

Union internationale des télécommunications

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R F.1498-1 (05/2002)

**Caractéristiques de déploiement des systèmes
du service fixe dans la bande 37-40 GHz à
utiliser pour les études de partage**

Série F
Service fixe



Union
internationale des
télécommunications

Avant-propos

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.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en œuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2009

© UIT 2009

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R F.1498-1*

Caractéristiques de déploiement des systèmes du service fixe dans la bande 37-40 GHz à utiliser pour les études de partage

(2000-2002)

Domaine d'application

La présente Recommandation contient les caractéristiques de déploiement des systèmes hertziens fixes à utiliser pour les études de partage, en vue d'une utilisation efficace du spectre dans la bande 37-40 GHz destinée à être utilisée pour les applications haute densité dans le service fixe (HDFS, *high density applications in the fixed service*). L'Annexe donne des exemples de situations de déploiement d'une forte densité de systèmes point à point utilisés pour les liaisons entre des stations de base mobiles et des réseaux à infrastructure mobile ainsi que de réseaux point à point et point à multipoint au niveau abonné qui remplacent les liaisons d'accès d'abonné à fibres optiques.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la bande de fréquences 37-40 GHz est attribuée à titre primaire au service fixe;
- b) que la tendance à la déréglementation des télécommunications accroît la demande de nouveaux accès locaux compétitifs;
- c) que les systèmes point à point du service fixe sont déployés sur une grande échelle et que leur utilisation dans la bande de fréquences 37-40 GHz augmente;
- d) que les principales applications du service fixe dans cette bande concernent les infrastructures de réseaux mobiles et d'accès compétitif;
- e) qu'un nombre croissant de stations du service fixe point à point et point à multipoint (P-MP) pour accès local dans la bande 37-40 GHz ont été installées ou sont en projet;
- f) que la forte concentration d'utilisateurs du service dans les zones urbaines, suburbaines et industrielles exige une forte densité de terminaux d'utilisateur dans ces zones;
- g) que les conditions de propagation dans la bande 37-40 GHz dépendent principalement de l'affaiblissement dû à la pluie;
- h) que les progrès technologiques de la mise en œuvre et du déploiement des systèmes permettent d'améliorer sans cesse la fourniture d'accès locaux compétitifs dans cette bande;
- j) que les nouveaux systèmes d'applications haute densité dans le service fixe (HDFS), tels que les systèmes d'accès hertzien à large bande (AHLB) peuvent exiger des objectifs de disponibilité d'au moins 99,999% pour une valeur seuil du taux d'erreur binaire (TEB) de 1×10^{-6} et des TEB nominaux de 1×10^{-11} par temps clair;
- k) que, pour réaliser cette qualité de fonctionnement, les bilans de liaison sont susceptibles d'exiger des gains de codage tels que ceux obtenus avec correction d'erreur directe (CED);

* La Commission d'études 5 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2009 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

l) que la bande 37,5-40 GHz est aussi attribuée à titre primaire au service fixe par satellite (SFS) (espace vers Terre) et qu'un nombre croissant de systèmes de ce service sont prévus dans cette bande,

reconnaissant

- a) que les systèmes du service fixe exploités dans la bande 37-40 GHz donnent lieu à un déploiement ubiquiste de systèmes point à point et P-MP dans des zones de service spécifiques;
- b) que des administrations peuvent autoriser des systèmes point à point et P-MP utilisant une disposition des canaux discrète ou l'assignation de blocs de fréquences; on utilise fréquemment, dans de tels blocs, plusieurs technologies, largeurs de bande de fréquences porteuses et techniques d'accès,

recommande

1 que, lors du déploiement à haute densité de systèmes du service fixe dans la bande 37-40 GHz (voir la Note 1), l'utilisation efficace du spectre, la qualité de fonctionnement et la disponibilité, basées sur les Recommandations UIT-T et UIT-R, pertinentes, soient des considérations primordiales;

2 que, lors de la conception des trajets, il soit tiré parti des conditions de propagation propres à cette bande pour parvenir à une importante réutilisation des fréquences;

3 que, dans les études de partage, l'Annexe 1 serve de ligne directrice pour le déploiement des systèmes du service fixe dans la bande 37-40 GHz.

NOTE 1 – Les Recommandations en question sont, entre autres:

Recommandations UIT-T

Recommandation UIT-T G.821 – Caractéristiques d'erreur d'une connexion numérique internationale fonctionnant à un débit inférieur au débit primaire et faisant partie d'un réseau numérique à intégration de services.

Recommandation UIT-T G.826 – Paramètres et objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur pour les conduits numériques internationaux à débit constant égal ou supérieur au débit primaire.

Recommandation UIT-T G.827 – Paramètres et objectifs de disponibilité pour les éléments de conduits numériques internationaux à débit constant égal ou supérieur au débit primaire.

Recommandation UIT-T G.828 – Paramètres et objectifs relatifs aux caractéristiques d'erreur pour les conduits numériques synchrones internationaux à débit constant.

Recommandations UIT-R

Recommandation UIT-R F.697 – Objectifs de qualité en matière d'erreur et de disponibilité pour la partie à qualité locale à chaque extrémité d'une connexion du réseau numérique à intégration de services à un débit binaire inférieur au débit primaire utilisant des faisceaux hertziens numériques.

Recommandation UIT-R F.1668 – Objectifs de qualité en matière d'erreur applicables aux liaisons hertziennes fixes numériques réelles utilisées dans des conduits et des connexions fictifs de référence de 27 500 km.

Recommandation UIT-R F.1565 – Dégradation de la qualité de fonctionnement due aux brouillages causés par d'autres services partageant les mêmes bandes de fréquences avec des systèmes hertziens numériques réels utilisés dans le tronçon international ou national d'un conduit fictif de référence de 27 500 km et fonctionnant à un débit égal ou supérieur au débit primaire.

Recommandation UIT-R SM.1046 – Définitions du facteur d'utilisation du spectre et de l'efficacité d'utilisation du spectre d'un système radioélectrique.

Recommandation UIT-R SM.1271 – Utilisation efficace du spectre et méthodes probabilistes.

Recommandation UIT-R F.755 – Systèmes point à multipoint utilisés dans le service fixe.

Recommandation UIT-R F.758 – Considérations relatives à la mise au point de critères de partage entre le service fixe de Terre et d'autres services.

Recommandation UIT-R F.1102 – Caractéristiques des systèmes hertziens fixes fonctionnant dans les bandes de fréquences supérieures à 17 GHz environ.

ANNEXE 1

Caractéristiques de déploiement des systèmes du service fixe dans la bande 37-40 GHz à utiliser pour les études de partage

1 Introduction

Le déploiement d'un nombre croissant de stations du service fixe ou de stations terriennes du SFS risque d'avoir des effets sur le développement futur des deux services dans la même bande de fréquences. En conséquence, les configurations de déploiement des stations du service fixe et des stations terriennes du SFS qui sont nécessaires à la mise en place et au développement de services viables ont un effet déterminant sur le partage des bandes.

Une combinaison de conditions différentes de propagation et d'évolution des services donne lieu à des différences notables dans le déploiement du service fixe dans les bandes au-dessous de 14 GHz, où le partage entre systèmes du service fixe et du SFS OSG est courant, et dans les bandes au-dessus de 17 GHz dont on envisage qu'elles feront l'objet d'un partage supplémentaire avec des services spatiaux comme le SFS. Du fait des conditions de propagation, les longueurs utilisables des bonds du service fixe sont inversement proportionnelles à la fréquence. Les bandes au-dessous de 8 GHz sont donc les mieux appropriées pour les transmissions à grande distance, alors que les bonds nettement plus courts utilisables aux fréquences supérieures à 17 GHz se prêtent très bien aux infrastructures cellulaires et aux applications d'accès local qui se développent rapidement dans les zones urbaines, suburbaines ou industrielles.

Dans les bandes au-dessous de 14 GHz, les principales configurations de déploiement des deux services facilitent le partage car le déploiement du service fixe le long des grandes voies de communication aboutit à des configurations de réseau d'aiguillage qui laissent de grandes surfaces géographiques libres pour l'installation de centres internationaux du SFS. Cela facilite le respect des distances de séparation entre services qui sont nécessaires pour maintenir les brouillages à des niveaux tolérables.

Dans la bande 37-40 GHz, cependant, la principale configuration de déploiement du service fixe se caractérise par des infrastructures du réseau mobile et par l'accès direct d'abonné dans les zones locales très peuplées, les zones d'activité industrielle intense ou les campus, zones qui pourraient aussi être incluses dans les configurations de déploiement du SFS. Le déploiement de stations terriennes du SFS à l'extérieur des zones à forte pénétration du service fixe devrait poser peu de problèmes de coordination. Cela ne vaut pas nécessairement pour le déploiement de stations terriennes du SFS dans les zones de pénétration du service fixe ou à côté de celles-ci, ainsi que dans les zones entièrement concédées au service fixe, et inversement.

Les informations relatives au déploiement du service fixe, présentées dans la présente Annexe, sont censées être utilisées pour l'évaluation du partage entre stations terriennes service fixe et SFS dans la bande des 38 GHz.

2 Principales différences entre systèmes hertziens fixes conventionnels et applications AHLB du service fixe

Le déploiement du service fixe dans la bande des 38 GHz a commencé par l'utilisation progressive par les applications conventionnelles de bandes de fréquences plus élevées, au lieu de bandes de fréquences inférieures dont la saturation était imminente du fait de l'intensification du déploiement des systèmes du service fixe ou de nouvelles mesures de réglementation à caractère plus restrictif. La bande des 38 GHz s'avérait particulièrement intéressante pour les applications basées sur les infrastructures mobiles qui connaissent une croissance rapide et représentent l'essentiel des applications conventionnelles du service fixe dans cette bande. La présence dans de nombreux pays d'un cadre réglementaire favorable et la poursuite de la déréglementation des télécommunications a eu pour effet d'encourager un nouveau type de déploiement dans cette bande, l'AHLB direct d'abonné, qui se substitue et fait concurrence à l'accès par fibres optiques.

Bien que le déploiement des applications AHLB ait commencé en utilisant les systèmes disponibles sur le marché mis au point pour les applications conventionnelles point à point du service fixe, les configurations de déploiement et les conceptions de liaison des applications AHLB présentent des différences notables à plusieurs égards, notamment quant aux besoins liés au service considéré. Le déploiement de systèmes conventionnels du service fixe dans la bande des 38 GHz et non dans une bande de fréquences inférieures, offrant des conditions de propagation plus favorables, s'est traduit nécessairement par une longueur de liaison utilisable plus restreinte, tout en s'adaptant parfaitement aux exigences des systèmes GSM900/1800 dans les zones urbaines. Émetteurs et récepteurs disponibles sur le marché sont conçus pour des applications de ce type fondées sur des compromis entre, d'une part un gain élevé du système et, d'autre part, un coût réduit, une faible consommation d'énergie, un poids limité et une petite taille. Cela permet aux applications conventionnelles du service fixe de répondre, de façon techniquement et économiquement viable, à un pourcentage notable des conditions de déploiement requises au voisinage de la limite supérieure des longueurs de liaison utilisables dans la bande des 38 GHz, facilitant ainsi la mise en œuvre d'une importante marge de protection contre les évanouissements.

En revanche, la mise en œuvre des applications AHLB utilise des longueurs de liaison notablement plus petites, et s'effectuerait dans de meilleures conditions en s'appuyant sur des systèmes point à point dont le gain est substantiellement plus faible. En fait, la puissance d'émission sur la plupart des liaisons point à point AHLB est normalement fixée à un niveau égal ou voisin du plus petit niveau de réglage, ce qui est imposé par les conditions plus strictes de réutilisation de fréquences en cas de déploiement cellulaire à haute densité. L'exploitation doit alors réduire au minimum les marges de protection contre les évanouissements, pour garantir la disponibilité de liaison voulue. Cette exigence s'applique également aux systèmes AHLB P-MP récemment introduits qui complètent généralement des systèmes point à point déjà déployés, en assurant un service auprès des usagers les plus proches de la station centrale. Toutefois, les systèmes P-MP ne sont pas nécessairement en mesure de desservir ces abonnés à l'intérieur de la zone normalement prévue lorsqu'ils ont besoin des débits plus élevés que peuvent offrir les systèmes point à point. Les liaisons plus courtes et les densités de déploiement plus élevées propres aux systèmes AHLB se traduisent en outre par des angles d'élévation notablement plus importants. Ces deux caractéristiques distinctives des systèmes AHLB leur confèrent une vulnérabilité accrue au brouillage dû aux systèmes du SFS par comparaison aux systèmes conventionnels du service fixe. Il en résulte en définitive, pour la capacité de partage de la bande de fréquences, que les systèmes cellulaires AHLB présentent une grande similitude par rapport aux systèmes cellulaires mobiles, en raison des densités élevées et de l'impossibilité de prévoir l'emplacement des abonnés.

3 Exemples représentatifs de déploiement de systèmes HDFS dans la bande des 38 GHz

Le déploiement à grande échelle de systèmes point à point dans la bande 37-40 GHz a commencé dans les réseaux mobiles, les concentrations apparaissant à l'intérieur et aux alentours des zones urbaines et industrielles. Dans une récente application à grande échelle du service fixe dans cette bande, un nouveau type d'accès hertzien fixe (AHF) utilise des liaisons point à point qui aboutissent directement chez l'abonné.

3.1 Mise en œuvre de systèmes HDFS à 38 GHz pour applications sur infrastructure mobile

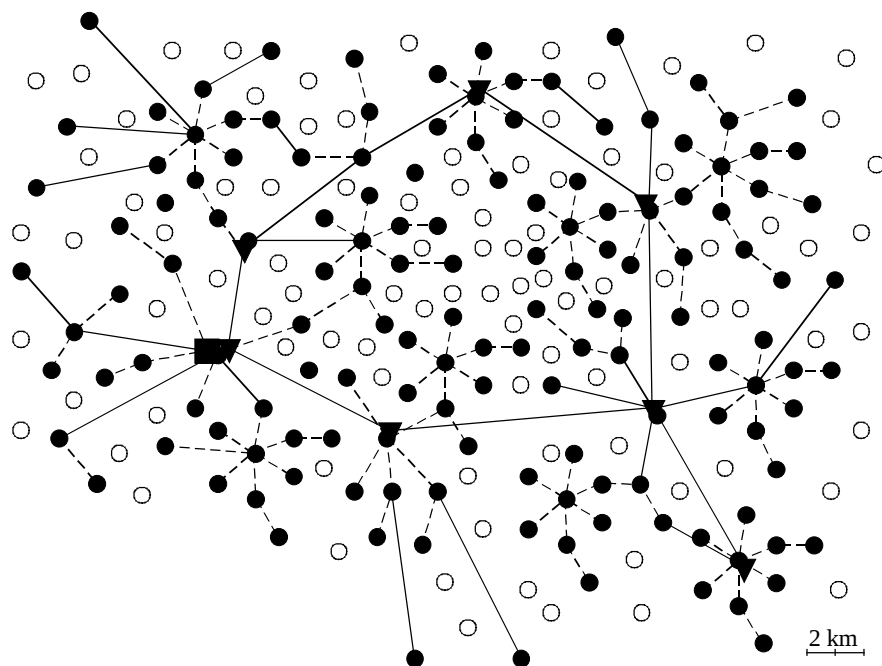
La Fig. 1 est un exemple de la principale application actuelle dans un réseau mobile en vue de l'utilisation de la bande des 38 GHz dans des zones urbaines où les densités de déploiement sont passées de 1 à 10 stations au km². Les liaisons sont conçues de manière à satisfaire les critères de disponibilité entre 99,99 et 99,999%.

De nombreuses liaisons dans la bande des 38 GHz sont déployées dans différents pays de la Région 1. En Allemagne, par exemple, un nombre total de quelque 11 200 liaisons point à point étaient installées fin 2000. Le Tableau 1 indique l'évolution du nombre de liaisons déployées.

On prévoit que ce nombre augmentera sensiblement au cours des prochaines années, et que le nombre d'AHF augmentera également. Il y a lieu par ailleurs de noter que 80% des liaisons sont concentrées dans 15% de la zone totale (Fig. 8), les autres dans les 85% restants, mais il y a aussi de nombreuses zones dans lesquelles les applications à 38 GHz sont inexistantes ou négligeables.

FIGURE 1

Exemple d'application de systèmes point à point à 37-39,5 GHz à l'infrastructure mobile
(telle que GSM1800) en zones urbaines denses



- Centre de commutation mobile
- ▼ Contrôleur de station de base
- Station de base (mobile)
- Eventuelle station de base future
- Câble ou bond dans une autre bande hertzienne
- Bond hertzien dans la bande des 38 GHz

1498-01

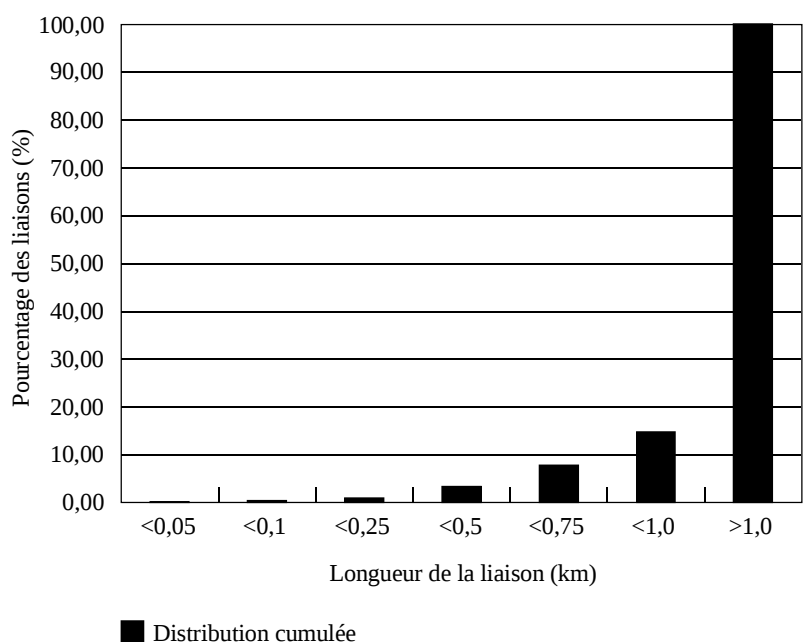
TABLEAU 1

Evolution du nombre de liaisons déployées en
Allemagne dans la bande des 38 GHz

Fin de l'année	1994	1996	1998	2000
Nombre de liaisons	243	1 867	6 346	11 174

FIGURE 2

**Distribution cumulée des longueurs de liaison dans la bande des 38 GHz
(Allemagne) concernant des réseaux à infrastructure mobile**



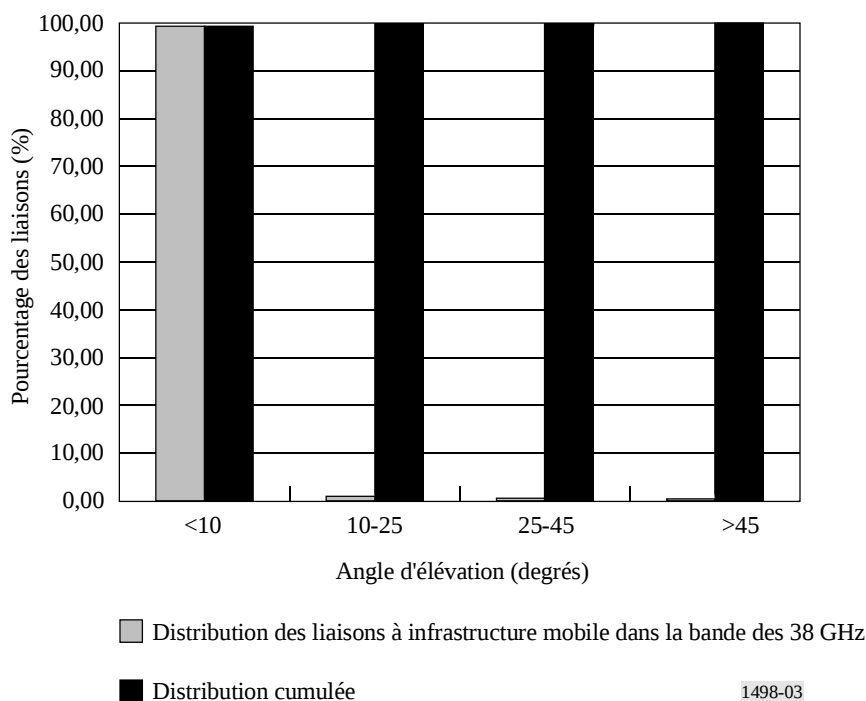
1498-02

La distribution correspondante des angles d'élévation est présentée à la Fig. 3. Actuellement dix liaisons seulement sont déployées avec des angles d'élévation supérieurs à 25°. Les données spécifiques suivantes sont sans doute principalement à l'origine de la différence notable de la distribution de l'angle d'élévation par comparaison aux réseaux HDFS au niveau abonné déployés aux Etats-Unis d'Amérique, tel qu'indiqué au § 3.2:

- la majorité des liaisons ont une longueur supérieure à 1 km (comprise dans l'intervalle 1-4 km);
- la distribution des hauteurs des terminaux des réseaux à infrastructure mobile est plus uniforme;
- les zones urbaines d'Allemagne et des Etats-Unis d'Amérique peuvent présenter des différences quant aux techniques de construction employées.

FIGURE 3

Distribution de l'angle d'élévation de la liaison dans la bande des 38 GHz (Allemagne)



3.2 Déploiement de liaisons dans la bande des 38 GHz aux Etats-Unis d'Amérique pour réseaux HDFS au niveau abonné

La Fig. 4 donne un exemple, dans le cas d'une zone urbaine aux Etats-Unis d'Amérique, du déploiement des configurations à station centrale offrant diverses capacités de transmission, des débits subprimaires jusqu'à 155 Mbit/s.¹

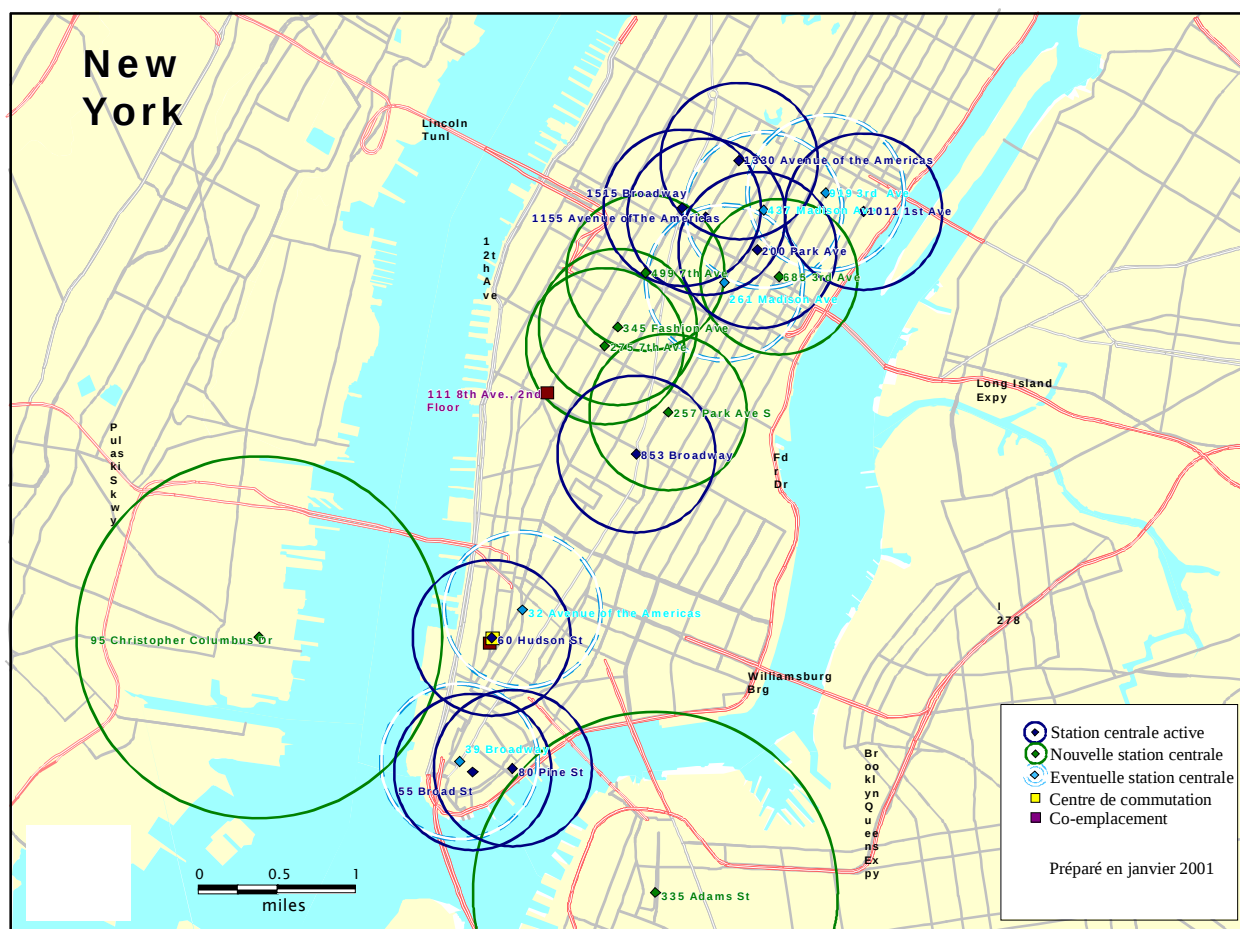
Dans cette zone, les stations centrales sont généralement placées sur des constructions de grande hauteur; les stations d'abonné sont installées sur le toit ou ailleurs ou dans les bâtiments. La longueur des bonds en visibilité directe est généralement limitée à quelques kilomètres en raison des conditions de propagation et de la disponibilité élevée qui est requise. Cette distance peut augmenter dans les zones à moindre affaiblissement par la pluie ou si la disponibilité exigée est moins grande. La densité de systèmes point à point, exprimée en nombre de stations à 38 GHz au km², est dans certains cas proche de 200 et ne cesse de croître. Un opérateur a signalé un taux de croissance de l'installation de liaisons à l'échelon national, entre janvier 1998 et décembre 2000, d'environ 400%. A la fin de l'année 2000, le réseau d'un fournisseur d'accès AHLB des Etats-Unis d'Amérique comptait de 6 000 à 7 000 liaisons.

En règle générale, les liaisons AHLB des zones métropolitaines sont moins longues et fonctionnent d'ordinaire avec de plus faibles marges de protection contre les évanouissements. De plus, les systèmes AHLB point à point dotés d'un dispositif de régulation de la puissance d'émission (RAPE) sont généralement configurés pour fonctionner beaucoup plus près de la valeur seuil par temps clair, avec des ajustements appropriés de la puissance d'émission de façon à obtenir une disponibilité de 99,999%. Cet objectif peut également être atteint en réduisant la puissance d'émission (réglage de niveau et atténuateur du dispositif RAPE) et en utilisant une antenne de petite taille.

¹ D'autres applications actuellement en service ou à l'essai en vue de leur mise en service imminente comportent des configurations offrant des débits de 310 Mbit/s et 620 Mbit/s.

FIGURE 4

Déploiement de stations centrales dans une zone urbaine aux Etats-Unis d'Amérique



1498-04

Aux Etats-Unis d'Amérique, beaucoup de systèmes du service fixe ont bénéficié de licences d'exploitation dans la bande des 38 GHz. A l'heure actuelle, il y a près de 100 détenteurs de licence du service fixe dans la bande des 38 GHz et plus de 3500 licences régionales. Au moins trois de ces détenteurs de licences américaines bénéficient d'autorisations portant sur 180 millions de personnes ou davantage. Ces détenteurs de la licence 38 GHz mettent en place un nouveau type de réseau local hertzien du service fixe fournissant des liaisons numériques directement à l'abonné. L'interface entre les réseaux locaux et le réseau de télécommunication public est assurée par des commutateurs locaux et des anneaux à fibre.

Les liaisons d'abonné atteignant 0,5 km de longueur représentent le tiers environ du total installé dans toutes les zones urbaines actuellement desservies aux Etats-Unis d'Amérique; les liaisons atteignant 0,75 km représentent près de la moitié et les liaisons atteignant 1 km les deux tiers du total environ. Les Fig. 5 et 6 représentent les données actualisées concernant la longueur de liaison et l'angle d'élévation. Du fait de l'accroissement des densités de déploiement, on s'attend en règle générale à une évolution progressive vers un raccourcissement des liaisons. Le rythme d'accroissement des densités n'est normalement pas limité par des raisons techniques, mais en fait par des considérations commerciales, telles que l'acquisition de droits d'accès à un bâtiment. Les déploiements de réseaux mobiles 3G dans les zones urbaines, qui demanderont un grand nombre de liaisons de raccordement supplémentaires, auront pour effet d'augmenter encore les densités de liaisons.

FIGURE 5

**Distribution de la longueur des liaisons dans la bande des 38 GHz
(Etats-Unis d'Amérique)
pour réseaux HDFS au niveau abonné**

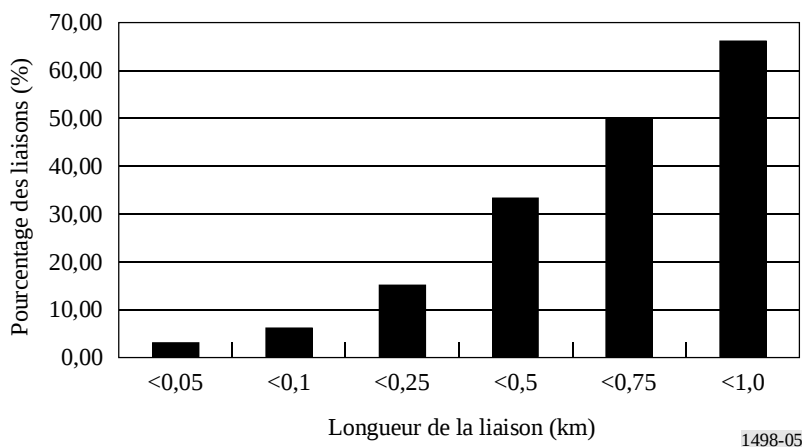
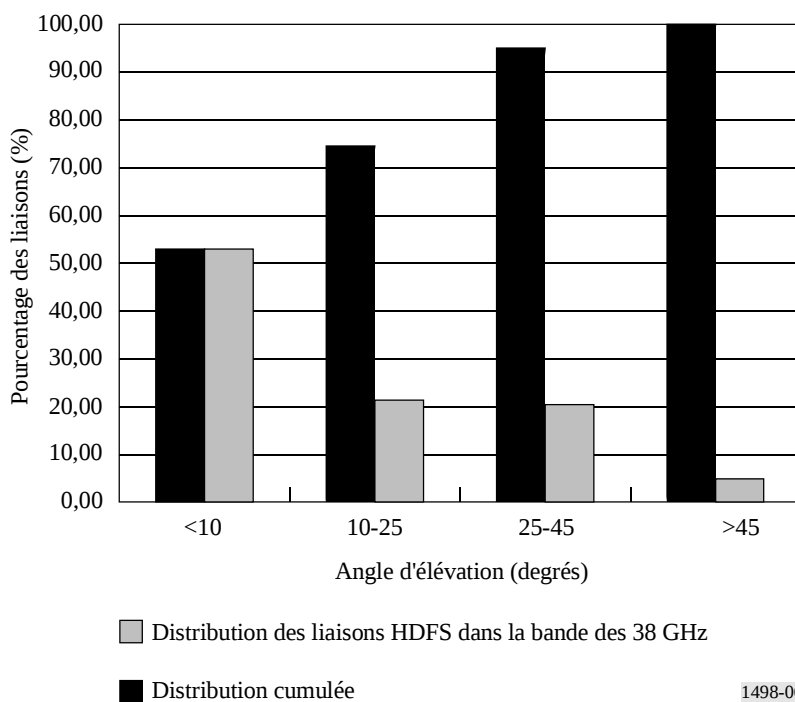


FIGURE 6

**Distribution de l'angle d'élévation des liaisons HDFS dans la bande des 38 GHz
(Etats-Unis d'Amérique)**



Compte tenu des caractéristiques des déploiements observés, tel qu'indiqué aux Fig. 5 et 6, la conception des liaisons doit nécessairement faire l'objet d'une nouvelle série de compromis, essentiellement entre efficacité d'utilisation du spectre, qualité de fonctionnement et zone desservie, dont dépend dans une large mesure la compétitivité des systèmes d'AHLB en tant que substituts des systèmes d'accès à fibres optiques.

Ces liaisons sont généralement étudiées pour assurer une disponibilité de 99,999% et pour répondre aux objectifs du moment en matière de qualité de fonctionnement. Compte tenu de la répartition géographique des systèmes d'accès AHLB au niveau abonné dans les différentes zones d'intensité

pluviométrique UIT-R des Etats-Unis d'Amérique, environ un tiers des liaisons peut répondre à l'objectif de 99,999%, avec des marges dues à la pluie ne pouvant atteindre 10 dB. La réduction des puissances d'émission à des niveaux aussi voisins que possible de la valeur minimum requise pour atteindre les objectifs de qualité de fonctionnement et de disponibilité, contribue dans une large mesure à l'obtention d'une bonne efficacité d'utilisation du spectre grâce à la réutilisation des fréquences. Toutefois, il en résulte alors une plus grande vulnérabilité des systèmes du service fixe au brouillage dû aux autres services. L'emploi d'atténuateurs et de petites antennes permet également de réduire les puissances d'émission. Puisque les stations de base des systèmes P-MP ont des niveaux de puissance fixes, certains emplacements d'abonné peuvent présenter une marge supplémentaire. Les paires de canaux à 50 MHz bénéficiant d'une autorisation régionale dans la bande 38,6-40 GHz améliorent la souplesse de fourniture du service et l'efficacité spectrale grâce à la réutilisation des fréquences, d'une manière analogue à celle des opérateurs de réseaux cellulaires et de services de communication personnelle dans les bandes du service mobile au-dessous de 2 GHz.

Alors que le service initial dans la bande 38,6-40 GHz était fondé sur l'utilisation des systèmes point à point avec méthode de modulation simple (modulation par quadrature de phase (MDP-4 par exemple)), le développement s'oriente à la fois vers les systèmes P-MP et vers des méthodes de modulation plus complexes qui augmentent sensiblement l'efficacité spectrale et offrent des capacités de transmission plus élevées. Par exemple, un système P-MP à modulation d'amplitude en quadrature à 64 états (MAQ-64) peut offrir jusqu'à 250 Mbit/s dans un canal radioélectrique à 50 MHz et un système point à point MAQ-128 jusqu'à 310 Mbit/s dans la même largeur de bande. Aux Etats-Unis d'Amérique, la densité combinée des stations point à point et P-MP atteint d'ores et déjà, dans certains cas, environ 200 au km², et continue à augmenter rapidement. Cette croissance est prévue d'après le nombre de licences déjà accordées et ne nécessitera donc pas de nouvelles autorisations.

Dans les systèmes P-MP, contrairement aux systèmes point à point, l'antenne de la station de base est omnidirectionnelle ou sectorielle et, dans un cas comme dans l'autre, est orientée de manière à desservir tous les abonnés de la zone de service de cette station de base. Cette antenne aura donc un gain et une directivité moindres que celle d'une station centrale située à l'extrémité d'une série de bonds point à point configurés en étoile. Dans la configuration P-MP, l'extrémité abonné du trajet fonctionnera avec un niveau de réception moindre et nécessitera donc des gains d'antenne plus élevés pour que soit maintenue une marge de protection acceptable contre les évanouissements, compensant l'affaiblissement dû à la pluie.

Conformément aux diagrammes de rayonnement verticaux des antennes omnidirectionnelles et sectorielles, la p.i.r.e. produite par l'antenne de la station de base diminuera à mesure que le terminal d'utilisateur se rapprochera de la station de base. Cette intensité de signal réduite est quelque peu compensée par la diminution correspondante de la longueur du trajet. Toutefois, l'effet net est une réduction de l'intensité du signal et donc une diminution correspondante de la marge de protection contre les évanouissements. De plus, le trajet entre la station centrale et l'abonné diminue, l'angle d'élévation du terminal d'abonné augmente, ce qui réduit l'affaiblissement atmosphérique disponible et augmente la sensibilité du récepteur au brouillage causé par les émissions provenant de satellites.

Les services d'accès local décrits pour les infrastructures de réseau mobile et les accès directs d'abonné permettent d'obtenir une grande efficacité spectrale en raison des conditions favorables de réutilisation des fréquences qui résultent du fait que les conditions de propagation limitent la longueur utilisable des bonds en visibilité directe, dans la bande des 38 GHz, à quelques kilomètres lorsqu'une disponibilité de 99,999% est requise. L'expérience montre que les licences régionales encouragent l'exploitation aux efficacités spectrales les plus élevées possibles tout en permettant à plusieurs concurrents locaux de coexister sur le même marché local, comme le font les opérateurs des services cellulaires et de services de communication personnelle dans les bandes attribuées au service mobile au-dessous de 2 GHz.

3.3 Exemple de nouveaux déploiements de systèmes du service fixe dans la bande des 38 GHz au Brésil

Ces dernières années, le déploiement de systèmes hertziens numériques point à point, surtout ceux dont les capacités de transmission sont comprises entre 2 et 34 Mbit/s, a connu une croissance considérable au Brésil, pour les connexions de raccordement des systèmes de télécommunications mobiles, comme pour les accès hertziens d'entreprise, et le réseau numérique utilisant les bandes de fréquences supérieures à 15 GHz. En dehors des systèmes à faible capacité de transmission, les nouvelles applications ont été mises en œuvre dans la bande des 38 GHz au sein de systèmes offrant un réseau de transmission numérique à 155 Mbit/s. Actuellement dans les zones urbaines, et en raison de la saturation des bandes de fréquences inférieures, la bande des 38 GHz a été autorisée pour les applications ci-dessus. A présent (milieu de l'année 2001), quelque 2 500 bonds de systèmes point à point numériques ont été déployés, dans les principales zones urbaines du Brésil. Cette évolution représente une multiplication pratiquement par dix en trois ans et demi, puisque, à la fin de 1997, 260 bonds faisaient l'objet de licences.

On observera, dans le cas de la bande des 38 GHz, que le taux de croissance des systèmes d'accès hertzien pour les transmissions de données a été plus important par comparaison aux systèmes à liaisons de raccordement mobiles. Bien que la mise en œuvre de bonds comportant des angles d'élévation élevés de l'antenne, comme c'est le cas aux Etats-Unis d'Amérique, ne soit pas signalée, l'utilisation de plus en plus répandue des systèmes d'accès hertzien pour les transmissions de données conduit à envisager à l'avenir des déploiements comportant des angles d'élévation importants, supérieurs à 25°.

Il y a lieu par ailleurs d'observer que la longueur des liaisons varie d'une valeur minimum de 30 m à une valeur maximum de 2,8 km.

De plus, différentes versions expérimentales de systèmes numériques P-MP ont été déployées, et l'administration locale attend les rapports d'essai avant de promulguer en 2002 des règlements autorisant l'exploitation commerciale de systèmes P-MP.

C'est un bon exemple des nouveaux déploiements de systèmes du service fixe dans la bande des 38 GHz.

3.4 Exemple de déploiement de systèmes du service fixe dans la bande des 38 GHz au Japon

Au Japon la bande des 38 GHz a été utilisée pour la mise en œuvre de liaisons hertziennes du service fixe au niveau abonné; ces liaisons sont exploitées au moyen de blocs de fréquences de 60 MHz associées par paires, tel qu'indiqué à l'Annexe 3 (§ 2) de la Recommandation UIT-R F.749.

Compte tenu de l'intensité des pluies dans la plupart des régions du Japon, il est essentiel pour les opérateurs d'envisager des compromis entre longueur des bonds et disponibilité de la liaison. Puisque la garantie d'une disponibilité élevée, supérieure à 99,999%, tend à devenir une exigence de base des usagers, la longueur des bonds sur les liaisons d'AHF dans la bande des 38 GHz est limitée à environ 1 km. La capacité de transmission type du système va de 6 Mbit/s à 155 Mbit/s, selon les exigences des applications du service à large bande.

Les Fig. 7 et 8 représentent respectivement les distributions de la longueur de liaison et de l'angle d'élévation. Ces données précédant de peu la mise en service au Japon du système initial dans la bande des 38 GHz, les trajets comptabilisés aux Fig. 7 et 8 comprennent ceux définis au stade de la planification, de façon à réunir des données statistiquement significatives.

FIGURE 7

**Distribution de la longueur des liaisons de trajets potentiels HDFS
dans la bande des 38 GHz au Japon**

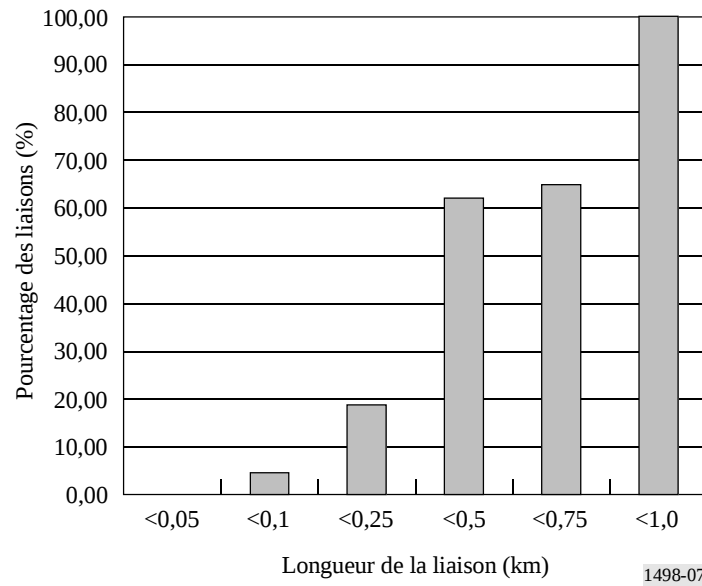
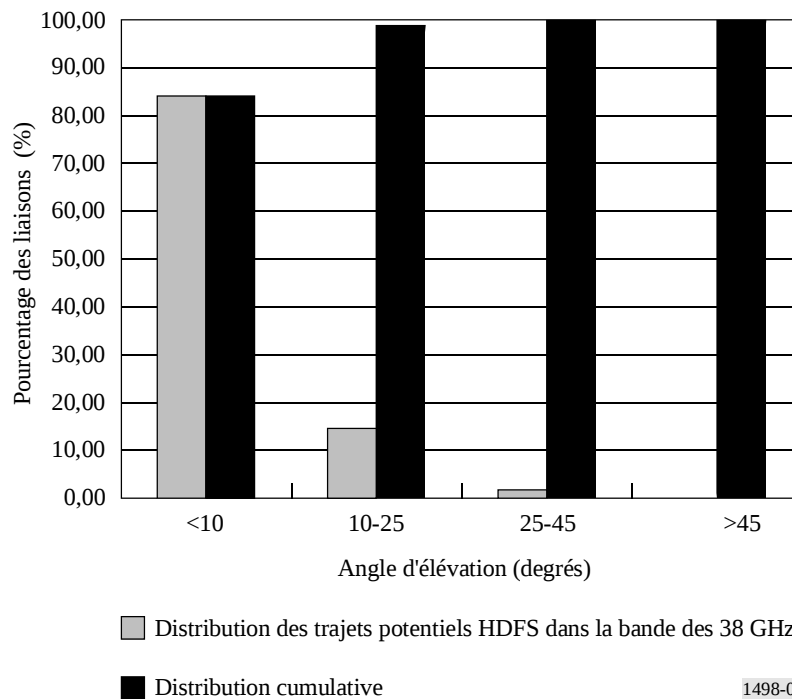


FIGURE 8

**Distribution de l'angle d'élévation de trajets potentiels HDFS
dans la bande des 38 GHz au Japon**



4 Evolution probable du déploiement des systèmes

Tandis que les applications fondées sur des systèmes point à point dotés de capacités de transmission égales à un multiple du débit primaire au moyen de méthodes de modulation à quatre niveaux et en partie sur des systèmes à 155 Mbit/s et une modulation à 16 niveaux constituent actuellement la principale utilisation de la bande des 38 GHz dans de nombreux pays, on peut compter à l'avenir sur la mise en place de capacités de transmission plus élevées pouvant atteindre $n \times 155$ Mbit/s; ces capacités accrues utiliseront vraisemblablement des méthodes de modulation à plus haut niveau (par exemple MAQ-128).

En ce qui concerne tous les types de systèmes P-MP, les méthodes de modulation adaptative (c'est-à-dire de 4 à 64 niveaux) déjà partiellement distinctes des techniques d'accès multiple par répartition en fréquences, la commutation rapide des capacités de transmission autorisant la prise en charge du trafic en mode de transfert asynchrone (ATM) ainsi que l'utilisation d'antennes orientables sont susceptibles d'améliorer les systèmes futurs en termes de disponibilité de longueur des liaisons, de largeur de bande requise et de brouillages.

L'accroissement de la capacité de transmission susceptible d'être offerte aux emplacements potentiels des usagers constitue l'élément décisif de tous les futurs déploiements de systèmes. De fait le perfectionnement de la technologie, tel qu'indiqué dans les paragraphes précédents, est un moyen d'augmenter la capacité. Un autre moyen utilisable à cet effet consiste à déployer plus efficacement les systèmes AHLB. La façon dont les systèmes HDFS d'AHLB évoluent actuellement pour offrir une capacité accrue dans une zone donnée est examinée ci-dessous.

4.1 Récapitulation des types de déploiements réalisés jusqu'à présent

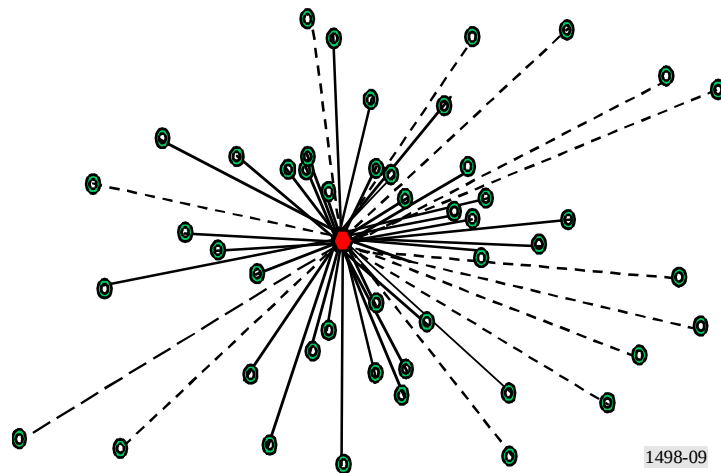
Les données actuelles concernant les déploiements de systèmes HDFS réalisés à ce jour ont été indiquées aux sections précédentes de la présente Annexe. Cette description des modalités de mise en œuvre de l'AHLB met en évidence les différences par rapport aux modes habituels de déploiement d'un système du service fixe. D'après les statistiques disponibles, la plupart des liaisons déployées à ce jour comportent des angles d'élévation inférieurs à 10° , à l'exception des systèmes mis en place aux Etats-Unis d'Amérique où près de la moitié des liaisons déployées à ce jour comportent des angles d'élévation supérieurs à 10° . De plus, un tiers des liaisons AHLB déployées aux Etats-Unis d'Amérique ont une longueur inférieure à 0,5 km et environ la moitié d'entre elles ont une longueur inférieure à 0,75 km.

4.2 Réutilisation des fréquences dans une configuration en étoile

Le déploiement d'un système AHLB s'appuie sur le choix judicieux d'un édifice en visibilité directe d'un nombre aussi grand que possible d'emplacements potentiels de bâtiments, à l'intérieur de la zone considérée, pour obtenir une étendue maximale de la zone desservie. Il s'agit alors d'une configuration en étoile, telle qu'elle est représentée à la Fig. 9. Deux facteurs contribuent à limiter la zone desservie par un système AHLB configuré en étoile: la propagation en visibilité directe et la protection contre les évanouissements dus à la pluie de façon à obtenir une disponibilité à 99,999%. Sur le territoire continental des Etats-Unis d'Amérique, ces distances sont limitées à un rayon de moins de 1,9 km pour une capacité de transmission de 45 Mbit/s à l'intérieur d'une zone hydrométéorologique D2. (Cela représente une superficie de $11,7 \text{ km}^2$.) S'il est exact que l'utilisation de la portée maximale permet de maximiser l'étendue de la zone desservie, il est non moins exact que la réutilisation des fréquences est alors réduite au minimum.

FIGURE 9

Topologie en étoile de l'emplacement d'une station centrale d'AHLB

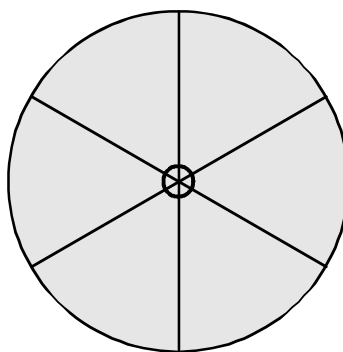


1498-09

L'allongement d'une liaison jusqu'à la distance maximale autorisée par le gain du système et la sensibilité de l'équipement d'AHLB peut n'autoriser la réutilisation d'une fréquence que tous les 60° . La Fig. 10 donne un exemple de réutilisation d'une fréquence jusqu'à six fois au plus au niveau de l'emplacement d'une station centrale. Par contre, en limitant à 0,8 km la longueur de la liaison, le coefficient de réutilisation des fréquences peut atteindre 36. La Fig. 11 illustre de façon graphique la possibilité d'augmenter ce coefficient en limitant la distance à 0,8 km. L'efficacité d'utilisation du spectre est assurée en limitant la puissance d'émission à un niveau minimum, tout en tenant compte également du fait que l'atténuation due à la pluie est nettement réduite aux distances plus courtes par comparaison aux distances plus importantes.

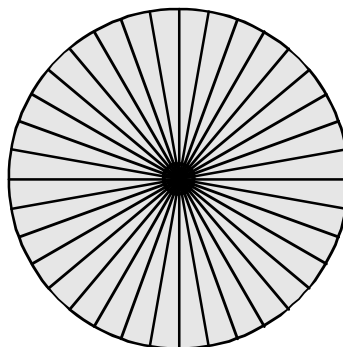
FIGURE 10

Réutilisation des fréquences obtenue avec des liaisons d'une longueur maximum de 1,9 km



1498-10

FIGURE 11
Réutilisation des fréquences obtenue en limitant
la longueur des liaisons à 0,8 km



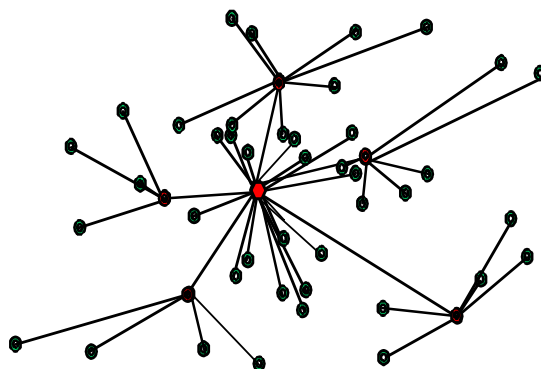
1498-11

Un autre inconvénient de la configuration en étoile d'un réseau AHLB vient du fait que la propagation en visibilité directe vers les bâtiments visés n'est jamais réalisée à 100%, même lorsque la station centrale est installée dans le bâtiment le plus élevé de la zone. Cet inconvénient pose un problème si l'on veut atteindre le plus grand nombre possible de bâtiments sans devoir ajouter des emplacements supplémentaires et coûteux de stations centrales.

4.3 Conception actuelle de la configuration en réseau

La stratégie de déploiement adoptée actuellement pour maximiser la réutilisation des fréquences repose conjointement sur la limitation de la portée en un emplacement de station centrale AHLB et sur une extension de la zone desservie. Ce résultat est obtenu en ajoutant aux stations centrales existantes des points d'extension limitée de la portée. La Fig. 12 représente ce type de configuration. L'adjonction de ces points d'extension limitée de la portée offre plusieurs avantages. Elle permet de limiter la longueur des liaisons tout en augmentant la probabilité de propagation en visibilité directe vers les bâtiments à atteindre.

FIGURE 12
Configuration à points d'extension limitée de la portée utilisant
des liaisons hertziennes consécutives



1498-12

Cette configuration à points d'extension limitée de la portée se caractérise essentiellement notamment par l'obligation pour l'utilisateur de passer par au moins deux liaisons hertziennes consécutives afin d'accéder au réseau. Autrement dit, si l'on veut obtenir pour l'utilisateur final une disponibilité de 99,999%, la disponibilité globale de la liaison A et de la liaison B doit être de 99,999%. Cela implique que la plupart des liaisons devront être limitées à une longueur de 0,8 km et fonctionner par conséquent avec une très faible marge de protection contre les évanouissements. De plus, outre la longueur réduite des trajets et la plus faible valeur des marges de protection, il y aura un pourcentage plus important de liaisons comportant un angle d'élévation élevé.

4.4 Données statistiques concernant la nouvelle configuration de réseau

Il faut également souligner que la diminution de la longueur d'une liaison s'accompagne d'un accroissement de l'angle d'élévation moyen. Les liaisons plus proches de la station centrale du service AHLB ont évidemment une probabilité beaucoup plus forte de comporter un angle d'élévation plus important par comparaison aux liaisons plus éloignées; cette différence est toutefois plus ou moins grande selon la répartition locale des bâtiments et selon leur hauteur; elle est par ailleurs étroitement liée à la hauteur des stations centrales du service AHLB.

Deux types d'emplacements de station centrale ont été pris en compte afin d'évaluer l'augmentation relative de l'angle d'élévation: d'une part, dans un grand immeuble d'une ville relativement importante des Etats-Unis d'Amérique (à l'échelle locale), et, d'autre part, dans une ville plus petite des Etats-Unis d'Amérique, dans un bâtiment comparativement moins élevé. Ces deux emplacements de stations centrales ont été choisis parmi des emplacements effectivement utilisés ou envisagés pour la fourniture du service d'AHLB. La présente étude indiquera l'intervalle de variation probable des angles d'élévation correspondant aux deux situations limites de mise en œuvre d'un service AHLB. La hauteur de tous les bâtiments à atteindre a été notée, dans le périmètre défini par la portée des deux stations centrales considérées, compte tenu de l'affaiblissement dû à la pluie. La répartition de l'angle d'élévation moyen – pour les liaisons inférieures à 0,8 km et pour les liaisons de plus de 0,8 km, mais bénéficiant de critères de disponibilité à 99,999% compte tenu de l'affaiblissement dû à la pluie – est indiquée au Tableau 2. Comme on peut le constater l'angle d'élévation moyen augmente dans les deux cas, pour les bâtiments de petite taille et de taille importante, dans des proportions atteignant respectivement 230% et 380% lorsque la distance est limitée à 0,8 km.

TABLEAU 2

Angles d'élévation moyens observés pour deux stations centrales d'AHLB (Etats-Unis d'Amérique)

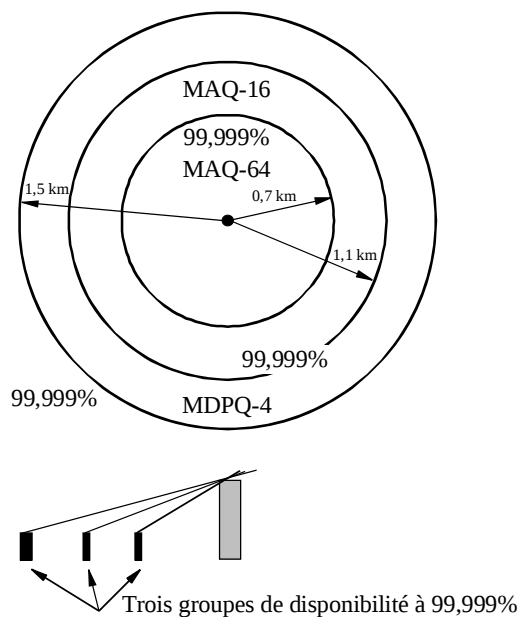
Distance (km)	Angle d'élévation (petite ville) (degrés)	Angle d'élévation (grande ville) (degrés)
Moins de 0,8	7,7	19,6
Plus de 0,8	2,0	8,6

Comme indiqué plus haut, la préservation de l'efficacité d'utilisation du spectre exigera probablement une augmentation continue du nombre et du pourcentage de liaisons déployées dans un rayon de 0,8 km. Même dans le cas du marché de dimensions plus modestes, dont la station centrale est installée à une hauteur nettement moindre, l'angle d'élévation moyen sera proche de 8°.

4.5 Modulation adaptative

Les nouvelles technologies d'AHLB (duplex à répartition dans le temps et duplex à répartition en fréquence) peuvent être mises en œuvre simultanément selon trois méthodes de modulation (Fig. 13) sur la même porteuse: MDP-4, MAQ-16 et MAQ-64. Ces modalités de déploiement augmentent considérablement la capacité de transmission du réseau; ainsi une cellule donnée comporte trois zones concentriques distinctes à la périphérie desquelles le critère de disponibilité limite, disons de 99,999%, est atteint de sorte que les liaisons utilisées par les abonnés en question peuvent ne pas bénéficier de marge de protection supplémentaire contre les évanouissements. Il peut en résulter un nombre plus important d'abonnés victimes du phénomène de brouillage interservice. Statistiquement, la majorité des abonnés se situent à proximité de la station de base HDFS et établissent par conséquent des liaisons à angles d'élévation plus importants qui coïncident avec ces seuils de disponibilité. Pour ces abonnés rapprochés, le critère relatif au service MAQ-64 exigeant des rapports C/I plus élevés est également vérifié. Il convient de noter que ces abonnés rapprochés de systèmes P-MP peuvent bénéficier d'une marge de protection supplémentaire, puisque la puissance d'émission de la station centrale est fixée.

FIGURE 13
Cellule d'AHLB utilisant trois méthodes différentes de modulation
simultanément dans une zone hydrométéorologique donnée
(Modèle CRANE dans la région K)



5 **Considérations relatives à la détermination de la zone de coordination par rapport au service fixe**

Généralement, la coordination entre stations du service fixe et stations terriennes du SFS peut se présenter sous les scénarios suivants:

Scénario 1: Zones sans stations du service fixe

Les zones géographiques dans lesquelles le SFS n'aura pas besoin de coordination avec le service fixe seront plus grandes dans la bande 37-40 GHz que dans les bandes de fréquences inférieures actuellement utilisées en partage, dans lesquelles le service fixe s'étend sur des zones géographiques beaucoup plus grandes.

Scénario 2: Zones à faible densité de stations du service fixe

Dans les cas intermédiaires, à faible densité du service fixe, la coordination peut être faite de station à station.

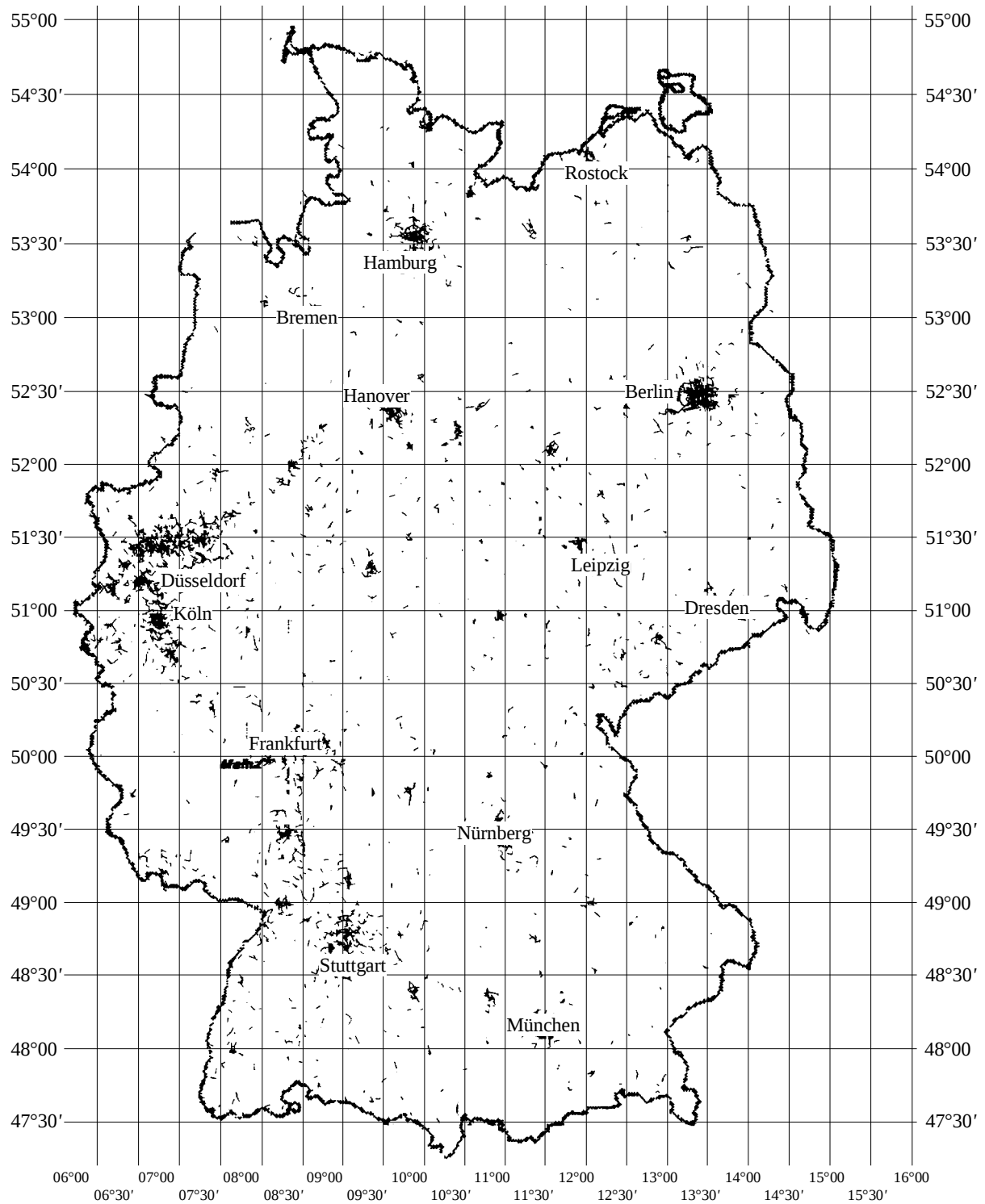
Scénario 3: Zones à forte densité du service fixe

Dans les zones à forte densité de stations du service fixe, la coordination avec/par des stations terriennes du SFS doit se faire autrement que de station à station. Au § 7.5.3.2 et à l'alinéa 1 du Rapport de la RPC-97 à la CMR-97, il était indiqué que les distances entre stations du service fixe à haute densité étant sensiblement plus courtes que les distances entre stations interservices, la coordination devait être effectuée avec ou par d'autres services pour les zones de service fixe à haute densité et non pour chaque station.

Ces trois cas de figure sont illustrés par la Fig. 14.

FIGURE 14

Déploiement des stations dans la bande des 38 GHz en Allemagne (fin 2000)



1498-14

Les considérations additionnelles suivantes sont capitales pour toute coordination entre stations du service fixe et stations terriennes du SFS:

- Le service fixe et le SFS doivent tous deux veiller à la couverture en visibilité directe de leur communauté d'abonnés. Le fait que les stations centrales du service fixe sont situées dans des endroits exposés, souvent au sommet d'immeubles de grande hauteur, réduit la possibilité pour le SFS d'utiliser l'effet d'écran naturel ou artificiel afin de réduire la distance de séparation. Dans de tels cas, la plupart des trajets de brouillage présenteront des conditions de propagation en visibilité directe.
- Dans le cas des licences régionales, le service est mis en œuvre au moyen de systèmes du service fixe point à point et P-MP. L'emploi d'antennes sectorielles dans les stations centrales des systèmes P-MP est plus restrictif au plan de la coordination. De telles antennes couvrent un segment de 360° ou sont empilées en vue de couvrir la zone de service dans toutes les directions, selon les besoins. Contrairement aux antennes paraboliques, les antennes sectorielles réduisent les avantages de l'emploi de la discrimination angulaire dans la coordination. La distance de séparation effectivement requise entre les émetteurs du service fixe et les récepteurs du SFS dépend des paramètres réels des deux systèmes, par exemple la densité de puissance d'émission dans le service fixe, les angles d'élévation opérationnels minima des systèmes à satellites, le gain hors axe de l'antenne des deux systèmes et la topographie du terrain.

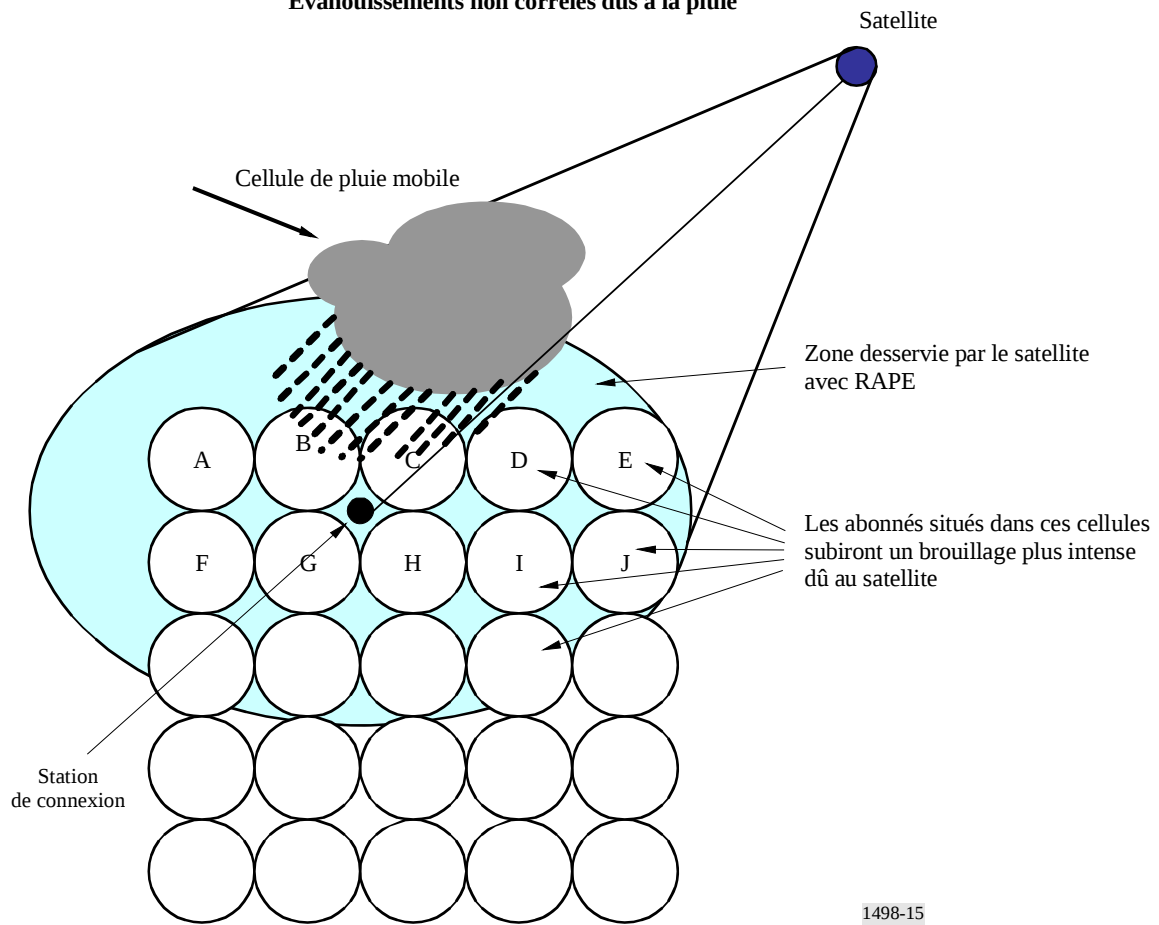
En conclusion, les systèmes HDFS présentent des caractéristiques spécifiquement différentes de celles des liaisons du service fixe classique et des infrastructures dorsales. Les divers systèmes de troisième génération progressivement mis en œuvre seront très vraisemblablement déployés dans des picocellules, à l'intérieur de microcellules, et serviront de systèmes collecteurs-distributeurs pour les systèmes HDFS, tandis que les dorsales du service fixe serviront d'agrégateurs, afin de poursuivre l'acheminement du trafic jusqu'à différents nœuds de service, tels que commutateurs, etc.

6 Evanouissements non corrélés

Dans les cas où un satellite utilise un dispositif de régulation de la puissance sur la liaison descendante, les études de partage entre les déploiements de systèmes du service fixe et du SFS doivent prendre en considération les évanouissements non corrélés dus à la pluie. Un faisceau ponctuel étroit de satellite du SFS dirigé vers une station terrienne a une empreinte d'au moins 200 km. Puisque la taille normale des cellules de pluie est comprise entre 1 et 5 km (Recommandation UIT-R P.452), les abonnés situés en dehors de la cellule de pluie pourraient recevoir des niveaux accrus I/N et subir par conséquent une détérioration du rapport C/I . La Fig. 15 représente une situation de ce type, avec mise en œuvre d'une station d'accès du SFS à l'intérieur de la zone de déploiement d'un système HDFS. La solution consistant à placer la station de connexion en dehors de cette zone permettrait d'atténuer une détérioration jugée inacceptable du rapport C/I .

Il convient de signaler qu'en raison du brouillage causé par les systèmes HDFS, les stations terriennes d'accès du SFS ne sont guère susceptibles d'être installées dans des zones de déploiement de systèmes HDFS.

FIGURE 15

Evanouissements non corrélés dus à la pluie

1498-15