



Union internationale des télécommunications

ACCÈS HERTZIEN FIXE



**Manuel sur les
communications
mobiles terrestres**
(y compris accès hertzien)

Volume 1
2^e édition

SECTEUR DES RADIOCOMMUNICATIONS DE L'UIT

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Pour tout renseignements sur les questions de radiocommunication

contacter:

UIT

Bureau des radiocommunications
Place des Nations
CH-1211 Genève 20
Suisse

Téléphone: +41 22 730 5800
Fax: +41 22 730 5785
Internet: brmail@itu.int

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

© UIT 2001

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

ACCÈS HERTZIEN FIXE

**Manuel sur les
communications
mobiles terrestres**
(y compris accès hertzien)

Volume 1
2^e édition

TABLE DES MATIÈRES

	Page
PRÉFACE	xiii
AVANT-PROPOS.....	xv
PROLOGUE À LA SECONDE ÉDITION.....	xvii
CHAPITRE 1 – INTRODUCTION.....	1
1.1 BUT ET PORTÉE.....	1
1.2 ANTÉCÉDENTS	1
1.2.1 Accès hertzien téléphonique classique.....	1
1.2.2 Accès hertzien large bande (AHLB).....	2
1.2.3 Relation entre l'AHF et les IMT-2000	3
1.2.4 Accès hertzien à l'Internet.....	3
1.3 ORGANISATION ET UTILISATION DU MANUEL.....	4
CHAPITRE 2 – EXIGENCES RELATIVES À L'ACCÈS.....	5
CHAPITRE 3 – AVANTAGES DE L'ACCÈS HERTZIEN.....	9
CHAPITRE 4 – CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA TECHNOLOGIE, À L'ÉVOLUTION ET À LA CONCEPTION.....	13
4.1 OBJECTIFS DE CONCEPTION DES SYSTÈMES D'AHF.....	13
4.2 ARCHITECTURE DES SYSTÈMES D'AHF.....	13
4.3 SPECTRE RADIOÉLECTRIQUE	14
4.3.1 Rôle du Règlement des radiocommunications (RR) de l'UIT et des politiques nationales d'utilisation du spectre.....	15
4.3.2 Résumé des Recommandations en vigueur.....	17
4.4 MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DES RÉSEAUX ET DES SYSTÈMES RADIOÉLECTRIQUES	19
4.5 EVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE.....	22
4.5.1 Terminaux	22
4.5.2 Station de cellule/station de base radioélectrique	22
4.5.3 Liaison de raccordement	23

	Page
4.5.4 Commutateur/réseau.....	23
4.6 CLASSIFICATION DES SYSTÈMES D'AHF.....	26
4.7 AHLB.....	26
CHAPITRE 5 – FACTEURS CLÉS INFLUANT SUR LE CHOIX DE LA TECHNOLOGIE.....	29
5.1 INTRODUCTION.....	29
5.2 TECHNOLOGIE DE L'ACCÈS HERTZIEN.....	30
5.3 CHOIX DE LA TECHNOLOGIE	30
5.4 MODÈLES TECHNOLOGIQUES.....	30
5.5 EXIGENCES RELATIVES AU MARCHÉ.....	32
5.6 CRITÈRES TECHNOLOGIQUES APPLICABLES AU RÉSEAU D'ACCÈS ..	33
5.7 ACCÈS.....	34
5.8 NOUVELLES TECHNOLOGIES POUR LE RÉSEAU D'ACCÈS	34
5.9 SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN	35
5.10 CONCLUSIONS.....	38
CHAPITRE 6 – PLANIFICATION DE LA MISE EN PLACE DES SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN	39
6.1 GÉNÉRALITÉS.....	39
6.2 PLANIFICATION DES BESOINS DE SERVICE	39
6.2.1 Fonctionnalités	39
6.2.2 Possibilités futures de service	40
6.3 PLANIFICATION D'UN RÉSEAU DE TÉLÉCOMMUNICATION	41
6.3.1 Besoins en matière de capacité d'écoulement de trafic	41
6.3.2 Exploitation et maintenance	41
6.3.3 Connexion et intégration de la «liaison de raccordement» et du réseau	42
6.4 CARACTÉRISTIQUES RADIOÉLECTRIQUES ET INGÉNIERIE DES RADIOCOMMUNICATIONS	43
6.4.1 Densité d'abonnés.....	43
6.4.2 Zone de couverture.....	43
6.4.3 Planification des cellules.....	43

	Page
6.4.4 Aspects de propagation radioélectrique	44
6.5 RÉSUMÉ.....	44
CHAPITRE 7 – APERÇU GÉNÉRAL DES SYSTÈMES D'AHF.....	47
7.1 SYSTÈMES SE FONDANT SUR DES NORMES EXISTANTES RELATIVES AUX INTERFACES RADIOÉLECTRIQUES	47
7.1.1 Systèmes d'AHF D-AMPS (AMRT).....	47
7.1.2 Systèmes d'accès hertzien AMRC à la norme IS-95.....	47
7.1.3 Systèmes d'accès hertzien GSM.....	48
7.1.4 AHF PHS.....	48
7.1.5 Systèmes d'accès hertzien NMT.....	48
7.1.6 Systèmes d'accès hertzien DECT	48
7.1.7 Systèmes d'accès hertzien AMPS.....	48
7.1.8 Systèmes d'accès hertzien TACS	48
7.2 SYSTÈMES SE FONDANT SUR DES TECHNOLOGIES D'INTERFACES RADIOÉLECTRIQUES EXCLUSIVES.....	49
7.2.1 Système d'accès hertzien Proximity II de Nortel Networks.....	49
7.2.2 Sous-système de boucle hertzienne SR500-s de SR Telecom	49
7.2.3 Système d'accès hertzien IRT de TRT/Lucent Technologies.....	49
7.3 SYSTÈMES D'AHLB.....	49
CHAPITRE 8 – ACCÈS HERTZIEN LARGE BANDE.....	51
8.1 BESOINS EN MATIÈRE D'ACCÈS.....	51
8.2 UTILISATION DU SPECTRE.....	53
8.3 OBJECTIFS DE QUALITÉ ET DE DISPONIBILITÉ	53
8.4 CONDITIONS DE PROPAGATION.....	54
8.5 ARCHITECTURES AHLB	54
8.6 MISES EN ŒUVRE TECHNIQUES	55
8.7 PLANIFICATION DES RÉSEAUX	56
8.8 APERÇU DES SYSTÈMES AHLB.....	57

CHAPITRE 9 – TECHNOLOGIES FUTURES POUR L'AHF	59
9.1 TENDANCES DU MARCHÉ ET DE L'INDUSTRIE: CONVERGENCE DES SERVICES FIXE, MOBILE ET DE RADIODIFFUSION	59
9.1.1 Introduction	59
9.1.2 Convergence.....	59
9.1.2.1 Convergence entre le service fixe et le service mobile	60
9.1.2.2 Convergence entre le service et le service de radiodiffusion	60
9.1.3 Régulateurs et opérateurs	60
9.1.4 Applications de l'AHF	60
9.2 EVOLUTION TECHNOLOGIQUE.....	61
ANNEXE 1 – TERMINOLOGIE ET SIGLES.....	63
1 TERMINOLOGIE ET DÉFINITIONS.....	63
2 SIGLES	65
ANNEXE 2 – CONSIDÉRATIONS RELATIVES AU PARTAGE DU SPECTRE	69
1 INTRODUCTION.....	69
1.1 ELÉMENTS D'ORIENTATION POUR LES QUESTIONS DE COORDINATION ET LES QUESTIONS CONNEXES	69
2 ELÉMENTS D'ORIENTATION CONCERNANT L'ATTRIBUTION DES FRÉQUENCES	70
3 PLANS DE FRÉQUENCES	71
3.1 CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES	71
3.2 ASSIGNATIONS DRT DANS DES BANDES AVEC DU SPECTRE APPARIÉ	72
3.2.1 Généralités.....	72
3.2.2 Mise en œuvre	72
4 MISE EN PLACE	73
5 CONCEPTION DES ÉQUIPEMENTS	73
6 LISTES DE CONTRÔLE ET ÉLÉMENTS D'ORIENTATION.....	74

ANNEXE 3 – CRITÈRES D'ÉVALUATION DES SYSTÈMES ET DES TECHNOLOGIES D'AHF SELON LES BESOINS ET LES EXIGENCES.....		75
1	GÉNÉRALITÉS.....	75
2	BASES DE LA PLANIFICATION DE SYSTÈMES RADIOÉLECTRIQUES: TRAJETS RADIOÉLECTRIQUES.....	75
2.1	AFFAIBLISSEMENT DÛ À LA PLUIE	76
2.2	PROPAGATION AU-DESSUS DE L'EAU	76
2.3	EVITEMENT DE L'AFFAIBLISSEMENT DÛ AUX RÉFLEXIONS	77
2.4	PROPAGATION DES ONDES MILLIMÉTRIQUES.....	77
3	COMPARAISON DE LA PLANIFICATION DES SYSTÈMES CELLULAIRES MOBILES ET DES SYSTÈMES D'AHF	78
4	MODÈLES DE RÉSEAUX RADIOÉLECTRIQUES GÉNÉRIQUES.....	80
4.1	RÉSEAUX D'ACCÈS HERTZIEN «STANDARD».....	80
4.2	RÉSEAUX RURAUX DE FAIBLE DENSITÉ.....	80
5	COUVERTURE HEXAGONALE IDÉALE	81
5.1	PLANIFICATION DES CELLULES À LARGE BANDE	83
6	PROCESSUS DE PLANIFICATION DE NIVEAU SUPÉRIEUR DES RÉSEAUX RADIOÉLECTRIQUES	84
6.1	SOUTIEN À LA PLANIFICATION D'ENTREPRISE.....	85
6.2	PLANIFICATION DES CELLULES	85
6.3	ANALYSE ET OPTIMISATION DES PERFORMANCES.....	85
6.4	ESTIMATION DE TRAFIC ET CALCULS DES BESOINS EN MATIÈRE DE SPECTRE.....	85
7	SOUTIEN À LA PLANIFICATION D'ENTREPRISE.....	85
7.1	INFORMATIONS DE DÉPART CLÉS POUR LE SOUTIEN À LA PLANIFICATION D'ENTREPRISE	86
7.2	PRINCIPAUX RÉSULTATS DU SOUTIEN À LA PLANIFICATION D'ENTREPRISE	87
7.3	MESURES ASSOCIÉES AU SOUTIEN À LA PLANIFICATION D'ENTREPRISE	87
7.4	CALCUL DE LA PORTÉE RADIOÉLECTRIQUE DE RÉSEAUX D'ACCÈS HERTZIEN «STANDARD».....	88
7.5	MARGE DE PROTECTION CONTRE L'OCCULTATION ET QUALITÉ DE COUVERTURE	88
7.6	MARGE DE PROTECTION CONTRE L'ÉVANOUISSEMENT TEMPOREL.....	89
7.7	MARGE DE PROTECTION CONTRE LE BROUILLAGE.....	90

	Page
7.8	AUTRES MARGES DE BILAN DE LIAISON..... 90
7.8.1	Exemple de bilan de liaison pour un système AHF 90
7.9	CALCUL DE LA PORTÉE POUR LES RÉSEAUX RURAUX DE FAIBLE DENSITÉ 92
7.10	CAPACITÉ ET PORTÉE DU RÉSEAU RADIOÉLECTRIQUE..... 92
7.11	PLANIFICATION DE HAUT NIVEAU DES FRÉQUENCES 92
7.12	STRATÉGIES DE CROISSANCE DES RÉSEAUX RADIOÉLECTRIQUES .. 92
8	PLANIFICATION DES CELLULES 93
9	ANALYSE ET OPTIMISATION DES PERFORMANCES DU RÉSEAU 96
10	RÉSUMÉ DES ASPECTS DE LA PLANIFICATION RADIOÉLECTRIQUE.. 96
ANNEXE 4 – DESCRIPTIONS DÉTAILLÉES: SYSTÈMES BASÉS SUR DES NORMES EXISTANTES D'INTERFACES HERTZIENNES 101	
1	SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN À LA NORME D-AMPS/AMRT 101
1.1	GÉNÉRALITÉS..... 101
1.2	TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATIONS 101
1.2.1	Caractéristiques de l'interface radioélectrique (Bandes de 800 MHz) 101
1.2.2	Configuration du réseau 102
1.3	RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES 104
2	SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN AMRC..... 105
2.1	GÉNÉRALITÉS..... 105
2.2	TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION 106
2.2.1	Caractéristiques de l'interface radioélectrique..... 106
2.2.2	Configuration du réseau 107
2.3	RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES 109
3	SYSTÈMES D'AHF À LA NORME GSM 111
3.1	GÉNÉRALITÉS..... 111
3.2	TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION 112
3.2.1	Caractéristiques de l'interface radioélectrique..... 112
3.2.2	Configuration du réseau 112
3.3	RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES 114

	Page
4 SYSTÈME PHS-AHF	115
4.1 GÉNÉRALITÉS.....	115
4.2 TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION	116
4.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique.....	116
4.2.2 Configuration du réseau	116
4.3 RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES	118
5 SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN NMT	119
5.1 GÉNÉRALITÉS.....	119
5.2 TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION	120
5.3 RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES	120
6 SYSTÈME D'ACCÈS HERTZIEN À LA NORME DECT.....	121
6.1 GÉNÉRALITÉS.....	121
6.2 TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION	122
6.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique (1 880-1 900 MHz)	122
6.2.2 Configuration du réseau	122
6.2.3 Approche d'interfonctionnement de l'interface hertzienne DECT	123
6.2.4 Questions de portée, de capacité de trafic et d'efficacité.....	123
6.3 RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES	124
7 SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN À LA NORME AMPS.....	124
7.1 GÉNÉRALITÉS.....	124
7.2 TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION	124
7.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique.....	125
7.2.2 Configuration du réseau	125
7.3 RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES	127
8 SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN À LA NORME TACS	127
8.1 GÉNÉRALITÉS.....	127
8.2 TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION	128

	Page
8.2.1	Caractéristiques de l'interface radioélectrique..... 128
8.2.2	Configuration du réseau 128
8.3	RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES 128
 ANNEXE 5 – DESCRIPTIONS DÉTAILLÉES: SYSTÈMES FAISANT APPEL À DES TECHNOLOGIES EXCLUSIVES D'INTERFACES HERTZIENNES 129	
1	SYSTÈME D'AHF À L'INTERNET DE NORTEL NETWORKS 129
1.1	GÉNÉRALITÉS..... 129
1.2	TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION 130
1.2.1	Caractéristiques de l'interface radioélectrique..... 131
1.2.2	Configuration du réseau 131
1.3	RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES 135
2	SOUS-SYSTÈME D'ACCÈS HERTZIEN SR500-S DE SR TELECOM 136
2.1	GÉNÉRALITÉS..... 136
2.2	TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION 137
2.2.1	Caractéristiques de l'interface radioélectrique..... 137
2.3	RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES 142
3	SYSTÈME MODULAIRE IRT DE TRT/LUCENT TECHNOLOGIES POUR L'ACCÈS LOCAL HERTZIEN 143
3.1	GÉNÉRALITÉS..... 143
3.2	TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATION 144
3.2.1	Caractéristiques de l'interface radioélectrique..... 144
3.2.2	Fonctions, organisation et structure du réseau 144
 ANNEXE 6 – CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA MISE EN PLACE DES SYSTÈMES AHLB 149	
1	INTRODUCTION..... 149
2	CONSIDÉRATIONS RELATIVES AU PARTAGE DU SPECTRE 149
3	DÉCISIONS PRISES PAR LA CMR-2000 CONCERNANT LES SYSTÈMES HDFS 149
3.1	INTRODUCTION..... 149

	Page
3.2 APPLICATIONS POUR LES SYSTÈMES HDFS	150
3.3 RÉSULTATS DE LA CMR-2000	150
ANNEXE 7 – DESCRIPTIONS DES SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN LARGE BANDE	151
1 SYSTÈME D'AHLB DE NORTEL NETWORKS REUNION™	151
1.1 GÉNÉRALITÉS.....	151
1.2 TECHNOLOGIE, ARCHITECTURE ET CONFIGURATIONS	152
1.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique.....	152
1.2.2 Configuration de réseau	152
1.3 RÉSUMÉ DES CAPACITÉS	154
2 SYSTÈME D'ACCÈS HERTZIEN FIXE LARGE BANDE TSR	155
2.1 INTRODUCTION.....	155
2.2 DESCRIPTION	155
2.3 STRUCTURES POSSIBLES DU RÉSEAU ET APPLICATIONS	157
3 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES D'UN SYSTÈME AHF À LARGE BANDE AU JAPON.....	158
3.1 INTRODUCTION.....	158
3.2 SYSTÈME AHF POINT À POINT	158
3.3 SYSTÈME AHF POINT-MULTIPOINT	159
4 SYSTÈME AHF LARGE BANDE D'ERICSSON.....	161
5 SYSTÈME D'AHLB LMDS 7390 D'ALCATEL	164
5.1 GÉNÉRALITÉS.....	164
5.2 ARCHITECTURE	165
5.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES.....	167
5.3.1 Description du système	167
5.3.2 Interface de réseau.....	167
5.3.2.1 Trafic de données par salves	167
5.3.2.2 Trafic orienté circuit.....	167
5.3.3 Interfaces d'abonné.....	168

	Page
5.3.4 Interface radioélectrique.....	168
5.3.4.1 Plans de fréquences	168
5.3.4.2 Couche physique RF	169
5.3.4.3 Largeurs de bande de porteuse acceptées.....	169
5.3.4.4 Caractéristiques de transmission radioélectriques.....	170
 ANNEXE 8 – ACCÈS HERTZIEN À L'INTERNET	 171
 1 INTRODUCTION.....	 171
 ANNEXE 9 – RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	 177
1 NORMES	177
2 LIVRES ET DOCUMENTS TECHNIQUES	179
 INDEX ALPHABÉTIQUE	 181

PRÉFACE

Le manuel sur le service mobile terrestre (y compris accès hertzien) a été élaboré par un groupe d'experts de la Commission d'études 8 des Radiocommunications, sous la présidence de M. S. Towaij (Canada), président du Groupe de travail 8A.

Le manuel comprend plusieurs volumes couvrant toutes les catégories du service mobile terrestre, comme le service mobile cellulaire, les téléphones sans cordon et les télécommunications sans cordon, l'accès hertzien fixe, la gestion de flotte de véhicules, la radiomessagerie et d'autres applications du service mobile terrestre. Le contenu présente des explications détaillées et des références qui peuvent être consultées pour obtenir des détails supplémentaires.

Le présent Volume 1 portant sur l'accès hertzien fixe décrit les principes de base, les exigences d'accès, les critères techniques, la planification de la mise en place et les caractéristiques techniques de systèmes typiques. Le contenu technique est destiné aux administrations et aux exploitants, à la fois dans les pays développés et dans les pays en développement. Les applications d'accès hertzien sont considérées comme un élément très important de l'infrastructure des télécommunications d'aujourd'hui. Les applications d'accès hertzien prennent donc une importance considérable dans le service mobile terrestre, comme moyen de fournir des services de télécommunication rapides et économiques.

Le présent manuel a pour but d'aider les intéressés à prendre les décisions qui s'imposent en matière de planification, d'ingénierie et de mise en place de systèmes mobiles terrestres à accès hertzien, en particulier dans les pays en développement. Il devrait fournir aussi des renseignements appropriés qui aideront à former les ingénieurs et les planificateurs en ce qui a trait à la réglementation, à la planification, à l'ingénierie et à la mise en place de ces systèmes.

Robert W. Jones
Directeur, Bureau des radiocommunications

AVANT-PROPOS

L'accès hertzien est une application importante et en croissance rapide des technologies des radiocommunications en général, et du service mobile terrestre en particulier.

Le présent Volume 1 portant sur l'accès hertzien fixe décrit les principes de base, les exigences d'accès, les critères techniques, la planification de la mise en place et les caractéristiques techniques de systèmes typiques. Le contenu technique est destiné aux administrations et aux exploitants, à la fois dans les pays développés et dans les pays en développement. Les applications d'accès hertzien sont considérées comme un élément très important de l'infrastructure des télécommunications d'aujourd'hui. Les applications d'accès hertzien prennent donc une importance considérable dans le service mobile terrestre, comme moyen de fournir des services de télécommunication rapides et économiques.

M. S. Towaij
Président, Groupe de travail 8A des radiocommunications
Canada

PROLOGUE À LA SECONDE ÉDITION

La version originale du présent manuel a été élaborée en novembre 1996 et publiée au milieu de l'année 1997. Depuis, les technologies et les applications ont considérablement évolué et le manuel a dû être mis à jour. Parmi les principaux changements intervenus sur le marché on citera la croissance explosive des applications Internet et la nécessité croissante de fournir un accès universel à l'Internet dans la plupart des régions du monde et, en outre, de prendre en charge les services d'accès existants. Les nouveaux systèmes d'accès hertzien large bande qui voient le jour permettront de satisfaire ce besoin.

Les modifications apportées à la deuxième édition par rapport à la publication originale (première édition) sont les suivantes:

- La terminologie a été actualisée pour être conforme aux Recommandations les plus récentes de l'UIT-R. Par exemple, le titre original du manuel était «Boucle locale d'accès hertzien». Or, le terme «boucle locale» non seulement a des connotations négatives de limitation de largeur de bande, mais aussi n'est pas correct d'un point de vue technique. Il n'a donc plus été utilisé dans les Recommandations de l'UIT. Le nouveau titre du manuel «Accès hertzien fixe» est plus précis et conforme aux Recommandations de l'UIT.
- De nouvelles sections sur l'évolution générale du secteur ont été ajoutées, par exemple, l'accès à l'Internet, la convergence de l'accès filaire et de l'accès hertzien, etc.
- On a supprimé du manuel des technologies décrites dans la première édition du manuel et qui sont devenues obsolètes ou qui ne sont plus mises en place.
- Une partie importante sur l'accès hertzien large bande a été ajoutée, compte tenu de l'évolution récente du secteur.

José Costa
Editeur

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 But et portée

Le présent manuel a pour but d'aider les intéressés à prendre les décisions qui s'imposent en matière de planification, d'ingénierie et de mise en place de systèmes mobiles terrestres à accès hertzien, en particulier dans les pays en développement. Il devrait fournir aussi des renseignements appropriés qui aideront à former les ingénieurs et les planificateurs en ce qui a trait à la réglementation, à la planification, à l'ingénierie et à la mise en place de ces systèmes. Le terme accès hertzien, tel qu'il est utilisé dans le manuel, se rapporte aux connexions radioélectriques des utilisateurs finals aux réseaux infrastructurels (Réf.: Recommandation UIT-R F.1399) qui comprennent les applications mobiles comme les systèmes de communications à l'intérieur des bâtiments ou à l'extérieur des bâtiments, les systèmes mobiles cellulaires et l'accès hertzien fixe. Parmi les réseaux d'infrastructure on peut citer le RTPC, le RNIS, les RMTP, les RPDC, Internet, les WAN/LAN, la CATV, etc.

Les utilisateurs du présent manuel se répartiront probablement en deux catégories. La première comprend les décideurs et les planificateurs auxquels le manuel donne suffisamment de renseignements pour les aider à prendre une décision quant au choix des systèmes, pour ce qui est de la pertinence des systèmes à répondre aux exigences. A cette fin, le manuel analyse divers systèmes, en prenant en compte des facteurs comme l'estimation et la projection de trafic, les exigences de bandes de fréquence et de spectre, l'investissement, les exigences et les expériences en matière de réglementation et de politiques, les stratégies de mise en place, les implications à court et à long termes, ainsi que d'autres éléments qui sont nécessaires aux fins de planification et de prise de décision.

Pour les utilisateurs de la deuxième catégorie, notamment les ingénieurs et d'autres experts techniques, le manuel fournit des renseignements techniques détaillés sur les caractéristiques des divers systèmes et applications, sur la conception des systèmes, l'analyse et l'estimation du trafic, l'estimation du spectre, les plans de répartition des voies, la conception et la sélection des cellules, la stratégie de mise en place, l'équipement de la station de base et des stations mobiles, ainsi que d'autres renseignements pertinents.

Le manuel fournit des renseignements sur la technologie de pointe en matière de systèmes de Terre d'accès hertzien du service mobile terrestre. Il établit également des projections en ce qui concerne les tendances à court et à long termes des systèmes et de la technologie.

1.2 Antécédents

Dans la présente section sont examinés les principaux atouts de l'accès hertzien fixe (AHF), accès vers la technologie du futur.

1.2.1 Accès hertzien téléphonique classique

Le service mobile terrestre (y compris l'accès hertzien) est en croissance très rapide. Au début des années 1980, les systèmes cellulaires analogiques de la première génération ont été introduits sur le marché. En 1990 il y avait 11 millions d'utilisateurs du téléphone cellulaire mobile¹. En juin 1996,

¹ Rapport de l'UIT sur le développement des télécommunications dans le monde, 1999 – Téléphone mobile cellulaire.

on estimait à 53,5 millions le nombre d'utilisateurs* de systèmes cellulaires à l'échelle mondiale, en se fondant sur les dix plus grands réseaux. Le rapport de l'UIT sur le développement des télécommunications dans le monde (1999) fait apparaître que, selon les estimations, le nombre d'abonnés au téléphone fixe et au téléphone mobile atteindra 3 billions en 2010 et que ce chiffre risque d'être en deçà de la réalité. En effet depuis l'introduction des systèmes cellulaires, l'utilisation et l'application des systèmes de télécommunication mobiles ou fixes terrestres à accès hertzien se sont considérablement amplifiées. Le développement et la mise en place de systèmes cellulaires de la deuxième génération, employant des techniques numériques plus efficaces et souples, se poursuivent dans le monde entier. On commence aussi à mettre en place des systèmes de la troisième génération. D'autres applications d'accès hertzien, comme les communications à l'intérieur des bâtiments et à l'extérieur des bâtiments (campus universitaire), ainsi que l'AHF, etc., sont mises en œuvre dans toutes les régions du monde. Tous les systèmes et applications mentionnés ci-dessus, qui sont en cours de développement, tournent autour de l'idée de fournir des télécommunications entre les gens, plutôt qu'entre des emplacements, avec pour thème ultime *«les communications avec n'importe qui, n'importe où, n'importe quand»*.

Dans les pays en développement, les systèmes d'accès hertzien sont également utilisés en tant que moyen rapide et rentable de mettre en place des réseaux de télécommunication. Dans les pays développés, l'accès hertzien est considéré par les fournisseurs de services comme une manière de réduire le coût élevé de la mise en place de lignes locales d'accès d'abonné et de desservir de façon économique les clients vivant dans les zones suburbaines, rurales et isolées (domicile, petites entreprises et institutions d'enseignement). Il s'agit de la dernière et seule partie des réseaux filaires qui est fournie sur une base de coût par abonné, plutôt que sur la base d'un coût partagé entre un grand nombre de clients. Utiliser un système AHF peut, non seulement réduire le coût pour le fournisseur de services, par partage du coût des installations de raccordement à l'utilisateur (par exemple, stations de base) et élimination de la nécessité de câbles directement jusqu'aux locaux de l'abonné, mais aussi accélérer et faciliter la fourniture de services à de nouveaux abonnés.

Les télécommunications sont l'armature de toute nation. Dans la société actuelle, chaque aspect de la vie quotidienne dépend des télécommunications. La prospérité, la santé, l'éducation et le bien-être d'un pays dépendent largement de la qualité et de l'étendue de ses installations de télécommunication. Les télécommunications ne rendent pas seulement l'information disponible à chacun, mais constituent également les exigences fondamentales des efforts industriels et commerciaux.

1.2.2 Accès hertzien large bande AHLB

L'accès hertzien large bande (AHLB) à un débit égal ou supérieur au débit primaire a été introduit dans les années 80 pour répondre aux nouveaux besoins des utilisateurs finals que les infrastructures locales filaires existantes ne pouvaient pas satisfaire rapidement et de façon efficace. Aux Etats-Unis d'Amérique, on a commencé à utiliser largement l'AHLB dans la bande des 18 GHz puis, bientôt, dans la bande des 23 GHz. Pendant les années 90, les progrès de la déréglementation et de la concurrence dans le domaine de l'accès local ont donné une nouvelle impulsion au développement de l'accès large bande et l'utilisation de bandes comme celles des 2,5 GHz a permis d'aller bien au-delà des capacités des bandes des 18 et 23 GHz.

* Basé sur une estimation de juin 1995 des 10 plus gros utilisateurs dans le monde notamment l'Australie, le Canada, l'Allemagne, l'Italie, le Japon, la Corée du Sud, la Suède, le Royaume-Uni et les Etats-Unis d'Amérique.

D'où le point 1.9.6 de l'ordre du jour de la CMR-97 «Identification de bandes de fréquences appropriées au-dessus de 30 GHz destinées à être utilisées par le service fixe pour les applications haute densité». Cette expression «applications haute densité dans le service fixe (HDFS, *high density applications int the fixed service*)» est utilisée pour décrire la mise en place d'un très grand nombre de systèmes point à point (P-P) et/ou point-multipoint (P-MP) dans une zone donnée. Ces systèmes sont généralement destinés à prendre en charge les applications large bande.

La Recommandation UIT-R F.1401 – Bandes de fréquences utilisables pour systèmes d'accès hertzien fixe et méthodologie d'identification de ces bandes classe les systèmes AHF par catégorie et donne une description générale de la catégorie des systèmes AHLB destinés à fonctionner à un débit égal ou supérieur au débit primaire (par exemple, au-dessus de 1 544 kbit/s ou 2 048 kbit/s) dans des bandes de fréquences pouvant aller jusqu'à 70 GHz environ.

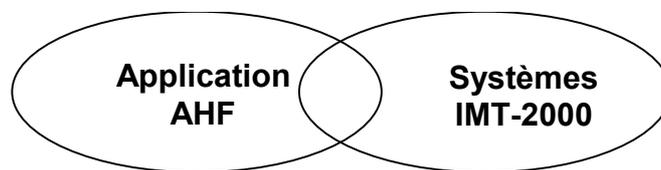
Etant donné que l'AHLB est une forme distincte de l'AHF, les parties génériques du présent manuel qui s'appliquent à l'AHF, s'appliquent également à l'AHLB. Le Chapitre 8 et l'Annexe 6 traitent des caractéristiques particulières de l'AHLB. Indépendamment de la caractéristique large bande, l'AHLB se distingue par deux éléments plus génériques:

- l'utilisation d'une technique mise au point à l'origine pour les applications «faisceaux hertziens» classiques du service fixe et pour les systèmes fixes P-MP;
- l'utilisation de bandes de fréquences situées à la limite supérieure du spectre attribué aux systèmes d'AHF, ce qui peut nécessiter l'utilisation de liaisons en visibilité directe.

Faute d'autres techniques d'accès d'abonné (fibre optique, XDSL, câble, modem) qui apparemment peuvent prendre des années pour se concrétiser, même dans des pays développés, il est de plus en plus nécessaire de mettre en place dans les plus brefs délais l'AHLB dans tous les pays qui contribuent à la croissance mondiale rapide de l'utilisation de l'Internet dans les affaires, l'industrie, le secteur des finances, les administrations publiques et l'éducation. Les besoins en AHLB varient d'un pays à l'autre et à l'intérieur d'un même pays selon le niveau et le rythme de développement mais, à la base, sa nécessité est universelle tout comme celle du trafic aérien. Si l'AHF assurant l'accès téléphonique de base est en concurrence avec l'accès local filaire existant ou en projet, l'AHLB, lui, a, à l'heure actuelle, peu de concurrents.

1.2.3 Relation entre l'AHF et les IMT-2000

L'AHF est une application qui peut être fournie avec divers systèmes d'accès hertzien. Les systèmes IMT-2000 sont des systèmes mobiles de troisième génération qui prennent en charge à la fois les applications d'accès hertzien mobile et fixe. La figure ci-après illustre la relation de façon schématique.



La Recommandation UIT-R M.687 décrit les concepts et les objectifs applicables aux IMT-2000 et la Recommandation UIT-R M.819 donne certaines prescriptions propres aux IMT-2000 pour l'AHF.

1.2.4 Accès hertzien à l'Internet

Avec la croissance explosive de l'Internet, l'accès hertzien à l'Internet va vraisemblablement devenir un moteur de l'industrie. Il est basé sur des techniques IP à commutation de paquets et fait partie intégrante des objectifs généraux de l'accès hertzien. Cette question est examinée dans le cadre des

activités de normalisation relatives aux communications personnelles de deuxième et de troisième génération, à l'AHF, à l'AHLB et aux services par satellite. Les réseaux locaux personnels hertziens (PAN, *personal area networks*) et les réseaux locaux hertziens (LAN, *local area networks*) relèvent de l'accès hertzien mais n'entrent pas dans le cadre du présent manuel (voir les Recommandations UIT-R M.1450 et UIT-R M.1454). Certains problèmes fondamentaux liés à l'accès hertzien à l'Internet sont examinés dans l'Annexe 8.

1.3 Organisation et utilisation du manuel

Le manuel est organisé en un certain nombre de volumes et de chapitres fournissant des renseignements clés au lecteur, qui trouvera dans les annexes des détails du point de vue de la technique, de l'exploitation et de la réglementation. Le présent volume traite de l'AHF, y compris l'accès large bande.

Le Chapitre 2 décrit certaines des exigences d'accès, tandis que le Chapitre 3 souligne certains des avantages de l'accès hertzien. Les considérations en matière de conception, de technologie et d'évolution sont couvertes par le Chapitre 4, alors que les facteurs clés influant sur les choix technologiques se trouvent au Chapitre 5. Le Chapitre 6 fournit les lignes directrices concernant la planification de la mise en place des systèmes d'accès hertzien.

Le Chapitre 7 donne une vue globale des systèmes d'AHF, qui se répartissent en deux groupes:

- systèmes se fondant sur les normes existantes d'interface radioélectrique
- systèmes se fondant sur des technologies d'interface radioélectrique exclusives.

Le Chapitre 8 traite plus précisément des systèmes AHLB.

Le Chapitre 9, axé sur l'avenir, donne un aperçu de l'évolution du marché et des technologies habilitantes émergentes.

Les Annexes décrivent des systèmes existants et émergents d'AHF, en soulignant les possibilités des divers éléments des systèmes et les relations entre ces éléments. Leur objectif est d'aider le lecteur à obtenir rapidement une bonne compréhension des systèmes d'accès hertzien et d'évaluer ces technologies par rapport aux besoins et aux exigences de son pays.

L'Annexe 1 donne une liste de la terminologie et des sigles utilisés dans le présent manuel, tandis que l'Annexe 2 traite de questions relatives au partage de fréquences. L'Annexe 3 résume les principaux critères qui doivent être pris en considération pour évaluer comment les divers systèmes et les diverses technologies répondent aux besoins et aux exigences.

Les Annexes 4 et 5 portent de manière assez détaillée sur les divers systèmes d'accès hertzien, en indiquant leurs caractéristiques fondamentales et leurs configurations, leurs applications et les services qu'ils permettent d'assurer.

Les Annexes 6 et 7 couvrent l'AHLB plus en détail: mise en place dans l'Annexe 6 et description de systèmes particuliers dans l'Annexe 7.

L'Annexe 8 donne un aperçu de l'accès hertzien à l'Internet qui est un domaine important.

Finalement, l'Annexe 9, contient une liste de références bibliographiques.

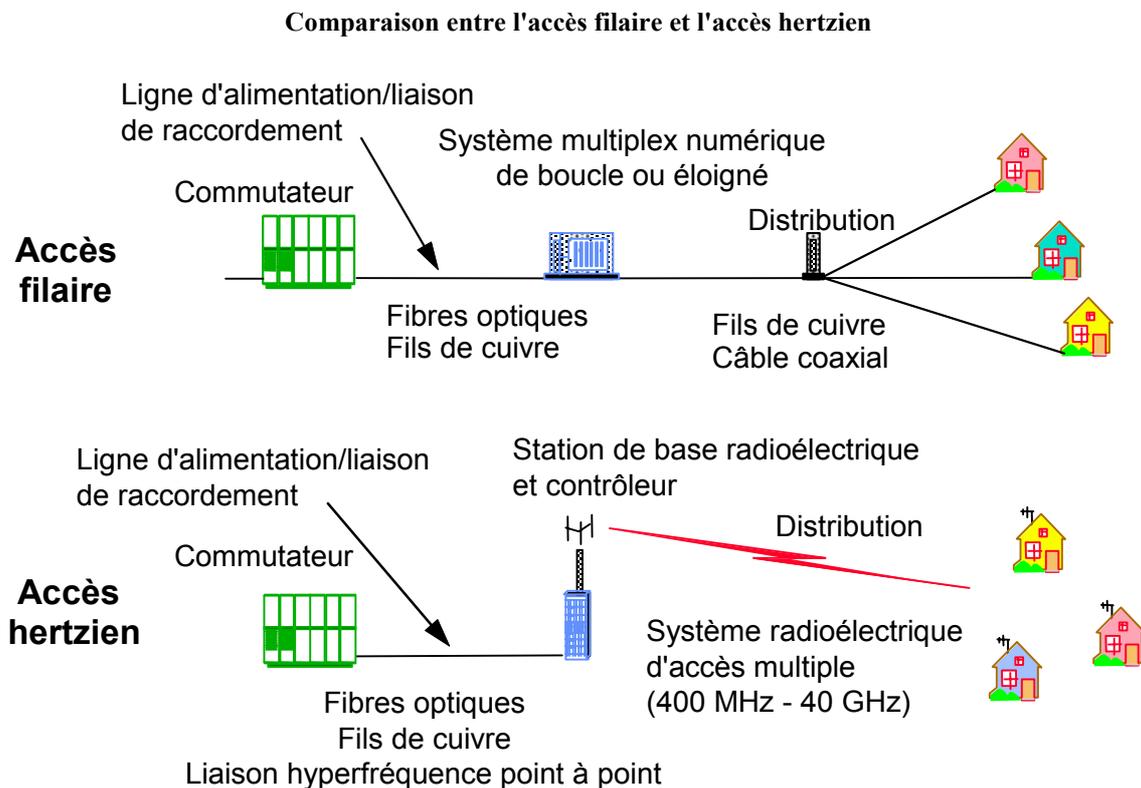
CHAPITRE 2

EXIGENCES RELATIVES À L'ACCÈS

Les progrès technologiques et la concurrence en matière d'accès entraînent une révolution vers une infrastructure d'accès hertzien pour la fourniture du service téléphonique de base. Traditionnellement, l'élément du réseau le plus difficile à construire et le moins rentable à maintenir était le réseau d'accès local, tant dans les pays en développement que dans les pays développés. L'envergure même de l'investissement et des efforts d'ingénierie nécessaires pour construire et entretenir des réseaux à fils de cuivre a essentiellement dressé d'importants obstacles contre l'entrée sur ce marché, et seuls les pays industrialisés bénéficient de taux de pénétration élevés pour le service téléphonique de base. Même la densité cible d'abonnés relativement faible, soit 20 lignes pour 100 personnes, établie par l'UIT, se trouvait bien au-delà de la capacité de nombreuses nations, jusqu'à récemment.

L'AHF, précédemment connu sous le terme de boucle locale radioélectrique (RLL), de boucle locale hertzienne (WLL) ou de boucle locale d'accès hertzien, est une application de la technologie des radiocommunications et des systèmes de communication personnelle qui connaît actuellement une énorme croissance, en particulier dans les pays en développement. Diverses technologies et applications sont discutées dans la présente section, dans le but d'aider les intéressés à choisir la technologie et l'application la plus appropriée pour chaque environnement. La Fig. 1 compare l'accès hertzien à l'accès filaire. La principale caractéristique de l'accès hertzien est l'utilisation d'un système radioélectrique d'accès multiple, au lieu de fils (par exemple fils de cuivre ou câble coaxial) dans le réseau de distribution ou d'accès, qu'une liaison radioélectrique (liaison hyperfréquence point à point) soit utilisée ou non dans le réseau de raccordement.

FIGURE 1



En général, n'importe quel système radioélectrique pourrait être utilisé pour l'accès radioélectrique fixe, et sa pertinence dépend d'un certain nombre de facteurs. Le système le plus approprié pour une application particulière dépendra en général des exigences de l'utilisateur final (service téléphonique ordinaire seulement ou nombreuses caractéristiques de service), du coût de mise en place (qui dépendra de la densité d'abonnés et du type de système envisagé) et de la disponibilité du spectre radiofréquence approprié pour ce système. L'exigence de mobilité, ou d'évolution vers la mobilité, tendrait à pousser à la mise en place de systèmes dérivés des systèmes cellulaires ou des systèmes de service de communication personnelle (SCP). Par ailleurs, l'exigence de qualité filaire et de services correspondants (comme la télécopie G3 et les données dans la bande des fréquences vocales, ou même le réseau numérique avec intégration des services (RNIS)) tendrait vers des systèmes spécialement conçus. L'intégration du système d'AHF avec le concept de réseau global de l'exploitant constitue une autre question importante. En particulier, il se peut qu'un problème (comme ceux que posent les exigences de l'utilisateur final et de l'exploitant) soit résolu au mieux grâce à une solution mixte faisant appel à la fois à la technologie filaire et à la technologie hertzienne. La compréhension des éléments moteurs de la mise en place de chaque technologie est essentielle pour minimiser le coût et maximiser l'efficacité d'une solution.

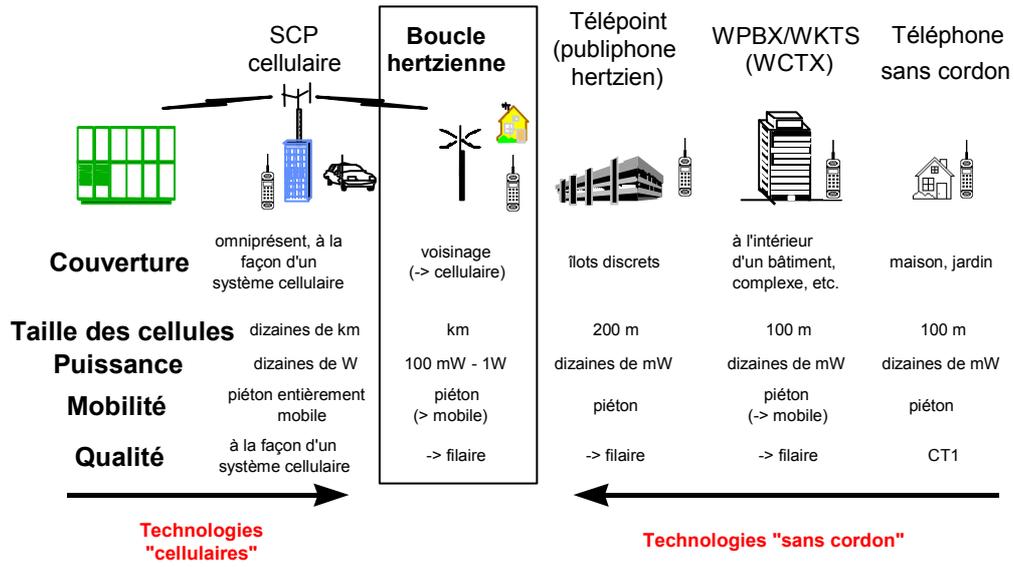
Les caractéristiques des lignes d'accès local présentent des variations importantes, en particulier dans les pays en développement, du point de vue de la densité d'abonnés et de la longueur des lignes d'accès. Les applications urbaines et suburbaines nécessitent une grande capacité – des centaines et parfois des milliers d'abonnés par kilomètre carré. Les villages et les petites villes, d'autre part, souvent isolés des principaux centres de population, peuvent avoir des exigences de capacité plus faibles et peuvent nécessiter le service pour seulement quelques centaines d'abonnés. Les zones rurales ont des exigences particulières, soit de petits groupes de quelques lignes chacun dans des localités très isolées.

En plus de la topographie et de la densité d'abonnés, d'autres facteurs différencient les applications de réseau, par exemple les ensembles de services, les performances et les objectifs de qualité. Du point de vue d'un réseau, les solutions doivent satisfaire aux objectifs de coût et de calendrier de constitution. La situation spécifique d'un pays, comme l'infrastructure qui peut déjà être en place, les normes d'interfaces radioélectriques autorisées, différentes exigences d'interface, et même le relief et le climat peuvent influencer sur la solution optimale de système hertzien. La variation des caractéristiques d'accès nécessite d'avoir une famille de produits d'accès hertzien afin de répondre aux différents besoins.

La Fig. 2 compare les lignes d'accès hertzien, en tant qu'application des technologies de systèmes hertiens et de systèmes de communication personnelle, à d'autres applications, en fonction de la couverture, de la taille de la cellule, de la puissance, de la mobilité, de la qualité et du coût relatif. Les caractéristiques des lignes d'accès hertzien se trouvent quelque part entre celles des systèmes cellulaires et celles des systèmes sans cordon.

FIGURE 2

Comparaison entre diverses applications de la technologie des systèmes hertziens



CHAPITRE 3

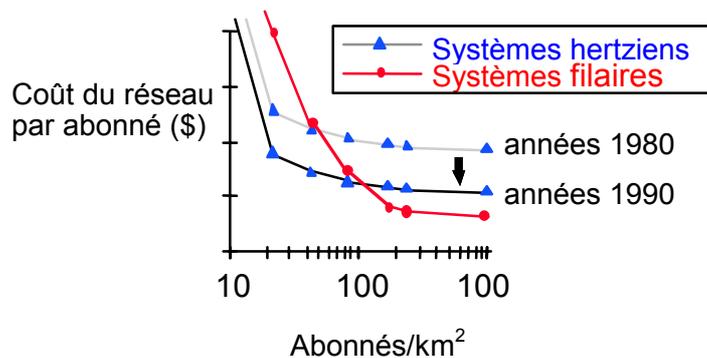
AVANTAGES DE L'ACCÈS HERTZIEN

Les avantages de l'emploi de l'accès hertzien sont des coûts de possession plus faibles, la souplesse pour la conception du réseau et une mise en place plus rapide. Ces avantages sont illustrés dans les Fig. 3a à 3d.

Les réseaux traditionnels à fils de cuivre comprennent des câbles de distribution, des équipements sur socle ou des boîtiers d'épissure et des installations d'alimentation. La dernière partie de la ligne d'accès local incluant la ligne d'abonné est très coûteuse à installer et à entretenir. On a estimé que jusqu'à 80% des dépenses totales de maintenance d'une société exploitante servent à maintenir la ligne d'accès local. La plus grande partie des coûts de construction des lignes d'accès peut être associée au vaste réseau ramifié de câbles de cuivre qui assure le raccordement aux maisons individuelles. En fait, les quelques dernières centaines de mètres de fil de distribution en cuivre peuvent compter pour jusqu'à 50% du coût total des lignes d'accès local. La plus grande partie du coût d'investissement associé à la construction d'un réseau hertzien peut être caractérisée comme portant sur les circuits électroniques. Au contraire, dans un réseau à fils de cuivre, des coûts importants se rapportent aux matériaux de câblage et à la construction, coûts qui ne décroissent pas aussi vite dans le temps, et de loin s'en faut, que les coûts associés aux circuits électroniques (voir la Fig. 3a).

FIGURE 3a

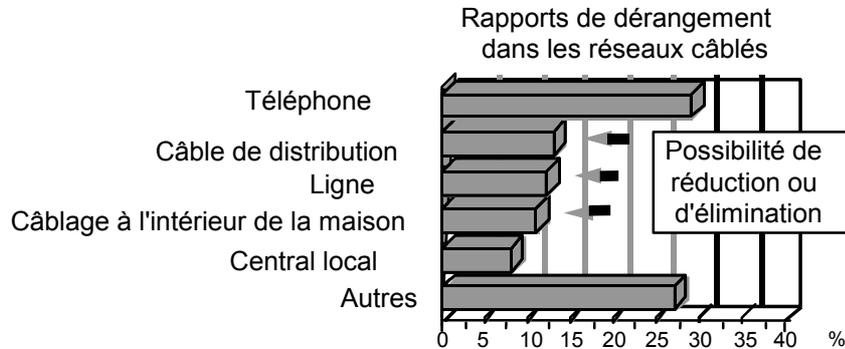
Comparaison des systèmes hertziens et des systèmes filaires en matière de coûts d'investissement



Les économies de dépenses de fonctionnement constituent un autre avantage de l'emploi de lignes d'accès hertzien (voir la Fig. 3b). L'élimination des câbles de distribution en cuivre et des lignes d'abonné en cuivre réduit les dépenses de fonctionnement, en raison de la baisse du nombre de rapports de dérangement et des activités de gestion de flotte de véhicules et de réparation. Des études ont montré que les lignes d'accès hertziens peuvent réduire les dépenses de fonctionnement de 25% par abonné et par an. Une réduction des coûts d'installation et de fonctionnement, couplée à une économie des coûts d'investissement, résulte en des coûts de possession plus faibles pour la durée de la vie des systèmes d'accès hertziens. En outre, une infrastructure hertzienne fait appel à moins d'installations extérieures; il en résulte qu'elle est moins vulnérable au vol et au vandalisme.

FIGURE 3b

Comparaison des systèmes hertziens et des systèmes filaires en matière de dépenses de fonctionnement



Les clients attendant le service téléphonique représentent un coût d'opportunité et, par conséquent, la mise en place rapide de tout système d'accès est critique pour l'analyse de rentabilisation. Comme on en a la preuve dans l'industrie des systèmes cellulaires, les systèmes hertziens peuvent être installés en à peine quelques mois, ou même quelques semaines, par opposition aux années que prend l'installation d'un accès par fils de cuivre. Des revenus sont ainsi dégagés plus rapidement et peuvent être réinvestis dans le renforcement des capacités du réseau (voir la Fig. 3c).

FIGURE 3c

Comparaison des systèmes hertziens et des systèmes filaires en matière de temps de mise en place

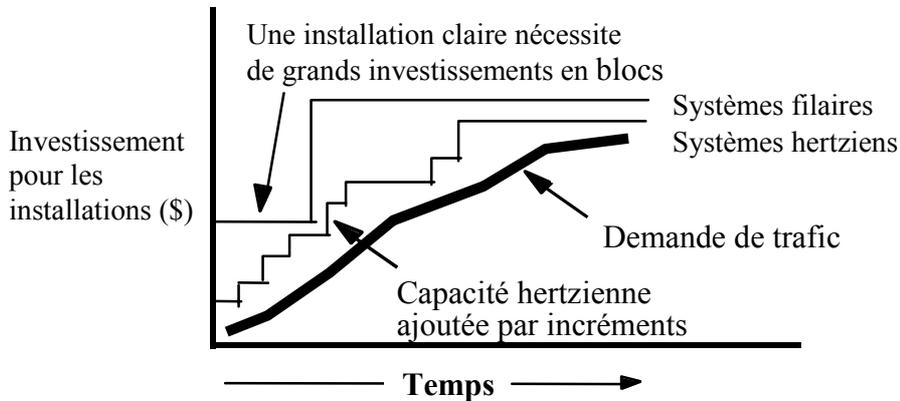


Land-003c

Un autre attribut positif de l'accès hertzien est que la distribution hertzienne supporte mieux l'incertitude quant aux prévisions de la demande des abonnés (voir la Fig. 3d). L'infrastructure filaire nécessite un investissement initial plus grand, qui est exposé à l'incertitude de la demande. Traditionnellement, les compagnies de téléphone procèdent à un «surapprovisionnement» (système d'approvisionnement conventionnel), puisque la construction dans des quartiers déjà établis est encore plus chère. Dans l'environnement hertzien, l'investissement marginal peut suivre de plus près la demande des abonnés et conduit à un amortissement plus rapide, ce qui réduit les risques financiers du «surapprovisionnement».

FIGURE 3d

Comparaison des systèmes hertziens et des systèmes filaires en matière de souplesse de conception de réseau

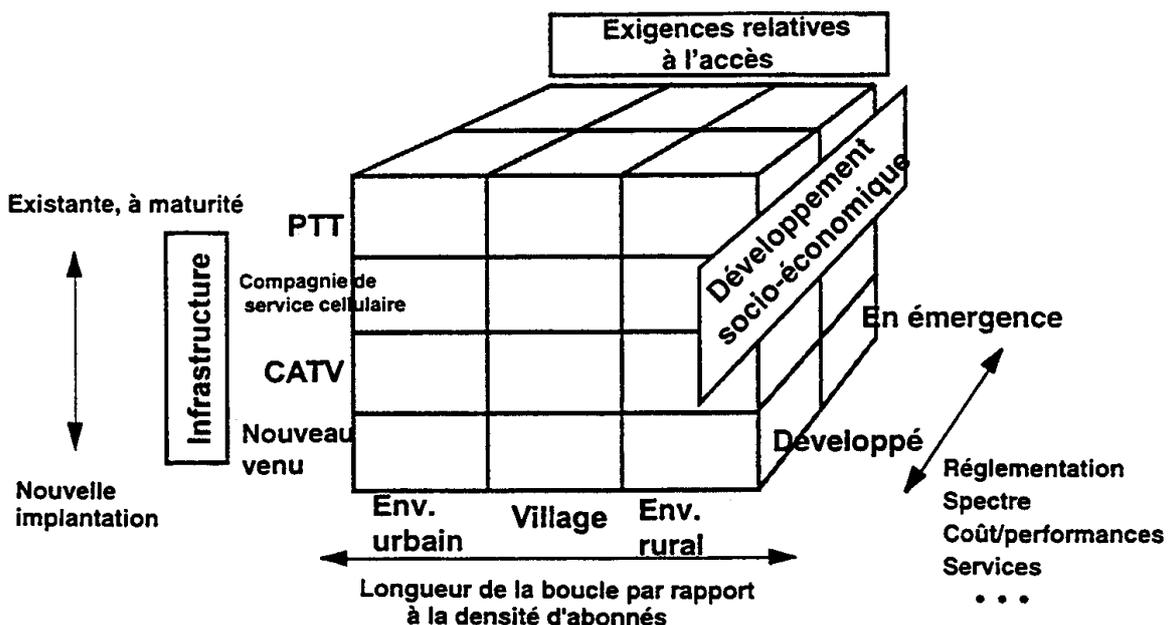


De plus, dans certains cas, l'accès hertzien peut offrir une possibilité d'évolution et la synergie avec les services mobiles. Une infrastructure acceptant un système hertzien fixe qui utilise une interface radioélectrique mise en œuvre pour les services mobiles (par exemple, Recommandations UIT-R M.622, UIT-R M.687-1, UIT-R M.819-1, UIT-R M.1033 et UIT-R M.1073) pourrait facilement être étendue de manière à accepter des utilisateurs mobiles. Une autre possibilité consisterait à concevoir des systèmes spéciaux pour répondre aux exigences de qualité de la manière optimale.

Par conséquent, les exigences d'accès globales, le développement socio-économique et l'infrastructure doivent être soigneusement pris en considération avant la conception du système. C'est ce qu'illustre la Fig. 4.

FIGURE 4

Variations énormes de la conception d'entreprise et des exigences relatives au système, selon les segments du marché



CHAPITRE 4

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA TECHNOLOGIE, À L'ÉVOLUTION ET À LA CONCEPTION

Les progrès récents de la technologie des systèmes hertziens ont été accélérés par l'énorme croissance constatée dans l'industrie des systèmes mobiles cellulaires. Le volume accru entraîne des coûts de produit plus bas, ce qui élargit les marchés, etc. Il existe un chevauchement considérable entre la technologie appliquée aux systèmes mobiles et celle qui est utilisée pour fournir le service téléphonique «fixe». Le présent chapitre du manuel décrit brièvement les objectifs de conception et les architectures des systèmes d'accès hertzien.

4.1 Objectifs de conception des systèmes d'AHF

Les exigences relatives à l'accès, qui ont été discutées précédemment, établissent les paramètres clés de conception des systèmes d'accès hertzien:

- coût de possession faible (investissement, installation, fonctionnement);
- possibilité de répondre aux exigences de densité d'abonnés/capacité;
- mise en place rapide;
- utilisation maximale de l'infrastructure en place (commutation, transport, etc.) quand c'est économiquement avantageux de le faire;
- bonnes performances (qualité téléphonique, délai, blocage, fiabilité);
- fourniture des ensembles de services requis (téléphonie, télécopie, données, etc.);
- possibilité d'évolution ou option d'interfonctionnement avec un réseau mobile.

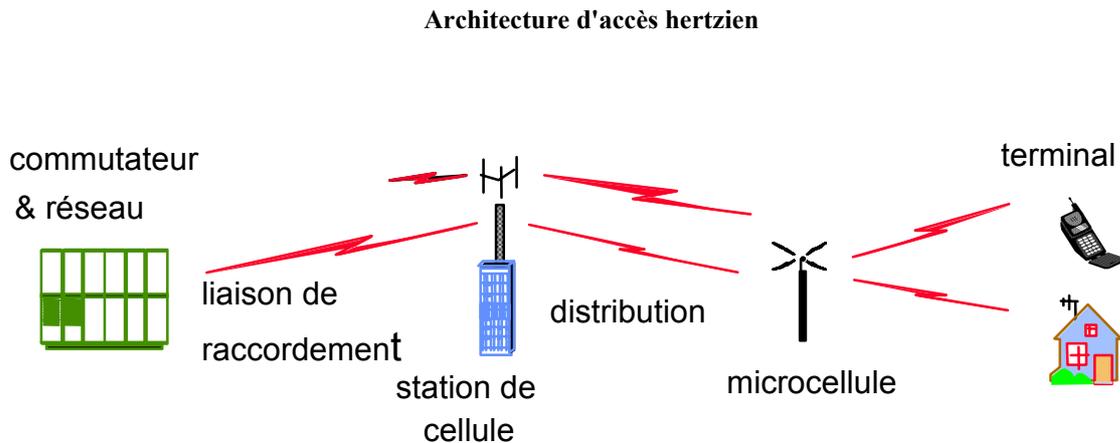
Ces objectifs doivent être atteints dans le contexte des caractéristiques topographiques et environnementales d'un pays qui peuvent influencer sur le système hertzien à retenir.

4.2 Architecture des systèmes d'AHF

Jusqu'à présent, les réseaux cellulaires ont été fournis pour des applications mobiles à haut débit dans de grandes cellules utilisant une puissance élevée, avec un trafic relativement faible par abonné. L'utilisation de systèmes hertziens pour assurer le service téléphonique «fixe» de base n'implique pas automatiquement la mobilité de l'utilisateur et, en général, on s'attend à un trafic plus élevé et à de meilleures performances (qualité téléphonique, fiabilité, blocage, etc.). Afin de comprendre les exigences des marchés en émergence, les essais de propagation et les simulations doivent se poursuivre pour faire progresser les connaissances sur le comportement du trafic de l'utilisateur final et sur la détermination des caractéristiques du canal de propagation dans des conditions «fixes».

La Fig. 5 illustre les éléments d'une architecture d'accès hertzien – commutateur et réseau, liaison de raccordement assurant l'interconnexion des stations de cellule, et distribution aux maisons ou aux combinés directement, ou, comme la figure l'illustre, à des microcellules intermédiaires. Les microcellules peuvent donner une capacité plus élevée ou une meilleure couverture à des points discrets ou «îlots» de trafic à l'intérieur du réseau.

FIGURE 5



Dans une architecture classique de compagnie de téléphone, la liaison de raccordement au système d'accès hertzien peut consister en circuits à fils de cuivre ou à fibres optiques. En outre, la distribution par fils de cuivre peut être utilisée pour raccorder des microcellules. Dans une architecture de type cellulaire plus prononcé, des liaisons hyperfréquence peuvent servir tant pour la liaison de raccordement que pour la distribution.

4.3 Spectre radioélectrique

Les paramètres clés servant à la conception d'un réseau hertzien sont la densité d'abonnés dans le temps et l'utilisation par abonné (par exemple, erlangs par abonné). Ces variables établissent la densité de trafic (c'est-à-dire, erlangs/km²) que le système hertzien doit prendre en charge. La disponibilité de spectre, la répartition des voies pour la technologie d'accès radioélectrique particulière, le degré selon lequel les fréquences peuvent être réutilisées (N) et les dimensions de la cellule influent sur la capacité de trafic d'un système radioélectrique. Du point de vue de la planification RF et du réseau, les systèmes d'accès hertzien sont mis en place d'une manière semblable aux systèmes cellulaires, même si les exigences de densité d'abonnés peuvent être différentes; se reporter au Chapitre 6 pour plus de détails.

Les exigences en matière de spectre radioélectrique et la disponibilité du spectre ont besoin d'être examinées; la Fig. 6 indique les bandes du spectre radioélectrique dans lesquelles les systèmes fixes d'accès hertzien fonctionnent dans certains pays (les sigles utilisés dans cette Figure sont définis à l'Annexe 1). La disponibilité exacte du spectre radioélectrique pour ces applications dépend des règlements locaux. Par exemple, en plus de la bande des 1,4 et de la bande 2,4/2,6 GHz, les bandes des 3,5 GHz et des 10,5 GHz ont été approuvées par la CEPT/ETSI pour utilisation en Europe. De même, dans la Région 2, la bande 3,4-3,7 GHz est envisagée pour les applications d'accès hertzien dans certains pays. Les applications illustrées à la Fig. 6 pour différentes bandes de fréquences peuvent être connues sous différents noms, qui se rapportent à l'utilisation classique de ces bandes. Toutefois, l'aspect sous-jacent commun est l'accès hertzien, qui peut prendre de nombreuses formes, selon les capacités de transfert de signaux offertes (par exemple, téléphonie, données, image, vidéo), l'amalgame de services (par exemple, service fixe uniquement, service mixte fixe/mobile, service itinérant), la portée (par exemple, utilisation de répéteurs), etc.

FIGURE 6

Exemples de bandes du spectre radioélectrique utilisées par différents exploitants pour l'accès hertzien

- 400 MHz TACS / NMT, D-AMPS/TDMA
 - 800 MHz AMPS / D-AMPS
 - 900 MHz GSM / TACS/NMT
 - 1,4 GHz point-multipoint (système radioélectrique de l'abonné)
 - 1,8 GHz GSM/DECT
 - 1,9 GHz PCS/PHS
 - 2.4-2.6 GHz MDS (systèmes de distribution multipoint) et systèmes point-multipoint
 - 3,4-3,8 GHz MDS, AHF
 - 5 GHz réseau hertzien local
 - 10,5 GHz Systèmes point-multipoint
 - 24/26/28//32/40 GHz LMCS/LMDS (Systèmes de distribution/de communications locaux multipoint)
-
- Fréquence 

4.3.1 Rôle du Règlement des radiocommunications (RR) de l'UIT et des politiques nationales d'utilisation du spectre

Les termes service fixe (de radiocommunication) et service mobile (de radiocommunication) sont définis par le RR:

Service fixe: service de radiocommunication entre points fixes déterminés;

Service mobile: service de radiocommunication entre stations mobiles et stations terrestres, ou entre stations mobiles.

En fait, ces définitions de service de radiocommunication forment la base de l'attribution du spectre radioélectrique, sur le plan international par l'UIT, ainsi que sur le plan national à l'intérieur de chaque pays. En grande majorité, l'UIT a fait des attributions conjointes aux services mobile et fixe dans diverses bandes de fréquences. Traditionnellement, dans certains pays, un choix a été fait entre les deux services.

Certaines applications en évolution ne correspondent pas explicitement aux définitions ni du service fixe ni du service mobile. L'approche appropriée consiste à appliquer une certaine souplesse à l'interprétation de ces définitions, afin de pouvoir englober ces applications intégrées dans le service fixe et dans le service mobile. Une clé pour l'interprétation de l'utilisation de ces termes est le concept de mobilité. S'il l'on prévoit que le dispositif sera utilisé en mouvement ou si on le déplace normalement d'une place à l'autre, on peut le considérer comme faisant partie du service mobile. Sinon, on le considérera comme relevant du service fixe.

On envisage, pour les fournisseurs de service de radiocommunication fixe qui exploitent des bandes du spectre désignées à titre primaire pour le service fixe, des applications dans lesquelles l'intégration de dispositifs d'accès hertzien fonctionnant comme stations radio mobiles est nécessaire. Ces situations résultent des exigences convergentes des services de radiocommunication

tant fixes que mobiles et de l'utilisation de dispositifs d'accès hertzien dans les applications de radiocommunication intégrées. Une politique appropriée d'utilisation du spectre doit permettre un amalgame d'applications intégrées du service fixe et du service mobile dans certaines bandes de fréquences.

Les pays ont habituellement besoin d'une certaine souplesse dans leur interprétation des attributions de fréquences. Cette souplesse a permis, par exemple, à des titulaires de licence radio de faire fonctionner leurs systèmes conformément à l'attribution de fréquence primaire, tout en permettant des attributions de service secondaire, sous réserve de certaines conditions, conformément au RR et sous réserve du respect des réglementations nationales. En général, une approche équilibrée est nécessaire quand on use de souplesse en matière de politiques du spectre, dans les bandes encombrées, car les besoins des utilisateurs des attributions primaires doivent être respectés à l'intérieur de la désignation primaire des bandes. Cette approche peut être appliquée, que le service soit fixe ou mobile.

Une autre application possible est l'utilisation d'un certain nombre de stations radio dans un mode fixe pour la transmission interactive des données (par exemple, dispositifs au point de vente et autres transactions de données, télémesure et acquisition de données). Dans certains cas, les dispositifs de communications vocales et de gestion de flotte de véhicules sont exploités en permanence en un seul emplacement. Dans d'autres cas, il y a des stations fixes dans des systèmes de communication multipoint, qui sont fortement portables dans une zone de couverture. Il y a aussi les cas où les stations fixes sont des dispositifs itinérants qui peuvent être exploités en n'importe quel emplacement d'un réseau national. L'intégration des applications peut s'avérer un moyen efficace et économique de satisfaire les besoins divers des consommateurs, tout en maintenant une utilisation efficace du spectre.

Il peut y avoir, pour les utilisateurs des radiocommunications, des avantages de coût ou d'efficacité de spectre, si les applications fixes et mobiles peuvent être intégrées dans la même bande de fréquences, à condition que l'utilisation primaire de l'attribution au service fixe ou au service mobile soit maintenue pour répondre à la demande de l'attribution primaire. L'administration a besoin de déterminer s'il y a suffisamment de spectre disponible pour l'utilisation primaire, tout en permettant une application à titre secondaire. Elle doit aussi mettre au point les options ou les solutions de remplacement pour l'utilisation du spectre par le service mobile ou le service fixe, dans le cas où il y aurait manque de spectre. Dans un tel cas, l'administration continuerait à exiger que ces systèmes radioélectriques se déplacent vers une bande plus appropriée, également attribuée à titre primaire.

La souplesse des politiques visant à appuyer un amalgame d'applications de services intégrés présente le risque d'utiliser un montant considérable de bandes de fréquences attribuées au service mobile ou au service fixe. Dans les parties d'un pays où le spectre est considérablement encombré, il peut en résulter une rareté supplémentaire du spectre attribué à titre primaire. Dans le passé, les utilisateurs du spectre et les fournisseurs des services fixe et mobile devaient exploiter leurs systèmes dans des bandes de fréquences spécifiques, pour leur but respectif. Habituellement, il existe très peu de bandes de fréquences où les utilisateurs peuvent exploiter conjointement des systèmes fixes et mobiles dans le même spectre. Par conséquent, toute souplesse des politiques visant à appuyer un amalgame d'applications de services intégrés doit être équilibrée, afin de conserver suffisamment de spectre pour répondre aux objectifs des services primaires.

Les fournisseurs de services radioélectriques s'efforcent de répondre aux demandes des clients dans un environnement concurrentiel, avec l'efficacité potentielle des offres de services radioélectriques intégrés. L'émergence de systèmes de radiocommunication intégrés est évidente dans d'autres domaines des radiocommunications. Les politiques nationales relatives au spectre devraient fournir la souplesse nécessaire pour aider les fournisseurs de services de radiocommunication à répondre aux besoins de leurs clients.

4.3.2 Résumé des Recommandations en vigueur

Le présent paragraphe recense les Recommandations pertinentes en vigueur élaborées par les principaux organismes nationaux et régionaux (UIT-R, CITELE, CEPT, etc.) et relatives à l'utilisation du spectre pour l'AHF, notamment la planification des sous-bandes, les gabarits spectraux, la coexistence, le partage, etc.

Dans le RR, de nombreuses bandes du service fixe et quelques bandes du service mobile sont disponibles et pourraient être utilisées pour l'accès AHF. L'UIT-R recense actuellement les bandes a priori les plus intéressantes et identifie les problèmes de compatibilité associés si besoin est. A l'heure où nous écrivons, priorité est donnée aux six bandes ci-après, en fonction d'un certain nombre de critères de partage, propagation, «héritage», largeur de bande, caractéristiques des systèmes et de déploiement, utilisation récente et actuelle, etc. Une nouvelle Recommandation sur chacune de ces bandes devrait être élaborée dans un proche avenir; destinée aux administrations, aux exploitants et aux fabricants, elle fera la synthèse de ces questions. On notera qu'une des bandes énumérées ci-après, en l'occurrence la bande des 32 GHz (31,8-33,4 GHz) a été considérée comme étant disponible pour les applications HDFS; elle correspond à une largeur de bande absolue relativement élevée (1,6 GHz), a été relativement peu utilisée par d'autres services et présente une bonne acceptabilité internationale dans l'ensemble des trois Régions. Bien sûr d'autres Recommandations relatives à l'utilisation en partage et aux arrangements de fréquences sont actuellement en préparation.

Bande de fréquences (GHz)	Largeur de bande disponible (MHz)	Recommandations UIT-R	Recommandations régionales	Recommandations et études en cours relatives à l'utilisation en partage
3,5 GHz		(Voir la Note 1)		
3,4-3,6	200	SF.1456, F.1107, 1108, 1190		Radioloc.
3,4-3,7	300	F.1107, 1108, 1190	Rec. 26 CITELE PCCIII	Radioloc.
3,41-3,6	190	F.1107, 1108, 1190	Rec. 14-03 CEPT/ERC	Radioloc.
3,425-3,575	150			Radioloc.
3,6-3,8	200	F.1107, 1108, 1190	Rec. 12-08 CEPT/ERC	
3,65-3,7	50	F.1107, 1108, 1190		Radioloc.
38 GHz		(Voir la Note 2)		
37-40	3 000	F.749, 1107, 1108	Rec. 55 CITELE PCCIII	SFS
37,5-39,5	2 000			SFS
38,05-38,5	420		T58, 59 ARIB STD	SFS
39,05-39,5	420			
24/29 GHz		(Voir la Note 3)		
24,25-24,45	200			Service de radionavigation, SFS
25,05-25,25	200			
24,25-24,75	500			Service de radionavigation, SIS, SETS
25,5-26,7	1 200			
24,25-27,5	3 250			Service de radionavigation, SIS, SETS, SFS

Bande de fréquences (GHz)	Largeur de bande disponible (MHz)	Recommandations UIT-R	Recommandations régionales	Recommandations et études en cours relatives à l'utilisation en partage
24,5-26,5	2 000	F.748, 1249 SA.1276, 1278	Rec. 13-02 CEPT/ERC	
25,25-27,0	1 750	F.758	T58, 59 ARIB STD	Radioloc.
25,35-28,35	3 000	F.748, 1249 SA.1276, 1278		SIS, SFS, SETS
26,4-28,35	1 950			SIS, SFS
26,7-27,1	400			SETS, SFS, SIS
27,1-27,5	400			
27,5-28,35	850	F.758	Rec. 57 CITELE PCCIII	SFS
27,5-28,35	850			SFS
27,5-29,5	2 000	F.748	Rec. 14-03 CEPT/ERC	SFS
29,0-29,25	150	F.758	Rec. 57 CITELE PCCIII	SFS
1,8/1,9 GHz		(Voir la Note 4)		
1,710-1,785	75	F.701, M.1073		
1,805-1,880	75			
1,850-1,990	140	F.701, M.1073	Rec. 26 CITELE PCCIII	
1,880-1,900	20		CEPT/ERC DEC 9403	
1,880-1,900	20	F.701, M.1073		
1,960-1,980	20			
1,886-1,918	32			
1,893-1,919	26	F.757	ARIB STD 28	
1,900-1,920	20			
450 MHz		(Voir la Note 5)		
0,415-0,420	5	M.478, M.1085		
0,425-0,430	5	SA.1260		
0,440-0,450	10	M.478, M.1085	Rec. 39 CITELE PCCIII	
0,485-0,495	10	SA.1260		
32 GHz		(Voir la Note 6)		
31,8-33,4	1 600	F. 1520		Service de radionavigation, SRS, SIS

NOTES:

3,5 GHz

SF.1486 Partage avec VSAT

F.1107 Analyses probabilistes, brouillages causés par des satellites OSG

F.1108 Protection des satellites non-OSG

F.1190 Protection des systèmes

38 GHz

F.1107, F.1108 et F.749 Dispositions pour les faisceaux hertziens, 38 GHz

24/29 GHz

F.748 Dispositions pour les faisceaux hertziens, 24, 25 et 26 GHz

F.1249 Partage avec le service intersatellites, 25,5 GHz

F.758 Caractéristiques de systèmes, pour études de partage

1,8/1,9 GHz

F.701 Dispositions pour les faisceaux hertziens, 1 350-2 690 MHz

F.757 Objectifs de qualité, technologies issues des systèmes mobiles

450 MHz

M.478 Voies de fréquences entre 25 et 3 000 MHz pour le service mobile terrestre à modulation de fréquence

M.1085 Radars profileurs de vent dans les bandes situées au voisinage de 400 MHz

SA.1260 Partage entre les détecteurs spatiaux actifs et les systèmes d'autres services

32 GHz

Doc. 9/BL/4 Dispositions pour les faisceaux hertziens.

Pour la plupart de ces bandes des plans de structuration des canaux de fréquences ont été établis, lesquels ne sont pas nécessairement les mieux indiqués pour les nouvelles générations de systèmes. Il s'agit là d'un domaine d'étude considérable. Les arrangements par blocs de fréquences semblent bien convenir pour de nombreuses configurations AHF et pour plusieurs bandes de fréquences des travaux sont en cours pour élaborer davantage de Recommandations reflétant mieux les besoins du marché et des systèmes pour ce qui est des nouvelles applications évolutives AHF et d'autres applications du service fixe. Il y a également une Recommandation (**Doc. 9/BL/3**) donnant des orientations générales sur les arrangements par blocs de fréquences. Le Tableau ci-dessus ne constitue qu'un aperçu rapide de la situation actuelle, et le lecteur intéressé consultera avec profit les dernières Recommandations d'organismes régionaux, les Recommandations de l'UIT-R, les travaux en cours, ainsi que la ou les administrations nationales responsables, afin de vérifier s'il n'y a pas eu d'évolution en ces matières dans un ou plusieurs des pays considérés.

4.4 Méthodologie de conception des réseaux et des systèmes radioélectriques

Le choix de la technologie doit se faire par rapport aux exigences de capacité et de coût (voir les Fig. 7 et 8). Par exemple, si l'on considère une situation hypothétique faisant appel à l'AMRT de la norme IS-54, il y a environ 400 voies duplex à répartition en fréquence (DRF) de 30 kHz dans une attribution de 25 MHz (un calcul réel devrait être effectué en prenant soigneusement pour référence les paramètres locaux et ceux du système envisagé). En utilisant un système à secteurs de 60°, les ensembles de fréquences peuvent être réutilisés toutes les quatre cellules (c'est-à-dire $N = 4$). Cent voies RF sont disponibles dans chaque cellule, soit environ seize par secteur à l'intérieur de la cellule. Dans un système AMRT-3, une voie RF de 30 kHz prend en charge trois voies de trafic. Chaque secteur accepte donc 48 voies de trafic, soit 36 Erlangs (blocage de 1%). Dans ces conditions, la station de cellule accepte plus de 200 Erlangs ou 4 000 abonnés, à raison de 0,05 Erlang par abonné. En supposant une cellule d'un diamètre de 1 km, la densité effective admise est de plus de 1 200 abonnés par km².

FIGURE 7

Exigences d'accès: Nécessité d'une famille de solutions d'accès hertzien pour répondre à des exigences diverses

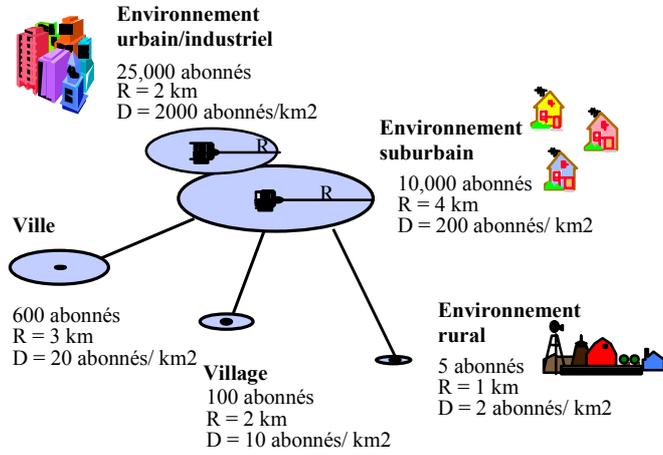
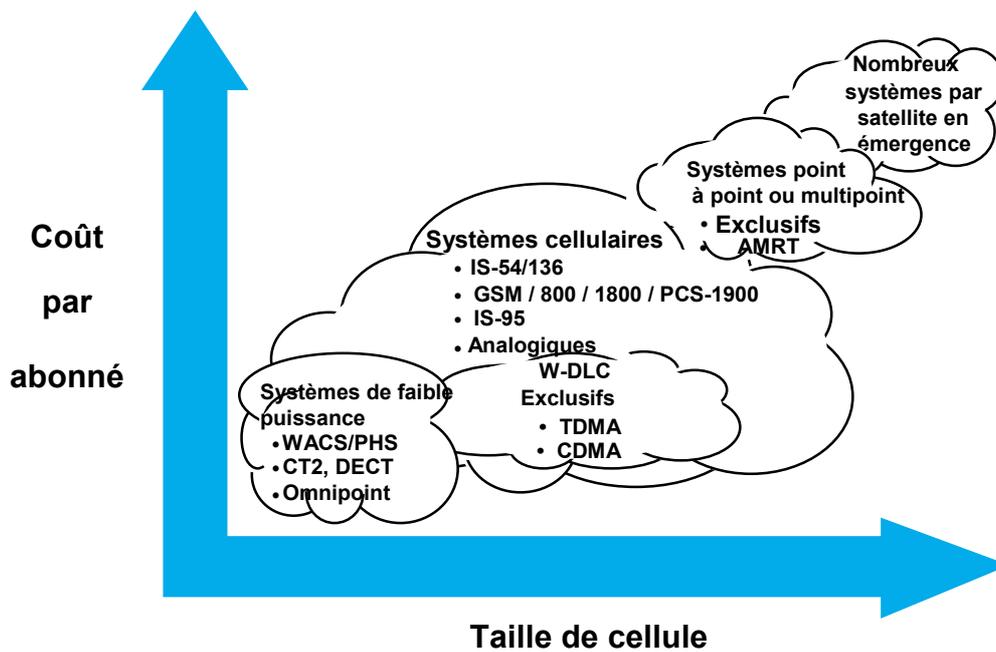


FIGURE 8

Correspondance entre les technologies et les exigences



Conception du réseau

Deux configurations typiques de réseau sont illustrées aux Fig. 9 et 10.

La configuration fondée sur un système mobile (Fig. 9) offre les avantages suivants:

- numérotation et facturation regroupées;
- intégration facile de services mobiles distincts;
- efficacité pour de grands réseaux.

La configuration basée sur le système multiplex numérique de ligne (DLC, *digital carrier line*) (Fig. 10) présente les avantages suivants:

- numérotation et facturation existantes
- intégration facile des services filaires
- efficacité pour l'utilisation à titre secondaire.

FIGURE 9

Configuration basée sur un système mobile

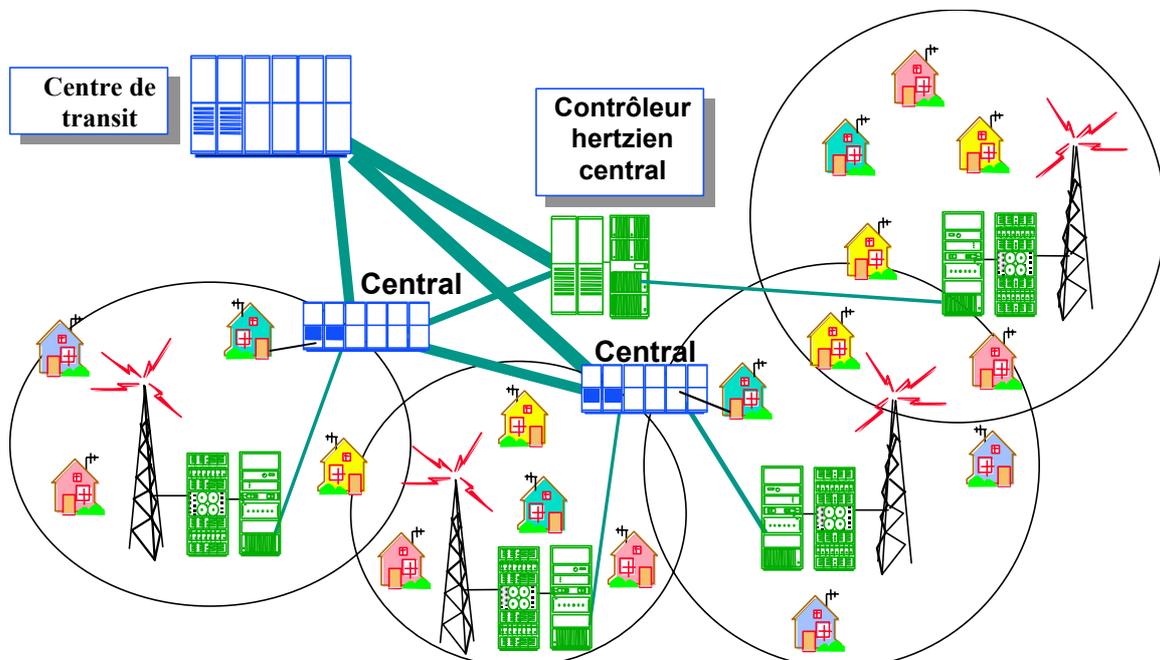
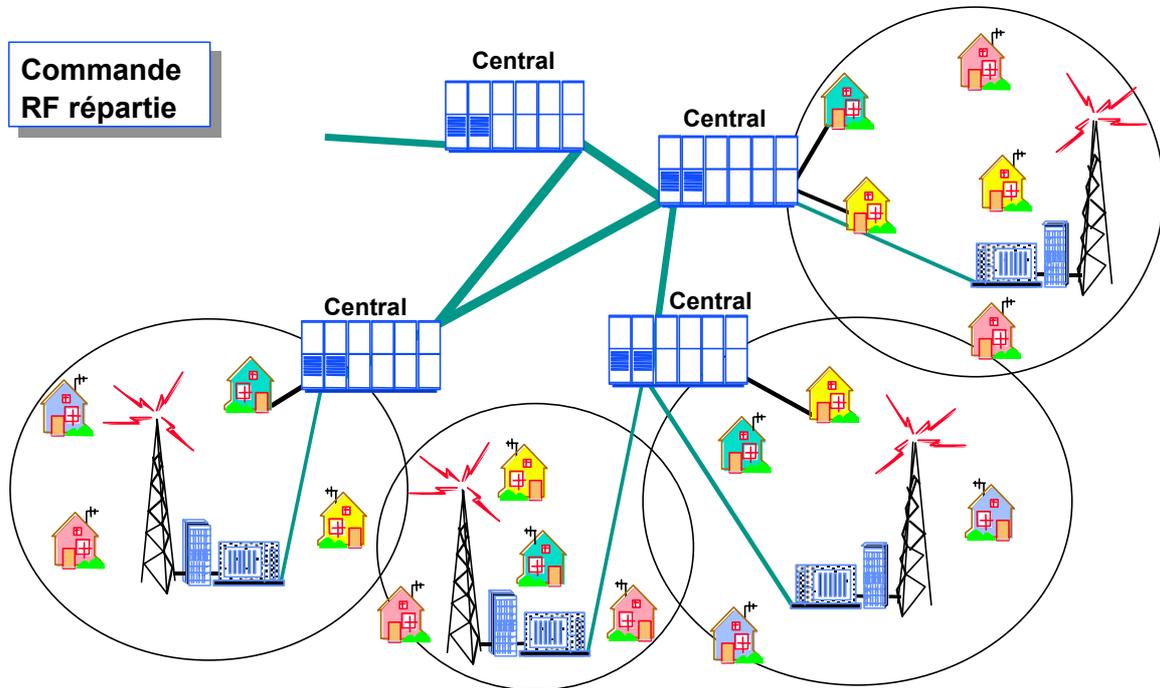


FIGURE 10

Configuration basée sur le système DLC



4.5 Evolution de la technologie

Le présent paragraphe décrit les évolutions de la technologie hertzienne permettant la mise en œuvre de l'accès hertzien. Les terminaux, les stations de cellule et les stations de base radioélectriques, la liaison de raccordement et les éléments de la technologie des commutateurs/réseaux seront traités.

4.5.1 Terminaux

Les éléments moteurs principaux de la technologie des terminaux hertziens continueront d'être un faible coût et la miniaturisation. La mise au point de batteries plus efficaces et à plus grande durée de vie est poursuivie activement. En outre, le défi consiste de plus en plus à fournir une qualité, des performances et des terminaux à caractéristiques multiples équivalents à ceux des lignes filaires.

4.5.2 Station de cellule/station de base radioélectrique

Les technologies d'accès multivoie RF (AMRT, AMRC) augmentent la capacité d'écoulement du trafic des systèmes d'accès hertzien. Les techniques de traitement des signaux numériques (DSP, *digital signal processing*) à haut débit et les postes radio définissables par logiciel entraînent d'autres progrès en matière de souplesse radioélectrique, de performances, de taille et de coût. La technologie des codecs progresse rapidement pour atteindre des niveaux de plus en plus élevés correspondant à la qualité téléphonique.

La gestion des ressources radioélectriques ainsi que des méthodes améliorées de gestion, d'exploitation et de maintenance (GEM) redéfinissent les performances et les règles d'approvisionnement dans le réseau. Des méthodes ingénieuses d'assignation dynamique des voies, des algorithmes de transfert et des schémas de diversité puissants, ainsi qu'une méthodologie efficace de commande dynamique de puissance réduisent le brouillage dans le même canal et le brouillage dû

aux canaux adjacents, ce qui résulte en une capacité plus élevée du réseau et en de meilleures performances. Des méthodes perfectionnées de détection des défaillances, d'isolement et de surveillance des performances, ainsi que des sous-systèmes automatiques d'étalonnage et de mise en service accroissent la souplesse et l'efficacité de fonctionnement des réseaux hertziens. Des plateformes d'essai et des simulateurs de réseaux hertziens sont utilisés pour évaluer la capacité et les compromis en matière de GEM qu'entraînent les différentes options de gestion des ressources radioélectriques.

Les technologies des circuits intégrés continueront d'être la clé des communications hertziennes futures. De meilleures performances, un coût plus faible, une taille plus petite et une consommation réduite de puissance sont les principaux éléments moteurs des différentes technologies de circuits intégrés en cours d'évaluation. Des filtres et des dispositifs d'interconnexion, des architectures d'émetteur-récepteur à un seul changement de fréquence et à deux changements de fréquence, ainsi qu'une variété de mélangeurs et de topologies d'amplificateur de puissance sont actuellement examinés dans le contexte du traitement de puissance, du facteur de bruit et de la consommation d'énergie.

Les semi-conducteurs au silicium et à l'arséniure de gallium (GaAs) se comportent différemment par rapport à la fréquence. Ce phénomène influence le choix des topologies de circuit et de l'architecture de l'émetteur-récepteur. Des recherches sont en cours sur les filtres RF, IF et en bande de base. De plus, la suppression du brouillage et la mise en forme spectrale ont été évaluées pour divers formats de modulation numérique. Enfin, la technologie du conditionnement est en cours d'évaluation en laboratoire, y compris les techniques de puce sur carte, de soudure sur bande et de puce à protubérances.

Les futurs systèmes hertziens nécessiteront des antennes moins encombrantes et ayant un meilleur rapport coût/efficacité. Des antennes électroniques adaptatives qui optimisent automatiquement le rapport porteuse/brouillage (C/I) augmenteront encore davantage la capacité et les performances des réseaux hertziens.

4.5.3 Liaison de raccordement

La capacité plus élevée des réseaux, obtenue par utilisation de cellules de plus en plus petites, augmente le coût de l'infrastructure de la liaison de raccordement, puisque davantage d'emplacements doivent être raccordés au commutateur. Les systèmes de liaison de raccordement doivent être soigneusement conçus dans le contexte du câblage existant et en évolution – paires torsadées, câbles coaxiaux, fibres optiques – et des systèmes radioélectriques, pour obtenir des structures de coût acceptables.

4.5.4 Commutateur/réseau

La fonctionnalité de réseau intelligent (RI) ainsi que le traitement et la signalisation de réseau hautes performances permettent le transfert des données d'abonné à travers le réseau téléphonique commuté public (RTCP) et les réseaux cellulaires (IS-41, GSM). La transparence du service est ainsi garantie aux abonnés à travers le réseau filaire et le réseau mobile. Cette caractéristique est essentielle pour fournir des services innovateurs et une facturation exacte.

Système d'accès hertzien - Interface V5.2 RTPC

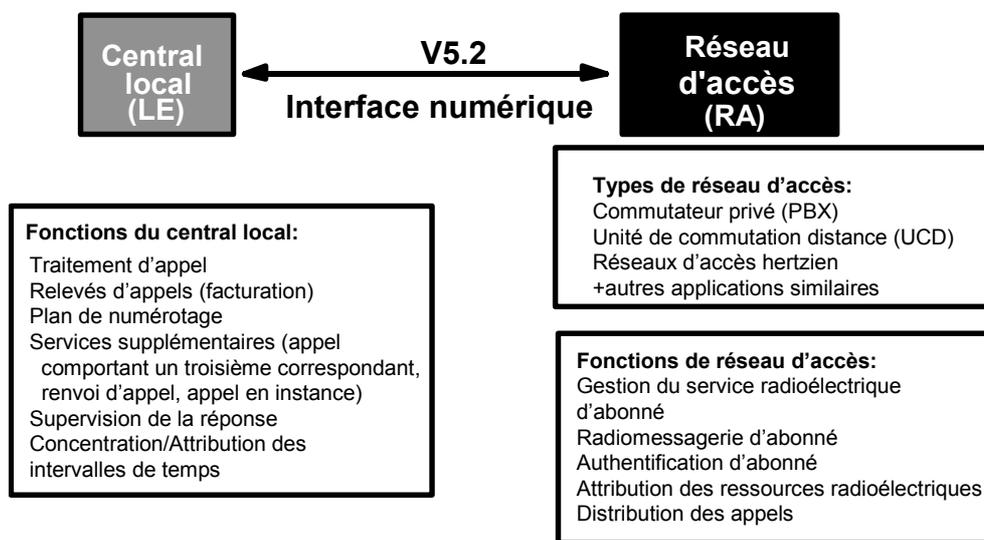
L'interface V5 spécifiée par l'ETSI et l'UIT-T, indiquée à la Fig. 11, est une interface ouverte entre le central local (LE) et le réseau d'accès (RA), qu'il s'agisse d'un réseau d'accès hertzien, d'une unité de commutation éloignée ou d'un commutateur privé. Le central local prend en charge la supervision du traitement d'appel par ligne terrestre, les relevés d'appels, le plan de numérotage et les services supplémentaires pour le système, comme le service comportant un troisième correspondant et le service

d'appel en instance. Le système d'accès hertzien traite la distribution des appels à l'utilisateur final. La spécification V5 permet à un système d'accès hertzien d'égaliser les fonctions du réseau terrestre existant et de donner aux utilisateurs finals l'accès aux services RTPC.

L'interface V5 utilise un protocole de contrôle ouvert destiné à fournir les services de télécommunication résidant dans un central local à l'équipement multivendeur dans le réseau de distribution sur ligne terrestre ou dans le réseau d'accès. Comme l'interface V5.2 est une interface ouverte, elle libère les fournisseurs de service téléphonique de l'obligation d'utiliser des interfaces de commutateur exclusives pour l'interconnexion du réseau aux réseaux d'accès hertzien, aux unités de commutation éloignées ou aux commutateurs privés.

FIGURE 11

Interface V5.2



Pour les applications d'accès hertzien, le réseau d'accès s'occupe de la gestion des abonnés aux radiocommunications, de la radiomessagerie et de l'authentification des abonnés, de la distribution des appels de radiocommunication, de l'attribution des ressources radioélectriques et du transcodage entre l'interface radioélectrique et les circuits téléphoniques standard de 64 kilobits sur les lignes E1 vers le central local.

La spécification V5 comporte deux parties comme le spécifient l'ETSI et l'UIT-T. La spécification V5.1 (Recommandation G.964 de l'UIT-T, sur l'interface V au central local numérique, interface V5.1 à l'appui du réseau d'accès) exige un intervalle de temps par abonné et ne prévoit pas de partage des intervalles de temps des abonnés. La spécification V5.2 (Recommandation G.965 de l'UIT-T, sur l'interface V au central local numérique, interface V5.2 à l'appui du réseau d'accès) prévoit le partage des intervalles de temps parmi les abonnés, ce qui permet la concentration et les économies qui en découlent.

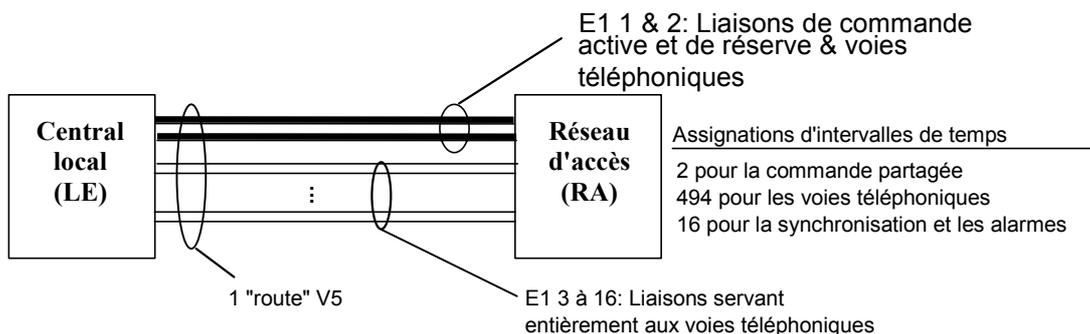
L'interface V5.2 fournit aux abonnés à l'accès hertzien les avantages suivants:

- Les clients ayant un accès hertzien reçoivent le même niveau de service que les clients ayant un accès filaire – l'interface V5.2 permet la fourniture transparente des fonctions et services RTPC ou de central local, comme la facturation, les plans de numérotage et les services supplémentaires fournis par le commutateur (par exemple transfert des appels, appels en instance, appels comportant un troisième correspondant, etc.).

- Les fournisseurs de services téléphoniques ont plusieurs options pour l'expansion des lignes – l'interface V5.2 accepte les commutateurs privés, les paires torsadées, les unités de commutation éloignées, les lignes de données à haut débit et les systèmes d'accès à fibres optiques, en plus des réseaux d'accès hertzien.
- Les fournisseurs de services téléphoniques peuvent tirer parti de la multiplicité des vendeurs de centraux locaux – l'interface V5.2 ouverte permet de nombreux choix parmi les vendeurs et, par conséquent, des choix parmi les services et la concurrence dans les prix.
- Les connexions entre le central local et le réseau d'accès sont moins nombreuses – l'interface V5.2 est partagée, ce qui permet aux intervalles de temps d'être attribués et partagés entre les abonnés, sur la base d'un appel. Cette méthode est à la fois plus économique et plus robuste.
- La complexité du réseau est réduite et, par conséquent, son coût est réduit – l'interface V5.2 permet aux fonctions traditionnellement accomplies par le central local d'y rester (comme la facturation et la fourniture de fonctions perfectionnées); elle libère ainsi le réseau d'accès, de sorte qu'il doit remplir seulement les fonctions de distribution des appels requises par l'accès hertzien, comme la gestion des abonnés aux radiocommunications, la radiomessagerie et l'authentification des abonnés, l'attribution des ressources radioélectriques et le transcodage.

FIGURE 12

Connectivité de l'interface V5.2 entre le central local et le réseau d'accès



La Fig. 12 illustre la connectivité de l'interface V5.2 avec signalisation partagée active de réserve utilisant le protocole V5. Chaque «route» V5 comprend 16 liaisons E1 qui acceptent 32 intervalles de temps chacune. L'intervalle de temps 0 est, conformément à la spécification E1, utilisé pour la synchronisation et les alarmes. Les deux premières liaisons E1, l'une étant active et l'autre de réserve, comprennent une liaison de commande partagée correspondant à un intervalle de temps E1 (intervalle de temps 16). Les intervalles de temps restants et les liaisons E1 restantes sont utilisés pour les voies téléphoniques attribuées dynamiquement. Au total, 494 circuits téléphoniques sont disponibles (16 E1 × 31 intervalles de temps – 2 voies de commande). Alors que l'interface V5.1 multiplexe un seul intervalle de temps à chaque utilisateur, l'interface V5.2 ajoute la concentration, ce qui attribue dynamiquement un intervalle de temps à chaque utilisateur.

L'interface V5.2 donne au système un contrôle opérationnel plus grand et une efficacité fonctionnelle accrue. L'interface V5.2 accepte plus d'abonnés par liaison E1 et peut donc être mise en œuvre à un coût total plus faible et de manière plus efficace que l'interface V5.1, et que beaucoup d'autres types d'interface RTPC ne correspondant pas au protocole V5 et ne comportant pas de concentration. L'interface V5.2 présente aussi une meilleure tolérance aux pannes, ce qui résulte, pour le client, en une qualité et une fiabilité globales améliorées.

4.6 Classification des systèmes d'AHF

Les systèmes AHF peuvent être classifiés en système «cellulaire», «filaire» ou «à large bande».

Les systèmes cellulaires se caractérisent par l'utilisation d'interfaces hertziennes normalisées pour les applications de téléphonie mobile. L'avantage d'une telle approche réside dans les économies d'échelle induites par l'utilisation de composantes radioélectriques essentielles fabriquées en grande série pour le marché des mobiles. Les systèmes d'accès hertzien cellulaires peuvent partager la même station de cellule et la même infrastructure de réseau que les systèmes cellulaires mobiles; ils peuvent également s'appuyer sur des réseaux spécialisés. Les systèmes cellulaires utilisent généralement un codage des signaux vocaux à faible débit binaire et offrent une fiabilité de liaison similaire à celle d'appels cellulaires mobiles acheminés par un système mobile cellulaire. Les réseaux acceptant ces systèmes tendent à se fonder sur des commutateurs autonomes mis au point pour les systèmes mobiles cellulaires, plutôt que sur un ajout aux commutateurs existants de central téléphonique. Ainsi, les systèmes cellulaires conviennent particulièrement bien aux régions rurales ou urbaines étendues à faible densité de trafic, qui ne recevaient auparavant aucun service, ou qui devaient être desservies par un deuxième fournisseur de service téléphonique.

Les systèmes filaires sont souvent fondés sur des interfaces hertziennes exclusives. Ces systèmes tendent à utiliser un codage des signaux vocaux de qualité équivalente à celle des systèmes mobiles, à débit plus élevé, ce qui permet aux signaux de télécopie et de modem de passer de façon transparente dans la bande des signaux vocaux. Ces systèmes sont souvent déployés comme des compléments autonomes aux commutateurs existants de central téléphonique local. Dans la plupart des cas, les stations d'abonnés sont équipées d'antennes directives, placées sur les toits, pour pouvoir offrir une fiabilité comparable à celle d'une liaison filaire. En plus des systèmes fournissant des connexions en bande vocale à commutation de circuits, certains systèmes filaires offrent des connexions à commutation par paquets dont les débits et les caractéristiques sont comparables à ceux qu'offre la technologie filaire d'une ligne d'abonné numérique ou à ceux des câblo-modems. Des applications de communication avancées, telles que les systèmes MMDS exploités dans la bande des 2,5 GHz, relèvent de ces systèmes.

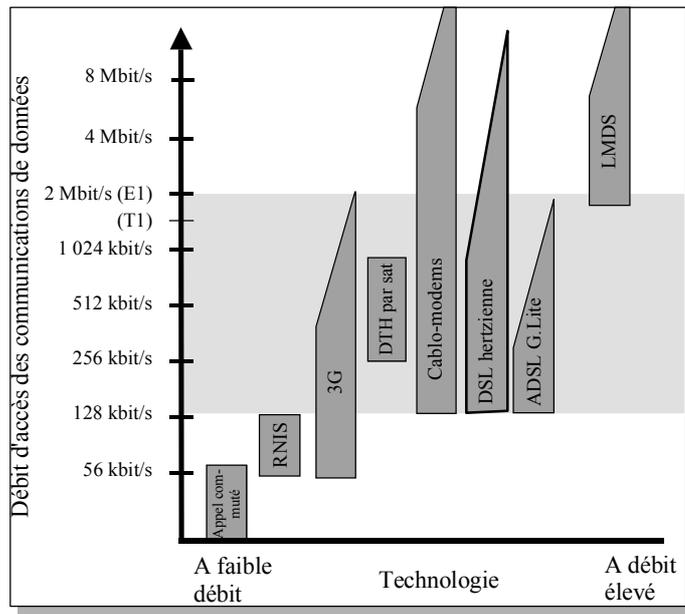
Les systèmes AHLB fournissent à chaque station d'abonné des débits binaires supérieurs à celui d'un accès à débit primaire. Les systèmes exploités à des fréquences supérieures à 10 GHz fonctionnent en visibilité directe et avec des antennes d'abonné fortement directives. La liaison est conçue de façon à offrir une fiabilité élevée, comparable à celle d'une connexion filaire ou d'une connexion par fibres optiques. Les systèmes exploités à des fréquences inférieures à 10 GHz ne fonctionnent pas nécessairement en visibilité directe; ils peuvent fonctionner en visibilité quasi directe et sont tout indiqués pour les abonnés résidentiels et les très petites entreprises.

4.7 AHLB

Une ligne numérique hertzienne d'abonné (wDSL, *wireless digital subscriber line*) constitue un type de système AHLB. Elle offre des capacités de service de données à haut débit comparables à celles offertes par un câblo-modem ou par une xDSL sur un canal AHLB. Ce produit offre une nouvelle solution d'accès hertzien éliminant les goulets d'étranglement du dernier kilomètre qui limitent les capacités d'accès aux données/à l'Internet à haut débit. Suivant la charge de trafic imposée par l'abonné, les débits de données moyens par utilisateur varieront entre 256 kbit/s et 2 Mbit/s, avec des pics allant de 10 à 30 Mbit/s. La Fig. 13 compare les débits de données offerts par une ligne wDSL et ceux fournis par d'autres solutions d'accès à haut débit.

FIGURE 13

Débit d'accès en fonction de la technologie utilisée



- Appels commutés/RNIS pour des largeurs de bande inférieures à 128 kbit/s
- Cablo-modems (CM) pour des débits compris entre 128 kbit/s et 20 Mbit/s
- xDSL/G.Lite pour des débits entre 128 kbit/s et 1 Mbit/s et pour des services
- Techniques d'accès hertzien émergentes en passe de concurrencer la technologie CM/xDSL
- Ligne wDSL adaptée à la connectivité à débit moyen
256 kbit/s → 2 Mbit/s
- Système LMDS à haut de gamme
T1/E1 et versions ultérieures

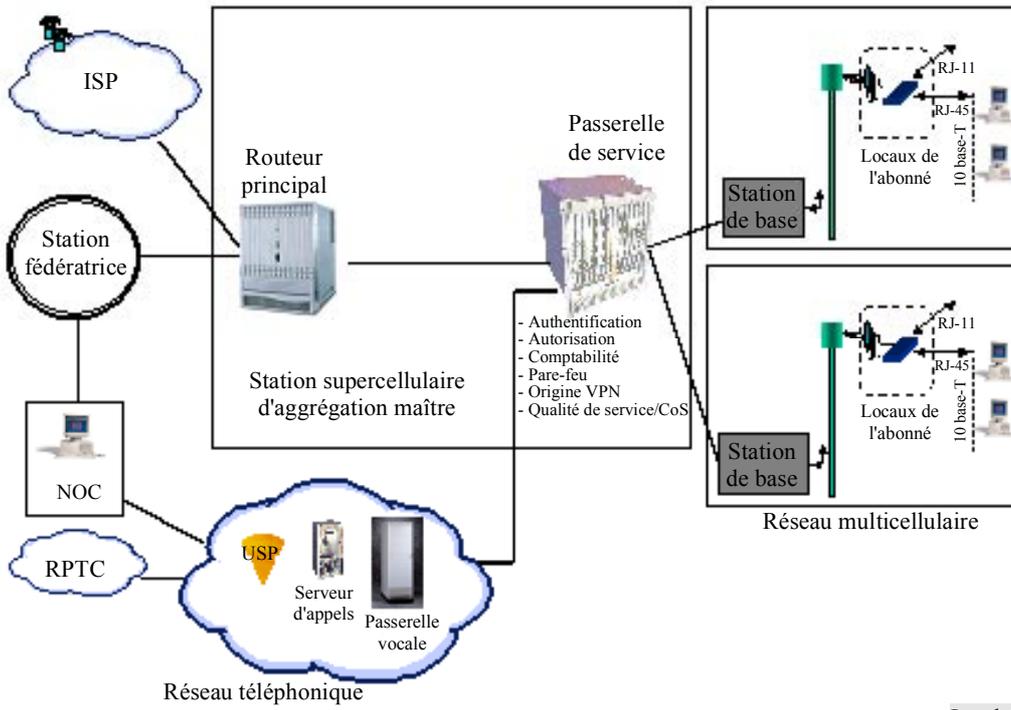
Land-013

Une solution de ligne DSL hertzienne de bout en bout présente généralement les caractéristiques suivantes:

- Une technique de mise en œuvre mono ou multicellulaire permettant une pénétration du marché à moindre coût.
- Des débits pouvant atteindre 30 Mbit/s par station de client pour des applications sur voie descendante en mode par salves.
- Une gamme de solutions CPE (équipements installés chez l'abonné) pour différentes applications: maisons individuelles, logements collectifs (MDU, *multiple dwelling unit*), très petites entreprises (SOHO, *small office-home office*) et petites et moyennes entreprises (SMB, *small-to medium business*).
- Des dispositifs de pare-feu, d'adressage, d'authentification et d'intégration GEM globale.

Le schéma ci-dessous illustre la mise en place d'un système DSL hertzien typique pour les services vocaux et de données à haut débit.

FIGURE 14
Architecture d'un système DSL hertzien



CHAPITRE 5

FACTEURS CLÉS INFLUANT SUR LE CHOIX DE LA TECHNOLOGIE

5.1 Introduction

Le contenu du présent Chapitre 5 se fonde sur une étude commandée par la Banque européenne pour la reconstruction et le développement, au sujet des options clés en matière de technologie et de politiques pour le secteur des télécommunications des pays de l'Europe centrale et de l'Est*. Le but de cette étude était de fournir des renseignements appropriés, à la fois aux exploitants de réseau et aux responsables des politiques, pour les guider dans le processus de prise de décision concernant les options technologiques à utiliser pour l'introduction, le remplacement, la modernisation et l'extension des réseaux de télécommunication dans leurs pays. Lors de l'examen du rapport de cette étude, il est devenu évident que les constats et les conclusions de l'étude seraient très utiles aux pays en développement, dans leurs efforts visant à améliorer et à renforcer leurs installations de télécommunication.

Les réseaux existants de télécommunication des pays en développement sont, soit désuets, soit inadéquats, pour fournir les plates-formes sur lesquelles les économies industrielles modernes se fondent. S'ils ne remédient pas à cette carence critique, de nombreux pays en développement seront limités dans leur capacité d'améliorer le niveau de vie de leur population.

Le besoin de réaliser des progrès rapides et importants en matière de télécommunication est bien documenté et bien compris. Nombreux sont aussi ceux qui estiment que les pays en développement sont bien placés pour «rattraper» leurs pairs dans les pays développés, en ce qui concerne l'introduction de la technologie hertziennne. Toutefois, l'accord est moins unanime quant aux technologies qui devraient être employées et aux politiques qui devraient être suivies pour promouvoir le développement des télécommunications. Les deux principaux thèmes à considérer sont:

- **Choix de la technologie:** quelles technologies sont (ou seront) disponibles aux exploitants dans les pays en développement, et quels facteurs influenceront le choix effectué entre ces technologies?
- **Politique sectorielle:** quel impact auront les choix de politique sur les performances du secteur des télécommunications et, de manière plus générale, sur le bien-être économique dans les pays en développement?

Les caractéristiques économiques de l'industrie et de la technologie ont une influence importante sur les politiques qui ont été suivies dans l'industrie des télécommunications jusqu'à présent, en particulier en ce qui concerne la fourniture de services et l'infrastructure. Parmi les caractéristiques les plus pertinentes, citons:

- les coûts fixes élevés et les temps d'approvisionnement longs typiquement associés à l'établissement d'un réseau de télécommunication;
- la présence d'économies d'échelle et de diversification;
- l'importance d'un nombre relativement faible d'éléments clés de coût (nombre de clients, densité d'abonnés et taux d'appel);
- la présence d'effets induits dans le réseau (comme l'avantage dont bénéficient les clients existants à l'arrivée de nouveaux clients dans le réseau).

* DAVIES, G., CARTER, S., MACINTOSH, S. et autres (COOPERS and LYBRAND) et STEFANESCU, D. (BERD), [Mars 1995] Key Technological and Policy options for the Telecommunications sector in Central and Eastern Europe and Former Soviet Union. Coopers and Lybrand and the Telecommunications Team European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), Londres, Angleterre.

5.2 Technologie de l'accès hertzien

Le développement de la technologie hertzienne – soit actuellement ou dans le futur – renforce le changement de point de vue en ce qui concerne le réseau local. Il annonce aussi d'autres changements importants dans la manière selon laquelle les infrastructures de télécommunication se développeront dans le temps. Par exemple:

- l'expérience d'un grand nombre de pays démontre maintenant que la concurrence est viable en matière de fourniture de services cellulaires mobiles;
- les services hertziens et, plus particulièrement les services AHF, fourniront probablement une solution d'accès plus rentable à certains endroits (par comparaison avec le coût de la solution du réseau filaire);
- finalement, les technologies d'accès hertzien peuvent être mises en place beaucoup plus rapidement que la technologie filaire, en particulier dans le réseau local, ce qui ouvre la perspective de répondre très rapidement à la demande de service.

Il est clair que beaucoup dépend du rythme d'avancement de la technologie hertzienne, mais il est à prévoir que pendant la prochaine décennie, les solutions basées sur l'accès hertzien auront des répercussions importantes sur le développement des réseaux de télécommunication qui ne sont actuellement pas particulièrement évolués, de même que sur la structure globale de la concurrence dans l'industrie.

5.3 Choix de la technologie

Les paragraphes suivants présentent une analyse et ses conclusions pour aider les pays en développement à prendre des décisions sur le choix des technologies d'accès hertzien disponibles pour utilisation dans le réseau d'accès, tant pour les exploitants existants que pour les nouveaux venus sur le marché.

L'analyse a un double but:

- **premièrement**, de guider les planificateurs de réseau relativement aux tendances actuelles et futures de la technologie; et
- **deuxièmement**, de fournir des estimations quantitatives précises des coûts des technologies de rechange.

5.4 Modèles technologiques

Le modèle d'analyse a utilisé les éléments suivants:

- définition des paramètres pertinents de la demande (nombre de clients, densité d'abonnés et taux d'appel);
- conception des réseaux nécessaires pour répondre aux niveaux spécifiés de la demande – qui à leur tour déterminent le type et les volumes d'équipement nécessaires;
- détermination des coûts de construction et d'exploitation des réseaux, en prenant en compte les coûts d'investissement en équipement, les coûts d'installation et les dépenses directes de fonctionnement;
- conversion des coûts du réseau en un coût par ligne pour permettre la comparaison entre différentes technologies.

Les modèles sont utilisés pour analyser le coût d'un certain nombre de technologies d'accès hertzien par rapport aux réseaux traditionnels à paires de fil de cuivre.

Evidemment, pour mettre au point ces modèles, un certain nombre de suppositions sont nécessaires concernant, par exemple:

- les volumes et les densités d'abonnés;

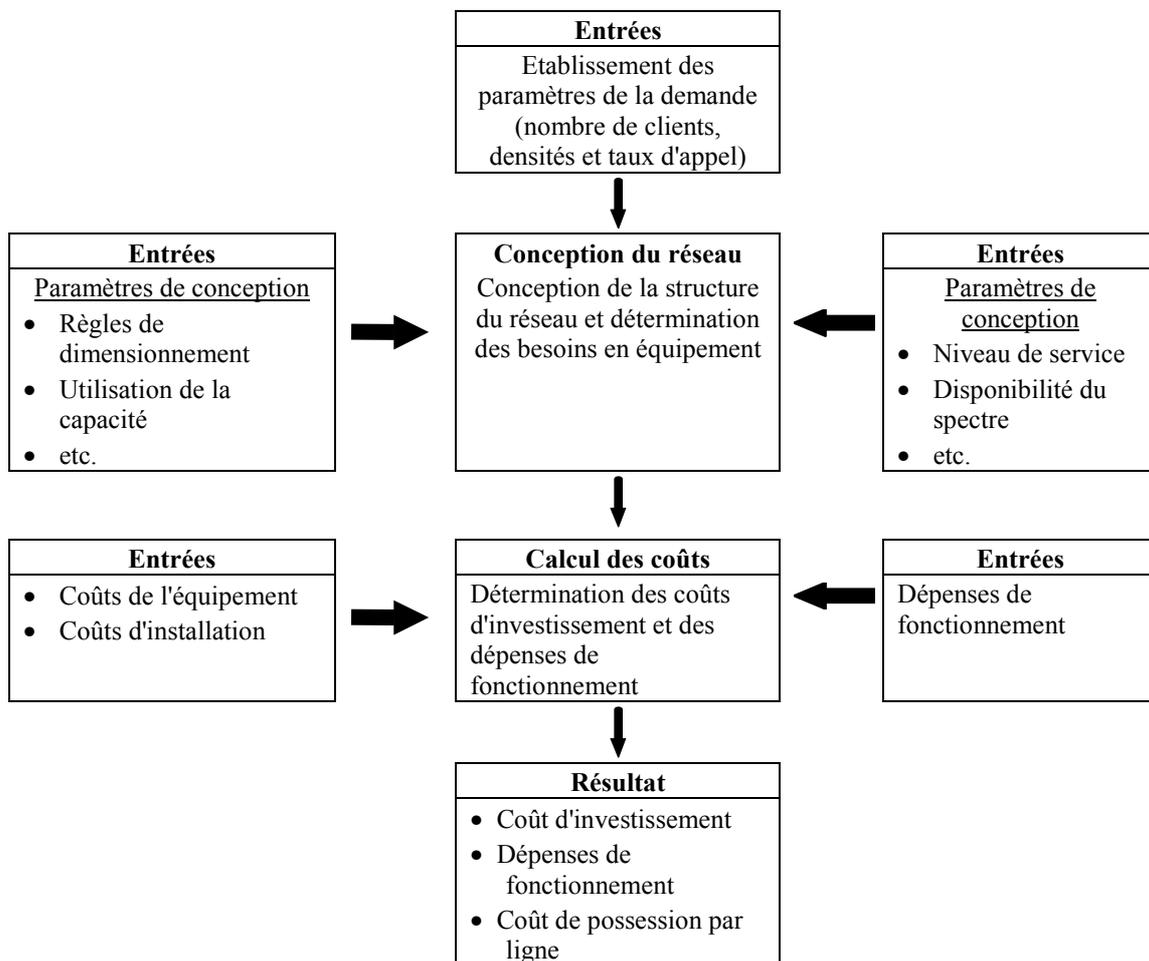
- les règles de dimensionnement du réseau;
- les coûts d'équipement;
- les coûts d'installation;
- les taux de remplissage du réseau (c'est-à-dire utilisation de la capacité);
- le niveau de service;
- les dépenses de fonctionnement;
- les tendances des coûts d'équipement et de main-d'œuvre;
- la disponibilité de fréquences (facteur d'une importance cruciale pour les technologies hertziennes).

Dans le calcul des coûts associés aux différentes technologies, on utilise le «coût de possession» par abonné, plutôt que les mesures comme le coût d'investissement par ligne ou par abonné. La définition du coût de possession tente d'englober tous les coûts directs associés à l'utilisation d'une technologie particulière – investissement, installation et dépenses directes de fonctionnement – et elle prévoit le remplacement de l'équipement, le cas échéant.

La sélection de la technologie doit prendre en compte, non seulement les facteurs de coût d'acquisition et de service, mais aussi une large gamme de considérations techniques et non techniques, comme la disponibilité de compétences et d'expertise, ainsi que la sensibilité de la sélection aux erreurs de prévision. La sélection de la technologie doit aussi se fonder sur une bonne compréhension du développement planifié du réseau – soit sur un plan d'ensemble de réseau (voir la Fig. 15).

FIGURE 15

Modèles technologiques et structure



Il est probable qu'une seule technologie ne satisfera pas à toutes les exigences du marché ni toutes les exigences opérationnelles. Dans de nombreux cas, il n'y aura pas clairement de technologie «optimale», mais plutôt un certain nombre de technologies ayant chacune des caractéristiques légèrement différentes. Pour choisir parmi ces technologies, soit pour un nouveau réseau ou pour un réseau existant, il faut prendre en considération une très grande gamme de facteurs. Presque inévitablement, la tendance consiste à se concentrer sur deux facteurs principaux, soit la conformité avec la spécification technique appropriée et le coût d'acquisition de l'équipement.

Toutefois, ces facteurs ne captent pas toute la complexité de certaines des décisions auxquelles les exploitants ont à faire face. En particulier, il y a lieu de prendre en considération les facteurs suivants:

- la maturité de la technologie;
- l'étendue du transfert des connaissances;
- la disponibilité de compétences au niveau local, pour l'installation et la maintenance;
- le coût de la maintenance continue;
- le niveau attendu d'appui continu;
- la sensibilité aux erreurs de planification et aux modifications du réseau;
- le coût de l'interfonctionnement avec les technologies existantes;
- le soin d'éviter d'être «captif» de technologies ou de fournisseurs particuliers;
- le degré de «protection contre l'obsolescence» fourni par la technologie.

Ces facteurs compliquent nettement les décisions auxquelles sont confrontés les pays en développement, et ils limitent inévitablement l'applicabilité des considérations générales sur le choix de la technologie, puisqu'il convient de tenir compte des circonstances locales particulières.

Un autre facteur crucial est le besoin pour chaque exploitant d'établir et de maintenir une orientation stratégique pour son réseau et de s'assurer que la sélection de l'équipement est faite dans le cadre de ce plan. Cette méthode garantira le développement stratégique du réseau et devrait limiter, notamment, les problèmes d'interfonctionnement entre différentes parties du même réseau.

5.5 Exigences relatives au marché

Traditionnellement, plus de 90% des recettes des télécommunications publiques proviennent de la téléphonie, mais ceci est peut-être en train de changer du fait de la croissance exponentielle de l'Internet. Les communications vocales constituent le service clé, à la fois pour les exploitants existants et pour les nouveaux exploitants. En outre, plus de 80% du trafic des réseaux téléphoniques dans la plupart des pays développés concernent la transmission en direct de la parole, et dans les pays en développement, ce pourcentage est encore plus élevé. Étant donné la prépondérance continue du trafic téléphonique et les graves pénuries d'approvisionnement qui prévalent dans les pays en développement, il est évident que le besoin dominant porte sur les technologies qui offrent et acceptent les services de base.

Néanmoins, il est également important de reconnaître les besoins croissants des entreprises en matière de services de télécommunication, tant de base que perfectionnés, en particulier en ce qui concerne le rôle du secteur privé pour la promotion de la croissance dans les économies en développement. Alors que le trafic téléphonique continuera à prédominer, les services à valeur ajoutée, les données à haut débit, la mobilité et, enfin, la vidéo seront de plus en plus en demande. Ce facteur est particulièrement important pour le choix de la technologie à retenir pour le réseau d'accès, car la possibilité d'assurer ces services diffère nettement d'une technologie à l'autre.

Cela pose un dilemme aux exploitants de réseau. Le développement des nouvelles technologies d'accès devrait-il s'orienter vers les technologies coûteuses, à large bande ou bien devrait-il s'orienter vers les technologies moins coûteuses, mais utilisant des largeurs de bande plus faibles?

Toutes les technologies sont considérées comme pouvant permettre les communications vocales et d'autres services qui peuvent être codés pour la transmission de données à un débit de 4 800 bit/s ou moins. Les technologies différeront pourtant dans leur capacité d'assurer d'autres services, comme l'illustre le Tableau 1. A mesure que les technologies progresseront, d'autres possibilités seront ajoutées aux services d'accès (par exemple, vidéo à accès hertzien).

TABLEAU 1
Technologies et services d'accès

Technologies d'accès	Services				
	Signaux vocaux	Données à faible vitesse	Données à haut débit	Vidéo monovoie	Vidéo multivoie
Lignes à paires en cuivre	✓	✓	✓	✓	
Fibres optiques	✓	✓	✓	✓	✓
Accès hertzien	✓	✓	✓	✓	✓
Service mobile hertzien	✓	✓	✓		

5.6 Critères technologiques applicables au réseau d'accès

Les exigences de service actuelles et futures peuvent être classées, en gros, par segment de clientèle, comme l'indique le Tableau 2. Celui-ci illustre le développement probable que suivront les exigences de service selon les différents segments de clientèle. Etant donné que ces exigences différentes peuvent aussi nécessiter la mise en place de différentes technologies, les exploitants devront faire des plans à moyen et à long termes en ce qui concerne le choix de la technologie, en tenant compte à la fois des exigences du marché et des développements probables de la technologie, afin d'éviter d'être bloqués dans des technologies redondantes et afin de réduire le coût nécessaire pour répondre aux besoins nouveaux et en émergence.

TABLEAU 2
Exigences de service

Type d'abonné	Besoins actuels de service	Besoins futurs de services additionnels
Grande entreprise	Téléphonie multivoie Télécopie Données Mobilité	Vidéotéléphonie Vidéoconférence Données à haut débit
Moyenne entreprise	Téléphonie Télécopie Données Mobilité	Vidéotéléphonie Données à haut débit Vidéoconférence
Abonné résidentiel	Téléphonie Données Mobilité Télécopie	Mobilité Vidéo de divertissement Télécopie

5.7 Accès

L'accès est défini comme étant le trajet de transmission entre l'équipement terminal téléphonique fixe d'un client et le central local.

Depuis l'introduction du téléphone, l'accès a été presque universellement réalisé au moyen de fils en cuivre torsadés. C'était là un moyen simple et relativement bon marché de raccorder les abonnés, qui pouvait être utilisé sur une grande gamme de densités d'abonnés, allant des zones urbaines les plus denses (comptant plus de 1 000 abonnés/km²) jusqu'aux zones rurales de très faible densité (comportant moins de 1 abonné/km²).

La principale limitation d'un réseau à paires de cuivre (utilisé pour la transmission de signaux vocaux) est la restriction de la longueur maximale d'un câble individuel – au-delà de laquelle le signal est trop faible pour fournir une qualité de transmission satisfaisante. Ainsi, les réseaux à paires de cuivre se sont développés selon le concept d'un central local placé au centre géographique des abonnés, avec des câbles disposés en étoile jusqu'à une distance maximale typique de 15 à 20 km. Cette configuration est ensuite reproduite dans toute la zone en question, pour fournir l'accès à tous les abonnés.

L'accès est un élément crucial d'un système de télécommunication, pour les raisons suivantes:

- **premièrement**, l'accès est le mécanisme de livraison des services de télécommunication, et son coût, sa qualité et sa fonctionnalité ont une influence primordiale sur les caractéristiques globales du service individuel, tel qu'il est perçu par les abonnés;
- **deuxièmement**, l'accès représente une partie importante du coût global d'investissement et d'exploitation de tout réseau de télécommunication. Le coût de l'accès peut représenter jusqu'à 60% du coût global d'investissement engagé par un nouvel exploitant, tandis que même pour un exploitant établi, l'accès peut compter pour plus de 30% des coûts globaux*;
- **troisièmement**, l'accès représente l'investissement «englouti» le plus important d'un exploitant existant ou d'un nouvel exploitant;
- **et finalement**, il a été suggéré par de nombreux observateurs que l'accès constituait un «monopole naturel», c'est-à-dire que les économies d'échelle (et de diversification) sont telles qu'un exploitant unique est en mesure de fournir le service de manière plus rentable que deux exploitants ou plus.

5.8 Nouvelles technologies pour le réseau d'accès

Alors que les réseaux à fils de cuivre sont encore utilisés dans la majorité des réseaux de distribution locale, des efforts considérables visent le développement et l'application des technologies d'accès hertzien au réseau d'accès. Le coût d'un réseau filaire augmente avec la distance, tandis que celui d'un réseau hertzien est constant jusqu'à la limite de la portée du système radioélectrique. Ainsi, il existe une distance seuil au-delà de laquelle le système hertzien devient moins cher.

Les coûts d'un réseau filaire sont dominés par les coûts de main-d'œuvre (creusement et rétablissement des routes, installation des conduites et pose des câbles), et on s'attend à ce que ces coûts augmentent avec le temps. Par contre, les coûts du réseau d'accès hertzien sont dominés par les coûts d'équipement, et on peut s'attendre à ce que ceux-ci continuent à baisser à la longue. Il en résulte que la distance seuil définie précédemment diminuera, ce qui augmentera les possibilités de retenir une solution d'accès hertzien.

* Valeurs typiques provenant de diverses compagnies exploitantes de téléphone des États-Unis d'Amérique.

Quand on examine le choix de la technologie pour le réseau d'accès, le facteur critique, du point de vue des coûts, est la densité d'abonnés. Le coût par abonné d'un accès filaire augmente quand la densité diminue et, à de très faibles densités, le coût augmente très rapidement. Par exemple, la compagnie Telia a estimé qu'en Suède, le coût lié au service fourni à 5% des abonnés dans la région la moins dense représente presque 25% du coût total d'accès. Le nombre d'abonnés et la densité d'abonnés sont les facteurs déterminants fondamentaux des coûts d'accès. Mais aucune technologie particulière ne convient idéalement pour toutes les densités d'abonnés.

5.9 Systèmes d'accès hertzien

Les trois dernières années ont vu une croissance rapide de l'intérêt soulevé par l'utilisation de systèmes d'accès hertzien pour le réseau d'accès. De nombreuses technologies et normes nouvelles ont été proposées, dont certaines sont des ramifications des technologies des services «mobiles», tandis que d'autres sont spécifiquement conçues pour l'utilisation fixe.

La technologie d'accès hertzien présente un certain nombre de caractéristiques clés qui rendent sa mise en place dans les réseaux d'accès potentiellement très attrayante:

- **rapidité de mise en œuvre:** l'AHF peut être mis en œuvre de 5 à 10 fois plus rapidement que les systèmes équivalents à fils de cuivre;
- **structure de coût:** l'accès hertzien présente un coût indépendant de la distance dans la zone de couverture, ce qui est particulièrement important dans les zones de faible densité où les distances entre les abonnés sont grandes;
- **avantages opérationnels:** les dépenses de fonctionnement peuvent être réduites, car les systèmes d'accès hertzien ne sont pas susceptibles aux problèmes de perturbations physiques associés aux systèmes à fils de cuivre;
- **planification et utilisation de la capacité:** la courbe du coût d'investissement associée aux systèmes d'accès hertzien suit de plus près la croissance du nombre d'abonnés que dans le cas des systèmes à fils de cuivre – c'est-à-dire que l'investissement peut se faire par plus petits échelons, à mesure que la population d'abonnés augmente;
- **planification des abonnés:** les systèmes d'accès hertzien nécessitent beaucoup moins de planification que les systèmes à fils de cuivre, en ce qui concerne le réseau local. En général, les systèmes d'accès hertzien tolèrent mieux que l'exploitant manque de connaissances approfondies quant à l'emplacement exact et la densité d'abonnés. Cette caractéristique est particulièrement attrayante pour les nouveaux exploitants de réseau en concurrence, qui ne peuvent pas savoir avec précision quels abonnés trouveront leur offre concurrentielle attirante.

Toutefois, les systèmes d'accès hertzien présentent un certain nombre d'inconvénients:

- **contraintes de disponibilité du spectre:** c'est l'obstacle le plus grand qui s'oppose à la mise en place des systèmes d'accès hertzien dans les pays en développement, car les fréquences les plus appropriées peuvent déjà être utilisées à d'autres fins;
- **restrictions sur la largeur de bande par client:** ces restrictions limitent de manière importante les services qui peuvent être offerts aux clients;
- **absence de normes acceptées à l'échelle internationale:** le manque de normes acceptées signifie que les fabricants offrent soit des technologies «mobiles» (dont le spectre peut déjà être utilisé pour les services mobiles) ou des systèmes exclusifs qui peuvent réduire les options disponibles aux exploitants, une fois que le choix de la technologie initiale a été fait;

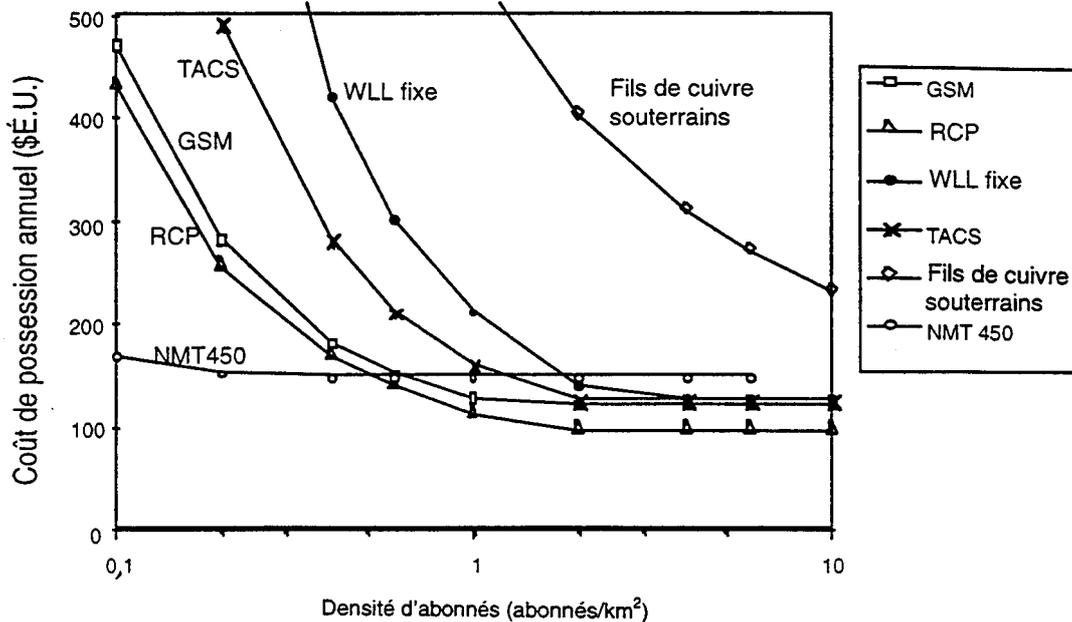
Certaines de ces technologies sont décrites aux Annexes 4 et 5, alors que le Chapitre 7 en donne un aperçu général.

Le coût de possession par abonné a été analysé pour un certain nombre de technologies d'accès hertzien qui ont été proposées ou qui sont déjà utilisées pour le réseau d'accès, en particulier: NMT 450; TACS, AMPS; GSM; DCS 1800, PCS 1900 (États-Unis d'Amérique), AHF (technique AMRT). Pour obtenir plus de détails sur les modèles et sur les hypothèses utilisées pour les calculs, le lecteur devrait se reporter à l'étude*. Le coût de possession comprend le coût d'investissement, les dépenses de fonctionnement et le coût de remplacement.

L'analyse montre que les coûts des boucles locales d'accès hertzien ont chuté considérablement au cours des dernières années et que les solutions d'accès hertzien peuvent maintenant fournir une solution de remplacement à bon rapport coût-efficacité au système de boucle locale filaire. En particulier, les systèmes d'accès hertzien sont attrayants aux faibles densités d'abonnés, car le coût d'un système d'accès hertzien n'augmente pas avec la distance de l'abonné (jusqu'à la limite de propagation de la cellule). Voir les Fig. 16 et 17.

FIGURE 16

Comparaison des coûts de possession – Systèmes d'accès hertzien par rapport aux systèmes filaires, pour des densités d'abonnés très faibles

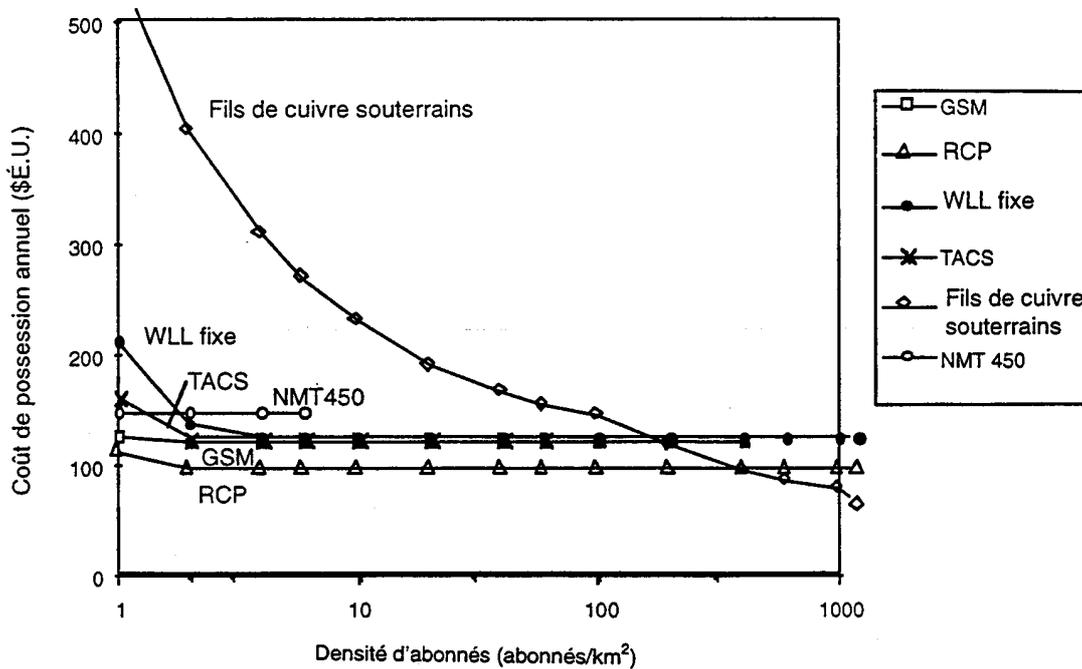


Land-016

* DAVIES, G., CARTER, S., MACINTOSH, S. et autres (COOPERS and LYBRAND) et STEFANESCU, D. (BERD) [Mars 1995] Key Technological and Policy options for the Telecommunications sector in Central and Eastern Europe and Former Soviet Union. Coopers and Lybrand and the Telecommunications Team European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), Londres, Angleterre.

FIGURE 17

Comparaison des coûts de possession – Systèmes d'accès hertzien par rapport aux systèmes filaires pour des densités d'abonnés faibles à élevées



Land-017

Les systèmes d'accès hertzien présentent des coûts de possession plus faibles par abonné qu'un réseau filaire, aux faibles densités d'abonnés – en dessous d'environ 200 à 400 abonnés/km² (en supposant des taux d'appel résidentiels moyens). On suppose, cependant, que le spectre nécessaire est disponible.

La position exacte du point de croisement dépend inévitablement des hypothèses faites, et il variera selon les niveaux de trafic et la répartition réelle des abonnés.

Néanmoins, l'analyse suggère qu'un pourcentage important d'abonnés résidentiels pourrait être desservi de manière rentable par un accès hertzien fixe. Cela ne signifie pas que les exploitants actuels remplaceront rapidement leurs réseaux existants à fils de cuivre par des systèmes d'accès hertzien, mais que les nouveaux venus sur le marché, ou les exploitants dans de nouvelles régions, utiliseront probablement de plus en plus l'accès hertzien.

Les systèmes d'accès hertzien offrent un bon rapport coût-efficacité pour la fourniture des services téléphoniques et des services à large bande aux abonnés résidentiels typiques, aux petites entreprises et aux établissements d'enseignement, en particulier dans les zones rurales et suburbaines, ou pour les nouveaux venus sur les marchés urbains concurrentiels.

L'analyse indique nettement que l'accès hertzien est une technologie d'accès local très attrayante pour les nouveaux venus sur le marché. Les données présentées correspondent à la densité d'abonnés et non à la densité de population. En pratique, pour un nouvel exploitant, atteindre des densités d'abonnés approchant 400 abonnés/km² pourrait prendre plusieurs années, même dans les zones urbaines, et en fait, dans les zones suburbaines et rurales, ce chiffre pourrait ne jamais être atteint si plusieurs exploitants se trouvent en concurrence. Aux densités très faibles, inférieures à environ 1 abonné/km², la plupart des systèmes hertziens présentent une augmentation rapide du coût par abonné, car les cellules atteignent leur taille maximale et des cellules supplémentaires

doivent être ajoutées pour tenir compte de l'espacement accru entre les abonnés. Quand la densité d'abonnés tombe à 0,1 abonné/km², le coût de possession s'accroît pour atteindre entre 500 et 1 500 dollars américains par ligne, sauf pour les systèmes à fréquence basse (comme le NMT450). Toutefois, l'accès hertzien constituerait encore, par rapport au système filaire, un moyen rentable de fournir les services. Se reporter à la Fig. 16.

5.10 Conclusions

Les principales conclusions sont les suivantes:

- les systèmes d'accès hertzien seront probablement rentables par rapport aux réseaux à fils de cuivre classiques, à des densités d'abonnés inférieures à 200-400 abonnés/km². De nombreux consommateurs résidentiels seront donc desservis de la manière la plus économique par des systèmes d'accès hertzien; l'attrait de ces systèmes sera également influencé par l'acceptation par les clients;
- les systèmes d'accès hertzien peuvent être développés de manière rentable et leur déploiement peut être étroitement lié à l'acceptation du service par les clients. Les coûts engendrés peuvent aussi être minimisés et les systèmes d'accès hertzien seront probablement préférés par les nouveaux exploitants qui désirent fournir des services téléphoniques à grande échelle.

CHAPITRE 6

PLANIFICATION DE LA MISE EN PLACE DES SYSTÈMES D'ACCÈS HERTZIEN

6.1 Généralités

Le présent Chapitre décrit les domaines qu'il convient d'aborder très soigneusement, complètement et avec sérieux lors de la planification de la mise en place des systèmes d'accès hertzien. Dans chacun des domaines décrits, les facteurs importants à considérer sont notés et brièvement discutés. Toutefois, il faut reconnaître que l'information fournie ici ne constitue qu'un exposé général et un résumé. Chacun des domaines discutés ci-dessous pourrait faire l'objet de livres, ce qui a d'ailleurs été fait. Des renseignements plus détaillés sont fournis à l'Annexe C.

Une bonne planification de la mise en place d'un système d'accès hertzien projeté nécessite une compréhension approfondie du plan d'entreprise proposé et de la base de clients/d'abonnés visée. Elle exige également une bonne connaissance de la démographie et de la topographie du territoire où le service doit être fourni/mis en place. Une connaissance détaillée, une bonne expérience et des compétences en matière de technique des radiocommunications constituent un autre élément essentiel du processus de planification.

6.2 Planification des besoins de service

Il convient de considérer avec grand soin les services qui doivent être fournis, à la fois initialement et dans l'avenir. Les domaines qui doivent être pris en compte sont indiqués ci-dessous.

6.2.1 Fonctionnalités

Il est nécessaire de définir avec grande précision les services à fournir. Cette définition doit comprendre à la fois les services téléphoniques et les services de données, les interfaces qui doivent être compatibles, le type de mobilité requis et les autres caractéristiques ou fonctions nécessaires.

a) Services de transmission de la voix et de données

Etant donné que le spectre radioélectrique est rare et coûteux, l'utilisation du codage à faible débit fournit une économie d'utilisation du spectre, aux dépens de la qualité de la voix et du débit de données. Un codage à haut débit donne un service de transmission de la voix de meilleure qualité et une capacité de débit de données plus élevée, aux dépens de l'utilisation du spectre. À mesure que les algorithmes de codage s'améliorent, la qualité de la transmission de la voix qui peut être assurée par un débit donné augmente graduellement.

Un service à faible débit permet de bonnes économies, en particulier dans les services par satellite, où le coût de la puissance/largeur de bande du secteur spatial peut être élevé, tandis que le service à débit «moyen» utilise une plus grande largeur de bande, fournit un service de qualité comparable à celle des systèmes filaires classiques (se reporter à la Recommandation UIT-T G.711) et accepte des modems rapides intégrés à des ordinateurs personnels. Pour les services par satellite, la qualité comparable à celle des systèmes filaires classiques entraîne des coûts élevés en matière de puissance/largeur de bande.

Le service au débit de base RNIS exige des débits binaires élevés. Il peut assurer un service de transmission de la voix de 7 kHz (voir la Recommandation UIT-T I.241.7) et un service de données au débit binaire de 64 kbit/s (voir la Recommandation UIT-T I.231.1).

Des débits de données plus élevés peuvent être nécessaires, par exemple 1,5 Mbit/s, 2 Mbit/s ou le service au débit primaire RNIS. Les services mobiles terrestres qui assurent ces débits de données, ou des débits plus élevés, par exemple pour fournir un service vidéo à reproduction complète du mouvement de qualité réseau, exigent beaucoup plus de spectre radioélectrique.

b) Mobilité

Les exigences de mobilité doivent être considérées, définies et satisfaites. Pour des raisons techniques, il existe un compromis entre la mobilité et la qualité de service, et entre la mobilité et la complexité du réseau, qui augmente le coût du réseau. Une exigence de mobilité plus élevée abaissera la qualité du service et augmentera le coût du réseau.

Un service fixe n'a pas d'exigences de transfert et fournit le service de la plus haute qualité au coût de réseau le plus faible. La mobilité à la vitesse d'un piéton implique une perte de qualité et une augmentation de coût de réseau modestes. La mobilité à la vitesse des véhicules à moteur entraîne une plus grande perte de qualité, ainsi qu'une complexité et un coût de réseau accrus pour répondre à la commutation rapide des cellules qui s'impose.

c) Autres caractéristiques de service requises

- Authentification

Les réseaux qui permettent la mobilité nécessitent typiquement des procédures d'authentification, pour confirmer que chaque accès au réseau provient d'un abonné légitime, autorisé et facturable.

- Secret des communications

Cette caractéristique peut s'avérer nécessaire, ce qui exige la sélection et la fourniture d'arrangements appropriés de chiffrement basés sur le réseau.

- Types de terminaux acceptés

Il est nécessaire de définir avec précision les types de terminaux qui seront acceptés, y compris les terminaux de données (par exemple V.11, V.24, V.35, etc.) et les terminaux vocaux (par exemple: publiphone – à prépaiement, à semi-postpaiement, etc.). Les appareils de technologie filaire standard peu coûteux, facilement disponibles, seront-ils acceptés?

6.2.2 Possibilités futures de service

a) Capacités d'évolution

Il est important de prendre les mesures appropriées lors du processus de planification de la mise en place pour s'assurer que les exigences futures de service puissent être respectées. Les attributs de service notés à la rubrique «Fonctionnalité», ci-dessus, peuvent ne pas être requis initialement, mais s'avérer nécessaires dans l'avenir. En fait, d'autres fonctions et attributs, qui ne sont actuellement pas envisagés, et peut-être même pas encore connus, peuvent devenir des exigences dans l'avenir. Le plan de mise en place du réseau, et la technologie choisie, devraient être suffisamment souples pour répondre de manière efficace et économique aux besoins futurs de fonctionnalité.

b) Base de clients

Le nombre de clients desservis augmentera sans aucun doute dans le temps. Le plan de mise en place du réseau doit permettre d'élargir la capacité d'une manière commode et économique, afin de fournir un bon service continu, au fur et à mesure que la base de clients s'accroît.

c) Zone de couverture

Il se pourrait bien, à l'avenir, qu'il soit nécessaire d'étendre la zone de couverture dans laquelle le service est fourni. Le plan de mise en place du réseau devrait être préparé de manière à assurer que les occasions d'expansion puissent être mises en œuvre d'une manière ordonnée et économique.

6.3 Planification d'un réseau de télécommunication

6.3.1 Besoins en matière de capacité d'écoulement de trafic

Le fonctionnement des systèmes d'accès hertzien est inévitablement perturbé par des conflits d'accès. Pour cette raison, les considérations d'ingénierie du trafic sont essentielles dans la planification initiale de la mise en place et dans la conception des systèmes d'accès hertzien, ainsi que dans la poursuite de leur exploitation. Dans les réseaux d'accès câblé «classique» («réseaux d'accès filaire»), chaque ligne téléphonique (ou de données) principale («service d'accès au réseau») est physiquement raccordée à une paire de fils spécialisée unique, entre le terminal et le central téléphonique. Selon cet arrangement, il n'y a pas de conflit et il n'y a pas d'exigence d'ingénierie du trafic, puisque tous les terminaux peuvent avoir accès au central en tout temps.

Des systèmes multiplex numériques câblés de boucle sont également disponibles et largement utilisés. Ces systèmes, selon leur conception de base, peuvent faire appel ou non à la concentration. S'il n'y a pas de concentration, chaque ligne téléphonique principale a un accès indépendant au central téléphonique. Si le système comporte une concentration, la planification de sa mise en place doit tenir compte des considérations d'ingénierie du trafic décrites ci-dessous.

L'ingénierie de trafic d'un système d'accès hertzien doit faire la relation entre la capacité d'écoulement de trafic du système et le trafic auquel on s'attend de la part des clients que le système desservira. L'expérience indique qu'en général, les clients d'affaires offrent plus de trafic que les clients résidentiels, et les publiphones plus que les clients d'affaires. Le trafic des clients individuels varie sur une large gamme, et aussi selon le moment de la journée. Quand le service est fourni à des clients se trouvant dans des zones précédemment non desservies, l'expérience indique que leur taux d'appel augmentera avec le temps.

L'utilisation de services de données doit aussi être considérée. Un système qui «empile» des services de données multiples à faible vitesse sur un seul circuit de système peut augmenter largement la capacité de trafic de données du système. Il est également important de s'assurer qu'une capacité suffisante est fournie pour que les appels arrivants, en particulier les appels interurbains, puissent atteindre leur destination. Les appels interurbains arrivants qui n'atteignent pas leur destination représentent des recettes précieuses à marge élevée qui sont perdues.

Une caractéristique de l'intensité du trafic acheminé est que la relation entre le nombre de circuits du système et la capacité de trafic n'est pas linéaire. Les grands groupes de circuits fournissent relativement plus de capacité, de sorte que doubler la taille d'un groupe de circuits fait plus que doubler la capacité d'écoulement de trafic.

La planification initiale de la mise en place et la conception du système d'accès hertzien doivent utiliser les meilleurs renseignements disponibles. Une fois que le système est en service, la capacité réelle d'écoulement de trafic du système doit être contrôlée et gérée, afin de déterminer dans quelle mesure les performances en service répondent aux attentes, et de faire les ajustements appropriés qui peuvent s'avérer nécessaires.

6.3.2 Exploitation et maintenance

Pour garantir la fourniture continue d'un service de haute qualité par le nouveau système d'accès hertzien, des arrangements visant son exploitation et sa maintenance continues doivent être soigneusement planifiés et mis en œuvre. Il est généralement souhaitable d'intégrer ces fonctions aussi étroitement que possible avec les procédures d'exploitation et de maintenance qui existent déjà pour le RTPC auquel le nouveau système d'accès hertzien se raccordera. L'expérience générale indique que la conformité aux arrangements existants et l'intégration avec ces arrangements est beaucoup plus satisfaisante que la mise en œuvre de procédures uniques ou spéciales.

Les rapports de dérangement provenant des abonnés et les rapports de défaillance provenant du système radioélectrique devraient suivre les procédures et les voies normales de signalisation des dérangements. Les procédures d'essai devraient être possibles, tant pour le système radioélectrique que pour les terminaux sous-jacents, à partir du centre d'essai existant. Les procédures de réparation et de dépannage devraient se conformer aux arrangements existants.

Aux fins d'utilisation efficace des ressources humaines, le personnel des télécommunications qui s'occupe déjà du territoire ou des zones adjacentes devrait être formé et équipé de manière à faire fonctionner et à maintenir le nouveau système d'accès hertzien. L'installation, l'exploitation et la maintenance de systèmes d'accès hertzien différents nécessitent des niveaux variés de compétence et d'expertise en matière de radiocommunication. A toutes fins pratiques, il est préférable que le niveau des compétences nécessaires en radiocommunication soit aussi faible que possible.

Pour remédier aux dérangements des terminaux, il sera généralement approprié, dans le cas des terminaux mobiles, de les transporter à un centre de réparation désigné, en un emplacement commode. Pour les terminaux fixes, qui sont souvent installés dans des communautés éloignées et relativement inaccessibles, une décision et un arrangement appropriés seront nécessaires pour déterminer qui sera responsable de leur installation et de leur maintenance. Dans ce cas en particulier, des compétences de faible niveau en matière de radiocommunication sont largement suffisantes.

Des arrangements de soutien appropriés doivent être mis en place. Ces arrangements devront comporter la formation nécessaire des personnes sur place qui seront responsables de l'exploitation et de la maintenance d'un système, et de la fourniture des appareils d'essai nécessaires ainsi que de l'approvisionnement approprié en pièces de rechange. Un arrangement de soutien sur place sera également nécessaire pour assurer un soutien de secours, quand les problèmes sur place dépasseront la capacité du personnel sur place. De même, comme on l'a noté ci-dessus, il sera nécessaire de continuellement surveiller et gérer la capacité d'écoulement du trafic et la charge de trafic du système, et de faire les ajustements appropriés, le cas échéant.

6.3.3 Connexion et intégration de la «liaison de raccordement» et du réseau

Dans chaque cas, le nouveau système d'accès hertzien sera raccordé au RTPC par l'intermédiaire d'un commutateur téléphonique dans un centre de commutation. Comme il a été mentionné précédemment à la Fig. 1, la liaison entre l'ensemble station de cellule/contrôleur et le commutateur est définie comme étant la «liaison de raccordement». L'ensemble station de cellule/contrôleur peut être situé à l'intérieur du centre de commutation, auquel cas la connexion de la liaison de raccordement est très courte.

Toutefois, si l'ensemble station de cellule/contrôleur se trouve éloigné du centre de commutation, une capacité appropriée de liaison de raccordement doit être fournie, soit par fibres optiques, câble coaxial ou câble à paires en cuivre, ou bien par l'intermédiaire d'un autre système radioélectrique, par exemple un système hyperfréquence point à point ou point-multipoint.

Dans ce dernier cas, le système radioélectrique de raccordement représente un défi distinct mais connexe de planification de la mise en place. Tant le système de liaison de raccordement que le système d'accès hertzien présentent des exigences en ce qui concerne la fonctionnalité, les possibilités de service, la capacité d'écoulement et la gestion de trafic, ainsi qu'en ce qui concerne l'exploitation et la maintenance. Une liaison de raccordement faisant appel à un système hyperfréquence point-multipoint avec un système d'accès hertzien intégré répond à ces exigences, de manière intégrée et homogène, à l'intérieur d'un seul système de gestion. Si le système radioélectrique de raccordement n'offre pas cette intégration, ses fonctions et ses caractéristiques doivent être raisonnablement compatibles avec le système d'accès hertzien.

Dans ces circonstances plutôt typiques, le défi de la planification de la mise en place consiste à optimiser le plan général et la conception, soit en intégrant la liaison de raccordement et le système d'accès hertzien, soit en retenant la meilleure possibilité d'établir un rapport entre les caractéristiques des deux systèmes radioélectriques distincts.

6.4 Caractéristiques radioélectriques et ingénierie des radiocommunications

6.4.1 Densité d'abonnés

La densité d'abonnés est un facteur clé pour la planification de la mise en place d'un système d'accès hertzien, étant entendu que cette densité se rapporte aux «abonnés» du système et non pas simplement à la «population» dans la région. D'une grande importance pour le concept de densité est la répartition de l'exigence de service, qu'elle soit à peu près uniformément étalée sur la zone à desservir ou, comme c'est plus typiquement le cas, qu'elle se situe aux endroits où les abonnés sont regroupés.

La croissance de la base d'abonnés doit aussi être prise en considération, puisque ce ne sont pas tous les abonnés potentiels qui souscriront initialement au service. L'expérience indique que la base d'abonnés augmentera dans le temps, et qu'il y a lieu de reconnaître la difficulté inhérente que présente la prévision de l'endroit et du moment où cela se fera.

En fait, l'information concernant la densité d'abonnés peut avoir des répercussions importantes sur le choix du système, puisque certains types de système répondent au regroupement d'abonnés de façon plus rentable, et que d'autres conviennent mieux pour desservir des abonnés isolés, plus largement répartis.

6.4.2 Zone de couverture

La sélection et la définition de la zone de couverture prévue est un sujet important de la planification de la mise en place d'un système d'accès hertzien. Trois facteurs jouent un rôle clé dans ce domaine, et ces facteurs s'influencent mutuellement et interagissent les uns avec les autres. Ce sont:

- L'emplacement et la répartition de la base prévue d'abonnés/de clients.
- La possibilité, en pratique, pour le système envisagé, d'assurer cette couverture, en tenant compte de la topographie et des distances dans la zone à desservir.
- La possibilité d'étendre la zone de couverture et la base de clients, de manière progressive et économique, quand c'est approprié de le faire d'un point de vue commercial.

Ces trois facteurs sont interactifs et s'influencent les uns les autres. Il en résulte que le processus de prise de décision concernant la zone de couverture sera, par nécessité, itératif, pour parvenir progressivement à la solution optimale.

6.4.3 Planification des cellules

La planification des cellules de la zone de couverture prévue et future est une question fondamentale de technique des radiocommunications dans la planification de la mise en place d'un système d'accès hertzien. Un niveau élevé d'expertise et d'expérience en matière de technique des radiocommunications est nécessaire dans ce domaine. La planification des cellules doit considérer la zone complète à desservir, même si les exigences de couverture ne sont pas continues. Ce serait le cas si le service était fourni à des villages spécifiques distincts, répartis dans une zone rurale.

Plusieurs plans fondamentaux de cellules sont possibles. La sélection de la meilleure solution dépend de tous les facteurs indiqués dans la présente section. Une fois que le plan des cellules a été

choisi et mis en œuvre, il est relativement fixe. Les changements futurs provoqueront des perturbations importantes. Un réseau bien planifié fournira la souplesse appropriée qui minimisera les perturbations et les dépenses. Des renseignements plus détaillés sur la planification des cellules se trouvent au § 8 de l'Annexe 3.

6.4.4 Aspects de propagation radioélectrique

Ce domaine touche les aspects tout à fait fondamentaux de la technique des radiocommunications. Une brève discussion de certains de ces aspects importants suit. Des renseignements plus détaillés se trouvent à l'Annexe 3.

Un aspect fondamental de la propagation radioélectrique consiste à savoir s'il y a visibilité directe entre les antennes de l'émetteur et du récepteur. S'il y a visibilité directe, un service de bonne qualité peut être assuré, en utilisant des puissances plus faibles sur de grandes distances. Toutefois, si la visibilité directe ne peut pas être assurée, comme c'est typiquement le cas dans les applications qui permettent la mobilité, la portée assurée sera réduite et une puissance plus élevée sera nécessaire.

D'autres facteurs qui influencent la propagation radioélectrique comprennent la topographie, par exemple un trajet au-dessus d'une vaste zone plane, comme une étendue d'eau ou une plaine. Les conditions météorologiques, comme la pluie, influencent le signal radioélectrique. Ces effets varient de manière importante selon les fréquences. Les répercussions défavorables peuvent être grandement réduites par l'utilisation des techniques de diversité, comme la diversité d'espace et/ou la diversité de fréquence, mais ces mesures sont à la fois complexes et coûteuses.

Un autre aspect qui dépend de la fréquence est l'occultation, soit le degré selon lequel le signal est affaibli ou bloqué par des collines et dans des vallées, ainsi que par les bâtiments, les arbres et les forêts qui s'interposent dans le trajet. Un autre aspect est l'effet d'écran qui se produit à l'intérieur des bâtiments à charpente en acier, notamment dans les garages de stationnement et les centres commerciaux.

Les caractéristiques de la propagation radioélectrique dépendent de la bande de fréquences sélectionnée, de la topographie et de l'environnement naturel, des conditions climatiques et des obstacles se trouvant sur le trajet radioélectrique ou à proximité. Le spectre disponible pour un service donné dépend des attributions de spectre et de la gestion du spectre par l'administration. Tous ces facteurs influencent la sélection d'une bande de fréquence appropriée.

6.5 Résumé

Pour planifier au mieux la mise en place des systèmes d'accès hertzien, il est nécessaire d'avoir des connaissances approfondies dans trois domaines distincts.

Il s'agit des domaines suivants:

- Plan d'entreprise et base prévue d'abonnés/de clients.
- Connaissance approfondie des conditions démographiques et topographiques de la zone où le service doit être fourni/mis en place.
- Connaissance, expérience et compétences détaillées en matière de technique des radiocommunications.

Ces domaines d'information requise mettent en œuvre trois ensembles très différents de compétences et de connaissances. Presque invariablement, l'accès à l'information et à l'expertise nécessaires exigera le recours à au moins trois personnes différentes. Il est important que ces personnes travaillent ensemble, de manière efficace, afin que l'information, les connaissances et l'expérience que chacune d'elle apporte se complètent, afin d'arriver à la solution la plus fructueuse.

De par sa nature, le processus de planification de la mise en place est une activité interactive et itérative. Il est nécessaire et approprié de travailler progressivement sur plusieurs solutions provisoires, chacune d'elles apportant une amélioration au résultat final, jusqu'à ce que la solution optimale soit atteinte et fasse l'objet d'un accord.

Il convient de reconnaître que l'information fournie dans le présent Chapitre n'est pas définitive. Elle ouvre la voie à la planification efficace et fructueuse de la mise en place de systèmes d'accès hertzien, mais chacun des domaines considérés ci-dessus constitue en lui-même un domaine principal de connaissances et d'expertise.

CHAPITRE 7

APERÇU GÉNÉRAL DES SYSTÈMES D'AHF

Les systèmes d'accès hertzien disponibles peuvent être décrits selon les groupements et catégories qui suivent. Une description plus détaillée de chaque catégorie de système est donnée dans les Annexes 4 et 5.

Les systèmes d'accès hertzien peuvent se fonder sur des normes de système mobile numérique existant et en émergence, comme ceux que décrivent les Recommandations de l'UIT-R qui suivent, et leurs futures mises à jour:

Recommandation UIT-R M.622	«Caractéristiques techniques et d'exploitation de systèmes cellulaires analogiques pour le service téléphonique public mobile terrestre»
Recommandation UIT-R M.1073	«Systèmes mobiles terrestres cellulaires numériques de télécommunication»
Recommandation UIT-R M.1033	«Caractéristiques techniques et d'exploitation des téléphones sans cordon et des systèmes de télécommunication sans cordon»

Ces systèmes sont résumés à la section 7.1 et décrits de manière plus détaillée à l'Annexe 4.

D'autres systèmes d'accès hertzien peuvent se fonder sur des technologies radioélectriques exclusives. Ils sont résumés à la section 7.2 et décrits plus en détail à l'Annexe 5.

7.1 Systèmes se fondant sur des normes existantes relatives aux interfaces radioélectriques

Analogique	AMPS, TACS, NMT
Cellulaire numérique	D-AMPS/TDMA, IS-95 CDMA, GSM,
Sans cordon	DECT, PHS

7.1.1 Systèmes AHF D-AMPS (AMRT)

Les systèmes d'AHF D-AMPS (AMRT) sont conformes à la norme IS-54. Actuellement utilisés sur quatre continents, les systèmes D-AMPS (AMRT) fonctionnent en mode numérique ou analogique dans les bandes de fréquences de 800 MHz ou 400 MHz. Ces systèmes donnent une gamme souple de caractéristiques d'abonné et de conception de terminaux. Trois utilisateurs peuvent utiliser simultanément une voie radioélectrique.

7.1.2 Systèmes d'accès hertzien AMRC à la norme IS-95

Les systèmes d'accès hertzien AMRC à la norme IS-95 utilisent la technique d'étalement du spectre AMRC pour fournir des services de transmission de la voix et de données de grande qualité aux abonnés. L'interface radioélectrique AMRC IS-95 fonctionne dans les gammes de fréquences de 800 MHz et 1900 MHz, et permettent à l'exploitant de fournir des services multiples à l'abonné, tout en utilisant de manière efficace le spectre radioélectrique.

7.1.3 Systèmes d'accès hertzien GSM

Les systèmes d'accès hertzien GSM permettent aux exploitants de fournir des services de transmission de la voix, de données et de messages à leurs abonnés grâce à la technologie numérique GSM dans les bandes 900 MHz, 1 800 MHz et 1 900 MHz.

7.1.4 AHF PHS

Le système AHF Personal HandyPhone System (PHS) est conçu pour les installations d'accès hertzien RTPC/RNIS utilisant la norme d'interface radioélectrique PHS. L'interface radioélectrique PHS (exploitée dans la bande de fréquences 1 900 MHz) est définie dans la norme RCR STD-28 et décrite dans la Recommandation UIT-R M.1033.

7.1.5 Systèmes d'accès hertzien NMT

Le système d'accès hertzien Nordic Mobile Telephone (NMT) a été le premier système de téléphone cellulaire analogique à passer en exploitation commerciale en 1981. La norme NMT a été définie en collaboration entre les exploitants de télécommunications publiques des pays nordiques (Danemark, Finlande, Norvège et Suède). Les réseaux dans ces quatre pays ont été mis en exploitation commerciale vers la fin de 1981. Le premier réseau NMT utilisait des fréquences radioélectriques dans la bande 450 MHz (d'où son appellation NMT 450) et ultérieurement a également utilisé des fréquences de la bande 900 MHz (d'où le nom NMT 900), pour des raisons de capacité, puisque davantage de voies radioélectriques étaient disponibles dans cette bande. Récemment, la norme initiale NMT 450 a été révisée et améliorée, pour devenir la norme NMT 450i, qui permet beaucoup d'autres fonctions et capacités dans cette bande de fréquences.

7.1.6 Systèmes d'accès hertzien DECT

Un système de télécommunications sans cordon amélioré numérique (DECT, *digital enhanced cordless telecommunications system*) utilise une combinaison d'accès multiple à répartition dans le temps (AMRT) et de duplex à répartition dans le temps (DRT). La norme DECT est définie pour la gamme de fréquences 1 880-1 939 MHz. Cette norme a été utilisée pour certaines applications particulières d'AHF, dont le service téléphonique ordinaire (voix, modem de données en bande vocale, etc.) et la transmission de données par paquets à des débits allant jusqu'à 552 kbit/s.

7.1.7 Systèmes d'accès hertzien AMPS

Les systèmes d'accès hertzien AMPS sont conformes à la norme EIA/TIA 553 et sont actuellement utilisés sur quatre continents. Ces systèmes fonctionnent seulement dans le mode analogique à la fois dans les gammes de fréquences de 400 MHz et de 800 MHz. Leurs fonctions sont généralement limitées au service téléphonique de base et au service de télécopie/données dans la bande, une voie RF supportant une voie de trafic.

7.1.8 Systèmes d'accès hertzien TACS

Les systèmes d'accès hertzien TACS sont conformes à la spécification du système de communication d'accès total du Royaume-Uni (*United Kingdom Total Access Communications System*), 4^e édition. Actuellement utilisés sur quatre continents, ces systèmes sont exploités seulement dans le mode analogique, à la fois dans les bandes de fréquences de 800 et de 900 MHz. Leurs fonctions sont généralement limitées au service téléphonique de base et aux services de télécopie/données dans la bande. Une voie RF supporte une voie de trafic. La principale distinction entre les systèmes AMPS et TACS est que les systèmes AMPS utilisent des voies de 30 kHz, tandis que les systèmes TACS utilisent des voies de 25 kHz. Par conséquent, les systèmes TACS auront une capacité supérieure dans une bande de largeur donnée.

7.2 Systèmes se fondant sur des technologies d'interfaces radioélectriques exclusives

7.2.1 Système d'AHF Internet de Nortel Networks

Le système d'AHF Internet de Nortel Networks a été conçu comme une solution de rechange aux lignes téléphoniques classiques. Ce système offre des services de transmission de la voix et de données de haute qualité et assure la transparence des services à partir d'un commutateur de classe 5. La station de base radioélectrique se raccorde à un commutateur Nortel Networks ou à un commutateur d'un tiers émulant un central local ou un concentrateur éloigné, utilisant une infrastructure de support standard de réseau. Le système fonctionne dans la bande de fréquences des 3,5 GHz, conformément au projet de norme européenne EN 301 021, 1997 de l'ETSI.

7.2.2 Sous-système d'accès hertzien SR500-s de SR Telecom

Le sous-système d'accès hertzien du système point-multipoint SR500-s de SR Telecom fait le pont entre le central et les locaux de l'abonné, en réalisant le concept de la «liaison radioélectrique directe pour particuliers» (RTTH, *Radio To The Home*). L'accès hertzien remplace la dernière partie de l'accès local, c'est-à-dire la ligne d'abonné jusqu'à l'habitation, par une liaison radioélectrique. Le sous-système d'accès hertzien offre un service transparent, fixe, équivalent au service d'un système filaire sur un trajet de 5 km occulté, par l'intermédiaire d'une interface radioélectrique AMRT.

7.2.3 Système d'accès hertzien IRT de TRT/Lucent Technologies

Le système d'accès hertzien IRT exclusif de TRT/Lucent Technologies est un système numérique fixe AMRT point-multipoint, fonctionnant dans les bandes de fréquences des 1,4 GHz, des 2,4/2,6 GHz ou des 3,5 GHz, selon les arrangements de voies définis par les Recommandations de l'UIT-R. Il fournit la connexion entre le central et le point terminal de l'abonné. La liaison hertzienne entre la dernière station éloignée et les locaux de l'abonné («le dernier kilomètre») se fonde sur la technologie DECT. Ce système numérique transparent de bout en bout donne aux exploitants la possibilité d'obtenir tous les avantages de la technologie radioélectrique, quelles que soient les caractéristiques de l'architecture du réseau. En outre, une mobilité limitée est offerte aux abonnés.

7.3 Systèmes AHLB

Les systèmes AHLB offrent généralement de multiples services d'accès numériques à haut débit s'appuyant sur une architecture radioélectrique point-multipoint. Fonctionnant dans diverses bandes de fréquences allant jusqu'à environ 70 GHz, ces systèmes assurent plus souvent des connexions multiples à débit primaire ainsi que des passerelles LAN vers des locaux occupés par une seule ou plusieurs entreprises. Il y a fusion de la voix, de la vidéo et des données sur le trajet hertzien, sous forme de cellules ATM ou de paquets IP, puis connexion transparente aux réseaux de commutation/routage ATM ou IP au niveau de la station de cellule. Les systèmes AHLB constituent une solution de remplacement compétitive comparativement aux installations filaires louées à débit primaire et à l'accès par câble coaxial.

Le Chapitre 8 traite de l'AHLB en général, l'Annexe 6 de la mise en place de systèmes AHLB, tandis que l'Annexe 7 décrit un certain nombre de systèmes particuliers.

NOTE – «Proximity», «Reunion» et «DMS» sont des marques commerciales de Nortel Networks, «SR500» de SR Telecom et «IRT» de TRT/Lucent.

CHAPITRE 8

ACCÈS HERTZIEN LARGE BANDE

L'AHLB est né de plusieurs évolutions parallèles, notamment les suivantes:

- l'augmentation de la demande des abonnés pour une gamme de services toujours plus diversifiée à des prix toujours plus bas et des débits de données toujours plus élevés;
- la mise en place d'infrastructures urbaines en fibres optiques qui a permis à de gros abonnés potentiels d'avoir accès au transport large bande grâce à une simple liaison en ondes millimétriques à un seul bond;
- la déréglementation qui encourage la concurrence dans le domaine de l'accès local;
- l'existence sur le marché de systèmes AHLB très performants présentant un bon rapport qualité/prix.

Les premières applications AHLB remontent aux années 80, les applications à grande échelle ayant débuté à la fin des années 90 aux Etats-Unis d'Amérique. L'AHLB a été stimulé par la Loi sur les télécommunications de 1996 qui a ouvert l'accès local à la concurrence, par la disponibilité de la bande de fréquences 38,6-40 GHz pour une utilisation exclusive par le service fixe ainsi que par la disponibilité de la bande du service de distribution multipoint local (LMDS, *local multipoint distribution service*) dans la gamme des 24, 26 et 28 GHz et par l'existence d'applications de communication évoluées, notamment le service de distribution multipoint multicanal (MMDS, *multipoint distribution service*) bidirectionnel large bande dans la bande des 2,5-2,7 GHz.

Les sections 8.1 à 8.8 complètent les Chapitres 2 à 7 génériques par les précisions sur le BWA.

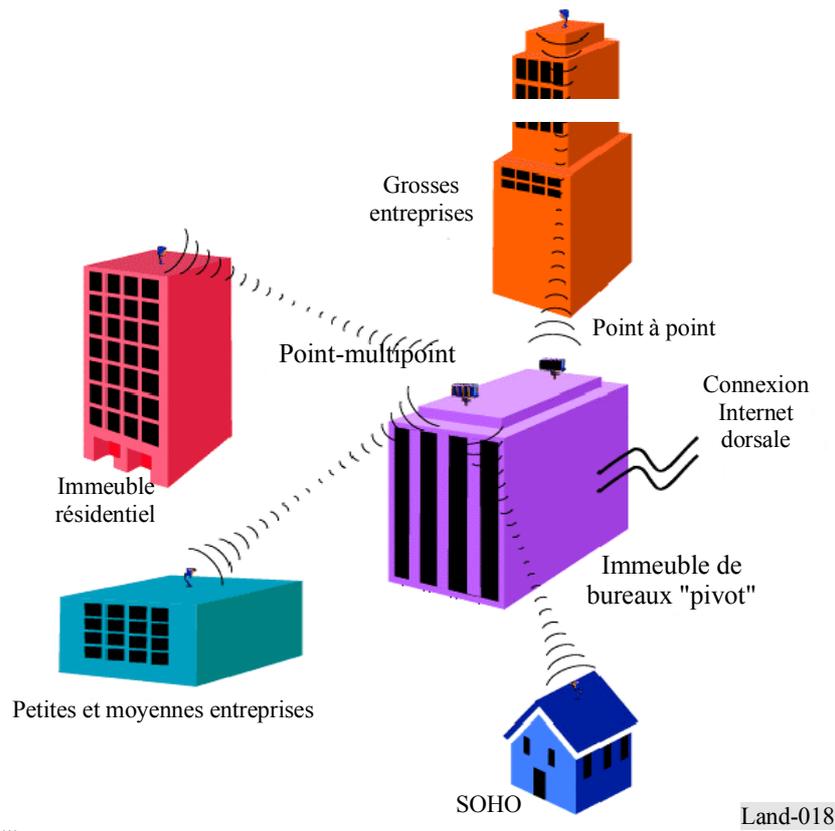
8.1 Besoins en matière d'accès

L'AHLB répond à des besoins très divers pour lesquels l'accès par fibre optique est à l'heure actuelle une autre solution. D'autres fournisseurs d'accès large bande sont aujourd'hui en concurrence dans certaines zones de services mais demain ils seront de plus en plus en concurrence également avec les fournisseurs d'accès par fibres optiques ou autres.

La Fig. 18 est une illustration théorique d'une gamme d'applications existantes ou potentielles d'applications AHLB de systèmes point à point et point-multipoint.

De multiples systèmes AHLB fonctionnent dans les bandes des 24, 26, 28 et 38 GHz desservant des entreprises et d'autres abonnés dont les besoins en matière d'accès sont divers: fraction ou totalité du débit primaire, soit 1,544 Mbit/s ou 2,048 Mbit/s, débit STM-1 de 155,52 Mbit/s. Des systèmes acceptant des débits de données allant jusqu'à 622,08 Mbit/s sont en cours d'élaboration.

FIGURE 18
Illustration théorique de l'AHLB



Des systèmes AHLB, avec les mêmes exigences en matière d'accès, commencent à être exploités dans plusieurs bandes de fréquences allant de 2,4 GHz à 31,3 GHz et le seront demain dans la bande 40,5-43,5 GHz. Le terme générique le plus couramment utilisé pour cette grande catégorie d'AHLB est le système de distribution multipoint local (LMDS), terme qui a été créé lorsqu'un fournisseur d'accès hertzien concurrent de la télévision par câble a fait une première proposition pour la bande des 28 GHz. Plus la planification avançait, plus il est devenu clair que le trafic de télécommunication en croissance rapide, notamment le trafic Internet offrait des créneaux commerciaux plus porteurs pour l'AHLB que la distribution vidéo et que toutes les bandes de fréquences disponibles entre 24,25 et 31,3 GHz pouvaient être utilisées pour le même nouveau type de service. L'évolution des systèmes LMDS a suivi celle des systèmes de distribution multipoint multicanaux (MMDS) dans la bande 2,5-2,7 GHz, depuis la distribution vidéo jusqu'aux applications AHLB numériques. De la même manière, la bande 40,5-43,5 GHz visait au départ les systèmes de distribution vidéo multipoint (MVDS, *multipoint video distribution system*) et plus tard pour les systèmes hertziens multimédias qui comprennent les systèmes MVDS.

Les sections 8.5 et 8.8 ainsi que l'Annexe 6 apportent d'autres précisions sur les besoins en matière d'accès.

8.2 Utilisation du spectre

La fourniture d'un AHLB compétitif à tous les abonnés potentiels dans une zone de service donnée dépend de la quantité de spectre disponible. Etant donné que les entreprises et les autres abonnés qui ont besoin d'un accès à un débit égal ou supérieur au débit binaire sont pour la plupart concentrés dans les zones urbaines, les zones industrielles et les campus universitaires, il faut pour desservir des densités aussi élevées d'abonnés disposer d'une quantité de spectre de l'ordre de plusieurs centaines de MHz à plus d'un GHz dans une bande de fréquences qui soit adaptée à des liaisons dont la longueur peut aller jusqu'à quelques kilomètres. Ces besoins en matière d'AHLB peuvent être satisfaits avec les systèmes HDFS (§ 1.2.2) dans les bandes de fréquences au-dessus de 17 GHz environ.

La Recommandation UIT-R F.1401 (Bandes de fréquences utilisables par les systèmes d'accès hertzien fixe et méthodologie d'identification de ces bandes) indique que les applications AHLB peuvent aller jusqu'à environ 70 GHz. La limite supérieure sera probablement de plus en plus élevée avec le progrès technologique. La même Recommandation donne une méthode progressive d'identification de bandes de fréquences appropriées pour la mise en œuvre des systèmes d'AHF. Dans cette méthode, les considérations touchant au partage des fréquences ont une grande incidence sur le choix des bandes de fréquences pour les applications d'AHLB car la plupart des bandes de fréquences envisageables sont attribuées à plusieurs services à titre coprimaire. Voir Annexe 6.

Etant donné que les systèmes HDFS mis en place pour l'AHLB ont généralement une architecture cellulaire, il est préférable d'utiliser des assignations par blocs de fréquences (zone par zone) plutôt que des assignations classiques de canaux de fréquences liaison par liaison, ce qui permet d'avoir la souplesse nécessaire et de mettre en place les systèmes en fonction de la demande d'abonné et facilite l'optimisation de la réutilisation des fréquences, élément clé pour les applications HDFS.

8.3 Objectifs de qualité et de disponibilité

La Recommandation UIT-R F.1400 (Caractéristiques et objectifs de qualité et de disponibilité applicables à l'accès hertzien fixe au réseau téléphonique public avec commutation) couvre les systèmes d'AHLB relevant de la catégorie des systèmes d'accès hertzien fixe de «type 3» (fonctionnant à un débit primaire égal ou supérieur) et préconise que ces systèmes soient conformes à la Recommandation UIT-R F.1189 en ce qui concerne les sections de réseau d'accès.

La Recommandation UIT-R F.1189-1 (Objectifs de qualité en matière d'erreur pour les conduits numériques à débit binaire constant égal ou supérieur au débit primaire utilisant des faisceaux hertziens numériques pouvant constituer tout ou partie du tronçon national d'un conduit fictif de référence de 27 500 km) donne la latitude nécessaire pour fixer les objectifs de qualité en fonction des contraintes liées aux différentes applications, lesquelles dépendent du segment du marché AHLB desservi. Par exemple, un LMDS à 28 GHz desservant des abonnés à la télévision analogique doit respecter des objectifs moins stricts qu'un système LMDS desservant des abonnés d'affaires utilisant l'accès BWA numérique en lieu et place de l'accès par fibre optique multimédia qui n'est pas encore un concurrent viable.

La Recommandation UIT-R F.1400 précise que pour les systèmes d'AHF de type 3, les objectifs de disponibilité restent à définir. Toutefois, pour les systèmes d'AHF de type 1 (transmission de signaux analogiques tels que des signaux vocaux ou de données dans la bande vocale à un débit pouvant aller jusqu'à 64 kbit/s) et de type 2 (service support de l'accès dont le débit est compris entre 64 kbit/s et une valeur inférieure au débit primaire), les objectifs de disponibilité recommandés sont de 99,99% pour les applications de qualité moyenne et de 99,999% pour les applications de haute qualité. Aucune autre Recommandation de l'UIT-R sur la disponibilité ne traite des systèmes AHLB mais la plupart des fournisseurs de services AHLB et des planificateurs parlent eux aussi d'objectifs de disponibilité compris entre 99,99% et 99,999%.

Il est intéressant de noter que la tendance à fixer des objectifs de qualité et de disponibilité de plus en plus contraignants (par exemple, 99,9999% de disponibilité) se poursuit car avec le progrès technologique il est possible d'atteindre ces objectifs dans de bonnes conditions de rentabilité. On a tendance à fixer pour les systèmes AHLB des objectifs de qualité comparables à ceux des systèmes hertziens en fibre optique, ce qui sera une nécessité lorsque l'accès en fibre optique sera disponible à coût compétitif.

Plus de précisions sur les objectifs de qualité et de disponibilité sont données au § 8.8 et dans l'Annexe 6.

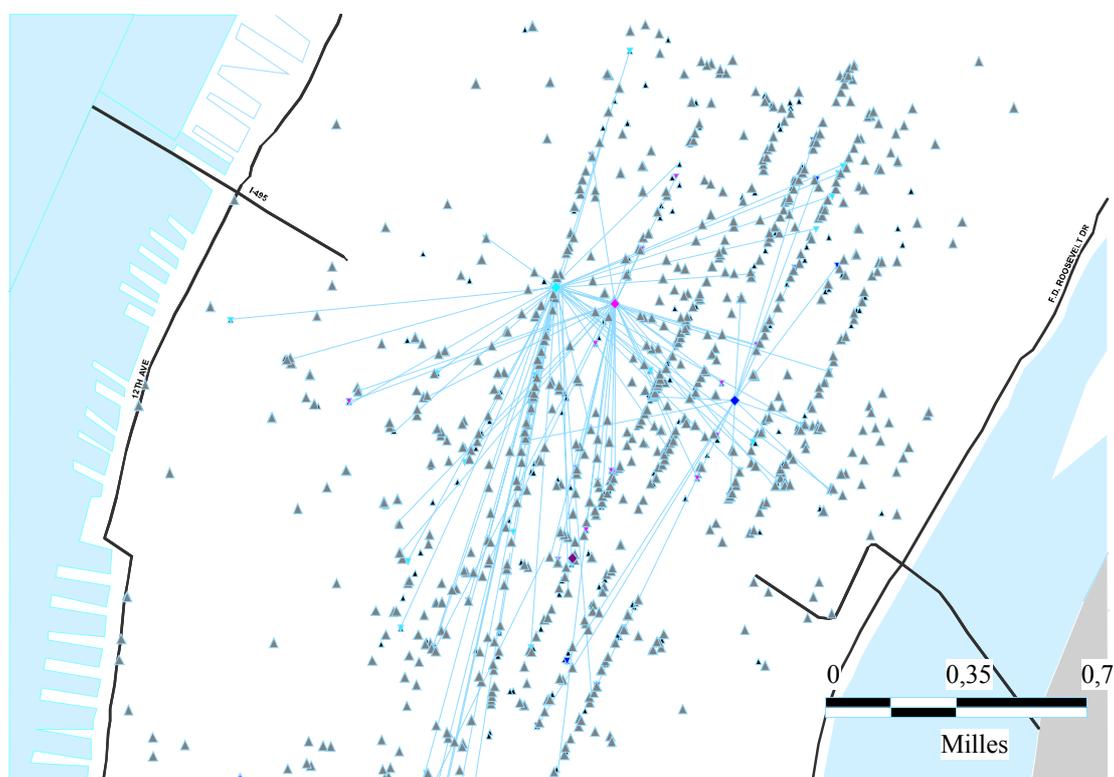
8.4 Conditions de propagation

L'affaiblissement par la pluie est le principal facteur de dégradation de la propagation aux fréquences supérieures à 17 GHz environ. Il est estimé en fonction de l'intensité de pluie pour l'objectif de disponibilité considéré. La méthode applicable est décrite dans les Recommandations UIT-R P.530, UIT-R P.838 et UIT-R P.1410 et utilise les statistiques de la Recommandation UIT-R P.837. Voir également l'Annexe 6. La Recommandation UIT-R P.1410 décrit les données de propagation et les méthodes de prévision de la propagation à utiliser pour la conception des systèmes AHLB de terre fonctionnant entre environ 20 et 50 GHz.

8.5 Architectures AHLB

Le choix de l'architecture AHLB est dicté par les besoins de service. Les liaisons point à point permettent de satisfaire une très grande variété de besoins: mise en place d'un petit nombre de systèmes – cas de certains pays en développement – ou d'un plus grand nombre dans des zones métropolitaines très développées.

FIGURE 19
Systèmes BWA effectivement mis en place et autres sites d'abonnés potentiels



La Fig. 19 illustre la phase initiale de mise en place effective d'un grand nombre de systèmes AHLB, de systèmes point à point en configurations pivots, seule architecture possible lorsque les premiers systèmes AHLB ont été mis en place car les seuls disponibles alors sur le marché étaient les systèmes point à point. Le principal avantage de cette architecture, quel que soit le nombre de systèmes déployés, est sa souplesse qui permet de s'adapter à la demande du marché.

L'introduction ultérieure de systèmes point-multipoint dans des configurations point à point a encore fait augmenter la souplesse de déploiement des systèmes AHLB dans les applications HDFS. L'utilisation de systèmes point-multipoint fait baisser le coût de mise en place par abonné car le coût d'une station pivot commune utilisée à sa capacité limite ou presque (par exemple, plusieurs centaines d'abonnés) est bien inférieur à celui d'une station pivot comprenant le nombre équivalent de terminaux point à point.

Les nouveaux systèmes point-multipoint fonctionnant dans les bandes de fréquences au-dessus de 20 GHz utilisent essentiellement la même architecture que les systèmes point-multipoint à faible trafic fonctionnant dans les bandes des 1,5 et des 2,5 GHz dont les premiers ont été implantés au début des années 80 dans les zones rurales de nombreux pays en développement et dans quelques pays développés. Certains de ces derniers pays, ont déjà utilisé des systèmes point-multipoint pour réaliser des réseaux numériques de recouvrement à faible trafic dans des zones métropolitaines dont l'infrastructure pour l'accès local était insuffisante. Les réseaux AHLB sont actuellement exploités dans la bande des 2,5 GHz dans de nombreux pays.

Les systèmes multipoint-multipoint actuellement en cours d'élaboration, qui utilisent une topologie maillée, permettront d'accroître encore la souplesse de déploiement et la polyvalence des applications AHLB.

8.6 Mises en œuvre techniques

La Recommandation UIT-R F.1101 (Caractéristiques des faisceaux hertziens numériques fonctionnant à des fréquences inférieures à 17 GHz environ) compare les techniques de modulation et de codage de base utilisées dans les systèmes AHLB alors que la Recommandation complémentaire UIT-R F.1102 (Caractéristiques des faisceaux hertziens fonctionnant dans les bandes de fréquences supérieures à 17 GHz environ) aborde d'autres aspects techniques des systèmes point à point intéressant les applications AHLB. La Recommandation UIT-R F.755-2 (Systèmes point-multipoint utilisés dans le service fixe) couvre divers systèmes point-multipoint destinés à fonctionner dans les différentes bandes attribuées au service fixe jusqu'à environ 32 GHz à des débits de données pouvant aller jusqu'à 8,192 Mbit/s.

Les mises en œuvre techniques des systèmes point à point et point-multipoint disponibles sur le marché pour les applications AHLB ont évolué passant de la modulation simple (MDPQ) à des techniques plus complexes (MAQ-64) qui améliorent considérablement l'efficacité spectrale. On utilise des techniques de codage puissantes pour améliorer les caractéristiques d'erreur. Des précisions sont données au § 8.8 et dans l'Annexe 6.

Avec les progrès réalisés dans les semi-conducteurs et l'intégration des circuits les nouvelles générations d'équipements radioélectriques se sont beaucoup améliorées: meilleure qualité de transmission, consommation d'énergie primaire moindre, plus grande fiabilité, réduction du poids et de l'encombrement, plus grande facilité d'installation et de maintenance. Ces avantages ont fait baisser les coûts de sorte que les systèmes AHLB sont de plus en plus compétitifs.

8.7 Planification des réseaux

Les considérations relatives à la planification des réseaux AHLB peuvent être subdivisées en deux grandes catégories: celles fonction de l'emplacement et celles d'application générale.

Les principales considérations fonction de l'emplacement sont notamment les suivantes:

- le parc d'abonnés potentiels;
- la disponibilité de spectre;
- la topographie et les structures artificielles;
- les droits d'accès aux bâtiments;
- la disponibilité d'une infrastructure locale en fibres optiques;
- les conditions de propagation.

Si l'évaluation du parc d'abonnés potentiels justifie la planification d'un service AHLB local et si suffisamment de spectre est disponible dans la future zone de service, le facteur alors déterminant est l'accès au bâtiment pour l'installation des stations pivots et des stations d'abonné. L'accès aux bâtiments est le «droit de servitude» du service AHLB.

L'existence d'une infrastructure locale en fibres optiques est souhaitable mais pas indispensable car on peut déployer à la place une infrastructure de liaisons hertziennes avec un acheminement mieux adapté au parc d'abonnés potentiels. Toutefois si l'on dispose d'une infrastructure locale de liaisons en fibres optiques, sa configuration d'acheminement conditionne le choix de l'emplacement des stations pivots. L'élargissement d'une infrastructure de liaisons en fibres optiques avec des liaisons hertziennes est un moyen pratique d'optimiser les réseaux AHLB en termes d'amélioration de la couverture des abonnés et de réduction du coût d'installation.

Les considérations relatives à la planification des réseaux AHLB d'application générale sont notamment les suivantes:

- objectifs de qualité et de disponibilité;
- nécessité d'une réutilisation optimale des fréquences;
- disponibilité sur le marché des équipements;
- rentabilité et compétitivité.

Le § 8.3 met l'accent sur la latitude dont jouit le fournisseur de services AHLB pour fixer les objectifs de qualité et de disponibilité ainsi que sur le fait qu'il s'agit essentiellement d'une question de compétitivité. Le § 8.8 et l'Annexe 6 donnent quelques précisions.

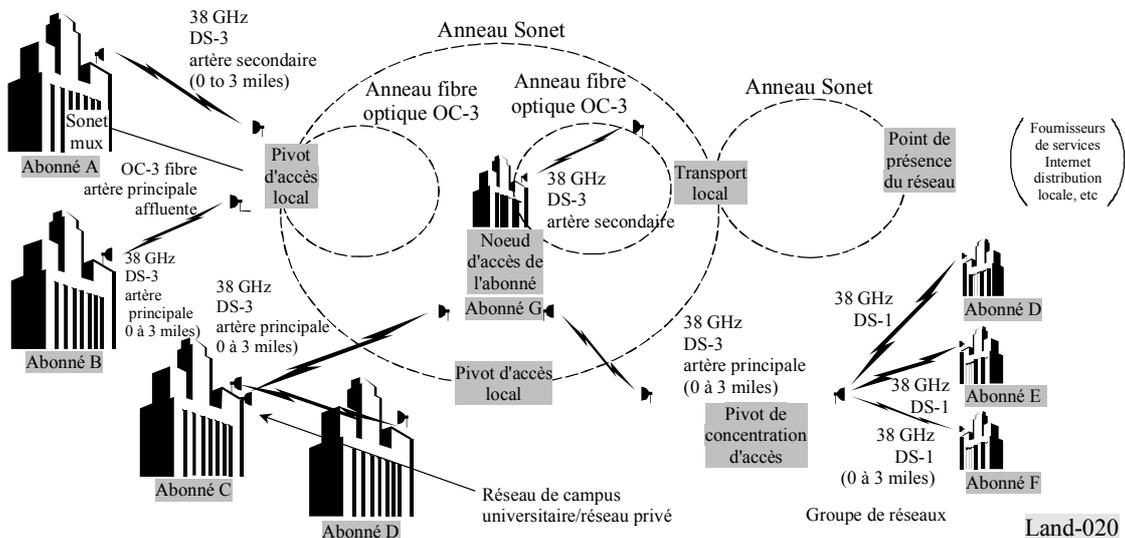
La nécessité d'une réutilisation optimale des fréquences vaut pour tous les systèmes cellulaires. Toutefois, par rapport aux systèmes cellulaires du service mobile, la réutilisation des fréquences pour des systèmes cellulaires AHLB est encore plus libre. Les systèmes AHLB dépendent non seulement de la réutilisation intercellulaire des fréquences basée sur la séparation des emplacements mais aussi sur une importante réutilisation intracellulaires des fréquences basée sur l'utilisation conjuguée de l'espacement angulaire et de l'espacement des emplacements.

De plus en plus d'équipements pour les applications AHLB sont disponibles sur le marché, avec la multiplication des services, ce qui élargit la gamme des solutions possibles qui s'offrent aux planificateurs de réseaux AHLB pour satisfaire la demande des abonnés de plus en plus importante et variée.

8.8 Aperçu des systèmes AHLB

FIGURE 20

Mise en place de systèmes AHLB en zone métropolitaine point-multipoint représentative



La Fig. 20 illustre un exemple de mise en place de systèmes AHLB multimédias se composant d'une infrastructure en anneau de fibres optiques et de stations pivots point-multipoint superposées avec des commutateurs ATM associés qui ont accès à des groupes de stations d'abonnés par l'intermédiaire d'antennes sectorielles. Les variations possibles qui ne sont pas indiquées dans la Fig. 20 sont les suivantes: utilisation en remplacement ou en supplément de liaisons d'abonné point à point éventuellement en configurations pivots et de liaisons point à point hertziennes dans l'infrastructure AHLB.

Par rapport aux systèmes d'AHF classiques destinés à fonctionner dans les bandes de fréquences inférieures et qui comprennent un certain nombre de systèmes basés sur les normes en vigueur concernant l'interface radioélectrique pour l'accès hertzien mobile (AHM) (voir Chapitre 7), les systèmes AHLB existants ou en cours d'élaboration, point-multipoint ou point à point utilisent tous des techniques d'interfaces radioélectriques «exclusives» comme cela est la règle pour les systèmes en ondes millimétriques et les systèmes hertziens classiques. Des exemples de systèmes AHLB de ce type sont décrits dans l'Annexe 7.

Toutefois, stimulés par les avantages qu'offrent les interfaces radioélectriques normalisées utilisées dans les systèmes AHM ou AHF existants, les fournisseurs de services et de systèmes intéressés ont entrepris de normaliser les interfaces radioélectriques pour les systèmes point-multipoint fonctionnant dans toutes les bandes du service fixe actuellement utilisées ou qu'il est prévu d'utiliser pour les applications AHLB. Les interfaces radioélectriques pour les systèmes point à point ne sont pas expressément incluses pour l'instant. Quels que soient les résultats, ces travaux de normalisation permettent de mieux comprendre les exigences associées aux systèmes AHLB et contribueront donc à l'évolution générale de la mise au point des systèmes et du déploiement des services.

La capacité maximum partagée des systèmes point-multipoint existants dans les bandes au-dessus de 20 GHz est de 45 Mbit/s. La norme IEEE 802.16 prévoit une capacité de crête de 155 Mbit/s et tend à une norme qui permettrait de définir des accroissements proportionnels au-delà de cette valeur. La limite supérieure pour les systèmes point à point existant dans certaines bandes entre 20 et 40 GHz est actuellement de 155 Mbit/s. Il est possible de la porter à 622 Mbit/s avec les systèmes point à point de la prochaine génération.

CHAPITRE 9

TECHNOLOGIES FUTURES POUR L'AHF

9.1 Tendances du marché et de l'industrie: convergence des services fixe, mobile et de radiodiffusion

9.1.1 Introduction

La demande de services de mobilité est aujourd'hui en augmentation pour satisfaire les besoins des abonnés au téléphone et de ceux qui utilisent des ordinateurs portables et demandent un accès hertzien pour le courrier électronique et le web. Selon les estimations, le volume de trafic téléphonique qui sera acheminé sur des mobiles est de 50%, voire plus. Ce trafic est souvent établi en fonction du temps avec une connexion fixe à une extrémité ou acheminé sur des réseaux (filaire ou non filaire) «fixes».

Les réseaux de radiodiffusion (de Terre et par satellite) évoluent passant de transmissions unidirectionnelles exclusives de programmes télévisuels ou radiophoniques à des communications interactives. Du fait de cette interactivité, les réseaux de radiodiffusion large bande sont aussi disponibles pour les transmissions de données par paquets, par exemple celles qui sont nécessaires pour les communications Internet.

L'avenir de l'AHF est prometteur. Plus le prix des systèmes cellulaires et d'autres systèmes d'accès hertzien se rapprochera de celui du réseau fixe, plus le trafic mobile va augmenter. Par ailleurs, les fournisseurs de services Internet (ISP, *Internet service providers*), dont la plupart utilisent l'infrastructure des réseaux «fixes», chercheront à offrir non seulement des communications de données mais aussi du trafic téléphonique à des prix très bas par rapport à ceux pratiqués par les opérateurs fixes et mobiles traditionnels.

9.1.2 Convergence

Par convergence dans le contexte des services de radiocommunication on entend le fait de regrouper les installations hétérogènes existantes en une seule et même plate-forme pouvant acheminer des services multimédias (voix, données et images) sur divers réseaux fixe, mobile ou de radiodiffusion transparent. Les distinctions entre service fixe, service mobile et service de radiodiffusion s'estompent et risquent de sembler bien arbitraires avec l'arrivée de nouvelles applications.

Cette convergence permet aux utilisateurs d'avoir accès à n'importe quelle infrastructure de réseau, ce qui peut être source d'économies.

La convergence peut aussi offrir de nouvelles possibilités pour:

- a) les nouveaux opérateurs qui arrivent sur le marché et qui n'ont pas de réseau, en raison des économies qu'ils pourront éventuellement faire en partageant les ressources et de la latitude dont ils disposeront pour utiliser les réseaux fixe, mobile ou de radiodiffusion;
- b) les nouveaux fournisseurs de services, par exemple les fournisseurs de services Internet et les opérateurs de réseaux virtuels (VNO, *virtual networks operators*). Il s'agit de compagnies offrant un accès direct aux téléphones mobiles de poche et au RTPC via leurs propres commutateurs et des plates-formes de réseaux Internet. Les services offerts sont notamment le courrier électronique ou un accès au web à un tarif forfaitaire pour l'abonné dans de nombreux pays et éventuellement des services de téléphonie, de télécopie et de données.

9.1.2.1 Convergence entre le service fixe et le service mobile

Par commodité, les utilisateurs voudront peut-être utiliser un seul et même numéro de téléphone pour leur terminal fixe et leur terminal mobile.

Plusieurs opérateurs de télécommunication en Europe (par exemple Deutsche Telecom, Tele Danmark et Telia) procèdent donc à des essais de nouvelles technologies de convergence fixe-mobile afin de conserver leur part du marché et d'accroître leurs recettes. Dans cette forme de convergence technologique on utilise en général un seul numéro d'abonné téléphonique pour accéder au réseau fixe et au réseau mobile et, dans certains cas, à des services de mobilité restreinte.

9.1.2.2 Convergence entre le service fixe et le service de radiodiffusion

Les réseaux de radiodiffusion large bande de première génération envisagés offriront toute une gamme de services au grand public, notamment des services de données et des services multimédias. Pour qu'il y ait interactivité et contrôle de l'accès, il faudra peut-être un canal retour permanent qui fournira une infrastructure de distribution asymétrique.

Demain, on aura peut-être besoin d'offrir des services multimédias sur des réseaux hétérogènes avec accès large bande. Les réseaux de radiodiffusion fixes et interactifs large bande, exploités dans différentes bandes de fréquences, pourront être configurés de façon à faciliter un accès et une distribution à la demande large bande avec des transmissions de données binaires symétriques ou asymétriques. On aura besoin de débits binaires variés (de quelques dizaines de bits/s à 10 Mbit/s, voire plus) pour satisfaire les besoins des usagers.

9.1.3 Régulateurs et opérateurs

Les régulateurs et les opérateurs cherchent à lever les obstacles freinant la compétitivité du marché des télécommunications. Par exemple, les administrations demandent aux opérateurs historiques d'ouvrir leurs réseaux locaux aux nouveaux opérateurs de réseaux. Selon toute vraisemblance, il sera aussi demandé aux opérateurs des réseaux mobiles d'assurer une interconnexion mobile avec les réseaux publics (RTPC ou RNIS).

Pour satisfaire les besoins des utilisateurs, les opérateurs doivent pouvoir offrir leurs services en toute transparence sur les réseaux fixe, mobile ou de radiodiffusion.

Etant donné que la proportion entre trafic fixe et trafic mobile varie, les fournisseurs de services devront peut-être trouver des solutions et des services novateurs pour conserver leur part de marché et accroître leurs recettes.

9.1.4 Applications de l'AHF

A l'origine, les systèmes d'AHF étaient conçus comme des systèmes radioélectriques pouvant remplacer les lignes d'accès filaires en raison des avantages qu'ils offraient pour ce qui est du coût et du délai d'installation. Les systèmes AHF sont assimilés à la connexion hertzienne entre l'utilisateur final et les réseaux principaux, par exemple, le RTPC, qui non seulement prend en charge intégralement les services filaires, mais peut aussi fournir aux utilisateurs finals des services génériques en toute transparence.

L'AHF assure tous les services RNIS et autres services de données grande vitesse, en particulier les fonctions du réseau de gestion des télécommunications (RGT) ainsi que l'accès aux services Internet et aux services vidéo.

L'intégration et la souplesse offertes par l'AHF, en particulier l'accès large bande, en font la principale application pour la convergence. La convergence des réseaux fixe, mobile et de radiodiffusion pourrait commencer avec les nouvelles applications AHF, par exemple les systèmes haute densité du service fixe.

9.2 Evolution technologique

Les systèmes deviennent de plus en plus complexes, avec les avantages qui en découlent mais, contrairement aux attentes, les prix n'ont pas augmenté en raison de l'innovation technologique et des plus grandes économies d'échelle: dans de nombreux cas, en effet, grâce aux progrès réalisés dans le domaine des systèmes mobiles cellulaires résultant de la croissance rapide de ces gros marchés, les avantages au niveau des coûts et de la qualité ont été importants.

Des progrès technologiques sont attendus dans les domaines suivants pendant la prochaine décennie:

- Architectures multipoint. La plupart des systèmes AHF sont configurés comme des systèmes point-multipoint. Demain, certains de ces systèmes seront peut-être dotés d'une architecture multipoint-multipoint. Quelques systèmes de ce type sont exploités aux basses fréquences, en particulier pour les applications militaires en ondes décimétriques pour lesquelles la diversité de trajet a apporté de gros avantages en termes de résilience du réseau et de souplesse du flux de trafic.
- Antennes adaptatives. On parle parfois d'accès multiple à répartition spatiale (AMRS). La plupart des systèmes AHF n'utilisent pas cette technologie. On a commencé depuis peu de temps à utiliser des systèmes d'antennes adaptatives dans les systèmes mobiles cellulaires, au début dans un seul sens de transmission RF. Certains systèmes de demain (les systèmes mobiles cellulaires, par exemple) utiliseront des antennes adaptatives à la fois sur la liaison montante et sur la liaison descendante. Cette technique permet d'annuler les brouillages et/ou d'obtenir un gain de diversité supplémentaire. Dans le domaine des antennes on dispose de plusieurs algorithmes de pondération et il n'est pas facile de choisir le meilleur algorithme pour l'application considérée.
- Radiodiffusion à programmation logicielle. Tout comme dans d'autres domaines, cette avancée technologique bénéficiera beaucoup de la multiplication des systèmes mobiles cellulaires, en particulier de la miniaturisation des circuits. L'émetteur-récepteur peut être reconfiguré par commande logicielle pour le schéma de modulation, voire la fréquence; par ailleurs les mises à jour au niveau du système tout entier peuvent être facilitées par le téléchargement du réseau.
- Composants. Un certain nombre de techniques sont déjà ou seront utilisées dans les bandes au-dessous de 20 GHz. Des avancées technologiques récentes comme les circuits intégrés hyperfréquences monolithiques (MMIC, *monolithic microwave integrated circuits*) ont fait de ces bandes, en particulier celles comprises entre 20 et 60 GHz, des bandes adaptées aux applications HDFS. Il existe sur le marché des composants et des dispositifs commerciaux permettant de produire en masse des équipements à des prix abordables.
- Techniques d'utilisation des fréquences. Pour accroître encore l'efficacité spectrale et la souplesse de service, les systèmes AHF évolués (par exemple HDFS/AHLB) utiliseront vraisemblablement de plus en plus différentes techniques, qu'il s'agisse des techniques duplex, de combinaisons de celles-ci, ou de l'attribution dynamique du débit binaire, de la modulation ou de l'ouverture de faisceau/du diagramme d'antenne. Ces systèmes offriront une structuration des canaux variable ou modulable, qui facilite la transmission de services symétriques ou asymétriques en fonction des besoins, facteur important dans la croissance des services hertziens. Pour ce qui est de la configuration des systèmes SF, on utilisera dans un proche avenir des liaisons connectées (en anneau) ou des liaisons en cascade classiques (en série ou faisceaux hertziens) dans le cas de systèmes point à point et pour les systèmes point-multipoint des structures multipoint-multipoint (maillées) ou point-multipoint ou bien encore des configurations hybrides. Les systèmes multipoint utilisés se distinguent particulièrement des systèmes point à point classiques par la concentration radioélectrique.

Certains des systèmes point-multipoint qui sont implantés ont déjà une fonctionnalité infrastructurelle dans la bande, mais on a aussi besoin de beaucoup de systèmes SF qui serviront de support d'infrastructure pour faire face à la multiplication rapide des systèmes mobiles cellulaires/nomades; il ne s'agit pas d'applications d'accès mais d'applications d'infrastructure classiques. Il convient de noter que même les systèmes point à point utilisés dans ce type relativement classique de configuration (infrastructure) bénéficieront des progrès réalisés dans la conception des systèmes et l'utilisation du spectre – blocs de fréquences plutôt que structuration des canaux classique – et cela sera influencé par l'évolution de la conception des systèmes point-multipoint qui sont essentiellement des systèmes d'accès. Les futures applications d'accès et d'infrastructure devraient converger dans une certaine mesure, ce qui nécessitera l'adoption de formules plus souples et plus sophistiquées en ce qui concerne l'architecture des systèmes hertziens, l'ingénierie du spectre, la gestion des fréquences et leur administration.

ANNEXE 1

Terminologie et sigles

1 Terminologie et définitions

Affaiblissement sur le trajet	Rapport (dB) entre la puissance reçue et la puissance émise, mesuré entre les antennes.
Central	Voir central local.
Central de classe 5	Voir central local.
Central local	Central dans lequel les lignes d'abonné se terminent (Recommandation UIT-T Q.9, Figure 1/Q.9).
Circuits supports	Cette expression indique le nombre de voies radioélectriques qu'une station de base peut utiliser simultanément.
Débit primaire	Débit binaire de transmission de 1 544 kbit/s ou 2 048 kbit/s
Disponibilité de la liaison radioélectrique	Mesure à long terme qui décrit le pourcentage du temps où la force du signal reçu est suffisante pour fournir une qualité spécifiée. La non-disponibilité ou l'interruption peut être causée par l'évanouissement temporel et des conditions anormales de propagation.
Evanouissement temporel	Evanouissement se produisant en un emplacement fixe, dans le temps.
Hauteur d'antenne équivalente	S'appliquant habituellement à la station de base, la hauteur d'antenne équivalente tient compte de la variation du terrain le long du trajet, ainsi que de la hauteur du pylône d'antenne. Si, par exemple, la hauteur du sol à la station de base est beaucoup plus élevée qu'au système radioélectrique de l'abonné, la hauteur du pylône de la station de base ne décrirait pas de manière appropriée la différence de hauteur entre les deux extrémités de la liaison.
Marge d'occultation, marge de protection contre l'occultation	Si le bilan de liaison sans marge est utilisé pour calculer le rayon de la cellule, 50% des emplacements à la limite de la cellule auront un affaiblissement médian sur le trajet inférieur au bilan de liaison. Il en résulte une faible qualité de couverture sur l'ensemble de la cellule. Afin d'accroître la qualité de couverture pour obtenir un niveau acceptable, il faut ajouter une marge de protection contre l'occultation au bilan de liaison. Cela a pour effet de réduire le rayon de la cellule par rapport à la distance limitée par le bruit. La marge de protection dépend de la qualité de couverture voulue.
Marge de protection contre l'évanouissement temporel	Marge qu'il est nécessaire d'ajouter au bilan de liaison afin d'assurer la disponibilité requise de la liaison radioélectrique en présence d'évanouissement temporel.
Périmètre de la cellule	Contour qui définit la force du signal ou l'affaiblissement sur le trajet à un seuil donné.
Qualité de couverture	Pourcentage d'emplacements dans le rayon de la cellule où la force du signal sera statistiquement supérieure à la valeur seuil minimale.

Réflexion spéculaire	Réflexion qui se produit quand une onde radioélectrique rencontre l'interface entre deux milieux différents et que la longueur d'onde est faible par rapport à «l'irrégularité» de l'interface. En d'autres termes, réflexion «parfaite», sans diffusion.
Répartition de Rayleigh	Répartition de l'enveloppe d'un signal reçu comprenant un grand nombre de composantes à déphasage aléatoire. Typiquement associée à la transmission par trajets multiples lorsqu'il n'existe pas de trajet direct important.
Répartition de Rice	Répartition de l'enveloppe d'un signal reçu comprenant une composante constante, en plus de composantes aléatoires (de Rayleigh). Les caractéristiques de la répartition dépendent du rapport de la puissance de la composante constante à la puissance des composantes aléatoires, qui est connu sous le nom de facteur k . À mesure que la puissance de la composante constante diminue, la répartition tend vers la répartition de Rayleigh. La répartition de Rice est typiquement associée à la réception d'un trajet direct comportant également une certaine diffusion par trajets multiples.
Répartition log-normale	Répartition d'une variable positive dont le logarithme présente une répartition normale (gaussienne). Elle suppose typiquement que la variable résulte de nombreuses causes individuellement insignifiantes, qui se combinent dans un processus multiplicatif.
Réutilisation de fréquence	La convention d'écriture de la structure de réutilisation de fréquence est N, M , où N est le nombre de cellules dans un groupe de réutilisation de fréquence et M est le nombre de secteurs dans le groupe de réutilisation de fréquence.
Rotation de secteurs	Dans un plan de fréquences classique à secteurs, les cellules de réutilisation (où les fréquences sont réutilisées) seraient toutes orientées de la même façon. Avec la rotation de secteurs, on fait tourner, typiquement de $\pm 120^\circ$, l'orientation d'une cellule de réutilisation par rapport à la cellule de réutilisation voisine.
Serveur	Station de base à laquelle un système radioélectrique d'abonné est rattaché.
Signaux réfléchis parasites	Expression générale décrivant les réflexions provenant d'obstacles tels que les arbres, les bâtiments, etc.
Terrain quasi uniforme	Terrain où le niveau moyen ne varie pas de plus de 20 m. En outre, la variation interdécile de la hauteur est inférieure à 20 m, avec des hauts et des bas graduels.
Terrain vallonné	Terrain ne présentant pas de collines ou vallées «importantes». Il est défini plus exactement comme étant un terrain où la variation interdécile de la hauteur sur 10 km est comprise entre 40 et 80 m.
Voie élémentaire de trafic hertzien	Cette expression se rapporte à une voie de communication à l'interface radioélectrique.

Zones de Fresnel

Approximation de la zone dans laquelle l'interférence ondulatoire peut influencer sur la propagation du trajet radioélectrique. Les ellipsoïdes de Fresnel ont la propriété particulière selon laquelle la longueur totale du trajet passant par chaque ellipsoïde dépasse de $n\lambda/2$ celle du trajet direct. Ainsi, la première zone de Fresnel donne un trajet indirect qui dépasse de $\lambda/2$ la longueur du trajet direct. Au milieu du trajet, la profondeur de cette zone de Fresnel est la plus grande. Quand un objet pénètre dans la première zone de Fresnel, on observe de façon constante un affaiblissement excessif par rapport à l'affaiblissement sur le trajet en espace libre.

2 Sigles

AGL	Au-dessus du niveau du sol
AHF	Accès hertzien fixe
AHLB	Accès hertzien large bande
AHM	Accès hertzien mobile
AMPS	Service téléphonique mobile perfectionné
AMRC	Accès multiple par répartition de code
AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence
AMRS	Accès multiple à répartition spatiale
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps
ANSI	American National Standards Institute
ATM	Mode de transfert asynchrone
BSC	Contrôleur de station de base
BSS	Système de station de base
BTR	Émetteur-récepteur de station de base
BTS	Station d'émission-réception de base
C/I	Rapport porteuse/brouillage
C/Ia	Rapport porteuse/brouillage par les canaux adjacents
C/Ic	Rapport porteuse/brouillage dans le même canal
CAI	Interface radioélectrique partagée
CATV	Réception de télévision sur antenne communautaire
CBR	Débit binaire nominal
CCM	Centre de commutation pour les services mobiles
CCM	Centre de commutation mobile
CDPD	Communication cellulaire de données numériques en paquets
CE	Équipement commun
CELP	Prédiction linéaire à excitation par code
CEPT	Conférence européenne des Administrations des postes et télécommunications
CIS	Sous-système d'interconnexion AMRC
COB	Puce sur carte
CSU	Unité de service de canal
CT	Téléphone sans cordon
CTR	Émetteur-récepteur des locaux de l'abonné
D-AMPS	Service téléphonique mobile perfectionné numérique
dB	Décibel
DCA	Allocation dynamique de voies
DCS	Système cellulaire numérique

DECT	Télécommunications numériques améliorées sans cordon
DLC	Système multiplex numérique de boucle
DOCSIS	Spécifications d'interface de système de transmission de données par câble
DRF	Duplex à répartition en fréquence
DRT	Duplex à répartition dans le temps
DRU	Unité radioélectrique bimode
DSP	Traitement des signaux numériques
DSU	Unité de service de données
ELN	Enregistreur de localisation nominal
ELV	Enregistreur de localisation pour visiteurs
EM	Exploitation et maintenance
ETS	Norme européenne de télécommunications
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication
FCB	Fonction commune de base
FSMTPT	Futurs systèmes mobiles terrestres publics de télécommunications
GEM	Gestion, exploitation et maintenance
GEMF	Gestion, exploitation, maintenance et fourniture
GOS	Niveau de service
GPRS	Service général radioélectrique par paquets
GPS	Système mondial de radiorepérage
GSM	Système mondial de communications mobiles
HDFS	Systèmes haute densité dans le service fixe
IA	Identification de la ligne appelante
ICP	Périphérique cellulaire intelligent
IDT	Circuit numérique international
IP	Protocole Internet
LAN	Réseau local
LE	Central local
LOS	Visibilité directe
LTB	Boîtier de terminaison de ligne
MAQ	Modulation d'amplitude en quadrature
MDMG	Modulation à déplacement minimal à filtre gaussien
MIC	Modulation par impulsions et codage
MICDA	Modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif
MMDS	Service de distribution multicanal multipoint
MP-MP	Multipoint-multipoint
MTM	Module de circuit de maintenance
MTX	Centre de commutation téléphonique pour services mobiles
MVDS	Système de vidéodistribution multipoint
N-AMPS	Service téléphonique mobile perfectionné à bande étroite
NIU	Unité d'interface avec le réseau
NLOS	Sans visibilité directe
NMT	Système téléphonique mobile nordique
NNE	Équipement de nœud de réseau
NSS	Système de commutation de réseau
OCF	Point directeur des opérations
PACS	Système de communications à accès personnel
PBX	Commutateur privé
PDA	Assistant numérique personnel
PDTC	Contrôleur de circuit numérique périphérique

PHS	Système Personal HandyPhone
PMP	Liaison radioélectrique hyperfréquence point-multipoint
P-MP	Point-multipoint
P-P	Point à point
PTM	Module de circuit
PTT	Postes, téléphones et télégraphes
RA	Réseau d'accès
RC	Répartition de code
RF	Radiofréquence
RGT	Réseau de gestion des télécommunications
RI	Réseau intelligent
RLL	Boucle locale hertzienne
RLP	Protocole de liaison radioélectrique
RNIS	Réseau numérique avec intégration des services
RPV	Réseau privé virtuel
RTPC	Réseau téléphonique public commuté
RTTH	Liaison radioélectrique directe pour particuliers
S/N	Rapport signal/bruit
SB	Station de base
SBH	Station de base hertzienne
SBS	Sous-système de batterie de sélecteurs
SCP	Service de communication personnelle
SDM	Système de distribution multipoint
SLCM	Système local de communications multipoint
SLDM	Système local de distribution multipoint
SMS	Service de messages brefs
SOHO	Professions libérales et télétravailleurs
SRT	Terminal hertzien d'abonné
STM	Module de circuit de service
T1/E1	Système de transmission à débit primaire
TAB	Soudage sur bande
TACS	Système de communication d'accès total
TCP	Protocole de commande de transmission
TEB	Taux d'erreur sur les bits
TFU	Unité de fréquence de synchronisation
TM	Module de circuit
TMI	Télécommunications mobiles internationales
UCD	Unité de commutation distante
UDP	Protocole de datagrammes utilisateur
VNO	Exploitant de réseau virtuel
WAP	Protocole d'application hertzienne
WCTX	Centrex hertzien
WKTS	Système téléphonique hertzien à clavier
WL	Ligne hertzienne
W-LAN	Réseau local hertzien
WLL	Boucle locale hertzienne
WPBX	Commutateur privé hertzien
WT	Terminal hertzien

ANNEXE 2

CONSIDÉRATIONS RELATIVES AU PARTAGE DU SPECTRE

Problèmes d'ingénierie du spectre et de gestion des fréquences posés par les systèmes AHF: quelques considérations, notamment les plans de fréquences

1 Introduction

Le présent document examine les problèmes fondamentaux d'ingénierie du spectre et de gestion des fréquences que pose l'utilisation des systèmes AHF. La plupart des documents sont de nature générique même si les propositions de travaux futurs concernent dans une certaine mesure des bandes de fréquences bien précises. La plupart des activités dont il est fait état ci-après ont été entreprises dans le cadre de la CEPT, s'inscrivent dans le droit fil des études actuellement en cours sur l'utilisation des systèmes AHF en Région 1 et viennent compléter les travaux visant à encourager une plus grande harmonisation et une plus grande normalisation dans toutes les Régions en coopération avec les organismes régionaux ou internationaux. Les documents disponibles sous forme préliminaire ont été adaptés au Groupe mixte de Rapporteurs 8A-9B de l'UIT-R dans l'espoir qu'ils l'aideraient peut-être à examiner plusieurs questions importantes. Il ne s'agit pas là d'une position officielle de la CEPT mais de documents d'information visant à encourager une étude plus détaillée notamment des plans de fréquences et de la compatibilité avec d'autres systèmes et d'autres services.

Sont examinés ici les systèmes point-multipoint de Terre utilisés pour les systèmes AHF. Ces systèmes se caractérisent généralement par une concentration radioélectrique et une configuration cellulaire contiguë (de zone); il faut tenir compte de similarités et de différences importantes entre ces systèmes d'une part et les systèmes point à point classiques et les systèmes mobiles cellulaires d'autre part.

Aucune bande particulière n'est examinée en détail et le document est plutôt de nature qualitative que quantitative.

Certaines des considérations apparaissant dans le présent document concernent aussi la compatibilité des systèmes AHF avec les systèmes d'autres services; d'autres études de partage sont actuellement en cours dans la Région 1 pour diverses bandes et différents scénarios.

1.1 Eléments d'orientation pour les questions de coordination et les questions connexes

Il est important d'avoir des éléments d'orientation pour pouvoir utiliser efficacement le spectre disponible, compte tenu des questions intrasystèmes, intersystèmes et interservices. Le moment venu, on pourra aussi trouver des informations sur la méthode de calcul des brouillages, les paramètres des systèmes, les résultats des modèles de référence pour différents scénarios de modèles et aussi des données sur l'interprétation (sensibilités, identification d'hypothèses simplificatrices et autres facteurs qui devront peut-être être pris en considération). Les sections qui suivent (sections 2 à 5) donnent des considérations utiles sur l'ingénierie du spectre, en particulier sur les plans de fréquences pour l'implantation dans une même zone géographiques de plusieurs systèmes AHF.

2 Eléments d'orientation concernant l'attribution des fréquences

Pour implanter plusieurs systèmes AHF dans une même zone géographique, il faut:

- tenir compte des recommandations régionales ou autres relatives aux bandes de fréquences préférées pour les systèmes AHF;
- attribuer suffisamment de spectre pour que les opérateurs puissent être compétitifs; les sous-bandes ne devront pas être trop petites afin de conserver l'efficacité spectrale étant donné qu'il faut prévoir des bandes de garde; il convient d'encourager chaque fois que cela est possible un copartage¹;
- prendre note du fait qu'en général l'efficacité spectrale est la meilleure si l'on utilise des bandes de fréquences contiguës plutôt que non contiguës compte tenu de la conception des systèmes et de l'espacement nécessaire entre fréquences;
- planifier la croissance du trafic et garder à l'esprit qu'en général on a besoin de bandes de fréquences contiguës même si pour certains systèmes utilisant des bandes de fréquences non contiguës la planification est plus facile;
- prendre note du fait qu'en assignant des fréquences à plusieurs opérateurs potentiels dans une même bande il est plus facile de comparer les mesures prises par les opérateurs en concurrence mais qu'il est tout aussi acceptable d'encourager la concurrence par l'utilisation de différentes bandes;
- prendre note du fait que si trop d'opérateurs se voient attribuer des fréquences dans une même bande ceci peut-être contre-productif en termes d'efficacité spectrale;
- prévoir des bandes de garde suffisantes pour réduire les brouillages compte tenu des différentes combinaisons technologiques utilisées afin de parvenir à un compromis acceptable entre la dégradation de la qualité et les mesures nécessaires de protection/de réduction des brouillages, bandes de garde comprises;
- définir pour les systèmes DRF un plan cohérent de fréquences pour la sous-bande aller (station centrale vers station terminale) et la sous-bande retour (station terminale vers station centrale). On peut penser qu'en règle générale, la fréquence élevée sera celle de la liaison aller (descendante) comme c'est le cas pour la plupart des systèmes cellulaires et des systèmes à satellites mais dans des cas exceptionnels, il se peut que ce soit l'inverse. Il faut tenir compte des complications supplémentaires liées à l'utilisation conjointe des sens aller/retour;
- tenir compte du fait que pour les systèmes DRT il n'est plus possible de parler de liaison aller et de liaison retour et que dans ce cas il faut envisager d'autres scénarios de brouillage;
- tenir compte du fait que lorsque l'on envisage d'exploiter des systèmes point-multipoint et des systèmes point à point dans la même bande, par exemple dans la bande 24,5-26,5 GHz, il peut être intéressant de faire des attributions régionales/nationales appropriées pour chaque type de système fixe aux deux extrémités de la bande, la proportion d'utilisation totale de la bande pour chaque type étant dictée éventuellement par le marché ou par d'autres impératifs;
- faire preuve de prudence lorsque l'on compare des techniques différentes et leur utilisation du spectre étant donné qu'il n'y a pas encore de véritables critères permettant de comparer de manière simple l'efficacité spectrale; il faut tenir compte de la taille des groupes de satellites, des conséquences de l'utilisation de technologies hybrides compte tenu de ces critères, de la qualité d'écoulement du trafic ainsi que d'autres facteurs;

¹ Partage équitable et efficace de la bande entre opérateurs, à l'intérieur de la même région/zone qui normalement ne procèdent pas à un partage cofréquence.

- utiliser les paramètres existants/types chaque fois que cela est possible pour calculer les facteurs de compatibilité plutôt que les exigences minimales à partir des normes correspondantes et tenir compte de la sensibilité des résultats à ces paramètres.

3 Plans de fréquences

3.1 Considérations générales

Lorsque plusieurs systèmes AHF sont mis en place dans une même zone, il faut:

- tenir compte du fait que des plans de fréquences pour le service fixe ont déjà été en général établis pour les systèmes de télécommunication point à point utilisant le DRF, avec des largeurs de canal/de sous-bande symétriques, qui ne conviennent peut-être pas à tous les systèmes AHF;
- tenir compte du fait qu'on a souvent besoin de services présentant une asymétrie *variable* en particulier pour les applications large bande;²
- tenir compte du fait que l'asymétrie peut être réalisée par les moyens suivants:
 - appariement de canaux étroits dans un sens de transmission et de canaux larges dans l'autre;
 - utilisation de différents ordres de modulation dans chaque sens de transmission;
 - utiliser une modulation multiporteuse;
 - utiliser le DRT asymétrique dans les bandes de fréquences appariées;
- tenir compte du fait qu'avoir des canaux à faible largeur de bande dans un sens de transmission et à grande largeur de bande dans l'autre ne permet d'acheminer efficacement le trafic que si ce dernier présente une asymétrie fixe correspondant au rapport des largeurs des canaux/des sous-bandes. Une formule avec sous-bandes fixes est en soi moins efficace pour un trafic à asymétrie *variable* qui peut présenter *statistiquement dans le temps* une tendance générale en faveur du canal auquel est associée la plus grande largeur de bande;
- prendre note qu'il est possible dans certains cas d'apparier les liaisons montante et descendante dans des bandes largement espacées, par exemple une liaison montante dans une bande avec une liaison descendante plus étroite dans une bande inférieure pour qu'il y ait une asymétrie fixe pour certaines applications large bande;
- prendre note du fait que certains systèmes hertziens multimédias, en particulier ceux dérivés des systèmes de type radiodiffusion/distribution, peuvent avoir une interactivité canal/sous-bande bidirectionnelle plutôt qu'unidirectionnelle; toutes les indications données dans ce manuel s'appliquent à la présente situation.
- tenir compte du fait qu'on peut utiliser différents ordres de modulation pour les deux directions de trafic afin d'offrir une asymétrie limitée (qui pourrait se traduire par des caractéristiques différentes en termes de portée/robustesse des liaisons montante et descendante); on pourrait ainsi assurer une asymétrie variable si l'équipement peut adapter dynamiquement le schéma de modulation indépendamment dans les deux directions;
- tenir compte du fait que le DRT avec attribution variable dans le temps aux liaisons montante et descendante peut permettre de réaliser des applications ayant un trafic asymétrique variable;

² Contrairement au type d'asymétrie fixe nécessaire par exemple pour les systèmes de vidéosurveillance avec capacité large bande sur la liaison descendante et capacité bande étroite sur la liaison montante.

- tenir compte de la nécessité d'encourager un partage équitable des charges en ce qui concerne les bandes de garde. Par exemple, le premier opérateur d'un système AHF dans une bande devrait, par prudence et équité, faire en sorte que la ou les bandes de garde soient incluses dans la sous-bande assignée;
- noter qu'en règle générale, le critère de brouillage de -1 dB pourra être considéré comme approprié dans les calculs de brouillage entre systèmes AHF et, sauf indication contraire dans les Recommandations de l'UIT-R, avec d'autres services.

3.2 Assignations DRT dans des bandes avec du spectre apparié

3.2.1 Généralités

Dans le cas de systèmes DRT exploités dans des bandes avec un plan de fréquences basé sur des fréquences appariées normalisées, il faut:

- faire en sorte que les assignations DRT respectent les plans de canaux pour la grille des canaux DRT;
- prendre note du fait que lorsqu'une partie de la bande inférieure est assignée à un système DRT la partie correspondante de la bande supérieure devrait elle aussi être assignée à un système DRT et *vice versa*;
- noter que pour des applications à *asymétrie fixe* utilisant le DRF et fonctionnant avec des dispositions de canaux autrefois adaptées à des systèmes DRF symétriques (ayant des largeurs de canal identiques dans les bandes supérieures et les bandes inférieures) il est possible d'apparier n canaux de la sous-bande inférieure et m canaux de la sous-bande supérieure. L'«excédent» $|m-n|$ de canaux non appariés pourrait être utilement attribué aux systèmes DRT (y compris les bandes de garde nécessaires);
- tenir compte, dans le dernier cas, du fait que nonobstant la disponibilité de $m + n$ canaux pour des systèmes DRF asymétriques fixes il est possible que ces canaux soient assignés à un ou plusieurs canaux DRT;
- tenir compte de la possibilité d'utiliser l'espace central pour le DRT à condition de respecter les exigences de la section 2.

3.2.2 Mise en œuvre

Dans le cas de systèmes DRT exploités dans des bandes avec un plan de fréquences basé sur des fréquences appariées normalisées, il faut:

- prendre note du fait qu'il peut y avoir des problèmes particuliers d'ingénierie du spectre (contraintes pesant sur les gabarits des émetteurs et nécessité de prévoir des bandes de garde) liés à l'exploitation des systèmes DRT dans une bande où sont déjà exploités des systèmes DRF;
- prendre note du fait que la polarisation peut être utilisée comme discriminant de propagation d'un système bien qu'avec moins d'efficacité aux fréquences inférieures. Cela peut être utile pour réduire les brouillages;
- noter qu'on aura peut-être besoin d'autres paramètres pour la planification de la coexistence des systèmes DRT;
- noter que la vérification de la compatibilité des systèmes DRT avec les systèmes DRF existants est une tâche plus lourde que la vérification de la compatibilité d'un système DRF avec un système DRF existant (avec le même espacement duplex). Une fois que la compatibilité dans la sous-bande inférieure (ou supérieure) a été prouvée la compatibilité dans l'autre sous-bande peut en être déduite.

4 Mise en place

Pour mettre en place plusieurs systèmes AHF dans la même zone géographique, il faut:

- examiner les avantages à encourager la coopération entre opérateurs pour minimiser les brouillages et les conséquences économiques qui en résulteraient et chercher à utiliser efficacement le spectre;
- noter que, lorsqu'il est proposé d'implanter des stations centrales appartenant à différents opérateurs à proximité plus ou moins les unes des autres, il sera peut-être préférable d'implanter ces stations dans la même zone géographique pour minimiser et mieux définir les effets proximité/élargissement. Ceci est particulièrement vrai dans les cas où les directions des sous-bandes des fréquences aller et retour sont combinées ou ne sont pas désignées, par exemple lorsque différentes technologies duplex/différents espacements sont combinés;
- noter que, pour la compatibilité avec les systèmes point à point, il faudrait dans le cas d'implantation de stations centrales et de stations terminales utiliser chaque fois que cela est possible de petites hauteurs d'antenne pour les systèmes point-multipoint et tirer parti de la discrimination angulaire, en particulier des zéros dans le diagramme polaire, comme autre technique de réduction des brouillages ou pour avoir des bandes de garde les plus petites possible;
- noter que pour la compatibilité avec les systèmes du SFS il convient de tenir compte des Recommandations UIT-R disponibles ainsi que des directives concernant les hauteurs d'antenne des systèmes point-multipoint et des systèmes du SFS, les distances de séparation, la gamme autorisée des angles de site, la diffraction supplémentaire et d'autres mesures de réduction des brouillages;
- noter que pour la compatibilité avec le service de radioastronomie il est important de respecter les dispositions du RR compte tenu de l'effet d'agrégation des systèmes point-multipoint;
- noter que pour la compatibilité avec les systèmes de radiolocalisation/radionavigation dans des bandes adjacentes ou dans des pays voisins il convient de tenir compte des Recommandations UIT-R pertinentes existantes. Pour les systèmes de radiolocalisation/radionavigation qui peuvent se trouver dans la bande, il convient de tenir compte des Recommandations UIT-R éventuellement disponibles ainsi que de toutes les méthodes particulières nécessaires pour assurer la compatibilité avec telle ou telle technologie et/ou tel ou tel radar;
- tenir compte de la nécessité de planifier et d'installer des antennes pour les stations centrales et les stations terminales qui ne soient pas moins directives que nécessaire pour la configuration intrasystème considérée et qui ne soient pas situées plus haut que nécessaire pour assurer une marge de qualité suffisante.
- Faire en sorte que toutes les mesures de synchronisation ou autres nécessaires pour prendre en compte les technologies mixtes soient mises en œuvre si nécessaire.

5 Conception des équipements

Pour mettre en place plusieurs systèmes AHF dans la même zone géographique, il faut:

- tenir compte de l'importance de réduire au minimum les rayonnements essentiels et les émissions hors bande grâce à une conception appropriée des équipements;

- tenir compte de l'importance de maximiser la sélectivité du récepteur (tout en notant que les normes adéquates peuvent être insuffisamment détaillées ou pas assez strictes dans tous les cas);
- tenir compte du fait qu'il est souhaitable compte tenu du niveau de qualité et d'écoulement du trafic requis d'appliquer des mesures pour garantir une commande de puissance à l'émission suffisante, sélection dynamique des canaux/fréquences et/ou autres systèmes adaptatifs pour améliorer la compatibilité.

6 Listes de contrôle et éléments d'orientation

Les considérations ci-dessus pourraient constituer la base d'une liste de contrôle utile pour l'étude ultérieure de certains problèmes de compatibilité posés par les systèmes AHF et pour l'élaboration de directives qui pourraient être nécessaires dans des cas de mise en place de plusieurs systèmes dans une même zone géographique.

ANNEXE 3

Critères d'évaluation des systèmes et des technologies d'AHF selon les besoins et les exigences

1 Généralités

La présente Annexe offre aux planificateurs ainsi qu'aux concepteurs de réseaux AHF des lignes directrices et des procédures à suivre lors de la conception et de la mise en œuvre d'un réseau. Le § 2 examine certains aspects importants des trajets radioélectriques. Comme la planification des réseaux d'AHF est semblable à celle des réseaux cellulaires mobiles, leurs principales caractéristiques sont comparées dans le § 3. Le § 4 décrit des modèles génériques de réseaux radioélectriques alors que le § 5 explique le principe d'une grille à mailles hexagonales idéale. Le processus de planification d'un réseau radioélectrique est décrit dans les § 6 (niveau supérieur), § 7 (soutien à la planification d'entreprise), § 8 (planification des cellules) et § 9 (analyse et optimisation des performances). La présente Annexe se termine au § 10 par un résumé des aspects à considérer lors de la planification d'un réseau radioélectrique, avec des listes récapitulatives qui faciliteront la planification d'un système d'accès hertzien.

2 Bases de la planification de systèmes radioélectriques: trajets radioélectriques

L'affaiblissement sur le trajet entre un émetteur et un récepteur est déterminé, du moins en première approximation, par la distance et le degré d'obstruction le long du trajet de propagation. Un trajet radioélectrique peut être un trajet en espace libre, un trajet en visibilité directe ou encore un trajet obstrué, selon son degré d'obstruction.

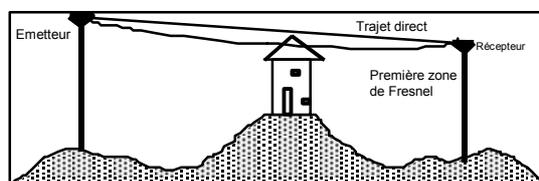
Il est important de savoir que le fonctionnement de certains systèmes d'accès hertzien n'exige pas de trajets en visibilité directe. Le bilan de la liaison, les marges de protection ajoutées et la portée du système déterminent le degré d'obstruction qui peut être toléré le long du trajet. Le trajet en visibilité directe est nécessaire seulement si un exploitant souhaite obtenir un système ayant une très grande portée, et même dans ces conditions, il y aura souvent des affaiblissements sur le trajet supérieurs à l'affaiblissement en espace libre.

Les figures suivantes visent à illustrer les types de trajets décrits. Un trajet en espace libre suit une ligne directe entre l'émetteur et le récepteur, et aucun objet ne pénètre dans la première zone de Fresnel (consulter les documents [Parsons et Gardiner, 1989; Calhoun, 1992; Boucher, 1995] ou [Hess, 1993] pour plus d'explications sur les zones de Fresnel et leurs divers aspects).

Les trajets en visibilité directe comprennent les trajets en espace libre, mais ils désignent aussi des trajets où des éléments du relief ou des obstacles pénètrent dans la première zone de Fresnel, tout en permettant un trajet direct. Ce trajet présentera un affaiblissement sur le trajet qui pourra atteindre la valeur théorique de 6 dB de plus que l'affaiblissement sur le trajet en espace libre et il est illustré à la Fig. 21.

FIGURE 21

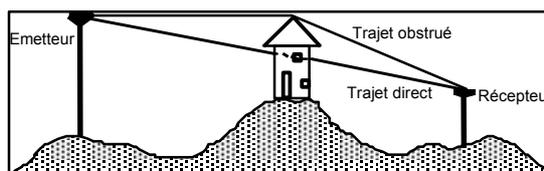
Trajet en visibilité directe



Un trajet obstrué est un trajet sur lequel des objets (éléments de relief, bâtiments, arbres) ou tout autre facteur d'encombrement constituent des obstacles au trajet direct. Dans ce cas, le trajet indirect est diffracté sur les arêtes de l'objet. Ce trajet présentera un affaiblissement qui pourra atteindre au moins 10 dB de plus que l'affaiblissement sur le trajet en espace libre et il est illustré à la Fig. 22.

FIGURE 22

Trajet obstrué



2.1 Affaiblissement dû à la pluie

Les données sur les intensités de pluie peuvent être calculées à partir des données d'intensité de pluie présentées dans la Recommandation UIT-R P.837-1 et de leur conversion en valeurs d'affaiblissement expliquée dans la Recommandation UIT-R P.838 et au § 2.4.1 de la Recommandation UIT-R P.530-5, § 2.4.1. La Recommandation UIT-R P.837-1 divise le monde en zones hydrométéorologiques et donne les intensités de pluie (mm/h) dépassées pendant divers pourcentages de temps. Ces cartes montrent que c'est dans la plus grande partie du Sud-Est asiatique et dans certaines parties d'Amérique centrale que l'on trouve les précipitations les plus abondantes. La valeur de précipitation la plus élevée est 250 mm/h, valeur dépassée pendant 0,001% du temps dans la Zone P.

2.2 Propagation au-dessus de l'eau

Si le trajet radioélectrique entre un émetteur et un récepteur passe au-dessus ou à proximité de grandes étendues d'eau, il faut en tenir compte dans la conception globale de la liaison. La propagation des ondes radioélectriques au-dessus ou à proximité de l'eau est différente de la propagation au-dessus de la terre ferme. Les différences de propagation sont dues aux principaux facteurs suivants:

- L'augmentation de la conductivité électrique (S) dans le cas des ondes radioélectriques se propageant à la surface diminue légèrement l'affaiblissement pour une distance égale. Cela signifie que le signal peut demeurer à un niveau raisonnable à une plus grande distance. Les plans d'eau ont pour caractéristique de constituer des plans réflecteurs efficaces pour les ondes radioélectriques. Cela peut donner lieu à de la réflexion spéculaire pour certaines géométries de liaison (en particulier sur les plans d'eau calmes) et causer des évanouissements dus à la propagation par trajets multiples.
- La propagation par onde spatiale se déplaçant dans la troposphère est aussi touchée, car la probabilité que les conditions atmosphériques conduisent à la «propagation par conduit» augmente. Ce phénomène peut entraîner la perte du signal sur des distances courtes à moyennes et du brouillage causé par la propagation sur de grandes distances et au-delà de l'horizon radioélectrique.

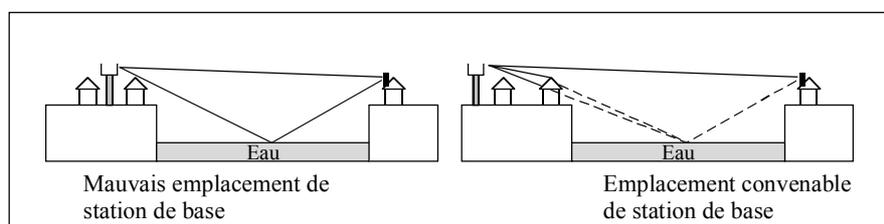
2.3 Evitement de l'affaiblissement dû aux réflexions

Dans certaines conditions, l'évanouissement du signal causé par des réflexions peut être évité en prenant de simples précautions.

- Si, dans le cas d'une liaison radioélectrique problématique, les calculs montrent que des réflexions du signal se produiront sur une surface réfléchissante connue, comme sur une étendue de sol plane ou plus particulièrement sur un plan d'eau, l'installation d'une des antennes à un nouvel endroit pourrait régler le problème. Ce moyen peut être particulièrement efficace si le rayon réfléchi peut être ainsi bloqué. La Fig. 23 illustre de manière simpliste ce procédé: elle montre comment on peut implanter avec soin une station de base près d'un plan d'eau (un estuaire, par exemple), de manière à prévenir les problèmes causés par la propagation par trajets multiples, en s'assurant que le trajet de réflexion est bloqué.

FIGURE 23

Sélection d'un emplacement de station de base de manière à éviter les problèmes dus à la propagation par trajets multiples



Land-023

- En augmentant le plus possible la hauteur d'une antenne et en diminuant le plus possible la hauteur de l'autre, on rapproche le point de réflexion de l'antenne la plus basse. Cela aide à réduire l'incertitude relative à la présence de points de réflexion causés par les changements de conditions atmosphériques. L'effet d'affaiblissement est particulièrement réduit si la réflexion se produit sur une surface moins réfléchissante suite à l'application de ce procédé. Cette précaution se révélerait particulièrement utile si le point de réflexion d'une liaison était déplacé de la surface de l'eau aux terres environnantes.
- Il faudrait s'assurer que la combinaison des hauteurs d'antennes d'émission et de réception évite l'affaiblissement dû à la «structure d'affaiblissement dans le plan vertical» causée par la somme des trajets direct et réfléchis. Les calculs normalisés de l'UIT-R peuvent être utilisés pour choisir des hauteurs d'antenne adéquates.

2.4 Propagation des ondes millimétriques

Dans les bandes de fréquences entre environ 10 et 60 GHz, on utilise chez les abonnés des antennes fortement directives (présentant une ouverture de faisceau de 1 à 3 degrés). On applique en général dans ce cas un modèle de propagation en espace libre, présentant une faible marge fixe additionnelle de protection contre l'absorption atmosphérique ainsi qu'une marge importante de protection contre l'évanouissement temporel. Contrairement au cas de la propagation à des fréquences inférieures, la marge de protection contre l'évanouissement temporel n'est pas liée aux trajets multiples non stationnaires, mais correspond à l'affaiblissement dû à la pluie, qui est très important et croît linéairement en dB avec la distance pour une disponibilité donnée. La plupart des systèmes sont conçus pour fonctionner uniquement en visibilité directe; certains systèmes toutefois, conçus pour un accès en zone résidentielle avec des cellules de taille très réduite et des antennes d'abonnés très petites, peuvent

comporter une marge de protection contre une légère occultation due à des feuillages. On trouvera des informations relatives à l'occultation due à des feuillages aux ondes millimétriques dans le document suivant: «Propagation losses due to foliage at various frequencies», J.E.J. Dalley, M.S. Smith & D.N. Adams, Proc. IEE Conference on Antennas & Propagation, Publ. No. 461, pp 267-270, 31 mars - 2 avril 1999.

La propagation s'effectuant en espace libre et les antennes des stations de base étant généralement placées au-dessus d'autres éléments de l'environnement, il existe un risque important de brouillage entre stations de base dans un même canal. C'est pourquoi les systèmes AHF utilisent soit la technique DRF (duplex à répartition en fréquence) pour éliminer les brouillages entre stations de base, soit la technique DRT (duplex à répartition dans le temps): dans ce dernier cas, il est nécessaire d'opérer une synchronisation temporelle entre stations de base, de telle manière qu'une station de base ne reçoive jamais les émissions provenant d'une autre station de base.

Lorsque la hauteur d'antenne est proche de celle des toits et que le système est conçu pour une couverture en visibilité directe, la taille de la cellule tend à être inférieure à 1,5 km, du fait des obstacles naturels. Au-delà de cette distance, il n'existe plus qu'une faible probabilité que des locaux d'abonné équipés d'une antenne de taille réduite soient en visibilité directe de la station de base. Lorsque les antennes sont installées sur les toits d'immeubles à plusieurs étages, il est possible de parvenir à des tailles de cellules plus importantes, allant environ jusqu'à 5 km de rayon.

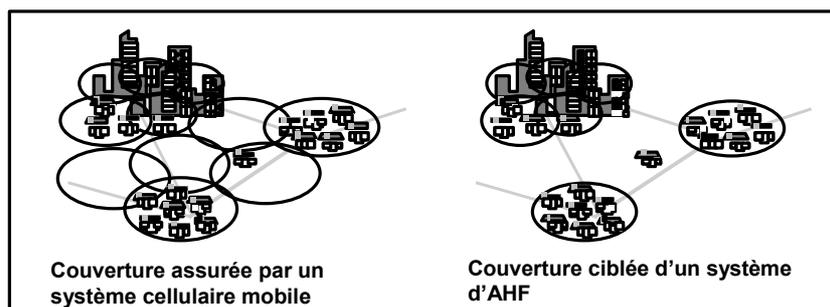
3 Comparaison de la planification des systèmes cellulaires mobiles et des systèmes d'AHF

La planification d'un réseau radioélectrique fixe est semblable à la planification d'un réseau cellulaire mobile sur plusieurs plans. Il faut dans les deux cas établir un plan de cellules donnant les détails de la couverture radioélectrique et de la capacité. Il faut en plus établir un réseau de liaison de raccordement, de transport et de commutation afin d'interconnecter les stations de base. Par contre, les modes de croissance des réseaux d'accès hertzien pour les services mobiles et pour les services fixes peuvent différer considérablement.

La couverture radioélectrique constitue habituellement le premier besoin à satisfaire en vue de la mise en place d'un système cellulaire mobile. Lorsque la couverture atteint une masse critique, les abonnés réalisent qu'ils peuvent faire des appels de la plupart des emplacements où ils peuvent se trouver. C'est seulement à ce stade que le réseau mobile devient attrayant aux yeux de la clientèle. Par opposition, l'abonné à l'AHF ne sera pas intéressé par la couverture disponible, pour autant que son propre emplacement fixe puisse être atteint. Les exploitants de services d'AHF peuvent ainsi obtenir des revenus avec une couverture très limitée. La Fig. 24 montre comment un exploitant de services d'AHF peut cibler la couverture sur des régions peuplées, alors qu'un exploitant de réseau cellulaire mobile doit assurer la couverture de grandes régions et offrir en même temps une grande capacité de trafic dans les régions de concentration des utilisateurs.

FIGURE 24

Comparaison de la couverture assurée par les systèmes d'accès hertzien fixe et les systèmes cellulaires mobiles



Le Tableau 3 compare plusieurs aspects des systèmes cellulaires mobiles et des systèmes d'AHF.

TABLEAU 3

Comparaison des systèmes d'AHF et des systèmes cellulaires mobiles

	Cellulaire mobile	AHF
Source du trafic	Personnes en déplacement avec des téléphones mobiles Scénario dynamique qui ne se prête pas facilement à des prévisions précises	Installations fixes Scénario principalement statique qui permet probablement des prévisions plus précises, donc un accord plus étroit entre le trafic et la capacité
Propagation radioélectrique	Principalement trajets indirects avec évanouissement de Rayleigh Antenne de la station mobile pouvant se trouver dans une multitude d'environnements différents, y compris à l'intérieur, et pouvant se déplacer à grande vitesse. Orientation arbitraire de l'antenne par rapport à la polarisation Modélisation moins détaillée en raison d'un environnement de propagation par trajets multiples plus uniforme et de la mobilité	Trajets en visibilité quasi-directe avec évanouissement de Rice et mise en place optimale des antennes Le système d'antenne radio de l'abonné est fixe, habituellement à une hauteur élevée par rapport aux obstacles. Orientation fixe de l'antenne par rapport à la polarisation Modélisation plus difficile en raison de l'environnement moins uniforme. Trajets pouvant aller de la visibilité directe jusqu'à des trajets très obstrués (perte >60 dB par rapport à la propagation en espace libre)
Bilan de liaison	Marges pour le transfert et la pénétration dans les bâtiments Marge formelle de protection contre les évanouissements non requise, car la station mobile peut se déplacer dans la structure d'évanouissement (marge implicite intégrée à la sensibilité du récepteur)	Aucune marge nécessaire pour le transfert et la pénétration dans les bâtiments Marge de protection contre l'évanouissement temporel requise pour tenir compte de la variabilité de l'environnement
Réutilisation des fréquences	Méthodes représentatives: Cellules omnidirectionnelles avec structure de réutilisation de 12 Cellules composées de trois secteurs avec structure de réutilisation 4,12 (aussi cellules sectorisées avec structure 7,21 ou 4,24) Discrimination de polarisation impossible parce que l'antenne de la station mobile est omnidirectionnelle	Méthodes représentatives: Cellules omnidirectionnelles avec structure de réutilisation de 7 cellules Cellules composées de trois secteurs avec réutilisation de 3,9 Rotation de secteurs et séparation par polarisation afin de réduire le brouillage dans le même canal
Planification de la croissance de la capacité	Secteurs, division de cellules et ajout de compléments selon les besoins	Exige une planification préalable en raison de la directivité des systèmes d'antenne des abonnés et afin d'éviter la réorientation à grande échelle des antennes
Planification des cellules	Stations mobiles dotées d'antennes omnidirectionnelles, donc orientation sans importance Antenne de station mobile installée habituellement à environ 1,5 m au-dessus du sol	L'antenne directive du système radioélectrique d'abonné doit pouvoir être orientée aux fins d'évaluation du rapport <i>C/I</i> Hauteur de l'antenne du système radioélectrique d'abonné déterminée par la taille de la maison, les préférences d'installation de l'exploitant et les restrictions locales s'appliquant à la planification
Planification du réseau	Planification d'un système complexe de BSC, CCM, ELV et ELN exigée	Planification simplifiée de la liaison de raccordement

4 Modèles de réseaux radioélectriques génériques

Les systèmes d'accès hertzien peuvent être mis en œuvre dans une vaste gamme de marchés et d'environnements. Ainsi, la conception des réseaux radioélectriques correspondants visera à atteindre une grande diversité d'objectifs sur le plan technique. Afin de traiter des divers paramètres et contraintes s'appliquant à la conception de ces réseaux, il est avantageux de regrouper ces derniers en groupes génériques. Deux groupes génériques ont été identifiés. Ils diffèrent considérablement sur le plan de la mise en œuvre, donc des marges qui doivent leur être appliquées. Aux deux modèles correspondent divers degrés de densité d'abonnés, aspect qui sera traité plus loin avec les caractéristiques respectives de ces modèles.

4.1 Réseaux d'accès hertzien «standard»

L'accès hertzien peut être utilisé afin de desservir des régions où la densité d'abonnés est faible, moyenne ou élevée. Cette catégorie est typique de la plupart des zones urbaines et de banlieue ainsi que de certaines régions rurales des pays plus densément peuplés. Dans ce genre de réseau, l'emplacement exact des abonnés possibles est habituellement inconnu au moment de la planification et l'objectif de la planification est d'obtenir une évaluation statistique de la couverture radioélectrique. La mise en place de ce genre de réseau présente les caractéristiques suivantes:

- L'emplacement exact des clients n'est pas connu à l'avance, la couverture et le trafic sont donc prévus pour de petites zones (pixel) et non pour des emplacements exacts.
- Les réglementations, les densités de logements ou des raisons économiques empêchent l'optimisation du trajet radioélectrique au moyen de grands pylônes installés sur les lieux où se trouvent les abonnés.
- L'équipement d'abonné peut seulement être monté chez l'abonné ou à proximité.
- Habituellement, les trajets radioélectriques ne sont pas en visibilité directe et il y aura donc un degré substantiel d'occultation.
- La couverture de la zone doit être suffisante pour permettre le raccordement d'abonnés se trouvant en tout point dans la zone de service désignée.
- La conception du réseau doit présenter une souplesse suffisante permettant l'extension de la capacité à long terme.
- La détermination et la limite du brouillage sont essentielles afin d'obtenir la capacité optimale du réseau.

4.2 Réseaux ruraux de faible densité

Dans certains cas, un exploitant peut souhaiter offrir un service dans des régions rurales où l'on rencontre une très faible densité d'abonnés. Ce genre de réseau devra normalement atteindre une grande portée afin d'assurer la viabilité économique. Les trajets radioélectriques jusqu'aux abonnés seront donc prévus afin d'optimiser les conditions de propagation radioélectrique. Ce genre de mise en œuvre présente les caractéristiques suivantes:

- Très faibles densités d'abonnés bien que le volume de trafic puisse être relativement élevé pour la densité d'abonnés, pour des raisons comme le télétravail.
- Les emplacements où le service est requis sont généralement bien définis.
- Le service est fourni à des abonnés relativement isolés ou à de petits groupes d'abonnés et le service doit être assuré à une assez grande distance.

- Les emplacements de la station de cellule et du système radioélectrique de l'abonné sont choisis de manière à optimiser la propagation, habituellement en obtenant un trajet en visibilité directe.
- A l'emplacement éloigné, l'appareil de l'abonné peut être positionné de manière à constituer un bon trajet radioélectrique point à point avec le système radioélectrique de l'abonné, qui sera monté sur un pylône, au besoin.

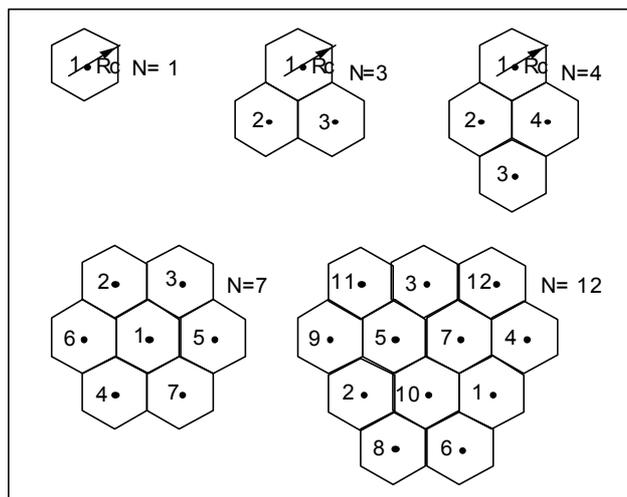
5 Couverture hexagonale idéale

Afin de faciliter la conception et l'analyse de haut niveau des réseaux d'accès hertzien, on a recours au concept de grille à mailles hexagonales idéale. Aux fins de la planification des systèmes radioélectriques, la zone qui doit faire l'objet de la couverture radioélectrique doit être divisée en cellules de forme régulière. Cela signifie que ces cellules sont représentées sous forme de polygones réguliers choisis afin de constituer des groupes qui forment une mosaïque (c'est-à-dire que les bords des cellules sont joints sans discontinuités). C'est habituellement l'hexagone qui est retenu à cette fin et il présente l'avantage de ressembler étroitement à la forme de la zone de couverture idéale d'une cellule.

Les groupes de cellules représentatifs utilisés pour la planification des systèmes d'accès hertzien sont illustrés à la Fig. 25. Le «rayon» d'une cellule hexagonale à alimentation centrale (R_c) est défini comme la distance radiale maximale et l'aire de la cellule est donc égale à $2,6R_c^2$.

FIGURE 25

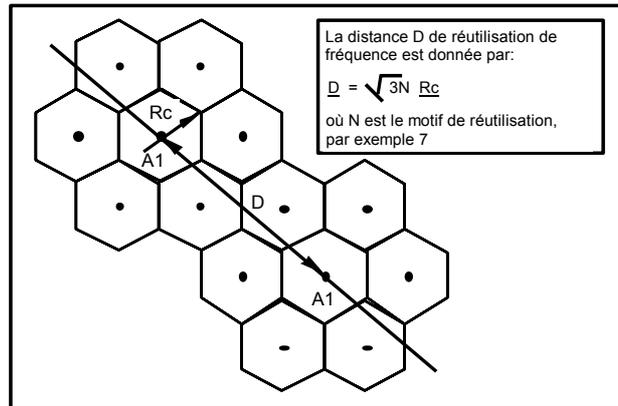
Groupes de cellules représentatifs



La Fig. 26 montre un exemple de réutilisation des fréquences dans un groupe de 7 cellules. Un groupe particulier de voies A1 est utilisé dans une cellule dont le rayon de couverture est R_c . Ces voies sont réutilisées dans une autre cellule ayant le même rayon de couverture et se trouvant à une distance D .

FIGURE 26

Exemple de réutilisation des fréquences dans un groupe de 7 cellules

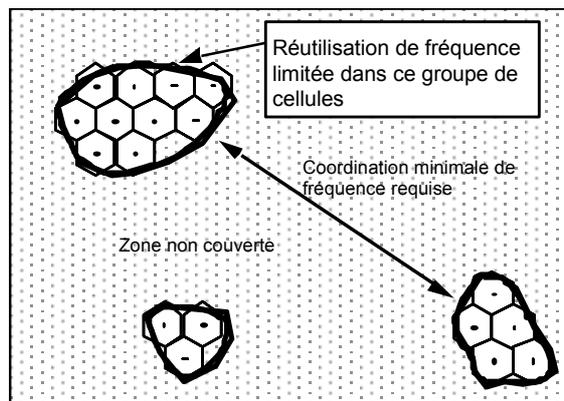


De manière générale, le besoin d'assurer une couverture continue dans de très grandes zones peut être moins important pour la conception de réseaux d'accès hertzien que pour la conception de réseaux cellulaires mobiles, comme on l'a vu au § 3. On peut ainsi décrire deux types de couverture:

- Couverture continue multicellulaire: fait appel à une importante réutilisation de fréquence dans la zone de couverture. Comme telle, la grille à mailles hexagonales peut être considérée comme étant infinie aux fins des calculs de brouillage. Cette condition peut être représentative des réseaux de grande capacité dans de grandes villes où l'on utilise un grand nombre de petites cellules.
- Couverture sélective de zones isolées: couverture de petits «îlots», comme des agglomérations clés, et zones de service limité entre ces zones de couverture. Les calculs de brouillage peuvent alors être faits sur ce que l'on considérera comme une grille de cellules finie. Ce scénario est illustré par la Fig. 27.

FIGURE 27

Scénario de couverture sélective



La sectorisation est employée dans les réseaux d'accès hertzien afin de réduire le nombre de cellules par groupe de réutilisation des fréquences, ce qui augmente le nombre de voies radioélectriques disponibles par cellule et accroît donc le trafic possible. La sectorisation peut aussi servir dans des situations où l'on recherche une portée plus étendue, car les antennes utilisées pour une couverture

par secteur présentent un meilleur gain que les antennes omnidirectionnelles. Les sites divisés en secteurs peuvent être configurés de deux façons génériques: par alimentation centrale, par alimentation par les angles. Le recours à la rotation des secteurs constitue un moyen de réduire le brouillage dans les réseaux d'accès hertzien. La nature fixe de l'accès hertzien, ainsi que l'utilisation d'antennes d'abonné directives rendent possible l'application de cette technique. La rotation des secteurs est réalisée à la station de base et ce changement d'orientation peut accroître la distance des secteurs brouilleurs. Consulter un document comme Boucher [1995] pour plus de détails sur les plans de cellules sectorisées.

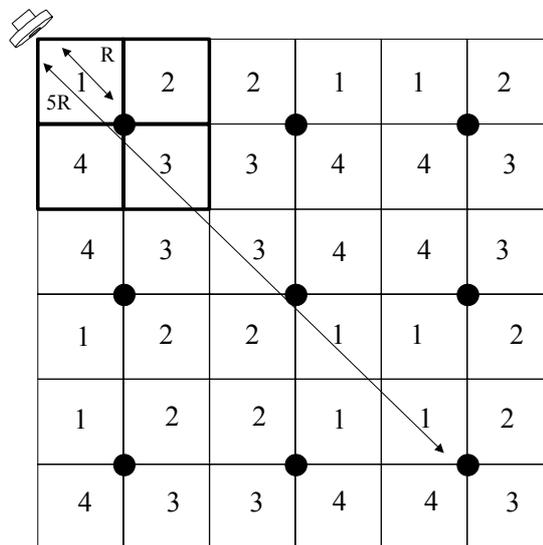
La convention d'écriture de la structure de réutilisation est N, M , où N est le nombre de cellules dans un groupe de réutilisation des fréquences et M est le nombre de secteurs dans le groupe de réutilisation des fréquences. Dans la réalité, divers facteurs comme le relief et la hauteur des antennes peuvent restreindre la distance de réutilisation.

5.1 Planification des cellules à large bande

La réutilisation intensive des fréquences étant possible pour les systèmes d'AHLB, puisque l'antenne de l'équipement local d'abonné est fortement directive et présente une dispersion minimale, il est courant d'utiliser des grilles à mailles carrées plutôt que des grilles à mailles hexagonales. En général, toutes les fréquences peuvent être réutilisées au moins une fois dans chaque cellule, ce qui signifie que le facteur de réutilisation de base est égal à 1. Ce facteur est souvent égal à 1,4, ce qui correspond à une utilisation de cellules carrées à quatre secteurs avec effet miroir du modèle de réutilisation des fréquences entre les cellules, comme l'indique la figure suivante:

FIGURE 28

Modèle courant de réutilisation des fréquences, pour des cellules carrées à quatre secteurs



Les points noirs correspondent aux emplacements des stations de base. Les limites d'une cellule donnée, composée de 4 secteurs, sont représentées par les lignes en gras dans la partie supérieure gauche de la figure. Suivant cette méthode, le spectre disponible est divisé en quatre groupes de fréquences. Chaque groupe est utilisé une fois par cellule. La même fréquence est réutilisée dans le secteur adjacent d'une cellule adjacente; cependant, les équipements locaux d'abonné de chaque secteur doivent faire face à l'éventualité de la réutilisation de la fréquence par le secteur: c'est

pourquoi le rapport C/I_c est lié au rapport avant/arrière de l'antenne de l'équipement local d'abonné. Il faut donc parvenir à une suppression de bonne qualité des lobes latéraux et des lobes arrière de l'antenne de l'équipement local d'abonné, en particulier si on tient compte des évanouissements différentiels dus à la pluie.

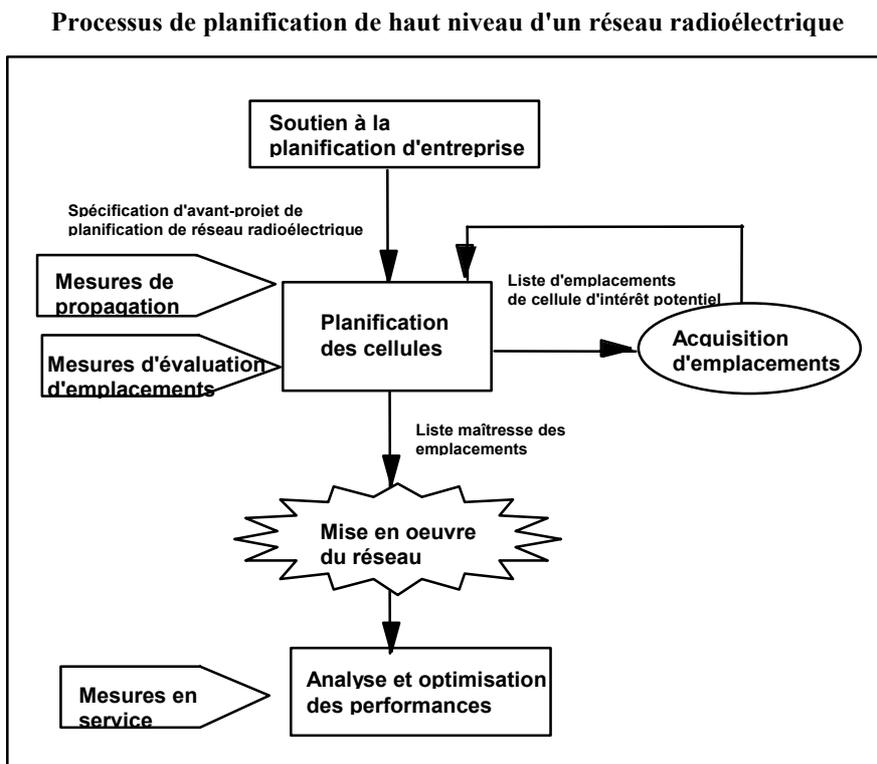
La réutilisation de fréquences la plus proche dans le même canal et dans la même direction se produit dans un secteur situé à une distance correspondant à 5 rayons de cellule. Par exemple, un équipement local d'abonné situé dans le secteur du coin supérieur gauche «voit» une station de base émettant dans le même canal et dans la même direction dans le coin inférieur droit. Le rapport C/I_c pour une propagation en espace libre est de 14 dB dans ce cas; toutefois, il existe souvent d'autres facteurs permettant de réduire encore ce chiffre, comme la faible probabilité de visibilité directe à une telle distance pour une antenne d'équipement local d'abonné présentant une hauteur peu élevée.

L'utilisation conjointe de la polarisation verticale et de la polarisation horizontale peut permettre une réutilisation des fréquences plus intensive. Cela n'est toutefois pas toujours souhaitable, car la polarisation horizontale induit une diminution de la portée du fait d'une augmentation de l'affaiblissement dû à la pluie, et parce que les exigences liées à l'isolation de polarisation deviennent plus contraignantes.

6 Processus de planification de niveau supérieur des réseaux radioélectriques

La planification des réseaux radioélectriques représente une composante importante du processus global d'ingénierie des réseaux. Le présent document utilise le modèle de la Fig. 29 comme modèle de base pour la planification de réseaux radioélectriques. Ce processus se compose de trois principales activités: le soutien à la planification d'entreprise, la planification des cellules et l'analyse et l'optimisation des performances. Le graphique montre diverses activités de soutien ainsi que les produits livrables. Bien que les diverses étapes soient décrites séparément, il existe en fait un chevauchement au fur et à mesure que la conception du réseau passe de la conception initiale à la mise en œuvre et à l'optimisation.

FIGURE 29



Les étapes individuelles du processus sont décrites ci-dessous:

6.1 Soutien à la planification d'entreprise

La planification d'entreprise traite d'une vaste gamme de questions, mais le présent document décrit seulement les activités de soutien relatives à la planification des réseaux radioélectriques. Le soutien à la planification d'entreprise comprend l'évaluation et l'élaboration des aspects clés du plan d'entreprise de l'exploitant à partir de règles simples d'analyse de données démographiques, de trafic prévu, de taille des cellules radioélectriques, de coûts, d'objectifs commerciaux, de recettes, etc. La propagation radioélectrique est seulement considérée sur le plan des règles de planification radioélectrique de haut niveau. Les règles de planification sont fondées sur les cellules hexagonales idéales, sur des plans génériques d'attribution de fréquences et sur des modèles de propagation statistiques basés sur un terrain supposé «quasi uniforme» ou «vallonneux».

Les résultats du processus de planification d'entreprise sont habituellement une estimation du nombre de stations de cellule et du nombre de liaisons de raccordement nécessaires pour assurer la couverture d'un pays ou d'une région, une définition des régions qui doivent être couvertes, un plan de croissance de la capacité, un plan de projet ou de mise en œuvre, une évaluation des coûts du réseau et un plan d'entreprise.

6.2 Planification des cellules

La planification des cellules traite du choix de l'emplacement des cellules et de la modélisation détaillée de la couverture et de la capacité des cellules. Un des premiers objectifs consiste à établir une liste d'emplacements de cellule d'intérêt potentiel qui comportera tous les détails sur la configuration et l'emplacement de toutes les cellules. Cela permettra aux équipes d'acquisition des emplacements d'entreprendre leur travail et aux groupes de planification des transmissions d'évaluer et de planifier les réseaux de liaison de raccordement et de commutation avant la réalisation de la planification détaillée. L'optimisation des modèles de propagation en fonction des environnements nationaux et régionaux pourra exiger un raffinement des modèles. L'appui additionnel à l'acquisition des emplacements pourra exiger la prise de mesures à des emplacements particuliers problématiques ou marginaux. Le résultat de cette phase sera une configuration approuvée de cellules et réseaux dont les performances seront vérifiées (par l'outil de planification) en regard des objectifs en matière de couverture et de capacité, ainsi qu'une liste maîtresse des emplacements.

6.3 Analyse et optimisation des performances

L'objectif de l'analyse et de l'optimisation des performances du réseau est d'obtenir des performances optimales des réseaux d'accès hertzien pendant toutes les phases du cycle de vie du réseau. Les activités de cette étape comprendront la vérification de la couverture et du brouillage et la gestion des plans de croissance. Cette activité sera appuyée par des mesures prises en service au moyen de matériel de mesure et des fonctions intégrées de diagnostic et de mesure du réseau.

6.4 Estimation de trafic et calculs des besoins en matière de spectre

On pourra utiliser la méthode présentée dans la Recommandation UIT-R M.1390 pour estimer le trafic AHF et les besoins correspondants en matière de spectre.

7 Soutien à la planification d'entreprise

La description complète de la planification d'entreprise dépasse la portée du présent document. Ce paragraphe décrit seulement les informations de départ associées à la planification de réseaux radioélectriques.

La planification d'entreprise correspond habituellement à l'étape des appels d'offres en vue de la négociation de contrats. Elle peut ensuite être répétée après l'adjudication du contrat afin de raffiner la conception de haut niveau du réseau et de confirmer que les objectifs de l'exploitant n'ont pas changé, avant que la conception détaillée du réseau ne commence. Les aspects radioélectriques de la planification d'entreprise doivent toujours faire l'objet d'une confirmation avant que la planification des cellules puisse commencer.

La production d'informations de départ principales obtenues au moyen de simples règles d'analyse des données démographiques, du trafic, des dimensions des cellules radioélectriques, des coûts et du service visé par l'exploitant représente l'objectif du soutien à la planification pour le plan d'entreprise de l'exploitant. Ces informations de départ permettront à l'exploitant d'évaluer la faisabilité économique du réseau en termes de conditions du marché, de revenus potentiels et de coûts du système.

La planification d'entreprise est habituellement effectuée à l'aide de modèles de réseau réalisés au moyen d'un tableur. Les feuilles de calcul ainsi réalisées constituent des modèles simples de densité d'abonnés et de trafic, de coûts d'équipements et de couverture radioélectrique idéale sous forme d'hexagones.

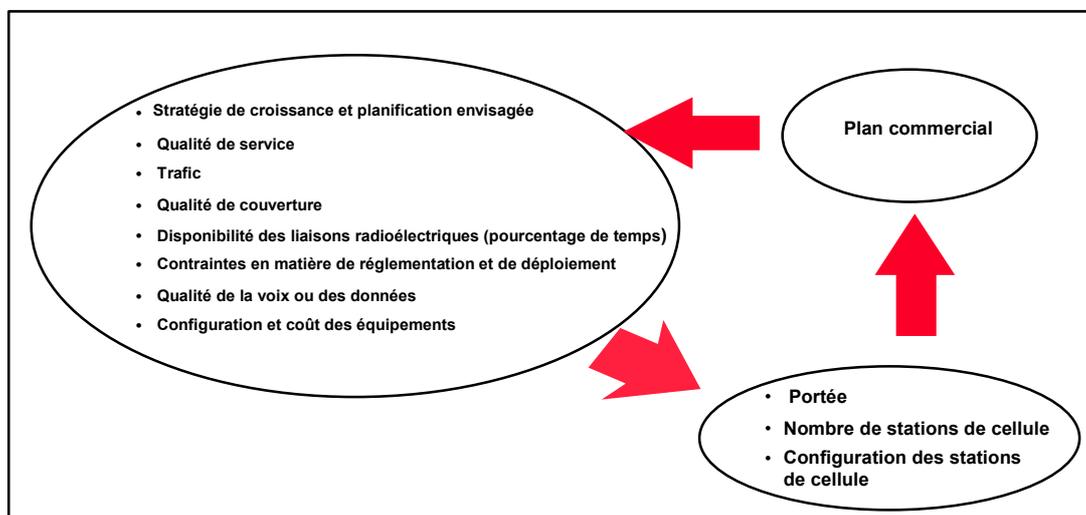
La propagation radioélectrique est seulement considérée sur le plan des règles de planification radioélectrique de haut niveau. Ces règles sont fondées sur les cellules hexagonales idéales, sur des plans génériques d'attribution de fréquences et sur des modèles de propagation statistiques basés sur un terrain supposé «quasi uniforme» ou «vallonneux». Un certain nombre d'objectifs de conception de réseau doivent être pris en considération afin de déterminer les portées radioélectriques qui seront appliquées à la planification d'entreprise.

7.1 Informations de départ clés pour le soutien à la planification d'entreprise

La couverture radioélectrique et la pénétration ont une importance stratégique considérable pour la planification d'entreprise. Un pourcentage élevé du coût d'investissement total de l'infrastructure du réseau est employé pour assurer la couverture radioélectrique. La recherche de l'équilibre coût/performances optimal est donc extrêmement important pour les réseaux d'accès hertzien. Comme le montre la Fig. 30, en tant que participant au processus de planification d'entreprise, l'exploitant du réseau doit prendre des décisions clés au sujet des objectifs de conception du réseau radioélectrique. Ces choix auront un effet direct sur le nombre d'emplacements de stations de base et sur leur configuration.

FIGURE 30

Choix clés de l'exploitant



- Qualité d'écoulement du trafic: définie comme la probabilité de blocage des appels pendant l'heure chargée.
- Qualité de la voix ou des données: définie dans le bilan de liaison sous la forme du taux d'erreur sur les bits (TEB).
- Couverture: définition des zones et des objectifs de couverture comme la qualité de couverture. La qualité de couverture est définie comme étant le pourcentage d'emplacements dans le rayon de la cellule où le TEB sera statistiquement supérieur à la valeur seuil minimale.
- Disponibilité de la liaison radioélectrique: pourcentage du temps où la force du signal reçu dépasse une valeur seuil minimale (seuil déterminé d'après les objectifs relatifs à la voix ou aux données).
- Trafic: trafic possible par abonné, exprimé en Erlangs par abonné, répartition voix/données (service téléphonique ordinaire/télécopie ou données), densités d'abonnés et croissance cible.
- Stratégie de croissance et horizon de la planification: la conception du réseau prévoit-elle une voie de croissance et peut-elle accommoder des changements apportés au plan d'entreprise?
- Relief et couverture au sol (signaux parasites): des marchés différents présenteront des conditions de propagation sensiblement différentes. Ainsi, dans certaines conditions de propagation particulières, on pourra envisager la mise en place de réseaux ruraux à longue portée. Dans la plupart des cas, les modèles de planification d'entreprise décrits dans le présent document seront applicables et le processus décrit dans le paragraphe suivant traitera des portées représentatives.
- Contraintes dues à la réglementation et limites à la mise en place: exigences relatives aux licences ou limites imposées par les licences, disponibilité des fréquences, contraintes s'appliquant à la taille ou à l'emplacement des pylônes, ou encore à la hauteur des antennes d'abonné, etc.
- Pourcentage acceptable de l'aire des cellules touchée par le brouillage: les plans rigoureux de réutilisation de fréquence permettent la conception de réseaux de grande capacité, bien qu'une petite partie des cellules puisse alors être sujette au brouillage. La limite acceptable déterminera le plan de réutilisation et, conséquemment, la capacité que pourra offrir le réseau.
- Configurations et coûts des équipements: types d'équipements, cellules divisées en secteurs ou omnidirectionnelles, coûts des pylônes, etc.

7.2 Principaux résultats du soutien à la planification d'entreprise

Les principaux résultats du soutien à la planification d'entreprise sont normalement une estimation du nombre de stations de cellule et du nombre de liaisons de raccordement requises pour couvrir le pays ou la région, une définition des zones devant être desservies, un plan de croissance de la capacité, un plan de projet ou de mise en œuvre et les coûts quantifiés du réseau.

7.3 Mesures associées au soutien à la planification d'entreprise

Des mesures de la propagation pourraient être requises pendant l'étape de la planification d'entreprise afin de raffiner les modèles de propagation statistiques dans des environnements particuliers ou «inhabituels». Le terme inhabituel peut représenter le cas d'environnements ou de mises en œuvre qui ne respectent pas les conditions de validité énoncées pour les modèles, par exemple dans le cas de stations de cellule à de très grandes hauteurs ou en présence d'une végétation tropicale très dense. Des mesures pourraient aussi être requises pour vérifier des emplacements qui servent de modèles ou pour des essais.

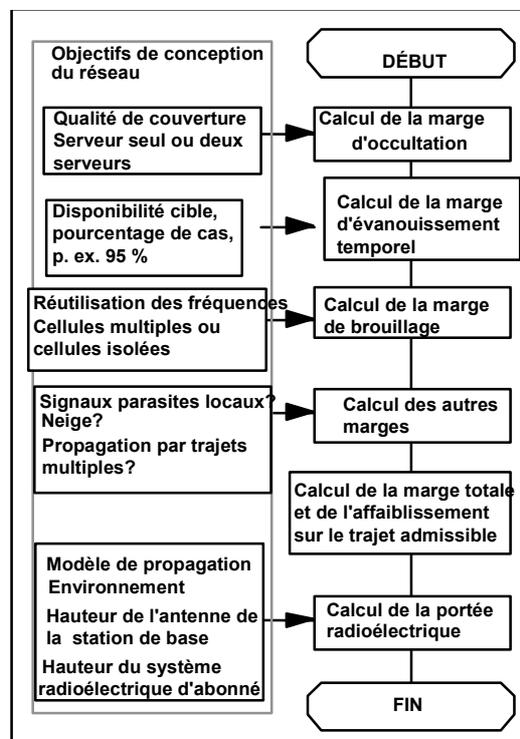
7.4 Calcul de la portée radioélectrique de réseaux d'accès hertzien «standard»

La portée radioélectrique est calculée en appliquant un modèle de propagation au bilan d'affaiblissement admissible sur le trajet. L'affaiblissement admissible sur le trajet est généré à partir des calculs du bilan de liaison et des marges de protection appropriées. Il est à remarquer que la valeur de la portée ainsi calculée est basée sur certaines hypothèses relatives au relief. Dans une situation réelle de mise en œuvre dans une grande région ou en présence de nombreux obstacles, la portée dans toutes les directions pourra être considérablement supérieure ou inférieure à cette valeur. C'est ce qui explique le besoin d'une planification approfondie avant la mise en œuvre.

La Fig. 31 montre les étapes requises pour le calcul de la portée radioélectrique appropriée pour les objectifs de conception du réseau indiqués.

FIGURE 31

Calcul de la portée radioélectrique pour des réseaux d'accès hertzien «standard»

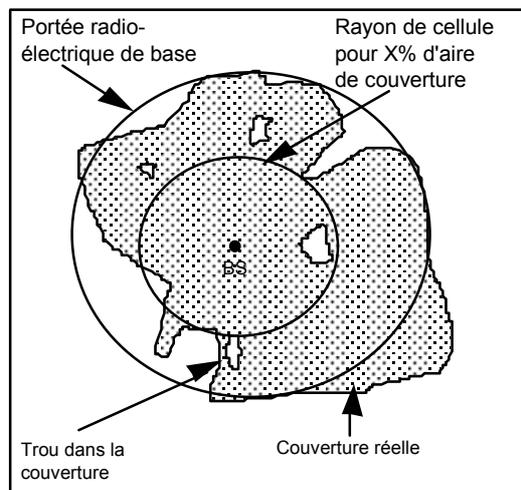


7.5 Marge de protection contre l'occultation et qualité de couverture

Les réseaux d'accès hertzien, comme les autres systèmes de radiocommunication, subiront de l'occultation causée par les ondulations du sol et d'autres obstacles comme les bâtiments, le feuillage, etc. Ainsi, la valeur médiane de force du signal pourra se trouver sous le seuil de sensibilité du récepteur dans un certain pourcentage d'emplacements dans une cellule. La qualité de couverture est définie comme le pourcentage d'emplacements dans le rayon de la cellule où la force du signal dépassera la valeur seuil minimale. Afin d'augmenter la qualité de couverture dans une cellule, il faut ajouter au bilan de liaison une marge de protection contre l'occultation. Cela a pour effet de réduire le rayon de la cellule par rapport à la distance limitée par le bruit. La Fig. 32 illustre ce principe: la qualité de couverture correspondant au rayon réduit de la cellule est supérieure à la qualité de couverture correspondant au rayon défini par la distance limitée par le bruit. La qualité de couverture acceptable pour un exploitant varie habituellement entre 75% et 99%, et les exigences pourront être différentes pour les régions urbaines et les régions rurales.

FIGURE 32

Prévision de la couverture pour un terrain inégal



Le calcul de la marge de protection contre l'occultation exige la connaissance des variations de la valeur médiane locale de force du signal. Cette valeur variera selon l'environnement. On a découvert que la variation de la valeur médiane locale de force du signal suit une répartition log-normale dans de nombreux environnements comme les régions vallonneuses. Il faut toutefois faire preuve de prudence: ce principe ne s'appliquerait évidemment pas dans une région montagneuse.

Il est important de tenir compte des améliorations que peut apporter la diversité des emplacements de stations de base lorsque l'on calcule la qualité de couverture. Au moment de l'installation de l'appareil d'abonné, l'installateur de l'appareil pourrait avoir la possibilité d'assigner l'appareil de l'abonné à une station de base faisant partie d'un groupe déterminé de stations. Cela augmenterait la probabilité d'obtenir un trajet radioélectrique dépassant les seuils limites.

7.6 Marge de protection contre l'évanouissement temporel

Les liaisons radioélectriques d'accès hertzien bidirectionnel entre le système radioélectrique de l'abonné et la station de base subiront des variations à court terme du niveau du signal. Ces évanouissements «temporels» se manifestent sous forme d'une dégradation du TEB du système, que l'on ne retrouve pas dans un environnement sans évanouissement. Une marge est donc appliquée au bilan de liaison afin de réduire la probabilité d'un évanouissement qui abaisserait la force du signal sous le niveau de sensibilité, ce qui correspondrait à l'absence de disponibilité de la liaison radioélectrique. La disponibilité de la liaison radioélectrique est définie comme une mesure à long terme qui décrit le pourcentage de temps pendant lequel la force du signal est suffisante pour offrir le niveau de qualité spécifié.

Les systèmes AHLB exploités pour des trajets en visibilité directe à des fréquences supérieures à 10 GHz subissent généralement un évanouissement temporel important dû à la pluie. La marge de protection contre l'évanouissement dépend de la disponibilité souhaitée et des statistiques de fréquence et d'intensité des pluies dans la région considérée. Aux fréquences inférieures, l'évanouissement temporel est surtout dû à l'évanouissement par trajets multiples non stationnaires consécutif aux mouvements des objets dans l'environnement.

7.7 Marge de protection contre le brouillage

Une marge est requise afin de tenir compte de la dégradation de la sensibilité due au brouillage dans le même canal et au brouillage par les canaux adjacents. La valeur précise requise sera fonction de la mise en œuvre particulière et elle pourra différer pour la liaison entrante et la liaison sortante.

Les systèmes AHLB sont généralement conçus pour offrir une disponibilité très élevée (de 99,9% à 99,99%), chaque liaison desservant en général un très grand nombre d'utilisateurs finals, souvent pour des applications professionnelles à caractère critique. Les marges de protection contre le brouillage varient souvent de 0,5 à 1 dB, ce qui signifie que le brouillage doit être maintenu à un niveau inférieur de plusieurs dB au niveau du bruit de fond thermique du récepteur. Dans certaines régions, les réglementations peuvent prévoir une réserve supplémentaire de 3 dB permettant des mises en œuvre futures.

7.8 Autres marges de bilan de liaison

D'autres marges de bilan de liaison pourraient s'ajouter aux marges de protection contre l'occultation, l'évanouissement temporel et le brouillage décrites aux paragraphes précédents. Ces marges seront nécessaires en raison des phénomènes suivants:

- Les signaux réfléchis parasites autour du système radioélectrique de l'abonné – Par exemple, si l'on prévoit qu'il y aura du feuillage à proximité ou dans le trajet radioélectrique, on pourrait en tenir compte en tant que marge de protection.
- L'évanouissement dû aux chutes de neige n'est pas appréciable, mais si la neige s'accumule pendant de longues périodes devant le système radioélectrique de l'abonné ou l'antenne de la station de base, il pourrait être approprié de calculer une marge de protection correspondante.
- Les trajets au-dessus de vastes étendues d'eau.
- La propagation par trajets multiples – Pour certaines installations particulières, la réflexion spéculaire sur de grands bâtiments, des montagnes, etc. pourrait causer de la propagation par trajets multiples, entraînant des retards dont la valeur avoisinerait la durée des symboles. L'antenne directive du système radioélectrique d'abonné causera habituellement un affaiblissement important des signaux retardés par rapport au signal reçu par propagation directe. Les plus graves problèmes se produiront lorsque les réflexions spéculaires seront présentes dans le faisceau principal, alors que l'antenne du système radioélectrique d'abonné pointe vers la station de base. Dans la mesure du possible, on évitera le recours aux antennes omnidirectionnelles à proximité des édifices de grande taille.

7.8.1 Exemple de bilan de liaison pour un système AHLB

La portée d'un système AHLB typique varie entre 1,5 et 5 km et dépend surtout de la marge de protection contre l'évanouissement temporel. Celle-ci dépend de la fréquence, de la polarisation, de la région de pluie considérée et de la disponibilité souhaitée. On privilégie la polarisation verticale. Les bilans de liaison des systèmes AHLB présentent généralement des limitations sur la voie descendante (de la station de base vers l'équipement local d'abonné), car celle-ci est souvent beaucoup plus large que la liaison montante. Il est de plus possible de combiner plusieurs porteuses de la voie descendante dans le même préamplificateur, ce qui nécessite un fort abaissement de puissance pour préserver la linéarité du préamplificateur. On trouvera dans le Tableau ci-après un exemple de bilan de liaison possible sur la liaison descendante.

Paramètre	Valeur	Commentaires
Fréquence	28 GHz	
Zone hydrométéorologique	K	Désignation des zones hydrométéorologiques de l'UIT
Polarisation	Vertical	
Modulation	MAQ-16	A une incidence sur l'abaissement de puissance et le seuil du récepteur
Largeur de bande de la voie	20 MHz	
Nombre de voies combinées	2	
Emetteur:		
Puissance de saturation du préamplificateur	24 dBm	Point de compression de 1 dB par rapport à la flasque d'antenne
Abaissement de puissance pour la linéarité	7 dB	Lié aux prescriptions en matière de modulation, de nombre de porteuses, de qualité d'intermodulation du préamplificateur, ainsi qu'en matière de rayonnements non essentiels
Puissance totale émise	17 dBm	
Puissance nette émise par porteuse	14 dBm	
Gain d'antenne de l'émetteur	18 dBi	Secteur de 90°, ouverture de faisceau verticale de 4°
Puissance isotrope rayonnée équivalente nette	32 dBm	
Récepteur:		
Bruit thermique	-174 dBm/Hz	
Facteur de bruit	7 dB	Par rapport à la flasque de l'antenne
Largeur de bande du bruit	72 dBHz (16 MHz)	Dans l'hypothèse d'un facteur de décroissance de 25%
Rapport C/N requis	16 dB	Dépend de la modulation, du système de correction d'erreur directe et du TEB souhaité
Marge de protection pour la mise en œuvre du modem	1,5 dB	Dépend de la qualité du modem
Marge de protection contre le brouillage	1 dB	Pour une marge de 1 dB, le brouillage doit être inférieur de 6 dB à la somme du bruit de fond thermique et du facteur de bruit
Seuil net du niveau de signal reçu	-76,5 dBm	
Gain de l'antenne du récepteur	36 dBi	Parabole d'environ 30 cm
Gain total du système	144,5 dB	p.i.r.e. - seuil du récepteur + gain de l'antenne du récepteur
Portée	3,9 km	
Affaiblissement sur le trajet en espace libre	133,2 dB	
Affaiblissement dû aux gaz de l'atmosphère	0,4 dB	
Marge de protection contre l'évanouissement temporel	10,9 dB	
Disponibilité	99,95%	

7.9 Calcul de la portée pour les réseaux ruraux de faible densité

Pour les réseaux ruraux à longue portée décrits au § 4, des marges doivent être calculées pour tenir compte de l'évanouissement de diffraction, de l'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples et peut-être aussi de la dispersion dans des conditions atmosphériques anormales. Les résultats de ces calculs dépendront étroitement des facteurs environnementaux.

7.10 Capacité et portée du réseau radioélectrique

Le rayon maximal d'une cellule sera limité par un ou deux facteurs: la capacité (qui dépend de la densité des abonnés) ou la portée pour une qualité de couverture et un degré de disponibilité donnés (c'est-à-dire portée maximale).

7.11 Planification de haut niveau des fréquences

Les systèmes d'accès hertzien, comme les systèmes cellulaires de radiocommunication mobile, font appel à la réutilisation des fréquences pour assurer une couverture à grande échelle. Un bloc de fréquences est assigné à chaque station de base et ces fréquences demeurent attribuées à cette station de base même lorsqu'aucun appel n'est en cours. Une fréquence peut être réutilisée par une autre station si la distance entre les deux stations de base est suffisante pour prévenir le brouillage. Le brouillage causé par l'utilisation commune d'un même canal se nomme brouillage dans le même canal et c'est le principal problème rencontré dans l'élaboration de plans de réutilisation des fréquences.

7.12 Stratégies de croissance des réseaux radioélectriques

Les stratégies de croissance des réseaux radioélectriques ont pour objet la fourniture d'une capacité additionnelle à mesure que les activités d'un exploitant s'accroissent. La stratégie de croissance d'un système d'accès hertzien diffère sensiblement de celle des systèmes cellulaires en raison de la directivité de l'antenne du système radioélectrique de l'abonné et de l'utilisation de la discrimination par polarisation. Comme le système est optimisé pour les abonnés fixes, il ne se produit pas de transfert entre stations de base. Ainsi, lorsque la taille du réseau augmente, si l'exploitant souhaite relier un abonné à une nouvelle station ou à une autre station de base, il doit retourner au système radioélectrique de l'abonné, repointer physiquement ce système et recommencer le processus de rattachement et d'enregistrement du système radioélectrique de l'abonné. Dans certains cas, il sera nécessaire d'installer à nouveau le système radioélectrique de l'abonné dans une nouvelle position, lorsque le trajet vers la nouvelle station de base est fortement encombré par rapport à l'emplacement initial du système radioélectrique de l'abonné. L'utilisation de la polarisation et de l'antenne directive du système radioélectrique d'abonné afin d'obtenir la discrimination entre cellules brouilleuses permet l'obtention de plans de réutilisation des fréquences plus serrés que dans le cas des systèmes cellulaires classiques. Il faut toutefois tenir compte de ces paramètres dès le départ, afin d'éviter les visites additionnelles chez l'abonné qui auraient pour objet de changer la polarisation.

La division des cellules sert à accroître la capacité des réseaux radioélectriques. Lorsque le nombre de voies téléphoniques de chaque cellule n'offre plus une capacité suffisante, on peut subdiviser la cellule initiale en cellules plus petites. La division des cellules peut se réaliser de diverses manières:

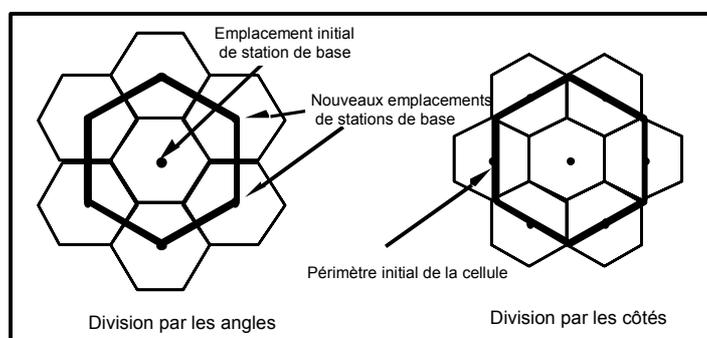
- *Division par les angles* – Selon cette méthode, de nouveaux emplacements sont établis aux angles de la cellule originale. Le rapport des rayons des cellules est égal à $\sqrt{3}$ (racine carrée de 3), et il faut donc trois fois plus d'emplacements que le nombre initial. L'aire de la cellule divisée est le tiers de l'aire de la cellule initiale. Par conséquent, si la structure de réutilisation des fréquences demeure constante, on obtiendra une capacité trois fois plus élevée par unité de surface. Il s'ensuit aussi que si les abonnés sont répartis uniformément, environ 66% des antennes d'abonné devront être repointées vers de nouvelles stations de base après la division de cellules par les angles.

- *Division par les côtés* – Selon cette méthode, les nouvelles stations sont établies au milieu des côtés de la cellule initiale. Le rapport des rayons des cellules est de 2, et il faut donc quatre fois plus d'emplacements que le nombre initial d'emplacements. L'aire de la cellule divisée est le quart de l'aire de la cellule initiale et si la structure de réutilisation des fréquences demeure constante, on obtiendra une capacité quatre fois plus élevée par unité de surface. Il s'ensuit aussi que si les abonnés sont répartis uniformément, environ 75% des antennes d'abonné devront être re-pointées vers de nouvelles stations de base après la division de cellules par les côtés.

La Fig. 33 illustre les méthodes de division par les angles et par les côtés.

FIGURE 33

Cellules à alimentation centrale divisées par les angles et divisées par les côtés



8 Planification des cellules

La planification des cellules fait appel à la modélisation détaillée de la couverture et de la capacité des cellules. Elle vise à produire une liste d'emplacements de cellule d'intérêt potentiel dès que possible. On obtient ainsi les détails initiaux sur la localisation de tous les emplacements et sur la configuration, et cela permet aux équipes d'acquisition des emplacements d'entreprendre leurs tâches et aux groupes de planification des transmissions d'évaluer et de planifier les réseaux de raccordement et de commutation. Les équipes d'acquisition des emplacements continuent de recevoir un soutien alors que les emplacements sont évalués et le plan du réseau est continuellement mis à jour. Des mesures d'évaluation d'emplacement doivent être effectuées aux emplacements problématiques ou présentant des caractéristiques limites. L'étape de planification des cellules a pour résultat un plan approuvé de cellules et de réseau, les performances étant vérifiées au moyen de l'outil de planification d'après les objectifs de couverture et de capacité.

L'équipe de planification des réseaux radioélectriques doit fournir la liste des emplacements de cellule d'intérêt potentiel, indiquer les zones de recherche et fournir des cartes marquées aux équipes de recherche d'emplacements. Des ressources en matière de planification de réseaux radioélectriques doivent être disponibles afin de fournir des conseils au sujet des emplacements posant des problèmes particuliers ou dont la localisation n'est pas idéale. Cela signifie des visites aux emplacements, des évaluations d'emplacements au moyen de matériel de mesure et la modélisation au moyen de l'outil de planification.

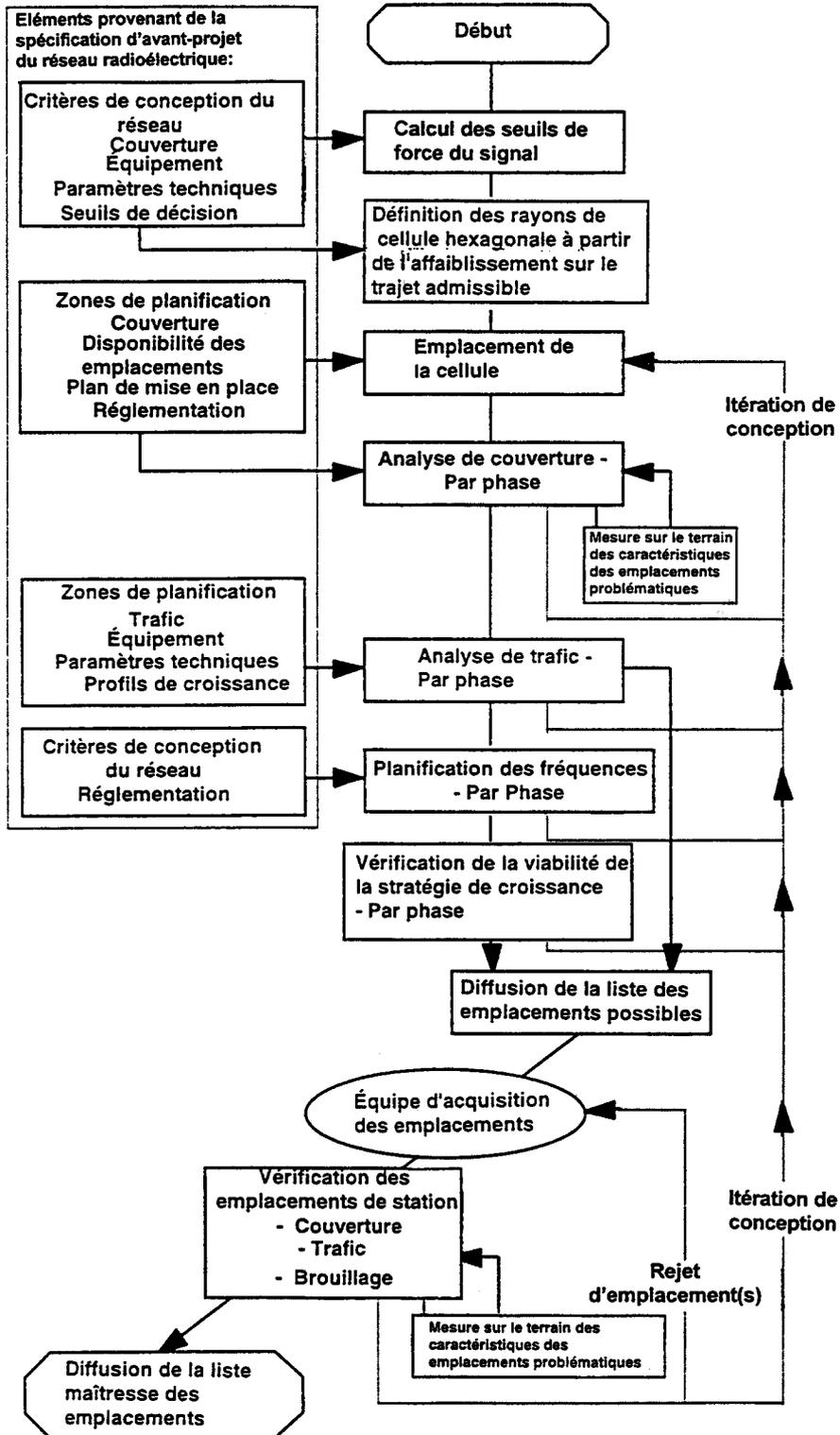
Il est impossible, dans le présent manuel, de décrire un processus définitif de planification des cellules, car les groupes de planification auront leur propre méthodologie et leur propre «style». Un processus générique de planification des cellules pour l'accès hertzien est présenté et utilisé afin de mettre en relief les aspects particuliers de la planification des accès hertziens. Les informations d'entrée et les résultats du processus sont décrits et les éléments dont la pertinence est particulièrement élevée pour la planification de l'accès hertzien sont soulignés.

La Fig. 34 illustre un processus type de planification des cellules. Les paragraphes ci-dessous résument les principaux éléments de ce processus:

- Seuils d'intensité du signal – Des seuils doivent être établis en vue de l'évaluation de la couverture. Ces seuils seront basés sur les bilans de liaison auxquels sont ajoutées des marges afin de tenir compte de l'occultation produisant un évanouissement à répartition log-normale. En outre, des seuils cibles de décision correspondant à la perte de clientèle et à l'échec des mesures sur le terrain permettront d'établir si l'intensité du signal est Suffisante, Insuffisante ou Peut-être suffisante.
- Emplacement des cellules – Lorsque les seuils d'intensité du signal sont déterminés, un ensemble convenable d'emplacements de cellules hexagonales peut être établi. Ces emplacements pourront être utilisés comme emplacements initiaux des cellules et ils donneront une indication grossière de la couverture.
- Analyse de la couverture – La couverture assurée par les cellules est analysée et la couverture globale peut être déterminée pour une zone. Cette étape devra être reprise à chaque phase de la mise en place du réseau.
- Analyse du trafic – L'analyse du trafic sera modélisée en tenant compte de la nature fixe du rattachement du système radioélectrique de l'abonné. Lorsqu'un système radioélectrique d'abonné a été installé et rattaché à une station de base, à moins qu'il y ait repointage d'antenne et reprise du rattachement, le système radioélectrique de l'abonné générera toujours du trafic acheminé par une seule station de base, même si une autre station de base est ajoutée. L'outil de planification reprend cette caractéristique en utilisant des couches fixes et incrémentielles de trafic pour chaque phase.
- Planification des fréquences – La planification des fréquences pour l'accès hertzien est semblable à la planification des fréquences des réseaux cellulaires. La vérification de la localisation des emplacements comprend les activités suivantes:
 - vérifier si l'emplacement est convenable et situé à un point adéquat;
 - évaluer la couverture et le brouillage au point réel par rapport à la position idéale. Modifier les plans afin de tenir compte des emplacements non idéaux, tout en respectant les objectifs de planification du réseau;
 - vérifier l'accessibilité et les services publics disponibles;
 - soutenir la planification des transmissions;
 - étudier les questions de délivrance de licences d'utilisation de fréquences propres à l'emplacement.

FIGURE 34

Processus de planification des cellules



9 Analyse et optimisation des performances du réseau

L'analyse et l'optimisation des performances du réseau visent à obtenir des performances optimales des réseaux d'accès hertzien à tout point de leur cycle de vie. Tous les réseaux radioélectriques subissent continuellement des changements avec l'ajout de nouveaux emplacements de cellule, l'amélioration d'anciens emplacements, l'assignation de fréquences supplémentaires à ces emplacements, la division d'emplacements omnidirectionnels en emplacements sectorisés, la mise en œuvre de nouveaux plans de fréquences dans différentes régions, etc. En bref, il n'existe pas de plan de réseau final, car le plan est en évolution constante. Il faut qu'au cours de cette évolution les performances du réseau radioélectrique demeurent optimales, d'où la nécessité d'un processus d'ajustement et d'optimisation. Les activités de cette phase comprendront la gestion des plans de croissance et la vérification de la couverture et du brouillage. Ces activités seront appuyées par la réalisation de mesures en service.

La liste ci-dessous résume les activités requises par cette phase:

- Collecte et analyse de données sur le trafic, niveaux de blocage et abandons d'appel
- Gestion de la croissance, du nombre de circuits supports, des modifications du plan de fréquences, de la division des cellules, des emplacements additionnels, etc.
- Evaluation et résolution des problèmes de qualité du réseau.

L'acceptation du réseau radioélectrique, associée à plusieurs contrats d'études clés en main de la couverture radio, peut faire partie des essais de recette de l'ensemble du système.

La capacité intégrée de mesure et de collecte de vastes quantités de données sur les performances radioélectriques des réseaux d'accès hertzien offrira de bonnes possibilités d'analyse et d'optimisation des méthodes de mesure spécifiques aux réseaux.

10 Résumé des aspects de la planification radioélectrique

Le présent paragraphe comporte des listes récapitulatives qui seront utiles pour la planification d'un système d'accès hertzien:

Spécification d'avant-projet de planification de réseau radioélectrique

Le Tableau 4 montre un contenu représentatif de spécification d'avant-projet.

Liste d'emplacements de cellule d'intérêt potentiel

Le Tableau 5 montre un contenu représentatif de liste d'emplacements de cellule d'intérêt potentiel.

Liste maîtresse des emplacements

Le Tableau 6 montre le contenu représentatif d'une Liste principale d'emplacements

Rapport de planification des cellules

Le Tableau 7 donne les détails de l'information type obtenue lorsqu'un plan de cellule est terminé. Cette information devrait donner une vue sommaire du plan de réseau ainsi que les détails sur toutes les hypothèses et les paramètres utilisés en vue de l'optimisation future et de la reprise du plan de réseau.

TABLEAU 4

Spécification d'avant-projet de planification du réseau radioélectrique

Genre d'information	Paramètres
Zones/régions de planification	Définitions par polygones des zones/groupes/villes Hypothèses relatives à l'environnement, par zone Ordre de priorité de zones de planification (comprenant les villes/groupes classés par priorité dans les zones)
Couverture	Objectifs de couverture par zones de planification et environnements Qualité de couverture Besoins spéciaux de couverture/régions
Trafic	Qualité d'écoulement du trafic Profils d'abonné (mE/abonné) Composition des appels (télécopie/téléphonie/modem) Nombre moyen de lignes par abonné Densités d'abonnés par zone/région Croissance cible du trafic Pénétration cible Capacité initiale du réseau à son lancement
Equipement	Configurations des stations de base Configurations des équipements d'abonné Coût des équipements Besoins en matière de liaisons de raccordement pour chaque configuration Pylônes Capacité des stations de base
Autres critères de conception du réseau	Disponibilité de la liaison radioélectrique Qualité de la voix TEB pour les données Pourcentage de l'aire de la cellule perdu en raison du brouillage
Réglementation	Prescriptions relatives aux licences Disponibilité du spectre ou contraintes s'y appliquant Contraintes de planification - taille et emplacement des pylônes, etc.
Paramètres techniques	Résumé des paramètres techniques utilisés/supposés dans la conception: – Version du modèle de propagation (Planification d'entreprise) – Version(s) du modèle de propagation (Planification des cellules) – Bilan de liaison – Modèle de trafic – Marge de protection contre l'évanouissement temporel – Marge de protection contre l'occultation – Autres marges de protection
Plan de mise en œuvre	Nombre d'emplacements de base par zone de planification (à la mise en œuvre et aux étapes de croissance) Configuration des emplacements de base (à la mise en œuvre et aux étapes de croissance)
Profils de croissance	Croissance de la couverture par année ou par incréments de planification Croissance du trafic ou pénétration du marché par année ou par incréments de planification Stratégies de croissance des éléments ci-dessus Horizon de la planification
Disponibilité des emplacements	Difficultés de planification connues Emplacements existants d'exploitants Emplacements se prêtant facilement à des installations
Données cartographiques	Spécification et disponibilité: – Des données topographiques – Des données sur les signaux réfléchis parasites – Des données vectorielles (facultatif)

TABLEAU 5

Liste d'emplacements de cellule possibles

Genre d'information	Paramètres
Liste d'emplacements de cellule possibles (par phase)	Identification de l'emplacement Nom de l'emplacement Latitude/longitude Hauteur du sol Phase Configuration (c'est-à-dire cellules omnidirectionnelles ou à trois secteurs, polarisation verticale ou horizontale) Configuration de station de base Nombre de circuits supports Niveaux de puissance Genre d'antenne, hauteur, orientation, inclinaison verticale, polarisation
Cartes	Zone de recherche Cartes marquées

TABLEAU 6

Liste principale d'emplacements

Genre d'information	Paramètres
Liste maîtresse des emplacements (par phase)	Identification de l'emplacement Nom de l'emplacement Latitude/longitude Hauteur du sol Phase Configuration (c'est-à-dire cellules omnidirectionnelles ou à trois secteurs, polarisation verticale ou horizontale) Configuration de station de base Nombre de circuits supports Niveaux de puissance Genre d'antenne, hauteur, orientation, inclinaison verticale, polarisation Information sur l'emplacement fournie par les chercheurs d'emplacements: <ul style="list-style-type: none"> - Propriétaire(s) - Emplacement - Cartes détaillées de l'emplacement - Photos - Rapport d'étude sur l'emplacement - Résultat des mesures à l'emplacement (le cas échéant)

TABLEAU 7
Contenu du rapport de planification des cellules

Genre d'information	Paramètres
Plan de mise en œuvre	Nombre total d'emplacements par phase Nombre d'emplacements de station de base par zone de planification par phase Documentation de l'installation et de la mise en œuvre
Coûts du réseau radioélectrique	Coût par zone par phase Coût d'un emplacement (comprenant équipement, mise en service, coût de l'emplacement)
Zones/régions de planification	Définitions par polygones des zones/groupes/villes Changement de zone selon la phase
Résultats de la couverture (par phase)	Cartes de couverture Statistiques sur la couverture
Analyse du brouillage (par phase)	Carte sur les rapports C/I_c Carte sur les rapports C/I_a Statistiques sur les rapports C/I_c Statistiques sur les rapports C/I_a
Analyse du trafic	Capacité totale par zone Nombre d'abonnés par zone Cartes de trafic
Plan de fréquences	Groupes de fréquences Assignation de fréquence Polarisation
Plan de croissance	Plan de croissance de la capacité Plan de croissance de la couverture Emplacements par phase
Besoins de conception (selon la spécification d'avant-projet de planification du réseau radioélectrique)	Couverture Trafic Équipement Autres critères Réglementation Paramètres techniques Plan de mise en œuvre Profil de croissance
Paramètres techniques	Résumé des paramètres techniques utilisés/supposés dans la conception: <ul style="list-style-type: none"> - Version(s) du modèle de propagation (Planification des cellules) - Détails de l'ajustement du modèle - Données de mesure de la propagation - Bilan de liaison - Modèle de trafic - Marge de protection contre l'évanouissement temporel - Marge de protection contre l'occultation - Autres marges de protection - Diagrammes de rayonnement d'antenne - Données topographiques - Données sur les signaux réfléchis parasites - Données vectorielles

ANNEXE 4

Descriptions détaillées: systèmes basés sur des normes existantes d'interfaces hertziennes

Les paragraphes suivants décrivent plus en détail chacun des systèmes basés sur les normes existantes d'interfaces radioélectriques mobiles. L'objectif de ces paragraphes est d'offrir une connaissance de base des systèmes en ce qui concerne la technologie, l'architecture et la configuration ainsi que les caractéristiques de chaque système, certains de leurs principaux avantages et certaines applications représentatives.

De manière générale, ces systèmes d'accès hertzien font appel à un poste téléphonique ordinaire installé au domicile ou dans l'entreprise de l'abonné. Cependant, au lieu d'être branché dans une prise qui le relie au commutateur téléphonique local par l'intermédiaire d'une paire torsadée de fils de cuivre ordinaire, le poste est raccordé au commutateur par liaison radioélectrique. Lorsque l'abonné fait/reçoit un appel, le signal de commande et le signal vocal sont transmis par l'intermédiaire d'une liaison radioélectrique établie avec la station radioélectrique la plus proche, qui transmet/reçoit ces signaux par l'intermédiaire d'un circuit numérique à destination/en provenance d'un centre de commutation du réseau. L'appel est ensuite acheminé par le réseau de télécommunication terrestre public classique jusqu'à sa destination. Un appel entrant est acheminé et transmis de la même manière, par des lignes terrestres, du réseau filaire public au centre de commutation du réseau, jusqu'à la station radioélectrique appropriée puis, par liaison radioélectrique, jusqu'au poste téléphonique de l'abonné.

1 Systèmes d'accès hertzien à la norme D-AMPS/AMRT

1.1 Généralités

Il s'agit de systèmes numériques d'accès hertzien à technologie AMRT qui sont entièrement compatibles avec les normes IS-54/IS-136. Ces systèmes offrent la qualité de signal vocal et la sécurité des conversations permises par les techniques numériques et peuvent être configurés pour fonctionner dans les bandes des 450 MHz et/ou 800 MHz. Outre les services vocaux, ces systèmes peuvent aussi assurer des services de télécopie et de transmission de données. Cet ensemble de fonctions additionnelles est disponible à titre facultatif, lorsque les besoins du marché le justifient.

1.2 Technologie, architecture et configurations

Etant donné que les systèmes à la norme D-AMPS AMRT utilisent de la technologie non exclusive et sont compatibles avec les normes IS-54/IS-136 d'interfaces radioélectriques partagées reconnues à l'échelle internationale, les appareils des abonnés au service d'accès hertzien peuvent être achetés auprès de divers vendeurs sur le marché commercial. Dans la même ligne de pensée, les perfectionnements technologiques se poursuivront et de nouveaux produits deviendront disponibles au fur et à mesure que les normes évolueront. Consulter le Tableau 2 de la Recommandation UIT-R M.1073 pour avoir une analyse détaillée des améliorations de la capacité selon les divers stades d'évolution.

1.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique (Bande des 800 MHz)

Classe d'émission:

- voies de trafic 40K0G7WDT
- voies de commande 40K0G1D

Méthode d'accès	AMRT
Bandes de fréquences d'émission (MHz):	
- stations de base	869-894
- stations mobiles	824-849
Séparation duplex (MHz)	45
Espacement des porteuses RF (kHz)	30
Nombre total de voies duplex RF	832
Modulation	MDP-4 à codage différentiel avec déphasage de $\pi/4$ (facteur d'affaiblissement = 0,35)
Débit de transmission (kbit/s)	48,6

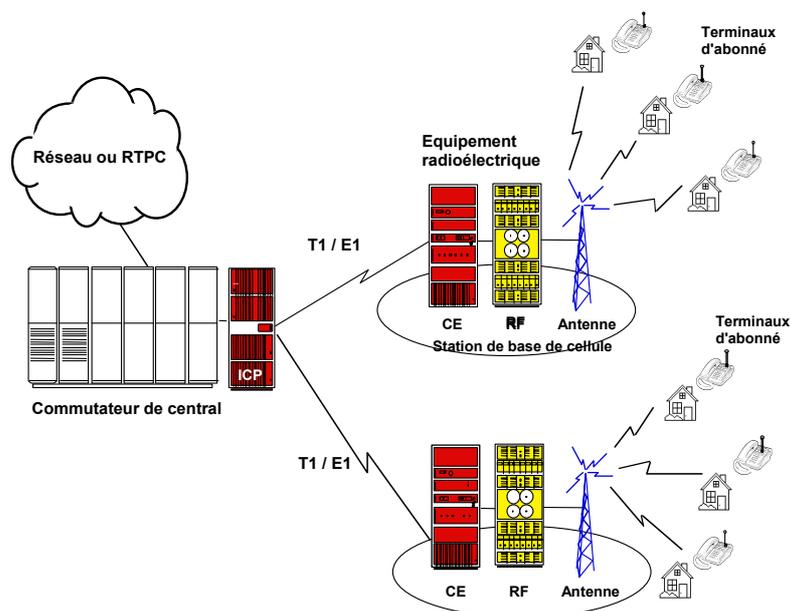
1.2.2 Configuration du réseau

Dans une configuration type, ces systèmes d'accès hertzien sont simplement raccordés à un centre de commutation local ou interurbain au moyen d'interfaces et de fonctions standard ou exclusives en tant qu'unités distantes intelligentes. Ces systèmes permettent la mise en place de macrocellules et de microcellules, ce qui leur donne la capacité intrinsèque de traiter de manière économique les applications à faible densité et à forte densité. Cette caractéristique simplifie la planification du réseau et réduit au plus bas les frais de maintenance et de formation car une seule série simplifiée de produits est mise en place. Dans le même ordre d'idée, ces systèmes peuvent croître de manière modulaire en vue de desservir des millions d'abonnés.

L'architecture fondamentale de ces systèmes est illustrée à la Fig. 35. Le système d'accès hertzien se compose d'équipements de commutation et d'équipements radioélectriques de station de cellule. Un système de base comporterait un contrôleur et une station de base numérique dotée d'une baie d'équipement commun (CE) et d'une baie d'équipement radiofréquence (RF). Les stations de radiocommunication de base des cellules se trouvent habituellement à une certaine distance du commutateur de central, normalement dans les cellules où se trouvent les abonnés. Un certain nombre de stations de base de cellule sont reliées au commutateur de central comme dans la Fig. 35. La station de cellule comporte aussi les antennes.

FIGURE 35

Architecture des systèmes d'accès hertzien à la norme D-AMPS (AMRT)



Les fonctions de chacun des éléments de l'architecture du système sont les suivantes:

Commutateur de central

Le commutateur de central offre les fonctions de traitement d'appel qui seront utilisées par les terminaux de proximité de manière transparente par le biais de l'équipement de la station de cellule. La connectivité entre le commutateur et la station de cellule peut être fondée sur le concept de concentration ou de non-concentration. Dans le cas de la concentration, une voie téléphonique donnée entre le commutateur de central et la station de cellule peut être utilisée pour tout appel à destination ou en provenance d'un terminal utilisateur. Dans le cas de la non-concentration, les voies téléphoniques sont préattribuées à des terminaux donnés.

Le commutateur de central peut être configuré comme suit:

- il peut fonctionner avec une combinaison réseau fixe/réseau mobile;
- il peut assurer des services propres à l'accès hertzien comme la transmission cellulaire de données en paquets (CDPD, *cellular digital packet data*) et les services de transmission de messages brefs (SMS, *short message services*);
- il peut être disponible en diverses grandeurs selon la taille du marché et la capacité de trafic.

Les périphériques du commutateur de central assurent la liaison avec le monde extérieur. Ils assurent l'interface entre le processeur central du commutateur de central et les lignes, les circuits et les voies radioélectriques (RF) qu'il dessert. Dans une configuration représentative, les modules périphériques sont des périphériques cellulaires intelligents (ICP, *intelligent cellular peripherals*), des contrôleurs de circuits numériques internationaux (IDTC et PDTC), des modules de circuits de maintenance (MTM, *maintenance trunk modules*), des modules de circuits de téléchargement (PTM) et des modules de circuits de service (STM, *service trunk modules*). Les périphériques assurent l'interface entre le réseau de commutation et les lignes numériques de l'exploitant, des installations analogiques et/ou des circuits d'essai. Des microprocesseurs assurent leur commande et ils prennent en charge la supervision des communications, la synchronisation d'impulsions de numérotation, l'émission et la réception de chiffres multifréquences et multifréquences bi-tonalité ainsi que la conversion analogique-numérique. Ils assurent aussi la supervision des réponses par détection d'audiofréquences lorsqu'il n'y a pas de signal de réponse matériel reçu du centre directeur.

Equipement de la station de cellule

L'équipement de la station de radiocommunication (de base) d'une cellule convertit les signaux vocaux en bande de base en signaux RF modulés en fréquence sur 450 ou 800 MHz. Il constitue l'interface intelligente entre le commutateur de central et les abonnés desservis par le système. L'équipement type est modulaire, d'installation et de maintenance faciles, et il loge les unités radioélectriques bimode (DRU, *dual-mode radio units*). Diverses configurations de stations de cellule (simplex sans redondance, duplex avec mode de partage de la charge, etc.) sont disponibles selon les applications. Le gestionnaire d'équipement de cellule est utilisé pour configurer les stations de cellule et fournir les informations d'état et les alarmes relatives aux stations de cellule. Il se trouve en général au même endroit que le commutateur de central.

Unité radioélectrique bimode

La DRU est compatible avec les systèmes D-AMPS et AMPS.

Équipement d'abonné

Diverses options sont offertes quant à l'équipement d'abonné. L'option la plus «conviviale» est un poste téléphonique résidentiel ou commercial normal doté de fonctions d'émission et de réception radioélectriques (voir Fig. 36). Ce téléphone peut comporter en option un jack RJ-11 qui permet le branchement de plusieurs postes supplémentaires, d'un télécopieur ou d'un modem.

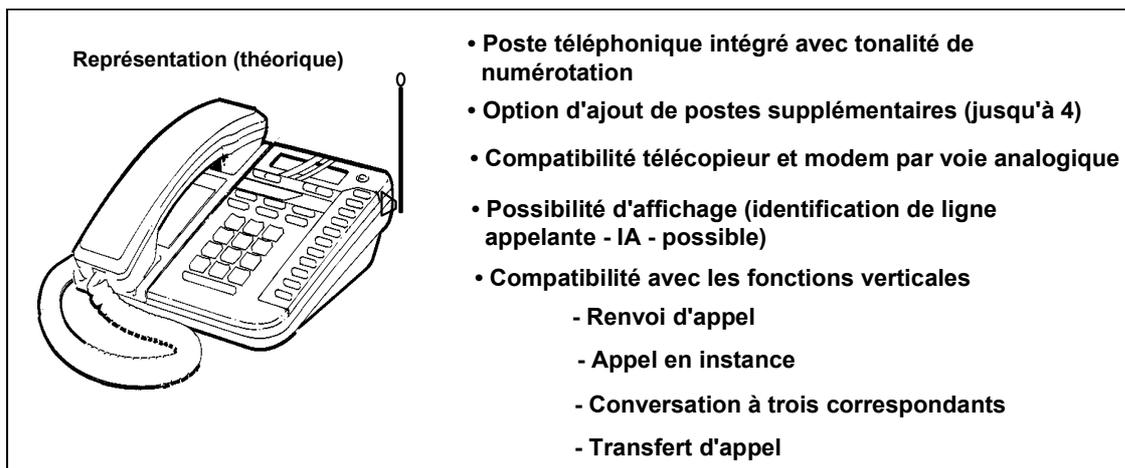
Le terminal-convertisseur doté d'une interface normale pour téléphones ordinaires et qui offre une liaison de conversion entre le poste téléphonique standard de l'abonné et le système d'accès hertzien est une autre possibilité. Ces terminaux-convertisseurs permettent de brancher à chaque terminal-convertisseur des téléphones supplémentaires, des télécopieurs, des modems d'ordinateur, des publiphones et des postes téléphoniques de bureaux d'appels publics.

Pour que le service fourni soit identique à celui dont bénéficie un abonné filaire, la tonalité de numérotation et la sonnerie font partie du service téléphonique de base attaché au terminal utilisateur.

Toutes les formes d'équipement d'abonné offrent une option d'alimentation de secours à pile et elles sont disponibles auprès de divers vendeurs.

FIGURE 36

Terminaux – Principales caractéristiques



1.3 Résumé des caractéristiques

Voici un résumé des principales caractéristiques des systèmes nord-américains d'accès hertzien faisant appel à la technique AMRT:

Principales caractéristiques

- Permettent la prestation de tous les principaux services offerts aux abonnés, comme le renvoi d'appels, le transfert d'appels, l'identification de la ligne appelante ainsi que les fonctions perfectionnées des services hertziens comme les services de messages brefs.
- Fonctions disponibles en transparence à partir du commutateur hôte.
- Des systèmes perfectionnés d'exploitation, de gestion et de maintenance permettent le diagnostic du système entier, terminaux d'abonnés compris.
- Constituent une plate-forme évolutive vers la transmission cellulaire de données en paquets, service hertzien de transmission de données par paquets.
- Entière compatibilité avec les normes IS-54.
- Vaste gamme de terminaux d'abonné offerte.
- Voie de commande numérique pour les services perfectionnés supplémentaires à venir.

Principaux avantages

- Mise en place rapide et économique.
- Plates-formes de commutation multiples.
- Solution de rechange peu coûteuse aux systèmes filaires d'accès local.
- Planification de réseaux simplifiée par la réduction des délais d'installation et d'activation du service.
- Frais de fonctionnement réduits en raison de la réduction de la maintenance requise.
- Offrent une vaste gamme de services comme le service téléphonique ordinaire, les publiphones, les transmissions de données et de télécopies, au moyen d'une plate-forme matérielle commune.
- Acceptent les configurations à macrocellules et à microcellules.

Applications

- Banlieues, zones urbaines et zones rurales.
- Densités faibles à élevées.

2 Systèmes d'accès hertzien à accès multiple par répartition de code (AMRC)

2.1 Généralités

Les systèmes d'accès hertzien AMRC sont basés sur la norme IS-95 et mettent en œuvre un système numérique d'accès hertzien AMRC qui fait appel à des techniques de commutation et de réseau éprouvées. Le système d'accès hertzien se compose d'équipements de commutation et d'équipements de station de cellule. Deux configurations de base sont possibles, suivant que la fonctionnalité d'AHF est fournie par un commutateur hertzien (commutateur pour les services mobiles (MSC, *mobile switching centre*) ou par un commutateur local de classe 5/un commutateur d'extrémité local/un réseau d'accès RTPC sans qu'un commutateur hertzien soit nécessaire. Les caractéristiques du système radioélectrique sont les mêmes dans les deux configurations.

Un système de base comporterait un MSC, un contrôleur de station de base (BSC, base station controller) et des stations d'émission-réception de base (BTS, base transceiver station). Chaque BSC est relié à un MSC. Le MSC est relié au réseau du système de signalisation n° 7 et au réseau téléphonique public commuté (RTPC).

Le BSC assure l'interface entre le MSC et de multiples stations de cellule comportant des BTS. 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 station de cellule.

Le nombre d'abonnés desservis par une station de 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 un appareil d'abonné sur demande, ou au système D-AMPS, qui applique la répartition en fréquence une première fois et redivise 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. Tous les appareils d'abonné émettent et reçoivent simultanément en utilisant des codes différents, sur les mêmes fréquences, en faisant appel à toute l'étendue de la largeur de bande de 1,25 MHz assignée à la porteuse.

Les systèmes d'accès hertzien AMRC présentent les avantages de la technologie AMRC, sont spécifiquement conçus pour l'environnement des réseaux d'accès et permettent de tirer parti de tous les avantages d'une technologie de commutation numérique éprouvée.

- Avec l'AMRC, il est prévu que la liaison hertzienne puisse prendre en charge jusqu'à 56 communications actives par secteur et par 1,25 MHz de bande, en offrant des possibilités de croissance.
- Contrairement à d'autres systèmes, la capacité par secteur des systèmes AMRC n'est pas limitée de manière stricte. 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.
- Il est prévu que la portée maximale de couverture de chaque cellule soit de 52 km dans de bonnes conditions de propagation.
- L'équipement de la station de base étant installé au centre de commutation, les antennes et le matériel radioélectrique associé peuvent être installés à un emplacement éloigné afin de constituer un système décentralisé. Les liaisons hyperfréquences point à point peuvent alors être utilisées pour le transport des signaux.
- Comme toutes les stations de base utilisent la même bande de fréquences, aucune planification ou coordination des fréquences n'est requise entre cellules. Cette importante particularité facilite la maintenance et permet la croissance du réseau.
- L'AMRC réduit le bruit de fond brouilleur grâce à une technique de codage de la voix à débit variable mise en œuvre dans le système. Cette technique dite de prédiction linéaire à excitation par code (CELP, *code excited linear prediction*) permet l'obtention d'une qualité de la voix comparable à celle des liaisons filaires, ce qui a été confirmé par des essais effectués dans des laboratoires d'évaluation de la qualité du signal vocal.

2.2 Technologie, architecture et configuration

2.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission:

- voies de trafic 1250K0B1W
- voies de commande 1250K0B1W

Méthode d'accès AMRC

Bandes de fréquences d'émission à 800 MHz (MHz):

- stations de base 869-894
- stations mobiles 824-849

Bandes de fréquences d'émission à 1 900 MHz (MHz):

- stations de base 1 850-1 910
- stations mobiles 1 930-1 990

Séparation duplex (MHz) 45 à 800 MHz et 80 à 1 900 MHz

Espacement des porteuses RF (kHz) 1 250

Nombre maximum d'utilisateurs par secteur (cellule isolée à 3 secteurs) 56

Modulation MDP-4 (avec étalement)
orthogonale 64 états (à l'entrée)

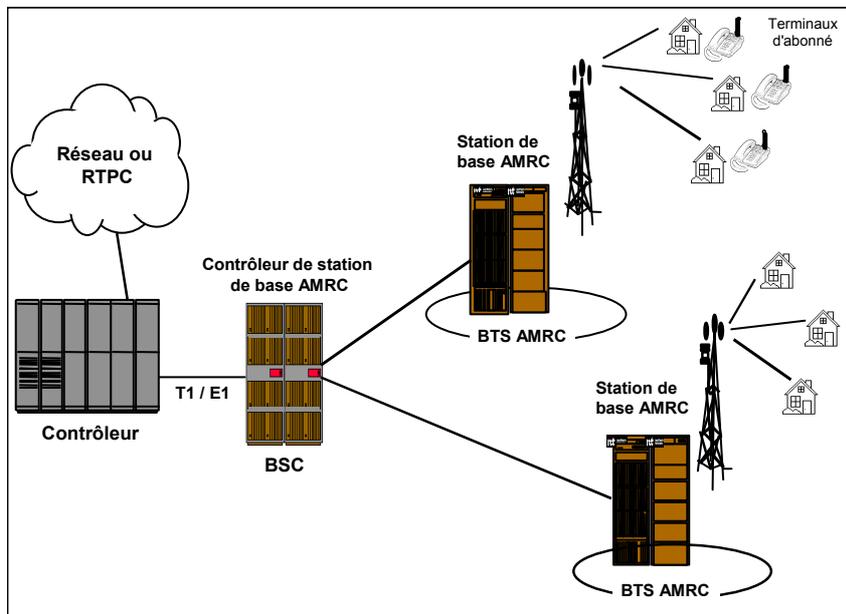
Débit de transmission (bit/s) 9 600 par voie pour le vocodeur 8 kbit/s, 14 400
par voie pour le vocodeur 13 kbit/s

2.2.2 Configuration du réseau

La Fig. 37 montre l'architecture de base de ce système.

FIGURE 37

Architecture du système AMRC



Les fonctions des éléments du système représentés dans l'architecture du système sont les suivantes:

MSC

Le MSC est au centre du système AMRC et il peut faire partie d'une famille de systèmes de commutation numériques. Cette famille de systèmes de commutation peut utiliser une plate-forme matérielle et logicielle commune, des logiciels particuliers pouvant être ajoutés afin de satisfaire toute la gamme de besoins en matière d'applications des exploitants. Diverses capacités du MSC peuvent être offertes.

Périphériques

Les périphériques assurent la liaison avec le monde extérieur. Ils jouent le rôle d'interface entre le MSC et les lignes, circuits et voies radioélectriques (RF) qu'il dessert. Les modules périphériques sont des MSC de circuits numériques internationaux (IDTC, *international digital trunk controller*), des MSC de circuits numériques périphériques (PDTC, *peripheral digital trunk controller*), des modules de circuits (TM, *trunk modules*), des modules de circuits de maintenance (MTM, *maintenance trunk modules*), des modules de circuits de téléchargement (PTM, *package trunk modules*) et des modules de circuits de service (STM, *service trunk modules*). Les périphériques assurent l'interface entre le réseau de commutation et les lignes numériques de l'exploitant, des installations analogiques et/ou des circuits d'essai. Des microprocesseurs assurent leur commande et ils prennent en charge la supervision des communications, la synchronisation d'impulsions de numérotation, l'émission et la réception de chiffres multifréquences et multifréquences bi-tonalité ainsi que la conversion analogique-numérique. Ils assurent aussi la supervision des réponses par détection d'audiofréquences lorsqu'il n'y a pas de signal de réponse matériel reçu du centre directeur.

MSC de station de base

La modularité du BSC est une de ses principales particularités. La capacité de chaque élément du BSC est proportionnée directement à la taille du système. Le BSC comporte les éléments de commande et les ressources d'interface constituant une voie entre les BTS et le commutateur. La principale fonction du BSC est remplie par trois sous-systèmes: le sous-système d'interconnexion AMRC (CIS), le sous-système de batterie de sélecteurs (SBS) et le gestionnaire de station de base (BSM, *base station manager*). Il existe aussi d'autres sous-systèmes d'appui comme l'unité de fréquence de synchronisation (TFU, *timing frequency unit*), le récepteur du Système mondial de radiorepérage (GPS) et l'unité de service de voie et de service de données (CSU/DSU, *channel service unit/data service unit*).

Station d'émission-réception de base

La BTS est le lien entre l'appareil de l'abonné et le BSC. Les antennes, l'émetteur, les récepteurs, les amplificateurs de puissance et le matériel assurant l'interface de liaison avec le MSC se trouvent à la BTS. La BTS assure l'interface radioélectrique partagée avec les appareils de l'abonné en conformité de la norme AMRC. Ainsi, les données provenant de l'appareil de l'abonné sont converties en paquets par la BTS et ces paquets ainsi que l'information de commande additionnelle sont transmis au BSC pour traitement additionnel. Les fonctions particulières de la BTS sont les suivantes:

- Interface hertzienne IS-95 et IS-95+ avec l'appareil de l'abonné.
- Fonctions de liaison hertzienne additionnelles comme transmission de signaux pilotes, synchronisation, radiomessagerie et voies d'accès.
- Fonctions de traitement des appels afin de contrôler le fonctionnement de l'appareil de l'abonné au moyen des voies de radiomessagerie et d'accès, ce qui comprend les services de messages brefs.
- Communication d'information au sujet des abonnés.
- Commande et gestion des ressources de la BTS.
- Commande et gestion des communications entre la BTS et les autres sous-systèmes de la station de base.
- Fonctions de surveillance et de configuration.

Equipement d'abonné

Certaines mises en œuvre de systèmes d'accès hertzien utilisant la technique AMRC offrent diverses options d'équipement d'abonné. L'option la plus conviviale est un terminal doté d'une interface standard pour postes téléphoniques ordinaires (Fig. 38). Lorsque l'abonné la branche dans une prise secteur normale, cette unité assure la liaison entre le poste téléphonique standard de l'abonné et le système d'accès hertzien AMRC. Ces terminaux permettent le branchement de plusieurs postes téléphoniques par terminal, sont dotés d'une alimentation de secours à pile et sont disponibles auprès de plusieurs vendeurs.

FIGURE 38

Exemple d'un terminal utilisateur



Land-038

2.3 Résumé des caractéristiques

Voici un résumé des principales particularités des systèmes d'accès hertzien utilisant l'AMRC:

Principales caractéristiques

- Ils utilisent le vocodeur QCELP/13 kbit/s de Qualcomm.
- Ce sont des systèmes de communications hertziennes de grande capacité.
- Ils sont compatibles avec de multiples fonctions d'abonné, dont le renvoi d'appels, les communications conférences et la messagerie vocale.
- Ils transmettent les données commutées et les télécopies – (futures données commutées par paquets et télécopies).
- Une utilisation innovatrice de la technologie en mode paquets permet de transmettre efficacement au réseau le trafic voix et données provenant de la station de cellule.

Principaux avantages

- Solution de remplacement économique pour les systèmes filaires d'accès local.
- Planification des réseaux souple en raison de la réduction des délais d'installation et d'activation du service.
- Frais de fonctionnement réduits en raison de la réduction de la maintenance requise et des rapports de dérangement.
- Mise en place rapide.
- Vaste gamme de services offerts comme le service téléphonique ordinaire, les publiphones, les transmissions de données et de télécopies, au moyen d'une plate-forme matérielle commune.

Applications

- Densité élevée.
- Exploitation efficace.
- Technologie en évolution.

Fourniture du service

- Nouveaux venus sur le marché dans les pays développés en voie de déréglementation
- Exploitants et exploitants potentiels dans les marchés en développement ou se modernisant
- Exploitants non établis dans les marchés en développement
- Périphériques d'AHF
- Fonctions destinées aux zones résidentielles
- Sonneries groupées
- Lignes directes cellulaires
- Acheminement horaire
- Renvoi d'appel/renvoi d'appel avec sonnerie
- Signal d'appel/annulation du signal d'appel
- Identification du numéro appelant
- Notification d'attente de message
- Sonneries distinctives
- Activation par ondes hertziennes
- Codec à débit variable renforcé
- Refus d'acheminement final
- Refus de cessation
- Refus d'appel à longue distance sur le réseau
- Refus d'appel à longue distance
- Assistance téléphonique relative au refus d'appel à longue distance
- Dépistage des appels malveillants
- Aide à la taxation
- Mise à disposition de publiphones à accès AMRC
- Fonctions destinées aux marchés des petites entreprises
- Facturation du code de compte
- Facturation en temps réel
- Appel avec carte de crédit
- Transfert d'appel
- Numérotation en deux étapes
- Appel triangulaire
- Mise en garde d'appel
- Nom de l'appelant

3 Systèmes d'AHF à la norme GSM

3.1 Généralités

Les systèmes d'accès hertzien à technologie GSM fonctionnent généralement dans les bandes de fréquences des 900 MHz, 1 800 MHz ou 1 900 MHz. Ils peuvent fournir des services de transmission de la voix, des données et des messages aux abonnés.

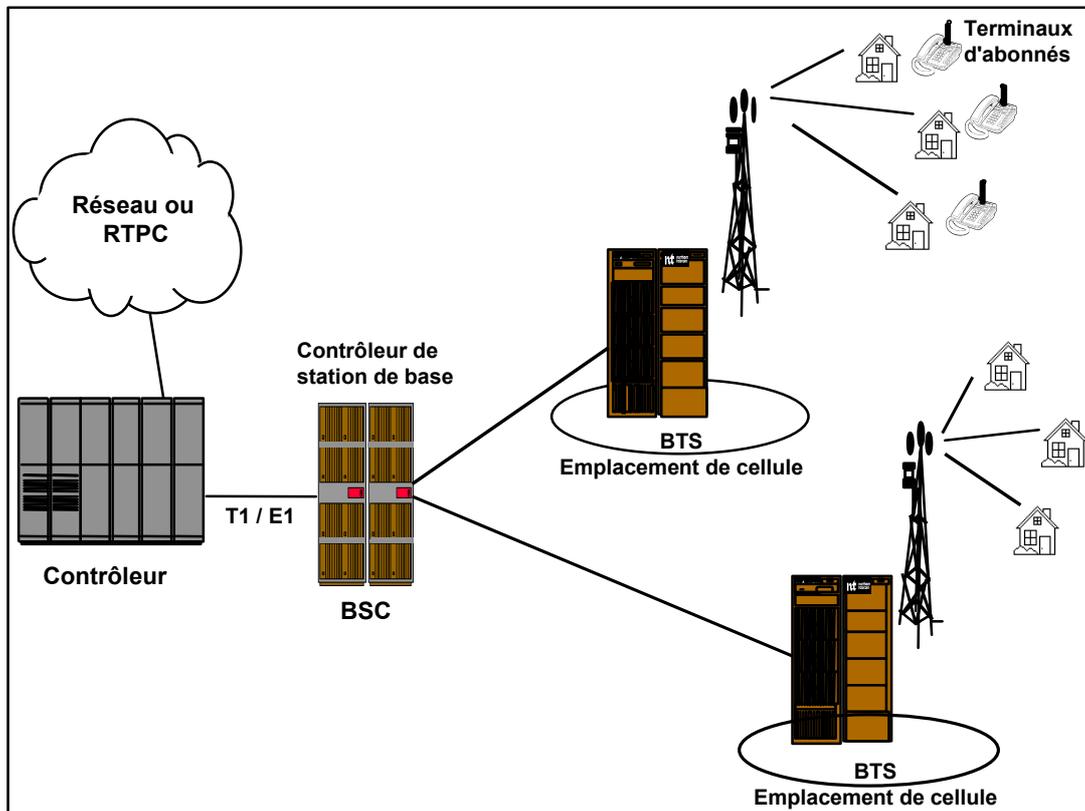
Certains systèmes particuliers offrent des services particulièrement nombreux, comme le Centrex et le réseau privé virtuel (RPV), qui ont permis à des exploitants de deuxième niveau de générer des parts de marché et de se différencier de la concurrence établie.

Ces services génèrent des recettes 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 la notification de messages vocaux, qui encouragent 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, comme le trafic à base de messages brefs ou l'information météorologique, qui permettent le développement de nouvelles sources de recettes.

FIGURE 39

Architecture d'un système d'accès hertzien à la norme GSM



3.2 Technologie, architecture et configuration

3.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission:

- voies de trafic 271KF7W
- voies de commande 271KF7W

Méthode d'accès AMRT

Bandes de fréquences d'émission (MHz):

- stations de base 935-960 (GSM)
1 805-1 880 (DCS)
1 930-1 990 (SCP)
- stations mobiles 890-915 (GSM)
1 710-1 785 (DCS)
1 850-1 910 (SCP)

Séparation duplex (MHz) 45 (GSM)
95 (DCS 1 800)
80 (SCP 1 900)

Espacement des porteuses RF (kHz) 200

Nombre total de voies duplex RF 124 (GSM)
374 (DCS)
299 (SCP)

Modulation MDMG (BT=0,3)

Débit de transmission (bit/s) 270 833

3.2.2 Configuration du réseau

La Fig. 39 montre l'architecture de base de ce système.

Le système de commutation de réseau (NSS, *network switching system*) comprend le principal élément commutateur, les bases de données requises pour les données sur les abonnés et la base de données du serveur auxiliaire afin de fournir des services supplémentaires comme les messages brefs et la messagerie vocale. Les principaux rôles du NSS sont la gestion des communications entre l'abonné au GSM et les autres utilisateurs de réseaux de télécommunication et le rôle de plate-forme de génération de recettes provenant des services. Dans le NSS, la fonction primaire de commutation est assurée par le centre de MSC, dont la principale fonction est l'établissement de communications à destination et en provenance des utilisateurs du GSM. Le NSS contient aussi diverses bases de données qui contiennent l'information portant sur la fourniture de services de télécommunication aux abonnés.

Voici la fonction de chacun des éléments figurant dans l'architecture du système:

Contrôleur

Le commutateur est au centre du système GSM. Plusieurs versions de tailles et configurations diverses, qui peuvent utiliser une plate-forme matérielle et logicielle commune, sont possibles, des logiciels particuliers pouvant être ajoutés afin de satisfaire à toute la gamme de besoins en matière d'applications des exploitants.

Périphériques

Les périphériques assurent la liaison avec le monde extérieur. Ils jouent le rôle d'interface entre le contrôleur et les lignes, circuits et voies radioélectriques (RF) qu'il dessert. Les modules périphériques sont des contrôleurs IDTC, PDTC, des TM, des MTM, des PTM et des STM. Les périphériques assurent l'interface entre le réseau de commutation et les lignes numériques de l'exploitant, des installations analogiques et/ou des circuits d'essai. Des microprocesseurs assurent leur commande et ils prennent en charge la supervision de communications, la synchronisation d'impulsions de numérotation, l'émission et la réception de chiffres multifréquences et multifréquences bi-tonalité ainsi que la conversion analogique-numérique. Ils assurent aussi la supervision des réponses par détection d'audiofréquences lorsqu'il n'y a pas de signal de réponse matériel reçu du centre directeur.

Système de la station de base

Le système de la station de base (BSS, *base station system*) comporte deux types de dispositifs: la BTS, qui communique avec les terminaux d'abonné par l'intermédiaire de l'interface hertzienne, et le BSC, qui communique avec les commutateurs du sous-système de NSS.

BSC

Le BSC est conforme GSM et répond donc à toutes les exigences en matière de commande du sous-système de BSS. Le BSC peut être installé au même emplacement que le MSC ou à distance, afin de réaliser une économie de transmission en utilisant ses fonctions de concentration du trafic.

Les principales fonctions du BSC sont:

- Gestion des ressources radioélectriques: le BSC gère les ressources radioélectriques, ce qui comprend l'assignation des voies aux stations mobiles (SM), le contrôle de la puissance d'émission des voies radioélectriques, etc., et répond aux besoins de transferts intercellulaires des cellules qu'il dessert. Le BSC commande aussi les caractéristiques radioélectriques des SM en utilisant une signalisation transparente pour la BTS. Cette signalisation indique à la SM les voies et les intervalles de temps sur lesquels elle doit s'accorder, la puissance d'émission qu'elle doit utiliser, etc.
- Gestion de l'exploitation et de la maintenance: le BSC prend en charge la commande de gestion EM des stations de cellule dans sa zone de couverture. Cela comprend la gestion de configuration et d'état, l'enregistrement des logiciels téléchargés pour le matériel de la BTS et la collecte de données statistiques provenant de la BTS. Il joue aussi le rôle de point d'entrée de sous-réseau EM pour la gestion du grand réseau.
- Gestion de transcodeur distant: le BSC commande les transcodeurs distants, habituellement situés à l'emplacement de commutation. Les transcodeurs distants permettent le multiplexage de 4 voies de trafic (13 kbit/s) dans un même intervalle MIC 30 (64 kbit/s), ce qui entraîne la réduction des coûts de transmission.
- Ordonnancement du trafic: L'ordonnancement du trafic est réalisé par une matrice de commutation sans blocage à 64 kbit/s. Une matrice secondaire, capable de commutation à 16 kbit/s et 8 kbit/s, aussi sans blocage, est associée à la matrice principale. La matrice secondaire permet la réalisation de la fonction de transfert intra-BSC en permettant la commutation de trafic infra-intervalle. L'utilisation de voies à 16 kbit/s est optimisée par multiplexage à 64 kbit/s, ce qui réduit le nombre de liaisons MIC et de transcodeurs distants requis.

BTS

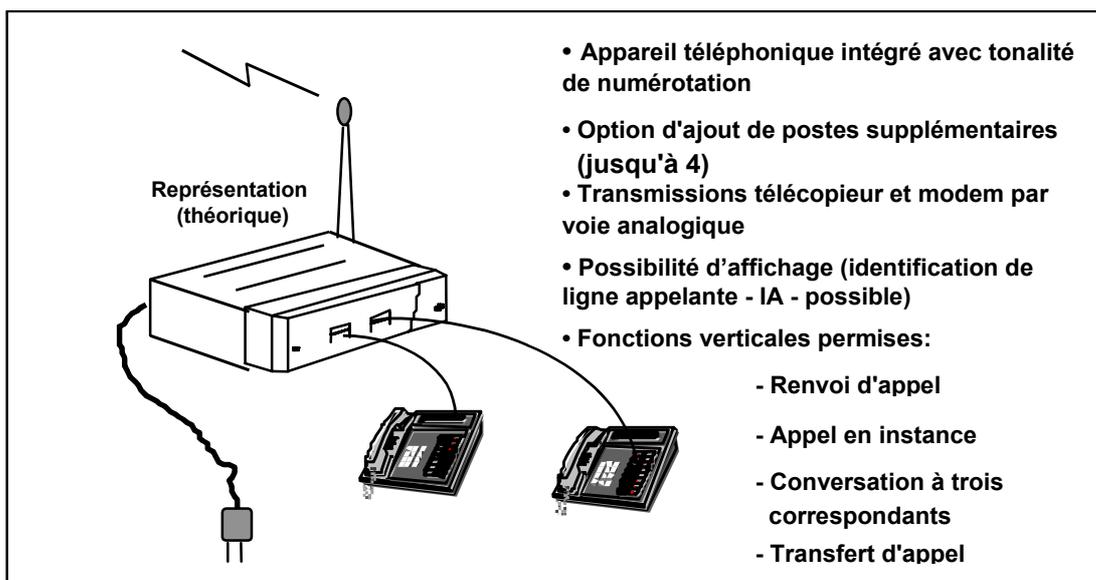
La BTS constitue le lien entre les appareils d'abonné et le BSC. Les antennes, l'émetteur, les récepteurs, les amplificateurs de puissance et le matériel d'interface assurant la liaison avec le contrôleur se trouvent à la BTS. La BTS se compose de deux principaux éléments: équipement commun de station qui prend en charge de multiples cellules et secteurs, qui correspond à la fonction commune de base (FCB); et l'équipement radioélectrique correspondant à chaque cellule (équipement de transmission).

Équipement d'abonné

Diverses options sont offertes quant à l'équipement d'abonné. L'option la plus conviviale est un terminal-convertisseur doté d'une interface standard pour postes téléphoniques ordinaires (Fig. 40). Lorsque l'abonné la branche dans une prise secteur normale, cette unité assure la liaison de conversion entre le poste téléphonique standard de l'abonné et le système d'accès hertzien. Ces terminaux-convertisseurs permettent le branchement de plusieurs postes téléphoniques par terminal, sont dotés d'une alimentation de secours à pile et ils seront disponibles auprès de plusieurs vendeurs.

FIGURE 40

Terminaux – Principales caractéristiques



3.3 Résumé des caractéristiques

Voici un résumé des principales caractéristiques des systèmes d'accès hertzien à la norme GSM:

Principales caractéristiques

- Conformes à la norme GSM ETSI sur le cellulaire numérique.
- Mise en place en Europe et à la grandeur de la planète.
- Accroît la capacité de l'infrastructure GSM existante.
- Technologie radioélectrique innovatrice (p. ex. saut de fréquences)

Principaux avantages

- Solution de rechange peu coûteuse aux systèmes filaires terrestres classiques.
- Souplesse de planification du réseau en raison de la réduction des délais d'installation et d'activation du service.
- Frais de fonctionnement réduits en raison de la réduction de la maintenance requise et des rapports de dérangement.
- Economies substantielles en matière d'investissements initiaux par rapport aux systèmes filaires classiques.
- Mise en place rapide.
- Vaste gamme de services offerts comme le service téléphonique ordinaire, les publiphones, les transmissions de données et de télécopies, au moyen d'une plate-forme matérielle commune.

Applications

- Densités moyennes à élevées.
- Grands réseaux, à partir de 25 000 abonnés.
- Multiples fournisseurs de terminaux et de stations de base.

Fourniture du service

- Fournisseurs existants ou nouveaux de services cellulaires GSM.
- Exploitants SCP établis ou nouveaux.
- Fournisseurs de services DCS établis.
- Nouveaux venus sur le marché dans les pays développés en voie de déréglementation.

4 Système PHS-AHF

4.1 Généralités

Le système PHS-AHF, conçu pour la configuration RTPC/RNIS(BRI)/Ligne louée, utilise les techniques de base PHS décrites dans la Recommandation UIT-R M.1033. Le système PHS-AHF utilise la plupart des installations réseau existantes. Comme le PHS utilise une méthode AMRT pouvant admettre un débit d'utilisateur de 32 kbit/s, ce système peut transmettre les données à débit élevé. Le système PHS-AHF convient aux zones à forts volumes de trafic, comme les zones urbaines, de banlieue ou les zones rurales, avec l'adoption d'une structure microcellulaire. Par conséquent, ce système constitue un moyen rapide et peu coûteux d'élaboration de structures de télécommunication, dans les pays développés comme dans les pays en développement.

Comme le système PHS-AHF conserve la fonction de mobilité, qui n'est pas nécessaire pour l'accès téléphonique fixe, il est possible de déplacer les terminaux téléphoniques dans une zone limitée; c'est pourquoi ce système peut également être considéré comme un système téléphonique mobile limité.

4.2 Technologie, architecture et configuration

4.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission:

- voies de trafic 288KG7WDT
- voies de commande 288KG7DDT

Méthode d'accès AMRT/DRT

Bandes de fréquences d'émission (MHz):

- stations de base 1 893,5-1 919,6
- stations mobiles 1 893,5-1 919,6

Séparation duplex (MHz) Sans objet

Espacement des porteuses RF (kHz) 300

Nombre total de voies RF 87

Modulation MDP-4 avec déphasage de $\pi/4$

Débit de transmission (kbit/s) 384

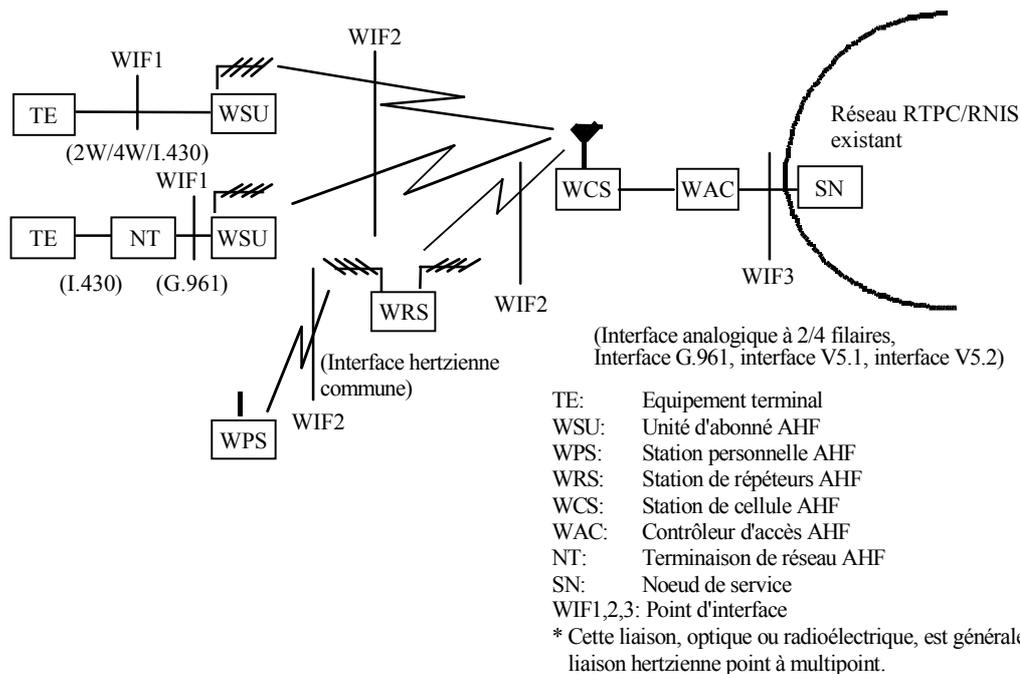
4.2.2 Configuration du réseau

FIGURE 41

Architecture du système PHS-AHF

FIGURE 41

Architecture du système PHS-AHF



Le SN, qui correspond au central local, prend en charge les abonnés et traite les communications de départ et d'arrivée (Fig. 41). Le modèle du système PHS-AHF se compose des éléments suivants: contrôleur d'accès AHF (WAC), station de cellule AHF (WCS), station personnelle AHF (WPS) et station d'abonné AHF (WSU). Le WAC se trouve entre le SN et la WCS, et il a pour fonction la concentration des lignes, l'authentification, etc. L'interface radioélectrique entre la WCS et la WSU est normalisée comme interface radioélectrique PHS dans la norme RCR STD-28, décrite dans la Recommandation UIT-R M.1033. La WCS est habituellement installée à l'extérieur à des emplacements comme le haut des poteaux. Lorsqu'on utilise une WCS de puissance élevée, c'est-à-dire ayant une puissance de sortie supérieure à 100 mW (moyenne), avec une antenne externe équipée d'une WSU, la WCS peut prendre en charge des abonnés situés à entre 1 000 et 5 000 m d'elle. La WSU de type intérieur est installée dans les locaux du client et elle est connectée aux bornes du poste téléphonique. Les antennes sont montées sur le toit ou sur un mur. La WSU de type extérieur est installée sur le poteau le plus proche de la maison du client et est reliée au module dans la maison. La WRS peut être installée dans des régions où le relief rend la réception difficile. La WPS est un terminal PHS équivalant à un terminal téléphonique doté de fonctions WSU.

La définition des interfaces est la suivante:

- 1) WIF1 est une interface analogique bifilaire/quadrifilaire conforme à la Recommandation UIT-T G.961 ou aux interfaces définies dans les Recommandations I.430/Q.921/Q.931, entre le TE et la WSU (station d'abonné AHF) ou entre la NT et la WSU, tel que recommandé dans la série C-IF1.00 de documents de mémorandum d'accord sur le PHS.
- 2) WIF2 est une interface hertziennne entre la WSU et la WCS ou entre la WPS et la WCS (entre autres), tel que recommandé dans la série C-IF2.00 de documents de mémorandum d'accord sur le PHS (interface radioélectrique partagée basée sur la norme ARIB RCR STD-28).
- 3) WIF3 est une interface analogique bifilaire/quadrifilaire, une interface conforme aux Recommandations UIT-T G.961/UIT-T Q.921/UIT-T Q.931, une interface conforme à la norme V5.1 définie dans la Recommandation UIT-T G.964, une interface conforme à la norme V5.2 définie dans la Recommandation UIT-T G.965, ou une interface Bellcore GR-303 entre la WAC et le SN, tel que recommandé dans la série C-IF3.00 de documents de mémorandum d'accord sur le PHS.

Les fonctions des éléments figurant dans l'architecture du système sont les suivantes:

TE: équipement terminal

L'équipement terminal, ou équipement dans les locaux du client, est un terminal d'utilisateur comme un terminal téléphonique.

WPS: station personnelle AHF

La WPS, terminal de communication d'abonné mobile, communique avec la WCS au moyen de l'interface radioélectrique PHS (RCR STD-28).

WCS: station de cellule AHF

La WCS, matériel de radiocommunication, communique avec une WPS ou une WSU au moyen de l'interface radioélectrique PHS (RCR STD-28).

WAC : contrôleur d'accès AHF

Le WAC commande l'établissement des communications et effectue l'authentification.

SN: nœud de service

Le SN, identique à un central local ou à un réseau téléphonique, est le point de terminaison du signal de ligne de l'abonné et du signal de réseau.

WSU: station d'abonné AHF

La WSU, dotée d'une interface analogique bifilaire pour l'équipement terminal, convertit les signaux entre l'équipement terminal et la WCS.

NT: terminaison de réseau

NT se trouve à l'extrémité du réseau et assure la connexion avec le TE

Configuration représentative

Il existe deux types de topologie de réseau: un système ne comprenant que des éléments hertziens, ou un système combinant des éléments optiques et des éléments hertziens.

1) Configuration ne comprenant que des éléments hertziens

Une des applications possibles du système PHS est en tant que complément d'un système de raccordement/distribution point à multipoint AMRT. Le système point à multipoint AMRT assure la liaison entre la WCS et le WAC afin de réaliser un AHF complet entre un commutateur et les abonnés. Les bandes des 1,5 GHz ou 2,4 GHz sont des exemples de bandes qui pourraient servir pour un tel système. L'interface radioélectrique du PHS permet une distance de 1 000 à 3 000 m entre WSU et WCS.

2) Configuration comprenant des éléments optiques et des éléments hertziens

Elle associe une liaison d'entrée optique et une liaison d'approche hertzienne par le biais d'une interface radioélectrique PHS. La liaison optique, qui s'appuie sur une technique éprouvée, assure la connexion entre la WCS et le WAC afin de garantir une fiabilité élevée et un accès à haut débit entre le commutateur et la WCS. La topologie du réseau est celle d'une configuration en étoile simple (point à point). La liaison optique est constituée d'une fibre optique monomode de 1,3 μm de diamètre reliant le WAC à la WCS sur une distance pouvant atteindre 20 km.

4.3 Résumé des caractéristiques

Voici un résumé des principales caractéristiques des systèmes d'accès hertzien PHS-AHF:

Principales caractéristiques

- PSTN.ISDN(BRI).Ligne louée.
- Qualité élevée de signaux vocaux.
- Transmission de tonalités multifréquences pour l'accès à divers services.
- Envoi de signal éclair.
- Authentification.
- Codage.

Principaux avantages

- Les installations de télécommunication peuvent être construites en peu de temps.
- L'investissement initial pour l'installation est relativement faible.
- La capacité de traitement du trafic est adéquate.
- Ce système utilise la plupart des installations du réseau existant.

Applications

- Zones urbaines et de banlieue.
- Débit de trafic élevé.

Fourniture du service

- Un nouvel exploitant peut mettre en place un service téléphonique rapidement et à peu de frais, sans construire un réseau de câblage local.
- Service de transmission de la voix et des données économique offert dans des zones commerciales ou à forte densité.
- Service téléphonique temporaire, par exemple en cas de panne d'un réseau filaire ou en cas d'urgence.
- Etablissement de circuits temporaires dans une zone sinistrée ou à l'emplacement d'expositions ou de manifestations publiques.
- Mobilité limitée avec la WPS.

5 Systèmes d'accès hertzien NMT

5.1 Généralités

Le système téléphonique mobile nordique (NMT) est un réseau cellulaire analogique originaire des pays nordiques (Danemark, Finlande, Norvège et Suède). En raison des caractéristiques de propagation favorables de la bande des 450 MHz, le système NMT 450 permet la couverture de grande régions au moyen de cellules relativement étendues, lorsque les terminaux d'abonnés ont une puissance d'émission élevée qui permet les émissions à longue portée. Avec la venue des systèmes NMT 900, 1 000 voies radioélectriques se sont ajoutées à la capacité du système initial, ce qui a augmenté la capacité du système en même temps que la taille des cellules diminuait. Les caractéristiques de propagation à 900 MHz ne sont pas aussi bonnes que dans la bande des 450 MHz. Le nombre de voies téléphoniques est augmenté par entrelacement, ce qui peut ajouter jusqu'à 1 999 voies téléphoniques disponibles. L'architecture des systèmes cellulaires NMT 450 et NMT 900 est simple: elle ne comporte que deux éléments (outre les postes téléphoniques mobiles): un centre de commutation téléphonique pour services mobiles (MTX, *mobile telephone exchange*) et des stations de base (BS), ainsi que du matériel d'interconnexion pour le raccordement au RTPC. Les deux systèmes d'accès hertzien utilisent des centres de commutation numérique modulaires soutenus par une gestion de réseau prise en charge par un système mobile d'appui à l'exploitation (OSS, *operation support system*) et un enregistreur de localisation nominale (ELN) afin de satisfaire la demande du marché envers des services perfectionnés. Ces services, comme le réseau intelligent (RI), les services de conversion de numéros (numéros d'accès universels), le renvoi d'appel en fonction du temps et les groupes d'utilisateurs fermés (ce qui permet l'inclusion de postes téléphoniques mobiles dans le plan de numérotage interne d'une entreprise), sont actuellement disponibles.

Il existe deux principes de base s'appliquant à l'accès hertzien. Le premier est un véritable système de remplacement des liaisons filaires du réseau d'accès, qui relie le MTX au RTPC, et le deuxième, une solution cellulaire mixte qui constitue un réseau cellulaire complet, comprend des commutateurs, des nœuds RI et des stations de base, mais est conçu pour desservir seulement des abonnés au service cellulaire fixe ou une combinaison d'abonnés au service cellulaire mobile normal et au service cellulaire fixe (service cellulaire mixte). A l'heure actuelle, il existe des systèmes d'accès hertzien basés sur des stations de base NMT analogiques qui permettent aux exploitants d'accroître la capacité et la couverture sans avoir à poser des câbles matériels entre le central local et les abonnés.

Les systèmes d'accès hertzien à la norme NMT servent de systèmes de remplacement ou d'appoint pour les systèmes filaires et assurent une équivalence de service en ce qui concerne le numérotage, la taxation, etc., tout en représentant des économies substantielles de temps et d'argent pour l'exploitant du service. Les nouveaux abonnés peuvent être raccordés rapidement, les frais d'installation sont faibles et, du point de vue de l'exploitant, cette technologie de radio-communication est avantageuse parce qu'elle permet de desservir de grandes régions.

5.2 Technologie, architecture et configuration

Les systèmes d'accès hertzien à la norme NMT comportent quatre éléments de base: le module d'interface de commutateur (SIM, *switch interface module*), le module d'interface de convertisseur (TIM, *translator interface module*), la BS et le terminal hertzien d'abonné (SRT, *subscriber radio terminal*).

Le SIM assure l'interface entre le système d'accès hertzien et le commutateur local, au moyen de liaisons MIC à 2 Mbit/s, conformes aux Recommandations UIT-T G.703 et UIT-T G.704. Chaque liaison à 2 Mbit/s dessert 30 abonnés et des interfaces de lignes analogiques sont disponibles. Des modifications mineures permettent le raccordement du SIM à pratiquement tout genre de commutateur local. Le SIM agit comme concentrateur de trafic vers les parties radioélectriques du système, contrôlées par le TIM. Le TIM assigne les voies radioélectriques aux communications et code les signaux radioélectriques afin de préserver le secret des communications. Chaque TIM peut prendre en charge jusqu'à 90 voies radioélectriques. En présence d'une charge normale de trafic résidentiel et de petites entreprises, une seule voie radioélectrique peut desservir jusqu'à dix abonnés avec un niveau de service convenable; ce qui signifie que le TIM a une capacité effective d'environ 900 abonnés. Un SIM seul peut contrôler plusieurs TIM et ces derniers peuvent être installés à distance des SIM (ils sont habituellement co-implantés avec les stations de base).

Les BS sont disponibles en diverses capacités et peuvent desservir de 8 à 32 voies radioélectriques. Elles sont rigoureusement identiques aux stations utilisées dans les réseaux cellulaires classiques. Les stations de base utilisent soit 2×5 MHz dans la plage 380-500 MHz, ou jusqu'à 2×25 MHz dans la plage 800-1 000 MHz, selon la disponibilité locale des fréquences radioélectriques. De manière générale, la bande de fréquences inférieure sert aux communications à longue portée, tandis que la bande de fréquences supérieure convient mieux aux grandes densités d'abonnés.

Le SRT est le dernier élément du système. Une antenne intérieure peut être connectée directement au SRT; ou encore, une antenne directive extérieure peut être utilisée afin d'améliorer la réception dans les régions marginales. Les postes téléphoniques, télécopieurs et/ou modems peuvent être branchés dans un SRT exactement comme dans une prise de téléphone ordinaire, et les abonnés peuvent faire des appels ou en recevoir au moyen de la signalisation à impulsions ou DTMF. Le système peut transporter les impulsions de comptage, ce qui permet l'utilisation d'appareils téléphoniques à prépaiement et de compteurs privés. Des SRT multilignes sont aussi disponibles pour des immeubles à logements ou des immeubles commerciaux.

5.3 Résumé des caractéristiques

Voici un résumé des principales caractéristiques des systèmes d'accès hertzien à la norme NMT:

Principales caractéristiques

- Transparence avec le service téléphonique ordinaire, la télécopie (groupe III), les données dans la bande des fréquences vocales (Recommandations UIT-T V.21, UIT-T V.22, UIT-T V.22bis et UIT-T V.32), DTMF (Recommandation UIT-T Q.23).

- Possibilité de comptage (impulsions 12/16 kHz et/ou inversions de polarité).
- Secret des communications pour la voix, les données, les télécopies et les signaux DTMF.
- Fonction d'exploitation et de maintenance à distance, avec alarmes, pour les SIM, TIM et RBS.
- Interface numérique V5.1 (Recommandation UIT-T G.964) pour tout central local.
- Liaison bifilaire analogique avec tout central local.
- Statistiques sur le trafic disponibles.
- Plan de numérotage du RTPC non touché.

Principaux avantages

- Rapidité et économie.
- Haute qualité de signal vocal.
- Vaste gamme de configurations de systèmes.

Applications

- Systèmes pour densité faibles à moyennes ou pour grandes densités.
- Zones rurales, de banlieue et urbaines.

6 Système d'accès hertzien à la norme DECT

6.1 Généralités

Les systèmes basés sur la norme des télécommunications numériques améliorées sans cordon (DECT, *digital enhanced cordless telecommunications*) utilisent une combinaison de l'AMRT et du DRT. Le besoin d'un filtrage RF coûteux est ainsi éliminé, ce qui permet l'élaboration de combinés de faible taille, légers et de faible coût. Le système DECT utilise une plage de 20 MHz, 1880-1900 MHz, qui a été attribuée à la grandeur de l'Europe. Cette bande est partagée en 10 porteuses, comportant chacune 12 intervalles de temps AMRT, pour un total de 120 voies téléphoniques. La voix est codée à 32 kbit/s, c'est-à-dire à deux fois la fréquence utilisée pour le système mondial de communications mobiles (GSM), ce qui fournit une qualité comparable à celle des lignes filaires classiques. La puissance en crête maximale des stations de base et des combinés est de 250 mW. Toutefois, puisqu'il s'agit d'une valeur en crête (c'est-à-dire qu'elle est seulement présente 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, comparativement aux combinés cellulaires ou aux postes téléphoniques sans cordon analogiques classiques.

Le système DECT est compatible RNIS voix et données et permet le codage complet et le transfert sans coupure. Les intervalles de temps peuvent être combinés pour effectuer des transmissions de données à débit élevé (jusqu'à 552 kbit/s). L'attribution dynamique des voies annule tout besoin de planification des réseaux radioélectriques et il n'y a aucun panneau de commande spécial réservé à ce système. En fonctionnement, le système balaie continuellement le spectre et sélectionne les meilleures voies RF disponibles.

Le système DECT a permis la définition d'une méthode de modulation améliorée qui permet un débit de données net de 2 Mbit/s. Il a une capacité d'environ 10 000 E/km², soit près de 100 fois plus que celle des réseaux cellulaires.

6.2 Technologie, architecture et configuration

Un ensemble complet de normes ETSI définit les caractéristiques du système. Ces normes peuvent être réparties dans les catégories suivantes :

- normes de base;
- profils d'accès public (profil d'accès par boucle locale hertzienne (RAP, *radio local loop access profile*) et générique (GAP, *generic access profile*));
- module d'authentification DECT;
- profils DECT;
- spécifications d'essais;
- documents réglementaires.

Ces normes sont acceptées dans un nombre croissant de pays. Afin de faciliter l'implantation du système DECT dans les pays non européens où les fréquences de base 1 880-1 900 MHz ne sont pas disponibles, les paramètres radioélectriques ont été définis dans la plage de fréquences 1 880-1 937 MHz.

6.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique (1 880-1 900 MHz)

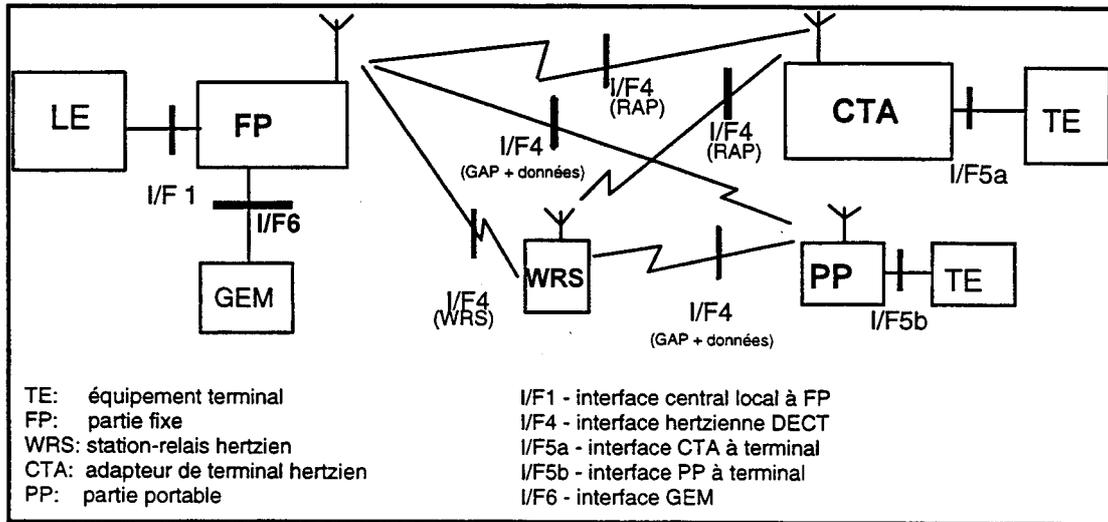
Classe d'émission:	1M73F7W
Méthode d'accès:	AMRT
Bande de fréquences d'émission/réception DRT (MHz):	1 880-1 900 MHz
Séparation duplex:	sans objet (DRT)
Espacement des porteuses RF (MHz):	1 728
Nombre total de voies RF DRT:	120
Modulation:	MDMG
Débit de transmission (kbit/s):	1 152

6.2.2 Configuration du réseau

Le modèle de référence des systèmes de boucle locale d'accès hertzien DECT est présenté à la Fig. 42, le but étant de montrer les services, installations et configurations de la boucle locale d'accès hertzien DECT.

FIGURE 42

Modèle de référence DECT RLL



Land 042

6.2.3 Approche d'interfonctionnement de l'interface hertzienne DECT

Dérivée d'une technologie de service mobile, la boucle locale d'accès hertzien DECT fait appel à une norme de profil d'interfonctionnement. En principe, cela signifie que la partie fixe (station de base) peut être fabriquée par un fabricant donné, que le matériel dans les locaux des abonnés peut être fabriqué par un autre et que les stations de relais hertzien peuvent être fabriquées par un troisième, ce qui n'empêche pas l'utilisateur de recevoir un niveau de service acceptable. L'avantage que présente l'approvisionnement auprès de diverses sources est évident du point de vue de l'exploitant, et il permet aux fabricants de se spécialiser dans le matériel utilisé par une partie du réseau.

6.2.4 Questions de portée, de capacité de trafic et d'efficacité

Avec la technologie du système DECT et dans des conditions de propagation en visibilité directe, il est démontré que l'on peut obtenir des portées maximales de 5 km au moyen d'antennes ayant un gain de 12 dBi aux deux extrémités de la liaison, avec des hauteurs d'antenne raisonnables. Une station relais hertzienne (WRS, *wireless relay station*) pourrait étendre de 5 km cette portée dans une direction particulière. Des montages d'antenne spéciaux et l'option d'adaptateur de terminal hertzien (CTA, *cordless terminal adapter*) à présynchronisation pourraient ajouter 5 km de plus à la portée.

Une station cellulaire de boucle locale d'accès hertzien DECT avec antennes directives sectorisées devrait prendre en charge un volume de trafic moyen de 40 à 60 E (équivalents de support duplex voix), avec un niveau de service (blocage) de 1%. Une telle station sera dotée d'environ 6 à 12 postes radioélectriques DECT et elle pourra desservir de 400 à 600 abonnés au service téléphonique ordinaire ou au RNIS, avec 100 mE de trafic moyen par abonné.

Un seul CTA peut donner de 1 à 12 lignes (circuits) à l'interface. Il est à noter que même si 12 lignes sont fournies, les voies supports de l'interface hertzienne ne sont actives que si une communication est en cours. Ces lignes (circuits) peuvent être connectées à une interface analogique bifilaire IF/5a, ou encore, la conversion N-A normalement réalisée par le CTA n'a pas lieu, et ce sont des lignes MIC à 64 kbit/s (I/F5a) à quatre fils qui sont fournies. Cette configuration convient à la réalisation d'une interface avec des PABX numériques ou pour des services CENTREX. L'utilisation d'antennes sectorisées à petite ouverture, en particulier dans des conditions de propagation en visibilité directe, permet de fournir un grand nombre de tels circuits à un bureau.

Le service RNIS DECT contrôle l'information de la couche 3 du RNIS, et attribue des ressources de circuits supports DECT seulement si et lorsque la prestation des services RNIS l'exige. Pour la transmission de paquets, la transmission sur la voie D donne lieu à une utilisation beaucoup plus efficace du spectre et, en moyenne, elle impose aux dispositifs radioélectriques une charge bien inférieure à tout service de modem ou RNIS.

6.3 Résumé des caractéristiques

Voici un résumé des principales caractéristiques des systèmes d'accès hertzien à la norme DECT:

Principales caractéristiques

- L'utilisation de l'attribution dynamique de canaux (DCA, *dynamic channel allocation*) dans toute la bande de 20 MHz élimine le besoin de recourir à la planification des fréquences.
- La DCA sélectionne la meilleure voie radioélectrique, pendant la communication, selon la qualité du signal.
- Le codage MICDA à 32 kbit/s conforme à la Recommandation UIT-T G.721 fournit un niveau de service équivalent à celui du réseau public.
- Les protocoles de signalisation à impulsions et DTMF sont acceptés.
- Interface d'abonné disponible pour le RNIS.
- Les fonctions d'enregistrement de localisation de l'abonné, de chiffrement et – Utilisation de tout poste téléphonique, combinés DECT mobiles compris.

Principaux avantages

- Norme largement acceptée dans un environnement à multiples vendeurs.
- Capacité de charge de trafic élevée.
- Connexion avec le RTPC et le RNIS.

Applications

- Systèmes à densité faible, moyenne ou élevée.
- Régions urbaines, de banlieue et rurales.

7 Systèmes d'accès hertzien à la norme AMPS

7.1 Généralités

Les systèmes d'accès hertzien à la norme du service téléphonique mobile perfectionné (AMPS) sont des systèmes analogiques utilisant la technologie AMRF et conformes à la norme EIA/TIA 553. Les systèmes AMPS ont été parmi les premiers systèmes cellulaires à être mis en place au monde. Ils offrent une haute qualité de signal vocal et sont disponibles pour les bandes de fréquences des 400 et 800 MHz. Outre la transmission de la voix, ces systèmes permettent les services de transmission de télécopies et de données dans la bande.

7.2 Technologie, architecture et configuration

Les systèmes hertziens AMPS utilisent la technologie AMRF conformément à la norme EIA/TIA 553. Comme ces systèmes utilisent une technologie non exclusive et qu'ils ont été parmi les premiers systèmes cellulaires installés en Amérique du Nord (et de par le monde), de

nombreuses unités d'abonné peu onéreuses sont disponibles auprès de nombreuses sources. De plus, l'élaboration des normes numériques IS-54 et IS-136 permet l'évolution progressive de l'analogique au numérique, sans effet sur la base d'abonnés existante.

7.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission:

- voie téléphonique (voix) 30KOF3E
- voie de commande 26KOF1D

Méthode d'accès AMRF

Fréquence d'émission (MHz):

- station de base 869-894
- stations mobiles 824-849

Séparation duplex (MHz) 45

Espacement des porteuses RF (kHz) 30

Nombre total de voies RF duplex 832

Modulation:

- voix MF avec excursion de ± 12 kHz
- signalisation MDF binaire avec excursion de ± 8 kHz

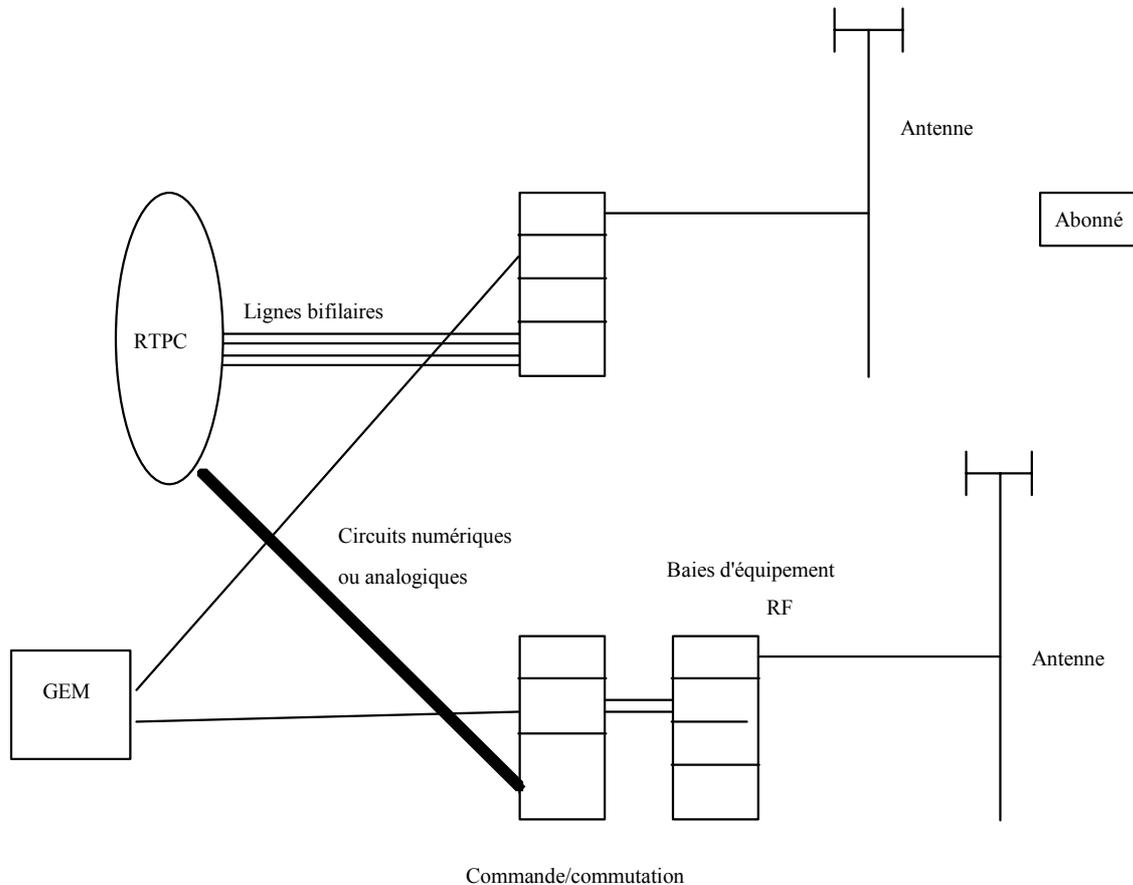
7.2.2 Configuration du réseau

Dans leur plus simple configuration, les systèmes AMPS peuvent se composer de quelques voies téléphoniques et de matériel d'interface relié directement au RTPC local par des lignes d'abonné bifilaires. Les plus grandes configurations peuvent comporter des stations cellulaires dotées de plus de 50 voies RF et reliées au RTPC par des circuits analogiques ou numériques. Les configurations normales se composent de macrocellules, bien que le système puisse accepter des microcellules. Ces systèmes sont habituellement conçus pour des applications à densité faible ou moyenne. En raison de la maturité du matériel, ces systèmes peuvent dans de nombreux cas constituer une solution peu coûteuse.

La Fig. 43 montre l'architecture de base de ce système. Le système d'accès hertzien se compose d'équipements de commutation et d'équipements de station de cellule. Un petit système se composerait d'une armoire demi-hauteur contenant le matériel radioélectrique, de commande et de commutation. Ses seules connexions externes seraient les câbles d'alimentation et d'antenne, et des lignes bifilaires. Les plus grands systèmes se composent de baies distinctes pour les équipements radioélectriques, de commande et de commutation.

FIGURE 43

Architecture des systèmes à la norme AMPS



Contrôleur

De manière générale, le contrôleur est responsable de la gestion des ressources radioélectriques et de l'interface avec le RTPC. Dans les configurations simples, cette fonction consiste à relier un abonné au service hertzien à une ligne téléphonique bifilaire par l'intermédiaire d'une voie radioélectrique disponible. Dans les configurations plus complexes, le contrôleur assure des fonctions de gestion avancée du réseau, de gestion de la mobilité, ainsi que de facturation et de gestion des abonnés. Les systèmes sont disponibles en diverses tailles et configurations, selon la capacité totale et les fonctions du système.

Périphériques

Outre les options de liaison avec le RTPC (lignes et circuits, analogiques ou numériques, etc.), le seul périphérique important est le sous-système GEM. Ce système est facultatif, son choix dépendant de la taille et de la capacité du système installé. Il peut être relié par des voies spécialisées ou commutées. Dans le cas des petits réseaux, le sous-système pourrait se composer d'un ordinateur portable qui serait utilisé seulement en cas de dérangement grave ou de reconfiguration majeure.

Équipement de la station de cellule

L'équipement de la station de radiocommunication de base d'une cellule convertit le signal vocal analogique en signaux modulés en fréquence à 400 MHz ou 800 MHz. C'est l'interface intelligente entre le contrôleur et les abonnés. L'équipement est habituellement modulaire et facile à installer et à maintenir.

Équipement d'abonné

L'équipement d'abonné offre plusieurs choix. L'équipement le plus répandu est une unité mobile convertie en station fixe par l'adjonction d'une source d'alimentation, d'un boîtier et d'interfaces téléphoniques RJ-11. Un certain nombre de fournisseurs offrent ce genre d'appareil. Il existe aussi des stations fixes sans interface RJ-11, qui peuvent être utilisées directement, avec leur propre combiné.

7.3 Résumé des caractéristiques

Voici un résumé des principales caractéristiques des systèmes d'accès hertzien à la norme AMPS.

Principales caractéristiques

- Offrent le service téléphonique de base aux abonnés
- Haute qualité de signal vocal
- Transparence de fonctionnement pour les services de base de transmission de télécopies et de données (dans la bande)
- Vaste gamme de capacités GEM
- Constituent une plate-forme d'évolution vers la CDPD
- Entière compatibilité EIA/TIA 553
- Nombreuses sources d'équipement terminal d'abonné peu onéreux
- Voie évolutive vers les systèmes numériques IS-54/IS-136

Principaux avantages

- Rapide et économique
- Plates-formes de commutation multiples
- Vaste gamme de configurations de systèmes (stations cellulaires de 3 voies à plus de 60 voies)
- Haute qualité de signal vocal
- Permettent les services de transmission de télécopies et de données dans la bande

Applications

- Systèmes pour densités faibles à moyennes
- Régions rurales, de banlieue et urbaines

8 Systèmes d'accès hertzien à la norme TACS

8.1 Généralités

Les systèmes d'accès hertzien à la norme TACS sont des systèmes analogiques utilisant la technologie AMRF qui sont conformes à la norme de système de communication d'accès total (*Total Access Communications System Compatibility Specification, ISSUE 4*) du Royaume-Uni. Ces systèmes offrent une qualité élevée de signal vocal et sont disponibles pour les bandes de fréquences des 400 et 800 MHz. Outre la transmission de la voix, ces systèmes permettent les services de transmission de télécopies et de données dans la bande.

8.2 Technologie, architecture et configuration

Ces systèmes hertziens utilisent la technologie AMRF conformément à la norme de système de communication d'accès total (*Total Access Communications System Compatibility Specification, ISSUE 4*) du Royaume-Uni. Comme ces systèmes utilisent une technologie non exclusive, de nombreuses unités d'abonné peu onéreuses sont disponibles auprès de nombreuses sources.

8.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission:

- voie téléphonique (voix) 25KOF3E
- voie de données 23KOF1D

Méthode d'accès AMRF

Fréquence d'émission (MHz):

- station de base 917-950
- stations mobiles 872-905

Séparation duplex (MHz) 45

Espacement des porteuses RF (kHz) 25

Nombre total de voies RF duplex 1 320

Modulation:

- voix MF avec excursion de $\pm 9,5$ kHz
- signalisation MDF binaire avec excursion de $\pm 6,4$ kHz

8.2.2 Configuration du réseau

Les configurations de système sont identiques à celles des systèmes AMPS décrites au paragraphe précédent.

8.3 Résumé des caractéristiques

Les capacités, avantages et applications sont pour la plupart identiques à celles des systèmes AMPS décrits précédemment, à l'exception de deux aspects, l'un positif et l'autre négatif.

L'aspect positif est que l'espacement des voies de 25 kHz donne une plus grande capacité au système pour une même largeur de bande. L'aspect négatif est qu'il n'existe pas de manière simple ou économique pour passer aux techniques numériques (pas de système équivalent à IS-54 ou IS-136).

ANNEXE 5

Descriptions détaillées: systèmes faisant appel à des technologies exclusives d'interfaces hertziennes

1 Système d'AHF à l'Internet de Nortel Networks

1.1 Généralités

Le système d'AHF à l'Internet de Nortel Networks est un système entièrement numérique d'AHF conçu comme système de remplacement à long terme de l'accès par ligne filaire classique. Le système AHF Internet de Nortel Networks est la nouvelle dénomination, rendue publique en avril 2000, de ce qui était précédemment connu sous l'appellation système AHF Proximity II de Nortel Networks. Ce système a été conçu pour fournir la même qualité et la même transparence de services que l'accès filaire, avec l'avantage supplémentaire que des débits de données d'accès à l'Internet «en connexion permanente», plus rapides que le modem, seront disponibles en 2001, ce qui constituera un progrès important.

Le système s'intègre facilement au sein des réseaux compatibles avec des technologies d'accès mixtes, avec des effets réduits sur l'infrastructure du réseau. Ce produit présente plusieurs avantages par rapport aux autres méthodes d'accès. Il offre la même transparence de services et la même qualité que les systèmes filaires, mais sa mise en œuvre est beaucoup plus rapide. Il est plus facile de l'intégrer au sein des infrastructures d'accès existantes que les autres systèmes d'accès hertzien, puisqu'il suffit de quelques liaisons numériques pour le relier au commutateur local qui délivre la tonalité de numérotation, la facturation et d'autres services offerts par le fournisseur. Enfin, à partir de 2001, le produit offrira un accès à l'Internet «en connexion permanente» de haute qualité à des débits d'interface hertziens allant jusqu'à 96 kbit/s (sans compression) en utilisant la transmission de données par paquets.

Le système AHF Internet de Nortel Networks fonctionne au moyen d'une liaison radioélectrique à 3 500 MHz entre la station de base et les locaux du client. Cette partie du spectre est disponible dans la plupart des régions du monde; ne convenant pas aux applications mobiles, elle s'avère idéale pour les applications fixes. L'utilisation de cette bande de fréquences exige des transmissions en visibilité quasi-directe entre l'antenne à distance située dans les locaux de l'utilisateur et la station de base, en utilisant la diversité spatiale pour minimiser les effets dus aux trajets multiples et aux évanouissements.

Le protocole de signalisation entre la station de base et l'équipement d'utilisateur a été établi à partir des normes existantes applicables au service mobile, mais il a été optimisé pour cette application fixe, ce qui réduit la quantité d'éléments de signalisation et les limites de qualité propres aux systèmes mobiles. Ce système utilise les technologies DRF et AMRT pour que l'efficacité spectrale soit maximale.

Dans les réseaux filaires classiques, un commutateur local ou un concentrateur de lignes distant serait mis en place à un endroit et raccordé à des armoires de trottoir prêtes à assurer la liaison avec les utilisateurs. Avec le système AHF Internet de Nortel Networks, la station de base remplace le commutateur distant et elle émet des signaux radioélectriques dans la zone d'une cellule conçue afin d'assurer la couverture de la collectivité des utilisateurs. Une structure cellulaire contiguë peut être conçue afin de desservir des collectivités complètes.

La station de base est reliée directement à un commutateur par l'intermédiaire d'un certain nombre de liaisons à 2 Mbit/s conformes à la Recommandation UIT-T G.703 (liaisons E1), pouvant être réalisées au moyen d'un support de transmission approprié comme la fibre optique ou les transmissions radioélectriques en visibilité directe. Le système AHF Internet de Nortel Networks fournit des services de télécommunication à partir de tout commutateur de réseau-hôte pour la transmission de la voix, des données et des télécopies avec une qualité comparable à celle des lignes filaires classiques. Ce système utilise également la norme ouverte de signalisation V5.2 de l'ETSI pour minimiser le nombre de liaisons requises. L'interconnexion des réseaux de données par paquets est réalisée selon les normes de protocole du Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (IETF, *Internet Engineering Task Force*) au travers des liaisons E1 de la station de base.

Les stations de base du système AHF Internet de Nortel Networks peuvent assurer la couverture de cellules ayant un rayon de 200 m à 40 km. Elles peuvent gérer de 30 à 180 appels simultanés en ajoutant simplement des porteuses radioélectriques par groupes de 3, et peuvent être dimensionnées pour des applications rurales, de banlieue ou urbaines. L'équipement installé dans les locaux de l'utilisateur représente près des trois quarts des coûts. L'opérateur ne procède donc à l'essentiel de son investissement financier dans le réseau que lorsqu'il enregistre un nouveau client.

Le terminal hertzien installé dans les locaux de l'utilisateur comporte 2 interfaces de ligne RTPC pour 2 liaisons indépendantes. L'accès à l'Internet par paquets de données sera assuré par des ports de données USB ou RS-232 situés sur le terminal. Les lignes RTPC peuvent être attribuées à un seul utilisateur, ou partagées entre deux utilisateurs disposant chacun d'une unité de puissance propre.

1.2 Technologie, architecture et configuration

NOTE – Le paragraphe suivant décrit les spécifications actuelles du service en bande vocale fourni par le système d'AHF à l'Internet de Nortel Networks. Des spécifications supplémentaires plus précises relatives à la capacité d'accès à l'Internet de données par paquets sont actuellement à l'étude et seront disponibles en 2001.

1.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission

– Voies de trafic par circuit support	10
– Largeur de bande des voies de trafic	32 kbit/s
– Codage de la voix	MICDA 32 kbit/s
– Données dans la bande des fréquences téléphoniques	MIC 64 kbit/s

Méthode d'accès AMRT

Duplex DRF + DRT

Bandes de fréquences d'émission (Hz):
50 000 000 duplex

– Liaison descendante	$3\,475\,968\,000 + (n \times 307\,200)$
– Liaison montante	$3\,425\,280\,000 + (n \times 307\,200)$

Bandes de fréquences d'émission: 100 MHz duplex

Liaison montante vers la station de base

Bande A	$3402,8544 + (n \times 0,3072)$ MHz
Bande B	$3428,8944 + (n \times 0,3072)$ MHz
Bande C	$3450,7776 + (n \times 0,3072)$ MHz
Bande D	$3475,6608 + (n \times 0,3072)$ MHz

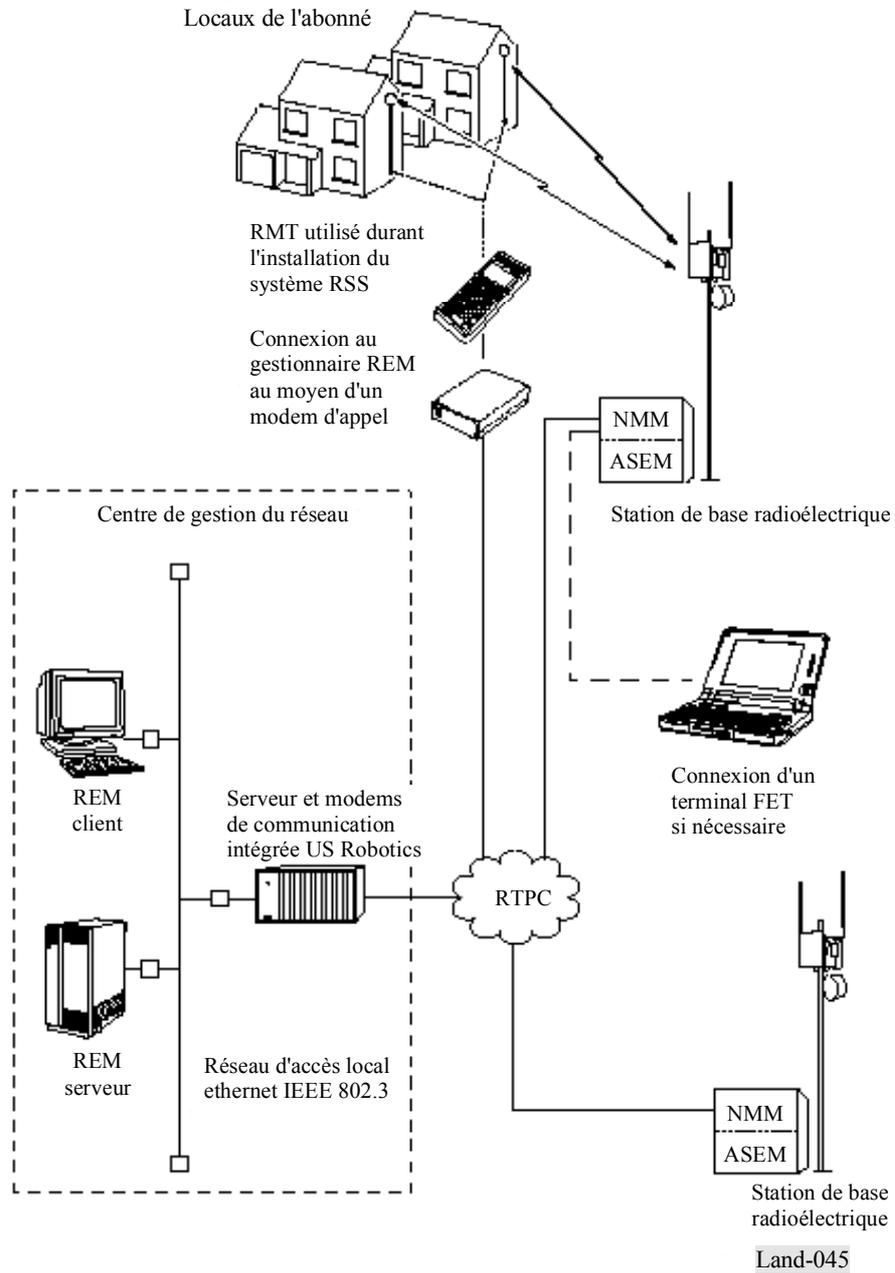
Liaison descendante en provenance de la station de base

Bande E	$3502,6944 + (n \times 0,3072)$ MHz
Bande F	$3525,7344 + (n \times 0,3072)$ MHz
Bande G	$3550,6176 + (n \times 0,3072)$ MHz
Bande H	$3575,5008 + (n \times 0,3072)$ MHz
Séparation duplex (Hz)	50 668 000
Espacement entre voies RF (Hz)	307 200
Nombre total de voies duplex RF	54
Modulation	MDP-4 avec dépannage de $\pi/4$
Débit brut (kbit/s)	512
Débit net par intervalle de trafic (kbit/s)	32

1.2.2 Configuration du réseau

La Fig. 45 montre l'architecture de base de ce système. Le système AHF Internet de Nortel Networks se compose d'équipements de commutation et d'équipements de station de radiocommunication. Un système de base comporterait un commutateur de central, un réseau de stations de base, de l'équipement résidentiel d'utilisateur installé dans les locaux de l'abonné et assurant la liaison hertzienne avec la station de base et de l'équipement d'exploitation et de maintenance du système AHF Internet de Nortel Networks.

FIGURE 45
Configuration du système AHF Internet de Nortel Networks
(service en bande vocale)



Les fonctions des éléments du système sont les suivantes:

Commutateur de central

Le commutateur de central local est un commutateur standard de classe 5, comme ceux qui seraient normalement mis en place dans les réseaux de commutation. Il est relié à un ou plusieurs centraux du réseau public et à chacune des stations de cellule. Aucun équipement particulier n'a besoin d'être installé dans le réseau entre les stations de base et le commutateur de central.

L'équipement de la station de base émule le fonctionnement d'un terminal distant sur ligne filaire relié au commutateur de central. Les utilisateurs seront desservis et facturés à partir du commutateur de la même manière que pour une liaison filaire.

La station de base met en œuvre les systèmes de signalisation suivants pour l'établissement des liaisons avec le commutateur:

- **Bifilaire.** La station de base transmet le trafic avec une signalisation associée à des voies de 2 Mbit/s sans concentration et exigerait qu'un terminal de central (comportant un multiplexeur «de trottoir» modifié) soit installé au central afin d'assurer la conversion vers des lignes bifilaires pour le raccordement avec les interfaces de lignes d'abonné dans le commutateur.
- **CAS.** La signalisation à 2 Mbit/s sans concentration peut être mise en œuvre au moyen de la spécification de signalisation ouverte de Nortel Networks ou d'un procédé de signalisation particulier compatible avec une instance de commutateur particulière.
- **DMSX.** Signalisation d'interface à concentration exclusive à Nortel Networks en vue de la liaison avec tout commutateur de la famille de commutateurs DMS. Par ailleurs, Nortel Networks peut fournir de l'équipement de contrôleur de station de base peu coûteux afin d'assurer la conversion de ce type de signalisation à la signalisation nationale du côté circuit et la liaison avec les commutateurs existants par l'intermédiaire de circuits du RTPC.
- **V5.2.** Nortel Networks a mis en œuvre la norme ouverte de signalisation d'accès V5.2 de l'ETSI. Une spécification de signalisation permet la liaison avec tout commutateur de classe 5 compatible avec la norme V5.2.

Système de service à distance

Le système de service à distance (RSS, *remote service system*) est l'équipement situé dans les locaux de l'utilisateur et fournit jusqu'à deux lignes téléphoniques indépendantes par antenne. Le RSS se compose d'une unité intérieure pour l'alimentation et la terminaison de ligne et d'une unité extérieure comprenant une antenne intégrée (Fig. 46):

- Emetteur-récepteur à distance (RTU, *remote transceiver unit*). Cette unité contient tous les circuits électroniques actifs sauf l'alimentation. Les circuits électroniques, qui comprennent l'émetteur-récepteur de radiocommunications, un processeur et deux interfaces de ligne, sont montés derrière une antenne directive octogonale, ayant 30 cm entre côtés opposés. Cette unité serait montée à l'extérieur sur la partie supérieure des locaux de l'utilisateur à un point de quasi-visibilité avec la station de base.
- Bloc d'alimentation et de connexion à distance (RPCU, *remote power and connection unit*). Cette unité fournit une alimentation à 48 V c.c. à partir de l'alimentation secteur des locaux de l'utilisateur. Des unités pour 220 V et 110 V sont disponibles, ainsi que des éléments facultatifs pour l'énergie solaire. Cette unité loge aussi une pile afin d'assurer le maintien du service en cas de panne d'électricité, ainsi que deux prises RJ11.

Le RSS standard donne accès à un nombre maximal de 3 intervalles de trafic à 32 kbit/s. Dans le cas d'un seul appel vocal, un intervalle est utilisé et la voix est codée à 32 kbit/s par MICDA. Pour deux appels vocaux simultanés, deux intervalles sont utilisés. Si un des appels transmet des données dans la bande des fréquences téléphoniques, trois intervalles sont utilisés et les données sont codées suivant un débit de 64 kbit/s.

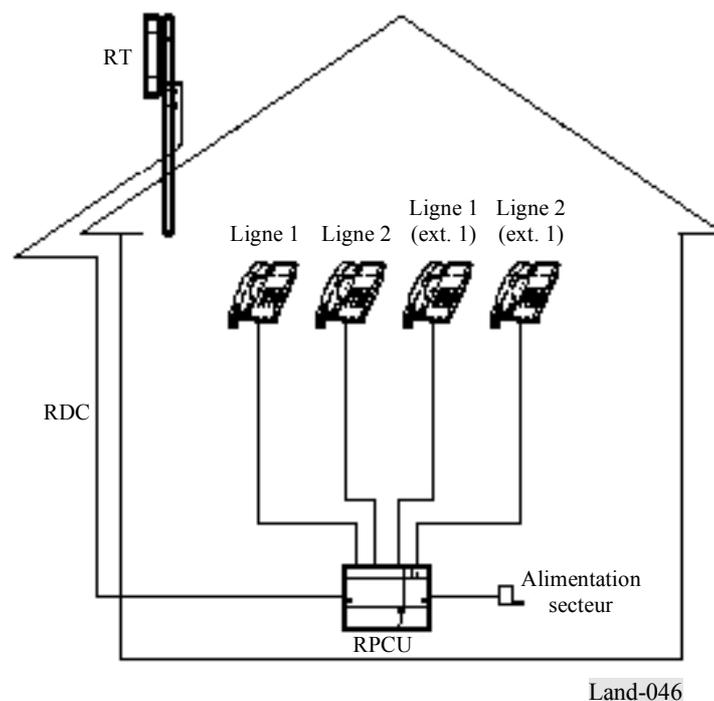
L'unité RNIS alloue deux intervalles pour chaque canal B utilisé. Deux RTU sont nécessaires pour un service 2B+D complet.

Terminaux d'utilisateurs

Le RSS permet le branchement de deux postes téléphoniques ordinaires et d'équipement de transmission de données ou de télécopies. Il s'agit d'une importante caractéristique du produit qui permet l'utilisation de l'équipement existant sans modification.

FIGURE 46

Équipement utilisateur du système AHF Internet de Nortel Networks (service en bande vocale)



Station de base

Diverses stations de base peuvent être utilisées afin de convenir à tous les contextes de mise en place, que ce soit dans les régions rurales où la population est disséminée ou dans des régions urbaines à forte densité de population.

La conception modulaire de la station de base permet l'installation d'un système de traitement de trafic faible, puis l'accroissement de la capacité du système au fur et à mesure que la demande augmente. Les stations de base peuvent être fournies avec des antennes omnidirectionnelles ou

sectorisées. L'élément d'élaboration standard des stations de base est un système à 3 circuits supports fournissant 3 voies de fréquences indépendantes et 30 voies de trafic. Une station de base à 3 circuits supports peut desservir environ 320 lignes. La capacité de la station de base est de 27 circuits supports pouvant desservir plus de 2 000 lignes.

L'équipement de la station de base se compose d'émetteurs-récepteurs radioélectriques, de circuits électroniques de commande, de blocs d'alimentation, d'interfaces avec le commutateur de central et d'une antenne. Le système d'alimentation comporterait normalement une alimentation de secours à pile afin de maintenir le service en cas de panne d'électricité. La liaison de raccordement avec le central utilise une connexion standard G.703/G.704 réalisée par fibre optique, paire torsadée ou liaison hertziennne à hyperfréquences.

L'interface de liaison de signalisation peut être bifilaire, SVV, ou V5.2.

EAM&F

L'exploitation, l'administration, la maintenance et la fourniture (EAM&F) du produit ont été conçues en vue d'une intégration facile aux réseaux d'accès existants. Les installations standard de facturation et de gestion des abonnés sont très peu touchées par l'ajout des réseaux d'accès du système AHF Internet de Nortel Networks.

L'équipement suivant est fourni:

- Gestionnaire d'éléments radioélectriques (REM, *radio element manager*). Il s'agit d'un logiciel tournant sur un poste de travail UNIX et qui assure la gestion du réseau d'accès du système AHF Internet de Nortel Networks. Il permet également le téléchargement de logiciels et la commande des configurations des stations de base. Le système communique avec les stations de base par l'intermédiaire d'une voie de communication et il peut être connecté à des systèmes de gestion-cadre de réseau. Le REM serait normalement implanté dans le centre de gestion du réseau.
- Système d'installation à distance (RIS, *remote installation system*). Il s'agit d'un ordinateur de poche utilisé par le technicien de maintenance au moment de l'installation de l'équipement RSS dans les locaux de l'utilisateur.
- Terminal de maintenance sur place (FET, *field engineering terminal*). Le FET est un ordinateur portable que l'on connecte à une station de base et qui permet à un technicien de maintenance de mettre en service une station de base.

En outre, Nortel Networks assure le soutien en matière de planification du réseau et des cellules au moyen de divers manuels et outils de planification.

1.3 Résumé des caractéristiques

Voici un résumé des principales caractéristiques du système AHF Internet de Nortel Networks:

Principales caractéristiques/particularités

- Transparence de service permettant d'offrir des services de commutation à valeur ajoutée aux utilisateurs qu'il s'agisse du secteur résidentiel ou de celui des petites entreprises.
- Les utilisateurs peuvent connecter des postes téléphoniques ordinaires et des modems existants.
- Connexion par modulation par impulsion et codage (MIC) à 64 kbit/s pour la transmission automatique de données à plein débit dans la bande des fréquences vocales.

- Haute qualité des transmissions vocales et transparence du service en font une solution de remplacement à long terme pour les réseaux filaires.
- Portée de 200 m à 40 km depuis la station de base.
- L'unité d'alimentation RCPU, raccordée au secteur et dotée de batteries de secours, permet 12 h de fonctionnement en mode d'attente et 30 min de conversation.
- Conçu afin d'être intégré dans les réseaux existants avec d'autres systèmes d'accès.
- Interfonctionnement avec les systèmes de soutien existants.

Principaux avantages

- Solution de remplacement peu coûteuse des systèmes filaires d'accès local.
- Planification de réseaux simplifiée par réduction des temps d'attente pour l'installation et l'activation du service.
- Faible «coût par local d'utilisateur visité», très inférieur à celui des autres méthodes d'accès.
- Faibles coûts d'infrastructure qui permettent une utilisation très efficace du financement: l'investissement n'est pas fait avant que l'abonné soit connecté et que des recettes puissent être générées.
- La croissance modulaire représente des frais de départ peu élevés et des investissements proportionnels à la croissance du nombre d'abonnés.
- Mise en place rapide.
- Vaste gamme de services offerts comme le service téléphonique ordinaire, les publiphones, les transmissions de données et de télécopies, au moyen d'une plate-forme matérielle commune.

Applications

- Exploitants de services de communication différents, offrant une solution de remplacement économique aux services des exploitants existants de réseaux filaires.
- Extension de réseau: fourniture d'un accès économique dont la capacité peut être accrue pour répondre aux besoins des abonnés commerciaux.
- Services voix, données et télécopie.
- Toutes densités d'abonnés.
- Indépendance du commutateur, permet toutes les fonctions d'abonné du commutateur du réseau-hôte.

Fourniture du service

- Nouveaux venus sur le marché dans les pays développés en voie de déréglementation.
- Exploitants et exploitants potentiels dans les marchés en développement ou en voie de modernisation.

2 Sous-système d'accès hertzien SR500-s de SR Telecom

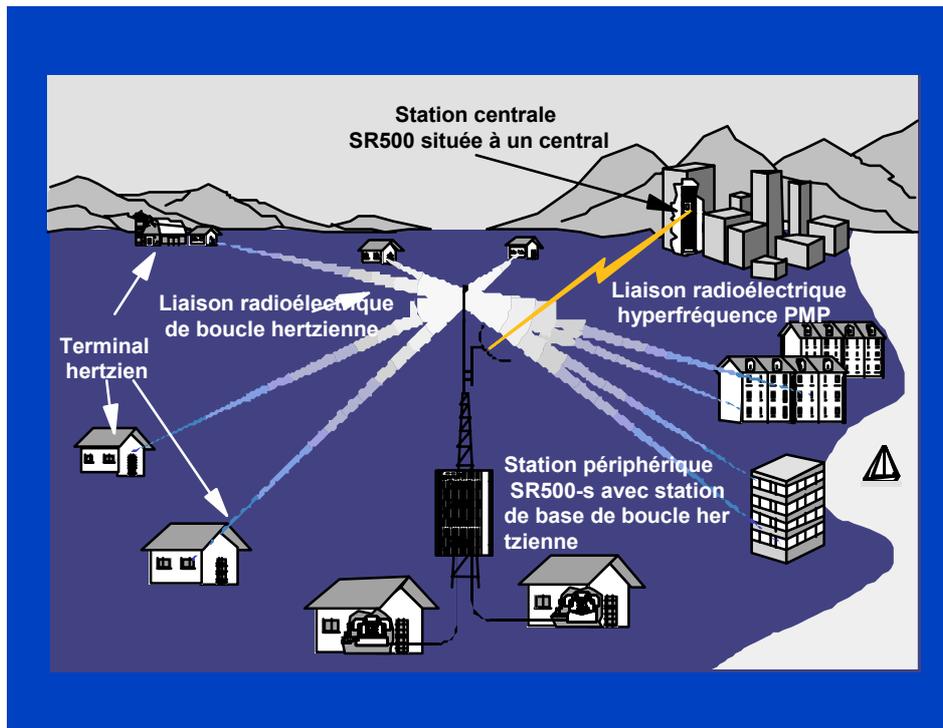
2.1 Généralités

Le sous-système d'accès hertzien point à multipoint (P-MP) SR500-s de SR Telecom assure la liaison entre le central et l'abonné en appliquant le principe de la liaison radioélectrique directe chez l'abonné (RTTH). L'accès hertzien remplace la dernière partie de l'accès, c'est-à-dire la ligne

d'abonné filaire qui conduit à l'abonné, au moyen d'une liaison radioélectrique. Que ce soit dans des régions rurales, de banlieue ou urbaines, cette solution de remplacement du câble donne aux entreprises exploitantes de services de téléphonie la possibilité de se fier seulement à des liaisons hertziennes comme accès ou encore d'utiliser la liaison hertzienne dans les parties du réseau où elle est préférable aux solutions câblées. La Fig. 47 illustre un sous-système d'accès hertzien dans une application hertzienne hyperfréquence P-MP.

FIGURE 47

Systeme d'accès hertzien fixe



2.2 Technologie, architecture et configuration

2.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission

- Voies de trafic par circuit support 5
- Largeur de bande de voie de trafic 32 kbit/s
- Codage de la parole MICDA 32 kbit/s
- Données dans la bande des fréquences vocales 28 8000 bit/s

Méthode d'accès AMRT

Duplex DRT

Bandes de fréquences d'émission (MHz)	
– Liaison descendante	340-380 ou 1 850-1 990
– Liaison montante	340-380 ou 1 850-1 990
Séparation duplex (MHz)	Sans objet
Espacement entre voies RF (kHz)	600
Nombre total de voies duplex RF	32
Modulation	MDMG
Rapidité de modulation (kbit/s)	576
Débit binaire brut par intervalle de trafic (kbit/s)	32

Système P-MP SR-500-s

L'accès hertzien de SR Telecom est un sous-système du Système de radiocommunication hyperfréquence P-MP de SR Telecom. Le SR500-s fournit une capacité de liaison de raccordement entre l'accès hertzien et le réseau téléphonique existant, la connexion d'interface RTPC au réseau téléphonique et l'interface gestion, exploitation et maintenance.

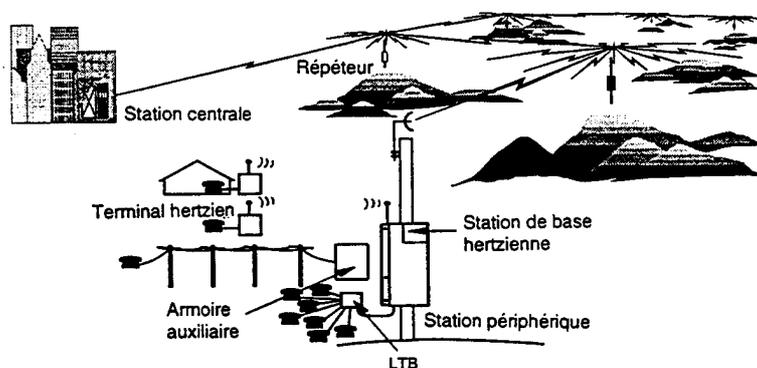
Le SR500-s est un système P-MP et peut donc assurer la couverture d'une aire de plusieurs centaines de kilomètres au moyen de transmissions hertziennes hyperfréquences. Cela fournit une capacité de liaison de raccordement très efficace permettant la mise en place économique de l'accès hertzien dans des applications rurales, de banlieue ou urbaines.

Comme le montre la Fig. 48, la station centrale du SR500-s assure l'interface RTPC avec un central du réseau téléphonique par l'intermédiaire d'interfaces bifilaires ou à 2 Mbit/s (conforme à la Recommandation UIT-T G.703). La station centrale remplit aussi toutes les fonctions de gestion, exploitation et maintenance du système P-MP et du sous-système d'accès hertzien à partir d'une interface commune.

La station centrale du SR500-s communique directement ou par l'intermédiaire d'un répéteur avec les stations périphériques se trouvant à distance dans des villages ruraux. A la station périphérique, l'abonné peut être relié au réseau par câble ou par un sous-système à accès hertzien.

FIGURE 48

Schéma du système



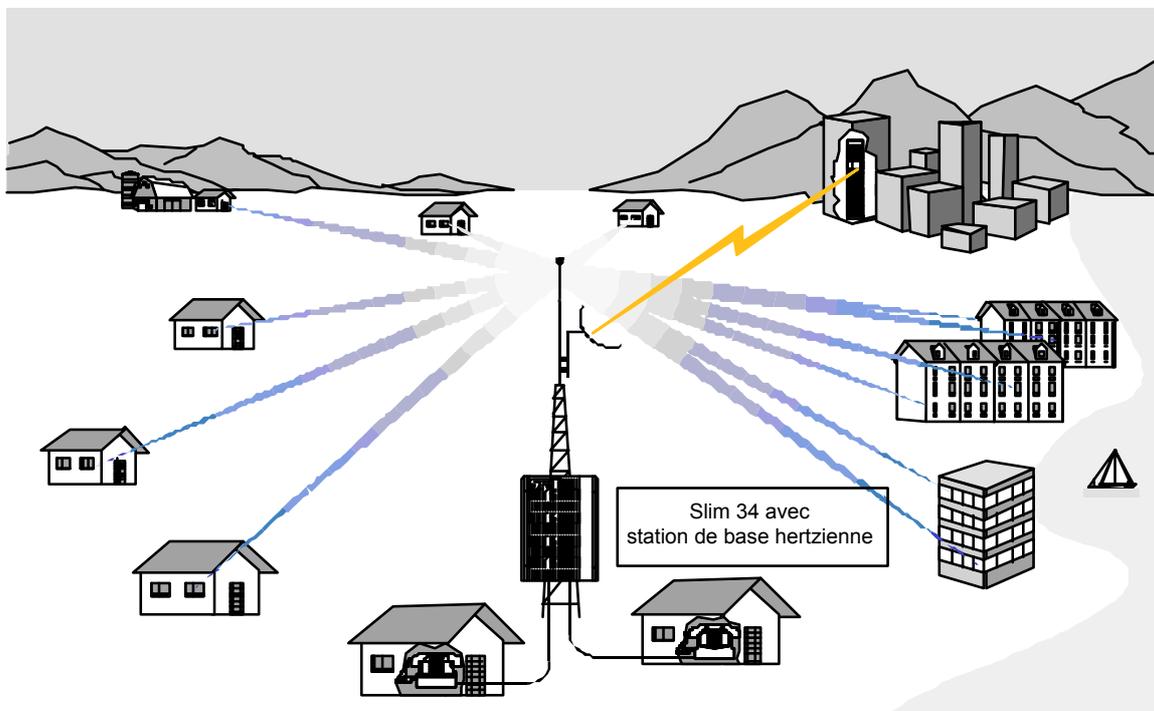
Description du sous-système d'accès hertzien

Le point de liaison du sous-système d'accès hertzien au système SR500-s est une station périphérique, ce qui élimine le besoin d'installer des câbles de distribution et des lignes d'abonné dans ce dernier paragraphe de l'accès local. Le sous-système d'accès hertzien se compose de deux unités, la station de base hertzienne (WBS, *wireless base station*) et le terminal hertzien (WT, *wireless terminal*). La station de base hertzienne est installée dans l'armoire de la station périphérique alors que le terminal hertzien est installé à l'extérieur des locaux de l'abonné et connecté au poste téléphonique de l'abonné.

Les deux unités communiquent au moyen d'une liaison radioélectrique AMRT utilisant une seule fréquence DRT pour le signal d'émission et le signal de réception. Le sous-système d'accès hertzien fonctionne dans la bande 340-380 MHz ou 1 850-1 990 MHz. D'autres bandes peuvent aussi être utilisées. Le système peut fonctionner avec des distances de bond pouvant atteindre 10 km en visibilité directe et 5 km en non-visibilité directe. En exploitation en non-visibilité, il est possible d'émettre le signal radioélectrique à travers la végétation et au-dessus du toit des locaux d'abonnés, ce qui simplifie l'installation et réduit le besoin d'utiliser de hauts pylônes. La Fig. 49 illustre la zone de couverture du sous-système d'accès hertzien.

FIGURE 49

Zone de couverture du sous-système d'accès hertzien



Station de base hertzienne

Chaque station de base hertzienne se compose d'un émetteur-récepteur de station de base de 4 W (+36 dBm) et d'un contrôleur de station de base hertzienne. Chaque station de base hertzienne comporte 5 circuits qui sont partagés par tous les terminaux hertziens. A partir des tables de trafic B d'Erlang, on peut dire que 5 circuits assureront la transmission de 1,36 E de trafic avec un niveau de service (GOS, *grade of service*) correspondant à 1% de blocage. En supposant des niveaux de trafic représentatifs de 0,07 E par abonné, chaque station de base hertzienne pourra répondre aux besoins de 20 terminaux hertziens.

Une station périphérique Slim 34 ou une cabine auxiliaire Slim peut loger un maximum de 2 stations de base hertziennes (à raison de 2 intervalles chacune). Dans cette configuration, les 2 stations de base hertziennes communiquent entre elles, ce qui signifie que les deux ensembles de 5 circuits (pour un total de 10) peuvent faire l'objet d'une attribution dynamique des voies, ce qui donne une capacité de trafic totale de 4,46 E, soit 64 abonnés à 0,07 E par abonné.

Terminal hertzien

Le terminal hertzien est monté à l'extérieur des locaux de l'abonné, sur un des côtés (voir Fig. 50). Il comporte l'émetteur-récepteur radioélectrique, les circuits d'interface de ligne et un point de connexion pour les conducteurs téléphoniques de pointe et de nuque et pour l'alimentation. Cette unité est conçue en vue d'applications fixes dans toute condition environnementale.

Une antenne directive plane fixe montée sur le toit afin d'améliorer les performances est reliée à cette unité par l'intermédiaire de câble coaxial. Le terminal hertzien a une tension d'alimentation de +12 V c.c. pouvant être fournie par un adaptateur secteur facultatif, ou par des systèmes d'alimentation solaires ou éoliens. Dans le cas des systèmes alimentés par le secteur, l'adaptateur secteur peut être monté à l'intérieur ou à l'extérieur du terminal hertzien. Une alimentation de secours à pile est aussi fournie afin de donner au terminal hertzien jusqu'à 12 h de fonctionnement en mode d'attente.

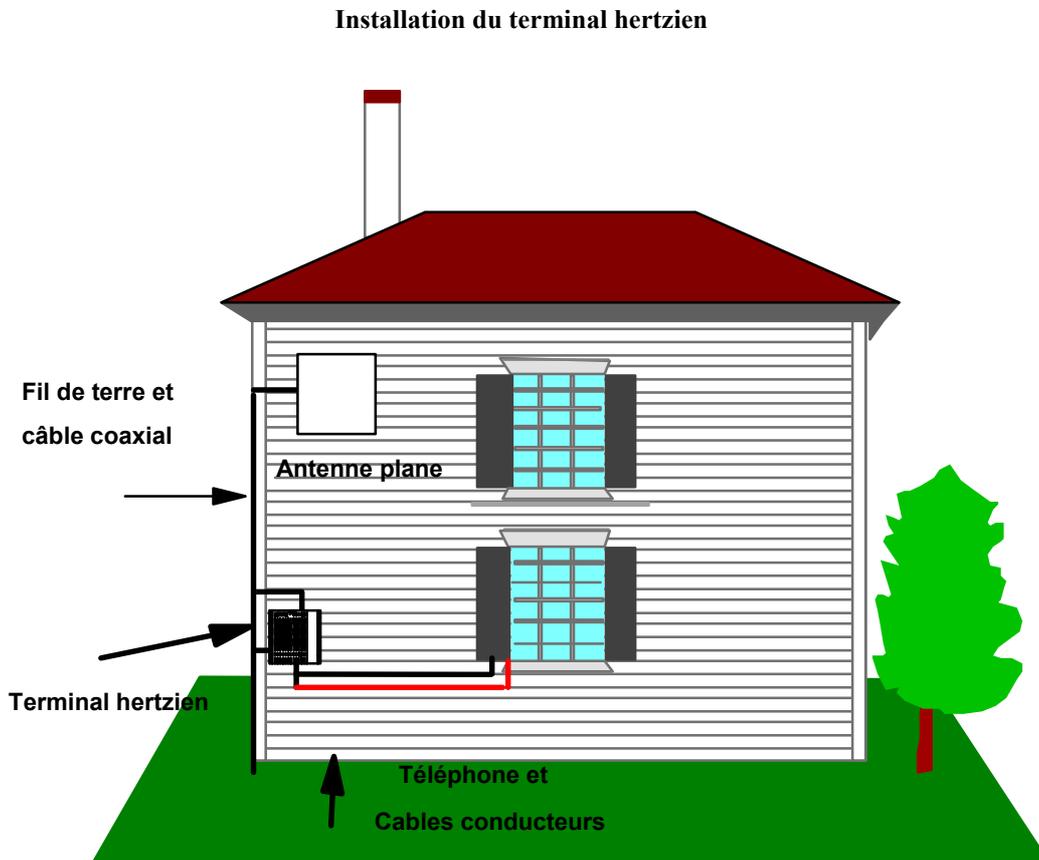
Interface abonné

Le terminal hertzien assure la liaison d'un seul abonné au réseau téléphonique au moyen d'une fiche à deux fils. Le système est compatible avec les dispositifs de transmission de la voix, les publiphones à 12 ou 16 kHz et les dispositifs de transmission de données dans la bande des fréquences vocales (modems et télécopieurs) jusqu'à 28 800 bit/s. Les améliorations à venir porteront le débit à 64 bit/s et au niveau RNIS (144 kbit/s).

Caractéristiques d'installation

La Fig. 50 illustre une installation de terminal hertzien type chez l'abonné. L'antenne préférée est une antenne directive plane montée près du toit, sur le mur faisant face à la station de base hertzienne. A la station de base hertzienne, on utilisera une antenne directive plane ou une antenne omnidirective, selon la zone de couverture.

FIGURE 50



Transparence des fonctions

L'exploitation du sous-système d'accès hertzien de SR Telecom est transparente aux applications du service fixe. Cela comprend la transparence à la numérotation, la compatibilité avec tous les services verticaux comme l'identification de la ligne appelante et une qualité de signal vocal de niveau comparable à celle des lignes filaires ordinaires obtenue avec un codage de la parole MICDA à 32 kbit/s. D'autres fonctions incluent l'intracommunication, les circuits spécialisés et prioritaires, ainsi que la sécurité et l'authentification pour toutes les conversations.

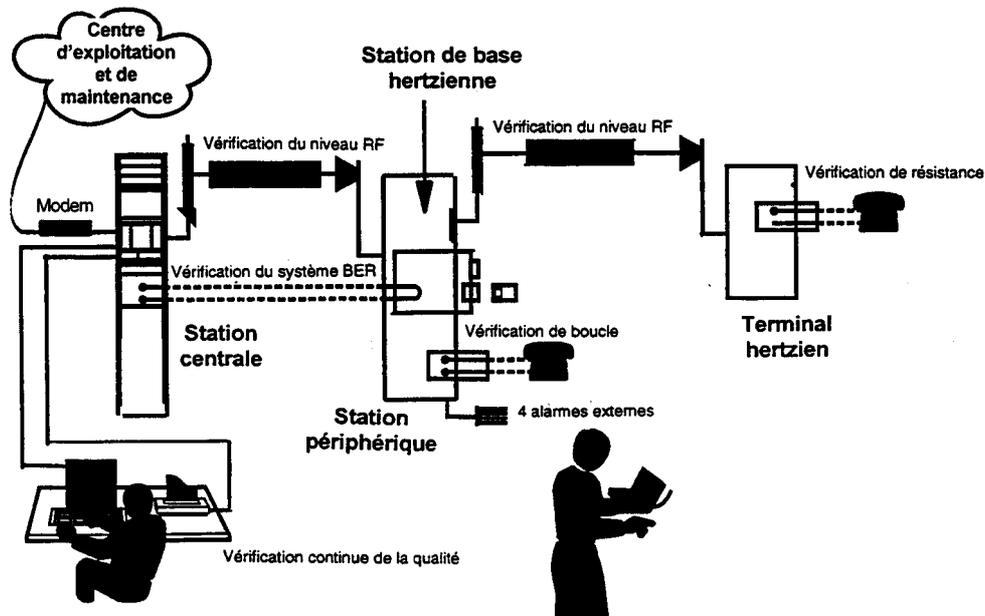
Gestion, exploitation et maintenance (GEM)

Le système de GEM du SR500-s étend ses possibilités jusqu'à prendre en charge l'accès hertzien. Comme le montre la Fig. 51, les alarmes, rapports de trafic, mesures de niveau RF, diagnostics de circuits individuels et réglages des paramètres programmables relatifs au sous-système d'accès hertzien sont gérés par l'intermédiaire du système GEM. Le téléchargement à distance des logiciels pour le sous-système d'accès hertzien est aussi pris en charge.

FIGURE 51

Liaisons de maintenance et d'exploitation

Gestion du réseau



Land-051

2.3 Résumé des caractéristiques

Le sous-système d'accès hertzien de SR Telecom offre aux exploitants de services de téléphonie une solution de remplacement économique aux systèmes câblés. Elle peut être mise en place rapidement, avec un accroissement incrémentiel de la capacité afin de répondre en temps opportun aux demandes de service.

Caractéristiques/particularités

- Fonctionnement transparent à tous les services verticaux.
- Compatibilité avec les appareils téléphoniques ordinaires, les publiphones et l'équipement de transmission de données dans la bande des fréquences vocales.
- Transmission des données et des télécopies jusqu'à 28 800 bit/s.
- Compatibilité RNIS prévue.
- Faible consommation électrique, ce qui permet l'alimentation par système solaire, et l'exploitation pendant 12 h avec l'alimentation de secours à pile.

Principaux avantages

- Portée de fonctionnement jusqu'à 5 km en non-visibilité (trajet obstrué), ce qui diminue la hauteur requise de l'antenne.
- Solution de remplacement économique à l'accès local câblé.

- Liaison intégrée de raccordement avec le RTPC assurée par le système P-MP SR500-s.
- Compatibilité avec toutes les interfaces standard du RTPC.
- Système GEM intégré fourni par le SR500-s, y compris le téléchargement à distance de logiciels.
- Aucune planification de trajet nécessaire.
- Système conçu pour le fonctionnement à l'extérieur.

Applications

- Prolongement de réseaux en régions rurales.
- Couche de superposition à un réseau afin d'étendre ou d'améliorer les services dans les régions actuellement desservies par du câble.
- Exploitants de services de remplacement fournissant une option de service auprès des exploitants existants.
- Dans les régions câblées où le câblage doit être amélioré ou remplacé, remplacement des câbles par des moyens de transmission hertziens.

3 Système modulaire IRT de TRT/Lucent Technologies pour l'accès local hertzien

3.1 Généralités

Le système modulaire IRT est un système point à multipoint conçu principalement en vue de relier des abonnés isolés à un réseau téléphonique. Les principales caractéristiques de ce système comprennent:

Caractéristiques du service:

- raccordement d'abonnés aux services téléphonique (ligne filaire ou liaison hertzienne), télégraphique et de transmission de données;
- compatibilité RNIS;
- niveau de service compatible avec le niveau assuré par les centraux;
- le réseau et les équipements peuvent être mis en place rapidement et avec une grande souplesse;
- exploitation et maintenance faciles.

Caractéristiques techniques:

- codage de la voie à fréquences vocales par MIC à 64 kbit/s pour la section liaison de raccordement du réseau;
- technologie du système DECT à 32 kbit/s avec codage MICDA pour la dernière partie de la liaison aux locaux de l'abonné;
- transmission radioélectrique hyperfréquence;
- utilisation de l'AMRT.

Le système IRT est adapté à une vaste gamme d'applications, y compris les systèmes de communication ruraux, les réseaux spécialisés de transmission de données urbains, les RNIS, la liaison et la surveillance de plates-formes de forage, l'infrastructure de transmission de réseaux radioélectriques mobiles et de réseaux de surveillance.

Le système IRT offre une capacité de raccordement étendue et la couverture de grandes aires géographiques.

Le système est disponible en deux configurations (selon la capacité):

- IRT 2000: nombre maximal d'abonnés connectés: 480,
- IRT 4000: nombre maximal d'abonnés connectés: 1 920.

La distance de raccordement des abonnés n'est pas cruciale (jusqu'à 1 600 km).

3.2 Technologie, architecture et configuration

3.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission	2M00G7W
- Voies de trafic par circuit support	30
- Débit des voies de trafic (kbit/s)	64
- Codage de la parole	MIC
Méthode d'accès	AMRT
Duplex	Selon les dispositions des voies de l'UIT-R
Bandes de fréquences (MHz)	1 350-1 375 appariée avec 1 492-1 517 1 375-1 400 appariée avec 1 427-1 452 2 300-2 500 et 2 520-2 670
Espacement entre voies RF (MHz)	2
Nombre total de voies duplex RF	conforme à la disposition des voies pertinente
Modulation	MDP-4
Rapidité de modulation (Mbit/s)	2,304

3.2.2 Fonctions, organisation et structure du réseau

Fonctions du réseau

Le système IRT remplit les principales fonctions suivantes:

- concentration du trafic téléphonique en $n \times 30 \times 64$ kbit/s circuits MIC ($n = 1, 2, 3$ ou 4 , où n est le nombre d'unités de concentration (CU) d'un système IRT),
- transmission radioélectrique entre le central et les différentes stations d'abonné.

Le système IRT est connecté:

- d'une part: au répartiteur principal à l'entrée du central téléphonique,
- d'autre part: directement aux lignes d'abonné.

Le système donne aux abonnés l'accès à tous les services offerts par les réseaux de télécommunication les plus modernes, en transparence pour l'abonné.

Organisation

Le système IRT est basé sur une station centrale reliée à d'autres stations du système par le biais de relais radioélectriques.

La station centrale est reliée au central par des liaisons analogiques ou numériques à 2 Mbit/s.

Chaque abonné est relié (Fig. 52):

- soit à une station distante (près des locaux de l'abonné) par ligne filaire,
- soit à un terminal d'abonné (CTA) aux locaux de l'abonné, ce terminal étant raccordé à une station distante par une extension de radiocommunication DECT.

Raccordement de l'abonné

Dans certains cas, l'emplacement géographique des abonnés exigera l'installation de stations de répéteurs afin d'assurer la liaison radioélectrique. Ces stations de répéteurs peuvent aussi servir au raccordement d'abonnés.

Afin de simplifier le système, on utilise une architecture à trois niveaux (Figure 43):

- niveau 1: répéteur fédérateur (BR, *backbone repeater*),
- niveau 2: stations distantes (RS, *remote stations*),
- niveau 3: terminaux d'abonnés DECT (CTA).

Un genre de liaison radioélectrique est associé à chaque niveau:

- répéteur fédérateur (BR): liaison radioélectrique fédératrice,
- stations distantes (RS): liaison radioélectrique AMRT,
- terminaux d'abonnés DECT: liaison radioélectrique DECT.

Configuration du réseau

Un système IRT comprend:

- une station centrale (CS) reliée au répartiteur principal d'un central;
- un répéteur fédérateur (BR) (configuration IRT 4000 seulement);
- des stations distantes (RS);
- des terminaux hertziens RFP et des terminaux d'abonnés CTA (extension radioélectrique DECT si des abonnés au service de raccordement hertzien sont reliés au réseau).

Les abonnés sont reliés à une station distante par ligne filaire ou liaison radioélectrique DECT.

Il existe deux types de station distante: terminal ou répéteur (avec ou sans abonnés), selon l'architecture du réseau.

La configuration IRT 2000 gère une unité de concentration (CU) qui peut prendre en charge 30 circuits MIC.

La configuration IRT 4000 compte n unités de concentration (CU) (où $n = 2, 3$ ou 4), chaque unité de concentration prenant en charge 30 circuits.

Une unité de concentration gère les stations distantes et, dans certains cas, l'équipement radioélectrique DECT (RFP et CTA).

Les stations distantes gérées par une même unité de concentration peuvent être groupées ou divisées au sein du réseau.

Les unités secondaires station centrale et station de radiocommunication

La station centrale (CS) peut comprendre entre une et quatre unités de concentration (CU). La station est reliée au central par une liaison analogique ou numérique:

- liaison analogique: une paire pour chaque abonné;
- liaison numérique: une paire pour 30 abonnés (2,048 Mbit/s (V5-1 ou V5-2)).

Le système IRT utilise les transmissions hyperfréquences pour relier les stations du réseau à la station centrale.

Ces éléments sont gérés par le ou les processeurs de la station centrale, qui agissent comme cœur du système.

L'unité secondaire de radiocommunication AMRT de la centrale peut se trouver à distance si la topologie du réseau l'exige. Dans ce cas, la station centrale est divisée en deux parties:

- équipement téléphonique au central-hôte;
- station de radiocommunication distante (RRS, *remote radio station*) à l'extrémité éloignée du réseau.

Ces deux unités peuvent être reliées par liaison câblée ou hertzienne standard à 2,048 Mbit/s (Recommandation UIT-T G.703).

Répéteur fédérateur

Il existe trois types de répéteur fédérateur (BR):

- station TDI (répéteur à extraction-insertion, *trunk drop-insert repeater*);
- station TEB (extrémité circuit du réseau fédérateur, *trunk end of backbone*);
- station TTH (répéteur de circuit, *trunk through repeater*).

Station TTH:

Une station TTH ne comporte que des installations de relais hertzien. Les abonnés ne peuvent être reliés à cette station.

Une station TTH peut répéter jusqu'à 4 trains de liaison fédératrice (une liaison fédératrice par unité de concentration).

Le nombre de stations TTH dans un réseau IRT varie selon la configuration du réseau.

Station TDI (répéteur à extraction-insertion):

Les stations TDI agissent à titre de nœud entre les niveaux 1 et 2 du réseau. Elles ont pour fonction:

- de relier 3 unités de concentration au maximum au réseau fédérateur;
- de raccorder les abonnés.

Une station TDI peut utiliser deux types de liaisons radioélectriques dans le réseau (liaison radioélectrique fédératrice et liaison radioélectrique AMRT);

Les stations peuvent assurer le relais de 2, 3 ou 4 trains fédérateurs à 2,304 Mbit/s (pour 2, 3 ou 4 stations fédératrices).

Station TEB (extrémité circuit du réseau fédérateur):

La station TEB constitue la terminaison du réseau fédérateur.

Cette station sert à:

- raccorder jusqu'à 4 unités de concentration au réseau fédérateur,
- raccorder les abonnés.

Une station TEB assure l'émission-réception de 2, 3 ou 4 trains radioélectriques fédérateurs.

Stations distantes

Le niveau 2 de l'architecture du système correspond aux stations distantes (RS), qui peuvent être un répéteur ou un terminal. Il existe deux types de stations distantes:

- Station distante ERS (répéteur ou terminal);
- Microstation (terminal seulement).

Une station de répéteur utilise deux genres de liaisons radioélectriques AMRT afin de communiquer avec le reste du réseau (Fig. 53):

- une liaison établie dans la direction de la station centrale par une liaison radioélectrique «montante».
- une liaison établie dans la direction des stations plus distantes par une liaison radioélectrique «descendante».

Une station terminale peut donc communiquer avec la station centrale par une liaison radioélectrique, qui peut être répétée par un ou plusieurs répéteurs et stations fédératrices.

Equipement radioélectrique des station distantes

L'extension radioélectrique DECT correspond au troisième niveau de l'architecture du système (voir Annexe 4, § 8).

Les diverses stations du système modulaire IRT sont compatibles avec les stations utilisées par les anciens réseaux IRT (stations distantes et ministations de première génération).

Types de structures de réseau

La modularité des stations ainsi que la souplesse du système IRT permettent facilement l'adaptation aux diverses configurations d'installations:

- configuration de réseau en étoile;
- configuration de réseau arborescent;
- configuration linéaire.

Les réseaux peuvent ainsi être mis en place dans les régions désertiques, les plaines ou les régions montagneuses et dans des environnements urbains, de banlieue ou maritimes.

Schémas montrant des exemples de structures réseau

L'utilisation d'équipements radioélectriques, y compris des stations de relais hertzien, permet la couverture de grandes aires géographiques et la fourniture de services à des emplacements à plusieurs centaines de kilomètres de la station en amont.

FIGURE 52

Fonctions du système modulaire IRT

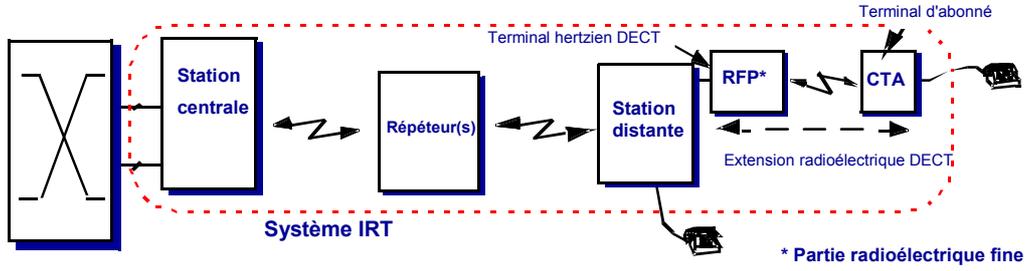
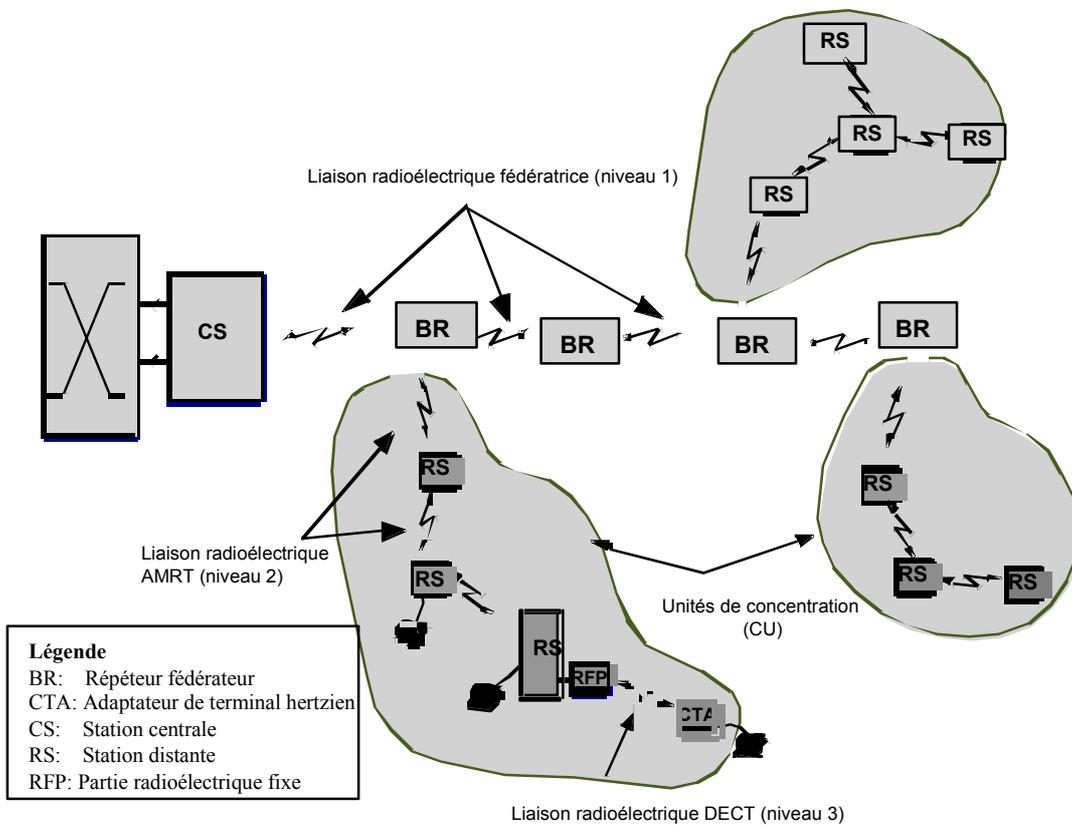


FIGURE 53

Système modulaire IRT – Configuration du réseau



ANNEXE 6

Considérations relatives à la mise en place des systèmes AHLB

1 Introduction

La présente Annexe complète le Chapitre 8 et donne des précisions supplémentaires dont les pays en développement pourraient avoir besoin pour la planification et la mise en place de leurs systèmes AHLB.

2 Considérations relatives au partage du spectre

La méthode recommandée d'identification des bandes possibles pour les systèmes AHF en général (voir la Recommandation UIT-R F.1400) fait une large part à l'identification des critères de partage et autres contraintes réglementaires. Sur les six grandes étapes de la méthode, trois concernent le partage des bandes de fréquences. Ce sont ces considérations qui retardent le plus l'identification des bandes de fréquences pour les systèmes AHF en général et les systèmes AHLB en particulier.

3 Décisions prises par la CMR-2000 concernant les systèmes haute densité du service fixe (HDFS)

3.1 Introduction

La Conférence mondiale des radiocommunications qui s'est tenue à Istanbul (Turquie) du 8 mai au 2 juin 2000 (CMR-2000) a examiné les questions relatives aux attributions de fréquences et les aspects réglementaires liés à l'utilisation des bandes de fréquences au-dessus de 30 GHz par les systèmes HDFS (point 1.4 de l'ordre du jour), compte dûment tenu des exigences liées aux systèmes des services de radiocommunication existants ou futurs fonctionnant dans les bandes de fréquences pertinentes.

Les applications haute densité, en particulier au-dessus de 20 GHz, se caractérisent généralement comme suit:

- elles utilisent des systèmes point à point ou P-MP ou une combinaison des deux;
- leur mise en place est rapide et modulable;
- la réutilisation des fréquences est élevée en raison des conditions de propagation;
- les dimensions des antennes et la taille des terminaux diminuent avec la fréquence;
- pas de grosses incidences financières dues à la nécessité de prévoir des techniques de réduction des brouillages pour résoudre les problèmes de partage entre services;
- très nombreuses stations HDFS mises en place; et
- plus large gamme d'angles d'élévation d'antenne que dans des bandes inférieures.

Le terme HDFS ne renvoie pas à une application, à un sous-service ou à une bande particulière dans le service fixe mais décrit le phénomène d'une densité d'implantation, d'une efficacité spectrale et d'une réutilisation des fréquences maximum dans le service fixe. Souvent, la concentration des systèmes installés, la réutilisation du spectre et l'efficacité spectrale sont des facteurs plus importants dans les bandes de fréquences élevées car les conditions de propagation y sont plus favorables. L'expression «haute densité» peut également s'appliquer de la même façon à tout service radioélectrique qui peut être largement utilisé à des fins commerciales ou autres.

Les applications HDFS comprennent plusieurs applications du service fixe dont les applications AHLB; se reporter au § 3.2 pour de plus amples renseignements.

3.2 Applications pour les systèmes HDFS

Compte tenu des caractéristiques de propagation des bandes de fréquences au-dessus de 30 GHz, on a besoin de liaisons en visibilité directe ou de courte portée. Toutefois, on peut implanter un grand nombre de systèmes du service fixe et par conséquent les systèmes exploités dans ces bandes sont tout indiqués pour renforcer l'infrastructure dans des zones très densément peuplées. On prévoit des débits binaires de transmission pouvant aller jusqu'à 310 Mbit/s, voire plus. Les principales applications sont les suivantes:

- mise en place d'une infrastructure de réseau mobile pour les systèmes existants et les nouveaux systèmes;
- AHF:
 - tenir compte des nouveaux opérateurs de télécommunication sur les marchés compétitifs;
 - offrir des technologies de remplacement pour mettre à niveau l'infrastructure téléphonique existante;
 - offrir un plus large accès et une plus large gamme de services pour les utilisateurs résidentiels et commerciaux dans le domaine de la téléphonie, de la transmission de données et du multimédia;
- applications ne nécessitant aucune assignation de fréquence individuelle, éventuellement dans les bandes autour de 60 GHz.

3.3 Résultats de la CMR-2000

La CMR-2000 a affecté plusieurs GHz de spectre aux applications HDFS au-dessus de 30 GHz pour la mise en place de ces systèmes à l'échelle mondiale. Les décisions prises sont contenues dans le Règlement des radiocommunications (RR) sous forme de renvois à l'Article 5 et de Résolutions associées, lesquels définissent les dispositions réglementaires à observer pour mettre en place les systèmes HDFS dans ces bandes. Par ailleurs, dans le Tableau 21-4 du RR, des limites de puissance surfacique ont été provisoirement ajoutées pour les services spatiaux fonctionnant dans les bandes pertinentes afin de protéger les systèmes HDFS. En particulier, les principaux résultats concernant les applications HDFS font l'objet de deux numéros (5.547 et le nouveau renvoi 5.551AA), de deux Résolutions (Résolutions 122 (CMR-97) et 734 (CMR-2000) et d'adjonctions de limites de puissance surfacique provisoires pour les services spatiaux (Tableau 21-4) dans les bandes de fréquences partagées avec les systèmes HDFS.

ANNEXE 7

Descriptions des systèmes d'accès hertzien large bande

1 Système d'AHLB de Nortel Networks Reunion™

1.1 Généralités

Le système de Nortel Networks Reunion offre un AHLB numérique et utilise une architecture radioélectrique P-MP. Il fonctionne dans diverses bandes de fréquences, essentiellement entre 24 et 40 GHz. Les emplacements des cellules sont structurés en secteurs, chaque secteur couvrant en général un arc de 15 à 90°. Les sites d'abonné utilisent des antennes hautement directives semblables à des systèmes radioélectriques point à point.

Le système de Nortel Networks Reunion permet à l'opérateur de réseau de combiner le trafic en amont AMRF et AMRT dans la même station de base pour desservir au mieux un ensemble de sites d'abonné de petite dimensions ou de dimensions moyennes. L'AMRT semble être la technique optimale pour desservir de petits sites d'abonné pour lesquels la demande de trafic est sporadique ou le débit moyen de trafic est inférieur à environ 2 Mbit/s en amont. L'AMRF semble être la technique optimale pour desservir des sites plus importants (entreprises de taille moyenne ou trafic cumulé de bâtiments à plusieurs locataires) pour lesquels il y a un volume de trafic suffisamment stable pour justifier une voie en amont spécialisée. De plus, le système de Nortel Networks Reunion offre un choix d'interfaces de réseau ATM ou IP étant donné que les deux technologies ont leur place sur le marché.

Un site d'abonné type pourrait être desservi par une ou plusieurs liaisons DS-1 ou E1 analogues à des lignes louées filaires. Une liaison DS-1 ou E1 serait ensuite connectée, par exemple, à un autocommutateur privé pour un gros industriel ou à un concentrateur de lignes détenu par un opérateur, par exemple AccessNode Express de Nortel Networks™ qui ensuite dispatcherait les différentes lignes d'accès aux clients finals dans le bâtiment. De plus, l'équipement des locaux d'abonné dispose d'une borne 10baseT ou 100BaseT pour assurer une fonction de dérivation ou de routage LAN pour le trafic de données à l'intérieur du bâtiment. Parmi les applications, on peut citer le raccordement du trafic radiocellulaire mobile terrestre.

Le trafic est acheminé par voie hertzienne sous forme de cellules ATM ou de paquets IP avec un contrôle d'erreur approprié. En aval (station de base vers équipement des locaux d'abonné), un ou plusieurs signaux modulés large bande à plusieurs dizaines de Mbit/s sont transmis à tous les équipements des locaux d'abonné d'un secteur. Ces signaux sont un flux continu de cellules ou de paquets avec multiplexage par répartition dans le temps destinés à un certain nombre d'équipements de locaux d'abonné. En amont, des canaux AMRF ou AMRT peuvent être fournis. Les sites d'abonné ayant des débits de trafic élevés peuvent utiliser efficacement des canaux spécialisés AMRF. La largeur de bande de canal est programmable pour adapter efficacement l'utilisation du spectre aux besoins des sites. Le niveau de modulation est lui aussi programmable: MAQ-4, MAQ-16 ou MAQ-64. En aval, des débits de plus de 50 Mbit/s peuvent être offerts. Les sites d'abonné ayant des débits de trafic peu élevés en bits, généralement moins d'une ou de deux liaisons DS-1 ou E1, peuvent le plus efficacement utiliser en temps partagé les canaux amont AMRT. Un canal amont AMRT peut être utilisé en temps partagé à la demande sans qu'aucun créneau temporel fixe ne soit assigné à tel ou tel utilisateur. Le protocole de commande d'accès au support est basé sur le protocole MCNS DOCSIS qui est normalisé dans les Recommandations UIT-R F.1499 et UIT-T J.112 et UIT-T J.116. Il utilise un algorithme de programmation au niveau de la station de base. Le programmeur traite les demandes de largeur de bande émanant des équipements des locaux de l'abonné sur le canal amont et assigne dynamiquement des intervalles de temps en utilisant une table horaire de diffusion envoyée périodiquement sur le canal aval.

Les canaux AMRF et AMRT utilisent la CED ainsi que l'égalisation adaptative nécessaire pour corriger les erreurs sur les canaux ou en cas de canal radioélectrique présentant une dispersion.

Le système de Nortel Networks Reunion utilise le DRF pour séparer les signaux amont et les signaux aval et pour garantir un bon fonctionnement dans une configuration supposant une coexistence avec d'autres systèmes.

Les liaisons sont conçues en général de façon à offrir une disponibilité de 99,9 à 99,999% et utilisent des cellules de 1,5 à 5 km de rayon.

1.2 Technologie, architecture et configurations

1.2.1 Caractéristiques de l'interface radioélectrique

Classe d'émission	5-50MD7W en aval 2-10MD7W en amont
Configuration d'accès multiple	MRT en aval AMRT ou AMRF en amont
Duplex	DRF
Bande de fréquences type à l'émission (GHz)	Diverses bandes 10-60
Espacement type entre les canaux RF (MHz)	5-50 en aval 2-10 en amont
Débit binaire brut par porteuses (Mbit/s)	8-150 en aval 2-30 en amont
Modulation	MAQ-4, MAQ-16 ou MAQ-64

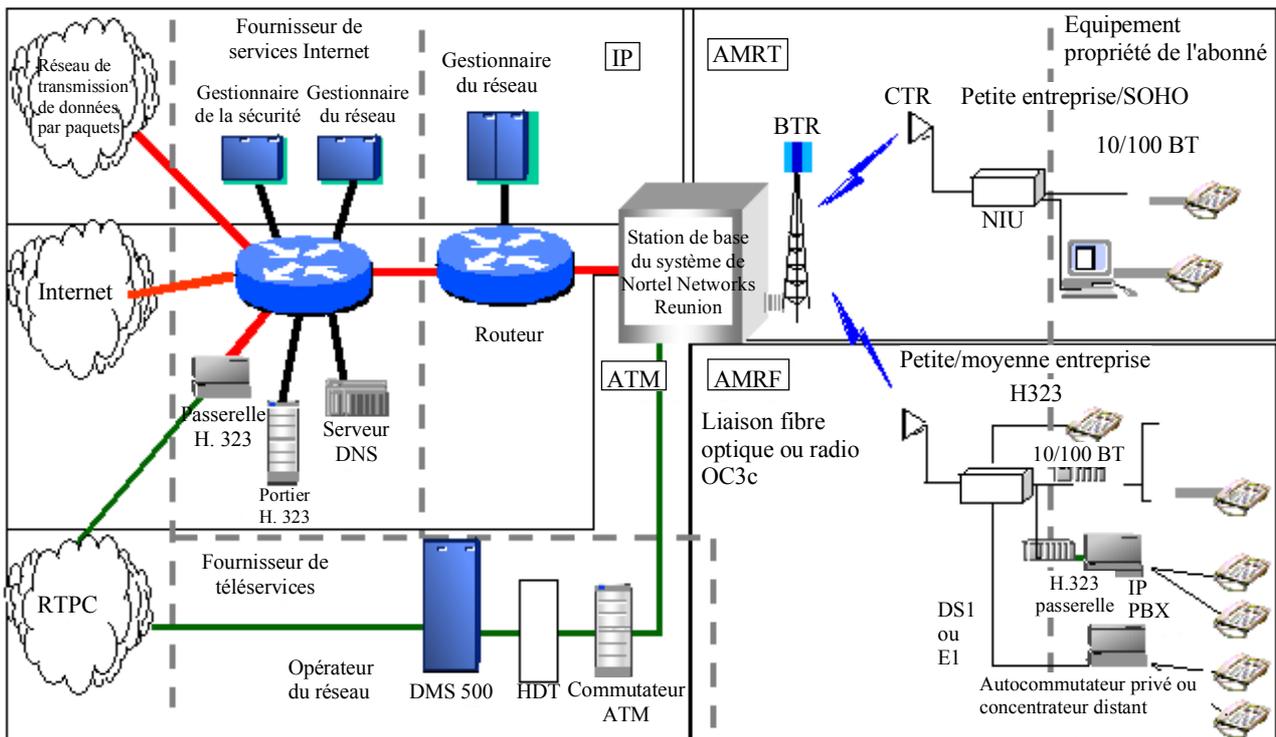
1.2.2 Configuration de réseau

L'architecture de réseau qui offre la possibilité d'associer un accès AMRF ou AMRT à un réseau ATM ou IP est représentée à la Fig. 54 ci-dessous. Le système de Nortel Networks Reunion comprend:

- l'équipement intérieur de la station de base ou l'équipement de nœud du réseau (NNE, *Network Node Equipment*);
- l'émetteur-récepteur extérieur de la station de base (BTR);
- l'émetteur-récepteur des locaux de l'abonné (CTR);
- l'unité d'interface de réseau (NIU) des locaux d'abonné; et
- les équipements et outils de gestion du réseau associés.

A l'extérieur du système AHLB, côté abonné, on trouve les équipements propriété de l'abonné raccordés à l'unité NIU, à savoir les concentrateurs, les passerelles IP H.323, les autocommutateurs privés et les pivots LAN. A l'extérieur du système de Nortel Networks Reunion côté interface du réseau, on trouve les supports de raccordement depuis les stations de base (fibre ou radio OC3c/STM-1) le commutateur ATM ou le routeur IP et les passerelles de réseau. Le système de Nortel Networks Reunion assure l'intégration au système de suivi de la clientèle du fournisseur de services Internet (ISP) et du fournisseur de services d'application (ASP) et au système d'appui à l'exploitation (OSS).

FIGURE 54
Architecture du réseau



Land-054

Les fonctions des composants du système sont les suivantes:

Équipement de nœud de réseau (NNE)

L'équipement NNE comprend les modems de station de base, la matrice de combinaison des canaux et la commutation de redondance et l'interface de raccordement. Les canaux aval sont des porteuses continues MRT. Les canaux AMRF et/ou AMRT amont sont assurés et, avec l'AMRF, une combinaison de canaux amont bande large et bande étroite peut être associée à chaque canal aval.

Le trafic est acheminé sous forme de cellules ATM ou de paquets IP, avec prise en charge de la qualité de service. Le service d'émulation de circuit ATM CBR achemine le trafic DS-1 ou E1 structuré ou non structuré.

Le système de Nortel Networks Reunion utilise la technologie d'amplification linéaire large bande de sorte que les multiples canaux aval sont combinés dans chaque équipement radioélectrique. Une matrice de commutation de redondance et de combinaison des canaux permet de combiner plusieurs porteuses dans chaque équipement radioélectrique en ondes millimétriques et a la capacité de commuter des modems de réserve dans différents secteurs si nécessaire pour la relève des dérangements.

On peut utiliser diverses interfaces de raccordement large bande, notamment les équipements radioélectriques en fibres optiques ou point à point OC3c et un raccordement redondant est assuré.

Emetteur-récepteur de la station de base (BTR)

Le BTR transforme les signaux d'émission ou de réception à la fréquence intermédiaire provenant des modems NNE en signaux en ondes millimétriques et assure l'amplification. Il est alimenté à distance depuis le NNE via le câblage FI. Normalement, deux BTR sont implantés dans chaque secteur pour assurer une redondance 1:1. Diverses antennes sectorielles peuvent être associées au BTR pour assurer une couverture de 15 à 90°, avec polarisation horizontale ou verticale. Une messagerie de surveillance d'alarme et de statut du BTR au NNE est également assurée.

Emetteur-récepteur des locaux de l'abonné (CTR)

Le CTR assure les mêmes fonctions de conversion de fréquences et d'amplification que le BTR, mais il est optimisé pour un fonctionnement monocanal et peu onéreux. Tout comme le BTR, le CTR est alimenté à distance via le câblage FI. Une antenne parabolique est directement raccordée à l'équipement radioélectrique, ce qui permet d'avoir un gain élevé avec réjection élevée des lobes latéraux et des lobes arrière, essentielle pour une réutilisation intensive des fréquences.

Unité d'interface de réseau (NIU)

La NIU contient le modem pour le côté locaux de l'abonné de la liaison et fournit diverses interfaces nécessaires pour assurer toute une gamme de services pour l'utilisateur final. La NIU type fournit une ou plusieurs bornes DS-1 ou E1 plus une borne 10baseT dans un seul module intégré. Chaque borne est configurable indépendamment pour prendre en charge plusieurs circuits virtuels.

1.3 Résumé des capacités

Les principaux attributs du système de Nortel Networks Reunion sont les suivants:

Principales caractéristiques

- Accès large bande (1 ou plus lignes DS-1 ou E1 et/ou 10/100baseT).
- Réseautage ATM ou IP.

Principaux avantages

- Alternative compétitive aux dispositifs de lignes louées filaires.
- Mise en place rapide.
- Croissance modulaire; solution modulable.
- Voix, vidéo, données intégrées.
- Optimisé pour toute une gamme de trafic, via une combinaison de canaux AMRF et AMRT.
- Choix d'un réseautage ATM ou IP.

Applications

- Accès DS-1 ou E1 structuré ou non structuré.
- Connectivité «du dernier kilomètre» pour les fournisseurs de services.
- Accès grande vitesse dans des districts non desservis par la fibre optique ou des lignes louées à paire coaxiale ou en cuivre.
- Liaisons caractérisées par une grande disponibilité.

Fourniture de services

- Exploitants de centraux locaux compétitifs (CLEC).
- Fournisseurs de services Internet (ISP).
- Opérateurs de systèmes cellulaires ou de systèmes PCS ayant besoin de raccordements hertziens.

2 Système d'accès hertzien fixe large bande TSR

2.1 Introduction

Ce système a été élaboré par la compagnie suédoise Time Space Radio, TSR. Au nombre de ses principales caractéristiques, on peut citer l'utilisation d'un multiplexage temporel et spatial unique permettant d'obtenir une capacité élevée conjuguée à une utilisation efficace du spectre. Le système est conçu pour fonctionner dans les bandes des 10,5 GHz et des 3,5 GHz.

2.2 Description

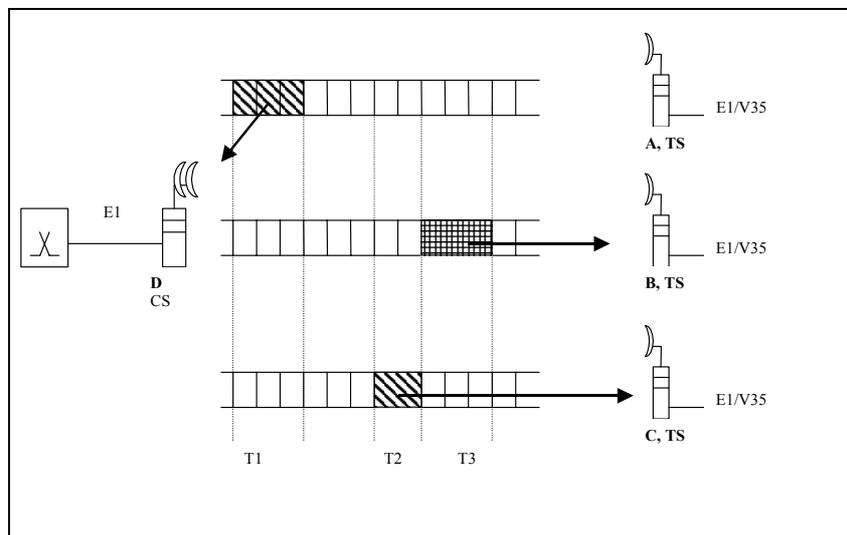
L'accès AMRS/AMRT est utilisé pour envoyer ou recevoir des informations, via des faisceaux radioélectriques (5 min) dans une direction précise pendant une période de temps donnée. Le système permet à une seule station de communiquer avec une ou plusieurs autres stations en changeant rapidement l'orientation de l'antenne pendant l'émission ou la réception depuis ou vers une station conçue à cette fin. On obtient ainsi une utilisation très efficace du spectre des fréquences.

Dans le cas de transmissions entre deux stations TSR bien précises, le produit TSR 34-10 fonctionne alors comme une liaison radioélectrique classique. Une seule station peut recevoir des informations à un moment donné et les retransmettre le moment suivant, c'est ce qu'on appelle la répétition. Point important, un réseau radioélectrique TSR peut utiliser une combinaison de structures en étoile, arborescente ou de liaisons; il vaudrait peut être mieux éviter ici d'utiliser les termes classiques de station centrale/station de base ou station de terminal/station d'utilisateur et préférer celui de «nœud», lequel transmet mieux l'idée que les stations assurent plusieurs fonctions de manière intégrée («maître/esclave» par exemple est un terme qu'on pourrait également employer).

Le système utilise le duplex à répartition temporelle (DRT) c'est-à-dire que la même fréquence est utilisée pour la réception et l'émission, ce qui permet un trafic asymétrique plus rapide sur les réseaux TSR.

FIGURE 55

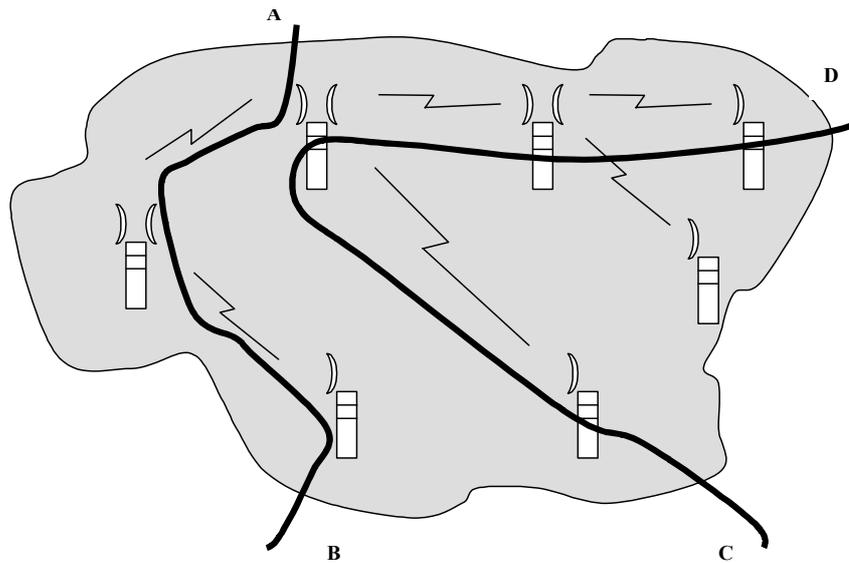
Le système TSR 34-10 utilise l'AMRT et le DRT. Un nombre fixe d'intervalles de temps est utilisé pour les communications entre deux stations. Pendant l'intervalle T1, la station A envoie des informations à la station D. La station D retransmet – «relaie» – ces informations à la station C pendant l'intervalle de temps T2, après lequel, pendant un intervalle T3, la station D envoie ces informations à la station B. La liaison radioélectrique utilise ainsi une seule et même fréquence pour l'émission et la réception



Une fonction essentielle des stations TSR est leur capacité de relayage en parallèle du trafic à une autre station et l'extraction/l'insertion du trafic local.

FIGURE 56

**Un réseau TSR peut combiner les structures en étoile, en arbre et de liaison.
Dans une liaison logique entre une station A et B, le trafic acheminé sur
le réseau est transparent. Chaque nœud d'un réseau TSR constitue
une ressource de 34 Mbit/s. A condition que le flux de trafic dans
chaque nœud ne dépasse 34 Mbit/s, les liaisons C-D et A-B
doivent être utilisées simultanément**



Paramètres de conception

La conception d'un réseau radioélectrique comprenant des nœuds TSR tiendra compte des paramètres suivants:

- 1) Nombre d'interfaces par nœud.
- 2) Distance de la liaison.
- 3) Largeur de bande totale à travers un nœud.
- 4) Largeur de bande pour chaque sens de transmission.

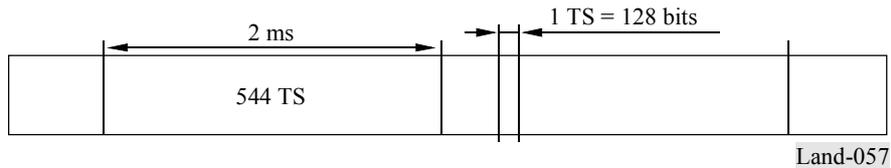
Système TSR 34-10

Le matériel de base de toutes les stations TSR est plus ou moins le même. Il convient de noter qu'une antenne peut couvrir plusieurs stations utilisant le même accès radioélectrique.

Le logiciel des stations est configuré pour transmettre ou recevoir des informations pendant une période de temps donnée pour une orientation d'antenne donnée. Il est ainsi possible d'adapter la largeur de bande, le flux du trafic et les structures de réseau précisément aux besoins des clients. Toutes les configurations nécessaires peuvent être assurées via l'interface d'utilisateur pour le système de gestion du réseau.

Le système TSR fonctionne avec une largeur de bande de 28 MHz. Chaque station a la possibilité d'envoyer ou de recevoir 544 intervalles de temps de 128 bits pendant une trame de 2 ms; en d'autres termes, chaque intervalle de temps correspond à 64 kbps et chaque station TSR peut prendre en charge des flux de trafic pouvant aller jusqu'à 34,816 Mbps (mode simplex).

FIGURE 57
Structure des trames de l'interface radioélectrique. Chaque trame correspond à 2 ms et se compose de 544 intervalles de temps

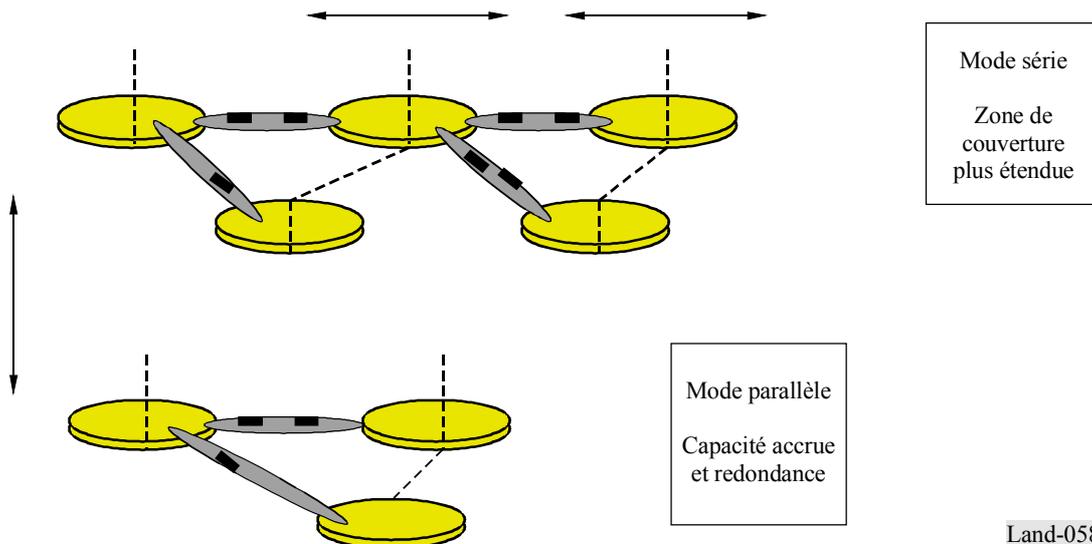


Land-057

2.3 Structures possibles du réseau et applications

Mode série

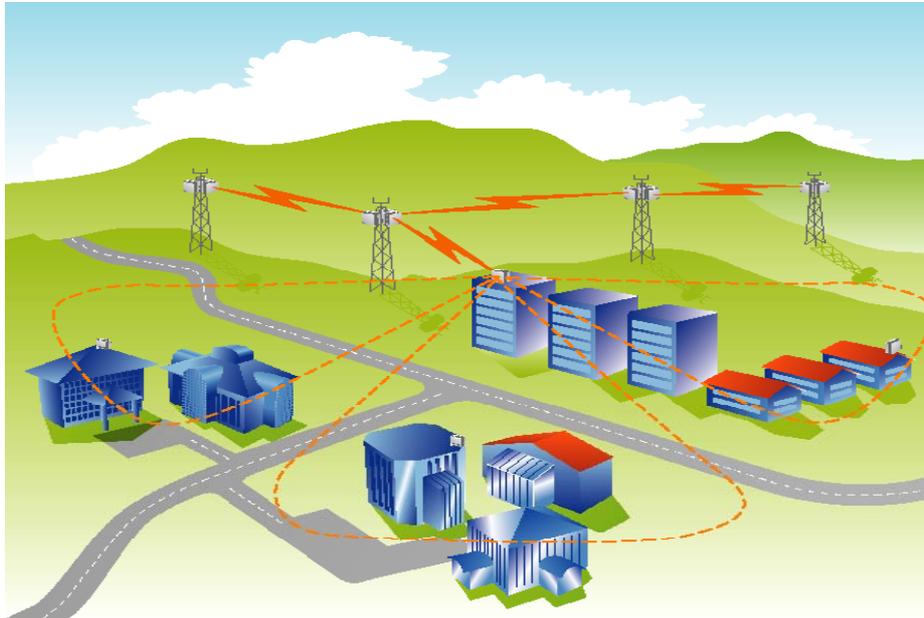
FIGURE 58
Chaque station contient une fonction logique CS, RS ou TS, fonctions qui sont physiquement les mêmes. Le système peut être élargi sans qu'il soit nécessaire de remplacer le matériel de la station existant, soit en mode série pour desservir une zone plus étendue soit en mode parallèle pour accroître la capacité



Land-058

FIGURE 59

Application. Réseau TSR assurant un accès communication large bande aux zones industrielles, les raccordant à d'autres systèmes dorsaux radioélectriques ou en fibres optiques. L'infrastructure des réseaux cellulaires mobiles peut être assurée de la même façon et dans ce cas la diversité de trajet est plus précieuse



Land-059

3 Caractéristiques générales d'un système AHF à large bande au Japon

3.1 Introduction

Dans un très proche avenir, les applications des technologies de l'information et de la communication seront utilisées de manière de plus en plus généralisée et diversifiée. Pour pouvoir mettre en œuvre ces applications, on aura besoin d'une infrastructure de réseau très évoluée.

Dans cette optique, on a étudié en vue d'une utilisation concrète un système d'accès hertzien fixe large bande permettant de raccorder les foyers et les bureaux aux installations de télécommunication des opérateurs utilisant des fréquences au-dessus des 22 GHz. La distance de propagation est en général de l'ordre de quelques kilomètres ou moins. Ces systèmes AHF point à point (appelés par la suite systèmes AHF P-P) et AHF point-multipoint (appelés, par la suite systèmes AHF P-MP) sont en service au Japon.

Les sections qui suivent donnent les principales caractéristiques des systèmes AHF P-P et P-MP au Japon fonctionnant dans la bande des ondes quasi millimétriques et la bande des ondes millimétriques depuis le début de l'an 2000.

3.2 Système AHF point à point

Ce système, qui fonctionne dans les bandes de fréquences 22,0-22,4 GHz, 22,6-23,0 GHz, 25,25-27,0 GHz, 38,05-38,5 GHz ou 39,05-39,5 GHz, est généralement mis en place dans les zones urbaines et est utilisé pour des liaisons de données grande vitesse, LAN, WAN, ATM, etc., des lignes louées, des connexions à commutation de circuits, etc. Au nombre des utilisateurs attendus de ce système, on citera les grosses sociétés qui ont besoin d'un débit de transmission élevé, de plusieurs dizaines de mégabits par seconde, et les sociétés qui ont besoin de débits de plusieurs mégabits par seconde. La distance de propagation est de quatre kilomètres ou moins.

Par conséquent, on suppose que les valeurs de la capacité de transmission d'un système AHF P-P sont de 6 Mbit/s, 45 Mbit/s, 52 Mbit/s et 156 Mbit/s. Son mode duplex est basé sur le duplex à répartition en fréquence (DRF).

Un exemple de configuration d'un système AHF P-P est illustré dans le Tableau 8.

TABLEAU 8
Exemple de configuration d'un système AHF P-P

Elément	Contenu		
Classification du système	Système 6M	Système 12M	Système 45M
Bande de fréquences	22/26/38 GHz	22/26/38 GHz	22/26/38 GHz
Méthode duplex	DRF	DRF	DRF
Méthode de modulation	Modulation multiniveau à 4 états ou plus (MDP-4, MDF-4, MAQ-16, etc.)		
Capacité de transmission	6,312 Mbit/s	12,624 Mbit/s	44,736 Mbit/s
Débit de transmission radioélectrique	8,2 Mbit/s	16,4 Mbit/s	49,2 Mbit/s
Exemple d'interface	6,312 Mbit/s 1,544 Mbit/s × 4	6,312 Mbit/s × 2 1,544 Mbit/s × 8	44,736 Mbit/s
Puissance d'un émetteur radioélectrique	moins de 500mW	moins de 500mW	moins de 500mW

Elément	Contenu	
Classification du système	Système 52M	Système 156M
Bande de fréquences	22/26/38 GHz	22/26/38 GHz
Méthode duplex	DRF	DRF
Méthode de modulation	MAQ à 16 états au plus	
Capacité de transmission	51,84 Mbit/s	155,52 Mbit/s
Débit de transmission radioélectrique	57 Mbit/s	172 Mbit/s
Exemple d'interface	51,84 Mbit/s 44,736 Mbit/s	155,52 Mbit/s 51,84 Mbit/s × 3
Puissance d'un émetteur radioélectrique	moins de 500mW	moins de 500mW

3.3 Système AHF point-multipoint

Ce système composé de plusieurs cellules utilisant la technologie de l'accès multiple dans les bandes de 25,25-27,0 GHz, 38,05-38,5 GHz ou 39,05-39,5 GHz sera mis en place essentiellement dans des zones urbaines ou suburbaines. Etant donné que ce système offre des débits de transmission pouvant aller de plusieurs dizaines de kilobits par seconde à plusieurs mégabits par seconde par abonné, il peut être utilisé pour des connexions RNIS à bande étroite, des connexions entre réseaux LAN, l'accès Internet, etc. Les principaux utilisateurs de ce système seront notamment les très petites entreprises (SOHO) et les foyers en général. La distance de propagation est de deux kilomètres ou moins.

Par conséquent, la capacité de transmission totale d'un système AHF P-MP est supposée être de l'ordre de plusieurs dizaines de mégabits par seconde. Pour ce qui est du mode du multiplexage, on peut utiliser l'AMRT ou l'AMRF; pour le mode duplex, le DRT (duplex par répartition temporelle) et le DRF sont fournis; chaque liaison montante et chaque liaison descendante est répartie dans le domaine temporel et dans le domaine fréquentiel.

Un exemple de configuration d'un système AHF P-MP est illustré dans le Tableau 9.

TABLEAU 9
Exemple de configuration d'un système AHF P-MP

Le tableau récapitule des exemples de configuration de systèmes AHF P-MP sur la base de trois types d'application:

Type connexion ATM, type extension LAN et type connexion de transmission.

Élément	Contenu		
Mode	Type connexion ATM	Type extension LAN	Type connexion de transmission
Service fourni	Accès Internet/téléphonie Internet RNIS à bande étroite/ RNIS-LB FR/CR/VOD	Accès Internet Téléphonie Internet	Accès Internet/téléphonie Internet RNIS à bande étroite/RTPC, ligne louée
Bande de fréquences	26/38GHz	26/38GHz	26/38 GHz
Méthode duplex	DRT ou DRF	DRT ou DRF	DRT ou DRF
Méthode d'accès	AMRT ou AMRF	AMRT ou AMRF	AMRT ou AMRF
Méthode de modulation	MDM gaussienne, MDP à 4 états (ou plus), MAQ à 16 états (ou plus)		MDM gaussienne, MDP à 4 états (ou plus), MAQ à 16 états (ou plus)
Capacité de transmission	Liaison descendante/liaison montante DRF: 25,6 Mbit/s Capacité de transmission totale DRT: 52 Mbit/s	Liaison descendante/liaison montante DRF: 10 Mbit/s Capacité totale de transmission DRT: 20 Mbit/s	Liaison descendante/liaison montante DRF: 20 Mbit/s Capacité totale de transmission DRT: 40 Mbit/s
Débit de transmission radio-électrique	Liaison descendante/liaison montante DRF: 36 Mbit/s Débit de transmission total DRT: 72 Mbit/s	Liaison descendante/liaison montante DRF: 14 Mbit/s Débit de transmission total DRT: 28 Mbit/s	Liaison descendante/liaison montante DRF: 28 Mbit/s Débit de transmission total DRT: 56 Mbit/s
Puissance d'un émetteur radio-électrique	moins de 500mW	moins de 500mW	moins de 500mW

4 Système AHF large bande d'Ericsson

Généralités

Le système IP hertzien large bande d'Ericsson «BeewipTM» fournit un support transparent pour différents types de services IP. L'Ethernet hertzien basé sur 802.11 achemine le trafic IP.

Le système opère dans la bande de fréquences sous licence des 3,5 GHz normalisée par l'UIT. L'architecture du système assure une attribution dynamique de la largeur de bande et fournit une connexion «permanente» à un débit de données pouvant aller jusqu'à 3 Mbit/s par abonné.

Technologie, architecture et configuration

Caractéristiques du système radiofréquence

Bandes de fréquences:	3 410-3 600 MHz
Espacement duplex:	100 MHz
Modulation:	MDF gaussienne (1, 2 ou 3 bits/symbole)
Méthode d'accès:	AMDC-FH
Largeur de bande attribuée par canal RF:	entre 10 MHz et 42 MHz
Espacement entre les sous-canaux:	2 MHz
Paramètres relatifs aux bonds:	250 µs maximum, temps de stabilisation
Temps de réaction:	par défaut 128 ms
Débits binaires:	débits binaires bruts de 1, 2 et 3Mbit/s

Configuration du réseau

Le système se compose de trois grands groupes de nœuds physiques (voir Fig. 60):

Les unités d'abonné se composent d'une unité extérieure et d'une unité intérieure.

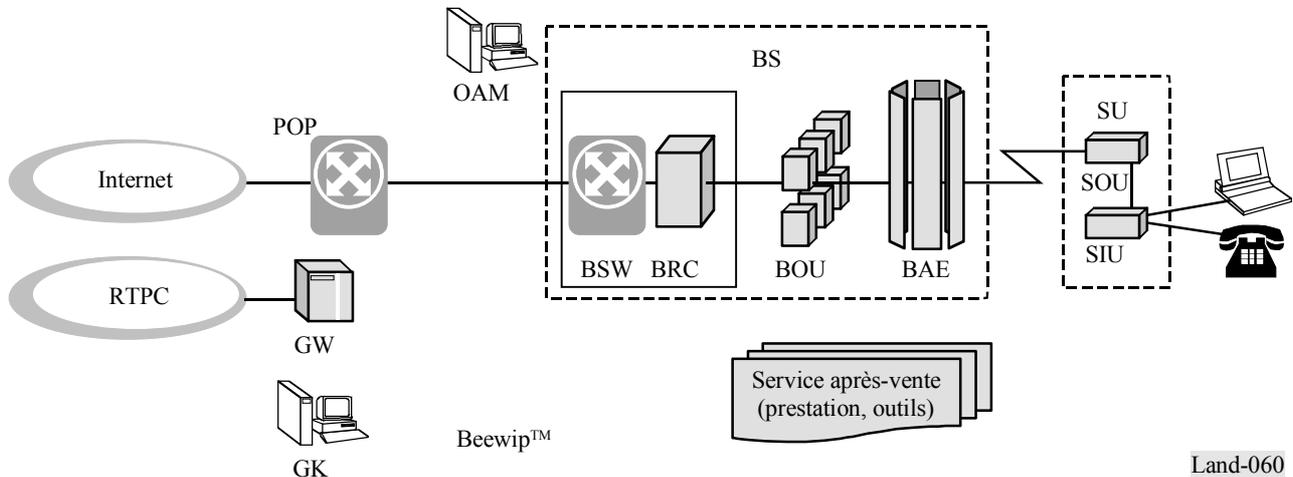
Les stations de base se composent d'un système de commande radioélectrique, d'un commutateur, d'unités extérieures et d'éléments d'antenne.

Le système d'exploitation de gestion et de maintenance comprend le matériel et le logiciel.

Un coffret de station de base intérieur ou extérieur dans lequel sont logés le système de la commande radioélectrique et le commutateur.

FIGURE 60

Configuration du réseau (ce qui est inclus dans le système Beewip™ se trouve à l'intérieur des pointillés)



Land-060

SOU = unité d'abonné extérieure, SIU = unité d'abonné intérieure

BS = station de base, BRC = contrôleur radioélectrique de la station de base, BSW = commutateur de la station de base, BOU = unité extérieure de la station de base, BAE = élément d'antenne de la station de base.

OAM = exploitation, gestion et maintenance.

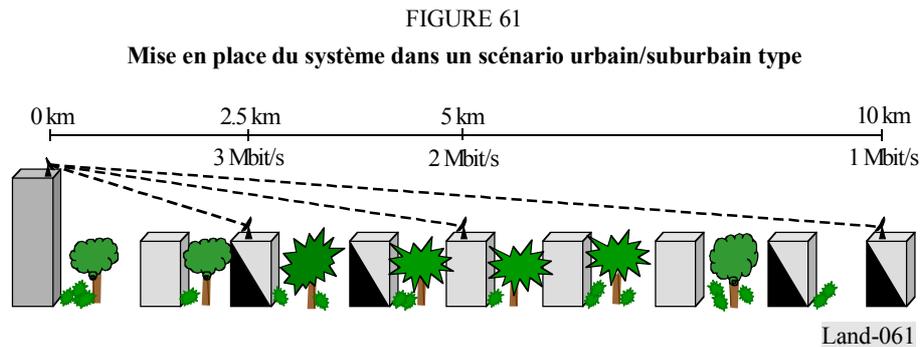
Les unités d'abonné (SU) sont raccordées à la station de base (BS) via l'interface radioélectrique. Au niveau de la station de base, le trafic est concentré puis acheminé vers le point de présence (PoP) par le commutateur de la station de base (BSW). Avant d'acheminer le trafic vers le point de présence, une conversion de l'Ethernet 10BaseT au protocole utilisé sur le support de transmission est effectuée. La Figure ci-dessus illustre la mise en œuvre du système Beewip™ d'Ericsson dans les réseaux existants. Le raccordement du système au réseau dorsal IP pour le transfert de données se fait directement via le point de présence alors que le raccordement au réseau téléphonique public commuté (RTPC) se fait par la mise en place d'une passerelle (GW) et d'un portier (GK) supplémentaires étant donné que le trafic vocal est assimilé à de la téléphonie IP (VoIP). La station de base fournit toutes les interfaces couramment utilisées pour les supports de transmission entre la station de base et le point de présence. Ce dernier concentre le trafic de données et le trafic vocal pour une région donnée vers le réseau dorsal.

Les abonnés situés dans la zone desservie ont accès aux services via leurs unités d'abonné qui sont situées dans leurs locaux. Il existe différents types d'unité d'abonné qui offrent différents types d'ensembles de prestations. Il y a au total six unités d'abonné différentes.

La partie exploitation, administration et maintenance (OAM) permet à l'opérateur de configurer à distance les nœuds de l'ensemble du réseau d'accès, de procéder à distance à des mises à niveau du logiciel et globalement de contrôler et de gérer l'ensemble du trafic grâce aux fonctions de gestion des dérangements et de la qualité de fonctionnement.

Portée

Les portées maximales pour les différents débits binaires lorsqu'on utilise les caractéristiques radioélectriques nominales du système avec une antenne à 60° et un modèle d'affaiblissement sur le trajet pour un trajet en visibilité directe occulté (OLOS) sont d'environ 10, 5 et 2,5 km respectivement pour des débits de 1, 2 et 3 Mbit/s. Ce scénario OLOS type est décrit à la Fig. 61.



Dans les conditions d'un trajet en visibilité directe, on peut s'attendre à une portée de 15 km.

Le scénario OLOS permet d'installer facilement et sans beaucoup de frais les éléments d'antenne de la station de base et l'unité extérieure d'abonné.

Capacité

Le système Beewip™ est un système orienté paquet utilisant une technologie radioélectrique AMDC-FH. Pour la capacité, le rapport porteuse/brouillage (C/I) est le coefficient de qualité. Les valeurs brutes du débit binaire seront différentes selon le scénario de mise en place.

On a simulé un scénario correspondant au cas le plus défavorable, c'est-à-dire un gros réseau avec une largeur de bande minimale combiné à un système fonctionnant à pleine charge. Ce scénario de mise en place correspond à un gros réseau avec des stations de base à proximité, toutes les stations de base émettant en continu. Les résultats de ces simulations ont fait apparaître que le débit binaire brut moyen dans un scénario OLOS est de 2,2 Mbit/s.

Dans un scénario de trafic plus typique, il y aura moins de brouillage et donc de meilleures possibilités d'émettre à des débits binaires plus élevés. Dans un réseau avec moins de stations et une plus grande largeur de bande on peut espérer un débit binaire brut proche de 3 Mbit/s.

Mise en place

Le système Beewip™ d'Ericsson a une structure cellulaire selon laquelle plusieurs cellules assurent la couverture d'une zone géographique. Chaque cellule contient une station de base (BS) avec plusieurs éléments d'antenne de station de base (BAE), chacun piloté par une unité extérieure de station de base (BOU). Les éléments BAE sont des antennes sectorielles couvrant un secteur de 60° ou de 120°.

Le nombre total d'abonnés qui peuvent être raccordés à une station de base Beewip™ avec six secteurs dépend non seulement des modalités de la mise en place, du terrain et de la distance entre stations de base et abonnés mais aussi de facteurs qui sont liés au trafic de données effectif, par exemple le comportement des abonnés, les services offerts, etc. Ces éléments peuvent varier selon les différentes mises en œuvre du système.

Résumé des capacités

En résumé, le système Beewip™ a les caractéristiques essentielles suivantes:

Principales caractéristiques

Connexion LAN à Internet

- Assure une gestion de largeur de bande permettant d'établir des connexions symétriques ou asymétriques en liaison montante ou en liaison descendante avec une résolution de 1 kbit/s.
- Service de données et service vocal en même temps.

Priorité au trafic vocal par rapport aux données.

- La connexion au RTPC est établie via une passerelle vocale H.323 commercialisée.
- Les codecs vocaux possibles sont: G.711 – 64 kbit/s, G.723.1 – 6,3 kbit/s, G.729A – 8 kbit/s.

Les menaces extérieures sont traitées par un mur pare-feu au point de présence.

- Accepte tous les types d'adressage IPv4, c'est-à-dire statique, dynamique et privé. Accepte également le futur système d'adressage Internet IPv6.

Principaux avantages

- Les services de réseau IP sont retransmis de façon transparente à Internet et au site de destination.
- Conformité à des normes utiles et importantes, par exemple IEEE 802.1q (VLAN), IEEE 802.3x (gestion des encombrements) et ETSI EN 301 253 (AMDC-FH).
- Expansions modulables rentables des services de réseau d'opérateur.
- Mise en place rapide.
- Voix et données intégrées.

Applications

- Zones urbaines et zones suburbaines.
- Connectivité du «dernier kilomètre».

Fourniture de services

- Fournisseurs d'accès IP.
- Opérateurs cellulaires.
- Opérateurs locaux compétitifs (CAP, CLEC), (fournisseurs d'accès compétitifs, exploitants de centraux locaux compétitifs).
- Opérateurs de systèmes AHF.

5 Système d'AHLB LMDS 7390 d'Alcatel

5.1 Généralités

La famille des systèmes LMDS 7390 d'Alcatel répond à la nécessité de disposer d'un système d'accès hertzien fixe P-MP large bande qui puisse être utilisé à la fois par les opérateurs en place et les nouveaux opérateurs des télécommunications, par les opérateurs de systèmes de TV câblée et par d'autres fournisseurs de réseaux hertziens. Ces systèmes peuvent être mis en place dans le cadre d'une solution de réseau totalement intégrée couvrant les éléments suivants:

- hiérarchie numérique synchrone (SDH, *synchronous digital hierarchy*)/réseau optique synchrone (SONET), technologies de transmission (fibre optique ou radioélectrique) et services utilisant l'ATM;
- commutateurs bande étroite large bande;
- nœud d'accès distant large bande (RAN);
- produits d'accès local cellulaire/hertzien;
- systèmes d'interconnexion vocaux, par exemple SS 7, V5.2 et TR-303;
- réseau totalement intégré et gestion des services.

Conçu avec une attribution souple des canaux, le système LMDS d'Alcatel peut fonctionner sur des fréquences radioélectriques très diverses, avec un facteur élevé de réutilisation des fréquences. La configuration d'accès multiple utilisée est l'AMRT.

Le système LMDS d'Alcatel permet aux fournisseurs de services de répondre aux besoins des petites et moyennes entreprises (SME) (bâtiment à un seul ou plusieurs locataires), des très petites entreprises (SOHO) et même de particuliers dans des logements collectifs. Les services vocaux, les services de données et les services IP peuvent être offerts simultanément et de façon rentable.

Les interfaces de service assurent nxE1/T1, ET/T1, RNIS/téléphonie classique et Ethernet 10BaseT pour une prise en charge améliorée des services IP.

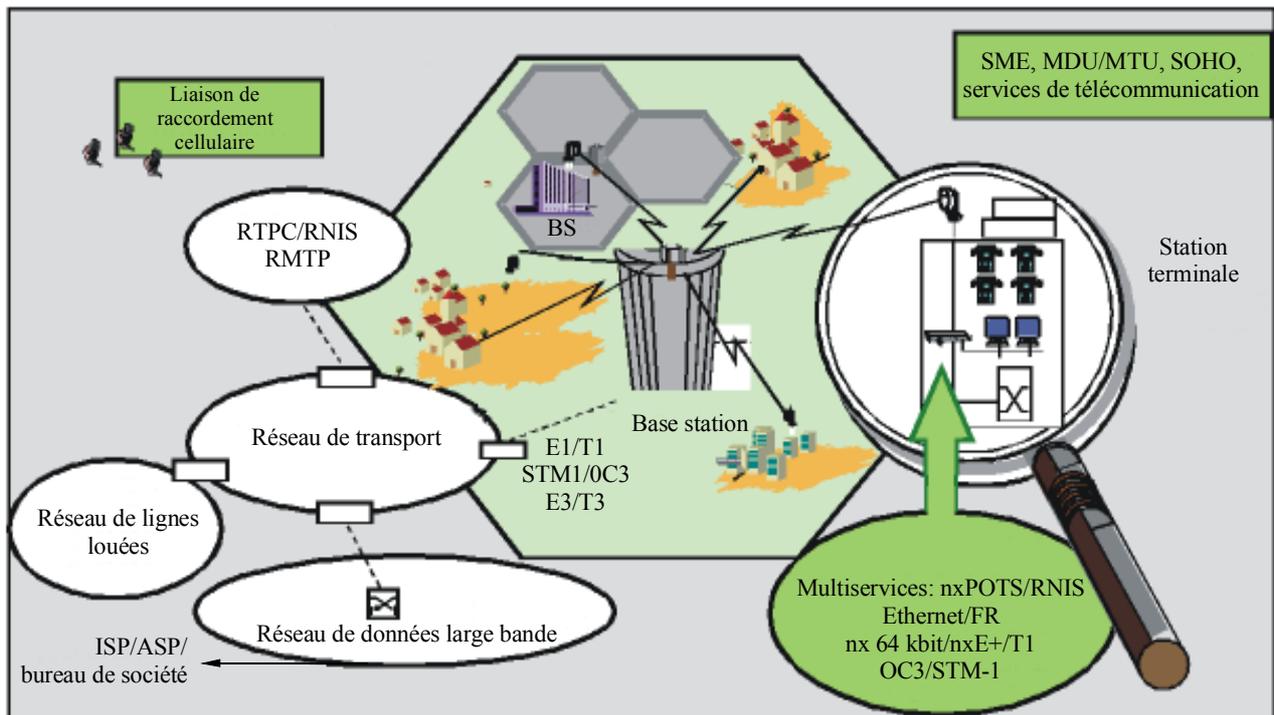
Plusieurs dispositifs de terminaison de réseaux peuvent être connectés à l'équipement radioélectrique d'un site d'abonné pour accroître la densité de bornes de service. A l'emplacement de la station de base ou au bureau central, des interfaces au réseau de données sont assurées via l'ATM ou le MRT haute densité. Des services commutés concentrés peuvent être raccordés à des bureaux RTPC de classe 5 via une interface GR303 ou V5.2, ce qui réduit encore le coût des installations et les dépenses de fonctionnement.

Le système LMDS d'Alcatel offre également des services vocaux commutés avec une interface SS7.

5.2 Architecture

La solution LMDS d'Alcatel est un système point-multipoint conçu avec une architecture pour connexion large bande en environnement urbain. Ce système est installé avec une station de base classique et de nombreuses stations terminales d'utilisateur réparties (TS).

FIGURE 62
Modèle d'application



Land-062

La station de base utilise des antennes sectorielles pour assurer une couverture cellulaire et la station terminale utilise une petite antenne parabolique pour accéder à la station de base.

Les stations de base jouent le rôle de pivots acheminant les services téléphonique, de données et IP aux clients sur une liaison en visibilité directe d'une portée d'environ 4 km au maximum.

Les principales caractéristiques du sous-système LMDS d'Alcatel sont les suivantes:

- Réseau de type cellulaire interconnecté avec le RTPC/RNIS/RMPT/lignes louées/réseaux large bande.
- Stations de base avec architecture intérieure/extérieure.
- Stations terminales avec architecture à deux modules intérieur/extérieur et possibilité de raccorder plusieurs terminaisons de réseau (NT: unités intérieures) à la même terminaison radioélectrique (RT: unité extérieure).

Un réseau simple se compose des éléments suivants:

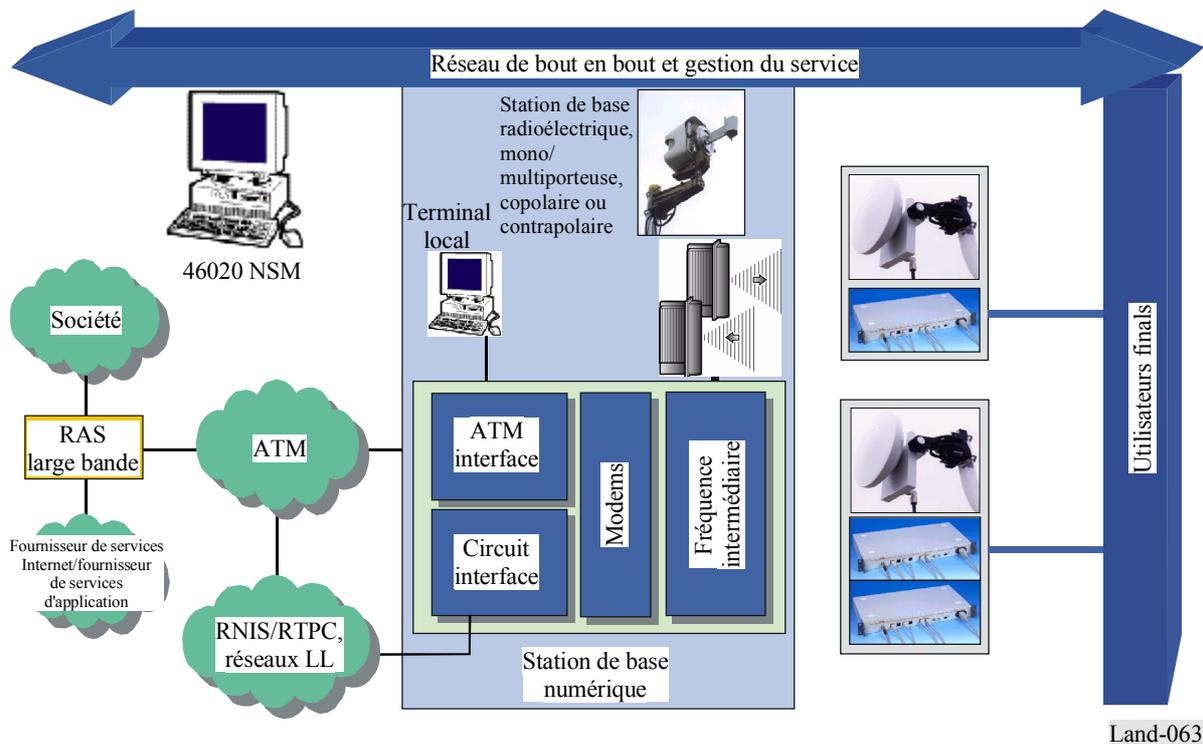
- plusieurs stations terminales: chaque client est équipé d'une station terminale qui assure l'accès et l'adaptation nécessaires pour le système; les clients sont raccordés à la station de base dont ils relèvent par des liaisons radioélectriques non occultées en visibilité directe;
- une station de base: la station de base dessert de nombreuses stations terminales depuis un emplacement central en visibilité directe des stations terminales. Elle assure les interfaces entre le réseau d'accès radioélectrique et le réseau dorsal, ainsi qu'avec le centre de gestion;
- un centre de gestion commun à plusieurs cellules. Le centre de gestion assure les interfaces pour l'opérateur.

5.3 Caractéristiques techniques

5.3.1 Description du système

Le système complet est illustré dans la Fig. 63:

FIGURE 63
Caractéristiques du système



Land-063

5.3.2 Interfaces de réseau

Les interfaces sont utilisées pour assurer l'interconnexion avec le réseau de données large bande, le réseau de lignes louées ou le RTPC/RNIS; elles sont de deux types: ATM ou G.703.

5.3.2.1 Trafic de données par salves

Le trafic orienté données est envoyé sur une interface ATM, généralement via un réseau commuté ATM soit vers un routeur, soit vers un nœud d'accès distant (RAN) large bande.

Des circuits virtuels permanents (PVC) sont utilisés entre les terminaisons de réseau et le routeur ou le nœud d'accès distant (RAN) avec encapsulation en mode hybride (RFC 1483) qui autorise les types de trafic IP et IPx.

5.3.2.2 Trafic orienté circuit

L'accès au réseau pour la téléphonie et les services de lignes louées utilise une interface E1 ou T1.

Physiquement, on prend comme interface des interfaces T1/E1 spécialisées conformes à la Recommandation UIT-R G.703 (1 544 kbit/s pour l'interface T1 ou 2 048 kbit/s pour l'interface E1) ou on envoie un signal via une interface ATM à un commutateur ATM qui doit être équipé d'un tableau CEM (émulation de circuits sur ATM).

Dans le cas de lignes louées, le système établit une liaison radioélectrique permanente entre la station de base et la terminaison de réseau de la station terminale à laquelle la ligne louée est affectée. Le système radioélectrique est parfaitement transparent pour le type de trafic acheminé.

Dans le cas de la téléphonie, l'accès aux réseaux téléphoniques RTPC ou RNIS est assuré via les interfaces concentrées $n \times E1/T1$ acceptant une interface V5.2 ou GR303, via les éléments facultatifs du sous-système. Pour la téléphonie SS7, on utilise une passerelle extérieure.

5.3.3 Interfaces d'abonné

La solution LMDS d'Alcatel est une plate-forme multiservices offrant à la fois des lignes louées, de la téléphonie commutée, des services RNIS et des services IP.

TABLEAU 10

Interfaces d'abonné

Téléphonie	Téléphonie classique (POTS):
	ITU-T G.713
	RNIS de base 2B+D interface U:
	ITU-T G.961
	RNIS primaire:
	ETS 300011
Signalisation	V5.2
Données	Ethernet 10 Base T
E1	G.703
	X21
ATM	STM1/OC3
	ITU-T G.709
	PVC

5.3.4 Interface radioélectrique

5.3.4.1 Plans de fréquences

Le système MLDS d'Alcatel est exploité dans plusieurs bandes de fréquences pour pouvoir répondre aux besoins régionaux/nationaux. Le Tableau ci-après donne les principales spécifications des plans de fréquences.

TABLEAU 11
Plans de fréquences

Bande de fréquences	Gamme de fréquences & Duplex	Région
26 GHz CEPT ERC T/R13-02	24,5-26,5 GHz 1 008 MHz duplex	Région 1
28 GHz CEPT ERC T/R13-02	27,5-29,5 GHz 1 008 MHz duplex	Région 1
26 GHz Japon	25,25-27 GHz 855 MHz duplex	Japon
25 GHz Corée	24,3-26 GHz 1 480 MHz duplex	Corée
LMCS A-F US LMDS A (sym)	25,35-28,35 GHz bloc de 500 MHz	Bassin du Pacifique, Canada, Etats-Unis d'Amérique, Amérique latine
US LMDS A (asym)	25,35-28,35 GHz 31,075-31,225 GHz	Etats-Unis d'Amérique
24 GHz	24,25-25,25 GHz 800 MHz duplex	Etats-Unis d'Amérique, Canada
31 GHz (US LMDS B)	31-31,075 GHz 31,225-31,3 GHz 225 MHz duplex	Etats-Unis d'Amérique
38 GHz	38,6-39,3 GHz 39,3-40 GHz 700 MHz duplex	Etats-Unis d'Amérique, Canada, Amérique du Sud

5.3.4.2 Couche physique RF

L'interface radioélectrique est conforme aux spécifications de la norme DAVIC 1.2, Partie 8, Protocoles de couches inférieures et interfaces physiques.

Il utilise le duplex à répartition en fréquence (DRF) pour séparer les canaux sortant et retour. Le canal retour est subdivisé en sous-canaux dont le nombre peut aller jusqu'à quatre: une station terminale peut avoir accès à n'importe lequel de ces canaux, le choix étant effectué par le protocole MAC. La liaison descendante utilise le multiplex à répartition temporelle (MRT), mode selon lequel le circuit de base n'est pas l'octet mais la cellule ATM. La liaison montante utilise un mode d'accès AMRT superposé sur le mode MRF de sélection des canaux.

5.3.4.3 Largeurs de bande de porteuse acceptées

Le système d'accès hertzien LMDS d'Alcatel accepte les largeurs de bande de porteuse suivantes:

- Aval: 14, 21, 28, 36 MHz
- Amont: 3,5, 7, 9 MHz

5.3.4.4 Caractéristiques de transmission radioélectriques

Les tableaux ci-après donnent le débit et la période de trame choisis pour les systèmes LMDS d'Alcatel, comme principales caractéristiques radioélectriques.

TABLEAU 12

Caractéristiques radioélectriques – liaison descendante

	Aval			
Largeur de bande de canal	14 MHz		28 MHz	
Largeur de bande occupée	13,63 MHz		27,25 MHz	
Facteur de décroissance rapide	35%		35%	
Modulation	MDPQ		MDPQ	
Débit binaire brut	20,19 Mbit/s		40,37 Mbit/s	
	25 GHz	28 GHz	25 GHz	28 GHz
Puissance en sortie de la station de base* (borne d'antenne)	17 dBm	17 dBm	17 dBm	17 dBm
Gain d'antenne de l'émetteur*	15 dB	15 dB	15 dB	15 dB
Gain d'antenne du récepteur*	35 dB	34,5 dB	35 dB	34,5 dB
Niveau du récepteur RF pour un TEB* @ 10 ⁻⁶ valeurs types	-84 dBm	-84 dBm	-81 dBm	-81 dBm

* Valeurs types.

Une porteuse vers l'aval est combinée à un maximum de quatre porteuses vers l'amont.

TABLEAU 13

Caractéristiques radioélectriques – liaison montante

	Amont			
Largeur de bande de voie	3,5 MHz		7 MHz	
Largeur de bande occupée	3,36 MHz		6,72 MHz	
Facteur de décroissance rapide	25%		25%	
Modulation	MDPQ différentiel		MDPQ différentiel	
Débit binaire brut	5,38 Mbit/s		10,75 Mbit/s	
	25 GHz	28 GHz	25 GHz	28 GHz
Puissance en sortie de la station terminale* (borne d'antenne)	14 dBm	14 dBm	14 dBm	14 dBm
Gain d'antenne de l'émetteur*	35 dB	34,5 dB	35 dB	34,5 dB
Gain d'antenne du récepteur* (avec radôme)	15 dB	15 dB	15 dB	15 dB
Niveau du récepteur RF pour un TEB* @ 10 ⁻⁶	-86,1 dBm	-86,1dBm	-83 dBm	-83 dBm

* Valeurs types.

ANNEXE 8

Accès hertzien à l'Internet

Accès hertzien sur l'Internet

Références

1 Projet de mémo du Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (IETF) intitulé «Long Thin Networks» 26 février 1998.

1 Introduction

Avec la croissance exponentielle de l'Internet, l'accès hertzien à l'Internet va vraisemblablement devenir un important moteur pour l'industrie, ce dont témoigne l'évolution récente des activités de normalisation sur les systèmes de communications personnelles de deuxième et troisième génération, l'accès hertzien fixe, l'accès hertzien large bande et les services par satellite.

L'optimisation des réseaux hertziens est l'un des principaux problèmes à résoudre si l'on veut avoir un accès généralisé aux ressources de réseau. Or, les protocoles des réseaux de données actuels ont été optimisés essentiellement pour des réseaux filaires. Les environnements hertziens ont des caractéristiques très différentes de celles des réseaux filaires qu'il s'agisse de temps de latence, de la gigue ou du taux d'erreur. Les protocoles classiques sont donc mal adaptés à ce support et l'accès hertzien pose de nouveaux problèmes qui devront être examinés dans le cadre des forums de normalisation.

Il est possible de regrouper les réseaux hertziens IP comme suit:

- Réseaux hertziens locaux W-LAN (par exemple, les réseaux conformes à la norme IEEE 802.11).
- Réseaux hertziens étendus (W-WAN, par exemple les IMT-2000).
- Réseaux d'accès hertzien large bande (AHLB, par exemple systèmes de distribution multipoint local - LMDS).
- Réseaux à satellite.

Les réseaux AHLB et W-WAN posent les problèmes les plus sérieux étant donné que la longueur de la liaison hertzienne est généralement 4 à 5 fois celle de la liaison correspondante dans le cas de réseaux W-LAN. Les réseaux à satellite posent d'autres problèmes car les liaisons sont beaucoup plus longues. Demain, les systèmes hertziens de troisième génération offriront des services de mobilité à 384 kbit/s voire plus, alors que les réseaux à satellite et les réseaux AHLB peuvent offrir des débits de plus de 10 Mbit/s par seconde pour les utilisateurs fixes. La mémoire tampon nécessaire pour bon nombre de ces systèmes est plus importante que la mémoire tampon par défaut de 8 koctets utilisée pour de nombreuses mises en œuvre TCP. En d'autres termes, pour les réseaux W-LAN, l'espace tampon par défaut est suffisant mais les systèmes de demain fonctionneront mal (c'est-à-dire qu'ils ne seront pas en mesure de fonctionner à pleine charge) s'ils ne passent pas outre la valeur par défaut. Un service hertzien de troisième génération avec un débit de 2 Mbit/s et un temps de latence de 200 ms a besoin d'un espace tampon de 50 koctets. Élément très important, le temps de latence sur une liaison a une influence négative sur le débit. Les temps de latence importants repoussent (et souvent dépassent) les limites de ce qui est acceptable pour les utilisateurs d'applications interactives.

Une architecture type comprend:

- un dispositif terminal hertzien (éventuellement mobile), connecté via
- une liaison hertzienne (qui peut en fait comprendre plusieurs bonds au niveau de la couche liaison), à
- une station de base (parfois appelée agent ou nœud intermédiaire), connectée via
- une liaison filaire qui, à son tour, est interfacée à
- la liaison terrestre Internet et des millions de serveurs institutionnels et de sites web.

Bien que dans cette architecture il n'y ait pas de trajets comprenant deux segments hertziens séparés par un segment filaire, le cas peut se présenter, par exemple si un dispositif mobile se connecte par l'intermédiaire de son segment hertzien immédiat via une station de base à l'Internet, puis via un deuxième segment hertzien à un autre dispositif terminal. Assez souvent, les dispositifs mobiles se raccordent à un serveur institutionnel sur l'Internet filaire. Normalement, les points d'extrémité du segment hertzien sont la station de base et le dispositif mobile. Toutefois, ce dispositif mobile peut être un routeur hertzien à un réseau mobile. Ce qui est important et a des applications, par exemple, pour les secours en cas de catastrophe.

L'architecture cible a des conséquences qui influent sur les possibilités de mise en place des différentes solutions envisageables. En particulier, il est important que la pile de réseaux sur les serveurs institutionnels ne soit pas modifiée. Il serait préférable de changer uniquement la pile de réseaux au niveau de la station de base, même s'il est certainement possible, voire nécessaire, de la changer dans les unités d'utilisateur.

On peut envisager des dispositifs mobiles qui utilisent le support hertzien très efficacement mais qui passent outre certaines de ces limitations traditionnelles. Grâce à la mobilité totale, les terminaux auront une certaine souplesse et utiliseront la meilleure connexion de réseau possible disponible en un point donné dans le temps ou l'espace. Par conséquent, les dispositifs peuvent commuter et passer d'un réseau LAN de bureau filaire et transférer leurs connexions en cours sur un réseau WAN hertzien. Pour avoir cette souplesse on a besoin d'un réseau IP mobile.

Les questions suivantes doivent être examinées:

- Quelles sont les caractéristiques d'erreur du support hertzien? La liaison peut présenter un TEB plus élevé qu'un réseau filaire en raison des erreurs par salve et des disconnexions.
 - 1) TEB plus élevé imputable à des erreurs aléatoires (ce qui implique des retards plus longs et plus variables en raison des corrections d'erreurs au niveau de la couche liaison et des retransmissions);
 - 2) une interruption de service due à un transfert ou à une déconnexion.
- Le service hertzien est-il orienté datagramme ou s'agit-il d'un circuit virtuel? A l'heure actuelle, les circuits virtuels commutés sont beaucoup plus courants mais les réseaux par paquets commencent à apparaître, par exemple LMDS, CDPD et GPRS (Service général de radiocommunication en mode paquets) dans la norme GSM.
- Quelle fiabilité la liaison offre-t-elle? Les services hertziens le plus souvent retransmettent un paquet (une trame) jusqu'à ce que la cible en ait accusé réception. Ils peuvent autoriser l'utilisateur à supprimer ce comportement. Par exemple, la norme GSM permet de bloquer le protocole de liaison radioélectrique (RLP). Dans le protocole RLP de la norme GSM, une trame est retransmise jusqu'à ce que l'on atteigne le nombre maximum de retransmissions (paramètre du protocole). C'est l'opérateur de télécommunication qui détermine ce qui se passe lorsque cette limite est atteinte: soit la liaison physique est déconnectée soit la liaison est remise à zéro lorsque les numéros de séquence sont resynchronisés et que les mémoires

tampon d'émission et de réception sont vidées, ce qui se traduit par une perte de données. Certains services hertziens comme l'AMDC IS95-RLP limitent le délai d'attente sur la liaison hertzienne en retransmettant une trame uniquement deux fois, ce qui permet de faire baisser considérablement le taux d'erreur de trame résiduel mais n'assure pas un service de liaison parfaitement fiable.

- Le dispositif de l'utilisateur émet-il et reçoit-il en même temps? Si tel est le cas, le coût de l'électronique du dispositif augmente. En règle générale, ce n'est pas le cas dans les réseaux WAN mais cela est courant pour les réseaux AHLB.
- Le dispositif de l'utilisateur accède-t'il directement à plus d'un homologue sur la liaison hertzienne? Les paquets destinés à chaque homologue différent peuvent emprunter des trajets hertziens distincts dans l'espace. Par conséquent, le trajet vers chaque homologue peut présenter des caractéristiques très différentes. Très couramment, le dispositif de l'utilisateur n'accède qu'à un seul homologue (la station de base) en un point donné dans le temps. Lorsque ce n'est pas le cas, des techniques comme la programmation des paquets en fonction de l'état des canaux interviennent.

Doit-on utiliser ou non le protocole IP?

La première décision à prendre est de savoir si le protocole IP est ou non le protocole de réseau de base. En particulier, il n'y a pas toujours, bien que cela puisse être le cas, superposition des protocoles de données issus de la téléphonie hertzienne et du protocole IP. Le concept, à la base de ces propositions, est le concept de médiation qui permet d'assurer des services d'adaptation entre le segment hertzien et le segment filaire.

Il s'agit d'un modèle raisonnable pour des dispositifs d'utilisateur qui communiquent toujours via le dispositif de médiation. Toutefois, il est à prévoir que beaucoup de dispositifs d'utilisateur hertziens utiliseront les réseaux filaires chaque fois que ceux-ci seront disponibles. Ce modèle s'inspire très largement des habitudes actuelles des utilisateurs d'ordinateurs portatifs: ces dispositifs utilisent en principe des réseaux LAN et n'ont recours à l'accès commuté qu'en dehors du bureau.

Pour ces dispositifs, une architecture utilisant le protocole IP est la meilleure solution car ce protocole sera nécessaire pour établir des communications qui ne passent pas par la station de base (par exemple pour une reconnexion à un réseau W-LAN ou 10BastE au bureau).

Caractéristiques d'erreur du réseau de base

Pour utiliser le protocole IP comme protocole de réseau de base on a besoin de liaisons assez fiables (niveau de fiabilité peu élevé) ce qui est le cas des liaisons hertziennes, des réseaux AHLB mais pas des réseaux WAN.

Le protocole IP et les protocoles qui sont acheminés dans des paquets IP sont protégés de bout en bout par des sommes de contrôle qui sont relativement peu efficaces (et parfois facultatives). Dans la plupart des cas pour l'Internet, des sommes de contrôle sont suffisantes; dans des environnements hertziens les caractéristiques d'erreur de la liaison hertzienne brute sont beaucoup moins bonnes que sur le reste du trajet de bout en bout. Par conséquent, il n'est pas souhaitable que des trajets comportant des segments hertziens, utilisent exclusivement les mécanismes de bout en bout pour détecter et corriger les erreurs de transmission. Il faut en complément des mécanismes au niveau de la liaison locale. Sinon, des paquets IP altérés sont acheminés sur le réseau et sont rejetés par l'ordinateur destinataire. Par exemple, on a besoin de routeurs intermédiaires pour contrôler la somme de contrôle d'en-tête IP mais pas les sommes de contrôle UDP ou TCP. Par conséquent, un paquet IP dont les données sont altérées, n'est pas détecté avant qu'il n'arrive à sa destination.

Il vaut mieux utiliser des mécanismes au niveau de la liaison, par exemple la correction d'erreur directe (CED), des retransmissions, etc., pour améliorer les caractéristiques de la liaison hertzienne et offrir un service beaucoup plus fiable au protocole IP. Cette méthode a été adoptée par CDPD, Ricochet et AMDC.

Cette méthode consiste plus ou moins à mettre en place un protocole point à point (PPP) caractérisé par un solide verrouillage de trame et une somme de contrôle à 16 bits, sur les réseaux filaires au lieu d'un protocole d'interface pour ligne en série (SLIP) qui lui n'a qu'un seul octet de verrouillage et pas de somme de contrôle.

Il est recommandé d'utiliser la CED dans les environnements satellitaires.

On notera que la couche liaison pourrait adapter les dimensions de ses trames au TEB existant. Elle effectuerait sa propre fragmentation et son propre réassemblage afin que le protocole IP puisse continuer d'avoir une MTU de taille suffisante.

L'utilisation du protocole IP comme protocole de transport pose un problème courant, à savoir le préfixe d'en-tête. En règle générale, la couche liaison de base est perçue comme un protocole point à point par la couche IP supérieure, ce qui autorise des modes de compression d'en-tête qui simplifient considérablement le problème.

Solutions non IP

Plusieurs solutions non IP ont été proposées pour les environnements hertziens. L'une d'elles, représentative, est examinée ci-après.

Protocole d'application hertzien (WAP)

Le protocole WAP définit un cadre d'application et des protocoles de réseau pour des dispositifs hertziens comme les téléphones mobiles, les pageurs et les PDA. L'architecture nécessite l'intermédiaire entre les dispositifs mobiles et le serveur. La pile protocolaire WAP est structurée en couches sur un service de transport de type datagramme. Ce service est fourni par la plupart des réseaux hertziens, par exemple IS-136, GSM SMS/USSD et UDP dans des réseaux IP comme le CDPD et le GSM GPRS. Le cœur des protocoles WAP est un protocole binaire HTTP/1.1 qui présente des caractéristiques supplémentaires comme une fonction cache d'en-tête entre les demandes et un état commun entre client et serveur.

Elaboration de solutions non IP

Le protocole IP est un élément tellement fondamental de l'Internet qu'il est très difficile de mettre en place des solutions non IP car elles n'exploitent pas l'infrastructure IP. Lorsqu'on utilise une solution non IP pour fournir un accès par passerelle à l'Internet, il faut procéder à une conversion entre adresses IP et adresses non IP, supprimer la sécurité IP au niveau de la passerelle; par ailleurs on ne peut pas utiliser les protocoles de découverte orientés IP (dynamic host configuration protocol, domain name services, lightweight directory access protocol, service location protocol, etc.) sans conversion au niveau d'une passerelle.

Un autre problème se pose lorsqu'un dispositif fonctionne à la fois en mode hertzien et en mode filaire. Si le dispositif utilise un protocole IP en mode hertzien, un fonctionnement ininterrompu lorsque le dispositif est connecté au réseau filaire est possible (en utilisant le protocole IP mobile). Dans le cas d'une solution non IP, cette commutation est plus difficile.

Avec des solutions non IP, il faut aussi prouver que le protocole IP est si mal adapté à un environnement hertzien qu'il ne constitue pas une technologie viable.

Solutions IP

Etant donné sa mise en œuvre généralisée, le protocole IP constitue un choix évident pour la technologie de réseau de base. Les améliorations apportées à ce niveau bénéficient des protocoles d'application Internet classiques ainsi que des nouveaux protocoles placés au-dessus du protocole IP ou UDP.

Indication de la MTU sur le trajet

L'indication de la MTU sur le trajet offre des avantages pour tout protocole placé au-dessus du protocole IP. Il permet à l'expéditeur de déterminer la taille maximale de l'unité de transmission de bout en bout pour une destination donnée. Sans cette fonction, la taille par défaut de la MTU est de 512. L'utilisation d'une MTU de grande taille présente plusieurs avantages:

- plus petit rapport préfixe d'en-tête données;
- permet au TCP de faire augmenter sa fenêtre d'encombrement plus rapidement étant donné qu'elle augmente par unités de segment.

Bien sûr, pour un TEB donné, avec une MTU de grande taille la probabilité d'erreur sur un segment donné est plus grande. Il est possible de réduire le TEB en utilisant des techniques de niveau inférieur comme la CED ou des retransmissions sur la couche liaison, mais dans ce cas, c'est le temps de propagation qui peut devenir un problème en raison des retransmissions supplémentaires et aussi du fait que plus la MTU est grande plus le temps de transmission des paquets est long.

L'indication de la MTU sur le trajet est recommandée dans des environnements satellitaires.

Propositions non TCP (protocole de commande de transmission)

Dans d'autres propositions, on suppose un service IP de base de type datagramme et on met en œuvre un protocole de transport optimisé directement au-dessus du protocole IP ou au-dessus du protocole UDP. Il serait audacieux de ne pas utiliser le protocole TCP compte tenu de la vaste expérience acquise et des nombreux travaux de recherche effectués dans ce domaine. D'aucuns diront que l'Internet ne s'est pas effondré car son principal protocole, le protocole TCP, utilise le réseau avec beaucoup de soin, le considérant généralement comme une boîte noire supposant que toutes les pertes de paquets sont dues à un encombrement et préférant ne pas insister pour éviter tout encombrement supplémentaire.

Mais, dans un environnement hertzien, les pertes de paquets peuvent aussi être dues à des altérations liées à un TEB élevé, à des évanouissements, etc. La bonne solution est donc dans ce cas d'insister.

Les arguments pour et contre le protocole TCP

C'est l'une des questions les plus débattues dans le domaine hertzien. Quelques arguments contre ce protocole:

- Il est généralement admis que le protocole TCP n'est pas performant dans les cas où les pertes non liées à un encombrement sont nombreuses. Les opposants au protocole TCP estiment que le support hertzien est un de ces cas et qu'il est assez difficile d'installer ce protocole. Ils ajoutent qu'il est plus facile de repartir de zéro.
- Le préfixe d'en-tête du protocole TCP est trop important.
- Compte tenu des mécanismes nécessaires pour son installation, le protocole TCP est très lourd et n'est pas adapté aux dispositifs portables et légers.

Quelques arguments en faveur du protocole TCP:

- Il est préférable de continuer à utiliser le même protocole que celui qu'utilise le reste de l'Internet pour des raisons de compatibilité. Les extensions propres à la liaison hertzienne peuvent être négociées.
- On peut réutiliser les mécanismes institutionnels (par exemple, gestion de l'encombrement).
- La CED au niveau de la couche liaison et l'ARQ permettent de réduire le TEB de sorte que toutes les pertes que le protocole TCP décèle, sont de fait dues à l'encombrement (ou à une longue interruption de la connectivité de la liaison). Les technologies W-WAN modernes (CDPD, US-AMRT, AMDC, GSM), fonctionnent; le débit du protocole TCP est ainsi amélioré.
- Les transferts entre différentes technologies sont rendus possibles par le protocole IP mobile, mais uniquement si les mêmes protocoles, à savoir TCP/IP, sont utilisés.
- L'expérience acquise en ce qui concerne le protocole TCP est vaste de sorte que les autres protocoles sont encore relativement «jeunes»; par ailleurs on ne connaît pas vraiment toutes les conséquences que pourrait avoir leur mise en place généralisée.

Globalement, les performances du protocole TCP sur de longs réseaux à faible trafic peuvent être sensiblement améliorées.

ANNEXE 9

Références bibliographiques

1 Normes

Les documents suivants constituent la forme abrégée des normes pertinentes:

- Rec. UIT-R F.1244 «Réseaux locaux hertziens (RLAND)»
- Rec. UIT-R F.1399 «Partage de fréquences entre les détecteurs passifs spatioportés du service d'exploration de la terre par satellite et les liaisons intersatellites des réseaux à satellite géostationnaire dans la gamme 54,25-59,3 GHz»
- Rec. UIT-R F.1400 «Caractéristiques et objectifs de qualité et de disponibilité applicables à l'accès hertzien fixe au réseau téléphonique public avec commutation»
- Rec. UIT-R F.1401 «Bandes de fréquences utilisables par les systèmes d'accès hertzien fixe et méthodologie d'identification de ces bandes»
- Rec. UIT-R F.1402 «Critères de partage de fréquences entre un système d'accès hertzien mobile terrestre et un système d'accès hertzien fixe utilisant le même type d'équipement»
- Rec. UIT-R F.1488 «Dispositions de blocs de fréquences pour les systèmes d'accès hertzien fixe (AHF) dans la gamme 3 400-3 800 MHz»
- Rec. UIT-R F.1489 «Méthode d'évaluation du niveau de compatibilité de fonctionnement entre systèmes à accès hertzien fixe et systèmes de radiolocalisation en cas de partage de la bande 3,4-3,7 GHz»
- Rec. UIT-R F.1490 «Prescriptions génériques pour les systèmes d'accès hertzien fixe»
- Rec. UIT-R F.1499 «Dispositions de blocs de fréquences pour les systèmes d'accès hertzien fixe (AHF) dans la gamme 3 400-3 800 MHz»
- Rec. UIT-R F.1518 «Méthode de spécifications du spectre lorsque des réseaux d'accès hertzien fixe (AHF) et des réseaux d'accès hertzien mobile (AHM) utilisant les mêmes types d'équipements coexistent dans la même bande de fréquences»
- Rec. UIT-R P.837 «Caractéristiques des précipitations pour la modélisation de la propagation»
- Rec. UIT-R P.838 «Modèle d'affaiblissement linéique dû à la pluie destiné aux méthodes de prévision»
- Rec. UIT-R P.530 «Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour la conception de faisceaux hertziens à visibilité directe de Terre»
- Rec. UIT-R M.1073 «Systèmes mobiles terrestres publics de télécommunication»
- Rec. UIT-R M.1033 «Caractéristiques techniques et d'exploitation des téléphones sans cordon et des systèmes de télécommunication sans cordon»
- Rec. UIT-R M.1450 «Caractéristiques des réseaux locaux hertziens à large bande»
- Rec. UIT-R M.1454 «Limites de densité de p.i.r.e. et restrictions opérationnelles applicables aux émetteurs des RLAN ou d'autres systèmes d'accès hertzien pour assurer la protection des liaisons de connexion des systèmes non géostationnaires du service mobile par satellite dans la bande de fréquences 5 150-5 250 MHz»

- Rec. UIT-T G.703 «Caractéristiques de récepteurs de référence de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude à des fins de planification»
- ANSI J-STD-007 «Air interface specification for 1.8 to 2.0 GHz frequency hopping time division multiple access (TDMA) for personal communications services»
- ANSI J-STD-008 «Personal Station – Base station compatibility requirements for 1.8 to 2.0 GHz Code Division Multiple Access (CDMA) personal communications systems»
- ANSI J-STD-009 «PCS IS-136 based mobile station minimum performance 1 900 MHz standard»
- ANSI J-STD-010 «PCS IS-136 based base station minimum performance 1 900 MHz standard»
- ANSI J-STD-011 «PCS IS-136 based air interface compatibility 1 900 MHz standard»
- ANSI J-STD-017 (Trial Use) et EIA/TIA/IS-661 «A composite CDMA/TDMA air interface compatibility standard for personal communications in 1.85-1.99 GHz for licensed applications»
- ANSI J-STD-018 «Recommended minimum performance requirements for 1.8 to 2.0 GHz code division multiple access (CDMA) personal stations»
- ANSI J-STD-019 «Recommended minimum performance requirements for base stations supporting 1.8 to 2.0 GHz code division multiple access (CDMA) personal stations»
- EIA/TIA/IS-95-A «Mobile station-base station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system»
- United Kingdom Total Access Communications System Compatibility Specification, ISSUE 4 (Spécification du système TACS)
- EIA/TIA 553 «Mobile Station – Land Station Compatibility Specification» – (Spécification du système AMPS)
- Normes ETSI – Séries ETS 300, 500 et 700, «Digital cellular telecommunications system (GSM xy.uv)»
- Projet de normes européennes ETSI EN 301 021, 1997 «Transmission and Multiplexing (TM); Digital Radio-Relay Systems (DRRS); Time Division Multiple Access (TDMA) point-to-multipoint DRSS in the frequency range 3 to 11 GHz»
- RCR STD-28 «Personal Handy Phone System». RCR Standard STD-28 ver.2
- TTC JT-Q921-b «PHS Public Cell Station – Digital Network interface Layer 2 – Specification». TTC Standard JT-Q921-b
- TTC JT-Q931-b «PHS Public Cell Station – Digital Network interface Layer 3 – Specification». TTC Standard JT-Q931-b
- TTC JT-G961 «Digital Transmission System on Metallic Local Lines for ISDN Basic Rate Access». TTC Standard JT-G961
- C-IF1.00 «General Description of Interface Specifications between Terminal Equipment and WLL subscriber Unit». PHS MoU Document C-IF1.00
- C-IF2.00 «General Description of Interface Specifications between WLL subscriber Unit of WLL Personal Station and WLL Cell Station». PHS MoU Document C-IF2.00
- C-IF3.00 «General Description of Interface Specifications between WLL Access Controller and Service Node». PHS MoU Document C-IF3.00

2 Livres et documents techniques

WEBB, W. [1998] Introduction to Wireless Local Loop. Boston, MA, Etats-Unis d'Amérique: Artech House.

BOUCHER, N.J. [1995] The Cellular Radio Handbook. Troisième édition. Mill Valley, CA: Quantum Publishing.

CALHOUN, G. [1992] Wireless Access and the Local Telephone Network. Norwood MA: Artech House.

ETSI [1994a] ETR 139 – Radio in the Local Loop.

ETSI [1994b] ETSI Final Report by the ETSI Radio Local Loop Coordination Group.

HESS, G.C. [1993] Land-Mobile Radio System Engineering. Norwood, MA: Artech House.

PARSONS, J.D. et GARDINER, J.G. [1989] Mobile Communication Systems. Blackie.

Accès hertzien fixe

INDEX ALPHABÉTIQUE

NOTES

Abréviations:	Consulter la section «Terminologie et sigles» de l'Annexe 1 pour obtenir l'explication des abréviations qui ne figurent pas dans le présent index alphabétique.
Numérotation:	Lorsque le renvoi est un numéro complet, cela signifie que le renvoi est figuré précisément dans le sous-paragraphe indiqué. Lorsque la numérotation est incomplète, le terme peut figurer en plusieurs endroits du paragraphe ou sous-paragraphe mentionné.
Mots fréquents:	Certains termes peuvent apparaître fréquemment dans le Manuel. Dans ce cas, il est seulement fait référence à la première occurrence ou aux occurrences les plus significatives de ces termes.

Accès hertzien	4.5.4
Accès hertzien fixe	2
Alcatel	Annexe 7 (§ 5)
Alimentation	2
AHF point à point	Annexe 7 (§ 3.2)
AHF point-multipoint	Annexe 7 (§ 3.3)
AHF et IMT-2000	1.2.3
AHLB	1.2.2, 7.3, 8, 8.8
AMPS	7.1.7
Analyse des performances d'un réseau	Annexe 3 (§ 9)
Architectures AHLB	8.5
Authentification	6.2.1
Attribution de fréquences	Annexe 2 (§ 2)
Bandes de fréquences pour AHLB	8.2
Base de clients	6.2.2
Beewip	Annexe 7 (§ 4)
Besoins de service	6.2
Bilan sur la liaison descendante	Annexe 3 (§ 7.8.1)
Capacité d'évolution	6.2.2

Cellulaire	1.1, 1.2
Central local	4.5.4
Choix technologiques	5.3
Classification de l'accès hertzien	4.6
Classification de l'accès hertzien fixe	4.6
CMR-2000	Annexe 3 (§ 3)
Communication à l'extérieur des bâtiments	1.1, 1.2
Comparaison des systèmes cellulaires mobiles et des systèmes AHF	Annexe 3 (§ 3)
Convergence	9.1.2
Convergence entre les services fixe et de radiodiffusion	9.1.2.2
Convergence entre les services fixe et mobile	9.1.2.1
Coût d'investissement	3
Coût de possession	5.9
Couverture de cellule	6.2.2
D-AMPS	Annexe 4 (§ 1)
DECT	Annexe 4 (§ 6)
Densité d'abonnés	6.4.1
Densité de trafic	4.3
Deuxième génération	1.2
Division par les angles	Annexe 3 (§ 7.12)
Division par les côtés	Annexe 3 (§ 7.12)
DRT	Annexe 2 (§ 3.2.1)
Ecoulement de trafic	6.3.1
Exigences du marché	5.5
Ericson	Annexe 7 (§ 4)
Evolution technologique	9.2
Exploitation et maintenance	6.3.2
Groupes de cellules et réutilisation de cellules	Annexe 3 (§ 5)
GSM	Annexe 4 (§ 3)
HDFS	Annexe 6 (§ 3)

Interfaces	Annexe 4 (§ 4.2.2)
Interface V5	4.5.4
Interfaces radioélectriques exclusives	7.2, Annexe 5
Interfaces radioélectriques normalisées	7.1, Annexe 4
Internet	Annexe 8
IS-95 AMRC	Annexe 4 (§ 2)
Liaison de raccordement	6.3.3
Liste d'emplacements de cellule d'intérêt potentiel	Annexe 3 (§ 6)
Liste maîtresse des emplacements	Annexe 3 (§ 6.2)
LMDS	8.1
Marge d'évanouissement temporel	Annexe 3 (§ 7.6)
Marge d'occultation	Annexe 3 (§ 7.5)
Marge de protection contre le brouillage	Annexe 3 (§ 7.7)
Marges du bilan de liaison	Annexe 3 (§ 7.8)
Mise en place de l'AHF	Annexe 2 (§ 4. § 5)
NMT	Annexe 4 (§ 5)
Networks	Annexe 5 (§ 1)
Objectifs de qualité et disponibilité pour AHLB	8.3
PHS	Annexe 4 (§ 4)
Planification des cellules	Annexe 3 (§ 8), 6.4.3
Planification des cellules à large bande	Annexe 3 (§ 5.1)
Planification radioélectrique	Annexe 3 (§ 10)
Planification des réseaux AHLB	8.7
Plans de fréquences	Annexe 2 (§ 3)
Possibilités futures de service	6.2.2
Propagation	Annexe 3 (§ 2)
Propagation des ondes millimétriques	Annexe 3 (§ 2.4)
Propagation radioélectrique	6.4.4
Proximity	Annexe 5 (§ 1)
Publiphone hertzien	2
Réseau d'accès	4.5.4
Réseaux hertziens IP	Annexe 8 (§ 1)

Réseaux ruraux	Annexe 3 (§ 4.2)
Réunion	Annexe 7 (§ 1)
RNIS	2
RTCP	4.5.4
SCP	2
Secret des communications	6.2.1
Service de transmission de la voix et de données	6.2.1
Service fixe	4.3
Service mobile	4.3
Service téléphonique ordinaire	2
SR Telecom	Annexe 5 (§ 2)
SR500	Annexe 5 (§ 2)
Station de base radioélectrique	4.2, 4.5.2
Station de cellule	4.2, 4.5.2
Structure de technologie d'accès hertzien	5.4
Système analogique	7.1.5, 7.1.7, 7.1.8
Système modulaire IRT	Annexe 5 (§ 3)
Système multiplex numérique de ligne	4.4
Systèmes spéciaux	3
TACS	Annexe 4 (§ 8)
Téléphone sans cordon	2
Télépoint	2
Terminal	4.5.1
Trajet radioélectrique	Annexe 3 (§ 2)
TRT/Lucent Technologies	Annexe 5 (§ 3)
TSR	Annexe 7 (§ 2)
Zone de couverture	6.2.2
