

RECOMMANDATION UIT-R M.1801

Normes relatives aux interfaces radioélectriques pour les systèmes d'accès hertzien à large bande, applications mobiles et nomades comprises, du service mobile fonctionnant au-dessous de 6 GHz

(Questions UIT-R 212-2/8 et UIT-R 238/8)

(2007)

1 Introduction

La présente Recommandation préconise des normes spécifiques applicables aux systèmes d'accès hertzien à large bande¹ du service mobile. Ces normes spécifiques sont constituées de spécifications communes élaborées par des organisations de normalisation (SDO, *standards development organization*). Grâce à la présente Recommandation, les équipiers et les opérateurs devraient pouvoir déterminer les normes les mieux adaptées à leurs besoins.

Ces normes permettent un large éventail d'applications en zone urbaine, suburbaine ou rurale, pour des données génériques Internet à large bande ou des données en temps réel, y compris des applications comme la voix et la visioconférence.

2 Domaine de compétence

La présente Recommandation identifie les normes spécifiques aux interfaces radioélectriques pour des systèmes d'accès hertzien à large bande (AHLB) du service mobile fonctionnant au-dessous de 6 GHz. Les normes énoncées dans la présente Recommandation peuvent offrir aux utilisateurs des débits de données large bande, compte tenu des définitions données par l'UIT-R des expressions «accès hertzien» et «accès hertzien à large bande», lesquelles figurent dans la Recommandation UIT-R F.1399².

La présente Recommandation n'a pour but de traiter ni l'identification de bandes de fréquences appropriées pour les systèmes AHLB, ni les questions réglementaires.

3 Recommandations de l'UIT connexes

Les Recommandations en vigueur qui sont considérées comme étant importantes pour l'élaboration de la présente Recommandation sont les suivantes:

Recommandation UIT-R F.1399 – Terminologie relative aux accès hertziens.

Recommandation UIT-R F.1763 – Normes relatives aux interfaces radioélectriques pour les systèmes d'accès hertzien à large bande du service fixe fonctionnant au-dessous de 66 GHz.

¹ Les expressions «accès hertzien» et «accès hertzien à large bande» sont définies dans la Recommandation UIT-R F.1399, qui fournit également une définition des expressions «accès hertzien fixe», «mobile» et «nomade».

² L'*accès hertzien à large bande* est défini comme étant un accès hertzien dont les capacités de connexion sont supérieures au *débit primaire*, lequel est défini comme étant le débit binaire de transmission de 1 544 Mbit/s (T1) ou 2 048 Mbit/s (E1). L'*accès hertzien* est défini comme étant la ou les connexions, par voie hertzienne, de l'utilisateur final aux réseaux d'infrastructure.

Recommandation UIT-R M.1678 – Antennes adaptatives pour systèmes mobiles.

4 Acronymes et abréviations

Accès MROF	accès multiple par répartition orthogonale de la fréquence
ACK	acquiescement (voie) (<i>acknowledgement (channel)</i>)
AHLB	accès hertzien à large bande
AMRC	accès multiple par répartition en code
AMRC-multiporteuse	accès multiple par répartition en code – porteuses multiples
AMRC-I	accès multiple à l'Internet par répartition en code
AMRE	accès multiple à répartition d'espace
AMRE-HC	accès multiple à répartition d'espace à haute capacité
AMRT	accès multiple par répartition dans le temps
AMRT-SC	accès multiple par répartition dans le temps – porteuse unique (<i>TDMA-single carrier</i>)
ARQ	demande automatique de répétition (<i>automatic repeat request</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BSR	routeur de station de base (<i>base station router</i>)
BTC	turbo-code en bloc (<i>block turbo code</i>)
CC	codage convolutionnel
CED	correction d'erreur directe
C-plane	plan de commande (plan C) (<i>control plane</i>)
CTC	turbo-code convolutionnel
CSD	canal de signalisation diffusé
DECT	télécommunications numériques améliorées sans cordon (<i>digital enhanced cordless telecommunications</i>)
DLC	commande de liaison de données (<i>data link control</i>)
DRC	commande du débit binaire (<i>data rate control</i>)
DRF	duplex à répartition en fréquence
DRT	duplex à répartition dans le temps
DS-CDMA	accès multiple par répartition de codes à séquences directes (<i>direct-sequence code division multiple access</i>)
DSSS	étalement du spectre à séquence directe (<i>direct sequence spread spectrum</i>)
E-DCH	canal dédié amélioré (<i>enhanced dedicated channel</i>)
EGPRS	service général de radiocommunication en mode paquet amélioré (<i>enhanced general packet radio service</i>)
ETSI	Institut européen des normes de télécommunication (<i>European Telecommunication Standards Institute</i>)
EV-DO	évolution de données optimisées (<i>evolution data optimized</i>)

FC	voie d'aller (<i>forward channel</i>)
FCC	voie de commande d'aller (<i>forward control channel</i>)
FER	taux d'erreurs sur les trames (<i>frame error rate</i>)
FHSS	étalement de spectre par saut de fréquence (<i>frequency hopping spread spectrum</i>)
GERAN	réseau d'accès radio GSM/EDGE (<i>GSM edge radio access network</i>)
GPRS	service général de radiocommunication en mode paquet (<i>general packet radio service</i>)
GPS	système mondial de radiorepérage (<i>global positioning system</i>)
HiperMAN	réseau radioélectrique de zone urbaine à haute performance (<i>high performance radio metropolitan area network</i>)
HRPD	transmission de données en mode paquet à haut débit (<i>high rate packet data</i>)
HSDPA	accès rapide en mode paquet sur la liaison descendante (<i>high speed downlink packet access</i>)
HS-DSCH	canal partagé à haut débit en liaison descendante (<i>high speed downlink shared channel</i>)
HSUPA	accès en mode paquet sur la liaison montante haut débit (<i>high speed uplink packet access</i>)
IETF	Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (<i>Internet Engineering Task Force</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
LAC	commande d'accès à la liaison (<i>link access control</i>)
LAN	réseau local (<i>local area network</i>)
LDPC	contrôle de parité de faible densité (<i>low density parity check</i>)
LLC	commande de liaison logique (<i>logic link control</i>)
MAC	commande d'accès au support physique (<i>medium access control</i>)
MAN	réseau de zone urbaine (<i>metropolitan area network</i>)
MAQ	modulation d'amplitude sur porteuses en quadrature (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
MBMS	service de diffusion multimédia/multidiffusion (<i>multimedia broadcast/multicast service</i>)
MCSB	formation synchrone de faisceaux à porteuses multiples (<i>multi-carrier synchronous beamforming</i>)
MIMO	entrées multiples, sorties multiples (<i>multiple input multiple output</i>)
MS	station mobile (<i>mobile station</i>)
NLoS	sans visibilité directe (<i>non-line of sight</i>)
MROF	multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (<i>orthogonal frequency-division multiplexing</i>)
OSI	interconnexion des systèmes ouverts (<i>open systems interconnection</i>)

PDCP	protocole de convergence de données de paquet (<i>packet data convergence protocol</i>)
PHS	système de téléphones portables personnels (<i>personal handyphone system</i>)
PHY	couche physique (<i>physical layer</i>)
PLP	protocole de la couche physique (<i>physical layer protocol</i>)
PT	terminaison portative (<i>portable termination</i>)
QoS	qualité de service (<i>quality of service</i>)
RAC	canal d'accès de retour (<i>reverse access channel</i>)
RF	radiofréquence (<i>radio frequency</i>)
RLC	commande de liaison radioélectrique (<i>radio link control</i>)
RLP	protocole de liaison radioélectrique (<i>radio link protocol</i>)
RRI	indicateur du débit de retour (<i>reverse rate indicator</i>)
RTC	canal de trafic de retour (<i>reverse traffic channel</i>)
SC	porteuse unique (<i>single carrier</i>)
SDO	organisation de normalisation (<i>standards development organization</i>)
SISO	unique entrée, unique sortie (<i>single input single output</i>)
SL	couche de sécurité/session/flux (<i>security/session/stream layer</i>)
SNP	protocole de réseau de signalisation (<i>signalling network protocol</i>)
TCC	canaux codes de trafic (<i>traffic code channels</i>)
TD-SCDMA	accès multiple par répartition en code à synchronisation par répartition dans le temps (<i>time division-synchronized CDMA</i>)
TEB	taux d'erreur binaire
TFR	transformée de Fourier rapide
U-plane	plan d'utilisateur (<i>user plane</i>)
VASP	prestataires de services à valeur ajoutée (<i>value-added service provider</i>)
WirelessMAN	réseau hertzien de zone urbaine (IEEE) (<i>wireless metropolitan area network</i>)
WWINA	accès hertzien à large bande à l'Internet (<i>wireless wideband Internet access</i>)

5 Notant

que la Recommandation UIT-R F.1763 préconise des normes relatives aux interfaces radioélectriques pour les systèmes d'accès hertzien à large bande du service fixe fonctionnant au-dessous de 66 GHz.

6 Recommandation

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

recommande

1 les normes relatives aux interfaces radioélectriques figurant aux Annexes 1 à 5 comme étant adaptées aux systèmes AHLB du service mobile fonctionnant au-dessous de 6 GHz.

NOTE 1 – L'Annexe 6 récapitule les caractéristiques des normes énoncées dans les Annexes 1 à 5.

Annexe 1

Réseaux locaux hertziens à large bande

Les réseaux locaux hertziens (RLAN) constituent une extension des LAN câblés, les faisceaux hertziens étant utilisés comme support de connectivité. Ils ont des applications dans les milieux commerciaux où ils permettent éventuellement de faire l'économie du temps et du coût considérables nécessaires à l'installation d'un réseau, dans les foyers où ils offrent une connectivité bon marché et souple pour les divers ordinateurs utilisés, ainsi que sur les campus et dans les espaces publics où l'utilisation des ordinateurs portables à des fins tant commerciales que personnelles est de plus en plus répandue au cours de déplacements et en raison de l'accroissement des pratiques de travail souples – par exemple, l'utilisation d'ordinateurs portables par des travailleurs itinérants non seulement au bureau et chez eux mais également dans les hôtels, dans des centres de conférences, dans les aéroports, le train, l'avion et la voiture. En bref, ces réseaux sont destinés essentiellement à des applications d'accès hertzien nomade pour ce qui est du point d'accès (à savoir que lorsque l'utilisateur se trouve dans un véhicule en mouvement, le point d'accès est lui aussi à l'intérieur de ce véhicule).

Les normes relatives aux réseaux locaux hertziens à large bande sont énoncées dans la Recommandation UIT-R M.1450 et peuvent être groupées comme suit:

- Norme IEEE 802.11
- Norme ETSI BRAN HiperLAN
- Norme ARIB HiSWANa.

Le Groupe de travail 802-11 de l'Institut des ingénieurs en électricité et en électronique (IEEE) a mis au point la série de normes 802.11-1999 (R2003) applicables aux RLAN, qui a été alignée sur celle de l'ISO/CEI³. Le contrôle d'accès au support physique (MAC) et les caractéristiques physiques des réseaux radioélectriques locaux d'entreprise (LAN) sont définis dans la norme ISO/CEI 8802-11:2005 qui fait partie d'une série de normes applicables aux réseaux locaux et métropolitains. L'unité de commande d'accès au support physique spécifiée dans la norme ISO/CEI 8802-11:2005 est conçue pour prendre en charge les unités de la couche physique qui pourraient être adoptées en fonction du spectre disponible. La norme ISO/CEI 8802-11:2005 prévoit cinq unités de couche physique: quatre unités radioélectriques fonctionnant dans la bande 2 400-2 500 MHz et dans les bandes comprises entre 5,15 et 5,25 GHz, 5,25 et 5,35 GHz, 5,47 et 5,725 GHz et 5,725 et 5,825 GHz, et une unité infrarouge fonctionnant en bande de base. L'une des

³ Norme ISO/CEI 8802-11: 2005 – Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Exigences spécifiques – Partie 11: Spécifications pour le contrôle d'accès au support (MAC) et la couche physique (PHY).

unités radioélectriques repose sur l'utilisation de la technique de l'étalement de spectre par saut de fréquence (FHSS), deux d'entre elles font appel à la technique d'étalement du spectre à séquence directe (DSSS) et une autre à la technique du multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF).

Norme HiperLAN du Comité technique BRAN DE L'ETSI

Les spécifications du HiperLAN de type 2 ont été élaborées par le Comité technique BRAN (Réseaux d'accès radioélectrique à large bande) de l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI). L'HiperLAN de type 2 est une norme souple applicable aux réseaux locaux hertziens (RLAN), conçue pour fournir un accès grande vitesse, pouvant atteindre 54 Mbit/s au niveau de la couche physique (PHY), à une variété de réseaux, dont les réseaux basés sur le protocole Internet (IP) qui sont le plus souvent utilisés pour les systèmes RLAN. Des couches de convergence sont spécifiées, qui permettent l'interfonctionnement avec les réseaux Ethernet, IEEE 1394 et ATM. Au nombre des applications de base figurent les données, la voix et la vidéo, des paramètres de qualité de service spécifiques étant pris en compte. Les systèmes HiperLAN de type 2 peuvent être mis en place dans les bureaux, salles de classe, habitations, usines, zones de points d'accès publics, tels que salles d'exposition et, plus généralement, lorsque la transmission radioélectrique complète la technologie câble ou peut s'y substituer efficacement.

L'HiperLAN de type 2 a été conçu pour fonctionner dans les bandes 5,15-5,25 GHz, 5,25-5,35 GHz et 5,47-5,725 GHz. Les spécifications techniques essentielles sont la TS 101 475 (couche physique), la TS 101 761 (couche commande de liaison de données) et la TS 101 493 (couches de convergence). Toutes les normes de l'ETSI peuvent être obtenues au format électronique à l'adresse suivante: <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>, en indiquant le numéro de la norme dans le champ de recherche.

Le Comité technique BRAN de l'ETSI a également mis au point des spécifications d'essai de conformité pour les normes fondamentales relatives à l'HiperLAN de type 2 afin de garantir l'interfonctionnement des dispositifs et produits fabriqués par différents vendeurs. Ces spécifications portent aussi bien sur les mesures radioélectriques que sur la vérification des protocoles.

Le Comité technique BRAN de l'ETSI a travaillé en étroite coopération avec le Groupe de travail 802.11 de l'IEEE-SA et avec le Groupe de travail sur les réseaux d'accès hertzien à haut débit de MMAC, au Japon, pour harmoniser les systèmes mis au point par ces trois instances pour les bandes de 5 GHz.

Le **HSWA**⁴ du **MMAC**⁵ a mis au point et l'**ARIB**⁶ a approuvé et publié une norme applicable aux systèmes de communication à accès mobile large bande désigné HiSWANa (Norme STD-T70 de l'ARIB). Les spécifications techniques concernent uniquement l'interface radioélectrique, les interfaces de service du sous-système hertzien, les fonctions des couches de convergence et les fonctionnalités d'appui nécessaires pour assurer les services.

Les spécifications techniques décrivent les couches PHY et MAC/DLC, qui sont indépendantes du réseau dorsal, et la couche de convergence spécifique au réseau dorsal. Le débit de données est généralement compris entre 6 et 36 Mbit/s. Les techniques utilisées sont celles du multiplexage par MROF et de l'accès multiple à répartition dans le temps (AMRT) avec duplexage par répartition

⁴ High Speed Wireless Access Committee.

⁵ Multimedia Mobile Access Communication Systems Promotion Council (désormais désigné «Multimedia Mobile Access Communication Systems Forum» ou «MMAC Forum»).

⁶ Association of Radio Industries and Businesses.

dans le temps (DRT). Le système peut offrir des applications multimédias en fournissant des mécanismes qui permettent d'obtenir la qualité de service (QoS) requise. Il permet une mobilité restreinte des utilisateurs à l'intérieur de la zone de service locale. Actuellement, seul le service Ethernet est pris en charge.

Le système HiSWANa est exploité dans les bandes de 5 GHz (4,9-5,0 GHz et 5,15-5,25 GHz).

Annexe 2

Interfaces radioélectriques de la composante de Terre des IMT-2000

Les titres de la présente section sont repris de la section 5 de la Recommandation UIT-R M.1457, dans laquelle on trouvera des renseignements complémentaires à jour.

1.1 Système AMRC à étalement direct IMT-2000⁷

Le réseau d'accès radio terrestre UTRAN repose sur la technique de l'accès multiple par répartition de codes à séquences directes (DS-CDMA) avec étalement de l'information sur une largeur de bande de 5 MHz environ et utilisation d'un débit de 3,84 Méléments/s. Des techniques évoluées de modulation (MAQ-16) et de codage (turbo-codes) sont appliquées pour permettre un accès par paquet à haut débit.

Une trame hertzienne de 10 ms est divisée en 15 intervalles élémentaires de temps (2 560 éléments par intervalle pour le débit de 3,84 Méléments/s). Une voie physique est donc définie comme étant un code (ou un nombre de codes). Pour le canal partagé à haut débit en liaison descendante (HS-DSCH) (accès rapide en mode paquet sur la liaison descendante (HSDPA), le canal dédié amélioré (E-DCH) (accès en mode paquet sur la liaison montante haut débit (HSUPA) et les voies de signalisation associées, des sous-frames de 2 ms constituées de 3 intervalles élémentaires sont définies. Cette technologie permet d'obtenir, sur ces voies, une vitesse de transmission supérieure à 14 Mbit/s.

L'interface radioélectrique est définie de manière à assurer un large éventail de services et à prendre efficacement en charge aussi bien des services à commutation de circuits (réseaux basés sur le réseau téléphonique public avec commutation (RTPC) ou le réseau numérique à intégration de services (RNIS), par exemple) que des services de commutation par paquets (réseaux basés sur le protocole IP, par exemple). Un protocole radio souple a été conçu, qui permet l'utilisation simultanée par un usager de plusieurs services différents, tels que téléphonie, données et multimédia, et le multiplexage de ces transmissions sur une seule porteuse. Les services supports radio définis prennent en charge les services assurés aussi bien en temps réel qu'en temps différé en ayant recours au transport transparent et/ou non transparent des données. La qualité de service (QoS) peut être rectifiée en agissant sur des éléments tels que le temps de propagation, la probabilité d'erreur sur les bits et le taux d'erreurs sur les trames (FER, *frame error rate*).

⁷ Voir le paragraphe 5.2 de la Recommandation UIT-R M.1457.

L'architecture du réseau d'accès radioélectrique prend également en charge des services de diffusion multimédia et de multidiffusion, permettant ainsi la distribution de contenus multimédias à des groupes d'utilisateurs sur un circuit porteur point à multipoint.

1.2 Technologie AMRC à porteuses multiples IMT-2000⁸

L'interface radioélectrique cdma2000 offre deux options: l'exploitation nX, qui consiste à utiliser plusieurs porteuses de 1,25 MHz, ou l'évolution de données optimisées avec transmission en mode paquet à haut débit (1X-EV-DO), qui fait appel à un canal radioélectrique réservé, 1X.

L'exploitation nX offre une largeur de bande de 1,25 MHz et un débit de 1,2288 Méléments/s ou plusieurs porteuses de 1,25 MHz. L'interface radioélectrique est définie de manière à assurer un large éventail de services et à prendre en charge aussi bien des services à commutation de circuits (réseaux basés sur le RTPC ou le RNIS, par exemple) que des services de commutation par paquets (réseaux basés sur le protocole Internet, par exemple). Le protocole radio a été conçu pour permettre l'utilisation simultanée et souple par un utilisateur de plusieurs services différents, tels que téléphonie, données et multimédia, et le multiplexage de ces transmissions sur une seule porteuse. Les services supports radio définis prennent en charge les services assurés aussi bien en temps réel qu'en temps différé en ayant recours au transport transparent et/ou non transparent des données. La qualité de service (QoS) peut être rectifiée en agissant sur des éléments tels que le temps de propagation, le taux d'erreur sur les bits (TEB) et le taux (FER).

La spécification de l'interface radioélectrique comprend des caractéristiques améliorées qui permettent d'assurer en même temps sur un seul canal la transmission à haut débit de données en mode paquet et d'autres services, tels que la téléphonie. De nouvelles améliorations ont notamment été apportées à la liaison de retour, qui permettent d'accroître la capacité, d'étendre la couverture, d'obtenir un débit de données supérieur au débit maximal qui peut être assuré actuellement sur la liaison montante et de réduire le temps de propagation et sa variance sur la liaison de retour.

L'architecture du réseau d'accès radioélectrique prend également en charge des services de diffusion multimédia et de multidiffusion, permettant ainsi la distribution de contenus multimédias à des groupes d'utilisateurs sur un circuit porteur point à multipoint.

Pour la transmission à haut débit de données en mode paquet (1X-EV-DO), la voie d'aller AMRC, déployée sur un canal radioélectrique réservé 1X, est constituée des voies ci-après, multiplexées temporellement: le canal pilote, la voie directe de commande MAC, le canal de commande et le canal de trafic aller. Le canal de trafic aller achemine les paquets de données des utilisateurs. Le canal de commande achemine les messages de commande et peut également écouler le trafic des utilisateurs. Chaque canal est lui aussi subdivisé en canaux multiplexés en quadrature par répartition du code Walsh.

La voie MAC est constituée de deux sous-voies: la voie de commande de puissance de retour et la voie d'activité de retour. Cette dernière transmet un train de bits d'activité de liaison de retour. Chacun des symboles de la voie MAC est modulé par déplacement de phase bivalente (MDP-2) sur l'un des soixante-quatre mots-codes de Walsh.

Le canal de trafic aller est un canal de données en mode paquet à débit variable. Les données de l'utilisateur qui sont destinées à un terminal d'accès sont transmises à un débit qui varie entre 38,4 kbit/s et 3,1 Mbit/s. Les données destinées à être acheminées sur le canal de trafic aller et le canal de commande sont codées, cryptées et entrelacées. Les signaux provenant de la sortie de l'entrelaceur de canal sont introduits dans un modulateur MDP-4/MDP-8/MAQ-16. Les séquences de symboles modulés sont répétées et poinçonnées si nécessaire, puis les séquences résultantes sont

⁸ Voir le paragraphe 5.2 de la Recommandation UIT-R M.1457.

démultiplexées pour former 16 paires de trains parallèles (en phase et en quadrature). A chacun de ces trains est appliquée une fonction Walsh distincte de 16 bits à un débit d'éléments permettant de générer des symboles Walsh à 76,8 ksymboles/s. Les symboles de tous les trains auxquels a été appliqué le code Walsh sont additionnés pour ne plus former qu'un seul train en phase et un seul train en quadrature, à un débit de 1,2288 Méléments/s. Les éléments résultants sont multiplexés temporellement avec ceux du préambule, du canal pilote et du canal MAC pour former la séquence d'éléments qui sera soumise à l'étalement en quadrature.

Les paquets de la couche physique du canal de trafic aller peuvent être transmis dans un nombre de créneaux allant de 1 à 16. Lorsque le nombre de créneaux affectés est supérieur à l'unité, les créneaux transmis sont entrelacés avec le quatrième créneau suivant; ce procédé consiste à intercaler, entre les créneaux transmis d'un paquet, trois créneaux intermédiaires servant à la transmission de créneaux d'autres paquets. Si un accusé de réception positif est reçu sur la voie d'acquittement (ACK, *acknowledgement (channel)*) de la liaison de retour, qui indique que le paquet de la couche physique a été reçu sur le canal de trafic aller, avant que tous les créneaux affectés aient été transmis, ceux qui n'ont pas encore été transmis ne sont pas acheminés et le créneau affecté suivant est utilisé en tant que premier intervalle de temps de la prochaine transmission de paquets de la couche physique.

La voie de retour AMRC pour la transmission à haut débit de données en mode paquet (1X-EV-DO), déployée sur un canal radioélectrique réservé 1X, est constituée du canal d'accès et du canal de trafic de retour. Le canal d'accès est utilisé par le terminal d'accès pour initialiser la communication avec le réseau d'accès ou pour répondre à un message adressé au terminal d'accès. Le canal d'accès est constitué d'un canal pilote et d'une voie de données. Le canal de trafic de retour est utilisé par la station mobile pour transmettre du trafic spécifique à l'utilisateur ou une information de signalisation au réseau d'accès. Le canal de trafic de retour comprend un canal pilote, un canal indicateur du débit de retour (RRI, *reverse rate indicator*), une voie de commande du débit binaire (DRC, *data rate control*), une voie ACK et une voie de données. Le canal RRI est utilisé pour indiquer le débit de données transmis sur le canal de trafic de retour. Il est multiplexé temporellement avec le canal pilote. La voie DRC est utilisée par la station mobile pour indiquer au réseau d'accès le débit de données que le canal de trafic aller peut supporter et le meilleur secteur de service sur la voie d'aller AMRC. La voie ACK est utilisée par le terminal d'accès pour faire savoir au réseau d'accès si le paquet de données transmis sur le canal de trafic aller a été ou non correctement reçu.

Pour l'accès HRPD amélioré, on utilise le mode de demande automatique de répétition (ARQ, *automatic repeat request*) hybride au niveau de la couche physique, des trames plus courtes, une commande rapide de la programmation/du débit ainsi qu'une modulation et un codage adaptables pour accroître le débit binaire maximal et le débit du système sur la liaison de retour.

1.3 Système AMRC DRT IMT-2000⁹

L'interface radioélectrique de l'option DRT avec accès hertzien de Terre universel (UTRA DRT) est définie comme offrant deux options distinctes désignées DRT à 1,28 Méléments (TD-SCDMA) (AMRC synchrone par répartition dans le temps) et DRT à 3,84 Méléments.

L'interface radioélectrique UTRA DRT a été mise au point avec la ferme intention de l'harmoniser avec la composante duplex à répartition en fréquence (DRF) (voir le § 5.1) pour obtenir un maximum de points communs. Cet objectif a été réalisé en harmonisant les paramètres importants de la couche physique et en indiquant les spécifications d'une série commune de protocoles applicables, dans les couches supérieures, aussi bien au DRF qu'au DRT et conférant aux options

⁹ Voir la section 5.3 de la Recommandation UIT-R M.1457.

DRT à 1,28 Méléments et à 3,84 Méléments de nombreux points communs. Grâce aux deux options offertes, le système UTRA DRT répond aux divers besoins des différentes régions de manière souple et fait l'objet d'une série commune de spécifications.

Le système d'accès hertzien est du type à accès multiple par répartition de codes à séquences directes. Il offre deux options en matière de débit d'éléments: l'option DRT à 3,84 Méléments avec étalement de l'information sur une largeur de bande d'environ 5 MHz et un débit de 3,84 Méléments, et l'option DRT à 1,28 Méléments avec étalement de l'information sur une largeur de bande de 1,6 MHz environ et un débit de 1,28 Méléments. L'interface radioélectrique est définie de manière à assurer un large éventail de services et à prendre efficacement en charge aussi bien des services à commutation de circuits (réseaux basés sur le RTPC ou le RNIS, par exemple) que des services de commutation par paquets (réseaux basés sur le protocole Internet, par exemple). Un protocole radio souple a été conçu, qui permet l'utilisation simultanée par un usager de plusieurs services différents, tels que téléphonie, données et multimédia, et le multiplexage de ces transmissions sur une seule porteuse. Les services supports radio définis prennent en charge les services assurés aussi bien en temps réel qu'en temps différé en ayant recours au transport transparent et/ou non transparent des données. La qualité de service (QoS) peut être rectifiée en agissant sur des éléments tels que le temps de propagation, le TEB et le FER.

La spécification de l'interface radioélectrique comprend des caractéristiques améliorées de l'accès rapide en mode paquet sur la liaison descendante (HSDPA, *high speed downlink packet access*) qui permettent d'assurer en même temps sur un seul canal la transmission à haut débit de données en mode paquet en liaison descendante et la transmission rapide de données en mode paquet, ainsi que d'autres services, tels que la téléphonie. Cette technologie permet d'obtenir sur le canal un débit de transmission supérieur à 10 Mbit/s.

L'architecture du réseau d'accès radioélectrique prend également en charge des services de diffusion multimédia et de multidiffusion, permettant ainsi la distribution de contenus multimédias à des groupes d'utilisateurs sur un circuit porteur point à multipoint.

1.4 Norme AMRT à porteuse unique IMT-2000¹⁰

Cette interface radioélectrique offre deux largeurs de bande possibles pour les données à grande vitesse, ces options reposant l'une et l'autre sur la technologie AMRT. L'option reposant sur une largeur de bande de porteuse de 200 kHz (EDGE) fait appel à une modulation MDP-8 en mode ARQ hybride et permet d'obtenir un débit de transmission de 1,625 Mbit/s sur deux porteuses et d'offrir une grande mobilité. Une deuxième largeur de bande de 1,6 MHz est prévue pour les environnements à plus faible mobilité, qui fait appel à la modulation d'amplitude en quadrature (MAQ) décalée à deux et à quatre états en mode ARQ hybride. L'option à largeur de bande de 1,6 MHz permet une attribution souple des intervalles de temps et l'obtention d'un débit de transmission de 5,2 Mbit/s.

Un service de diffusion diversifié ou point à multipoint connu sous le nom de «service de diffusion multimédia/multidiffusion» (MBMS, *multimedia broadcast/multicast service*) est assuré. Il existe aujourd'hui des services point à multipoint qui permettent de transmettre les données émanant d'une entité expéditrice unique à plusieurs points d'extrémité. Le MBMS prend efficacement en charge les services de diffusion multimédia/multidiffusion assurés par les fournisseurs du service de rattachement et d'autres prestataires de services à valeur ajoutée (VASP, *value-added service provider*).

¹⁰ Voir le paragraphe 5.4 de la Recommandation UIT-R M.1457.

Le MBMS est un service support point à multipoint unidirectionnel dans le cadre duquel des données sont transmises d'une entité expéditrice unique à plusieurs destinataires. Ses fonctionnalités de support lui permettent d'être élargi pour prendre en charge d'autres services.

Le mode multidiffusion peut fonctionner avec la multidiffusion IP normalisée par le Groupe d'études sur l'ingénierie Internet (IETF, *Internet Engineering Task Force*). Cette interopérabilité permettra d'utiliser au mieux les plates-formes de services IP et contribuera ainsi à assurer la disponibilité maximale des applications et du contenu afin que les services actuels et futurs puissent être fournis en utilisant plus efficacement les ressources.

1.5 Système AMRF/AMRT IMT-2000¹¹

L'interface radioélectrique IMT-2000 correspondant à la technologie AMRF/AMRT est désignée «télécommunications numériques améliorées sans cordon (DECT)».

Les spécifications prévoient une interface radioélectrique AMRT avec duplexage par répartition dans le temps (DRT). Les débits de transmission des voies pour les types de modulation spécifiés sont de 1,152 Mbit/s, 2,304 Mbit/s, 3,456 Mbit/s, 4,608 Mbit/s et 6,912 Mbit/s. Cette norme permet des connexions symétriques et asymétriques et le transport de données en mode avec ou sans connexion. L'utilisation de plusieurs porteuses (trois, par exemple), permet d'obtenir des débits binaires pouvant atteindre 20 Mbit/s. La couche réseau contient les protocoles de commande d'appel, de services supplémentaires, de service de messages orienté connexion et sans connexion, et de gestion de la mobilité, y compris les services de sécurité et de confidentialité.

Les canaux de fréquences d'accès radioélectrique sont définis, au même titre qu'une structure temporelle. L'espacement entre porteuses est de 1,728 MHz. Pour accéder à temps au support, on utilise une structure AMRT normale avec une longueur de trame de 10 ms. A l'intérieur de cette trame, on crée 24 intervalles de temps complets constitués chacun de deux demi-intervalles. Le début d'un intervalle double, dont la longueur correspond à celle de deux intervalles complets, coïncide avec celui d'un intervalle complet.

La méthode de modulation utilisée est soit la modulation par déplacement de fréquence à filtre gaussien (MDFG), le produit de la largeur de bande par la durée de bit ayant une valeur nominale de 0,5, soit la modulation par déplacement de phase différentielle (MDPD), soit encore la modulation d'amplitude et de phase (MAQ). L'équipement peut utiliser, en plus de la modulation à 2 états, la modulation à 4, à 8, à 16 et/ou à 64 états. Le débit binaire d'un seul équipement radioélectrique s'en trouve ainsi multiplié par 2, 3, 4 ou 6. La modulation à 4 états sera la MDP-4D (déphasage $\pi/4$), celle à 8 états la MDP-8D (déphasage $\pi/8$), celle à 16 états la MAQ-16 et celle à 64 états la MAQ-64.

La couche MAC offre trois groupes de services aux couches supérieures et à l'entité de gestion:

- commande des messages diffusés (BMC);
- commande des messages en mode non connecté (CMC);
- commande multisupport (MBC).

La commande BMC fournit une série de services permanents point à multipoint en mode non connecté. Ces services sont utilisés pour le transport de voies logiques internes et sont offerts également aux couches supérieures. Ils sont assurés dans le sens terminaison fixe vers terminaison portative, toutes les terminaisons portatives à portée d'émission pouvant y accéder.

¹¹ Voir le paragraphe 5.5 de la Recommandation UIT-R M.1457.

La commande CMC fournit des services entre points fixes ou point à multipoint aux couches supérieures. Ces services peuvent être assurés dans les deux sens entre une terminaison fixe donnée et une ou plusieurs terminaisons portatives.

Chaque commande MBC fournit aux couches supérieures un des services entre points fixes orienté connexion d'une série. Un service MBC peut utiliser plus d'un support pour fournir un service unique.

Quatre types de support MAC sont définis:

- Support simplex: un support simplex est créé en attribuant une voie physique pour la transmission dans un seul sens.
- Support duplex: un support duplex est créé par deux supports simplex fonctionnant dans des sens opposés sur deux voies physiques.
- Support simplex double: un support simplex double est créé par deux supports simplex longs fonctionnant dans le même sens sur deux voies physiques.
- Support duplex double: un support duplex double est formé par deux supports duplex se référant à la même connexion MAC.

Un support peut exister dans l'un des trois états de fonctionnement suivants:

- Support fictif: lorsque les transmissions sont normalement continues (c'est-à-dire une transmission dans chaque trame).
- Support de trafic: lorsque des transmissions sont effectuées continuellement entre points fixes. Un support de trafic peut-être un support duplex ou un support simplex double ou encore un support duplex double.
- Support sans connexion: lorsque les transmissions sont discontinues. Un support sans connexion peut être soit un support simplex, soit un support duplex.

La couche MAC définit une structure logique pour les voies physiques. Le débit binaire de l'utilisateur dépend du type d'intervalle de temps, du procédé de modulation, du niveau de protection, du nombre d'intervalles de temps et du nombre de porteuses choisies.

Les messages et procédures obligatoires de sélection dynamique instantanée des canaux permettent à des systèmes privés et publics non coordonnés de coexister efficacement dans la bande de fréquences commune désignée et dispensent de la nécessité de procéder à la planification traditionnelle des fréquences. Chaque dispositif a accès à tous les canaux (combinaisons temps/fréquence). Lorsqu'une connexion est requise, le canal est sélectionné, ce canal étant celui qui, à l'instant et dans la région considérée, est le moins brouillé de tous les canaux d'accès commun. Cette procédure dispense de la nécessité de procéder à la planification traditionnelle des fréquences et simplifie grandement les installations. Elle permet également une augmentation de la capacité proportionnelle au rapprochement des stations de base, tout en conservant une liaison radioélectrique de grande qualité. Le fait qu'il ne soit pas nécessaire de partager les ressources en fréquences entre différents services ou utilisateurs permet une utilisation efficace du spectre.

Les toutes dernières spécifications fournissent sur la «nouvelle génération de DECT» des renseignements à jour qui sont axés principalement sur la prise en charge des services en mode IP. La qualité du service téléphonique est encore améliorée par l'utilisation du codage en bande élargie. Le codec qui doit obligatoirement être utilisé pour assurer l'interopérabilité au niveau de l'interface radioélectrique est le G.722. D'autres codecs peuvent être envisagés en option. La «nouvelle génération de DECT» est en mesure de fournir, en plus de la transmission de la voix par Internet, des services audio et vidéo ainsi que d'autres services en mode IP.

Annexe 3

Normes IEEE et ETSI harmonisées relatives aux interfaces radioélectriques pour les systèmes AHLB du service mobile, applications mobiles et nomades comprises

1 Présentation de l'interface radioélectrique

La norme 802.16 de l'IEEE (amendement 802.16e-2005 compris) et les normes HiperMAN de l'ETSI définissent des interfaces radioélectriques harmonisées pour les couches PHY MROF et accès MROF et pour la couche MAC (commande de liaison de données) (DLC, *data link control*). La norme HiperMAN du Comité BRAN de l'ETSI vise toutefois uniquement les applications nomades, tandis que la norme 802.16 de l'IEEE vise également les applications entièrement véhiculaires.

L'utilisation de bandes de fréquences au-dessous de 6 GHz permet de construire un système d'accès conformément à cette interface radioélectrique harmonisée, qui puisse prendre en charge une gamme d'applications, allant de la mobilité totale aux applications d'entreprise et aux applications privées en zones urbaine, suburbaine et rurale. Cette interface est optimisée pour les canaux radioélectriques des mobiles dynamiques et peut prendre en charge des méthodes de transfert et une série complète de modes permettant d'économiser de l'énergie. Cette spécification pourrait permettre de prendre facilement en charge des données génériques de type Internet et des données en temps réel, y compris des applications comme la voix et la visioconférence.

Ce type de système est désigné réseau hertzien de zone urbaine (WirelessMAN dans la norme IEEE, HiperMAN dans le cadre du BRAN de l'ETSI). Le mot «urbaine» ne renvoie pas à l'application mais à la taille. L'architecture de ce type de système est essentiellement point à multipoint: une station de base dessert des abonnés dans sa zone de couverture (cellule) dont le rayon peut atteindre plusieurs kilomètres. Les usagers peuvent avoir accès à divers types de terminaux, par exemple à des téléphones portatifs, un téléphone assistant, un ordinateur de poche, un ordinateur individuel portatif et des carnets électroniques dans un environnement mobile. L'interface radioélectrique peut prendre en charge diverses largeurs de voies, telles que 1,25; 3,5; 5; 7; 8,75; 10; 14; 15; 17,5 et 20 MHz, pour les fréquences de fonctionnement au-dessous de 6 GHz. L'utilisation du MROF et de l'accès MROF renforce l'efficacité de largeur de bande du fait de la programmation conjuguée temps/fréquence et de la souplesse de gestion d'appareils d'utilisateurs différents ayant divers types d'antennes et facteurs de forme. Elle permet de réduire les brouillages causés aux appareils d'utilisateurs munis d'antennes équidirectives et d'améliorer le fonctionnement sans visibilité directe – fonctionnalités indispensables à la prise en charge d'abonnés mobiles. La répartition en sous-voies définit les sous-voies qui peuvent être attribuées à différents abonnés en fonction de leurs besoins en matière de transmission de données et de l'état des canaux. Les prestataires de services jouissent ainsi d'une plus grande souplesse pour gérer la largeur de bande et la puissance d'émission, ce qui permet une utilisation plus efficace des ressources, dont les ressources en fréquences.

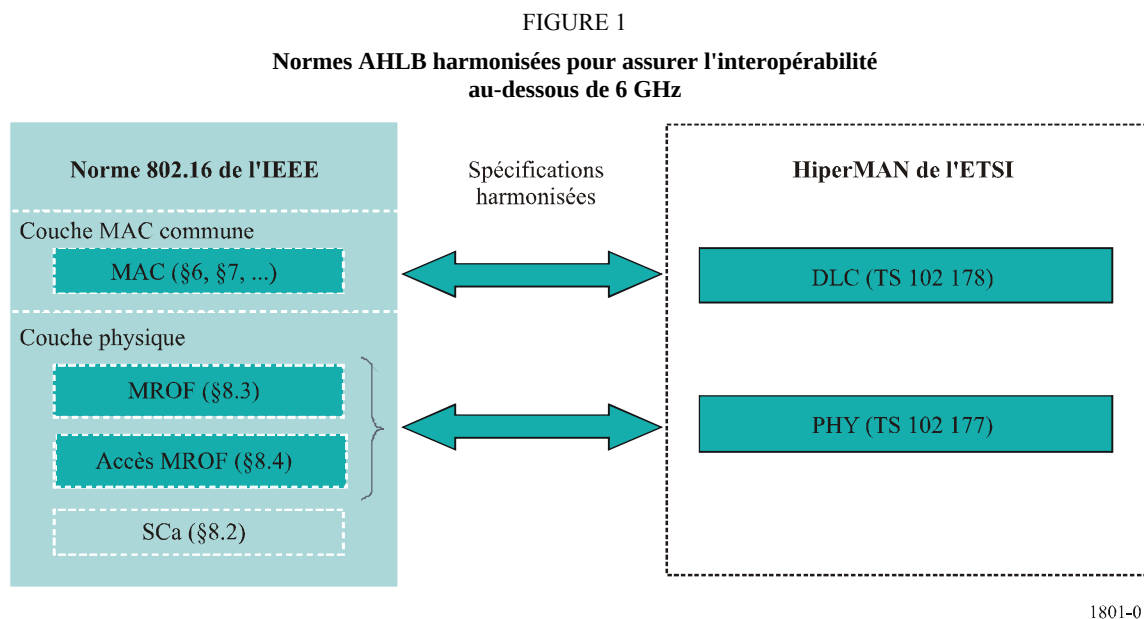
L'interface radioélectrique peut prendre en charge diverses largeurs de voies et fréquences de fonctionnement, permettant ainsi d'obtenir une efficacité spectrale maximale de 3,5 bit/s/Hz dans une configuration unique d'antenne réceptrice et émettrice (SISO).

L'interface radioélectrique est composée d'une couche PHY et d'une couche MAC/DLC. La couche MAC/DLC repose sur un accès multiple par assignation en fonction de la demande dans lequel les transmissions sont programmées en fonction de la priorité et de la disponibilité. En effet, il est

nécessaire de fournir un accès de type opérateur aux réseaux publics en prenant en charge diverses sous-couches de convergence, telles que le IP et Ethernet, en assurant complètement la QoS.

La couche MAC/DLC harmonisée fonctionne en mode MROF et en mode accès MROF PHY.

La Fig. 1 illustre, à l'aide de schémas, les spécifications harmonisées de l'interopérabilité des normes WirelessMAN de l'IEEE et HiperMAN de l'ETSI, qui comprennent des spécifications applicables aux couches physiques MROF et accès MROF ainsi qu'à la couche MAC tout entière, sécurité comprise.



Le WiMAX ForumTM, ainsi que les normes 802.16 de l'IEEE et HiperMAN de l'ETSI définissent des profils pour les paramètres d'interopérabilité recommandés. Les profils contenus dans la norme IEEE 802.16 figurent dans le document normatif principal, tandis que les profils HiperMAN apparaissent dans un document distinct. L'Association des technologies de télécommunications (TTA, *Telecommunications Technology Association*) définit le profil du service WiBro (hertzien à large bande), qui est aligné sur les profils du WiMAX Forum.

La TTA maintient une norme TTAS.KO-06.0082/R1 applicable au service WiBro, qui est un service Internet portable en Corée. Cette norme est dérivée de la norme IEEE 802.16, y compris l'amendement IEEE 802.16e-2005 et le rectificatif IEEE 802.16-2004/Cor1.

2 Spécification détaillée de l'interface radioélectrique

2.1 Norme IEEE 802.16

IEEE Standard for local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems.

La norme IEEE 802.16 s'applique aux interfaces hertziennes pour l'accès AHLB. La norme fondamentale, IEEE 802.16-2004, s'applique uniquement aux systèmes fixes et nomades. L'amendement IEEE 802.16e-2005 permet de l'exploiter à la fois dans le service fixe et mobile dans les bandes de fréquences autorisées au-dessous de 6 GHz. La norme actuelle IEEE 802.16

(amendement IEEE 802.16e compris) a été conçue en tant que réseau radioélectrique de données par paquets à haut débit pouvant prendre en charge plusieurs types d'applications et catégories de service IP basées sur différents modèles d'utilisation, de mobilité et d'ingénierie. Pour permettre cette diversité, l'interface radioélectrique IEEE 802.16 a été conçue avec un haut degré de flexibilité et offre une large gamme d'options.

La technologie hertzienne mobile à large bande, qui s'appuie sur la norme IEEE-802.16, permet de déployer des réseaux et d'offrir des services avec souplesse. Certaines des principales caractéristiques pertinentes sont décrites ci-dessous:

Débit, efficacité spectrale et couverture

Les techniques modernes d'antennes multiples utilisées avec la signalisation accès MROF permettent d'augmenter au maximum la capacité et la couverture des systèmes. La signalisation accès MROF transforme un canal à large bande soumis à des évanouissements sélectifs en fréquence en plusieurs sous-porteuses à bande étroite à évanouissements uniformes, permettant ainsi le fonctionnement avec des antennes adaptatives sur des sous-porteuses vectoriellement uniformes. La liste des principales caractéristiques de la technique des antennes multiples est dressée ci-dessous:

- entrées multiples, sorties multiples (MIMO) du deuxième, troisième et quatrième ordre et multiplexage spatial en liaison montante et en liaison descendante;
- commutation MIMO adaptative entre le multiplexage spatial et le codage bloc spatiotemporel pour augmenter au maximum l'efficacité spectrale sans réduire la zone de couverture;
- multiplexage spatial associé en liaison montante pour les dispositifs à une seule antenne émettrice;
- technique avancée de formation de faisceaux et d'orientation de faisceaux avec formation de zéros.

L'utilisation des modulations MDP-4, MAQ-16 et MAQ-64 est possible aussi bien pour le flux montant que pour le flux descendant. L'application de systèmes de codage évolués, dont le codage par convolution, le CTC, le BTC et le LDPC, associée au chase combining et au mode ARQ hybride à redondance progressive, ainsi qu'à un mécanisme de modulation et de codage adaptatifs permet à cette technologie d'assurer une liaison hertzienne robuste et à haute performance.

Prise en charge de la mobilité

Cette norme permet d'optimiser le transfert commuté effectué à l'initiative de la station de base ou d'une station mobile en préservant l'efficacité de la largeur de bande et en réduisant le temps de transfert, qui se trouve ramené à moins de 50 ms. Elle offre également en option la commutation rapide de la station de base (FBSS, *fast base station switch*) et le transfert en diversité de Marco (MDHO, *Marco diversity handover*) pour réduire encore davantage le délai de transfert.

Divers modes de conservation de l'énergie sont possibles, dont plusieurs types de modes de repos ou de sommeil.

Services offerts et leurs catégories

Une série d'options de QoS sont offertes, telles que le service de concession non sollicitée, un débit variable en temps réel, un débit variable en temps différé, un débit variable en temps réel au mieux et accru avec suppression des silences (essentiellement pour la transmission de la voix par Internet) pour contribuer à assurer des niveaux de service garantis, y compris des débits d'information garantis et crêtes, une intensité minimale réservée, une intensité maximale constante, la tolérance du temps de passage maximal, la tolérance de gigue, et le respect du degré de priorité du trafic pour divers types d'applications Internet et en temps réel, telles que le VoIP.

L'attribution variable de sous-trames sur les liaisons montante et descendante permet d'acheminer sur ces liaisons un trafic de données intrinsèquement asymétrique.

Plusieurs modes MROF d'attribution de sous-porteuses adjacentes et diversifiées permettent à cette technologie de trouver des compromis entre la mobilité et la capacité à l'intérieur du réseau et d'un utilisateur à un autre. L'utilisation de l'accès MROF associée à la permutation de sous-porteuses adjacentes permet d'attribuer à des usagers mobiles une série de sous-porteuses en fonction de la force relative du signal.

Les systèmes de répartition des sous-voies et de signalisation MAP offrent un mécanisme permettant d'optimiser la programmation des ressources en espace, fréquences et temps et d'assurer ainsi simultanément les commandes et allocations de données (multidiffusion, diffusion et monodiffusion) trame par trame au niveau de l'interface radioélectrique.

Echelonnabilité

La norme IEEE-802-16 a été conçue pour adapter différentes largeurs de bandes de canaux, comprises entre 1,25 et 28 MHz, à diverses exigences de par le monde.

Une couche physique échelonnable reposant sur le principe de l'accès MROF échelonnable permet à cette technologie d'optimiser la performance dans un environnement mobile connaissant des évanouissements dus à des trajets multiples, caractérisé par l'étalement du temps de propagation et l'effet Doppler, avec un minimum de redondance sur un large éventail de largeurs de bande de canaux. L'échelonnabilité est obtenue en adaptant la transformée de Fourier rapide (TFR) à la largeur de bande de la voie tout en fixant l'espacement des fréquences sous-porteuses.

Planification de la réutilisation des fréquences

La couche physique MROF de la norme IEEE 802.16 fonctionne avec divers modes d'attribution des sous-porteuses et diverses structures de trames, tels que l'utilisation partielle ou totale de la répartition en sous-voies, ainsi que des modulations et un codage évolués. Ces options permettent aux prestataires de services de planifier avec souplesse la réutilisation des réseaux hertziens en vue d'obtenir un facteur de réutilisation des fréquences de 1 du point de vue de l'efficacité spectrale, un facteur de réutilisation robuste de 3 vis-à-vis des brouillages, ou des scénarios optimaux de réutilisation fractionnaire.

Dans le cas du facteur de réutilisation 1, bien qu'il soit normalement possible d'accroître la capacité du système, les usagers qui se trouvent à la limite de la zone de couverture (cellule) sont susceptibles de disposer d'une qualité de connexion médiocre en raison de l'importance des brouillages. Etant donné qu'en mode d'accès MROF, les usagers utilisent des sous-voies qui n'occupent qu'une petite partie de la largeur de bande du canal, le problème des brouillages rencontré à la limite de la zone de couverture peut être aisément contourné en reconfigurant l'utilisation des sous-voies et le facteur de réutilisation à l'intérieur des trames (d'où la notion de réutilisation fractionnaire) sans devoir recourir à la planification traditionnelle des fréquences. Dans cette configuration, le facteur 1 de réutilisation des fréquences en pleine charge est maintenu pour les usagers situés au centre de la zone¹², leur assurant ainsi une connexion de meilleure qualité pour renforcer au maximum l'efficacité spectrale, tandis qu'une réutilisation fractionnaire des fréquences est effectuée à l'intention des utilisateurs situés en limite de zone¹³ afin d'améliorer la qualité de leurs connexions et le débit. La planification de la réutilisation des sous-voies peut être optimisée en l'adaptant aux secteurs ou cellules en fonction de la charge du réseau, de la répartition des divers types d'usagers (stationnaires et mobiles) et de la situation concernant les brouillages, en procédant

¹² Utilisateurs situés vers le milieu d'un secteur, loin des secteurs adjacents.

¹³ Utilisateurs situés vers la périphérie d'un secteur, à proximité des secteurs adjacents.

trame par trame. Toutes les cellules/tous les secteurs peuvent fonctionner sur le même canal radioélectrique; il n'est donc pas nécessaire de procéder à la planification traditionnelle des fréquences.

Sous-couche sécurité

La norme IEEE 802.16 prévoit la confidentialité et la gestion des clés – PKMv1 RSA, HMAC, AES-CCM et PKMv2 – EAP, CMAC, AES-CTR, sécurité MBS.

Norme

La norme IEEE peut être obtenue au format électronique à l'adresse suivante:

Norme fondamentale: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf>.

Amendement 802.16e: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16e-2005.pdf>.

2.2 Normes de l'ETSI

Les spécifications qui figurent dans la présente section comprennent les normes ci-après applicables à l'AHLB, les dernières versions disponibles étant les suivantes:

- ETSI TS 102 177 v1.3.2: broadband radio access networks (BRAN); HiperMAN; Physical (PHY) layer.
- ETSI TS 102 178 v1.3.2: broadband radio access networks (BRAN); HiperMAN; data link control (DLC) layer.
- ETSI TS 102 210 v1.2.1: broadband radio access networks (BRAN); HiperMAN; System Profiles.

Résumé: La norme HiperMAN traite de l'interopérabilité pour des systèmes AHLB fonctionnant au-dessous de 11 GHz, afin de disposer de cellules de grande taille en exploitation sans visibilité directe (NLoS). Cette norme présente les caractéristiques suivantes: fonctionnement en mode DRF et DRT, efficacité spectrale et débit de données élevés, modulation adaptative, rayon des cellules important, prise en charge de systèmes d'antenne évolués et algorithmes de chiffrement à haute sécurité. Les profils qu'elle contient actuellement concernent les espacements de canaux de 1,75 MHz, de 3,5 MHz et 7 MHz, adaptés à la bande de 3,5 GHz.

Les principales caractéristiques des normes HiperMAN, qui sont parfaitement alignées sur la norme IEEE 802.16, sont les suivantes:

- toutes les améliorations de la PHY concernant les modes MROF et accès MROF, y compris MIMO pour le mode d'accès MROF;
- répartition souple en canaux, espacements de 3,5 MHz, 7 MHz et 10 MHz (jusqu'à 28 MHz) compris;
- accès MROF échelonné, y compris des valeurs de la transformée rapide de Fourier sur 512, 1 024 et 2 048 points, à utiliser en fonction de la largeur de la voie, de sorte que l'espacement entre sous-porteuses reste constant;
- accès MROF en liaison montante et descendante (répartition en sous-voies) pour les modes MROF et accès MROF;
- prise en charge d'antennes adaptatives pour les modes MROF et accès MROF.

Normes: Toutes les normes de l'ETSI sont disponibles au format électronique à l'adresse suivante: <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>, en indiquant le numéro de la norme dans le champ de recherche.

Annexe 4

Normes ATIS WTSC relatives aux interfaces radioélectriques pour les systèmes AHLB du service mobile

Accès sans fil à l'Internet large bande (WWINA) ATIS WTSC et autres normes

Le Comité chargé des technologies et systèmes hertziens (WTSC, anciennement T1P1) de l'Alliance pour des solutions industrielles de télécommunication (ATIS), organisation de normalisation accréditée par l'Institut national américain de normalisation (ANSI), a mis au point trois normes nationales américaines (ANS) qui respectent les prescriptions qu'il a adoptées à l'égard des systèmes d'accès sans fil à l'Internet large bande (WWINA), ainsi que d'autres normes applicables à l'accès hertzien nomade. Les normes relatives à l'interface hertzienne WWINA permettent d'assurer la portabilité et de fournir aux abonnés nomades itinérants des services qui complètent le marché des lignes d'abonnés numériques (DSL) et celui des câblo-modems. Ces systèmes sont optimisés pour fournir des services de transmission à haut débit de données en mode paquet qui fonctionnent sur une voie distincte de données optimisées. Les prescriptions WWINA s'appliquent à une interface «Internet» hertzienne sans visibilité directe pour appareils multimédias tout écran et pleine performance.

Ces interfaces hertziennes permettent d'utiliser des terminaux d'accès portatifs et d'obtenir de meilleures performances qu'avec d'autres systèmes conçus pour les appareils d'utilisateurs à forte mobilité. Les interfaces hertziennes WWINA permettent, plus précisément, d'optimiser les attributs ci-après en matière de performance:

- les vitesses de transmission des données par le système;
- la couverture/portée du système;
- la capacité du réseau;
- réduction au minimum de la complexité du réseau;
- le niveau de service et la gestion de la qualité du service.

I Norme relative aux interfaces hertziennes pour les systèmes d'étalement du spectre AMRC-I T1.723-2002

1 Présentation de l'interface radioélectrique

La norme d'accès multiple à l'Internet par répartition en code (AMRC-I) repose sur l'utilisation de la technologie AMRC avec un débit de 1,2288 Méléments et une assignation de fréquence de 1,23 MHz comparables à ceux des systèmes cellulaires commerciaux AMRC. Le recours à la modulation MDP-4/MDP-2, au turbo-code de produit, à la correction d'erreur directe (CED) basée sur l'utilisation des codes BCH et au protocole ARQ garantit une remise satisfaisante des données. Des espacements de voies de 12,5 kHz, 25 kHz, 30 kHz ou 50 kHz sont utilisés pour déterminer les fréquences centrales d'émission et de réception des canaux et assurer ainsi la compatibilité avec les fréquences actuellement assignées aux systèmes DRF cellulaires.

2 Spécifications détaillées de l'interface radioélectrique

L'interface radioélectrique AMRC-I est constituée de trois couches du modèle OSI. Il s'agit de la couche physique, de la couche liaison, qui comprend la commande d'accès à la liaison (LAC, *link access control*) et la commande MAC, et de la couche réseau.

La couche physique envoie à la couche liaison et reçoit de cette couche des segments de données en paquets. Elle assure le codage de la CED, l'entrelacement, l'orthogonalisation et l'étalement pour permettre l'AMRC et la modulation.

La couche liaison est constituée de deux sous-couches: commande MAC et commande LAC. La couche MAC est chargée de gérer les ressources de la couche physique pour les services de données. La couche LAC est chargée d'établir une connexion au niveau de la couche liaison entre le terminal d'accès et le routeur de la station de base (BSR, *base station router*). La couche liaison est responsable de la segmentation et du réassemblage, des services de données et de la reprise sur erreur (ARQ).

La couche réseau reçoit les données utiles des usagers sous forme de paquets IP et achemine ces paquets vers la couche liaison ou les reçoit de cette couche. La couche réseau communique avec son entité homologue par l'intermédiaire de l'interface radioélectrique AMRC-I pour permettre l'établissement et le contrôle des fonctions de la couche réseau. Elle assure la configuration et la gestion des terminaux d'accès, le maintien de la connexion et l'authentification des appareils et contribue à l'authentification des usagers. La couche réseau permet également d'assurer la qualité de service, les services de session et la mobilité grâce au IP mobile.

II Spécifications de la couche physique MCSB, de la commande d'accès au support physique MAC/de liaison logique (LLC, *logic link control*) et de la couche réseau

1 Présentation de l'interface radioélectrique

La norme MCSB (formation synchrone de faisceaux à porteuses multiples) utilise la technologie AMRC associée à des antennes adaptatives pour obtenir un système point à multipoint ayant une qualité de transmission améliorée et des débits de données large bande dans des environnements sans visibilité directe (NLoS, *non-line of sight*).

2 Spécifications détaillées de l'interface radioélectrique

L'interface radioélectrique MCSB est constituée de trois couches du modèle OSI. Il s'agit de la couche PHY, de la couche liaison de données, qui comprend la commande LLC et la commande MAC, et de la couche réseau.

TABLEAU 1
Fonctions des couches de l'interface radioélectrique

Couche	Fonctions
Couche réseau (L3)	Classement/prioritisation des paquets, mise en parallèle, gestion, exploitation et maintenance (GEM)
Liaison de données (L2)	LLC: segmentation/réassemblage, gestion des ressources, retransmission sélective (reprise sur erreur)
	MAC: segmentation/réassemblage, gestion des ressources, correction d'erreur directe
Physique (L1)	Répartition en canaux, étalement AMRC, modulation, régulation de la puissance, synchronisation

Comme illustré au Tableau 1, la couche PHY définit la modulation, le multiplexage, la structure des trames DRT, la régulation de la puissance et la synchronisation temporelle. Elle traite les données de la même manière, qu'elles soient à commutation de circuits ou par paquets.

La couche liaison de données comprend deux sous-couches: commande MAC et commande LLC. La couche MAC est chargée d'assigner, de réassigner et de libérer les canaux et de traiter les paquets de données. La couche LLC traite les données, qu'elles soient à commutation de circuits ou par paquets. La commande de liaison logique pour commutation de circuits assemble et fragmente les paquets des signaux de commande, les traite et établit la connexion téléphonique avec une voie de codeur à fréquences vocales appropriée. La commande de liaison logique pour commutation par paquets structure les trames de données et applique le protocole de retransmission sélective (reprise sur erreur).

La couche réseau effectue le classement/la priorisation des paquets et la mise en parallèle avec Ethernet, se charge des messages de gestion, d'exploitation et de maintenance et constitue l'interface avec le réseau dorsal.

L'interface radioélectrique utilise des sous-porteuses de 500 kHz pour les canaux de trafic/d'accès/de diffusion, tandis que le canal de synchronisation utilise des sous-porteuses de 1 MHz. Par conséquent, avec une largeur de bande de 5 MHz, il est possible d'utiliser 10 sous-porteuses pour les canaux de trafic/d'accès/de diffusion ou 5 sous-porteuses pour le canal de synchronisation. Chaque sous-porteuse peut prendre en charge jusqu'à 32 canaux codes de trafic (TCC, *traffic code channels*).

Le codage de CED de Reed-Solomon est utilisé et le flux de données est modulé par application de la MDP-4 ou MDP-8, ou de la MAQ-16 ou MAQ-64. Les données de chaque TCC sont combinées entre elles puis avec celles d'autres canaux codes pour sommation.

Le canal de trafic de retour peut utiliser au maximum deux ou quatre sous-porteuses contiguës.

La durée de trame utilisée est de 10 ms, le nombre total de symboles contenu dans la trame étant de 125 (trames montantes et descendantes comprises). Le trafic acheminé sur la voie d'aller peut être constitué de $55 + n * 7$ symboles, tandis que celui qui est écoulé sur le canal de retour représente $55 - n * 7$ symboles, n pouvant avoir une valeur comprise entre 0 (symétrique) et 7.

III Norme ATIS-0700004.2005 relative à l'accès multiple à répartition d'espace à haute capacité (AMRE-HC)

1 Présentation de l'interface radioélectrique

La norme AMRE-HC spécifie l'interface radioélectrique pour un système mobile à large bande desservant des zones étendues. Cette norme fait appel à la technologie du DRT et à des antennes adaptatives, ainsi qu'à des algorithmes de traitement spatial faisant intervenir plusieurs antennes; elle permet d'obtenir ainsi un système de télécommunication mobile faisant une utilisation efficace du spectre pouvant assurer un service mobile à large bande dans une bande de fréquences (non appariée) de 5 MHz seulement dont l'exploitation pour des services mobiles est autorisée. Les systèmes AMRE-HC ont été conçus pour fonctionner sur des fréquences autorisées au-dessous de 3 GHz, ces fréquences étant celles qui conviennent le mieux aux applications mobiles offrant une mobilité totale et une couverture étendue. Du fait qu'ils s'appuient sur la technologie DRT et qu'ils n'ont pas besoin de bandes de fréquences appariées symétriques espacées de manière satisfaisante ou au moyen d'un duplexeur, les systèmes qui s'appuient sur la norme AMRE-HC peuvent être aisément modifiés pour fonctionner dans des bandes de fréquences différentes. La technologie AMRE-HC permet d'obtenir un débit de transmission de 20 Mbit/s dans une bande autorisée de 5 MHz. Avec un facteur de réutilisation des fréquences, N , de 1/2, dans un système utilisant 10 MHz

de spectre autorisé, le débit de transmission de 40 Mbit/s est garanti dans chacune des cellules d'un réseau AMRE-HC, ce qui représente une efficacité spectrale de 4 bit/s/Hz/cellule.

2 Spécifications détaillées de l'interface radioélectrique

L'interface radioélectrique AMRE-HC a une structure AMRT/DRT dont les caractéristiques physiques et logiques ont été choisies pour transporter efficacement les données IP de l'utilisateur final et pour retirer le maximum d'avantages du traitement d'antennes adaptatives. Les aspects physiques du protocole sont agencés de manière à fournir des données d'apprentissage spatial – et des environnements comportant des brouillages corrélés en liaison montante et en liaison descendante – pour les voies logiques qui se prêtent à la transmission et à la réception directives, telles que les voies de trafic. En revanche, les voies qui ne se prêtent pas à un traitement directif, telles que les voies d'appel unilatéral et les canaux de diffusion, ont des charges utiles moindres et bénéficient d'un degré plus élevé de protection contre les erreurs pour que leurs liaisons soient équivalentes à celles des voies faisant l'objet d'un traitement directif. La modulation et le codage de canal adaptables sont incorporés, au même titre que la commande de puissance de la liaison montante et de la liaison descendante, pour permettre une transmission fiable dans des états très divers de liaisons. A la modulation, au codage et à la régulation de la puissance s'ajoute une demande automatique de répétition rapide pour assurer une liaison fiable. Un transfert intercellulaire rapide, à faible redondance, du type travail-repos est également prévu. L'authentification, l'autorisation et la confidentialité sont assurées, pour la liaison d'accès radio, par l'authentification mutuelle des terminaux et du réseau d'accès, et par le cryptage.

L'interface hertzienne AMRE-HC comprend trois couches, désignées L1, L2 et L3.

Le Tableau 2 illustre les fonctions de chacune des couches de l'interface hertzienne. Les caractéristiques de chaque couche sont décrites brièvement ci-dessous. Les aspects fondamentaux sont décrits plus en détail dans les sections suivantes de la présente Recommandation.

TABLEAU 2
Couches de l'interface hertzienne

Couche	Définition des propriétés
L1	Structures à trames et à rafales, modulation et codage de canal, avance de synchronisation
L2	Transmission fiable, conversion des voies logiques en voies physiques, cryptage global
L3	Gestion des sessions, gestion des ressources, gestion de la mobilité, fragmentation, régulation de la puissance, adaptation de la liaison, authentification

Les caractéristiques fondamentales de l'interface hertzienne AMRE-HC sont récapitulées au Tableau 3.

TABLEAU 3

**Récapitulation des caractéristiques fondamentales de l'interface
hertzienne AMRE-HC**

Quantité	Valeur
Méthode de duplexage	DRT
Méthode d'accès multiple	AMRF/AMRT/AMRE
Mode d'accès	Détection/prévention des collisions, programmation centrale
Espacement des porteuses	625 kHz
Période de trame	5 ms
Asymétrie du débit des données d'utilisateur	Asymétrie de 3:1 liaison descendante: liaison montante pour les débits crêtes
Intervalles de temps de voie montante	3
Intervalles de temps de voie descendante	3
Portée	> 15 km
Rapidité de modulation des symboles	500 kbaud/s
Mise en forme d'impulsion	Racine de cosinus carré surélevé
Largeur de bande de voie excédentaire	25%
Modulation et codage	– Sélection indépendante trame par trame de la constellation en liaison montante et descendante + codage – 8 constellations en liaison montante + classes de codage – 9 constellations en liaison descendante + classes de codage – Constellations à module constant et rectangulaires
Régulation de puissance	En boucle ouverte et fermée trame par trame en liaison montante et descendante
ARQ rapide	Oui
Regroupement de porteuses et d'intervalles de temps	Oui
QoS	Spécification de la politique en matière de services différenciés (DiffServ), limitation du taux de prise en charge, priorité, découpage, etc.
Sécurité	Authentification mutuelle des terminaux d'accès et des routeurs de station de base, cryptage aux fins de confidentialité
Transfert	Piloté par le terminal d'accès, travail-repos
Allocation des ressources	Dynamique, largeur de bande à la demande

IV Norme T1.716/7-2000 (R2004) relative aux interfaces hertziennes pour AMRC à séquences directes large bande permettant l'accès sans fil fixe au RTCP – Couche 1/Couche 2

1 Présentation de l'interface radioélectrique

Cette interface radioélectrique utilise l'AMRC à séquences directes avec des débits définis allant de 4,16 Méléments à 16,64 Méléments, donnant ainsi lieu à des largeurs de bande en radiofréquence de 5 à 20 MHz. L'exploitation en mode DRF est définie avec des séparations minimales des bandes de 40 à 60 MHz en liaison montante et descendante, suivant le débit d'éléments.

2 Spécifications détaillées de l'interface radioélectrique

L'interface radioélectrique AMRC à séquences directes large bande comprend deux couches; la Couche 1 (L1) et la Couche 2 (L2, elle-même constituée de sous-couches MAC et DLC), qui s'écartent du modèle OSI classique comme indiqué au Tableau 4:

- La commande de liaison de données s'applique uniquement aux canaux de commande spécialisés. Les canaux de trafic spécialisés ne sont pas gérés par la DLC.
- C'est la commande d'accès au support physique – et non la couche PHY – qui effectue le codage/décodage pour la CED, le chiffrement/la transposition, la répétition/combinaison des symboles, et la régulation de puissance dont dépend la QoS.

TABLEAU 4

Couches de l'interface hertzienne

Couche	Fonction
Couche 2 (L2)	DLC: commande de liaison de données des canaux de commande spécialisés.
	MAC: codage/décodage, répétition/combinaison des symboles, régulation de puissance, cryptage/décryptage.
Couche 1 (L1)	Répartition en canaux, étalement ARMC, modulation/démodulation, synchronisation, combinaison/division des radiofréquences.

La Couche 1 fournit des voies physiques (supports) ayant un débit de 128 kbit/s. Plusieurs de ces supports peuvent être utilisés à la fois pour assurer à tel ou tel usager des services à débit de données plus élevé. La Couche 1 multiplexe plusieurs voies physiques du même spectre de fréquences radioélectriques au moyen de la technique d'étalement du spectre à séquence directe, une séquence d'étalement distincte étant prévue pour chaque voie.

La séquence de données correspondant à chaque voie physique module la séquence d'étalement, le produit de cette modulation modulant à son tour la porteuse radioélectrique. Le débit d'éléments de la séquence d'étalement détermine la largeur de bande de la transmission.

Des symboles pilotes sont générés par la Couche 1 en fonction des besoins, lesquels sont ensuite transmis avec les signaux de données modulés.

La sous-couche DLC de la Couche 2 fournit des services de plan de commande. Elle contrôle les erreurs grâce à un protocole d'accès de liaison symétrique désigné LAPCc, qui s'appuie sur le protocole LAPC, lequel est lui-même basé sur le protocole LAPD (Questions 920 et 931 de

l'UIT-T). Les services de plan de commande sont assurés entre points fixes avec acquittement. Le service point à point comprend l'adressage, le contrôle des erreurs, le contrôle de flux et la formation de séquences de trames, le multiplexage/démultiplexage des champs d'information de la couche réseau et le découpage des trames DLC.

Toutes les normes mentionnées dans la présente Annexe peuvent être obtenues au format électronique à l'adresse suivante: <https://www.atis.org/docstore/default.aspx>.

Annexe 5

«Prochaine génération de combinés portables (PHS, *personal handyphone system*)» pour les systèmes AHLB du service mobile

1 Présentation de l'interface radioélectrique

Le Groupe du Mémoire d'entente sur les combinés portables – organisation de normalisation pour les PHS – a mis au point la «prochaine génération de combinés portables (PHS)¹⁴» qui fera partie des systèmes AHLB. La «prochaine génération de PHS» permet d'obtenir une haute efficacité spectrale surtout grâce à l'utilisation de microcellules dont le rayon est bien inférieur à celui des cellules des réseaux téléphoniques mobiles classiques, ainsi que le système PHS d'origine.

La «prochaine génération de PHS» est le nouveau système AHLB mobile qui repose sur l'utilisation de l'accès MROF/ARMT-DRT; certaines des caractéristiques les plus évoluées de ce système sont décrites ci-dessous:

- Connectivité permanente possible au niveau IP.
Etant donné la commodité de la connexion permanente offerte par les câblo-modems, etc., il est indispensable que la connectivité au niveau IP soit permanente pour permettre aux utilisateurs d'initialiser instantanément une transmission à grande vitesse.
- Vitesse de transmission élevée.
Il est également important de maintenir un certain débit à des fins pratiques, même en cas de forte concentration du trafic.
- Vitesse de transmission élevée pour la liaison montante.
Compte tenu de la demande future en communications bidirectionnelles à large bande, telles que la visioconférence, on estime qu'une vitesse de transmission supérieure à 10 Mbit/s en liaison montante sera encore plus importante dans un proche avenir.

¹⁴ Prise dans son sens large, cette expression peut s'appliquer à un système PHS amélioré, c'est-à-dire à AMRT.

- Haute efficacité spectrale.

En cas de congestion concentrique sévère du trafic dans un quartier d'affaires ou en centre-ville, le manque de fréquences pourrait causer des problèmes et perturber de nombreux services. Pour éviter pareille situation, il est nécessaire de faire une utilisation hautement efficace du spectre.

Ce système permet, en plus, d'utiliser le spectre de manière très efficace grâce à l'adoption des technologies décrites ci-dessous:

- la technologie de réseau d'antennes adaptatives et celle de l'accès multiple à répartition d'espace permettent d'obtenir un facteur de réutilisation des fréquences supérieur à 4.
- la technologie de commande décentralisée autonome aide à s'affranchir de la nécessité de planifier la conception des cellules et permet ainsi de ramener le rayon de ces dernières à moins de 100 m.

De nombreuses cellules peuvent, en fait, se chevaucher dans la «prochaine génération de PHS»; un combiné peut donc avoir accès en même temps aux stations de plusieurs cellules alentour. Ce système peut ainsi fournir à tous les utilisateurs un débit stable et constant en répartissant rigoureusement et temporairement le volume de trafic auquel il pourrait être confronté.

Etant donné que la «prochaine génération de PHS» adopte la méthode de commande décentralisée autonome, qui permet à plusieurs opérateurs d'utiliser la même bande de fréquences en partage, l'efficacité spectrale serait renforcée.

La «prochaine génération de PHS» est un système AHLB parmi d'autres, dont les zones de couverture sont constituées de nombreuses microcellules.

L'interface radioélectrique de la «prochaine génération de PHS» prend en charge des largeurs de bande comprises entre 1,25 MHz et 20 MHz et une MAQ dont le nombre d'états peut atteindre 256 pour obtenir un débit de données élevé en liaison montante/descendante.

2 Spécifications détaillées de l'interface radioélectrique

La «prochaine génération de PHS» a deux dimensions pour des méthodes d'accès multiple telles que l'accès MROF (axé sur la fréquence) et l'AMRT (axé sur le temps). Pour la commande d'accès axée sur le temps, le format de la trame de temps est le même que celui du PHS d'origine, c'est-à-dire symétrique et de 5 ms. Pour l'accès axé sur la fréquence, assuré au moyen de la méthode d'accès MROF, un certain nombre de sous-porteuses seraient allouées à l'intérieur de la largeur de bande autorisée en fonction de la demande de l'utilisateur et de l'état des fréquences à l'instant considéré.

Cette interface radioélectrique peut utiliser plusieurs largeurs de bande: 1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz. L'espacement entre les fréquences sous-porteuses est de 37,5 kHz. La trame de temps comprend huit intervalles temporels de 5 ms chacun, dont quatre intervalles consécutifs pour la liaison descendante et les quatre suivants pour la liaison montante. Chaque lot de 4 intervalles peut, bien sûr, être utilisé séparément et peut être également utilisé continuellement pour un seul utilisateur; de plus, il est possible d'utiliser en permanence plus de 4 intervalles dans une structure de trame asymétrique.

La «prochaine génération de PHS» permet de faire une utilisation efficace du spectre grâce à certaines techniques, telles que celle des réseaux d'antennes adaptatives, de l'AMRE et de MIMO. La méthode de commande décentralisée autonome et la technique de l'assignation dynamique de fréquences pour la mise en place d'un réseau de microcellules sont d'autres fonctionnalités qui permettent une utilisation efficace du spectre.

Les principaux éléments de l'interface radioélectrique sont présentés dans le Tableau 5.

TABLEAU 5
Les principaux éléments de la «prochaine génération de PHS»

Méthode d'accès multiple	Accès MROF/AMRT
Méthode de duplexage	DRT
Nombre de multiplexages AMRT	4
Nombre de multiplexages d'accès MROF	Dépend de la largeur de bande des canaux
Largeur de bande des voies d'exploitation	1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz
Espacement des fréquences sous-porteuses	37,5 kHz
Nombre de points TFR (largeur de bande des voies, en MHz)	32 (1,25), 64 (2,5), 128 (5), 256 (10), 512 (20)
Durée des trames	5 ms
Nombre d'intervalles de temps	8 intervalles (4 pour la liaison descendante/4 pour la liaison montante: symétrie)
Méthode de modulation	MDP-2, MDP-4, MAQ-16, MAQ-32, MAQ-64, MAQ-256
Assignation des voies	Commande décentralisée autonome
Taille des cellules de base	Microcellule
Technique de connexion	Connexion de sous-voie, connexion à intervalles de temps
Technologies permettant une utilisation efficace du spectre	Réseau d'antennes adaptatives, AMRE, MIMO
Débit maximal de transmission des voies/5 MHz (si unique entrée, unique sortie, symétrie (SISO, <i>single unit, single output</i>))	Liaison montante: 8,0 Mbit/s Liaison descendante: 11,2 Mbit/s

Normes: La spécification de la «prochaine génération» de PHS (A-GN4.00-01-TS) peut être obtenue au format électronique à l'adresse suivante: <http://www.phsmou.org/about/nextgen.aspx>.

Annexe 6

Le Tableau 6 récapitule les principales caractéristiques de chaque norme.

TABLEAU 6
Paramètres techniques fondamentaux

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage ⁽¹⁾ – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Formation de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
IEEE 802.16 WirelessMAN/ ETSI HiperMAN (Annexe 3)	Souple – de 1,25 MHz à 28 MHz. Largeurs de bande types: 3,5, 5, 7, 8,75, 10 et 20 MHz	Flux montant: – MDP-4-1/2, 3/4 – MAQ-16-1/2, 3/4 – MAQ-64-1/2, 2/3, 3/4, 5/6 Flux descendant: – MDP-4-1/2, 3/4 – MAQ-16-1/2, 3/4 – MAQ-64-1/2, 2/3, 3/4, 5/6	CC/CTC Autres options: BTC/LDPC	Jusqu'à 17,5 Mbit/s avec SISO Jusqu'à 35 Mbit/s avec (2 × 2) MIMO Jusqu'à 70 Mbit/s avec (4 × 4) MIMO	Oui	Oui	DRT/DRF/ HDRF	Accès MROF AMRT	5 ms Autres options: 2, 2,5, 4, 8, 10, 12,5 et 20 ms	Mobile
Norme relative aux interfaces hertziennes pour systèmes à étalement du spectre AMRC-I T1.723-2002 (Annexe 4)	1,25 MHz	Flux montant: – MDP-4, – 0,325-0,793 Flux descendant: – MDP-4, – 0,325-0,793	Bloc TPC BCH	Liaison montante: 1,228 Mbit/s Liaison descendante: 1,8432 Mbit/s	Pas explicite mais pas exclus	Pas explicite mais pas exclus	DRF	AMRC	Niveau 1: 13,33 ms Niveau 2: 26,67 ms	Nomade

TABLEAU 6 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage ⁽¹⁾ – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Formation de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
Norme ATIS – 0700001.2004 Spécifications de la couche physique MCSB, de la commande MAC/ LLC et de la couche réseau (Annexe 4)	5 MHz	Flux montant: – MDP-4, MDP-8 – MAQ-16 R-S (18, 16) Flux descendant: – MDP-4, MDP-8 – MAQ-64 R-S (18, 16)	Reed-Solomon (18, 16)	Liaison montante: 6,4 Mbit/s Liaison descendante: 24 Mbit/s	Oui	Pas spécifié	DRT	AMRC	10 ms	Nomade
Norme ATIS-0700004-2005 relative à l'accès multiple à répartition d'espace à haute capacité (AMRE-HC) (Annexe 4)	0,625 MHz	Flux montant: – MDP-2, MDP-4, MDP-8, MAQ-12, MAQ-16 3/4 Flux descendant: – MDP-2, MDP-4, MDP-8, MAQ-12, MAQ-16, MAQ-24 8/9	Code convolusionnel et bloc	Liaison montante: 2,866 Mbit/s × 8 sous-voies × 4 voies spatiales = 91,7 Mbit/s Liaison descendante: 2,5 Mbit/s × 8 sous-voies × 4 voies spatiales = 80 Mbit/s	Oui	Oui	DRT	AMRT/ AMRF/ AMRE	5 ms	Mobile

TABLEAU 6 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage ⁽¹⁾ – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Formation de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
Norme T1.716/7-2000 (R2004) relative aux interfaces hertziennes pour AMRC à séquences directes large bande permettant l'accès sans fil fixe au RTCP – Couche 1/ Couche 2 (Annexe 4)	de 2 × 5 à 2 × 20 MHz (par paliers de 3,5 ou 5 MHz)	Flux montant: – MDP-4, – 1/2 Flux descendant: – MDP-4, – 1/2	Convolusionnel	Liaison montante: 1,92 Mbit/s Liaison descendante: 1,92 Mbit/s	Non	Non	DRF	AMRC	19 ms max	Nomade
Prochaine génération de PHS (Annexe 5)	1,25 MHz 2,5 MHz 5 MHz 10 MHz 20 MHz	Flux montant et descendant: MDP-2 1/2 MDP-4 1/2, 3/4 MAQ-16 3/4 MAQ-32 4/5 MAQ-64 5/6 MAQ-256 7/8	Code convolusionnel Code en treillis	Liaison montante: 8,0 Mbit/s Liaison descendante: 11,2 Mbit/s (si SISO, symétrie)	Oui (option)	Oui (option)	DRT	Accès MROF AMRT	5 ms	Mobile
IEEE 802.11-1999 (R2003) (802.11b) (Annexe 1)	22 MHz	Symétrique pour le flux montant et pour le flux descendant: MDP-4D CCK MDP-2 PBCC – 1/2 MDP-4 PBCC – 1/2	Pas codé/ CC	2,5 Mbit/s	Non	Non	DRT	CSMA/CA, SSMA	Variable	Nomade

TABLEAU 6 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage ⁽¹⁾ – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Formation de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
Norme IEEE 802.11-1999 (R2003) (802.11a) (Annexe 1)	20 MHz	Symétrique pour le flux montant et pour le flux descendant: MAQ-64 MROF 2/3, 3/4 MAQ-16 MROF – 1/2, 3/4 MDP-4 MROF – 1/2, 3/4 MDP-2 MROF – 1/2, 3/4	CC	13,5 Mbit/s	Non	Non	DRT	CSMA/CA	Variable	Nomade
IEEE 802.11-1999 (R2003) (802.11g) (Annexe 1)	20 MHz	Symétrique sur le flux montant et sur le flux descendant: MAQ-64 MROF 2/3, 3/4 MAQ-16 MROF – 1/2, 3/4 MDP-4 MROF – 1/2, 3/4 MDP-2 MROF – 1/2, 3/4 MDP-8 PBCC – 2/3 MAQ-64 DSSS-MROF – 2/3, 3/4 MAQ-16 DSSS-MROF – 1/2, 3/4 MDPQ DSSS-MROF – 1/2, 3/4 MDP-2 DSSS-MROF – 1/2, 3/4	CC	13,5 Mbit/s	Non	Non	DRT	CSMA/CA	Variable	Nomade
Norme ETSI BRAN HIPERLAN 2 (Annexe 1)	20 MHz	MAQ-64-MROF MAQ-16-MROF MDP-4-MROF MDP-2-MROF Flux montant et flux descendant	CC	6, 9, 12, 18, 27, 36 et 54 Mbit/s dans une voie de 20 MHz (seules les voies de 20 MHz sont prises en charge)	Non	Non	DRT	AMRT	2 ms	Nomade

TABLEAU 6 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage ⁽¹⁾ – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Formation de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
Norme ARIB HiSWANa (Annexe 1)	4 × 20 MHz (5,15-5,25 GHz) 4 × 20 MHz (4,9-5,0 GHz)	– MDP-2 1/2 – MDP-2 3/4 – MDP-4 1/2 – MDP-4 3/4 – MAQ-16 9/16 – MAQ-16 3/4 – MAQ-64 3/4	Convolu-tionnel	6-54 Mbit/s dans 20 MHz	Non	Non	DRT	AMRT	2 ms	Nomade
Système AMRC à étalement direct IMT-2000 (Annexe 2)	5 MHz	Flux montant: MDP-4 Flux descendant: MAQ-16, MDP-4	Convolu-tionnel turbo	Liaison montante: 5,7 Mbit/s Liaison descendante: 14 Mbit/s	Oui	Non (A inclure dans le Rel-7)	DRF	AMRC	2 ms et 10 ms	Mobile
Technologie AMRC à porteuses multiples IMT-2000 (Annexe 2)	1,25 MHz	Flux montant: MDP-2, MDP-4, MDP-8 Flux descendant: MAQ-16, MDP-8, MDP-4	Convolu-tionnel/ turbo	Liaison montante: 1,8 Mbit/s Liaison descendante: 3,1 Mbit/s pour chaque voie de 1,25 MHz	Oui	Non	DRF	AMRC	Liaison descendante: 1,25, 1,67 2,5, 5, 10, 20, 40, 80 ms Liaison montante: 6,66, 10, 20, 26,67, 40, 80 ms	Mobile
AMRC DRT IMT-2000 (Annexe 2)	HCR: 5 MHz LCR: 1,6 MHz (HCR = débit d'éléments élevé LCR = faible débit d'éléments)	HCR pour le flux montant: MAQ-16, MDP-4 LCR pour le flux montant: MDP-8, MDP-4 HCR pour le flux descendant: MAQ-16, MDP-4 LCR pour le flux descendant: MAQ-16, MDP-8, MDP-4	Convolu-tionnel turbo	HCR sur la liaison montante: 9,2 Mbit/s LCR sur la liaison montante: 2 Mbit/s/porteuse de 1,6 MHz ⁽²⁾ HCR sur la liaison descendante: 10,2 Mbit/s LCR sur la liaison descendante: 2,8 Mbit/s/porteuse de 1,6 MHz ⁽²⁾	Oui	Non	DRT	HCR: AMRT/AMRC LCR: TD-SCDMA	HCR: 10 ms LCR: 5 ms	Mobile

TABLEAU 6 (*fin*)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage ⁽¹⁾ – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Formation de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
Norme AMRT à porteuse unique IMT-2000 (Annexe 2)	2 × 200 kHz 2 × 1,6 MHz	Flux montant: – MDMG – MDP-8 – MAQ décalée à 2 états – MAQ décalée à 4 états 0,329 – 1/1 Flux descendant: – MDMG – MDP-8 – MAQ décalée à 2 états – MAQ décalée à 4 états 0,329 – 1/1	Convolutif poinçonné	Liaison montante: 16,25 Mbit/s 20,312 Mbit/s Liaison descendante: 16,25 Mbit/s 20,312 Mbit/s	Pas explicite mais pas exclu	Pas explicite mais pas exclu	DRF DRT (pour 1,6 MHz)	AMRT	4,6 ms 4,615 ms	Mobile
Système AMRF/AMRT IMT-2000 (Annexe 2)	1,728 MHz	Flux montant et flux descendant: MDFG MDP- 2D (déphasage $\pi/2$) MDP-4D (déphasage $\pi/4$) MDP-8D différentielle (déphasage $\pi/8$) MAQ-16, MAQ-64	Dépend du service: CRC, BCH, Reed-Solomon, Turbo	20 Mbit/s	Partiel	Partiel	DRT	AMRT	10 ms	Mobile

⁽¹⁾ Tous les modes applicables compris, ou au moins le maximal et le minimal.

⁽²⁾ Dans le duplexage DRT LCR les transmissions sont réparties dans des voies de 1,6 MHz. Dans 5 MHz de spectre, trois porteuses DRT à LCR peuvent être déployées. Une option DRT à 7,68 Méléments est également disponible, qui nécessite une largeur de bande de 10 MHz et permet d'obtenir des débits de données deux fois supérieurs aux débits d'éléments élevés DRT.