

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R M.1801-2**  
(02/2013)

**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**

**Série M**

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur  
y compris les services par satellite associés**



## 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 oeuvre 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
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	<b>Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés</b>
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	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, 2014

© UIT 2014

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 M.1801-2\*

**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 212-4/5 et UIT-R 238-2/5)

(2007-2010-2013)

**1 Introduction**

La présente Recommandation préconise des normes spécifiques applicables aux systèmes d'accès hertzien à large bande<sup>1</sup> 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 fabricants 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 les données génériques Internet à large bande ou les données en temps réel, y compris des applications comme la voix et la visioconférence.

**2 Champ d'application**

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 présentées dans la présente Recommandation peuvent offrir aux utilisateurs des débits de données large bande, en tenant compte 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.1399<sup>2</sup>.

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 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.

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

---

\* Il convient de porter la présente Recommandation à l'attention des Commissions d'études 2 et 15 de l'UIT-T.

<sup>1</sup> 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».

<sup>2</sup> 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.

#### 4 Acronymes et abréviations

AA	antenne adaptative
+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 par répartition spatiale
AMRE-HC	accès multiple par répartition spatiale à haute capacité
AMRF-SC	accès multiple par répartition en fréquence – porteuse unique ( <i>AMRF-single carrier</i> )
AMRT	accès multiple par répartition dans le temps
AMRT-SC	accès multiple par répartition dans le temps – porteuse unique ( <i>TDMA-single carrier</i> )
AMROF-CS	AMROF – étalement de code ( <i>code spread- OFDMA</i> )
AN	réseau d'accès ( <i>access network</i> )
ARIB	Association of Radio Industries and Business
ARQ	demande automatique de répétition ( <i>automatic repeat request</i> )
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions
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
CL	Connection layer
C-plane	plan de commande (plan C) ( <i>control plane</i> )
CQI	indicateur de qualité du canal ( <i>channel quality indicator</i> )
CTC	turbo-code convolutionnel
CSD	canal de signalisation diffusé
DECT	télécommunications numériques améliorées sans cordon ( <i>digital enhanced cordless telecommunications</i> )
DFT	transformée de Fourier discrète ( <i>discrete Fourier transform</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 en code à séquence directe ( <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> )
EPC	noyau paquet évolué ( <i>evolved packet core</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 aller ( <i>forward channel</i> )
FCC	voie de commande aller ( <i>forward control channel</i> )
FER	taux d'erreurs sur les trames ( <i>frame error rate</i> )
FFT	transformée de Fourier rapide ( <i>fast Fourier transform</i> )
FHSS	étalement de spectre par saut de fréquence ( <i>frequency hopping spread spectrum</i> )
FSTD	diversité de transmission par commutation des fréquences ( <i>frequency switched transmit diversity</i> )
GERAN	réseau d'accès radio GSM/EDGE ( <i>GSM edge radio access network</i> )
GoS	niveau de service ( <i>grade of service</i> )
GPRS	service général de radiocommunication en mode paquet ( <i>general packet radio service</i> )
GPS	système mondial de localisation ( <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> )
ICIC	coordination des brouillages entre cellules ( <i>inter-cell interference coordination</i> )
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
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> )
LTE	Long term evolution
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 en quadrature ( <i>quadrature amplitude modulation</i> )
MBMS	service de diffusion multimédia/multidiffusion ( <i>multimedia broadcast/multicast service</i> )
MCSB	synthèse 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> )
MROF-EC	MROF à étalement de code ( <i>code spread OFDMA</i> )
OSI	interconnexion des systèmes ouverts ( <i>open systems interconnection</i> )
PAPR	rapport puissance de crête/puissance moyenne ( <i>peak-to-average power ratio</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> )
PMI	indice de matrice préféré ( <i>preferred matrix index</i> )
PT	terminaison portative ( <i>portable termination</i> )
QoS	qualité de service ( <i>quality of service</i> )
RAC	canal d'accès retour ( <i>reverse access channel</i> )
RF	radiofréquence ( <i>radio frequency</i> )
RIT	technologies d'interface radioélectrique ( <i>radio interface technologies</i> )
RLAN	réseau local radioélectrique ( <i>radio local area network</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> )
SCG	groupe de sous-porteuses ( <i>subcarrier group</i> )
SDO	organisation de normalisation ( <i>standards development organization</i> )
SISO	unique entrée, unique sortie ( <i>single input single output</i> )
SFBC	codage par blocs spatio-fréquentiels ( <i>space frequency block coding</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
TTA	Telecommunications Technology Association
TTI	Intervalle temporel de transmission ( <i>transmission time interval</i> )
U-plane	plan d'utilisateur ( <i>user plane</i> )
WirelessMAN	réseau hertzien de zone urbaine (IEEE) ( <i>wireless metropolitan area network</i> )
WTSC	Wireless Technologies and Systems Committee
WWINA	accès hertzien à large bande à l'Internet ( <i>wireless wideband Internet access</i> )
XGP	plate-forme globale élargie ( <i>eXtended Global Platform</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.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*recommande*

d'utiliser les normes relatives aux interfaces radioélectriques figurant aux Annexes 1 à 8 pour les systèmes d'accès à large bande du service mobile fonctionnant au-dessous de 6 GHz.

NOTE 1 – L'Annexe 9 récapitule les caractéristiques des normes présentées dans les Annexes 1 à 8.

## 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 de réaliser des économies de temps et de 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.

#### 1 Groupe de travail 802-11 de l'IEEE

Le groupe de travail IEEE 802.11™ a mis au point la norme 802.11-2012 applicable aux RLAN, qui fait partie de la série de normes IEEE 802 applicables aux réseaux locaux et aux réseaux métropolitains. L'unité de commande d'accès au support physique (MAC) spécifiée dans la norme 802.11 de l'IEEE est conçue pour prendre en charge les unités de la couche physique qui pourraient être adoptées en fonction du spectre disponible. La norme 802.11 de l'IEEE est applicable à la bande 2 400-2 500 MHz et aux bandes 3 650-3 700 MHz, 4,94-4,99 GHz, 5,03-5,091 GHz, 5,15-5,25 GHz, 5,25-5,35 GHz, 5,47-5,725 GHz, 15-5,25 GHz, 5,25-5,35 GHz, 5,47-5,725 GHz et 5,725-5,850 GHz. La norme 802.11 de l'IEEE utilise les techniques d'étalement de spectre par saut de fréquence (FHSS), d'étalement du spectre à séquence directe (DSSS), de multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (MROF) et d'entrées multiples, sorties multiples (MIMO).

Des amendements à la norme de base IEEE 02.11 2012 qui ont été approuvés ont pour titres Prioritization of Management Frames (IEEE 802.11ae), Robust Audio Video Streaming (IEEE 802.11aa).

L'URL du Groupe de travail IEEE.802.11 est <http://www.ieee802.org/11>. La norme IEEE 802.11 2012 et certains amendements sont accessibles gratuitement par le programme Get IEEE 802™ à l'adresse: <http://standards.ieee.org/about/get> et les futurs amendements seront gratuitement disponibles 6 mois après publication. Les amendements approuvés et certains projets d'amendement sont disponibles à titre onéreux à l'adresse: <http://www.techstreet.com/ieeegate.html>.

## 2 Norme HiperLAN du Comité technique BRAN DE L'ETSI

Les spécifications du HiperLAN 2 ont été élaborées par le Comité technique BRAN (Broadband Radio Accès Network) de l'ETSI. L'HiperLAN 2 est une norme souple applicable aux réseaux locaux hertziens (RLAN), conçue pour offrir un accès à haut débit, 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 2 peuvent être mis en place dans les bureaux, salles de classe, habitations, usines, zones 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 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 <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 pour tests de conformité avec les normes fondamentales relatives à l'HiperLAN 2 afin de garantir l'interfonctionnement des dispositifs et produits par différents fabricants. Ces spécifications portent aussi bien sur les tests radioélectriques que sur les tests des protocoles.

Le Comité technique BRAN de l'ETSI a collaboré étroitement 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 du MMAC, au Japon, afin d'harmoniser les systèmes mis au point par ces trois instances pour les bandes de 5 GHz.

## 3 HSWA<sup>3</sup> du MMAC<sup>4</sup>

Le Comité HSWA du MMAC a mis au point une norme applicable aux systèmes de communication à accès mobile large bande désigné HiSWANa (Norme STD-T70 de l'ARIB) que l'ARIB<sup>5</sup> a approuvé et publié. 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 le MROF et l'accès multiple à répartition dans le temps (AMRT) avec duplexage par répartition 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 des 5 GHz (4,9-5,0 GHz et 5,15-5,25 GHz).

---

<sup>3</sup> High Speed Wireless Access Committee.

<sup>4</sup> Multimedia Mobile Access Communication Systems Promotion Council (désormais désigné «Multimedia Mobile Access Communication Systems Forum» ou «MMAC Forum»).

<sup>5</sup> Association of Radio Industries and Businesses.

## 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 Système AMRC à étalement direct des IMT-2000<sup>6</sup>

Le schéma 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 modulations d'ordre plus élevé (MAQ-64 pour les liaisons descendantes et MAQ-16 pour les liaisons montantes), des antennes à plusieurs entrées et à plusieurs sorties (MIMO. Multiple input multiple output antennas), la prise en charge améliorée de couche L2 pour de débits de données élevés et des techniques de codage et des techniques de codage (turbo-codes) sont appliquées pour permettre un accès par paquets à haut débit.

Une trame hertzienne de 10 ms est divisée en 15 intervalles de temps élémentaires (2 560 éléments par intervalle pour le débit de 3,84 Méléments/s). Un canal physique est donc défini comme étant un code (ou un nombre de codes). Pour le canal HSDSCH (High-Speed Downlink Packet Access – HSDPA), le canal E-DCH (High-Speed Uplink Packet Access – HSUPA) et les canaux de signalisation associés, des sous-frames de 2 ms constituées de 3 intervalles élémentaires sont définies. Cette technologie permet d'obtenir des débits de données maximaux voisins de 42 Mbit/s sur les liaisons descendantes et de 11 Mbit/s sur les liaisons montantes. Sur les liaisons descendantes, la conjugaison de nouvelles améliorations de la technique DC-HSDPA et de la technique MIMO permet d'obtenir des débits de données crête allant jusqu'à 84 Mbit/s. Sur les liaisons montantes, la technique de la double cellule s'applique également aux fréquences adjacentes dans la même bande. Sur les liaisons montantes améliorées, il est possible d'obtenir des débits de données crête allant jusqu'à 23 Mbit/s. De grandes tailles de cellules (jusqu'à 180 km)) peuvent être obtenues sous de bonnes conditions de propagation (par exemple. déserts, champs herbagés et plans, zones côtières, etc.).

Afin d'obtenir des connexions permanentes tout en économisant les batteries dans l'UE et augmenter encore plus la capacité de l'interface radioélectrique, les spécifications comprennent également une fonctionnalité de connectivité paquets continue (CPC, *continuous packet connectivity*). Les services vocaux à étalement de code sont pris en charge par le HSPA.

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 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, la probabilité d'erreur sur les bits et le taux d'erreurs sur les trames (FER, *frame error rate*).

---

<sup>6</sup> Voir le § 5.1 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 support point à multipoint.

La norme UTRA évoluée (E-UTRA) a été créée en vue de faire évoluer la technologie d'accès hertzien vers une technologie d'accès hertzien à haut débit de données, à faible latence et optimisée pour le mode paquets.

Le schéma de transmission sur la liaison descendante est fondé sur la modulation MROF conventionnelle afin de garantir un haut degré de robustesse en ce qui concerne la sélectivité en fréquence des canaux et de permettre malgré tout d'utiliser des récepteurs d'une faible complexité même pour de très grandes largeurs de bande. Le schéma de transmission sur la liaison montante est fondé sur la technique SC-FDMA (FDMA à porteuse unique), plus précisément sur la modulation MROF avec étalement par TFD (DFTS-MROF). Il permet aussi une assignation multigrupes pour la modulation DFTS-OFDM. La modulation DFTS-MROF est utilisée pour la liaison montante car elle permet d'obtenir un rapport puissance moyenne/puissance de crête (PAPR) du signal émis plus faible qu'avec la modulation MROF conventionnelle.

La technologie E-UTRA autorise des largeurs de bande de 1,4 MHz à 100 MHz, permettant ainsi d'obtenir des débits de crête pouvant aller jusqu'à environ 3 Gbit/s sur la liaison descendante et 1,5 Gbit/s sur la liaison montante. Le regroupement des porteuses, c'est-à-dire la transmission simultanée de plusieurs porteuses (composantes) en parallèle/à partir d'un même terminal, est utilisé pour créer des largeurs de bande de plus de 20 MHz.

## 2 L'AMRC multi-porteuses IMT-2000<sup>7</sup>

L'interface radioélectrique CDMA multi-porteuses offre deux options: le mode cdma2000 dans lequel une ou trois porteuses RF sont utilisées ou le mode cdma2000 à haut débit de données en paquets (HRDP, *high packet data rate*) dans lequel une à 15 porteuses RF sont utilisées.

L'option cdma2000 prend en charge une ou trois porteuses RF de 1,2288 Méléments/s. L'interface radioélectrique est définie de manière à assurer un large éventail de services et prendre en charge aussi bien des services à commutation de circuits (réseaux basés sur le RTPC ou le RNIS, par exemple) que des services à 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 même utilisateur de plusieurs services différents, tels que téléphonie, données et multimédia, et le multiplexage de ces services sur une seule porteuse. Les services support radioélectrique 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'erreur sur les trames (FER).

La spécification de l'interface radioélectrique comprend des caractéristiques améliorées qui permettent d'assurer simultanément sur une seule porteuse la transmission à haut débit de données en mode paquet et d'autres services, tels que la téléphonie. En particulier, de nouvelles améliorations ont été apportées à la liaison 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 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 support point à multipoint.

---

<sup>7</sup> Voir le § 5.2 de la Recommandation UIT-R M.1457.

Pour la transmission cdma2000 HRDP, la liaison aller AMRC, déployée sur une à quinze porteuses RF, est constituée des canaux ci-après, multiplexées temporellement: le canal pilote, le canal aller MAC, le canal de commande et le canal de trafic aller. Le canal de trafic aller achemine les paquets de données d'utilisateur. Le canal de contrôle achemine les messages de commande et peut également écouler le trafic d'utilisateur. Chaque canal est ensuite subdivisé en canaux multiplexés en quadrature par répartition de code de Walsh.

Le canal MAC du cdma2000 HRPD est constitué de deux sous-canaux: le canal de commande de puissance de retour et le canal d'activité de retour (RA, *reverse activity*). Ce dernier transmet un train de bits d'activité de liaison de retour (RAB, *reverse activity bit*). Chacun des symboles du canal 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 cdma2000 HRPD est un canal de données en mode paquet à débit variable. Les données d'utilisateur qui sont destinées à un terminal d'accès sont transmises à un débit qui varie entre 38,4 kbit/s et 4,9 Mbit/s par porteuse de 1,2288 Méléments/s. Les données destinées à être acheminées sur le canal de trafic aller et le canal de contrôle 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/MAQ-64. Les séquences de symboles modulés sont répétées et poinçonnées si nécessaire, puis les séquences résultantes sont démultiplexées pour former 16 paires de trains parallèles (en phase et en quadrature). A chacun de ces trains parallèles est appliquée une fonction Walsh hexadécimale distincte 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 cdma2000 HDRP peuvent être transmis dans un nombre de créneaux compris entre 1 et 16. Lorsque le nombre de créneaux affectés est supérieur à l'unité, les créneaux transmis sont entrelacés sur le quatrième créneau suivant, plus précisément les créneaux transmis d'un paquet sont séparés par trois créneaux intermédiaires, et les créneaux d'autres paquets sont transmis dans les créneaux entre ceux des créneaux de transmission. Si un accusé de réception positif est reçu sur le canal d'acquiescement (ACK, *acknowledgement (channel)*) de la liaison 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 liaison retour cdma2000 HRDP déployée sur une à quinze porteuses RF, est constituée du canal d'accès et du canal de trafic retour. Le canal d'accès est utilisé par le terminal d'accès pour lancer 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'un canal de données. Le canal de trafic 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 liaison retour cdma2000 HRDP comprend un canal pilote, un canal indicateur du débit retour (RRI, *reverse rate indicator*), un canal de contrôle du débit binaire (DRC, *data rate control*), un canal ACK et un canal de données. Les données d'utilisateur pour un terminal d'accès sont transmises à un débit de données qui varie de 4,6 kbit/s à 1,8 Mbit/s par porteuse de 1,2288 Méléments/porteuse. Le canal RRI est utilisé pour indiquer le débit de données transmis sur le canal de trafic retour. Il est multiplexé temporellement avec le canal pilote. Le canal DRC est utilisé 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 le canal aller AMRC. Le canal ACK est utilisé 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 hybride (H-ARQ, *hybrid automatic repeat request*) hybride au niveau de la couche physique, des trames plus courtes, un contrôle rapide du séquençement/débit ainsi qu'une modulation et un codage adaptatifs pour accroître le débit binaire maximal et le débit du système sur la liaison retour.

## 2.1 Système ultra-mobile à large bande

Le système ultra-mobile à large bande (*UMB: ultra-mobile broadband*) permet une conception unifiée des modes de fonctionnement DRF et DRT duplex et semi duplex avec prise en charge de largeurs de bande modulables comprises entre 1,25 et 20 MHz. Le système est conçu pour obtenir un accès mobile fiable à large bande, et est optimisé pour obtenir une grande efficacité spectrale et de faibles latences en utilisant des techniques de modulation évoluées, une des techniques d'adaptation de liaison et de transmission multi-antenne. On utilise un transfert rapide, une commande rapide de puissance et une gestion des brouillages intersectoriels. Le codage et la modulation adaptatifs avec l'H-ARQ et le codage turbo (contrôle LPDC optionnel) sont utilisés en vue d'obtenir de grandes efficacités spectrales. Le séquençement en sous-bandes améliore les performances sur les liaisons aller et retour en exploitant les gains associés à la diversité multi-utilisateurs pour le trafic sensible à la latence.

La liaison aller repose sur l'accès multiple à répartition orthogonale de fréquence (AMROF) amélioré par les techniques de transmission multi-antenne y compris la MIMO, la synthèse de faisceau en boucle fermée et l'accès multiple par répartition spatiale (AMRS) avec un multiplexage spatial total maximal d'ordre 4. La latence minimale de la retransmission sur la liaison aller est de 5,5 ms environ et 'on obtient un débit maximal de 288 Mbit/s avec un MIMO du 4ème ordre dans 20 MHz.

La liaison retour est quasi-orthogonale à savoir qu'elle emploie une transmission orthogonale fondée sur l'AMROF, associée à un multiplexage non orthogonal d'utilisateur avec superposition en couche ou des antennes de réception multiples (SDMA). La liaison retour comprend aussi une transmission AMRC optionnelle pour le trafic à faible débit. La gestion des brouillages s'effectue par réutilisation fractionnée de fréquences. Un compromis optimisé débit/fidélité est obtenu au moyen d'une commande de puissance décentralisée fondée sur les brouillages des autres cellules. La liaison retour utilise un segment de contrôle AMRC et un segment de contrôle AMROF. Le système utilise un accès rapide à préfixe réduit et à requêtes rapides. La liaison retour utilise un signal de référence à large bande pour la commande de puissance, les décisions de transfert, le séquençement sous-bande. Par conception, l'UMB MAC permet une transmission sur liaison retour efficace en puissance, par des terminaux à puissance limitée via le séquençement. La latence de la retransmission sur la liaison retour est de 7,3 ms environ et le débit maximal de données est supérieur à 75 Mbit/s dans une bande de 20 MHz (avec codage quasi-orthogonal à mot de code unique).

L'UMB est conçu pour fonctionner dans des systèmes partiellement ou totalement asynchrones; toutefois, l'interface radioélectrique est optimisée pour tirer parti de la synchronisation inter-cellulaire. Des canaux pilote à préfixe court (balises) sont mis en place pour permettre une recherche alentour à faible complexité et faciliter le transfert sur la même fréquence et aussi le transfert inter-fréquences avec interruption minimale.

L'UMB dispose aussi de modes de fonctionnement efficaces destinés à améliorer la durée de vie des accumulateurs des terminaux. En particulier le mode d'entrelacement choisi est optimisé pour les applications à faible débit sensibles à la latence telle la VoIP tandis qu'un état semi-connecté est conçu pour offrir une DTX/DRX efficace avec un trafic supportant une faible latence du cycle de travail.

### 3 Système AMRC DRT IMT-2000<sup>8</sup>

L'interface radioélectrique de l'option DRT avec accès hertzien de Terre universel (UTRA DRT) est définie comme offrant trois options distinctes appelées DRT à 1,28 Mélément/s (TD-SCDMA), DRT à 3,84 Mélément/s et DRT à 7,68 Mélément/s.

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 § 1) pour obtenir une communauté maximale. Cet objectif a été réalisé en harmonisant les paramètres importants de la couche physique et en spécifiant une série commune de protocoles applicables, dans les couches supérieures, aussi bien au DRF qu'au DRT où le DRT à 1,28 Mélément/s présente une grande communauté avec DRT à 3,84 Mélément/s et DRT à 7,68 Mélément/s de nombreux points communs. Grâce aux trois 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 schéma d'accès hertzien est du type à accès multiple par répartition de codes à séquence directe. Il offre trois options en matière de débit d'éléments: l'option DRT à 3,84 Mélément/s avec étalement de l'information sur une largeur de bande d'environ 5 MHz et un débit de 3,84 Méléments, l'option DRT à 7,68 Méléments/s avec étalement de l'information sur une largeur de bande de 10 MHz et un débit de 7,68 Méléments/s 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 IP, par exemple). Un protocole radio souple a été conçu, qui permet l'utilisation simultanée par un utilisateur de plusieurs services différents, tels que téléphonie, données et multimédia, avec 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 ajustée en agissant sur des paramètres tels que le temps de propagation, le TEB et le TET.

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*) et une prise en charge améliorée de la couche L2 pour les débits de données élevés permettant d'assurer la transmission à haut débit de données en mode paquet en liaison descendante à des débits maximaux de données de 2,8 Mbit/s, 10,2 Mbit/s et 20,4 Mbit/s respectivement pour les modes 1,28 Mélément/s, 3,84 Méléments/s et 7,68 Méléments/s, et la transmission rapide de données en mode paquet simultanément ainsi que d'autres services telle que la téléphonie sur une porteuse unique. De nouvelles améliorations ont été apportées à la liaison montante permettant d'accroître la capacité, d'étendre la couverture, d'obtenir un débit de données plus élevé et de réduire le temps de propagation et sa variance sur la liaison montante.

L'adjonction de modulations d'ordre plus élevé (MAQ-16) pour les liaisons montantes améliorées permet d'obtenir des débits de données allant jusqu'à 2,2 Mbit/s, 9,2 Mbit/s et 17,7 Mbit/s respectivement pour les modes 1,28 Mélément/s, 3,84 Mélément/s et 7,68 Mélément/s. A été ajouté la prise en charge du fonctionnement multifréquence pour le mode UTRA TDD à 1,28 Mélément/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.

---

<sup>8</sup> Voir le § 5.3 de la Recommandation UIT-R M.1457.

Evolved-UTRA (E-UTRA) a été créé en vue de faire évoluer la technologie d'accès hertzien vers une technologie d'accès hertzien à haut débit de données, à faible latence et optimisée pour le mode paquet.

Le schéma de transmission sur la liaison descendante est fondé sur la modulation MROF conventionnelle afin de garantir un haut degré de robustesse en ce qui concerne la sélectivité en fréquence des canaux et de permettre malgré tout d'utiliser des récepteurs d'une faible complexité même pour de très grandes largeurs de bande. Le schéma de transmission sur la liaison montante est fondé sur la technique SC-FDMA (FDMA à porteuse unique), plus précisément sur la modulation MROF avec étalement par TFD (DFTS-MROF). Il permet aussi une assignation multigroupes pour la modulation DFTS-OFDM. La modulation DFTS-MROF est utilisée pour la liaison montante car elle permet d'obtenir un rapport puissance moyenne/puissance de crête (PAPR) du signal émis plus faible qu'avec la modulation MROF conventionnelle.

La technologie E-UTRA autorise des largeurs de bande de 1,4 MHz à 100 MHz, permettant ainsi d'obtenir des débits de crête pouvant aller jusqu'à environ 3 Gbit/s sur la liaison descendante et 1,5 Gbit/s sur la liaison montante. Le regroupement des porteuses, c'est-à-dire la transmission simultanée de plusieurs porteuses (composantes) en parallèle/à partir d'un même terminal, est utilisé pour créer des largeurs de bande de plus de 20 MHz.

#### 4 AMRT à porteuse unique IMT-2000<sup>9</sup>

Cette interface radioélectrique offre trois largeurs de bande possibles pour les données à grande vitesse utilisant toutes la technologie AMRT. L'option reposant sur une largeur de bande de porteuse de 200 kHz (EDGE) fait appel à une modulation MDP-8 ou MAQ-32 avec débit de symboles augmenté en mode ARQ hybride et permet d'obtenir un débit de transmission de 1,625 Mbit/s ou 3,25 Mbit/s dans le mode à deux porteuses tout en offrant une grande mobilité. Une 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 avec 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*).

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 est interopérable avec la multidiffusion IP IETF. 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.

---

<sup>9</sup> Voir le § 5.4 de la Recommandation UIT-R M.1457.

## 5 Système AMRF/AMRT IMT-2000<sup>10</sup>

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.

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.

---

<sup>10</sup> Voir le § 5.5 de la Recommandation UIT-R M.1457.

- 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 choisis.

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 considérés, 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 codec UIT-T 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.

## **6 Système IMT-2000 OFDMA TDD WMAN<sup>11</sup>**

L'interface radioélectrique OFDMA TDD WMAN IMT-2000 est basée sur la norme IEEE Std.802.16 qui a été élaborée et actualisée par le groupe de travail IEEE 802.16 sur l'accès hertzien à large bande. Elle est publiée par l'IEEE Standards Association (IEEE-SA). La souplesse offerte par la technologie d'interface radioélectrique spécifiée dans la norme IEEE Std.802.16 lui permet d'être utilisée dans une grande palette d'applications, de fréquences de fonctionnement et d'environnements d'exploitation. La norme IEEE 802.16 contient plusieurs spécifications de la couche physique, dont l'une, connue sous l'appellation WirelessMAN-OFDMA TDD WMAN, est un cas particulier de l'accès WirelessMAN-OFDMA spécifiant une interface radioélectrique interopérable particulière. L'interface OFDMA TDD WMAN telle que définie ici fonctionne dans les deux modes DRT et DRF.

---

<sup>11</sup> Voir le § 5.6 de la Recommandation UIT-R M.1457.

L'interface radioélectrique OFDMA TDD WMAN comprend les deux couches les plus basses à savoir la couche physique (PHY) et la couche commande de la liaison de données (DLC). L'élément inférieur de la couche DLC est la commande MAC. L'élément supérieur de la couche DLC est la couche de commande de liaison logique (LLC). La couche PHY est basée sur l'AMROF prenant en charge une répartition souple en canaux incluant les bandes 5 MHz, 7 MHz, 8,75 MHz et 10 MHz. La couche MAC est basée sur un protocole orienté connexion conçue pour être utilisée dans une configuration point à multipoint. Elle est conçue pour acheminer un large éventail de services à commutation par paquets (en général des services IP) tout en permettant un contrôle fin et instantané de l'attribution des ressources afin de différencier complètement la classe de qualité de service (QoS) associée à une porteuse

L'interface radioélectrique OFDMA TDD WMAN est conçue pour acheminer du trafic de type paquet, notamment l'IP. Elle est suffisamment souple pour pouvoir prendre en charge une variété d'architectures de réseau de couche plus élevée pour utilisation fixe, nomade ou totalement mobile, avec prise en charge du transfert. Elle peut directement prendre en charge une fonctionnalité adaptée aux données génériques ainsi qu'aux services téléphoniques et multimédias chronosensibles, aux services de diffusion et de multidiffusion et aux services réglementaire dévolus.

La norme d'interface radioélectrique spécifie les couches 1 et 2, la spécification des couches réseau plus élevées n'étant pas incluse. Elle offre les avantages de la souplesse et de la transparence au niveau de l'interface entre les couches 2 et 3 et elle prend en charge un éventail d'infrastructures de réseau. L'interface radioélectrique est compatible avec les architectures de réseau définies dans la Recommandation UIT-T Q.1701. En particulier, une architecture de réseau conçue pour faire un usage optimal de la norme IEEE Std 802.16 et l'interface OFDMA TDD WMAN et décrite dans le document intitulé «WiMAX End to End Network Systems Architecture Stage 2-3», disponible auprès du WiMAX Forum<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> <http://www.wimaxforum.org/technology/documents/>.

## Annexe 3

### interfaces radioélectriques de Terre des IMT évoluées

#### 1 LTE-Advanced<sup>13</sup>

Les spécifications de l'interface radioélectrique de Terre des IMT évoluées, connue sous le nom de *LTE-Advanced* et fondée sur le document intitulé «LTE Release 10 and Beyond», ont été élaborées par le partenariat 3GPP.

*LTE-Advanced* est un ensemble de RIT (technologies d'interface radioélectrique) comprenant une RIT DRF et une RIT DRT conçues pour fonctionner respectivement dans des bandes de fréquences appariées et dans des bandes de fréquences non appariées. La RIT DRT est également connue sous le nom de TD-LTE Release 10 and Beyond ou *TD-LTE-Advanced*. Ces deux technologies représentent l'aboutissement d'efforts conjoints, offrant ainsi de nombreuses fonctions communes tout en permettant l'optimisation de chacune d'elles en termes d'arrangement spécifique de fréquences/duplex.

Les RIT DRF et DRT constituent respectivement le prolongement des premières versions du LTE DRF et du LTE DRT. Ces deux RIT partagent un grand nombre de structures de base pour simplifier la mise en service d'équipements d'accès radio de type bimode. Elles prennent en charge des largeurs de bande de transmission pouvant atteindre 100 MHz, permettant ainsi d'obtenir des débits de crête pouvant aller jusqu'à environ 3 Gbit/s sur la liaison descendante et 1,5 Gbit/s sur la liaison montante.

Le système de transmission sur la liaison descendante est fondé sur la modulation MROF conventionnelle afin de garantir un haut degré de robustesse en ce qui concerne la sélectivité en fréquence des canaux et de permettre malgré tout d'utiliser des récepteurs d'une faible complexité même pour de très grandes largeurs de bande.

Le système de transmission sur la liaison montante est fondé sur la modulation MROF avec étalement par TFD (DFTS-MROF). La modulation DFTS-MROF est utilisée pour la liaison montante car elle permet d'obtenir un rapport puissance moyenne/puissance de crête (PAPR) du signal émis plus faible qu'avec la modulation MROF conventionnelle. Il est ainsi possible d'utiliser plus efficacement l'amplificateur de puissance du terminal et donc d'étendre la couverture et/ou de réduire la consommation d'énergie de ce terminal. La numérologie de la liaison montante est alignée sur celle de la liaison descendante.

Le codage des canaux s'appuie sur un codage turbo à taux 1/3 et est complété par une technique hybride de correction d'erreurs par détection et répétition (ARQ hybride) à combinaison progressive pour traiter les erreurs de décodage au niveau du récepteur. Les techniques de modulation des données MDPQ, MAQ-16 et MAQ-64 peuvent être utilisées aussi bien pour la voie descendante que pour la voie montante.

Les technologies RIT DRF et DRT autorisent des largeurs de bande de 1,4 MHz à 100 MHz environ. Le regroupement des porteuses, c'est-à-dire la transmission simultanée de plusieurs porteuses (composantes) en parallèle/à partir d'un même terminal, est utilisé pour créer des largeurs de bande de plus de 20 MHz. Les fréquences porteuses ne doivent pas nécessairement être adjacentes et peuvent même être situées dans des bandes différentes pour permettre d'exploiter des attributions de portions de spectre fragmentées en regroupant ces portions.

---

<sup>13</sup> Voir l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R M.2012.

Une programmation dépendante des canaux dans les domaines temps et fréquence est possible aussi bien sur la liaison montante que sur la liaison descendante, l'unité de programmation de la station de base étant chargée de sélectionner (dynamiquement) les ressources à transmettre et le débit binaire. Il s'agit essentiellement d'une programmation dynamique, l'unité de programmation de la station de base prenant une décision concernant chaque intervalle de temps de transmission (TTI, *transmission time interval*) de 1 ms, mais une programmation semi-permanente est également possible. La programmation semi-permanente permet aux ressources et aux débits binaires d'être attribués de manière semi-statique à un équipement d'utilisateur (UE, *user equipment*) donné au cours d'une période de temps plus longue que celle d'un TTI pour réduire le trafic de service lié à la signalisation-commande.

Les systèmes de transmission à antennes multiples font partie intégrante de ces deux technologies RIT. La transmission multi-antenne avec précodage et adaptation dynamique du rang permet aussi bien le multiplexage spatial (MIMO mono-utilisateur) que la synthèse de faisceau. Jusqu'à huit couches de multiplexage spatial sont possibles sur la liaison descendante et jusqu'à quatre sur la liaison montante. La MIMO multi-utilisateur, qui correspond à l'assignation à plusieurs utilisateurs des mêmes ressources temps et fréquence, est également prise en charge. Enfin, la diversité de transmission reposant sur le codage par blocs spatio-fréquentiels (SFBC, *space-frequency block coding*) ou une combinaison de SFBC et de diversité de transmission par commutation de fréquence (FSTD, *frequency switched transmit diversity*) sont, elles aussi, possibles.

Les technologies RIT permettent une coordination intercellulaire relative aux brouillages (ICIC, *inter-cell interference coordination*), dans le cadre de laquelle des cellules voisines échangent des informations pour faciliter la programmation et réduire ainsi les brouillages. L'ICIC peut être utilisée pour des déploiements homogènes de cellules qui ne se chevauchent pas et ont une puissance d'émission analogue, mais aussi pour des déploiements hétérogènes dont une cellule à forte puissance d'émission recouvre un ou plusieurs nœuds de puissance inférieure.

## 2 WirelessMAN-Advanced<sup>14</sup>

L'interface radioélectrique *WirelessMAN-Advanced* est spécifiée par l'IEEE. Un système complet de bout en bout fondé sur *WirelessMAN-Advanced* est appelé WiMAX 2, tel que défini par le Forum WiMAX.

L'interface *WirelessMAN-Advanced* utilise le mécanisme d'accès multiple OFDMA sur la liaison descendante et sur la liaison montante. Elle prend en outre en charge les mécanismes duplex DRT et DRF, y compris le fonctionnement DRF-H des stations mobiles dans les réseaux DRF. Les attributs de structure de trame et le traitement en bande de base sont communs aux deux mécanismes duplex. L'interface *WirelessMAN-Advanced* prend également en charge de plus grandes largeurs de bande de canal, jusqu'à 160 MHz, grâce au regroupement de porteuses

L'interface *WirelessMAN-Advanced* utilise le code turbo convolutif (CTC, *convolutional turbo code*) avec un taux de codage de 1/3. Le code CTC est étendu pour prendre en charge d'autres tailles de bloc FEC. En outre, les tailles de bloc FEC peuvent être régulièrement augmentées avec des résolutions prédéterminées de taille de bloc.

Les constellations de modulation MDPQ, MAQ-16 et MAQ-64 sont prises en charge. Le mappage de bits sur un point de constellation dépend de la version de réarrangement de constellation (CoRe, *constellation-rearrangement*) utilisée pour la retransmission HARQ telle qu'elle est décrite et dépend

---

<sup>14</sup> Voir l'Annexe 2 de la Recommandation UIT-R M.2012.

en outre du mécanisme MIMO. Les symboles MAQ sont mappés sur des données d'entrée du codeur MIMO. Les tailles incluent le code CRC ajouté (par salve et par bloc FEC), le cas échéant. Les autres tailles nécessitent un bourrage jusqu'à la taille de salve suivante. Le taux de codage et la modulation dépendent de la taille des salves et de l'attribution des ressources.

Le mécanisme HARQ-IR (*incremental redundancy HARQ*) est utilisé à l'interface *WirelessMAN-Advanced* et repose sur la détermination de la position de départ de la sélection des bits pour les retransmissions HARQ. Le mécanisme HARQ-CC (*chase combining HARQ*) est également pris en charge et considéré comme un cas particulier du mécanisme HARQ-IR.

Le retour d'information CQI (indicateur de qualité du canal) donne des informations sur les conditions relatives au canal telles qu'elles sont vues par la station mobile. Ces informations sont utilisées par la station de base pour l'adaptation de liaison, l'attribution de ressource, la commande de puissance, etc. La mesure de qualité du canal comprend à la fois des mesures à bande étroite et des mesures à bande étendue. Les données de service de retour d'information CQI peuvent être réduites si on utilise un retour d'information différentiel ou d'autres techniques de compression. Comme exemples d'informations CQI, on peut citer le rapport équivalent porteuse/ brouillage plus bruit (CINR, *carrier to interference plus noise ratio*), la sélection de bande, etc.

Le retour d'information MIMO donne les caractéristiques spatiales à bande étendue et/ou à bande étroite du canal qui sont nécessaires au fonctionnement MIMO. Le mode MIMO, l'indice de matrice préféré (PMI, *preferred matrix index*), l'information d'adaptation de rang, les éléments de la matrice de covariance de canal, et le meilleur indice de sous-bande sont des exemples d'informations MIMO données en retour.

Le mécanisme de commande de puissance est pris en charge pour la liaison descendante et la liaison montante. La commande de puissance sur la liaison descendante permet au terminal dont le niveau de puissance est commandé de recevoir des informations propres à l'utilisateur sur une sous-porteuse pilote dédiée. Les parties MAP évoluées sur la liaison descendante peuvent faire l'objet d'une commande de puissance compte tenu des informations relatives à la qualité du canal données par le terminal sur la liaison montante.

La prise en charge de la commande de puissance sur la liaison montante permet de compenser l'affaiblissement sur le trajet, l'effet d'écran, les évanouissements rapides et les pertes liées à la mise en oeuvre ainsi que d'atténuer le brouillage intercellules et intracellule. La station de base peut transmettre, par le biais d'un message ou d'un canal de commande, les informations nécessaires aux terminaux afin de prendre en charge la commande de puissance sur la liaison montante. Les paramètres de l'algorithme de commande de puissance sont optimisés pour l'ensemble du système par la station de base et diffusés périodiquement.

L'interface *WirelessMAN-Advanced* prend en charge différentes techniques multi-antenne évoluées comprenant la technique MIMO mono-utilisateur et la technique MIMO multi-utilisateur (multiplexage spatial et formation de faisceau) ainsi qu'un certain nombre de mécanismes de diversité d'émission. Dans la technique MIMO mono-utilisateur (SU-MIMO, *single-user MIMO*), un seul utilisateur peut être programmé sur une même unité de ressource (temps, fréquence, espace). En revanche, dans la technique MIMO multi-utilisateur (MU-MIMO, *multi-user MIMO*), plusieurs utilisateurs peuvent être programmés sur une même unité de ressource.

La configuration minimale des antennes sur la liaison descendante et sur la liaison montante est respectivement  $2 \times 2$  et  $1 \times 2$ . Pour le multiplexage spatial avec boucle ouverte et la technique SU-MIMO avec boucle fermée, le nombre de flux est limité au nombre d'antennes d'émission ou au nombre d'antennes de réception, si celui-ci est inférieur. La technique MU-MIMO peut prendre en charge jusqu'à 2 flux pour 2 antennes d'émission, jusqu'à 4 flux pour 4 antennes d'émission et jusqu'à 8 flux pour 8 antennes d'émission.

## Annexe 4

### **Normes IEEE et ETSI harmonisées relatives aux interfaces radioélectriques pour les systèmes d'accès hertzien à large bande (AHLB) du service mobile, applications mobiles et nomades comprises**

#### **1 Présentation de l'interface radioélectrique**

La norme IEEE 802.16-2009 et les normes HiperMAN de l'ETSI définissent des interfaces radioélectriques harmonisées pour les couches physiques PHY MROF et accès AMROF 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 IEEE Std 802.16-2009 de l'IEEE vise également toutes les applications 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.

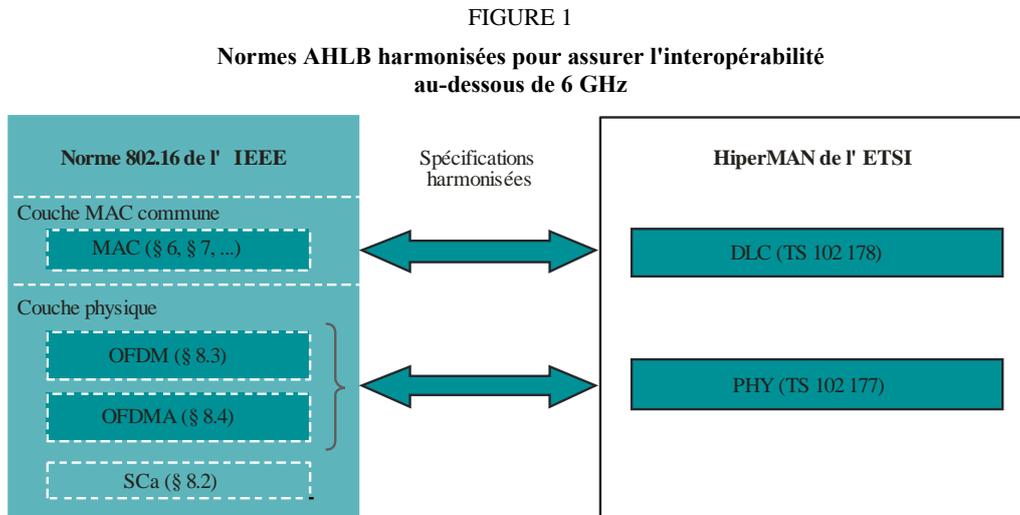
Ce type de système est désigné réseau hertzien de zone urbaine (WirelessMAN dans la norme IEEE, HiperMAN dans le cadre du BRAN de l'ETSI). Le mot «urbaine» ne renvoie pas à l'application mais à la taille. L'architecture de ce type de système est essentiellement point à multipoint: une station de base 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 AMROF renforce l'efficacité de largeur de bande du fait de la programmation conjuguée temps/fréquence et de la souplesse de gestion d'appareils d'usagers différents ayant divers types d'antennes et facteurs de forme. Elle permet de réduire les brouillages causés aux appareils d'usagers 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 AMROF 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 AMROF ainsi qu'à la couche MAC tout entière, sécurité comprise.



Le WiMAX Forum<sup>TM</sup>, ainsi que les normes IEEE 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. La TTA (*Telecommunications Technology Association*) définit le profil du service WiBro (hertzien à large bande), qui est aligné sur les profils du WiMAX Forum 1A<sup>15</sup>. Bien qu'il ne soit pas explicitement inclus dans l'Annexe 2, le contenu de la norme, TTAK.KO-06.0082/R2, incluant la répartition en canaux de 8,75 MHz, est identique à l'une des options figurant dans le § 6 de l'Annexe 2.

## 2 Spécification détaillée de l'interface radioélectrique

### 2.1 Norme IEEE 802.16

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

La norme IEEE Std 802.16 s'applique aux interfaces hertziennes pour l'accès AHLB. Cette norme prend en charge aux systèmes fixes, nomades et mobiles et permet un fonctionnement hybride fixe et mobile dans des bandes de fréquences autorisées en-dessous de 6 GHz. La norme actuelle IEEE Std 802.16-2009 a été conçue en tant que réseau radioélectrique de données par paquets à haut débit pouvant prendre en charge plusieurs classes 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 vaste gamme d'options.

<sup>15</sup> <http://www.wimaxforum.org/resources/technical-specifications>.

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 fonctionnent avec la signalisation accès AMROF afin 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 spatio-temporel pour augmenter au maximum l'efficacité spectrale sans diminuer la zone de couverture;
- multiplexage spatial associé en liaison montante pour les dispositifs à une seule antenne émettrice;
- technique avancée de synthèse 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» (combinaison à la volée) 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 fiable 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 temps de transfert.

Divers modes d'économie d'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 VoIP) 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.

### *Modularité*

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 zone<sup>16</sup>, 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 zone<sup>17</sup> 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 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.

---

<sup>16</sup> Utilisateurs situés vers le milieu d'un secteur, loin des secteurs adjacents.

<sup>17</sup> Utilisateurs situés vers la périphérie d'un secteur, à proximité des secteurs adjacents.

### *Sous-couche sécurité*

La norme IEEE 802.16 prend en charge 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:

<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2009.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 V1.5.1: Broadband radio access networks (BRAN); HiperMAN; Physical (PHY) layer.
- ETSI TS 102 178 V1.5.1: 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 AMROF, 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;
- AMROF modulaire, 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 5

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

#### 1 Accès hertzien à l'Internet large bande (WWINA) ATIS WTSC et autres normes

Le Comité chargé des technologies et systèmes hertziens (WTSC) 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 une norme nationale américaine (ANS) qui respecte les prescriptions qu'il a adoptées à l'égard des systèmes d'accès hertzien à l'Internet large bande (WWINA). La norme relative à l'interface hertzienne WWINA permet 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 câblomodems. Ce système est optimisé 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.

Cette interface hertzienne permet 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. L'interface hertzienne WWINA permet, 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.

#### 2 Norme ATIS-0700004.2005 relative à l'accès multiple par répartition spatiale à haute capacité (AMRE-HC)

##### 2.1 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.

## 2.2 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 1 illustre les fonctions de chacune des couches de l'interface hertzienne. La caractéristique de chaque couche est décrite brièvement ci-dessous. Les aspects fondamentaux sont décrits plus en détail dans les sections suivantes de la présente annexe.

TABLEAU 1

### 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 2.

TABLEAU 2  
**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	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sélection indépendante trame par trame de la constellation en liaison montante et descendante + codage</li> <li>– 8 constellations en liaison montante + classes de codage</li> <li>– 9 constellations en liaison descendante + classes de codage</li> <li>– Constellations à module constant et rectangulaires</li> </ul>
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

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 6

### «eXtended Global Platform: XGP» pour les systèmes d'accès hertzien à large bande (AHLB) dans le service mobile

#### 1 Présentation de l'interface radioélectrique

Le XGP Forum précédemment connu sous l'appellation PHS MoU Group – organisation de normalisation – a mis au point l'«eXtended Global Platform: XGP» en tant que l'un des systèmes AHLB également connu sous la dénomination «Next-generation PHS» (prochaine génération de combinés portables) permet d'obtenir une haute efficacité spectrale surtout grâce à l'utilisation de micro-cellules dont le rayon est bien inférieur à celui des cellules des réseaux téléphoniques mobiles classiques, ainsi que le système PHS d'origine.

XGP est le nouveau système AHLB mobile qui repose sur l'utilisation de l'accès AMROF/ARMT-DRT; certaines des caractéristiques plus évoluées de ce système sont décrites ci-dessous:

- Réalisation d'un environnement connecté en permanence au niveau IP  
La session connectée en permanence au niveau IP permet aux utilisateurs d'initialiser instantanément une transmission à grande vitesse, étant donné la commodité de la connectivité permanente offerte par les câblomodems.
- 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.
- Haute efficacité spectrale  
Une utilisation très efficace du spectre est nécessaire pour éviter toute interruption de service imputable à une pénurie de fréquences en cas de congestion sévère du trafic dans un quartier d'affaires ou en centre-ville.

Ce système permet, en plus, d'utiliser le spectre de manière très efficace grâce à l'adoption des dernières technologies telles que la technologie des antennes-réseau adaptatives, l'accès multiple à répartition d'espace et la technologie de contrôle décentralisé autonome. Ces trois technologies contribuent 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.

Les systèmes d'accès hertzien mobiles exigent un niveau de précision relativement élevé concernant leur position de l'installation afin d'éviter les brouillages avec d'autres cellules. Dans le cas de macro-cellules, un déplacement de la station de base par rapport au bâtiment/à la position voulu(e) vers un bâtiment de substitution/une position voisin(e) en raison de l'échec des négociations avec le propriétaire du bâtiment, provoque uniquement des brouillages entre cellules qui demeurent dans les limites d'erreurs marginales.

Toutefois, dans le cas de réseaux à micro-cellules, étant donné que de tels déplacements ne peuvent être ignorés en tant qu'erreur marginale, il est nécessaire dans certains cas de revoir la structure des cellules environnantes.

Ce problème est déjà résolu avec le système XGP, étant donné que sa structure lui permet de résister aux brouillages et ne nécessite pas une rigoureuse précision d'implantation des stations de base, ce qui laisse entrevoir moins de problèmes de mise en place de réseaux à micro-cellules.

XGP est un des systèmes d'accès hertzien à large bande AHLB, qui dispose d'une fonctionnalité originale d'utilisation souple des réseaux à micro-cellules ainsi que des macro-cellules afin de résoudre le problème de l'important encombrement du trafic dans les zones à forte densité de population.

La méthode de contrôle autonome décentralisé de XGP présente un avantage en matière de mise en place de réseaux à micro-cellules. Il est également possible d'établir un réseau sans se soucier des problèmes de brouillage lorsque la micro-cellule et la femto-cellule sont introduites de manière similaire avec la même méthode. De plus, étant donné qu'une conception stricte des cellules n'est pas nécessaire pour la mise en place d'un réseau à micro-cellules, une exploitation simple du réseau est possible et cela indépendamment de la micro-cellule ou de la macro-cellule, elle permet l'utilisation de méthodes d'installation simples de stations de base dans un réseau.

A la version 2 des spécifications du système XGP, outre le mode initial du système du système XGP, on a ajouté le mode global qui renvoie à la spécification 3GPP ((LTE TDD) afin d'atteindre la gamme des avantages offerte par la norme LTE. Par conséquent le système XGP est devenu compatible avec la norme LTE TDD et peut être considéré comme faisant partie des normes LTE partageant un écosystème commun.

La version 2 des spécifications du système XGP prend en charge certaines exigences spécifiques conformes à la réglementation régionale ou locale.

## **2 Spécifications détaillées de l'interface radioélectrique**

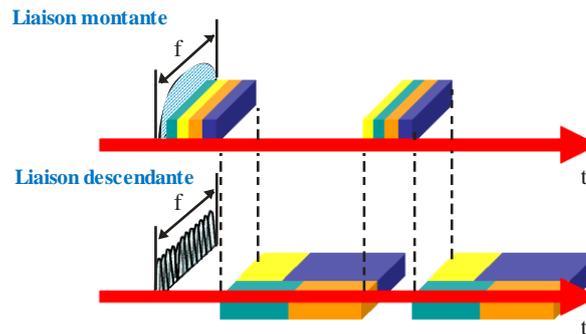
L'interface radioélectrique XGP a deux dimensions pour des méthodes d'accès multiple telles que l'accès AMROF (axe fréquence) et l'AMRT (axe temps). La technique OFDMA est une technique AMRF dans laquelle un canal de communication est subdivisé en un petit nombre de bandes de fréquences équidistantes les unes des autres, dont chacune achemine une portion du signal radioélectrique en parallèle. Ces sous-porteuses sont ensuite transmises simultanément au récepteur sur des fréquences différentes. La technique OFDMA est devenue une technique couramment utilisée pour les communications numériques large bande.

La méthode duplex est la méthode MRT. Elle n'est pas nécessaire pour des canaux de fréquences appariés et permet d'attribuer des ressources à la liaison montante et à la liaison descendante de façon asymétrique, ce qui libère de la capacité pour les applications en liaison montante/descendante gourmandes en données.

Les largeurs de bande des canaux d'exploitation pour le système XGP sont les suivantes: 1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz, 22,5 MHz, 25 MHz, 30 MHz et les schémas de modulation sont MDP-2, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64 et MAQ-256. L'espacement entre les fréquences sous-porteuses est de 15 kHz et 37,5 kHz. La trame temporelle comprend 4, 8, 10, 16, 20 intervalles temporels de 2,5 ms, 5 ms 10 ms chacun. Chaque lot 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 structure des trames du système XGP est illustrée à la Fig. 2.

FIGURE 2  
Structure des trames du système XGP



M.1801-02

XGP permet de faire une utilisation efficace du spectre grâce à certaines techniques, tels les réseaux d'antennes adaptatives, l'AMRE et la MIMO.

Une antenne réseau adaptative est une technique qui permet une formation adaptative des faisceaux depuis une station de base/station mobile jusqu'à une station mobile/station de base par combinaison des signaux des antennes respectives. L'antenne réseau adaptative utilise plusieurs antennes et combine leurs signaux (1) pour former de façon adaptative un faisceau pointant dans les directions souhaitées afin d'éviter les brouillages préjudiciables causés par des systèmes brouilleurs et (2) pour envoyer les ondes/signaux radioélectriques les plus appropriés à un terminal donné en utilisant le faisceau ainsi formé. Dans un système XGP qui utilise les techniques OFDMA SC-FDMA/TDMA-TDD, cette technologie d'antenne est bien adaptée et peut être appliquée avec efficacité à l'émetteur et au récepteur. Elle permet d'accroître l'efficacité spectrale du système, XGP et d'étendre la couverture à moindre coût.

Les principales spécifications de l'interface radioélectrique sont indiquées dans le Tableau 3.

TABLEAU 3

**Les principales caractéristiques de la «prochaine génération de PHS»**

Méthode d'accès multiple	Accès MROF/AMRT
Méthode de duplexage	DRT
Largeur de bande des canaux d'exploitation	1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz, 22,5 MHz, 25 MHz, 30 MHz
Espacement des fréquences sous-porteuses	15 kHz, 37,5 kHz
Durée des trames	2.5ms, 5 ms ,10 ms,
Nombre d'intervalles de temps	4, 8, 1016, 20 intervalles
Méthode de modulation	MDP-2, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-256
Technologies permettant une utilisation efficace du spectre	Réseau d'antennes adaptatives, AMRE, MIMO
Débit maximal de transmission des canaux/20 MHz (si unique entrée, unique sortie (SISO)) Liaison montante: liaison descendante = 1:3	Liaison montante: 15 Mbit/s Liaison descendante: 55 Mbit/s

**Normes**

Les spécifications de l'«eXtended Global Platform» élaborées par le XGP Forum sont disponibles sous forme électronique sur leur site web.

«A-GN4.00-01-TS: eXtended Global Platform Specifications» <http://www.xgpforum.com>.

L'Association of Radio Industries and Businesses (ARIB) a également normalisé l'«eXtended Global Platform» en vue de son utilisation au Japon.

La norme ARIB de l'«eXtended Global Platform» est également disponible sur le site web de l'ARIB

«ARIB STD-T95: OFDMA/TDMA TDD Broadband Access System ARIB STANDARD»  
<http://www.arib.or.jp/english/index.html>.

La norme «ARIB STD-T95» inclut des spécifications relatives à la réglementation japonaise ainsi que les spécifications d'origine du système.

## Annexe 7

### **IEEE 802.20: Standard air interface for mobile broadband wireless access supporting vehicular mobility (*Interface radioélectrique normalisée pour l'accès hertzien à large bande prenant en charge la mobilité véhiculaire*)**

La norme IEEE 802.20 a été élaborée pour offrir un accès à large bande IP (Internet) dans un environnement mobile. Cette norme inclut un mode large bande et un mode multiporteuse 625k. Le duplexage DRT est pris en charge par le mode large bande et le mode multiporteuse, le duplexage DRF est pris en charge par le mode large bande.

#### **1 Aspects relatifs aux systèmes**

La norme 802.20 spécifie les prescriptions destinées à garantir la compatibilité entre un terminal d'accès conforme et un noeud d'accès conforme ou une station de base, se conformant aux modes de la norme correctement choisis.

L'objectif de la norme 802.20 est de pouvoir avoir une structure fixe hiérarchique de retour (habituelle dans un environnement cellulaire) ou bien une structure de retour plus dynamique et non hiérarchique. L'architecture de la norme 802.20 est destinée à offrir un cadre de rétrocompatibilité pour les futures adjonctions de services et le développement des capacités des systèmes, sans perte de rétrocompatibilité, et prise en charge des technologies antérieures.

Le mode large bande est fondé sur la technique AMROF et est conçu pour fonctionner dans des largeurs de bande comprises entre 5 et 20 MHz, du duplex DRF et du duplex DRT. Pour les systèmes disposant de plus de 20 MHz, le mode large bande définit un mode multiporteuse approprié qui peut prendre en charge des largeurs de bande plus grandes.

Le mode 625-MC (625 multiporteuses) est une interface hertzienne DRT qui a été conçue pour tirer parti au maximum du traitement du signal délivré par des antennes adaptatives, multiples. Le mode 625-MC permet un accès hertzien à large bande en utilisant plusieurs porteuses radiofréquence avec un espacement de 625 kHz entre porteuses qui en général sont utilisées pour des tailles de bloc de canal de 5 MHz ou plus. Le mode 625-MC prend en charge l'agrégation de plusieurs porteuses RF DRT afin d'augmenter encore plus les débits maximaux de données disponibles par utilisateur.

#### **1.1 Mode large bande – caractéristiques de la couche physique**

Le mode 802.20 large bande permet la prise en charge de la couche physique fondée sur l'AMROF à la fois pour les liaisons aller et retour. Prenant en charge les systèmes DRF et DRT, la couche PHY utilise un signal en bande de base analogue pour les deux systèmes, ce qui diminue le nombre de technologies à mettre en oeuvre par les fournisseurs. La spécification définit des ensembles de signaux jusqu'au MAQ-64 avec HARQ synchrone à la fois pour les liaisons aller et retour, afin d'améliorer les débits dans des environnements dynamiques. Pour pouvoir tenir compte de différents environnements, plusieurs schémas de codage différents sont pris en charge notamment les codes convolutionnels, les codes turbo, et un schéma de contrôle LDPC optionnel offrant des performances comparables sinon meilleures que les codes turbo au niveau de toutes les terminaisons HARQ.

Bien que la couche physique RL soit basée sur l'AMROF, une partie de la signalisation de terminal d'accès vers réseau d'accès se fait sur un segment de contrôle AMRC intégré dans certaines sous-porteuses du signal AMROF. Cette caractéristique originale permet d'avoir une signalisation fiable et continue du terminal d'accès au réseau d'accès et peut utiliser des techniques de transfert progressif, et autres techniques mises au point pour la transmission cellulaire AMRC. Le résultat est

une amélioration de la fiabilité de la signalisation RL, et la continuité du canal de signalisation même pendant les transitions tels les accès et les transferts. Comme le segment AMRC est «sauté» sur tout le canal large bande, le réseau d'accès peut aisément effectuer les mesures à large bande nécessaires pour améliorer la gestion des brouillages et des ressources.

## 1.2 Mode large bande – techniques multi-antennes

D'un point de vue système, la technologie 802.20 spécifie plusieurs techniques multi-antennes à utiliser avec le FL. Les utilisateurs de la SISO et de la MIMO peuvent être simultanément pris en charge, ce qui optimise au maximum la perception du service par l'utilisateur en tenant compte des conditions qui règnent dans le canal. Pour les utilisateurs qui sont près de l'AP, la MIMO permet d'obtenir de très grandes vitesses de transmission. La synthèse des faisceaux permet d'augmenter le débit de données d'utilisateur en focalisant la puissance émise en direction de l'utilisateur, ce qui permet de plus grands rapports SINR au niveau du terminal d'accès. L'accès AMRS augmente encore plus la capacité d'un secteur en autorisant des émissions simultanées vers des utilisateurs distincts utilisant les mêmes ensembles de sous-porteuses. Ainsi, l'association MIMO-AMRS permet d'améliorer les débits de données d'utilisateur dans les régions où les rapports SINR sont faibles ou élevés.

## 1.3 Caractéristiques de Mode 625k – MC-interface radioélectrique

Le projet de spécification de la 625k-MC de l'IEEE 802.20 est une amélioration des spécifications de base de la norme intitulée «High Capacity-Spatial Division Multiple Access (HC-SDMA) Radio Interface Standard» (ATIS.0700004.2005) et est entièrement rétrocompatible avec les systèmes mis en place commercialement fondés sur les spécifications HC-SDMA.

Le mode 625k-MC, qui est uniquement conçu autour d'antennes multiples avec traitement spatial et accès multiple par répartition spatiale (AMRS), permet le transfert du trafic IP, y compris des données IP à large bande, via un modèle de référence en couches comme montré à la Fig. 2. La couche physique (PHY) et les couches liaison de données (MAC et LLC) sont ajustées de manière optimale afin de tirer parti au maximum des technologies de traitement spatial à savoir: traitement des antennes adaptatives et AMRS, amélioration de l'efficacité spectrale et de la capacité et plus grande couverture tout en permettant une exploitation économique même lorsque le spectre disponible n'est que de 625 kHz. Ensuite, les couches physique et liaison de données acceptent des débits de données plus élevés et des débits en permettant l'agrégation de plusieurs porteuses de 625 kHz, d'où le nom «mode 625k-MC mode».

[https://sbwsweb.ieee.org/ecustomer/me\\_enu/start.swe?SWECmd=GotoView&SWEView=Catalog+View+\(eSales\)\\_Standards\\_IEEE&mem\\_type=Customer&SWEHo=sbwsweb.ieee.org&SWETS=1192713657](https://sbwsweb.ieee.org/ecustomer/me_enu/start.swe?SWECmd=GotoView&SWEView=Catalog+View+(eSales)_Standards_IEEE&mem_type=Customer&SWEHo=sbwsweb.ieee.org&SWETS=1192713657).

## Annexe 8

### Norme sur l'interface radioélectrique du système d'accès hertzien à large bande SCDMA

#### 1 Présentation de l'interface radioélectrique

L'interface radioélectrique normalisée définit la couche physique basée sur DRT/AMROF à répartition de code (AMROF-RC) et la couche contrôle d'accès au support (MAC)/contrôle de la liaison de données (DLC). Un système mobile à large bande en mode données par paquets construit conformément à l'interface radioélectrique normalisée prend en charge une gamme complète d'applications, y compris les données traitées au mieux, les données multimédia en temps-réel, données et voix simultanées.

L'interface radioélectrique est optimisée en vue d'offrir une un service vocal à haute efficacité, une mobilité totale et une grande efficacité spectrale dans le cas d'un déploiement sur une seule fréquence. Les techniques à antennes multiples telles la synthèse de faisceau, l'annulation et la diversité d'émission ont été intégrées à l'interface radioélectrique afin d'offrir une meilleure couverture, de meilleures performances de mobilité et une meilleure atténuation des brouillages dans le but de prendre en charge des installations avec un facteur de réutilisation de fréquences  $N=1$ .

L'interface radioélectrique prend en charge une largeur de bande de canal multiple de 1 MHz jusqu'à 5 MHz. La structuration en sous-canaux et l'étalement de code, spécialement définis dans chaque largeur de bande de 1 MHz, permet une diversité de fréquences et une capacité d'observation des brouillages pour l'attribution des ressources radio avec une granularité de largeur de bande de 8 kbit/s. La structuration en canaux permet aussi l'attribution coordonnée dynamique des canaux parmi les cellules afin d'éviter efficacement les brouillages réciproques. Un système utilisant une largeur de bande de 5 MHz peut prendre en charge 120 utilisateurs actifs communs. Les assignations de sous-canaux et de puissances pour plusieurs utilisateurs sont ainsi effectuées sur la base des conditions de propagations sur la liaison et des niveaux de brouillage de la liaison.

L'interface radioélectrique normalisée prend en charge les modulations MDP-4, MDP-8, MAQ-16 et MAQ-64 pour les liaisons descendantes et les liaisons montantes, ce qui confère une efficacité spectrale de 3 bit/s/Hz pour une configuration à une antenne d'émission et à une antenne de réception. Ce système utilise le mode duplex DRT pour séparer les émissions sur les liaisons montantes et des émissions sur les liaisons descendantes. Le rapport entre le débit de données sur la liaison montante et celui sur la liaison descendante peut être ajusté de manière souple en modifiant le point de basculement de la liaison montante et de la liaison descendante.

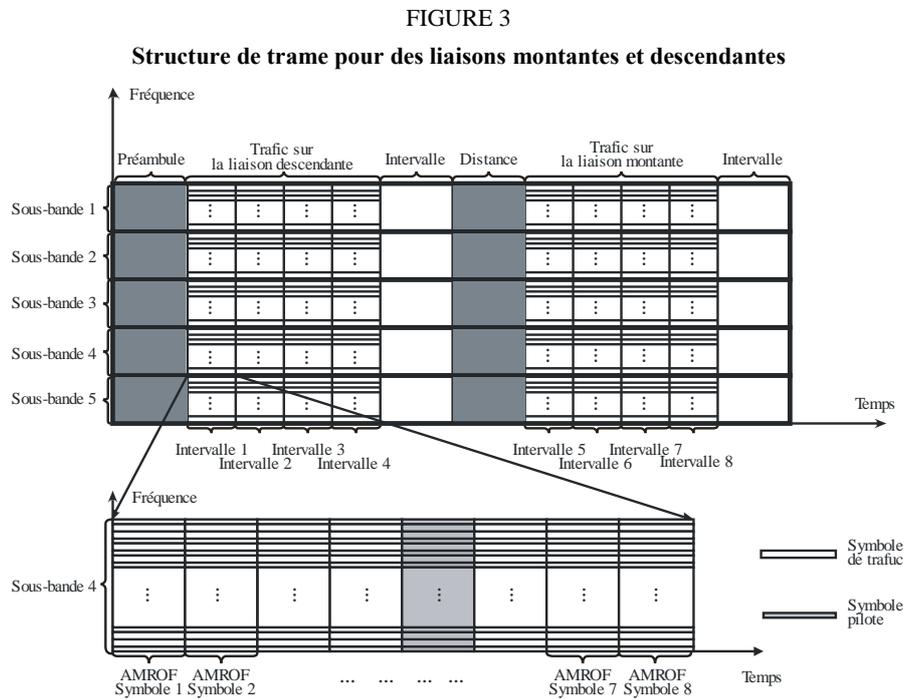
Le MAC/DLC assure le contrôle d'accès, la gestion de session et la récupération après erreur par ARQ. Il gère les assignations de largeur de bande, l'attribution des canaux et le séquençement des paquets conformément aux demandes en largeur de bande des utilisateurs, des priorités des utilisateurs, des demandes de QoS/GoS des utilisateurs et de conditions relatives aux canaux.

#### 2 Aspects généraux de l'interface radioélectrique

##### 2.1 L'AMROF-RC et la structure de trame

L'interface radioélectrique normalisée utilise le mode d'accès AMROF-RC comme technique centrale à la fois pour la transmission du signal et l'accès multiple. L'accès AMROF-RC s'appuie sur la technique AMROF. Tout comme dans l'AMROF chaque utilisateur se voit attribuer un ensemble dédié de grilles temps-fréquence pour la communication de manière à ce qu'il n'y ait pas de brouillage

de l'accès multiple et de brouillage par trajets multiples. Toutefois, à la différence de l'AMROF, où chaque symbole est directement mis en correspondance avec une grille temps-fréquence, un vecteur du signal AMROF-RC est produit par pré-codage d'un vecteur des symboles codés. Le vecteur résultant du signal AMROF-RC est ensuite mis en correspondance avec plusieurs grilles temps-fréquence qui sont étalés dans le temps et en fréquence. Ainsi, les signaux sont transmis avec une diversité de fréquence et de temps intrinsèques. La structure de trame suivante illustre bien l'AMROF-RC et l'accès multiple.

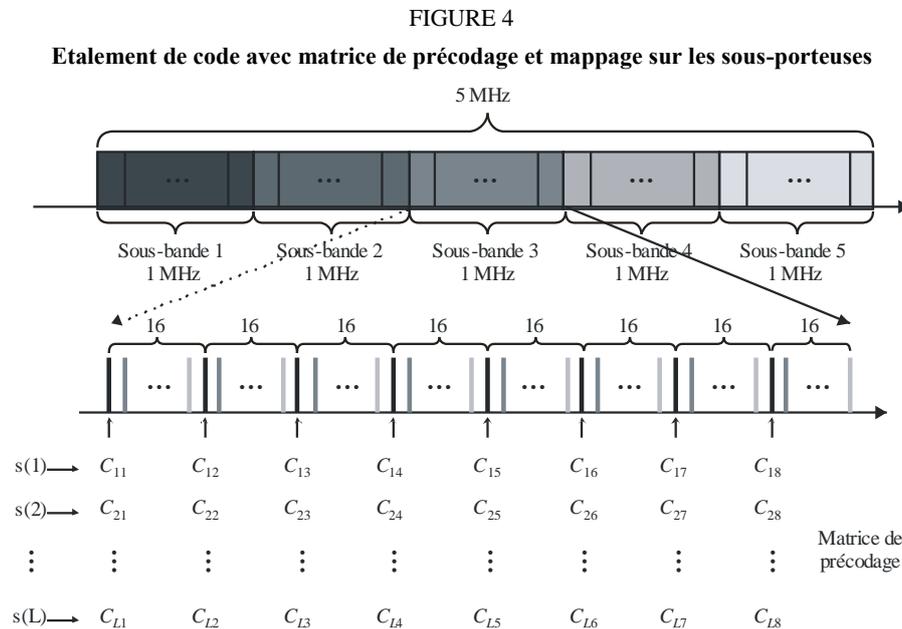


Dans la Fig. 3, la bande de 5 MHz est divisée en cinq sous-bandes de 1 MHz. Chaque sous-bande se compose de 128 sous-porteuses qui sont partitionnées en 16 sous-canaux, chaque sous-canal comportant huit porteuses distribuées. La trame DRT AMROF-RC a une durée de 10 ms, constituée d'un intervalle préambule, un intervalle distance, huit intervalles de trafic et deux intervalles de garde. Le rapport intervalles de trafic sur la liaison montante à intervalles de trafic sur la liaison descendante peut être configuré. Chaque intervalle inclut 8/10 symboles AMROF consécutifs. La liste des paramètres de base du signal AMROF-RC est donnée au Tableau 4.

TABLEAU 4  
Paramètres de base du signal AMROF-RC

Paramètre	Valeurs
Taille FFT	1 024
Espacement entre sous-porteuses	7,8125 kHz
Durée de symbole AMROF-RC	137,5 µs
Durée du préfixe cyclique	9,5 µs
Largeur de bande occupée par la station de base	5 MHz
Nombre de sous-porteuses de garde	32

Toutes les sous-porteuses à l'intérieur d'une sous-bande et d'un intervalle de temps forment un bloc de ressources qui contient 128 sous porteuses et huit symboles AMROF. L'étalement de code est effectué sur les huit sous-porteuses uniformément réparties dans la sous-bande de 1 MHz. Un vecteur de signal AMROF-RC de taille 8-par-1 est produit par multiplication gauche d'un vecteur de symbole codé L-par-1 par une matrice de précodage de dimensions 8-par-L. Les huit signaux résultants sont alors mis en correspondance avec les huit sous-porteuses. L est le facteur de charge de l'étalement de code qui est un entier variable inférieur ou égal à 8. Ce schéma est illustré à la Fig. 4.



M.1801-04

## 2.2 Caractéristiques fondamentales de l'interface radioélectrique normalisée

L'interface radioélectrique normalisée offre un cadre optimisé pour l'intégration de techniques PHY/MAC/DLC tels les antennes multiples perfectionnées, les facteurs de charge adaptatifs, les modulations, les attributions dynamiques de canaux, l'exécution avant interruption, les transferts et le contrôle de la QoS/GoS. Le système mobile à large bande fondé sur l'interface radioélectrique normalisée offre une souplesse de déploiement permettant de respecter diverses prescriptions de couverture, de capacité et de service.

### 2.2.1 Techniques à antennes multiples

La structure de la trame DRT/AMROF-RC se prête à l'application de techniques à antennes multiples. Avec la synthèse des faisceaux de liaison montante et de liaison descendante, la qualité des liaisons et la couverture sont fortement améliorées tout en réduisant les brouillages entre cellules. La technique d'annulation spatiale optimisée permet au système de fonctionner en présence de brouillages intenses. L'émission de signal par synthèse de faisceaux multiples améliore la fiabilité de la communication sur la liaison descendante.

### 2.2.2 Duplex à répartition dans le temps (DRT)

La structure de la trame DRT/AMROF-RC prend en charge des rapports ajustables de débits entre liaison montante et liaison descendante égaux à 1,7; 2,6; 3,5; 4,4; 5,3; 6,2 et 7,1. Le duplex DRT rend utilisables de nombreuses fréquences non appariées pour le service d'accès à large bande. L'interface radioélectrique normalisée est insensible au brouillage entre stations de base en raison de la longue distance et en même temps accepte une couverture de plus de 80 km entre station de base et terminal.

### 2.2.3 Facteur de charge et modulation adaptatifs

L'interface radioélectrique normalisée prend en charge sur les liaisons montantes et les liaisons descendantes les schémas de modulation MDP4, MDP8, MAQ16 et MAC64. La correction d'erreur directe utilise un code de Reed-Solomon réduit (31,29) avec un débit de code fixe de 96/106. Le contrôle de débit selon le canal est réalisé par ajustement conjoint de l'ordre de modulation et du facteur de charge de l'étalement de code en fonction de l'affaiblissement de propagation, des conditions régnant dans le canal, de la demande de largeur de bande et du niveau de service (GoS) de l'utilisateur afin d'obtenir une efficacité spectrale optimale tenant compte du système.

### 2.2.4 Allocation dynamique des canaux

L'interface radioélectrique dispose d'un mécanisme intelligent de détection et d'évitement des brouillages. La station de base attribue des canaux à chaque terminal, fondé sur la distribution en temps réel des brouillages sur la liaison montante et la liaison descendante observés par tous les terminaux. De cette façon, chaque terminal peut toujours communiquer dans les sous-canaux où le niveau de brouillage est le plus faible. Cette technique associée à la technique d'annulation adaptative, rend possible un déploiement avec un facteur de réutilisation de fréquence égal à 1.

### 2.2.5 Qualité de service/niveau de service (QoS/GoS)

L'interface radioélectrique dispose d'un mécanisme de contrôle de la QoS/GoS permettant de respecter les prescriptions de qualité des différentes classes de service. Ce mécanisme fait appel à l'adaptation des liaisons en fonction de la QoS, au séquençement des paquets et à la gestion de la largeur de bande en fonction de la GoS. Huit niveaux de QoS et huit niveaux de GoS sont définis pour l'interface radioélectrique.

### 2.2.6 Mobilité

La structure de trame DRT/AMROF-RC permet une assignation dynamique de pilotes fondée sur les caractéristiques de mobilité des terminaux. Un plus grand nombre de pilotes est attribué pour les sous-canaux attribués pour les terminaux en déplacement rapide afin de pister les canaux à variation rapide. L'interface radioélectrique prend en charge le transfert du type «exécuter avant interruption» en permettant au terminal de communiquer avec la station de base d'ancrage et la station de base cible simultanément ce qui permet de tester la fiabilité des connexions avant le basculement éventuel sur la station de base cible.

## Références

Technical Requirements for Air Interface of SCDMA Broadband Wireless Access System (YD/T 1956-2009) <http://www.ccsa.org.cn/worknews/content.php3?id=2393>.

## Annexe 9

### Caractéristiques fondamentales des normes

Le Tableau 5 présente un récapitulatif des caractéristiques fondamentales de chaque norme.

TABLEAU 5

## Paramètres techniques fondamentaux

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse 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	AMROF AMRT	5 ms Autres options: 2, 2,5, 4, 8, 10, 12,5 et 20 ms	Mobile
Norme ATIS-0700004-2005 relative à l'accès multiple par répartition spatiale à haute capacité (AMRE-HC) (Annexe 5)	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 de bloc	Flux montant: 2,866 Mbit/s × 8 sous-canaux × 4 canaux spatiaux = 91,7 Mbit/s Flux descendant: 2,5 Mbit/s × 8 sous-canaux × 4 canaux spatiaux = 80 Mbit/s	Oui	Oui	DRT	AMRT/ AMRF/ AMRE	5 ms	Mobile
eXtended Global Platform (Annexe 6)	1,25 MHz 2,5 MHz 5 MHz 10 MHz 20 MHz	Flux montant et flux descendant: MDP-2 MDP-4 MAQ-16 MAQ-64 MAQ-256	Code convolusionnel Code turbo (option)	Flux montant: 15 Mbit/s Flux descendant: 55 Mbit/s (dans le cas de canaux de 20 MHz, SISO, UL:DL=1:3)	Oui (option)	Oui (option)	DRT	AMROF SC-AMRF AMRT	2,5 ms, 5 ms, 10 ms	Mobile

TABLEAU 5 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse 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 802.11-2012 Sous- paragraphe 17 (précédemment 802.11b) (Annexe 1)	22 MHz	Flux montant et flux descendant: MDP-4D CCK MDP-2 PBCC – 1/2 MDP-4 PBCC – 1/2	Non codé/ CC	2,5 Mbit/s	Non	Non	DRT	AMEC/CA	Durée de trame variable	Nomade
IEEE 802.11-2012 Sous- paragraphe 18 (précédemment 802.11a, 802.11j et 802.11y) (Annexe 1)	5 MHz 10 MHz 20 MHz	Flux montant et 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	AMEC/CA	Durée de trame variable	Nomade
IEEE 802.11-2012 Sous- paragraphe 19 (précédemment 802.11g) (Annexe 1)	20 MHz	Flux montant et 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 MDP-4 DSSS-MROF – 1/2, 3/4 MDP-2 DSSS-MROF – 1/2, 3/4	CC	13,5 Mbit/s	Non	Non	DRT	AMEC/CA	Durée de trame variable	Nomade

TABLEAU 5 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse 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 802.11-2012 Sous- paragraphe 20 (précédemment 802.11n) (Annexe 1)	20 MHz 40 MHz	Flux montant et flux descendant: MAQ-64 MROF – 2/3, 3/4, 5/6 MAQ-16 MROF – 1/2, 3/4 MDP-4 MROF – 1/2, 3/4 MDP-2 MROF – 1/2	CC et LDPC	75 Mbit/s	Oui	Oui	DRT	AMEC/ CA	Durée de trame variable	Nomade
Norme ETSI BRAN HiperLAN 2 (Annexe 1)	20 MHz	Flux montant et flux descendant: MAQ-64-MROF MAQ-16-MROF MDP-4-MROF MDP-2-MROF	CC	6, 9, 12, 18, 27, 36 et 54 Mbit/s dans un canal de 20 MHz (seuls les canaux de 20 MHz sont pris en charge)	Non	Non	DRT	AMRT	2 ms	Nomade
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	Convolutionnel	6-54 Mbit/s dans 20 MHz	Non	Non	DRT	AMRT	2 ms	Nomade

TABLEAU 5 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
Système AMRC à étalement direct IMT-2000 (Annexe 2)	5 MHz (E-UTRAN) Souple 1,4 MHz; 3 MHz; 5 MHz; 10 MHz; 15 MHz; 20 MHz; regroupement des porteuses jusqu'à 100 MHz	Flux montant: MDP-4 MAQ-16 Flux descendant: MAQ-16, MDP-4 MAQ-64  (E-UTRAN) MDP-4 MAQ-16, MAQ-64 Taux de code entièrement variable avec ARQ hybride, redondance par incréments.	Code turbo convolusionnel (E-UTRAN) Code turbo pour les données; code convolusionnel et code de bloc pour certains canaux de commande	Flux montant: 11,5 Mbit/s Flux descendant: 42 Mbit/s (E-UTRAN) Flux montant: 300 Mbit/s/ 20 MHz <sup>(3)</sup> Flux descendant: 600 Mbit/s/ 20 MHz <sup>(3)</sup> Flux montant: 1,5 Gbit/s, canaux regroupés de 100 MHz <sup>(4)</sup> Flux descendant: 3 Gbit/s, canaux regroupés de 100 MHz <sup>(4)</sup>	Oui	Oui	DRF HD-FDD	AMRC (E-UTRAN) MROF sur la liaison descendante SC-AMRF sur la liaison montante	2 ms et 10 ms (E-UTRAN) 10 ms Durée de la sous-trame: 1 ms	Mobile

TABLEAU 5 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
AMRC à porteuses multiples IMT-2000 (Annexe 2)	1,25 MHz et 3,75 MHz (cdma2000)  1,25-20 MHz (cdma2000 HRPD) 1,25-20 MHz, granularité. 153,6 kHz (UMB)	Flux montant: MDP-2, MDP-4 MDP-8  Flux descendant: MDP-4-, MDP-8, MAQ-64 (cdma2000)  MDP-4, MDP-8, MAQ-16, MAQ-64 (cdma2000 HRPD)  MDP-4, MDP-8, MAQ-16, MAQ-64 (UMB)	Convolu- tionnel/ turbo (cdma2000 et cdma2000 HRPD) Convolu- tionnel/ turbo/ LDPC (optionnel) (UMB)	Liaison montante: 1,8 Mbit/s par canal de 1,25 MHz  Liaison descendante: 3,1 Mbit/s par canal de 1,25 MHz (cdma2000)  Liaison montante: 4,3 Mbit/s par canal de 1,25 MHz  Liaison descendante: 18,7 Mbit/s par canal de 1,25 MHz (cdma2000 HRPD)  Liaison montante: 75 Mbit/s pour 20 MHz  Liaison descendante 228 Mbit/s pour 20 MHz (UMB)	Non (cdma2000)   Oui (cdma2000 HRPD, UMB)	Non (cdma 2000)   Oui (cdma 2000 HRPD, UMB)	DRF (cdma 2000 et cdma2000 HRPD)   DRF/DRT (UMB)	AMRC (cdma2000)   AMRC, MROF et AMROF (cdma2000 HRPD)  AMRC et AMROF (UMB)	Liaison descendante: 1,25; 1,67; 2,5; 5,0; 10; 20; 40, 80 ms Liaison montante: 6,66; 10; 20; 26,67; 40, 80 ms (cdma2000)  Liaison descendante: 1,67; 3,33; 6, 66; 13,33; 26,67 Liaison montante: 1,67; 6; 66; 13,33; 20; 26,67 (cdma2000 HRPD) Liaison descendante: 0,911 ms Liaison montante: 0,911 ms (UMB)	Mobile

TABLEAU 5 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
AMRC DRT IMT-2000 (Annexe 2)	Option DRT à 1,28 Méléments/s inférieur à 1,6 MHz Option DRT à 3,84 Méléments/s inférieur à 5 MHz Option DRT à 7,68 Méléments/s inférieur à 10 MHz (E-UTRAN) souple 1,4 MHz; 3 MHz; 5 MHz; 10 MHz; 15 MHz et 20 MHz; espacement des porteuses allant jusqu'à 100 MHz	Option DRT à 1,28 Méléments/s Flux montant: MDP-8, MDP-4, MAQ-16 Flux descendant: MDP-8, MAQ-16, MDP-4 Option DRT à 3,84 Méléments/s Flux montant: MAQ-16, MDP-4 Flux descendant: MAQ-16, MDP-4 Option à 7,68 Méléments/s Flux montant: MAQ-16, MDP-4 Flux descendant: MAQ-16, MDP-4 Option DRT à 7 (E-UTRAN) MDP-4, MAQ-16, MAQ-64 Taux de code entièrement variable avec ARQ hybride, redondance par incrément.	Convolutionnel turbo  (E-UTRAN) Code turbo pour les données; code convolutionnel et code de bloc pour certains canaux de commande	Option DRT à 1,28 Méléments/s Flux montant: 2,2 Mbit/s/ 1,6 MHz <sup>(2)</sup> Flux descendant: 2,8 Mbit/s/ 1,6 MHz <sup>(2)</sup> Option DRT à 3,84 Méléments/s Flux montant: 9,2 Mbit/s Flux descendant: 10,2 Mbit/s Option DRT à 7,68 Méléments/s Flux montant: 17,7 Méléments/s/ 10 MHz Flux descendant: 20,4 Mbit/s/10 MHz (E-UTRAN) Flux montant: 300 Mbit/s/ 20 MHz <sup>(3)</sup> Flux descendant: 600 Mbit/s/ 20 MHz <sup>(3)</sup> Flux montant: 1,5 Gbit/s, canaux regroupés de 100 MHz <sup>(4)</sup> Flux descendant: 3 Gbit/s, canaux regroupés de 100 MHz <sup>(4)</sup>	Oui	Non (E-UTRAN) Oui	DRT	AMRT/ AMRC (E-UTRAN) MROF dans la liaison descendante. SC-AMRT dans la liaison montante	Option DRT à 1,28 Méléments/s 10 ms durée de sous-trame. 5 ms Option DRT à 3,84 Méléments/s 10 ms Option DRT à 7,68 Méléments/s 10 ms (E-UTRAN) 10 ms durée de Sous-trame: 1 ms	Mobile

TABLEAU 5 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> — flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
AMRT à porteuse unique IMT-2000 (Annexe 2)	2 × 200 kHz 2 x 200 KHz double 2 × 1,6 MHz	Flux montant: – MDMG – MDP-8 – MDP-4 – MAQ-16 – MAQ-32 – MAQ décalée à 2 états – MAQ décalée à 4 états 0,329 – 1/1  Flux descendant: – MDMG – MDP-8 – MAQ-4 – MAQ-16 – MAQ-32 – MAQ décalée à 2 états – MAQ décalée à 4 états 0,329 – 1/1	Convolutionnel poinçonné Code Turbo	Flux montant: 16,25 Mbit/s 20,312 Mbit/s 40,625 Mbit/s  Flux descendant: 16,25 Mbit/s 20,312 Mbit/s 40,625 Mbit/s	Pas explicite mais pas exclu	Pas explicite mais pas exclu	DRF	AMRT	4,6 ms 4,615 ms	Mobile
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

TABLEAU 5 (suite)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse de faisceaux (oui/non)	Prise en charge de MIMO (oui/non)	Méthode duplex	Méthode d'accès multiple	Durée de trame	Mobilité possible (nomade/mobile)
AMROF DRT WMAN IMT-2000 (Annexe 2)	5 MHz, 7 MHz, 8,75 MHz 10 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	AMROF	5 ms	Mobile
LTE-Advanced (Annexe 3)	Souple 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz; espacement des porteuses pouvant aller jusqu'à 100 MHz	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64. Taux de code entièrement variable avec ARQ hybride et redondance incrémentielle.	Code turbo pour les données; code convolutif et code de bloc pour certains canaux de commande	Flux montant: 300 Mbit/s dans 20 MHz <sup>(3)</sup> Flux descendant: 600 Mbit/s dans 20 MHz <sup>(3)</sup> Flux montant: 1,5 Gbit/s dans canaux regroupés de 100 MHz <sup>(4)</sup> Flux descendant: 3 Gbit/s dans canaux regroupés de 100 MHz <sup>(4)</sup>	Oui	Oui	FDD TDD HD-FDD	OFDM en liaison descendante et SC-FDMA en liaison montante	10 ms Longueur des sous-trames 1 ms	Mobile

TABLEAU 5 (*fin*)

Norme	Largeur de bande nominale des canaux radioélectriques	Modulation/taux de codage <sup>(1)</sup> – flux montant – flux descendant	Support de codage	Débit maximal de transmission par voie de 5 MHz (sauf indication contraire)	Synthèse 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 802.20 (Annexe 7)	Souple de 625 kHz jusqu'à 20 MHz	Mode large bande: Flux montant: MDP-4-4; MDP-8 MAQ-16, MAQ-64 Flux descendant: MDP-4; MDP-8 MAQ-16, MAQ-64  Mode 625 kHz: MDP-2 $\pi/2$ , MDP-4, MDP-8, MAQ-12, MAQ-16, MAQ-24, MAQ-32, MAQ-64	Convolutionnel, Turbo, LDPC, Code avec contrôle de parité, Code de Hamming élargi	Débit max. de données de 288 Mbit/s sur la liaison descendante et 75 Mbit/s sur la liaison montante dans 20 MHz	Oui. AMDS et prise en charge de la synthèse de faisceau sur les liaisons aller et retour	Oui. Mode code unique ou mots de code multiple MIMO pris en charge	DRT DRF; HFDD	AMROF AMRT AMRF AMRE	Mode large bande. 0,911 ms  Mode 625 kHz. 5 ms	Mobile
YD/T 1956-2009 Interface radio de l'accès hertzien à large bande de l'AMRE Norme système (Annexe 8)	Multiple de 1 MHz jusqu'à 5 MHz	MDP-4, MDP-8 MAQ-16, MAQ-64	Reed-Solomon	15 Mbit/s dans 5 MHz	Oui	Oui	DRT	AMROF-CS	10 ms	Mobile

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

(2) Dans 5 MHz de spectre, trois porteuses DRT à 1,28 Méléments/s LCR peuvent être déployées.

(3) L'E-UTRAN prend en charge un fonctionnement à largeur de bande modulable jusqu'à 20 MHz à la fois sur la liaison montante et la liaison descendante.

(3) E-UTRAN accepte un espacement des porteuses allant jusqu'à 100 MHz.