débit élevé (jusqu'à 384 kbit/s). Du fait de l'allocation dynamique des canaux, une planification des fréquences compliquée n'est plus nécessaire et il n'y a pas de canaux de commande spécialisés. En fonctionnement, le système balaie continuellement le spectre et sélectionne les meilleures voies RF disponibles.

Les systèmes DECT ont une capacité d'environ 10 000 Erlangs/km², soit près de cent fois plus que la capacité des réseaux cellulaires existants.

c) *Systèmes d'accès hertzien à la norme PHS*

Les systèmes d'accès hertzien PHS, conçus pour le RTPC/RNIS, utilisent les techniques de base décrites dans la Recommandation UIT-R M.1033. Avec un accès AMRT/DRT et un débit d'usager de 32 kbit/s, ces systèmes peuvent transmettre des données à débit élevé et sont tout indiqués pour les zones à forts volumes de trafic comme les zones urbaines et suburbaines sous réserve de l'adoption d'une structure microcellulaire.

Ces systèmes autorisent une mobilité limitée des terminaux téléphoniques; c'est pourquoi on parle aussi de systèmes téléphoniques à mobilité limitée.

d) *Systèmes d'accès hertzien à la norme PACS*

L'interface radioélectrique des systèmes de communications à accès personnel (PACS) a été approuvée en tant que norme par l'American National Standards Institute (ANSI) des Etats-Unis d'Amérique. Cette norme définit un mode duplex à répartition en fréquence (DRF) et un mode duplex à répartition dans le temps (DRT). Les systèmes PACS peuvent se connecter aux réseaux RNIS, GSM (interface GSM A) ou aux réseaux téléphoniques classiques.

Le PACS offre un accès hertzien dans divers environnements d'exploitation. Il est optimisé pour les environnements à faible mobilité: zones piétonnières en extérieur (accès hertzien public), zones résidentielles en intérieur (communications résidentielles sans cordon), liaisons d'affaires en intérieur (PBX hertzien) et commerciales en intérieur (accès hertzien dans les aéroports, les gares ferroviaires, les centres commerciaux, etc.). L'interface radioélectrique PACS peut desservir des véhicules en mouvement bien qu'elle ne soit pas optimisée pour ce type d'application mobile.

Les systèmes PACS fonctionnent, à l'émission, dans les bandes de fréquences suivantes:

- stations de base 1 930-1 990 MHz;
- stations d'abonné 1 850-1 910 MHz.

On notera que les systèmes DECT et PHS peuvent être interconnectés avec certains systèmes point-multipoint AMRT, de sorte que la connexion entre la dernière station distante du système point-multipoint et les locaux de l'abonné utilise la technologie DECT ou PHS. Ce système de transport numérique transparent de bout en bout permet aux opérateurs de tirer pleinement parti de la technologie, quelles que soient les caractéristiques de l'architecture du réseau. De plus, une mobilité limitée peut être proposée aux abonnés.

3) *Systèmes cellulaires*a) *Systèmes cellulaires analogiques*

Les systèmes cellulaires analogiques – AMPS (advanced mobile phone system), NMT (nordic mobile telephone) et TACS (total access communication system) – ont été largement utilisés et, lorsqu'ils sont modifiés pour assurer un service fixe, constituent une alternative simple et peu coûteuse aux systèmes à fils métalliques.

b) *Systèmes cellulaires numériques*

Bien que conçus avant tout pour offrir une certaine mobilité, les systèmes cellulaires numériques peuvent aussi être utilisés pour des applications hertziennes fixes. Les différentes normes sont décrites ci-après:

- *Systèmes d'accès hertzien à la norme D-AMPS (AMRT)*

Il s'agit de systèmes numériques d'accès hertzien à technologie AMRT qui sont entièrement compatibles avec les normes américaines IS-54/IS-136. Ces systèmes, qui offrent une qualité vocale numérique et la sécurité des conversations, peuvent être configurés pour fonctionner dans les bandes des 400 MHz ou des 800 MHz. Outre les services de téléphonie, ces systèmes peuvent aussi assurer des services de télécopie et de transmission de données à bas débit. Cet ensemble de fonctions additionnelles est disponible à titre facultatif, lorsque la demande du marché le justifie.

- *Systèmes d'accès hertzien à la norme IS-95 (AMRC)*

Les systèmes d'accès hertzien IS-95 (AMRC) sont basés sur la norme américaine IS-95 et mettent en œuvre un système numérique d'accès hertzien fixe qui fait appel à des techniques de commutation et de réseau éprouvées. Ces systèmes comprennent un équipement de commutation et un équipement radioélectrique. Un système de base comporte un contrôleur, un contrôleur de station de base (BSC) et des stations d'émission-réception de base (BTS). Chaque BSC est relié à un contrôleur-commutateur. Le contrôleur est raccordé au réseau du Système de signalisation N° 7 et au réseau téléphonique public commuté (RTPC).

Le BSC assure l'interface entre le contrôleur à une extrémité et les multiples stations de cellule comportant des BTS à l'autre extrémité. Les BTS permettent l'établissement de liaisons hertziennes IS-95 AMRC avec les stations d'abonné. Selon les configurations de cellules souhaitées, plusieurs stations d'émission-réception de base peuvent être installées dans chaque emplacement de cellule.

Le nombre d'abonnés desservis par une cellule est variable. Contrairement aux systèmes AMPS et N-AMPS, qui utilisent l'accès multiple par répartition en fréquence (AMRF) pour diviser la bande de fréquences disponible en voies de 30 kHz, où chaque partie du spectre RF est attribuée à une unité d'abonné sur demande, ou au système D-AMPS, qui utilise la répartition en fréquence puis subdivise chaque fréquence en trois voies multiplexées par répartition temporelle, la technologie AMRC n'assigne à aucun abonné particulier une partie spécifique du spectre ou du temps. Toutes les unités d'abonné émettent et reçoivent simultanément à l'aide de codes différents, sur les mêmes fréquences, et utilisent toute la largeur de bande de 1,25 MHz qui leur a été assignée.

Les systèmes d'accès hertzien IS-95 (AMRC) ont d'autres caractéristiques:

- la liaison hertzienne peut prendre en charge jusqu'à 45 communications actives par secteur et par 1,25 MHz de bande, en offrant une possibilité de croissance;
- la capacité par secteur des systèmes AMRC est souple. Pendant les heures où le trafic est anormalement élevé, le système peut attribuer automatiquement des ressources dynamiques afin de répondre à l'augmentation de la charge avec une perte minimale sur le plan de la qualité de la voix;
- la portée maximale de chaque cellule est de quelques dizaines de km dans de bonnes conditions de propagation;
- l'équipement de la station de base étant installé au centre de commutation, les antennes et l'équipement radioélectrique associé peuvent être éventuellement situés dans un endroit distant afin de créer un système décentralisé. On peut utiliser des faisceaux hertziens point à point pour le transport des signaux;
- chaque station de base utilisant la même bande de fréquences, aucune planification ou coordination des fréquences n'est nécessaire entre cellules. Cette importante particularité facilite la maintenance et permet la croissance du réseau;
- une réduction du bruit de fond brouilleur est mise en œuvre dans le système grâce à la technique exclusive de codage de la voix à débit variable implantée dans le système. Cette technique dite de prédiction linéaire à excitation par code (CELP) permet d'obtenir une qualité vocale comparable à celle des liaisons filaires, ce qui a été confirmé par des essais effectués dans des laboratoires d'évaluation de la qualité vocale.

Les techniques à étalement de spectre ont beaucoup attiré l'attention dans le domaine des communications mobiles. Dans un environnement mobile, il est difficile pour des raisons pratiques, de tirer pleinement parti des possibilités offertes par la technologie AMRC asynchrone. Pour l'accès hertzien fixe, avec un équipement d'abonné fixe et l'avantage d'antennes directives, on pourra vraisemblablement tirer parti de ces avantages pour une complexité bien moindre que dans les systèmes mobiles.

Les systèmes avec AMRC asynchrone, comme ceux basés sur la norme IS-95, causent peu de brouillage alors que les systèmes AMRF et AMRT sont limités en largeur de bande. Ainsi, toute réduction des brouillages se traduit directement et linéairement par une augmentation de capacité.

Enfin, un fabricant a mis au point un système point-multipoint AMRC quasi synchrone utilisant une commande temporelle en boucle fermée dans les deux sens pour garantir une réception synchrone de toutes les voies de trafic. On peut considérer que la capacité d'un tel système est limitée uniquement en code. Un tel système présente une bien meilleure efficacité spectrale que les systèmes AMRC à la norme IS-95. Il est conforme aux normes de l'ETSI (EN 301055 et EN 301124).

- *Systèmes d'accès hertzien à la norme GSM*

Les réseaux GSM sont maintenant exploités dans le monde entier. Ils sont basés sur une norme largement acceptée – d'où la possibilité de recourir à plusieurs fournisseurs – dont la fiabilité n'est plus à démontrer: on compte aujourd'hui plus de 100 millions d'abonnés GSM dans le monde entier, sur plusieurs centaines de réseaux. Les réseaux GSM fonctionnent dans les bandes de fréquences 900 MHz, 1 800 MHz ou 1 900 MHz, selon leur disponibilité.

Certains systèmes particuliers offrent une vaste gamme de services, comme le Centrex et le réseau privé virtuel (RPV), qui ont permis à de nouveaux concurrents d'arriver sur ces marchés.

On peut gérer des recettes supplémentaires de diverses manières, par exemple:

- offre de fonctions supplémentaires comme profils de filtrage personnels, facturés à l'usage ou par abonnement;
- offre de services comme l'avertissement de messagerie vocale, qui encourage le trafic sur le réseau;
- disponibilité de services comme l'interconnexion et la tarification de réseaux d'entreprise, ce qui donne accès à des segments lucratifs du marché;
- développement de fonctions à valeur ajoutée, service de messagerie brève ou informations météorologiques.

- *Systèmes d'accès hertzien à technologie composite AMRC/AMRT*

Ces systèmes utilisent une technologie composite d'accès multiple par répartition de code/répartition dans le temps (AMRC/AMRT) qui est entièrement compatible avec les normes J-STD-017/IS-661. Ils ont une architecture modulaire, ce qui permet de les utiliser comme des systèmes autonomes avec un système de commutation, ou comme un complément des commutateurs existants d'un central. Un système de base comporterait un contrôleur de station de base (BSC), des stations d'émission-réception de base (BTS) et des unités d'abonné situées dans les locaux de l'abonné. Le BSC est relié à un commutateur qui assure l'interface avec le réseau téléphonique public commuté (RTPC) ou avec d'autres commutateurs appartenant au fournisseur de services.

Le BSC est relié au commutateur, à une extrémité et aux multiples emplacements de BTS à l'autre extrême. Les BTS permettent l'établissement de liaisons hertziennes IS-661 AMRC/AMRT avec les stations d'abonnés. Selon la capacité de la cellule souhaitée (nombre d'abonnés) on pourra installer plusieurs BTS à chaque emplacement.

L'utilisation de la technologie de l'étalement du spectre présente un avantage supplémentaire: les cellules peuvent avoir des dimensions très diverses. Les systèmes peuvent ainsi desservir des cellules de moins de 400 m de diamètre ou de plus de 22 km pour les autoroutes ou les zones rurales.

L'utilisation de la technologie AMRT à l'intérieur d'une cellule permet à l'unité de l'abonné de lancer et de contrôler le transfert lorsque la force du signal approche de la valeur limite nécessaire pour conserver la qualité vocale. On obtient ainsi un système très simple, qui peut être indépendant des commutateurs car les commutateurs n'ont pas à contrôler la force du signal, ni à assurer le suivi des cellules voisines.

Le nombre d'abonnés pris en charge par une cellule est variable. L'utilisation conjuguée de l'étalement de spectre, de l'AMRT et de l'AMRF facilite toutefois la conception du système sur le plan de la capacité. Cette dernière ne dépend pas de la vitesse de déplacement des unités, du brouillage, du rapport temps de conversation/temps de silence ou d'autres facteurs auxquels sont sensibles les systèmes faisant exclusivement appel à l'AMRC.

Les systèmes d'accès hertzien composites AMRC/AMRT offrent les meilleurs avantages des technologies AMRC et AMRT, et sont conçus spécifiquement pour l'environnement de l'accès hertzien fixe, avec tous les avantages des fonctions PCS:

- la liaison hertzienne peut acheminer jusqu'à 16 appels simultanés par secteur par 2 MHz;
- contrairement à d'autres systèmes d'accès hertzien, la capacité par secteur n'est pas réduite par la vitesse des unités mobiles, le brouillage, etc.;
- chaque BTS est conçu pour assurer les communications sur une distance maximale d'environ 10 km dans de bonnes conditions de propagation;

4.4.2.2 Systèmes stratosphériques [11]

Les systèmes de télécommunication stratosphériques (STS) sont une technologie hertzienne en cours de mise au point qui utilisera des plates-formes stationnaires situées dans la haute atmosphère pour assurer un service fixe hertzien (à haute densité). Ces plates-formes ont une surface extrêmement dure, légère, multicouche contenant des ballons gonflés à l'hélium, un système de maintien en position des stations comprenant un système de positionnement GPS et un système de propulsion évolué, une charge utile de télécommunication, des panneaux solaires pour l'alimentation le jour et des piles à combustible pour l'alimentation pendant la nuit.

Les plates-formes, positionnées sur des marchés particuliers, assureront des services hertziens large bande, visiophonie, téléphonie numérique et accès Internet grande vitesse, par exemple. Etant donné que chaque plate-forme dessert un marché bien particulier, chaque pays peut adapter les services STS à ses besoins propres. Situés à une altitude comprise entre 21 et 23 kilomètres, avec une empreinte de 1 000 km de diamètre, les systèmes stratosphériques peuvent satisfaire indifféremment les besoins des zones urbaines, suburbaines et rurales et offrent une solution économique pour relier zones rurales et zones urbaines. Les plates-formes seront raccordées au RTPC via des stations – passerelles au sol; elles peuvent être interconnectées entre elles pour offrir une couverture régionale ou mondiale. Elles seront exploitées dans la bande 47,2-47,5 et 47,9-48,2 GHz.

Ces plates-formes plus légères que l'air, uniques dans leur genre, offriront une vaste gamme de services hertziens peu coûteux. Plusieurs facteurs expliquent ce faible coût: guidage télécommandé des plates-formes, ce qui permet de réduire les coûts de déploiement et de positionnement, haute altitude (au-dessus de 99% de l'atmosphère et elles sont donc moins sujettes aux aléas météorologiques), faible puissance de transmission et meilleure visibilité en ligne directe que dans le cas de services utilisant des stations au sol. Les premiers systèmes stratosphériques devraient être déployés en vue d'être testés début 1999.

4.4.2.3 Systèmes à satellites [31, 32]

Pour satisfaire les besoins des zones rurales et isolées en services de télécommunication de base, les satellites présentent certains avantages par rapport à d'autres technologies. En effet, les systèmes à satellites géostationnaires ou non géostationnaires peuvent offrir pratiquement n'importe quel type de service de télécommunication, en tout point du monde, à un coût indépendant de la distance géographique ou de la topographie. Pour l'instant, leur coût est cependant prohibitif pour bon nombre d'utilisateurs finals des zones rurales pauvres.

4.4.2.3.1 Services fixes par satellite (SFS)

Le SFS utilise des satellites géostationnaires pour assurer des services vocaux de transmission de données et vidéo. Ces services s'appuient sur l'infrastructure de Terre fixe pour la transmission, la réception et la diffusion.

Grâce aux progrès des technologies satellitaires, il est possible d'utiliser des puissances d'émission beaucoup plus élevées. De plus, la conception novatrice des antennes de stations terriennes et l'introduction des techniques numériques de codage et de compression ont permis de réduire considérablement les dimensions et le coût des antennes ainsi que la largeur de bande nécessaire pour la transmission et la réception de services à partir de satellites géostationnaires. Le faible coût, à son tour, a permis d'élargir les services existants et d'offrir de nouveaux services aux pays en développement, répondant ainsi aux besoins des zones rurales et isolées. Les techniques de pointe – accès multiple par répartition dans le temps (AMRT), accès multiple avec assignation en fonction de la demande (DAMA) (voir Note) en particulier largeur de bande à la demande – permettent d'utiliser de façon optimale une ressource coûteuse (le satellite) et de mettre en œuvre efficacement un système de télécommunications rurales.

NOTE – La technique DAMA est la meilleure technique basée sur l'utilisation pour les services du RTPC à faible capacité avec des besoins de connectivité importants ou pas; elle offre pour les petits utilisateurs une solution de numérisation du réseau facile à mettre en œuvre. La fourniture d'une connectivité instantanée, en automatique, entre un grand nombre d'utilisateurs avec un seul canal fournissant à tous les utilisateurs du réseau une connectivité directe et une commutation dynamique fait de la technique DAMA une solution rentable pour les petits opérateurs. La technique DAMA peut être utilisée pour la téléphonie, la transmission de données et la télécopie.

Le SFS peut être utilisé pour assurer des liaisons interurbaines entre de petites villes générant suffisamment de trafic pour justifier une assignation permanente de capacité. La liaison d'accès entre un utilisateur isolé (ou un groupe d'utilisateurs) et le RTPC peut être assurée par des microstations (VSAT) et des technologies d'accès hertzien fixe. Les Organisations régionales de télécommunication devraient prendre en compte le problème potentiel du double bond.

Un autre avantage important du SFS pour les responsables de la planification, c'est la facilité avec laquelle il peut faire face à des charges de trafic imprévues. Lorsqu'il est difficile d'estimer les charges de trafic, on peut commencer à exploiter le service avec quelques circuits puis adapter la capacité simplement en ajoutant davantage de canaux dans le lieu considéré jusqu'à ce que l'on obtienne une qualité de service satisfaisante. Les systèmes du SFS utilisant la technique DAMA permettent de desservir efficacement de multiples stations à faible trafic. En plus, certains offrent un outil centralisé de commande et d'analyse de la croissance du trafic.

4.4.2.3.2 Systèmes mobiles mondiaux de communications personnelles par satellite (GMPCS)

Un des avantages des GMPCS est qu'ils assurent une certaine mobilité et qu'ils sont donc tout indiqués pour les zones rurales. La téléphonie cellulaire offre aujourd'hui une mobilité limitée alors que les systèmes à satellites en orbite terrestre basse (LEO), en orbite intermédiaire (MEO) et géostationnaire (OSG) permettent d'étendre la couverture géographique de ces réseaux et d'élargir le parc de clients en desservant des personnes géographiquement désavantagées.

A l'heure actuelle, les solutions techniquement possibles pour fournir un service de communication à un terminal de poche mobile ou à tout autre terminal transportable sont les suivantes:

- i) orbite terrestre basse (LEO – jusqu'à 1 500 km d'altitude). Il y a trois types de LEO:
 - les mini LEO, pour les communications de données (enregistrement et retransmission);
 - les maxi LEO, principalement pour la téléphonie mobile et la transmission de données jusqu'à 9,6 kbit/s;
 - LEO large bande, pour le multimédia, y compris la téléphonie et les données jusqu'à 1,5 Gbit/s.

Pour plus d'informations sur cette technologie, voir la référence [33];

- ii) orbite terrestre intermédiaire (MEO – de 8 000 à 20 000 km); et
- iii) orbite géostationnaire (OSG – 36 000 km).

Pour assurer une couverture totale de la Terre, les systèmes LEO ont besoin de 40 à 288 satellites, les systèmes MEO de 6 à 20 satellites, et les systèmes OSG de 3 à 6 satellites.

Le choix de configuration orbitale doit tenir compte non seulement de la qualité de service qui sera offerte à l'utilisateur mais aussi de la faisabilité et des risques techniques liés aux satellites eux-mêmes ainsi que des problèmes que posent l'achat et la gestion du nombre nécessaire de satellites.

4.5 Lignes d'évolution de la technologie

On élabore actuellement de nouveaux produits et de nouveaux systèmes qui permettront aux zones rurales d'avoir accès à des services de télécommunication fiables et de bonne qualité. On peut citer les exemples suivants:

4.5.1 Systèmes filaires

Un fabricant teste actuellement s'il est possible d'utiliser le système de distribution d'électricité local pour acheminer des signaux téléphoniques. Si les essais sont concluants, cette formule permettrait, dans certains cas, de développer simultanément le réseau électrique et le réseau téléphonique.

4.5.2 Systèmes hertziens

D'autres fabricants ont mis au point un système hertzien comprenant autant de nœuds d'abonné que nécessaire. Chaque nœud non seulement fournit un accès numérique à l'abonné mais aussi achemine les communications vers n'importe quel autre nœud du réseau et enregistre les informations de taxation. Les relevés détaillés concernant les communications et les données administratives sont transmis chaque nuit au centre administratif informatique. Les communications à destination et en provenance du RTPC sont automatiquement acheminées vers ou depuis un nœud passerelle. Dans cette formule, il n'est pas nécessaire d'avoir des stations de base ou un équipement de commutation local, ce qui permet au réseau de démarrer sans mise de fonds importante puis de s'étendre pour faire face à l'augmentation de la demande. L'équipement fonctionne dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques, il est facile à installer et ne nécessite aucune planification détaillée des fréquences. Les communications à destination de nœuds éloignés (plus de 50 km) transitent par le réseau, les nœuds d'abonné jouant le rôle de répéteurs. Les communications entre deux abonnés du réseau ne doivent pas être acheminées par un nœud passerelle. Ce système qui peut fonctionner de façon autonome, pourrait être assimilé à un système hertzien multipoint-multipoint. Chaque nœud d'abonné peut prendre en charge deux lignes, qu'il s'agisse de communications de particuliers, de transmission de données ou de publiphones.

D'ici au début du siècle prochain, le système GSM sera amélioré de façon à prendre en charge un mode paquets propre appelé GPRS (service général de radiocommunication en mode paquets). Le GPRS prendra en charge des débits binaires pour l'abonné jusqu'à 100 kbit/s et utilisera les nouveaux éléments de réseau SGSN (nœud servant pour la prise en charge du service GPRS) et GGSN (nœud passerelle pour la prise en charge du service GPRS).

Grâce à leur modularité, les produits GSM offrent une flexibilité totale pour l'évolution du réseau.

Ils peuvent fournir des services de téléphonie, de télécopie, de données et de messagerie aux abonnés.

L'UIT-R [34] étudie actuellement l'évolution des systèmes de télécommunication mobiles existants ou prochains et le passage aux télécommunications mobiles internationales recommandées-2000 (IMT-2000), que l'on appelait auparavant Futurs systèmes mobiles terrestres publics de télécommunication (FSMTPT). Les systèmes IMT-2000 sont des systèmes radioélectriques mobiles de la troisième génération qui devraient entrer en service dans la première décennie du prochain millénaire. Ils permettront d'avoir accès, grâce à une ou plusieurs liaisons radioélectriques, à une large gamme de services de télécommunication pris en charge par le réseau de télécommunication fixe (RTPC, RNIS) ainsi qu'à d'autres services propres aux unités mobiles. On envisage d'utiliser toute une gamme de terminaux fixes ou mobiles reliés aux réseaux de Terre ou à satellite. Les principales caractéristiques des systèmes IMT-2000 sont les suivantes:

- débit binaire de transmission de données de 184 kbit/s (pour une mobilité totale) [35] et 2 Mbit/s (pour une mobilité limitée) [36] pour prendre en charge tout type de service numérique, jusqu'au multimédia;
- universalité de conception dans le monde entier;
- compatibilité des services dans les systèmes IMT-2000 et avec les réseaux fixes;
- bonne qualité de service;
- utilisation d'un petit terminal de poche bon marché dans le monde entier.

Ces systèmes fonctionneront dans la bande de fréquences des 2 000 MHz. On peut trouver d'autres précisions sur les systèmes IMT-2000 dans la référence [34].

5 Comparaison technique et économique

Il n'est pas facile pour les administrations et les opérateurs de mettre en place, dans les meilleurs délais et de façon efficace, des infrastructures de télécommunication dans les zones rurales et isolées des pays en développement. En effet, les investissements nécessaires sont importants et les systèmes installés auront une durée de vie minimum de dix ans ou plus. Il faut donc absolument prendre les bonnes décisions quant au choix des technologies et à la configuration du système.

TABLEAU 11

Principaux avantages et inconvénients des différentes technologies

	Avantages	Inconvénients
Câbles métalliques Systèmes à fils métalliques	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité - Technologie simple - Possibilité de couvrir de longues distances - Pas de dépendance des fréquences 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement initial important - Longueur et largeur de bande limitées (sans équipement additionnel) - Maintenance - Mise en place très longue
Fibre optique	<ul style="list-style-type: none"> - Grande largeur de bande et par conséquent grande capacité - Longue distance - Qualité 	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance - Investissement initial important - Mise en place très longue
Faisceaux hertziens de forte capacité	<ul style="list-style-type: none"> - Longue distance - Qualité 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé des infrastructures, (pylônes, alimentation, bâtiments) - Visibilité directe nécessaire
Faisceaux hertziens de faible capacité ou de capacité moyenne	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité 	<ul style="list-style-type: none"> - Visibilité directe nécessaire
Systèmes radioélectriques monocanal	<ul style="list-style-type: none"> - Raccordement d'abonnés isolés au central local (ou au concentrateur) sur des distances de plus de 50 km - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Brouillages dans les bandes des ondes métriques et décimétriques (systèmes analogiques) - Visibilité directe généralement nécessaire

TABLEAU 11

Principaux avantages et inconvénients des différentes technologies (suite)

	Avantages	Inconvénients
Systèmes point-multipoint DRF/AMRF	<ul style="list-style-type: none"> - Raccordement d'un nombre limité d'abonnés situés dans un rayon de 50 km du central local (ou du concentrateur) - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Brouillages dans les bandes des ondes métriques et décimétriques (systèmes analogiques) - Capacité de transmission de données limitée
Systèmes point-multipoint AMRT	<ul style="list-style-type: none"> - Transparence totale du service (transmission de signaux vocaux et de données, y compris RNIS, services Internet) - Zone de couverture de plusieurs centaines de kilomètres avec répéteurs - Plusieurs centaines de stations - Plusieurs milliers d'abonnés - Interface à 2 fils ou à 2 Mbit/s avec centraux locaux de n'importe quel type - Conception modulaire permettant une extension facile à moindre coût - Faible consommation d'énergie - L'interface d'abonné peut être à deux fils ou hertzienne 	<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes «propriétaires» - Visibilité directe nécessaire - Nombre de fournisseurs limité
Systèmes numériques sans cordon à la norme CT2	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission de signaux vocaux et transmission de données limitée - Norme CT2/CAI - Facilité de planification - Possibilité d'interfaçage avec les systèmes point-multipoint AMRT - Technologie [peu coûteuse] éprouvée 	<ul style="list-style-type: none"> - Elimination progressive - Portée limitée - Mobilité limitée
Systèmes numériques sans cordon à la norme DECT	<ul style="list-style-type: none"> - Connexion au RTPC et au RNIS - Norme paneuropéenne - Capacité de trafic élevée (environ 10 000 E/km²) - Plusieurs fournisseurs - Planification des fréquences pas nécessaire - Utilisation de n'importe quel type de téléphones, y compris des combinés mobiles DECT - Cryptage et authentification - Accès hertzien fixe - Interfaçage facile avec les systèmes point-multipoint AMRT - Interfonctionnement avec les systèmes à la norme GSM - Mobilité limitée - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Couverture limitée - Sur longs trajets, vulnérabilité à l'étalement du temps de propagation dû au phénomène de propagation par trajets multiples
Systèmes numériques sans cordon à la norme PHS	<ul style="list-style-type: none"> - Connexion au RTPC - Communications directes de combiné à combiné - Cryptage et authentification - Interface avec les systèmes point-multipoint AMRT japonais - Interface à 2 fils, V5.1 ou V5.2 avec le central local 	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilité limitée - Nombre de fournisseurs limité

TABLEAU 11

Principaux avantages et inconvénients des différentes technologies (suite)

	Avantages	Inconvénients
Systèmes numériques sans cordon à la norme PACS	<ul style="list-style-type: none"> - Connexion au RTPC - Interface avec le RNIS et le réseau GSM (interface A) - Forte capacité - Optimisation pour une faible mobilité - Evolution pour les systèmes PCS - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas encore totalement éprouvés
Systèmes cellulaires analogiques	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission de signaux vocaux et de données à faible débit ($\leq 4,8$ kbit/s) - Technologie éprouvée - Peu coûteuse - Zone de couverture d'une station de base: environ 35 km - Déploiement rapide - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible capacité, d'où la nécessité d'avoir plusieurs stations de base - Qualité vocale médiocre - Efficacité spectrale - Manque de sécurité - Pas transparent vis-à-vis du RTPC sauf s'ils sont spécifiquement conçus pour des applications utilisant l'accès hertzien fixe
Systèmes cellulaires numériques à la norme D-AMPS	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission de signaux vocaux et de données à faible débit - Technologie éprouvée - Conformité aux normes CAI IS-54/IS-136 - Compatibilité avec les systèmes cellulaires analogiques AMPS - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'un contrôleur au niveau du central local - Qualité vocale
Systèmes cellulaires numériques AMDC à la norme IS-95	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission de signaux vocaux et de données à faible débit - Conformité à la norme IS-95 - Forte capacité - Facilité de planification - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - La portée dépend de la charge de trafic - Nécessité d'un contrôleur pour l'interface avec le central local
Systèmes cellulaires numériques à la norme GSM/DCS	<ul style="list-style-type: none"> - Transmission de signaux vocaux et de données (14 kbit/s dans un futur proche) - Norme européenne, largement acceptée - Utilisation efficace du spectre - Technologie éprouvée - Plusieurs fournisseurs - Interfonctionnement avec les systèmes à la norme DECT et extension à la transmission de données par paquets (d'ici à l'an 2000) - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement initial important - Qualité vocale - Transmission de données limitée (pour l'instant)
Systèmes cellulaires numériques composites AMDC/AMRT	<ul style="list-style-type: none"> - Vaste gamme de services (téléphonie, données, etc.) - Compatibilité avec tous les commutateurs du RTPC - Interface à 2 fils, V5.1 ou V5.2 - Extension vers les systèmes PCS - Emplacements de cellules très divers - Conformité à la norme IS-661 et la norme J-STD-017 - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Nouvelle conception
Systèmes stratosphériques	<ul style="list-style-type: none"> - Services hertziens large bande, y compris multimédia 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas encore disponibles

TABLEAU 11

Principaux avantages et inconvénients des différentes technologies (fin)

	Avantages	Inconvénients
Systèmes fixes par satellite	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture de liaisons interurbaines - Fourniture d'une liaison d'accès entre abonnés isolés (ou groupes d'abonnés) à l'aide de microstations ou de technologies de boucle locale hertzienne classiques lorsqu'on ne peut pas utiliser à un coût raisonnable une autre technologie - Très grande zone de couverture - Plusieurs fournisseurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'investissement payables d'avance élevés (satellites, lancements, etc.) mais partagés entre plusieurs opérateurs/investisseurs - La qualité vocale dépend du codage de la parole
GMPCS	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture de services de télécommunication (téléphonie et/ou données, Internet, radiomessagerie) pour ainsi dire en tout point de la planète - Accès direct aux satellites depuis des terminaux fixes ou mobiles - Terminaux bimode (satellite et de Terre pour certains) - Plusieurs opérateurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût du déploiement - Prix d'une communication d'une minute pour l'instant trop élevé pour les habitants des pays en développement - La plupart des systèmes ne sont pas encore en service - Nombre de fournisseurs limité - Systèmes difficilement interexploitables entre eux

5.1 Comparaisons techniques entre technologies

Le Tableau 12 ci-après compare les diverses technologies qui pourraient être utilisées pour la fourniture d'infrastructures de télécommunications rurales.

Cette comparaison technique n'est en aucun cas une analyse exhaustive ou détaillée; elle donne une idée générale des performances des différents types de systèmes dans certains domaines bien précis. Les critères suivants ont été choisis:

- complexité technologique: complexité de la technologie proprement dite et nombre de composants nécessaires pour la déployer (par exemple, centre de commutation mobile, contrôleur de station de base, etc.);
- qualité vocale;
- capacité de transmission de données;
- consommation d'énergie: ce critère ne concerne pas les équipements des locaux d'abonné sauf dans le cas des GMPCS;
- mobilité/itinérance;
- facilité de planification: dans le cas des systèmes radioélectriques, ce critère renvoie essentiellement à la planification des fréquences, aux études de propagation, etc.;
- modularité: capacité du système de raccorder de nouveaux abonnés sans qu'il soit nécessaire de réaménager techniquement le réseau;
- facilité de croissance du réseau;
- compatibilité avec le RTPC;
- compatibilité avec le RNIS;
- services offerts.

TABLEAU 12
Comparaison technique

	Systèmes à fils métalliques	Fils métalliques avec x-DSL	Fibre optique	Faisceaux hertziens	Système radioélectrique monocanal	Systèmes point-multipoint AMRF	Systèmes point-multipoint AMRT	DECT	PACS	PHS	CT2
Complexité technologique	Faible	Moyenne	Moyenne	Elevée	Faible	Moyenne	Moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne	Faible
Qualité vocale	Bonne	Bonne	Très bonne	Très bonne	Moyenne/bonne	Moyenne/bonne	Très bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Capacité de transmission de données	Moyenne	Elevée	Elevée	Elevée	Faible	Faible	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne
Consommation d'énergie	–	Moyenne	Faible	Moyenne	Faible	Moyenne	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
Mobilité/itinérance	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui, localement	Oui, localement	Oui, localement	Oui, localement
Facilité de la planification	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne à élevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée
Modularité	–	–	–	Faible	Faible	Moyenne	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée
Facilité de croissance du réseau	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Moyenne	–	Faible	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée
Compatibilité avec le RTPC	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Compatibilité avec le RNIS	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
Services offerts	Service téléphonique classique*	Evolués	Evolués	Evolués	Service téléphonique classique	Service téléphonique classique	Certains évolués	Evolués	Evolués	Evolués	Service téléphonique classique
* Possibilité de services évolués avec des équipements additionnels.											

TABLEAU 12 (*fin*)

Comparaison technique

	Cellulaire analogique	D-AMPS	GSM	IS-95 AMDC	Composite AMDC/AMRT	Systèmes stratosphériques	Systèmes fixes par satellite	Commutation rurale
Complexité technologique	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Faible
Qualité vocale	Médiocre	Moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Capacité de transmission de données	Faible	Faible	Faible à moyenne	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	–
Consommation d'énergie	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Elevée	Faible à moyenne
Mobilité/ itinérance	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Probablement	Oui	Non
Facilité de planification	Non	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non
Modularité	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Elevée	Moyenne	Faible	Faible	Faible
Facilité de croissance du réseau	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne à élevée	Elevée	Elevée	Elevée	Faible
Compatibilité avec le RTPC	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Compatibilité avec le RNIS	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non
Services offerts	Service téléphonique classique	Service téléphonique classique	Service téléphonique classique	Service téléphonique classique	Certains évolués	Evolués	Evolués	Service téléphonique classique
Les systèmes GMPCS n'apparaissent pas dans la présente comparaison car ils présentent trop de variations. Voir la référence [33].								

Quelques remarques

L'utilisation d'un système cellulaire mobile pour assurer un service de téléphonie fixe, en particulier avec des téléphones publics, peut présenter certains inconvénients. Selon la capacité de la cellule qui dessert les téléphones publics et le nombre de téléphones, la structure du trafic et le volume du trafic mobile, la qualité de service d'un système cellulaire normalement conçu pour offrir une qualité de service de 95% se dégradera. On a constaté, au moins dans un pays, que le nombre d'appels n'ayant pas abouti dans le service mobile s'est multiplié et que la qualité de service des téléphones publics s'est sensiblement dégradée.

Le problème est que le téléphone public génère un volume important de trafic. Il n'est pas inhabituel qu'un bureau d'appel public achemine de 100 à 200 communications sur téléphone mobile, ce qui sollicite de façon exceptionnelle une cellule et en fait mobilise de façon quasi permanente une voie de trafic. Lorsqu'un certain nombre de bureaux d'appel publics sont desservis par la même cellule, il se peut que la cellule ne puisse offrir un service acceptable, faute de capacité. On peut bien sûr faire valoir qu'en pareil cas le système devrait être redimensionné pour avoir une plus grande capacité: on pourrait, par exemple, augmenter le nombre de cellules ou fractionner chaque cellule, mais ces modifications coûtent cher à l'opérateur. A moins que les abonnés et le responsable de la réglementation ne soient disposés à accepter un service téléphonique public inférieur à la norme et une dégradation du service mobile, utiliser l'infrastructure cellulaire mobile pour offrir un service fixe n'est pas une solution satisfaisante. On pourrait toutefois utiliser un système cellulaire mobile, temporairement, dans des zones où il n'y a pas de service fixe public.

Lorsqu'on attribue des fréquences du spectre et qu'on les assigne aux opérateurs, il conviendrait de tenir compte du fait que certaines technologies présentent une meilleure efficacité spectrale que d'autres. Un système AMDC, par exemple, utilisera, dans certains cas, un neuvième environ de la quantité de spectre dont aurait besoin un système AMPS et environ un quart du spectre dont aurait besoin un système GSM pour le même nombre d'utilisateurs. Ceci ne signifie pas que la technologie AMDC soit toujours le meilleur choix car il faut prendre en considération d'autres paramètres. Il appartient à l'opérateur d'évaluer les mérites d'une technologie par rapport à une autre dans un environnement donné, par exemple en calculant le rapport coût-performance des différentes technologies considérées, lequel peut s'exprimer de la façon suivante:

$$\frac{\text{performance}}{\text{coût}} = \frac{\text{qualité} \times \text{zone de couverture} \times \text{portée} \times \text{capacité}}{(\text{charges financières} + \text{coûts AO\&M} + \text{droits de licence}) \times \text{efficacité spectrale}}$$

Pendant la planification d'un système hertzien, il faut tenir compte des besoins de spectre et de la disponibilité de cette ressource (le coût du spectre est un facteur important dans l'évaluation financière d'un projet donné). Le Tableau 13 ci-après présente quelques-unes des bandes de fréquences habituellement utilisées pour exploiter certains systèmes hertziens. La disponibilité et l'utilisation des fréquences du spectre sont régies par une réglementation locale. Conformément au Règlement des radiocommunications de l'UIT et aux Recommandations et Rapports de l'UIT-R, une planification des fréquences détaillée doit tenir compte des impératifs de service précis (téléphonie, données, trafic, fixe, mobile, fixe et mobile, portée, etc.). Il importe de noter que ces impératifs peuvent interdire l'utilisation de tel ou tel système hertzien, par exemple parce qu'il n'y a pas suffisamment de fréquences disponibles pour satisfaire la demande de services. Par ailleurs, il ne faut pas négliger la possibilité de partage du spectre entre plusieurs opérateurs dans une même zone.

5.2 Quelle technologie et à quel prix? [3, 39]

Pour répondre à cette question il faut d'abord répondre aux questions suivantes:

- Quels services (téléphonie, données, vidéo)?
- Pour qui (particulier ou entreprise)?
- Par qui (opérateur historique ou nouvel opérateur)?
- Quelle performance (capacité, qualité, GOS, fiabilité)?
- Dans quel contexte (région, distance, environnement)?
- Avec quelle infrastructure et quelles contraintes pour les équipements (commutation, transmission, équipement de distribution, terminaux d'abonné, alimentation, pylônes, câbles, bâtiments, etc.)?
- Quelle réglementation?

Le nombre de paramètres à prendre en considération rend toute comparaison très complexe. Il s'agit en fait de donner pour les systèmes filaires et les systèmes hertziens, des coûts comparatifs rapportés aux trois modèles.

TABLEAU 13

Bandes de fréquences d'exploitation – Systèmes d'accès hertzien de Terre

- Système TACS-NMT-D-ANPS 400 MHz
 - Systèmes point-multipoint 500 MHz
 - AMPS-D-AMPS-CT2-IS95 AMDC 800 MHz
 - GSM-TACS-NMT 900 MHz
 - Systèmes point-multipoint 1,4 GHz
 - DCS-DECT 1,8 GHz
 - PCS-PHS-Composite AMDC/AMRT 1,9 GHz
 - IMT-2000 2,0 GHz
 - Systèmes point-multipoint 2,5 GHz
 - Systèmes point-multipoint propriétaires AMRT 3,5 GHz
 - Large bande AMDC 3,5 GHz
 - Systèmes point-multipoint 10,5 GHz


 Fréquence

Les communications à destination ou en provenance de localités isolées dans les zones rurales sont assurées essentiellement comme suit:

Cas 1: la localité où est installé le centre de transit international;

Cas 2: la localité administrative hiérarchiquement supérieure et/ou la plus importante;

Cas 3: la localité «la plus proche» du point de vue des affinités régionales et/ou culturelles (ville régionale); c'est le cas où le découpage administratif ne coïncide pas avec le développement des infrastructures de télécommunication.

Dans les cas 2 et 3, les localités sont des centres importants qui disposent d'une infrastructure de télécommunication minimale de base (central automatique). Elles sont en outre reliées au centre de transit international par un système de transmission longue distance (câble interurbain, faisceau hertzien, satellite).

Selon la définition donnée à la Section 2, § 2.1, les zones rurales présentent les caractéristiques géographiques ou topographiques suivantes: lacs, déserts, forêts, régions montagneuses ou neigeuses; à cela s'ajoute la distance entre la localité rurale et le centre auquel elle est rattachée. Ces éléments influent beaucoup sur le choix de la technologie utilisée pour desservir les zones rurales.

De plus, la rareté, voire l'absence de services publics (eau, électricité), de services de santé ou d'éducation font que l'activité économique est limitée.

Cette situation explique toute l'importance que l'on accorde à la rentabilité des télécommunications dans les zones rurales (si l'importance des télécommunications pour le développement économique et social et leur rôle dans la limitation de l'exode rural ne sont pas pris en compte).

Par «accès universel» on entend le fait que tout individu, quel que soit son statut social, devrait pouvoir avoir accès à des services de télécommunication à un prix abordable.

Dans les zones rurales, en particulier dans les PMA, la très grande majorité de la population vit dans des conditions modestes, voire très pauvres. Par ailleurs, il se peut que les habitants de ces zones n'aient besoin de moyens de communication que de façon intermittente ou rarement. Fournir une ligne individuelle à chaque habitant n'est donc pas réalisable. Au contraire, il faut envisager des installations partagées (bureaux d'appel publics ou télécentres communautaires polyvalents) lorsqu'on planifie les infrastructures de télécommunication dans les zones rurales pauvres. Les besoins des abonnés privés qui souhaitent avoir une ligne individuelle à leur domicile ou dans leur entreprise devraient bien sûr eux aussi être satisfaits à condition que ces abonnés soient prêts à en payer le prix.

5.2.1 Scénarios

NOTE – Selon le Manuel du GAS 7, les zones rurales peuvent être représentées par quatre modèles:

- *modèle A* (grande densité de population): zone dans laquelle la densité est relativement élevée pour un district rural et où les distances sont assez courtes entre villages voisins;
- *modèle B* (zone montagnaise): zone dans laquelle les villages sont séparés par des montagnes ou des collines, ou dans laquelle les villages sont situés sur une montagne ou une colline;
- *modèle C* (type aligné): zone dans laquelle les villages s'égrènent le long d'une rivière ou d'une route;
- *modèle D* (type dispersé): zone dans laquelle la population est peu dense et disséminée sur un vaste territoire.

Ces trois scénarios correspondent à des situations courantes.

- a) *Scénario 1*: cette configuration dite distante (*remote*) s'applique, par exemple, à des nouvelles zones urbaines ou suburbaines reliées au réseau existant à une distance de 5 à 20 km (Fig. 7).
- b) *Scénario 2*: ou configuration en étoile (*star*) qui correspond à l'extension d'une zone existante autour de son centre pour y inclure de nouveaux abonnés. C'est typiquement le cas des banlieues (Fig. 8).
- c) *Scénario 3*: ou arborescent (*tree*) qui couvre une zone beaucoup plus étendue typiquement rurale où de nombreux villages doivent être raccordés au centre administratif/économique régional le plus proche (Fig. 9).

On n'a pas étudié les configurations extrêmes telles que les déserts, îles, ou quelques régions à population très disséminée dont les abonnés potentiels sont à quelques centaines de km du central de rattachement. Dans ces cas, il est clair que des techniques telles que satellites ou faisceaux hertziens seraient les plus appropriées même si le coût peut être élevé.

5.2.2 Technologies applicables aux scénarios

Sans les détailler de façon approfondie, on peut dire que les technologies applicables aux trois scénarios devraient répondre aux exigences suivantes:

- assurer les liaisons entre les zones rurales et les centres de commutation de rattachement;
- assurer les liaisons locales à l'intérieur d'une même zone rurale.

Pour les liaisons avec les centres de commutation de rattachement, on peut envisager les systèmes suivants:

- câble interurbain multipaire cuivre ou fibre optique;
- faisceaux hertziens;
- satellite (géostationnaire ou non géostationnaire).

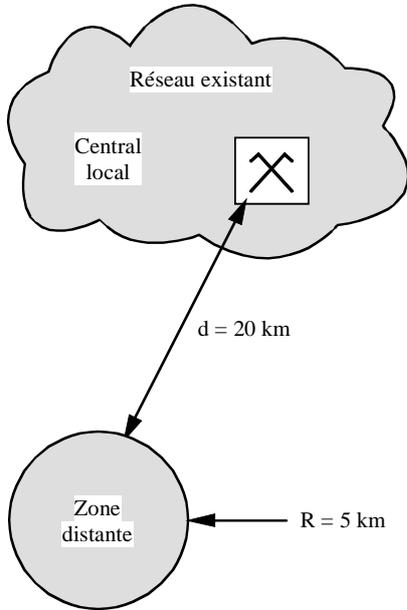
Pour les liaisons (ou raccordement) locales, on peut citer:

- câble multipaire (cuivre, fibre optique);
- systèmes radioélectriques monocanal;
- systèmes radioélectriques point à multipoint;
- systèmes cellulaires fixes;
- systèmes sans cordon;
- systèmes à satellites.

Ceci est illustré à la Fig. 10, où le réseau d'accès local renvoie à la totalité du réseau entre le central automatique et les locaux de l'abonné. De même, «CP» ou «DP» pourrait représenter une unité de raccordement d'abonné distante, un autocommutateur rural, une station terminale ou une station de répéteurs avec abonnés.

FIGURE 7

Scénario 1 – Zone urbaine/suburbaine – Configuration distante

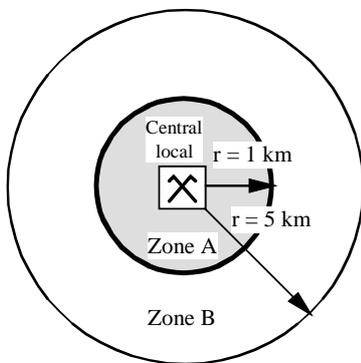


- Réseau existant
 - ▶ Capacité de réserve : 2 000 lignes dans le central local
- Zone nouvelle
 - ▶ Type d'environnement : suburbain/urbain
 - ▶ Nombre d'abonnés : 300 à 1 500
 - ▶ Densité d'abonnés : 4 à 20/km²
 - ▶ Type d'abonné : bureau d'appels publics d'entreprise
 - ▶ Trafic par abonné : 100 mE/abonné
 - ▶ Services : service téléphonique classique
: télécopie de Groupe 3 et de Groupe 4
: RNIS (2B + D)
 - ▶ Qualité de service : 1%
 - ▶ Déploiement : rapide (deux années maximum)

d07

FIGURE 8

Scénario 2 – Zone urbaine/suburbaine nouvelle – Configuration en étoile

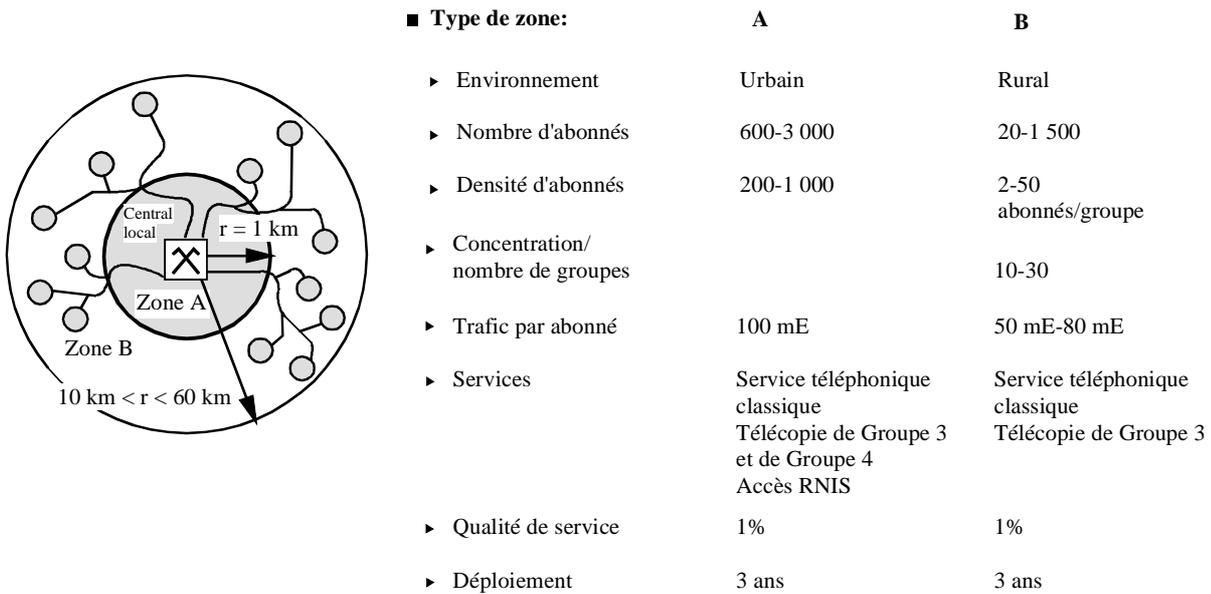


| ■ Type de zone: | Centre (A) | Périphérie (B) |
|----------------------|---|---|
| ▶ Nombre d'abonnés | 600-3 000 | 100-1 000 |
| ▶ Densité d'abonné | 200-1 000 | 2-20/km ² |
| ▶ Type d'abonné | Entreprises | Particuliers |
| ▶ Trafic par abonné | 100mE | 50mE |
| ▶ Services | Service téléphonique classique
Télécopie de Groupe 3 et de Groupe 4
Accès au RNIS | Service téléphonique classique
Télécopie de Groupe 3 |
| ▶ Qualité de service | 1% | 1% |
| ▶ Déploiement | 5 ans | 5 ans |

d08

FIGURE 9

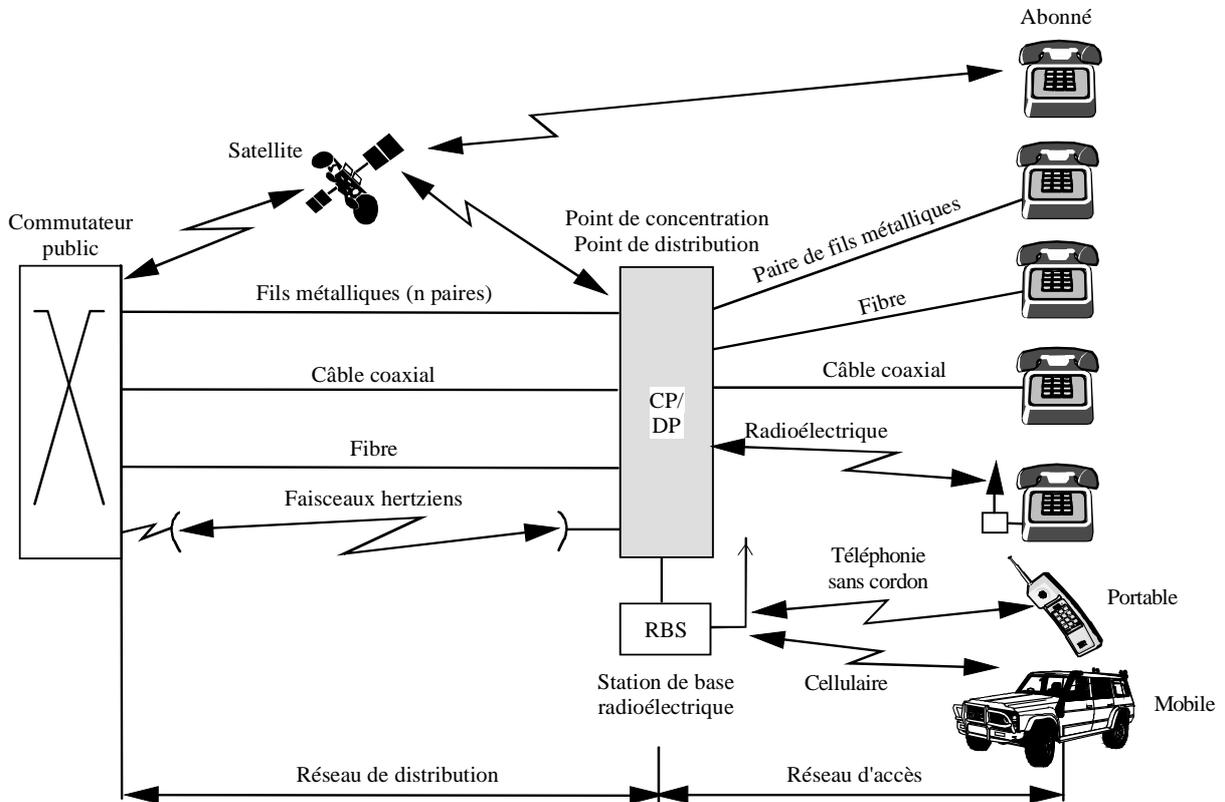
Scénario 3 – Petite ville et zone rurale – Configuration arborescente



d09

FIGURE 10

Définition du réseau d'accès local



d10

5.2.3 Compatibilité et cohérence technologiques

Si l'on se réfère à la définition du réseau d'accès local donnée au § 5.2.2, on se rappelle qu'aussi bien le réseau d'accès que le réseau de distribution peuvent utiliser des technologies filaires ou hertziennes. En théorie, la plupart des combinaisons peuvent être utilisées. Cependant, d'autres paramètres tels que la géographie, les contraintes locales, les capacités relatives, les performances ou encore les services assurés peuvent limiter le nombre de solutions. D'où l'intérêt d'étudier la compatibilité et la cohérence des technologies pour les modèles décrits au § 5.2.1.

5.2.3.1 Compatibilité

L'existence ou non d'un point de concentration (CP)/de distribution (DP) dans le réseau d'accès local constitue le premier élément de compatibilité entre les différents éléments du réseau. En effet, si le point de distribution est situé au même endroit que l'autocommutateur local, l'accès d'abonné n'utilisera qu'une seule technologie et la compatibilité se limitera à l'interfaçage avec l'autocommutateur. Par contre, s'il y a deux sous-réseaux, c'est-à-dire s'il y a un point de concentration/de distribution, la compatibilité entre les deux sous-réseaux doit être étudiée.

5.2.3.2 Cohérence

Bien que la plupart des combinaisons technologiques soit techniquement possible, la capacité, le service et d'autres facteurs limitent généralement l'éventail des solutions. Il convient alors de dresser une matrice de compatibilité/cohérence permettant de limiter les études comparatives aux seules solutions réalisables.

Le Tableau 13 illustre cette démarche pour les trois modèles considérés.

TABLEAU 13

Matrice de compatibilité et de cohérence technologiques pour les trois scénarios

| Réseau de distribution | Réseau d'accès | | | | | | | |
|------------------------|------------------|---------------|---------------|------------|---------------------|------------------|-------------|-----------|
| | Fils métalliques | Câble coaxial | Fibre optique | Cellulaire | Faisceaux hertziens | Point multipoint | Sans cordon | Satellite |
| Fils métalliques | x | | | x | x | x | x | |
| Câble coaxial | x | | | x | x | x | x | |
| Fibre optique | x | | | x | x | x | x | |
| Cellulaire | | | | | | | | |
| Faisceaux hertziens | x | x | x | x | | x | x | |
| Point multipoint | x | | | x | | | x | |
| Sans cordon | | | | | | | | |
| Satellite | x | x | x | x | x | x | x | |

5.2.4 Solutions pour les trois scénarios

Seul un nombre limité de solutions apparaissent réalistes et intéressantes pour une comparaison des coûts (Tableau 14).

5.2.5 Hypothèses

Les hypothèses suivantes ont été formulées en vue d'évaluer les coûts des différentes solutions:

- 1) Le coût des terminaux radio d'abonné (fixes, mobiles ou portatifs) a été inclus dans le calcul lorsque la radio est utilisée dans le réseau d'accès. Le coût des licences d'exploitation, redevances relatives aux fréquences y compris, n'est pas pris en considération.
- 2) L'accès d'abonné est considéré comme commençant à la sortie de l'autocommutateur.
- 3) Les systèmes cellulaires analogiques et numériques ont été évalués séparément et le coût de tous les équipements a été inclus (MSC ainsi que tous les autres équipements associés nécessaires). On est parti de l'hypothèse qu'il n'y a pas de réseau cellulaire mobile existant.
- 4) Le coût des équipements accessoires – conduits et caissons de raccordement – a été pris en compte dans les calculs.
- 5) La couverture radioélectrique a été estimée dans des conditions normales de transmission sans obstacle important, dans l'hypothèse où l'on a seulement besoin d'antennes de toit pour abonnés.

TABLEAU 14

Solutions

| Scénarios | Technologies | | |
|------------|--|--|--|
| | Solution | Distribution | Accès |
| Scénario 1 | Solution 1
Solution 2
Solution 3 | Fils métalliques
Faisceaux hertziens
Faisceaux hertziens | Fils métalliques
Cellulaire
Sans cordon |
| Scénario 2 | Solution 1
Solution 2
Solution 3 | Non disponible | Fils métalliques
Cellulaire
Sans cordon |
| Scénario 3 | Solution 1
Solution 2
Solution 3 | Fibre optique
Point-multipoint
Satellite | Fils métalliques
Sans cordon
Sans cordon |

5.2.6 Comparaison des coûts

Les résultats de la comparaison des coûts pour les différents scénarios présentés dans les Figs. 11, 12 et 13 indiquent que:

- a) Quel que soit le modèle ou la solution envisagée, toutes les courbes présentent la même forme hyperbolique, c'est-à-dire que le coût par abonné baisse avec le nombre d'abonnés.

Ceci est logique puisque le coût élevé de l'investissement initial est partagé entre un nombre croissant d'abonnés. Le coût par abonné décroît donc selon une courbe hyperbolique jusqu'à un coût constant qui correspond approximativement au coût de l'équipement d'abonné, c'est-à-dire au terminal abonné et aux accessoires (antennes, etc.).

- b) Dans le *scénario 1*, configuration urbaine/suburbaine «distante», pour la solution 1 (fils métalliques) et la solution 3 (faisceaux hertziens + système sans cordon), l'infrastructure initiale peut prendre en charge la totalité des abonnés potentiels et, ainsi, le coût par abonné décroît lentement jusqu'au minimum. En d'autres termes, dans une nouvelle configuration urbaine/suburbaine «distante», on peut considérer que tous les conduits pour les câbles ont été préparés dès l'origine et que seul le tirage des câbles dans les conduits est à prendre en compte.

Dans ce cas, le coût supplémentaire est moindre que toute autre solution hertzienne, ce qui explique aussi que, partant d'un investissement initial beaucoup plus élevé, comprenant l'installation des conduits, la courbe de la solution 1 croise ensuite celle de la solution 3.

Toujours dans le même modèle, les courbes de la solution 2 (faisceaux hertziens + cellulaire analogique ou numérique) décroissent jusqu'à une limite qui correspond au nombre maximum d'abonnés que peuvent prendre en charge les stations de base radio. Ensuite, les pointes correspondent aux nouveaux investissements nécessaires pour les nouvelles stations de base radio et leur équipement – alimentation et faisceaux hertziens – pour les relier à l'autocommutateur. Puis, à nouveau, la courbe décroît comme pour l'investissement initial.

Le coût final est plus élevé pour le cellulaire numérique que pour le cellulaire analogique, lequel est plus cher que la solution sans cordon.

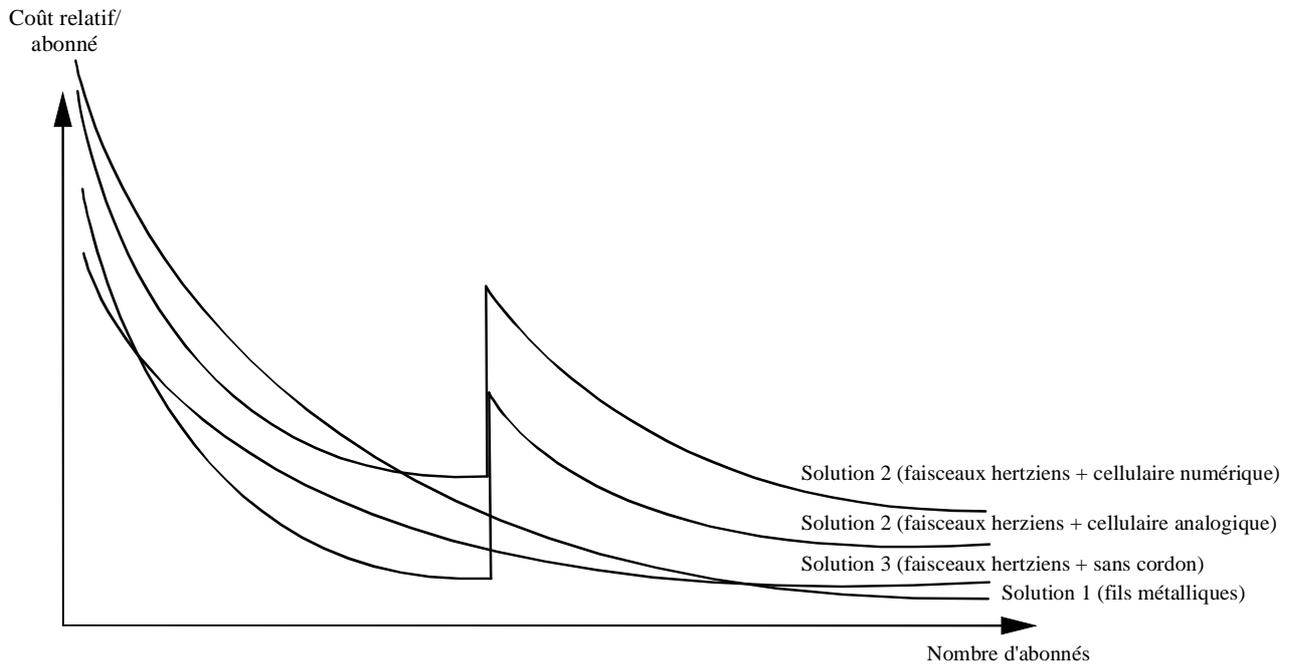
- c) Le *scénario 2* est une configuration urbaine/suburbaine en «étoile» qui peut prendre en charge plusieurs centaines d'abonnés contre 1 500 dans le scénario 1 et 4 500 dans le scénario 3.

Les formes des courbes sont les mêmes que dans le scénario 1, mais l'échelle est sensiblement différente.

Dans toutes les solutions (fils métalliques, cellulaire ou sans cordon), des investissements importants doivent être faits au début afin de couvrir dès l'origine la première couronne de la nouvelle zone. Ensuite, l'investissement se poursuivra avec le raccordement de nouveaux abonnés.

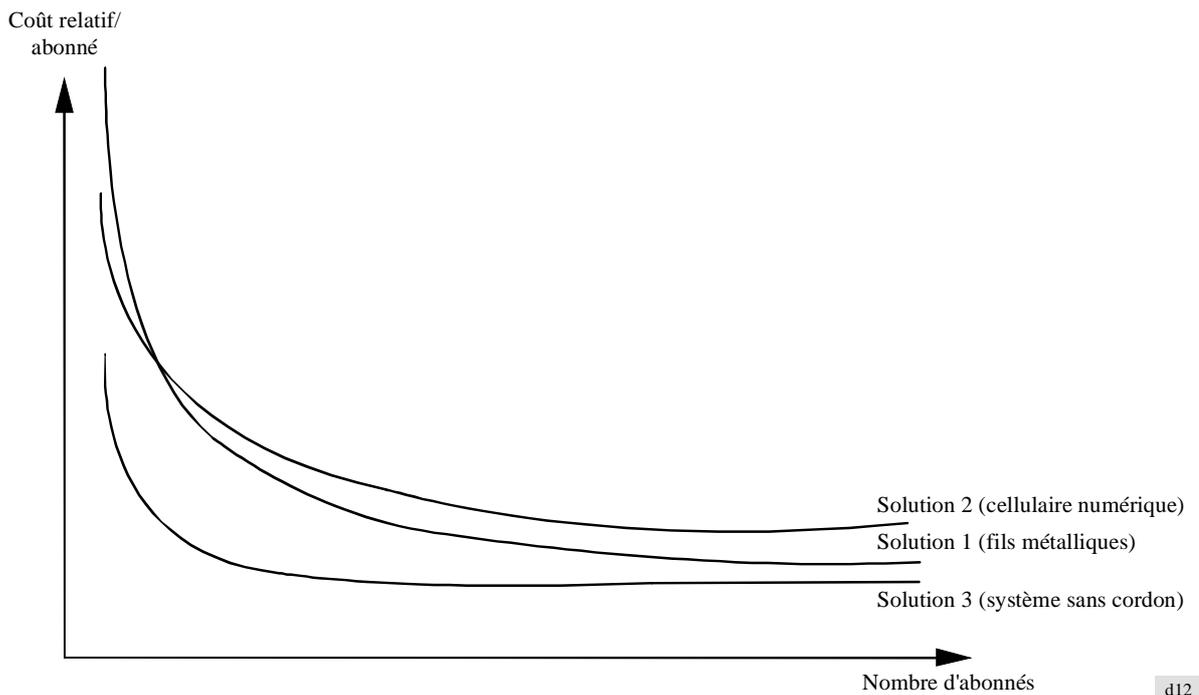
- d) Le *scénario 3* est une configuration rurale «arborescente». Les pointes dans les trois solutions correspondent aux fréquents investissements supplémentaires nécessaires pour tout nouveau raccordement à une nouvelle cellule ou branche du réseau. La zone ombrée des courbes montre la variation du coût par abonné en fonction de la distance à l'autocommutateur.

FIGURE 11
 Comparaison de coût
 Scénario 1 – Configuration urbaine/suburbaine – «distante»



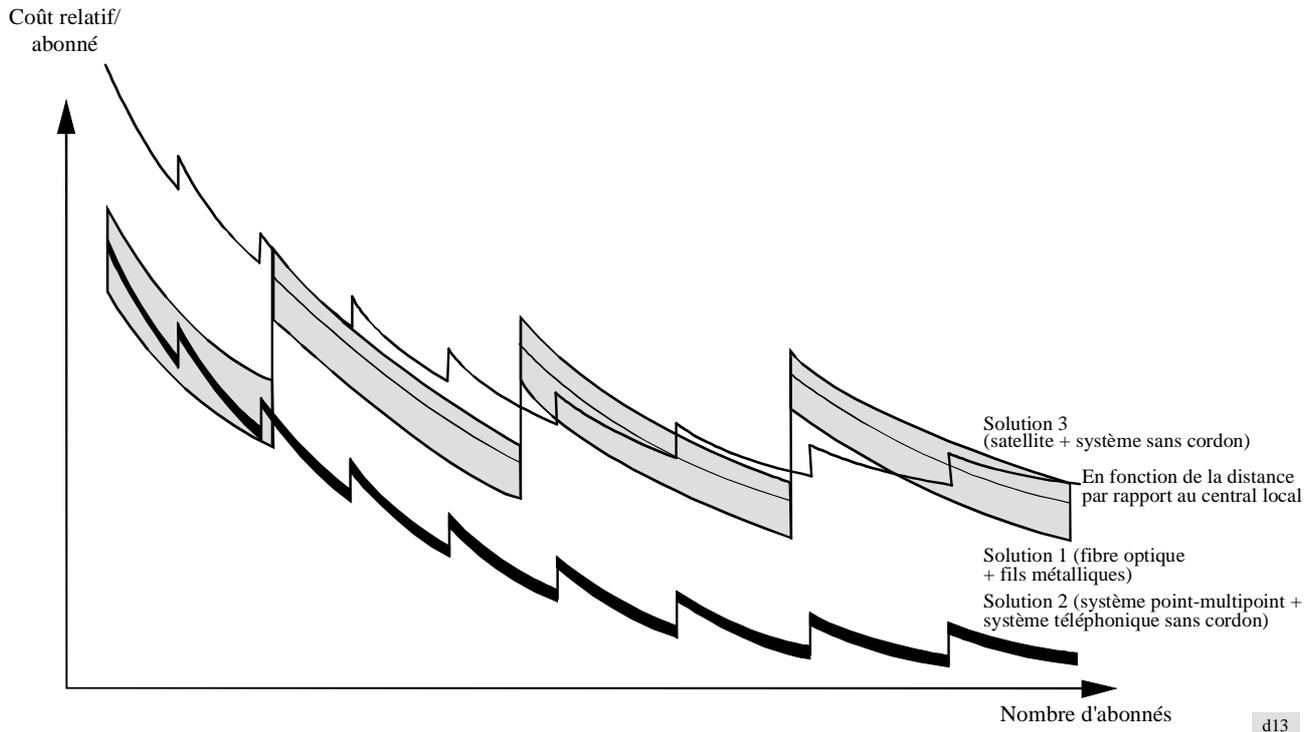
d11

FIGURE 12
 Comparaison de coût
 Scénario 2 – Configuration urbaine/suburbaine – «en étoile»



d12

FIGURE 13
Accès local – Comparaison de coût
Scénario 3 – Configuration rurale – «arborescente»



Pour les solutions 2 (PMP et CT) et 3 (satellite et CT) la fréquence des «pointes» correspond aux nouveaux investissements nécessaires pour chaque nouvelle cellule.

Dans le scénario 3, du fait de la faible densité des abonnés dans la zone B et de leur faible concentration (nombreuses petites cellules), la solution 2 avec PMP et CT est la moins coûteuse tandis que la solution 3 avec le satellite est la plus chère.

Il convient de noter que les systèmes GMPCS seront dans un avenir proche un sérieux concurrent pour un coût initial par abonné faible (le combiné). Cependant, au début, le prix «élevé» des communications risque d'annuler cet avantage.

5.3 Conclusion

Récemment encore, fournir des services de télécommunication dans les zones rurales des pays en développement était un processus long et coûteux car l'implantation d'un réseau à fils métalliques nécessitait un investissement important difficile à justifier compte tenu de l'incertitude de la demande. Aujourd'hui, du fait des progrès technologiques, la fourniture de l'accès local est dans bien des cas plus rapide et plus rentable.

L'accès hertzien fixe présente plusieurs avantages: investissements et coûts d'exploitation moins importants, déploiement plus rapide et plus grande souplesse dans la conception du réseau. Voir les exemples des Figs. 14a à 14d (source: référence [25]).

Les systèmes hertziens représenteront sans aucun doute une part importante des installations dans les quelques prochaines années. Seront concernés non seulement les nouveaux opérateurs mais aussi les PTO en place dans les zones rurales (ainsi que dans les zones urbaines et suburbaines nouvelles), où souplesse et faiblesse de l'investissement initial sont les principaux problèmes.

Selon l'infrastructure des télécommunications existante, la stratégie de l'opérateur, les services qui seront offerts, le coût et les contraintes locales, on peut utiliser des systèmes filaires et/ou hertziens.

FIGURE 14a
Accès hertzien local

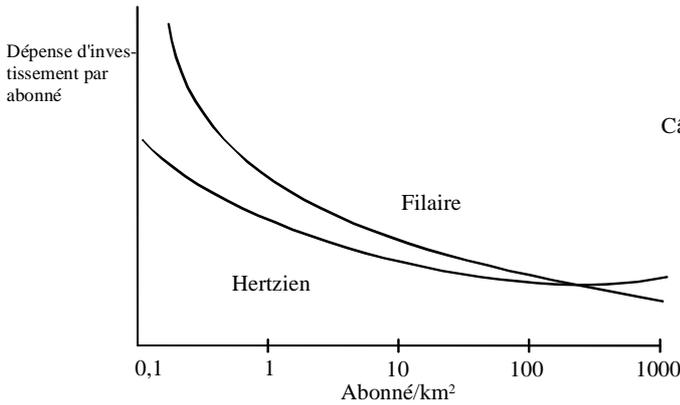


FIGURE 14b
Comparaison entre systèmes hertziens et filaires: coûts d'exploitation

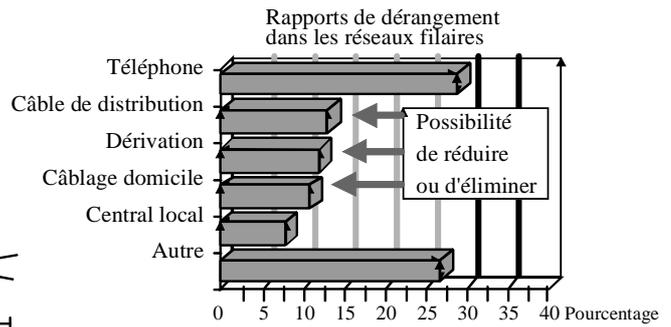


FIGURE 14c
Comparaison entre systèmes hertziens et filaires: temps nécessaire pour le déploiement du système

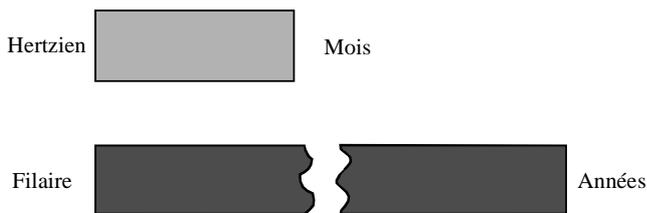
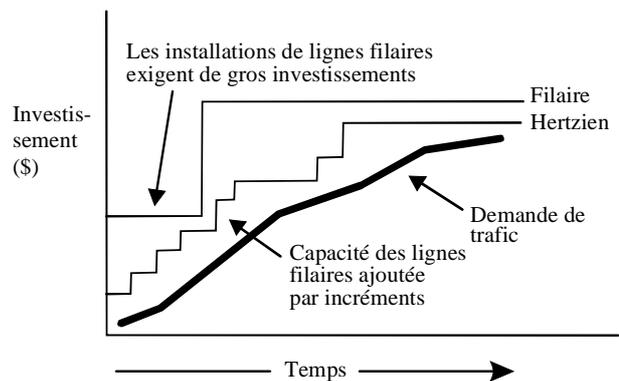


FIGURE 14d
Comparaison entre systèmes hertziens et filaires: flexibilité de la conception du réseau



d14

Comme le montrent les courbes des Figs. 11 à 13, le coût total de l'accès local peut varier dans des proportions importantes d'un cas à l'autre. Il apparaît aussi qu'aucune des technologies proposées n'est la solution la moins chère dans tous les modèles, quel que soit le nombre d'abonnés. Autrement dit, pour faire le bon choix, l'opérateur devra trouver une solution lui permettant de recouvrer son investissement initial dans les plus brefs délais en fidélisant un nombre suffisant d'abonnés tout en conservant la souplesse nécessaire pour étendre le réseau techniquement et commercialement au moindre coût final par abonné.

Un certain nombre de systèmes hertziens pourraient facilement être étendus en vue d'offrir de nouveaux services, en particulier des services mobiles, mais on ne doit pas considérer que les réseaux filaires ont fait leur temps. Les systèmes IMT-2000 une fois en service montreront toutes leurs possibilités mais on peut encore mettre en œuvre des réseaux filaires dans les zones rurales, en particulier lorsque la demande pour des services évolués dépasse les possibilités des systèmes existants ou des systèmes hertziens naissants.

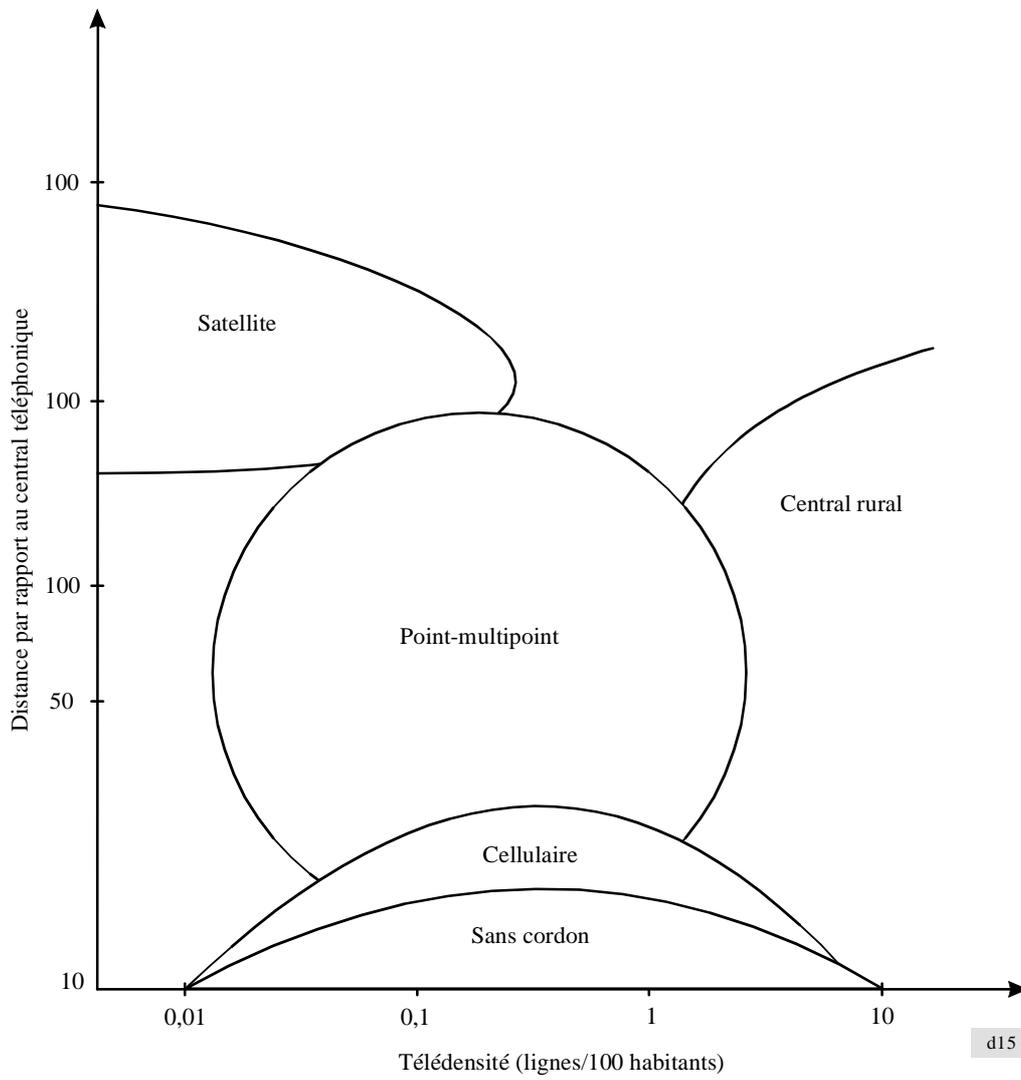
Le Tableau 15 ci-après résume les services assurés par les différentes technologies alors que la Fig. 15 illustre le positionnement des technologies en fonction de la pénétration téléphonique et de la distance par rapport au centre de commutation le plus proche.

TABLEAU 15

Technologies et services dans l'accès local
Liste non exhaustive

| Technologies | | Services | | |
|--------------|---|---|---|-----------------------------|
| | | Voix | Données | Vidéo |
| Filaire | Fils métalliques | 1 canal | Jusqu'à 19,2 kbit/s | Lente |
| | HDSL | 30 canaux | 2 Mbit/s | Visioconférence |
| | ADSL | 1 canal | 19,2 ou 28,8 kbit/s
+ 6 Mbit/s | A la demande |
| | CATV | Possible | Capacité limitée | Diffusion |
| | Fibre optique | Variable jusqu'à
100 000 canaux et
plus | Jusqu'à 10 Gbit/s | Multi-TVHD
+ interactive |
| Hertzienne | Cellulaire analogique | 1 canal par
fréquence | Jusqu'à 4,8 kbit/s | Non |
| | Cellulaire numérique | Variable | > 2,4 kbit/s | Non |
| | Faisceaux hertziens | $n \times 30$ canaux | $n \times 2$ Mbit/s | Diffusion |
| | Faisceaux hertziens
point-multipoint | $n \times 30$ canaux | 16, 32, 64 kbit/s ou
$n \times 64$ kbit/s | Visioconférence |
| | Sans cordon | 12 à 48 canaux/
station de base | Jusqu'à 4,8 kbit/s ou
$n \times 32$ kbit/s | Lente |
| | Satellite | Selon le type | | |

FIGURE 15
Positionnement des technologies



ANNEXE I

Exemple d'analyse financière

L'objet de cette annexe est d'aider un opérateur de télécommunication à choisir la meilleure solution financière lorsqu'il est confronté à plusieurs offres équivalentes d'un point de vue technique [40]. L'exemple donné n'a qu'une valeur illustrative, qui ne repose sur aucun projet en cours ou technologie particulière.

Trois offres, techniquement équivalentes (services offerts, qualité, etc.) mais dont le financement, les coûts administratifs, d'exploitation et de maintenance sont quelque peu différents sont prises en considération:

Offre N° 1:

Montant total: 13 000 MU

MU = unité monétaire

- Conditions de financement:
- 80% du montant total financés sur dix ans avec un intérêt de 10% par an;
 - 20% du montant total couvert par les fonds propres de l'opérateur.

Offre N° 2:

Montant total: 14 000 MU

- Conditions de financement:
- 20% du montant total financés sur 5 ans avec un intérêt de 10% par an;
 - 80% du montant total financés sur 10 ans avec un intérêt de 7,5% par an.

Offre N° 3:

Montant total: 15 000 MU

- Conditions de financement:
- 30% du montant total financés sur 5 ans avec un intérêt de 10% par an;
 - 70% du montant total financés sur 10 ans avec un délai de remboursement de 2 ans et un intérêt de 9% par an.

1) *Les hypothèses suivantes sont formulées:*

- a) la vie économique du projet est de 15 ans;
- b) les recettes générées par le projet sont les suivantes:

| | |
|-----------------------|------------------|
| 1 ^{re} année | 3 000 MU |
| 2 ^e année | 4 500 MU |
| entre 3 et 15 ans | 6 000 MU par an; |
- c) les investissements et la mise en œuvre se font pendant l'année 0, de sorte que le projet commence à générer des recettes au début de l'an 1;
- d) coûts annuels estimatifs pour l'administration, l'exploitation et la maintenance:

| | |
|------------|---------------------------------------|
| Offre N° 1 | 2 340 MU (18% de l'investissement) |
| Offre N° 2 | 2 400 MU (17,1% de l'investissement) |
| Offre N° 3 | 2 460 MU (16,4% de l'investissement); |
- e) amortissement linéaire sur la durée de vie économique du projet;
- f) l'impôt sur le revenu est de 33%;
- g) les actionnaires de l'opérateur de télécommunication veulent recevoir un dividende de 5% sur le capital investi pour la mise en œuvre dans l'Offre N° 1 (20% de 13 000 MU = 2 600 MU, soit un dividende de 130 MU par an);
- h) pour évaluer les différentes offres, on utilise un taux d'escompte de 10%.

2) *Critères de comparaison*

NOTE – On trouvera un examen approfondi de la façon de choisir la meilleure offre d'après la NPV et l'IRR dans la référence [40]. Le profil des bénéfices des différentes offres (comparaison entre la NPV et le taux d'actualisation) peut également être pris en compte.

On peut utiliser les deux critères suivants pour choisir la meilleure offre:

- valeur actuelle nette maximale (NPV); et/ou
- taux de rendement interne maximal (IRR).

Les Tableaux 1 à 3 et la Fig. 1 indiquent le plan financier et commercial détaillé pour chaque offre.

Les résultats sont résumés dans le Tableau 1.

TABLEAU 1

Résumé des résultats

| Offre | 1 | 2 | 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Investissement | 13 000 MU | 14 000 MU | 15 000 MU |
| Valeur actuelle nette | 5 278 MU | 6 174 MU | 4 669 MU |
| Taux de rendement interne | 24% | 36% | 41% |
| Ce tableau montre que: | | | |
| – si l'opérateur privilégie la valeur actuelle nette la plus élevée, il convient de choisir l'offre N° 2; | | | |
| – si l'opérateur privilégie le taux de rendement interne le plus élevé, il convient alors de choisir l'offre N° 3. | | | |

Toutefois, si l'opérateur privilégie à la fois le taux de rendement interne le plus élevé et la valeur actuelle nette la plus élevée pendant les premières années de l'exploitation, il convient de choisir l'Offre N° 3 comme indiqué dans les calculs détaillés (Tableaux 1 à 3).

On notera que si les actionnaires acceptent de ne recevoir aucun dividende pendant la durée de vie économique du projet, la valeur actuelle nette de l'offre N° 1 atteindrait 6 267 MU, le taux de rendement interne restant à peu près le même.

En conclusion, il n'y a pas de solution toute trouvée à ce dilemme. Toutefois l'exemple montre qu'il n'est pas toujours préférable d'opter pour le plus petit investissement. Il est donc important de faire des analyses de sensibilité prenant en compte d'autres éléments, par exemple les flux entrants et sortants de devises ainsi que des paramètres non monétaires.

TABLEAU 2

Valeur actuelle nette et taux de rendement interne – Offre N° 1

| Année | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Investissement (C) | 2 600
10 400 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recettes (R) | | 3 000 | 4 500 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| Administration, exploitation et maintenance (A) | | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 | 2 340 |
| Dépréciation (D) | | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 867 | 862 |
| Charges financières (I) | | 1 040 | 975 | 903 | 824 | 737 | 641 | 536 | 420 | 293 | 161 | | | | | |
| Bénéfice (perte) avant impôt (RBT) | | -1 247 | 318 | 1 890 | 1 969 | 2 056 | 2 152 | 2 257 | 2 373 | 2 500 | 2 632 | 2 793 | 2 793 | 2 793 | 2 793 | 2 798 |
| Impôt sur le revenu (IT) | | - | 105 | 624 | 650 | 678 | 710 | 745 | 783 | 825 | 869 | 922 | 922 | 922 | 922 | 923 |
| Bénéfice (perte) après impôt (RAT) | | -1 247 | 213 | 1 266 | 1 319 | 1 378 | 1 442 | 1 512 | 1 590 | 1 675 | 1 763 | 1 871 | 1 871 | 1 871 | 1 871 | 1 875 |
| Liquidités (CAF) | | -380 | 1 080 | 2 133 | 2 186 | 2 245 | 2 309 | 2 379 | 2 457 | 2 542 | 2 630 | 2 738 | 2 738 | 2 738 | 2 738 | 2 737 |
| Remboursement des prêts (LR) | | 653 | 718 | 790 | 869 | 956 | 1 052 | 1 157 | 1 273 | 1 400 | 1 532 | | | | | |
| Dividendes (Di) | | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| Valeur nette (NV) | -2 600 | -1 163 | 232 | 1 213 | 1 187 | 1 159 | 1 127 | 1 092 | 1 054 | 1 012 | 968 | 2 608 | 2 608 | 2 608 | 2 608 | 2 607 |
| Valeur actuelle nette (NPV)
$\tau = 10\%$ | -2 600 | -3 657 | -3 465 | -2 554 | -1 743 | -1 023 | -387 | 173 | 665 | 1 094 | 1 467 | 2 381 | 3 212 | 3 967 | 4 654 | 5 278 |
| IRR = 24%. | | | | | | | | | | | | | | | | |

TABLEAU 3

Valeur actuelle nette et taux de rendement interne – Offre N° 2

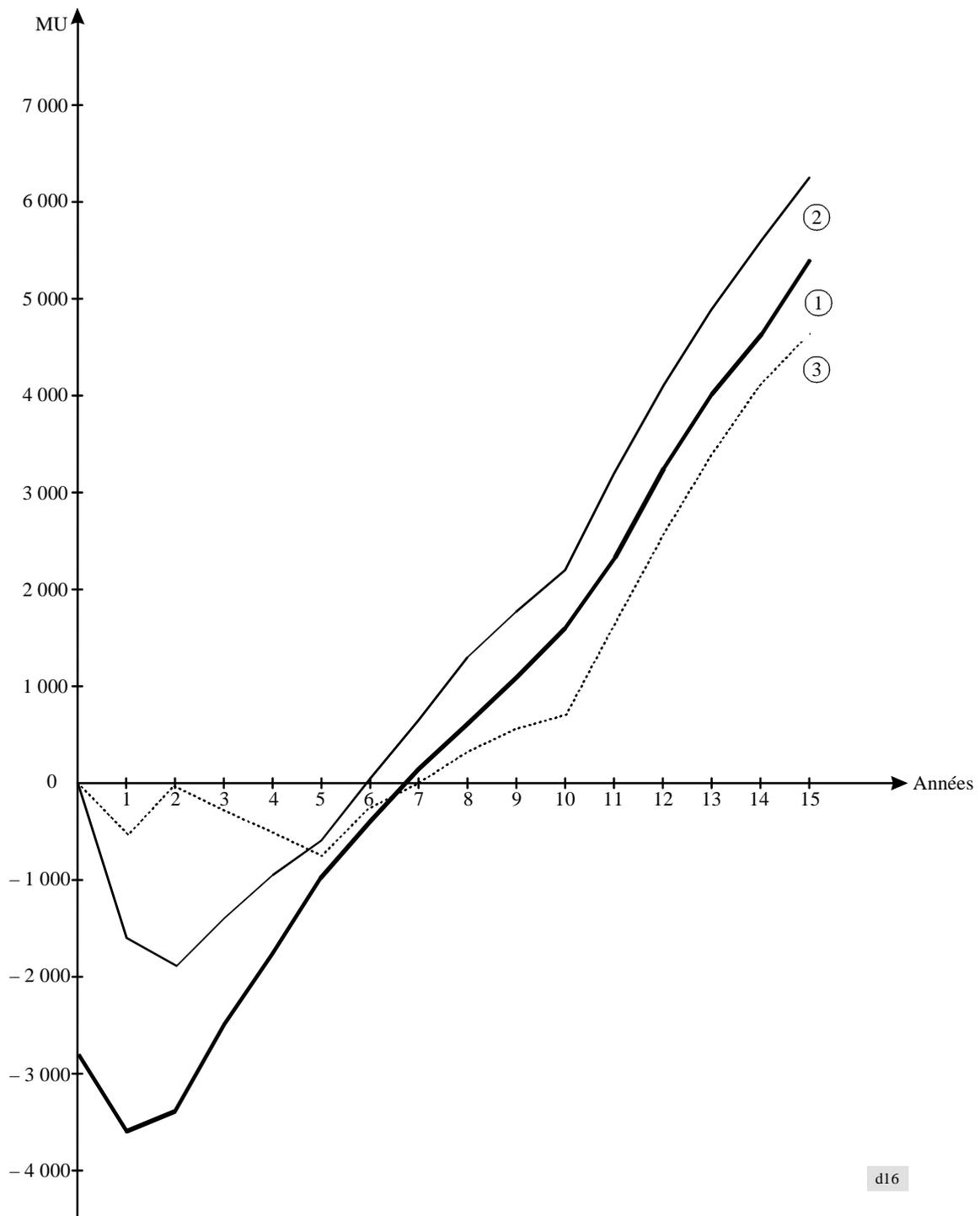
| Année | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Investissement | 14 000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recettes | | 3 000 | 4 500 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| Administration, exploitation et maintenance | | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 | 2 400 |
| Dépréciation | | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 938 |
| Intérêts 20% | | 280 | 234 | 184 | 128 | 69 | | | | | | | | | | |
| Intérêts 80% | | 840 | 781 | 717 | 648 | 574 | 495 | 410 | 318 | 219 | 118 | | | | | |
| Bénéfice (perte) avant impôt | | -1 453 | 152 | 1 766 | 1 891 | 2 024 | 2 172 | 2 257 | 2 349 | 2 448 | 2 549 | 2 667 | 2 667 | 2 667 | 2 667 | 2 662 |
| Impôt sur les revenus | | - | 50 | 583 | 624 | 668 | 717 | 745 | 775 | 808 | 841 | 880 | 880 | 880 | 880 | 878 |
| Bénéfice (perte) après impôt | | -1 453 | 102 | 1 183 | 1 267 | 1 356 | 1 455 | 1 512 | 1 574 | 1 640 | 1 738 | 1 787 | 1 787 | 1 787 | 1 787 | 1 784 |
| Liquidités | | -520 | 1 035 | 2 116 | 2 200 | 2 289 | 2 388 | 2 445 | 2 507 | 2 573 | 2 671 | 2 720 | 2 720 | 2 720 | 2 720 | 2 717 |
| Remboursement des prêts 20% | | 459 | 505 | 555 | 611 | 670 | | | | | | | | | | |
| Remboursement des prêts 80% | | 792 | 851 | 915 | 984 | 1 058 | 1 137 | 1 222 | 1 314 | 1 413 | 1 514 | | | | | |
| Valeur nette | | -1 771 | -321 | 646 | 605 | 561 | 1 251 | 1 223 | 1 193 | 1 160 | 1 157 | 2 720 | 2 720 | 2 720 | 2 720 | 2 717 |
| Valeur actuelle nette $\tau = 10\%$ | 0 | -1 610 | -1 875 | -1 390 | -977 | -629 | 77 | 705 | 1 262 | 1 754 | 2 200 | 3 153 | 4 020 | 4 808 | 5 524 | 6 174 |
| IRR = 35%. | | | | | | | | | | | | | | | | |

TABLEAU 4

Valeur actuelle nette et taux de rendement interne – Offre N° 3

| Année | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Investissement | 4 500
10 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recettes | | 3 000 | 4 500 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 | 6 000 |
| Administration, exploitation et maintenance | | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 | 2 460 |
| Dépréciation | | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 |
| Charges financières 30% | | 450 | 376 | 295 | 206 | 108 | | | | | | | | | | |
| Charges financières 70% | | | | 1 123 | 1 021 | 910 | 789 | 658 | 514 | 357 | 185 | | | | | |
| Bénéfice (perte) avant impôt | | -910 | 664 | 1 122 | 1 313 | 1 522 | 1 751 | 1 882 | 2 026 | 2 183 | 2 355 | 2 540 | 2 540 | 2 540 | 2 540 | 2 540 |
| Impôt sur le revenu | | - | 219 | 370 | 433 | 502 | 578 | 621 | 668 | 720 | 777 | 838 | 838 | 838 | 838 | 838 |
| Bénéfice (perte) après impôt | | -910 | 445 | 752 | 880 | 1 020 | 1 173 | 1 261 | 1 358 | 1 463 | 1 578 | 1 702 | 1 702 | 1 702 | 1 702 | 1 702 |
| Liquidités | | 90 | 1 445 | 1 752 | 1 880 | 2 020 | 2 173 | 2 261 | 2 358 | 2 463 | 2 578 | 2 702 | 2 702 | 2 702 | 2 702 | 2 702 |
| Remboursement des prêts 30% | | 737 | 811 | 892 | 981 | 1 079 | | | | | | | | | | |
| Remboursement des prêts 70% | | | | 1 131 | 1 233 | 1 344 | 1 465 | 1 596 | 1 740 | 1 897 | 2 069 | | | | | |
| Valeur nette | | -647 | 634 | -271 | -334 | -403 | 708 | 665 | 618 | 566 | 509 | 2 702 | 2 702 | 2 702 | 2 702 | 2 702 |
| Valeur actuelle nette $\tau = 10\%$ | 0 | -588 | -64 | -268 | -496 | -746 | -346 | -5 | 283 | 523 | 719 | 1 666 | 2 527 | 3 310 | 4 022 | 4 669 |
| IRR = 41%. | | | | | | | | | | | | | | | | |

FIGURE 16
Valeur actuelle nette



d16

Formules utilisées dans les Tableaux 1 à 3

Soit:

C = investissement

R_k = recettes pour l'année k

A_k = dépenses d'administration, d'exploitation et de maintenance

D_k = dépréciation

| | | |
|---------|---|---------------------------|
| I_k | = | charges financières |
| RBT_k | = | résultat avant impôt |
| IT_k | = | impôt sur le revenu |
| RAT_k | = | résultat après impôt |
| CAF_k | = | cashflow |
| LR_k | = | remboursement des prêts |
| Di_k | = | dividendes |
| NV_k | = | valeur nette |
| NPV | = | valeur actuelle nette |
| i | = | taux d'intérêt |
| τ | = | taux d'escompte |
| IRR | = | taux de rendement interne |
| A | = | annuité |

Alors:

$$RBT_k = R_k - A_k - D_k - I_k$$

$$IT_k = 0,33 RBT_k$$

$$RAT_k = 0,67 RBT_k$$

$$CAF_k = RAT_k + D_k$$

$$A = I_k + LR_k = C \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

n = nombre d'années

ou

$$A = I_k + LR_k = C (1 + i)^2 \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n+2}}$$

où un délai de remboursement de 2 ans a été accordé pour l'année k .

$$LR_k = C \left[\frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} - i \right] (1 + i)^{k-1}$$

$$LR_k = C (1 + i)^2 \left[\frac{i}{1 - (1 + i)^{-n+2}} - i \right] (1 + i)^{k-1}$$

$$I_k = A - LR_k$$

$$NV_k = CAF_k - LR_k - Di_k$$

$$NPV = \sum_0^n NV_k (1 + \tau)^{-k}$$

Le taux de rendement interne est déterminé de façon que:

$$\sum_0^n NV_k (1 + IRR)^{-k} = 0$$

Références bibliographiques

- [1] GAS 7 – Volumes 1 et 2: *Télécommunications rurales*. UIT, 1992-1994.
- [2] Rapport final de la Conférence mondiale de développement des télécommunications (Buenos Aires, 1994), UIT.
- [3] Rapport sur la Question 4/2: *Communications pour les zones rurales et isolées*. Commission d'études 2 de l'UIT-D, Première période d'études (1995-1998). UIT, 1998.
- [4] Rapport sur le développement des télécommunications dans le monde. UIT, 1998.
- [5] NORDINGER C.W.: *Users of Public Telephones and their Benefits in a Developing Country: A case study of Senegal*. Information Telecommunication and Development. UIT, 1986.
- [6] ERNBER J.: *Universal Access through Multipurpose Community Telecentres – A business case*. Global Knowledge Conference GK 1997, Toronto – juin 1997.
- [7] Rapport final sur l'étude de la Question 1/1: *Rôle des télécommunications dans le développement économique, social et culturel*. Document 1/220, Commission d'études 1 de l'UIT-D, décembre 1997.
- [8] RADICELLA S.M.: *Development and Telecommunications* – International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italie, juin 1995.
- [9] Results of a Research Study in Vanuatu: *Socio-economic Benefits of Improved Telecommunications in Developing Countries*. UIT, août 1998.
- [10] Canadian International Development Agency: *Rural Telecommunications in Colombia – Lessons learned*. CMDT-98.
- [11] Commissions d'études 1 et 2 de l'UIT-D – Contributions: 1995-1997.
- [12] DYMOND A.: *Public and Private Interests in Advancing Viable Rural Service – The role of a favourable policy environment*. Strategies Summit – Americas TELECOM 96, UIT.
- [13] Unité de planification stratégique: *Quatrième Colloque de l'UIT sur la réglementation*. UIT, 1996.
- [14] TYLER M. et autres: *L'évolution du rôle de l'Etat à l'heure de la déréglementation des télécommunications, interconnexion et réglementation*. Unité de planification stratégique: page 147, Genève, 1995.
- [15] Projet de rapport intérimaire sur la Question 4/1: *Politiques et modalités de financement des infrastructures de télécommunication dans les pays en développement*. Document 1/182(Rév.3), Commission d'études 1 de l'UIT-D, décembre 1997.
- [16] Proceedings of the Finance and Trade Colloquia: Abidjan, 1996; Amman, 1996; Brasilia, 1997; New Delhi, 1997; Genève, 1997; St. Petersburg, 1998, UIT-D.
- [17] Enjeux du développement des télécommunications: Financement et commerce: Bilan 1996-1998, Première édition, UIT-D, juin 1998.
- [18] YUNUS M.: *Vers un monde sans pauvreté*. J.C. Lattès, éditeur, octobre 1997.
- [19] GARNIER C.: *The Quest for the Missing Link*, Rural Telecommunications – Technical Summit, TELECOM 95, UIT.
- [20] Alcatel Telecom Review – 1^{er} trimestre 1995 et 3^e trimestre 1996.
- [21] BURD N.: *The ISDN Subscriber Loop*. Telecommunications Technology and Applications Series 5, Chapman and Hall, 1997.
- [22] WHILT S.: *Technology trends in wires*. British Telecom Mobile Business Conference, Londres, 1994.
- [23] US Department of Commerce – National Telecommunications and Information Administration: *Survey of Rural Information Infrastructure Technologies*. Special Publication 95-33, septembre 1995, Washington.
- [24] Commutation et Transmission. Numéro spécial 1995, Sotelec, Paris.
- [25] Manuel sur les communications mobiles terrestres: *Boucle locale d'accès hertzien*. Volume 1, UIT-R, 1997.
- [26] Manual on Mobile Communication Development. UIT-D, 1997.
- [27] Wireless Local Loop Strategies. Ovum 1996, Londres.
- [28] Telecommunications Manual 1993 for rural areas and low income areas. Ed. Farel, UIT/CITEL, 1993.

- [29] Proceedings of the ITU/TRT Seminars on rural telecommunication development. Guangzhou 1993; Paris 1994; Pretoria 1995, UIT.
- [30] Proceedings of the ITU/Citel/SRT Seminar on rural telecommunication development. Brasilia, 1995.
- [31] Document 2/263(Rév.1) – Commission d'études 2 de l'UIT-D, 1997.
- [32] Document 2/276 – Commission d'études 2 de l'UIT-D, 1997.
- [33] Report on opinions of group of experts to the World Telecommunication Development Conference (WTDC-98). Document 162, 23 March-1 April. Valletta, Malte.
- [34] Manuel sur les communications mobiles terrestres (y compris accès hertzien): *Manuel sur l'évolution vers les IMT-2000/FSMTPT*: Principes et orientations.
- [35] Recommandation UIT-R M.1034-1: *Exigences imposées à la ou aux interfaces radioélectriques des futurs systèmes mobiles terrestres publics de télécommunication (FSMTPT)*.
- [36] Recommandation UIT-R M.819-2: *Futurs systèmes mobiles terrestres publics de télécommunication (FSMTPT) au service des pays en développement*.
- [37] KAYANI R. et DYMOND A.: *Options for Rural Telecommunications Development*. World Bank Technical Paper No. 359. Banque mondiale, 1997.
- [38] Coopers and Lybrand and EBRD: *Key Technology and Policy Options for the Telecommunications Sector in Central and Eastern Europe and the former Soviet Union*. Mars 1995, BERD.
- [39] CAYLA G.: *Wireless Local Loop: at last, the last mile*. Technical Summit, ITU, TELECOM 95.
- [40] HOUDAYER R.: *Evaluation financière des projets*. Ed. Economica, 1993.

Bibliographie additionnelle

UIT: *Une technologie moderne appropriée de télécommunications pour le développement rural intégré de l'Afrique*. 1981.

Banque mondiale: *Rapport sur le développement dans le monde*. 1996.

UIT: *Rapport de la Commission indépendante pour le développement mondial des télécommunications*. 1984.

SAUNDERS R.J., WARFORD J.J. et WELLENIUS B.: *Telecommunications and Economic Development*. John Hopkins University Press, 1983.

KIPLAGAT B.A. et WERNER M.C.M.: *Telecommunications and Development in Africa*. IOS Press Amsterdam, 1994.

Etude de faisabilité de WorldTel: *Comment combler le fossé des communications dans le monde*. McKinsey and Company, 1995.

Final Report of APEC Seminar: *Universal Access to the Benefits of the Asia-Pacific Information Infrastructure*. APEC Telecommunications Working Group, Darwin, mars 1998.
