

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.2047-0
(12/2013)

**Spécifications détaillées des interfaces
radioélectriques de la composante satellite
des télécommunications mobiles
internationales évoluées**

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

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

Publication électronique
Genève, 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.2047-0

Spécifications détaillées des interfaces radioélectriques de la composante satellite des télécommunications mobiles internationales évoluées

(2013)

Domaine d'application

La présente Recommandation recense les technologies des interfaces radioélectriques de la composante satellite des télécommunications mobiles internationales évoluées (IMT évoluées) et fournit les spécifications détaillées de ces interfaces radioélectriques.

Ces spécifications des interfaces radioélectriques de Terre décrivent précisément les caractéristiques et les paramètres de la composante satellite des IMT évoluées. La présente Recommandation permet notamment de garantir la compatibilité à l'échelle mondiale, l'itinérance à l'échelle internationale et l'accès aux services de données à haut débit.

Mots clés

Composante satellite; interface radioélectrique; IMT évoluées; interface SAT-OFDM; technologie BMSat.

Abréviations/Glossaire

3GPP	projet de partenariat de troisième génération (<i>third generation partnership project</i>)
ACK	accusé de réception (<i>acknowledgement</i>)
AI	indicateur d'acquisition (<i>acquisition indicator</i>)
AM	mode avec accusé de réception (<i>acknowledged mode</i>)
AMC	modulation et codage adaptatifs (<i>adaptive modulation and coding</i>)
ARQ	demande de répétition automatique (<i>automatic repeat request</i>)
AS	strate avec accès (<i>access stratum</i>)
BCCH	canal de commande de diffusion (<i>broadcast control channel</i>)
BCH	canal de diffusion (<i>broadcast channel</i>)
BPSK	modulation par déplacement de phase bivalente (<i>binary phase shift keying</i>)
BSR	rapport sur l'état du tampon (<i>buffer status reporting</i>)
CCCH	canal de commande commun (<i>common control channel</i>)
CCE	élément de canal de commande (<i>control channel element</i>)
CCSA	China communications standards association
CFI	indicateur de format de commande (<i>control format indicator</i>)
CGC	composante au sol complémentaire (<i>complementary ground component</i>)
CoMT	transmission coordonnée multipoint (<i>coordinated multi-point transmission</i>)
CP	préfixe cyclique (<i>cyclic prefix</i>)
CQI	informations sur la qualité du canal (<i>channel quality information</i>)
CRC	contrôle de redondance cyclique (<i>cyclic redundancy check</i>)
CRS	signaux de référence propres à une cellule (<i>cell-specific reference signals</i>)
C-RNTI	identificateur temporaire de réseau radioélectrique de commande (<i>control-radio network temporary identifier</i>)
CSI	informations sur l'état du canal (<i>channel state information</i>)

DCCH	canal réservé à la commande (<i>dedicated control channel</i>)
DCI	informations de commande de liaison descendante (<i>downlink control information</i>)
DFT	transformation de Fourier discrète (<i>discrete Fourier transform</i>)
DFT-S-OFDM	multiplexage par répartition en fréquences orthogonales selon une transformation de Fourier discrète (<i>discrete Fourier transform-spread orthogonal frequency division multiplexing</i>)
DL	liaison descendante (<i>downlink</i>)
DL-SCH	canal partagé de liaison descendante (<i>downlink shared channel</i>)
DM-RS	signaux de référence de démodulation (<i>demodulation reference signals</i>)
DSAT-eNB	composante satellite donneur eNodeB (<i>donor satellite eNodeB</i>)
DTCH	canal réservé au trafic (<i>dedicated traffic channel</i>)
ECR	taux de codage efficace (<i>efficient code rate</i>)
EF	fluctuation de l'enveloppe (<i>envelop fluctuation</i>)
E-PPCH	canal physique de radiomessagerie améliorée (<i>enhanced physical paging channel</i>)
E-USRA	accès radioélectrique universel évolué par satellite (<i>evolved universal satellite radio access</i>)
E-USRAN	réseau d'accès radioélectrique universel évolué par satellite (<i>evolved universal satellite radio access network</i>)
FEC	correction d'erreur vers l'avant (<i>forward error correction</i>)
FDD	mode duplex à répartition en fréquences (<i>frequency division duplexing</i>)
FDMA	accès multiple à répartition en fréquences (<i>frequency division multiple access</i>)
FFR	réutilisation partielle des fréquences (<i>fractional frequency reuse</i>)
FSTD	diversité de transmission assurée par la commutation de fréquences (<i>frequency switched transmit diversity</i>)
GBR	débit binaire garanti (<i>guaranteed bit rate</i>)
GEO	orbite terrestre géostationnaire (<i>geostationary earth orbit</i>)
GNSS	système mondial de navigation par satellite (<i>global navigation satellite system</i>)
GPS	système mondial de localisation (<i>global positioning system</i>)
GSO	orbite de satellite géostationnaire (<i>geostationary-satellite orbit</i>)
G/T	rapport gain d'antenne/température de bruit (<i>antenna gain-to-noise temperature</i>)
GTP	protocole de tunnellation du service général de radiocommunication en mode paquet (<i>general packet radio service tunnelling protocol</i>)
HARQ	demande ARQ hybride (<i>hybrid ARQ</i>)
HEO	orbite fortement elliptique (<i>highly elliptical orbit</i>)
HI	indicateur d'HARQ (<i>HARQ indicator</i>)
IBIC	coordination en termes de brouillage entre les faisceaux (<i>inter-beam interference coordination</i>)
ID	identité
IFFT	transformation de Fourier rapide inverse (<i>inverse fast Fourier transform</i>)
IMAP	protocole d'accès à la messagerie Internet (<i>Internet message access protocol</i>)
IMT	télécommunications mobiles internationales (<i>international mobile telecommunications</i>)
IP	protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
ITS	systèmes de transport intelligents (<i>intelligent transport systems</i>)
IU	unité d'entrelacement (<i>interleaving unit</i>)

L2	couche 2 (<i>layer 2</i>)
LCID	identificateur de canal logique (<i>logical channel identifier</i>)
LEO	orbite terrestre basse (<i>low earth orbit</i>)
LHCP	polarisation circulaire gauche (<i>left hand circular polarisation</i>)
LTE	évolution à long terme (<i>long term evolution</i>)
MAC	commande d'accès au support physique (<i>medium access control</i>)
MBMS	service de diffusion et de multidiffusion multimédia (<i>multimedia broadcast and multicast service</i>)
MBSFN	diffusion/multidiffusion sur un réseau à fréquence unique (<i>multicast/broadcast over a single frequency network</i>)
MCCH	canal de commande de multidiffusion (<i>multicast control channel</i>)
MCH	canal de multidiffusion (<i>multicast channel</i>)
MCS	système de modulation et de codage (<i>modulation and coding scheme</i>)
MEO	orbite terrestre moyenne (<i>medium earth orbit</i>)
MES	station terrienne mobile (<i>mobile earth station</i>)
MIMO	antennes à entrées multiples et à sorties multiples (<i>multiple input and multiple output antennas</i>)
MME	entité de gestion de la mobilité (<i>mobility management entity</i>)
MMEC	code de l'entité de gestion de la mobilité (<i>mobility management entity code</i>)
MSS	service mobile par satellite (<i>mobile satellite service</i>)
MTCH	canal de trafic multidiffusion (<i>multicast traffic channel</i>)
NACK	accusé de réception négatif (<i>negative-acknowledgement</i>)
NAS	strate de nonaccès (<i>non-access stratum</i>)
NDI	indicateur de nouvelles données (<i>new data indicator</i>)
OFDM	multiplexage par répartition en fréquences orthogonales (<i>orthogonal frequency division multiplexing</i>)
OFDMA	accès multiple à répartition en fréquences orthogonales (<i>orthogonal frequency division multiple access</i>)
OSC	monoporteuse modulée par décalage (<i>offset-modulated single-carrier</i>)
PAPR	rapport puissance de crête/puissance moyenne (<i>peak to average power ratio</i>)
PBCH	canal physique de diffusion (<i>physical broadcast channel</i>)
PCCC	code convolutif concaténé parallèle (<i>parallel concatenated convolutional code</i>)
PCCH	canal de commande de radiomessagerie (<i>paging control channel</i>)
PCFICH	canal physique indicateur de format de commande (<i>physical control format indicator channel</i>)
PCH	canal de radiomessagerie (<i>paging channel</i>)
PDCCCH	canal physique de commande de liaison descendante (<i>physical downlink control channel</i>)
PDCP	protocole de convergence de données en mode paquet (<i>packet data convergence protocol</i>)
PDSCH	canal physique partagé de liaison descendante (<i>physical downlink shared channel</i>)
PDU	unité de données de protocole (<i>protocol data unit</i>)
PHICH	canal physique indicateur d'ARQ hybride (<i>physical hybrid ARQ indicator channel</i>)
PIRE	puissance isotrope rayonnée équivalente

PMCH	canal physique de multidiffusion (<i>physical multicast channel</i>)
PMI	indicateur de matrice de codage préalable (<i>precoding matrix indicator</i>)
POP	protocole postal (<i>post office protocol</i>)
PRACH	canal physique d'accès aléatoire (<i>physical random access channel</i>)
PRB	bloc de ressources physiques (<i>physical resource block</i>)
PRS	signaux de référence de localisation (<i>positioning reference signals</i>)
PSD	densité spectrale de puissance (<i>power spectral density</i>)
PSRACH	canal physique d'accès aléatoire par satellite (<i>physical satellite random access channel</i>)
PSS	canal de synchronisation primaire (<i>primary synchronization channel</i>)
PUCCH	canal physique de commande de liaison montante (<i>physical uplink control channel</i>)
PUSCH	canal physique partagé de liaison montante (<i>physical uplink shared channel</i>)
QAM	modulation d'amplitude en quadrature (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
QoS	qualité de service (<i>quality of service</i>)
QPSK	modulation par déplacement de phase quadrivalente (<i>quadrature phase shift keying</i>)
RA	accès aléatoire (<i>random access</i>)
RACH	canal d'accès aléatoire (<i>random access channel</i>)
RAN	réseau d'accès radioélectrique (<i>radio access network</i>)
RB	bloc de ressources (<i>resource block</i>)
RBG	groupe de blocs de ressources (<i>resource block group</i>)
RE	élément de ressource (<i>resource element</i>)
RF	fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
RHCP	polarisation circulaire droite (<i>right hand circular polarisation</i>)
RI	indicateur de rang (<i>rank indicator</i>)
RIT	technologie des interfaces radioélectriques (<i>radio interface technology</i>)
RLC	commande de liaison radioélectrique (<i>radio link control</i>)
RM	mémoire du récepteur (<i>receiver memory</i>)
ROHC	compression d'en-tête fiable (<i>robust header compression</i>)
RRC	commande de ressource radioélectrique (<i>radio resource control</i>)
RRM	gestion des ressources radioélectriques (<i>radio resource management</i>)
RS	signal de référence (<i>reference signal</i>)
RTD	temps de propagation aller-retour (<i>round trip delay</i>)
Rx	récepteur (<i>receiver</i>)
s.o.	sans objet
S-eNodeB	composante satellite eNodeB concernée par l'interface SAT-OFDM (<i>satellite eNodeB in the SAT-OFDM</i>)
S1AP	protocole d'application S1 (<i>S1 application protocol</i>)
SAT-eNB	composante satellite eNodeB
SDU	unité de données de service (<i>service data unit</i>)
S-GW	passerelle de desserte (<i>serving gateway</i>)
SC-FDMA	accès multiple à répartition en fréquences à porteuse unique (<i>single carrier frequency division multiple access</i>)

SCH	signal de synchronisation (<i>synchronization signal</i>)
SFBC	codage par blocs spatio-fréquentiels (<i>space-frequency block coding</i>)
SI	informations sur le système (<i>system information</i>)
SIR	rapport signal/brouillage (<i>signal to interference ratio</i>)
SN	numéro séquentiel (<i>sequence number</i>)
SNR	rapport signal/bruit (<i>signal to noise ratio</i>)
SRS	symbole de référence de sondage (<i>sounding reference symbol</i>)
SSS	canal de synchronisation secondaire (<i>secondary synchronization channel</i>)
STC	codage spatio-temporel (<i>space-time coding</i>)
TA	avance temporelle (<i>time advance</i>)
TB	bloc de transport (<i>transport block</i>)
TDM	multiplexage par répartition dans le temps (<i>time division multiplexing</i>)
TF	format de transport (<i>transport format</i>)
TM	mode transparent (<i>transparent mode</i>)
TMSI	identité temporaire d'abonné mobile (<i>temporary mobile subscriber identity</i>)
TS	spécification technique (<i>technical specification</i>)
TTA	Korean telecommunication technology association
TTI	intervalle de temps de transmission (<i>transmission time interval</i>)
TUC	Temps universel coordonné
Tx	émetteur (<i>transmitter</i>)
UCI	informations de commande de liaison montante (<i>uplink control information</i>)
UE	équipement d'utilisateur (<i>user equipment</i>)
UL	liaison montante (<i>uplink</i>)
UL-SCH	canal partagé de liaison montante (<i>uplink shared channel</i>)
UM	mode sans accusé de réception (<i>unacknowledged mode</i>)
V-HARQ	demande HARQ virtuelle (<i>virtual HARQ</i>)
VoIP	protocole de téléphonie Internet (<i>voice over Internet protocol</i>)
X2AP	protocole d'application X2 (<i>X2 application protocol</i>)

Recommandations, Rapports et Résolutions de l'UIT associés

Recommandation UIT-R M.1224-1	Terminologie des télécommunications mobiles internationales (IMT)
Recommandation UIT-R M.1645	Cadre et objectifs d'ensemble du développement futur des IMT-2000 et des systèmes postérieurs aux IMT-2000
Recommandation UIT-R M.1822	Cadre de description des services assurés par les IMT
Recommandation UIT-R M.1850-1	Spécifications détaillées de l'interface radioélectrique de la composante satellite des télécommunications mobiles internationales-2000 (IMT-2000)
Rapport UIT-R M.2176-1	Vision and requirements for the satellite radio interface(s) of IMT-Advanced

Rapport UIT-R M.2279	Outcome of the evaluation, consensus building and decision of the IMT-Advanced satellite process (Steps 4 to 7), including characteristics of IMT-Advanced satellite radio interfaces
Résolution UIT-R 56-1	Appellations pour les télécommunications mobiles internationales
Résolution UIT-R 57-1	Principes applicables à l'élaboration des IMT évoluées

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que les systèmes destinés aux télécommunications mobiles internationales (IMT) sont des systèmes mobiles à large bande, employant tant les IMT-2000 que les IMT évoluées;
- b) que les systèmes IMT évolués intègrent les nouvelles capacités des IMT, qui vont au-delà de celles des IMT-2000;
- c) que ces systèmes permettent d'accéder à un vaste éventail de services de télécommunication, notamment les services mobiles évolués, assurés par les réseaux mobiles et fixes, qui emploient de plus en plus le mode paquet;
- d) que les systèmes IMT évolués prennent en charge des applications dont la mobilité est faible à élevée et une large palette de débits de données, conformément aux demandes des utilisateurs et des services dans les divers environnements d'utilisateur;
- e) que les IMT évoluées disposent aussi de capacités adaptées aux applications multimédias de haute qualité dans une large gamme de services et de plates-formes, améliorant ainsi sensiblement la qualité de fonctionnement et la qualité de service;
- f) que les principales caractéristiques des IMT évoluées sont les suivantes:
 - de nombreux éléments en commun sur le plan fonctionnel à l'échelle mondiale et une souplesse permettant de prendre en charge un large éventail de services et d'applications à moindre coût;
 - la compatibilité des services au sein des réseaux IMT et avec les réseaux fixes;
 - la capacité d'interfonctionnement avec d'autres systèmes d'accès radioélectrique;
 - des services mobiles de haute qualité;
 - un équipement d'utilisateur adapté à une utilisation dans le monde entier;
 - des applications, des services et des équipements d'un abord facile;
 - la capacité d'itinérance à l'échelle mondiale;
 - des débits de données de pointe améliorés (c'est-à-dire large bande) pour la prise en charge de services et d'applications évolués;
- g) que ces caractéristiques permettent aux IMT évoluées de répondre à l'évolution des besoins des utilisateurs;
- h) que les capacités des systèmes IMT évolués sont constamment améliorées en fonction de l'évolution des tendances des utilisateurs et de la technologie;
- i) que la composante satellite des IMT évoluées fera partie intégrante de la future infrastructure des IMT, avec une fourniture des services optimisée;
- j) qu'il est souhaitable, lors de la conception et de la mise au point d'un système à satellites, destiné aux IMT évoluées, de faire en sorte que le nombre d'éléments en commun avec la composante de Terre soit maximal,

reconnaisant

a) que la Résolution UIT-R 57-1, intitulée «Principes applicables à l'élaboration des IMT évoluées», décrit en grandes lignes les critères et les principes essentiels employés lors de l'élaboration de Recommandations et de Rapports sur les IMT évoluées, notamment la ou les Recommandations sur les spécifications des interfaces radioélectriques;

b) que le Rapport ITU-R M.2279 présente les résultats et les conclusions des Etapes 4 à 7 du processus d'évaluation, de recherche d'un consensus et de décision quant à la composante satellite des IMT évoluées, y compris les caractéristiques des interfaces radioélectriques de cette composante,

recommande

1 que les interfaces radioélectriques de la composante satellite pour les IMT évoluées soient compatibles:

- avec la technologie des interfaces radioélectriques de la composante satellite mobile à large bande (BMSat, *broadband mobile satellite*);
- avec les interfaces radioélectriques à multiplexage par répartition en fréquences orthogonales de la communication par satellite (SAT-OFDM, *satellite-orthogonal frequency division multiplexing*);

2 que les informations que fournissent ou auxquelles renvoient les Annexes 1 et 2 soient utilisées comme un ensemble complet de normes applicables aux spécifications détaillées des interfaces radioélectriques de la composante satellite des IMT évoluées.

Annexe 1

Spécifications de la technologie des interfaces radioélectriques de la composante satellite à large bande

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1.1 Aperçu de la technologie des interfaces radioélectriques.....	8
1.1.1 Aperçu de la technologie des interfaces radioélectriques.....	8
1.1.2 Aperçu des aspects système de la technologie des interfaces radioélectriques ..	9
1.1.3 Aperçu des caractéristiques spécifiques de la technologie des interfaces radioélectriques.....	23
1.2 Spécifications détaillées de la technologie des interfaces radioélectriques.....	35
1.2.1 Spécifications propres à la technologie de la composante satellite mobile à large bande.....	36
1.2.2 Spécifications applicables à la couche radioélectrique 1.....	36
1.2.3 Spécifications applicables aux couches radioélectriques 2 et 3.....	37
1.2.4 Architecture	37

1.1 Aperçu de la technologie des interfaces radioélectriques

1.1.1 Aperçu de la technologie des interfaces radioélectriques

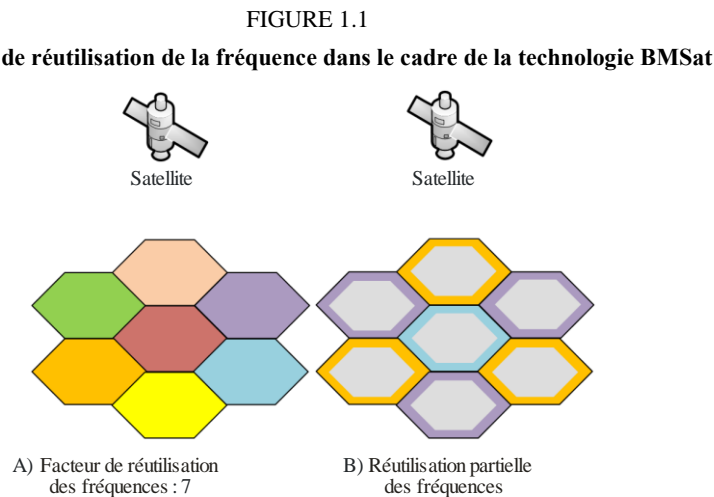
Les spécifications des interfaces radioélectriques de la composante satellite des IMT évoluées, connues sous le nom de spécifications BMSat, sont élaborées en Chine. Ces spécifications se fondent sur les spécifications à évolution à long terme (LTE) perfectionnées de Terre (également nommées spécifications «LTE Release 10 and Beyond», qui ont été élaborées dans le cadre du projet de partenariat de troisième génération (3GPP)) et sur les prescriptions applicables aux composantes satellites. Un certain nombre de modifications sont apportées aux spécifications LTE évoluées de manière que celles-ci soient adaptées à l'environnement de la transmission radioélectrique par satellite.

La technologie BMSat est une technologie RIT fondée sur le mode duplex FDD à fréquences appariées. Tant le mode duplex que le mode semi-duplex sont pris en charge. La technologie BMSat satisfait à l'ensemble des prescriptions minimales imposées par l'UIT en matière d'IMT évoluées, qui s'appliquent, dans un environnement obligatoirement à l'air libre, à tous les aspects concernant les services, le spectre et la qualité de fonctionnement technique.

L'ensemble complet des normes applicables aux interfaces radioélectriques de la composante satellite des IMT évoluées, nommé technologie BMSat, comporte non seulement les principales caractéristiques des IMT évoluées mais aussi les capacités supplémentaires offertes par cette technologie, toutes deux faisant l'objet d'améliorations constantes.

1.1.2 Aperçu des aspects système de la technologie des interfaces radioélectriques

La technologie BMSat est principalement conçue pour les satellites à orbite terrestre géostationnaire (GEO). On suppose que chaque satellite mis en orbite est équipé d'une antenne réflecteur à large ouverture et qu'il peut fournir plusieurs faisceaux ponctuels. Les fréquences sont réutilisées dans différents faisceaux. Des systèmes souples de réutilisation des fréquences peuvent être pris en charge dans la technologie BMSat, notamment la réutilisation entière ou la réutilisation partielle des fréquences, comme illustré dans la Fig. 1.1.



M.2047-1-01

Le système de transmission est fondé sur le multiplexage OFDM classique. Selon la qualité de fonctionnement de l'amplificateur de puissance de la composante satellite/du terminal en place, on peut employer dans le cadre du multiplexage OFDM, tant dans la liaison montante que dans la liaison descendante, deux modes de transmission à faible fluctuation de l'enveloppe, le multiplexage OFDM selon une transformation DFT (DFT-S-OFDM) ou le mode à monoporteuse modulée par décalage (OSC). L'utilisation de la transmission DFT-S-OFDM ou de la transmission OSC permet d'obtenir un rapport puissance de crête/puissance moyenne (PAPR) du signal émis plus faible que lors du multiplexage OFDM classique. Cela conduit à une utilisation plus efficace de l'amplificateur de puissance au niveau de la composante satellite/du terminal, et donc à l'extension de la couverture et/ou à la réduction de la consommation d'énergie.

Le codage des canaux est fondé sur le codage turbo à taux 1/3. La modulation de données tant dans la liaison montante que dans la liaison descendante peut être la modulation QPSK, la modulation 16QAM ou la modulation par déplacement d'amplitude et de phase 16APSK.

La technologie BMSat prend en charge des largeurs de bande allant 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 vers un même terminal ou à partir d'un même terminal, est utilisé pour prendre en charge des largeurs de bande supérieures à 20 MHz. Les fréquences des porteuses composantes ne doivent pas être adjacentes et peuvent même être situées dans des bandes de fréquences différentes. Ainsi, en agrégeant le spectre, on peut exploiter des allocations de spectre fragmentées.

La technologie BMSat prend en charge trois types de programmation: la programmation dépendant du canal (dynamique), la programmation semi-permanente et la programmation permanente. La programmation dépendant du canal, pour ce qui est du temps et de la fréquence, est prise en charge tant pour la liaison descendante que pour la liaison montante, le programmeur de la station de base étant chargé de la sélection (dynamique) des ressources de transmission ainsi que du

débit de données. La programmation semi-permanente/permanente permet aux ressources de transmission et aux débits de données d'être alloués de façon semi-statique/statique à un équipement d'utilisateur (UE) donné, de manière à garantir la qualité des services où le facteur temps joue un rôle important et à réduire le trafic de service lié à la signalisation de commande. L'unité de programmation de base correspond à un intervalle de temps de transmission (TTI) de 1 ms. Le regroupement des intervalles TTI, qui permet une durée de transmission supérieure à un intervalle TTI (jusqu'à 20 intervalles TTI), est pris en charge dans la technologie BMSat dans le but d'améliorer la couverture.

Les systèmes de transmission à antennes multiples font partie de la technologie BMSat. Le multiplexage par répartition dans l'espace avec deux couches au maximum dans la liaison descendante et dans la liaison montante est pris en charge. La diversité de transmission assurée par un codage par blocs spatio-fréquentiels (SFBC) ou une combinaison de celle-ci et de la diversité de transmission assurée par la commutation de fréquences (FSTD) dans la liaison descendante ou de la diversité de sélection autonome de l'antenne dans la liaison montante sont prises en charge.

La coordination en termes de brouillage entre les faisceaux (IBIC), au cours de laquelle des faisceaux voisins s'échangent des informations visant à aider à la programmation et à réduire le brouillage, est assurée pour les technologies RIT. La coordination IBIC peut être employée pour les déploiements homogènes avec des faisceaux ne se chevauchant pas et ayant une puissance de transmission semblable.

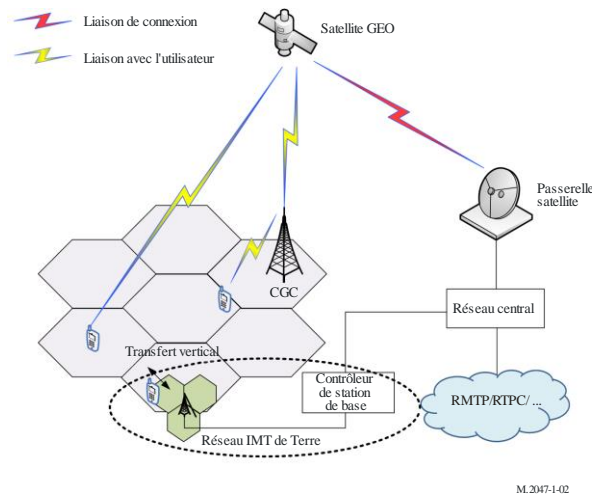
1.1.2.1 Architecture de réseau

L'architecture BMSat dans la Fig. 1.2 comporte un satellite GEO avec ou sans systèmes de calcul et de commutation embarqués, une passerelle satellite, un réseau central et une composante au sol complémentaire (CGC). La passerelle satellite est une entité physique, pouvant comprendre plusieurs entités logiques. Il s'agit de la composante satellite eNodeB (SAT-eNB). La composante satellite SAT-eNB assure la commande logique d'un ou de plusieurs faisceaux, et chaque faisceau est commandé sur le plan logique par une composante satellite SAT-eNB. La composante CGC joue le rôle de relais dans l'architecture BMSat, qui permet de combler les lacunes des signaux de la composante satellite (par exemple, dans le cas d'un scénario en intérieur) ou d'assurer une meilleure qualité de trafic. La composante CGC n'est pas qu'un simple répéteur, elle possède une identité de faisceau, des canaux de synchronisation, des symboles de référence qui lui sont propres et elle peut créer ses propres faisceaux. Elle assure la démodulation et le décodage du signal dans la liaison vers l'avant, puis transmet des informations à l'équipement d'utilisateur au moyen d'une nouvelle modulation et de codages indiquant la qualité de la liaison entre la composante CGC et l'équipement d'utilisateur (UE). La composante CGC est un noeud fixe, où peuvent être utilisées des techniques applicables aux antennes et d'autres techniques perfectionnées permettant d'améliorer l'efficacité de la transmission sur la liaison CGC-satellite. La composante CGC est perçue comme une composante satellite SAT-eNB par les terminaux et comme un équipement d'utilisateur par la composante satellite SAT-eNB.

L'interface radioélectrique dans l'architecture BMSat comporte deux liaisons: la liaison UE-CGC et la liaison UE-satellite. La liaison UE-satellite est conforme aux normes qui s'appliquent aux interfaces LTE évoluées de Terre, modifiées de manière à s'adapter à l'environnement de la transmission radioélectrique par satellite. La liaison UE-CGC peut réutiliser les spécifications LTE évoluées de Terre. Dans ce cas, le terminal doit prendre en charge tant le mode BMSat que le mode LTE évolué.

NOTE – La liaison CGC-satellite est la même que la liaison UE-satellite.

FIGURE 1.2
Architecture BMSat

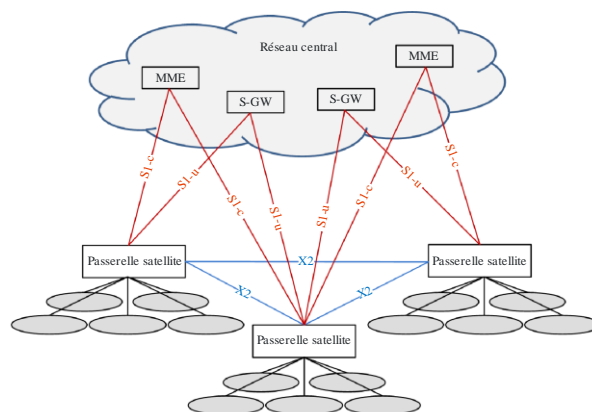


M.2047-1-02

L'architecture BMSat du réseau d'accès radioélectrique est plane et incorpore un seul type de noeud, à savoir la passerelle satellite (SAT-eNB), qui est chargée d'assurer toutes les fonctions liées aux radiocommunications dans un ou dans plusieurs faisceaux. La passerelle satellite SAT-eNB est reliée au réseau central par l'intermédiaire de l'interface S1, plus précisément à la passerelle de desserte (S-GW) au moyen de la partie du plan utilisateur S1-u et à l'entité de gestion de la mobilité (MME) au moyen de la partie du plan de commande S1-c. Une passerelle satellite SAT-eNB peut être reliée à plusieurs entités MME ou plusieurs passerelles S-GW aux fins de répartir la charge et de contrôler la redondance.

L'interface X2 reliant les passerelles satellites SAT-eNB entre elles est utilisée principalement pour assurer la mobilité en mode actif. Elle peut également être utilisée pour des fonctions multifaisceaux de gestion des ressources radioélectriques (RRM), telles que la coordination IBIC. L'interface X2 sert en outre à assurer la mobilité sans perte entre faisceaux adjacents au moyen de la retransmission des paquets.

FIGURE 1.3
Interfaces du réseau d'accès radioélectrique dans l'architecture BMSat

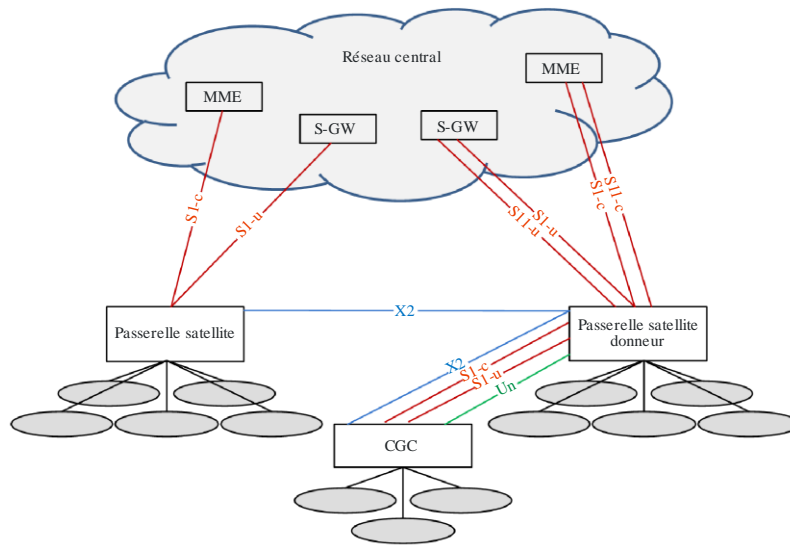


M.2047-1-03

Les interfaces du réseau d'accès radioélectrique pour les composantes CGC qui prennent en charge la technologie BMSat sont représentées dans la Fig. 1.4. La composante CGC est situé à l'extrémité des interfaces S1, X2 et Un. La passerelle satellite SAT-eNB donneur (DSAT-eNB) assure les fonctions intermédiaires des interfaces S1 et X2 entre la composante CGC et les autres noeuds du réseau (passerelles satellites SAT-eNB, entités MME et passerelles S-GW). Ces fonctions

intermédiaires sont notamment la transmission de messages de signalisation des interfaces S1 et X2 destinés à l'équipement d'utilisateur ainsi que la transmission de paquets de données employant le protocole GTP entre les interfaces S1 et X2 associées à la composante CGC ou à d'autres noeuds du réseau. En raison de ces fonctions intermédiaires, la passerelle satellite DSAT-eNB est perçue par la composante CGC comme une entité MME (pour l'interface S1-c), comme une passerelle satellite SAT-eNB (pour l'interface X2) ou comme une passerelle S-GW (pour l'interface S1-u).

FIGURE 1.4
Interfaces du réseau d'accès radioélectrique pour les composantes CGC
qui prennent en charge la technologie BMSat



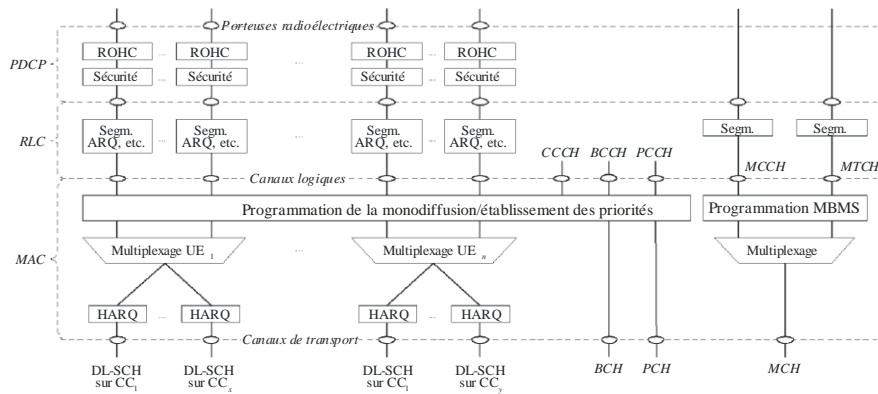
M.2047-04

1.1.2.2 Architecture des protocoles de la couche 2

La couche 2 (L2) est constituée de plusieurs sous-couches: celle du protocole de convergence de données en mode paquet (PDCP), celle de la commande de liaison radioélectrique (RLC) et celle de la commande d'accès au support physique (MAC). Les structures des protocoles des liaisons descendante et montante sont illustrées dans les Fig. 1.5 et 1.6 respectivement. La couche 2 fournit un ou plusieurs supports radioélectriques aux couches supérieures sur lesquelles sont mappés les paquets IP en fonction de la qualité de service requise. Les unités PDU de la sous-couche L2/MAC, également nommées blocs de transport, sont créées conformément aux décisions instantanées de programmation et fournies à la couche physique sur un ou plusieurs canaux de transport (un canal de transport du même type par porteuse).

FIGURE 1.5

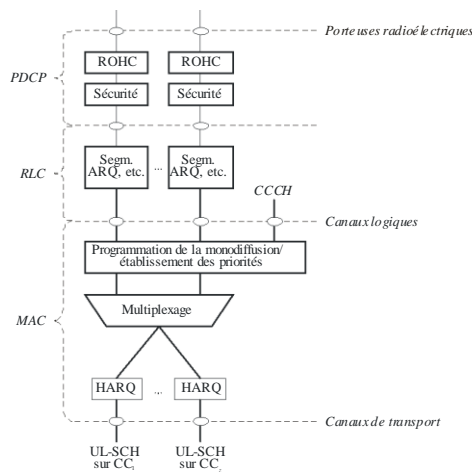
Structure des protocoles de couche 2 de la liaison descendante



M.2047-05

FIGURE 1.6

Structure des protocoles de couche 2 de la liaison montante



M.2047-06

1.1.2.2.1 Protocole de convergence de données en mode paquet

Le protocole de convergence de données en mode paquet (PDCP) est chargé:

- Pour le plan utilisateur:
 - de la compression et de la décompression des en-têtes des flux de données IP, en utilisant la compression ROHC;
 - du transfert des données d'utilisateur;
 - de la gestion des numéros de séquence (SN) PDCP;
 - de la fourniture en séquence des unités PDU de la couche supérieure lors de la procédure de rétablissement PDCP applicable à la commande RLC en mode avec accusé de réception;
 - de la détection de la redondance des unités SDU de la couche inférieure lors de la procédure de rétablissement PDCP applicable à la commande RLC en mode avec accusé de réception;

- de la retransmission des unités SDU PDCP lors du transfert applicable à la commande RLC en mode avec accusé de réception;
- du chiffrement et du déchiffrement;
- du rejet des unités SDU sur la liaison montante, en fonction du temporisateur.
- Pour le plan de commande:
 - de la gestion des numéros de séquence (SN) PDCP;
 - du chiffrement et de la protection et la vérification de l'intégrité;
 - du transfert des données du plan de commande.

Le protocole PDCP utilise les services assurés par la sous-couche de commande RLC. Il existe une entité PDCP pour chaque support radioélectrique configuré pour un équipement d'utilisateur.

1.1.2.2.2 Commande de liaison radioélectrique

La commande de liaison radioélectrique (RLC) est chargée:

- du transfert des unités PDU de la couche supérieure;
- de la correction des erreurs au moyen de la demande de répétition automatique (ARQ) (uniquement pour le transfert de données en mode avec accusé de réception);
- de la concaténation, de la segmentation et du réassemblage des unités SDU de commande RLC (uniquement pour le transfert de données en mode avec ou sans accusé de réception);
- de la nouvelle segmentation des unités PDU de données de commande RLC (uniquement pour le transfert de données en mode avec accusé de réception);
- de la réorganisation des unités PDU de données de commande RLC (uniquement pour le transfert de données en mode avec ou sans accusé de réception);
- de la détection de la redondance (uniquement pour le transfert de données en mode avec ou sans accusé de réception);
- de la détection des erreurs de protocole (uniquement pour le transfert de données en mode avec accusé de réception);
- du rejet des unités SDU de commande RLC (uniquement pour le transfert de données en mode avec ou sans accusé de réception);
- du rétablissement de la commande RLC.

Suivant le mode de fonctionnement, une entité RLC peut assurer tous les services susmentionnés, une partie d'entre eux ou aucun. La commande RLC peut fonctionner selon trois modes différents:

- Le mode transparent I dans lequel la commande RLC est complètement transparente et, en substance, contournée. Cette configuration n'est utilisée pour les canaux de diffusion du plan de commande, tels que le canal de commande de diffusion (BCCH), le canal de commande commun (CCCH) ou le canal de commande de radiomessagerie (PCCH), que si les informations doivent parvenir à plusieurs utilisateurs.
- Le mode sans accusé de réception (UM) dans lequel la commande RLC assure toutes les fonctionnalités susmentionnées, sauf la correction d'erreur, est utilisé lorsqu'il n'est pas exigé que la fourniture soit sans erreur, par exemple pour le canal de commande de multidiffusion (MCCH) ou le canal de trafic multidiffusion (MTCH) qui emploient la diffusion multimédia sur un réseau à fréquence unique (MBFSN), ou pour la téléphonie IP (VoIP).
- Le mode avec accusé de réception (AM) dans lequel la commande RLC assure tous les services susmentionnés est le principal mode de fonctionnement utilisé pour la transmission TCP/IP de données en mode paquet sur le canal partagé de liaison descendante (DL-SCH).

La segmentation/le réassemblage, la fourniture en séquence et les retransmissions de données erronées sont toutes prises en charge.

La commande RLC offre au protocole PDCP des services sous la forme de supports radioélectriques et utilise des services de la couche de commande MAC sous la forme de canaux logiques. Il existe une entité de commande RLC pour chacun des supports radioélectriques configurés pour un terminal.

1.1.2.2.3 Commande d'accès au support physique

La couche de commande d'accès au support physique (MAC) est chargée:

- du mappage entre canaux logiques et canaux de transport;
- du multiplexage/démultiplexage des unités SDU de commande MAC, appartenant à un ou plusieurs canaux logiques, en blocs de transport ou provenant de blocs de transport fournis à ou par la couche physique sur des canaux de transport;
- de la notification des informations de programmation;
- pour la liaison UE-CGC: de la correction des erreurs au moyen de la demande ARQ hybride (HARQ) avec arrêt et attente en processus N, les retransmissions étant synchrones (pour la liaison montante) ou asynchrones (pour la liaison descendante);
- pour la liaison UE-satellite: de la correction des erreurs au moyen de la demande HARQ virtuelle (V-HARQ), les retransmissions étant synchrones (pour la liaison montante) ou asynchrones (pour la liaison descendante);
- de l'établissement des priorités des canaux logiques d'un équipement d'utilisateur;
- de l'établissement des priorités des équipements d'utilisateur au moyen d'une programmation dynamique;
- de l'établissement des priorités des canaux logiques;
- de l'identification des services de diffusion et de multidiffusion multimédias (MBMS);
- de la sélection du format de transport;
- du bourrage.

La commande MAC fournit à la commande RLC des services sous la forme de canaux logiques. Un canal logique est défini par le type d'information qu'il achemine et est généralement qualifié de canal de commande lorsqu'il est employé pour transmettre des informations de commande et de configuration nécessaires à l'exploitation d'un système BMSat, ou de canal de trafic lorsqu'il est employé pour acheminer les données d'utilisateur. L'ensemble des types de canaux logiques spécifiés pour la technologie BMSat comprend les types suivants:

- Le canal de commande de diffusion (BCCH), servant aux informations de commande du système de diffusion.
- Le canal de commande de radiomessagerie (PCCH), un canal de liaison descendante, servant à la radiomessagerie lorsque le réseau ne connaît pas l'emplacement de l'équipement d'utilisateur, et aux notifications des modifications des informations sur le système.
- Le canal de commande commun (CCCH), servant à la transmission des informations de commande entre les équipements d'utilisateur et le réseau lorsque l'équipement d'utilisateur ne dispose pas d'une connexion de commande RRC.
- Le canal réservé à la commande (DCCH), servant à la transmission des informations de commande à destination/en provenance d'un terminal mobile lorsque l'équipement d'utilisateur dispose d'une connexion de commande RRC.
- Le canal de commande de multidiffusion (MCCH), servant à la transmission des informations de commande nécessaires à la réception du canal MTCH.

- Le canal réservé au trafic (DTCH), servant à la transmission des données d'utilisateur à destination/en provenance d'un terminal mobile. Ce type de canal logique sert à la transmission de toutes les données d'utilisateur sur la liaison montante et des données d'utilisateur ne servant pas à la diffusion MBSFN (non-MBFSN) sur la liaison descendante.
- Le canal de trafic multidiffusion (MTCH), servant à la transmission des services MBMS sur la liaison descendante.

La couche de commande MAC utilise des services fournis par la couche physique, sous la forme de canaux de transport. Un canal de transport est défini par la manière dont les informations sont transmises sur l'interface radioélectrique et par les caractéristiques de cette transmission. Les données acheminées sur un canal de transport sont subdivisées en blocs de transport. Au cours de chacun des intervalles de temps de transmission (TTI), au plus un ou deux (dans le cas du multiplexage par répartition dans l'espace) blocs de transport sont transmis par porteuse composante.

A chaque bloc de transport est associé un format de transport (TF), qui spécifie la manière dont le bloc de transport doit être transmis sur l'interface radioélectrique. Le format de transport fournit notamment des informations sur la taille des blocs de transport, le système de modulation et le mappage d'antenne. Le programmeur est chargé de déterminer (dynamiquement) le format de transport sur les liaisons montante et descendante pour chaque intervalle TTI.

Les types de canaux de transport suivants sont définis:

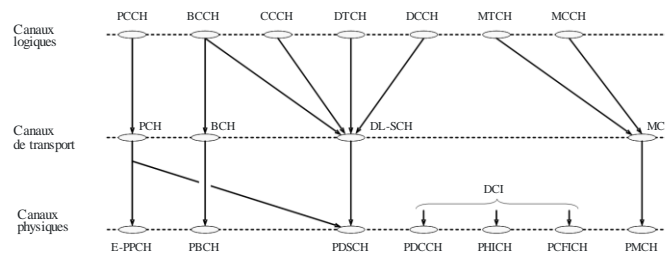
- Le canal de diffusion (BCH), qui a un format de transport fixe, fourni par les spécifications. Il est utilisé pour la transmission de parties d'informations système du canal BCCH, plus précisément du bloc nommé bloc d'informations principal (MIB, *master information block*).
- Le canal de radiomessagerie (PCH), qui sert à la transmission d'informations de radiomessagerie provenant du canal logique PCCH. Le canal PCH prend en charge la réception discontinue (DRX, *discontinuous reception*) pour permettre au terminal mobile d'économiser l'énergie de sa batterie en ne se réveillant que pour recevoir le canal PCH à certains moments définis d'avance.
- Le canal partagé de liaison descendante (DL-SCH), qui est le principal type de canal de transport servant à la transmission de données sur la liaison descendante dans le cadre de la technologie BMSat. Il prend en charge l'adaptation dynamique du débit et la programmation dépendante des canaux, les demandes HARQ/V-HARQ à regroupement adapté, et le multiplexage par répartition dans l'espace. Il prend également en charge la réception DRX afin de réduire la consommation d'énergie des terminaux mobiles tout en leur assurant néanmoins une liaison permanente. Le canal DL-SCH sert également à la transmission des parties d'informations système du canal BCCH, qui ne sont pas mappées sur le canal BCH. Dans le cas d'une transmission vers un terminal utilisant de multiples porteuses composantes, l'équipement d'utilisateur reçoit un canal DL-SCH par porteuse composante.
- Le canal de multidiffusion (MCH), qui sert à assurer le service MBMS. Il est caractérisé par un format de transport semi-statique et une programmation semi-permanente. Dans le cas d'une transmission multifaisceau au moyen de la diffusion MBSFM, la programmation et la configuration du format de transport des faisceaux impliqués dans la transmission MBSFM sont coordonnées.
- Le canal partagé de liaison montante (UL-SCH), qui est l'analogue du canal DL-SCH pour la liaison montante. C'est le canal de transport servant à l'émission de données sur la liaison montante.

Par ailleurs, le canal d'accès aléatoire (RACH) est également défini comme un canal de transport sur la liaison montante, bien qu'il n'achemine pas de blocs de transport. Le canal RACH est utilisé dans la liaison montante pour répondre aux messages de radiomessagerie ou pour amorcer le passage à l'état RCC_ CONNECTED selon les besoins d'émission de données du terminal.

Le mappage entre canaux logiques, canaux de transport et canaux physiques (décrit dans le § 1.1.3.3) est illustré à la Fig. 1.7 pour la liaison descendante et à la Fig. 1.8 pour la liaison montante.

FIGURE 1.7

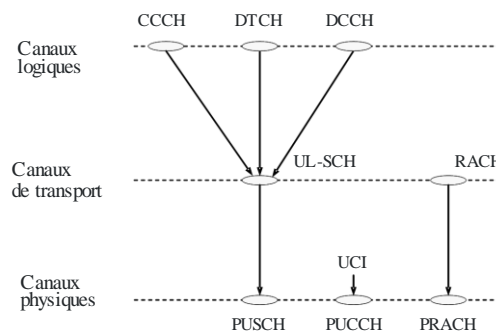
Mappage entre canaux pour la liaison descendante



M.2047-07

FIGURE 1.8

Mappage entre canaux pour la liaison montante



M.2047-08

1.1.2.3 Couche physique

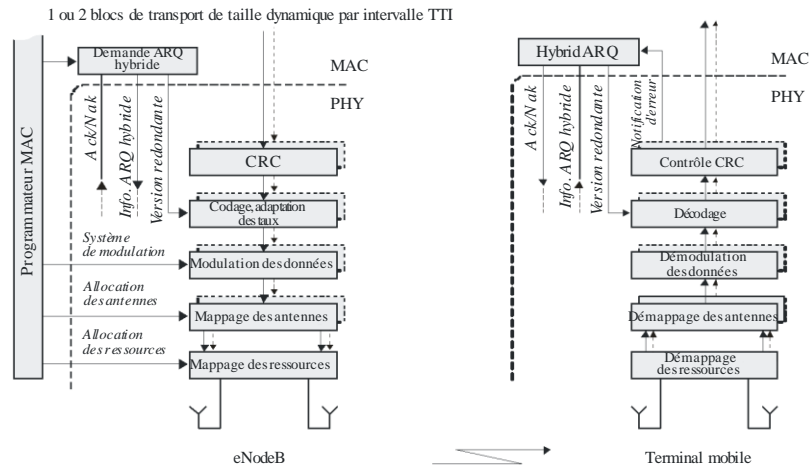
Pour la liaison UE-CGC, la couche physique est chargée:

- de la modulation et de la démodulation des canaux physiques.
- de la détection des erreurs sur le canal de transport et de la notification aux couches supérieures.
- du codage et du décodage avec correction d'erreur vers l'avant (FEC) des canaux de transport.
- de l'adaptation du débit du canal de transport codé à ceux des canaux physiques.
- du mappage du canal de transport codé sur les canaux physiques conformément aux Fig. 1.7 (liaison descendante) et 1.8 (liaison montante).
- du regroupement adapté des demandes ARQ hybrides (HARQ).
- de la synchronisation en fréquence et en temps.
- de la pondération de la puissance des canaux physiques.

- du traitement à antennes multiples et de la formation des faisceaux.
- de la mesure des caractéristiques et de la notification aux couches supérieures.
- du traitement des fréquences radioélectriques (RF).
- Un aperçu simplifié du traitement applicable au canal DL-SCH est donné dans la Fig. 1.9.

FIGURE 1.9

Traitement simplifié au niveau de la couche physique applicable au canal DL-SCH sur une seule porteuse composante



M.2047-1-09

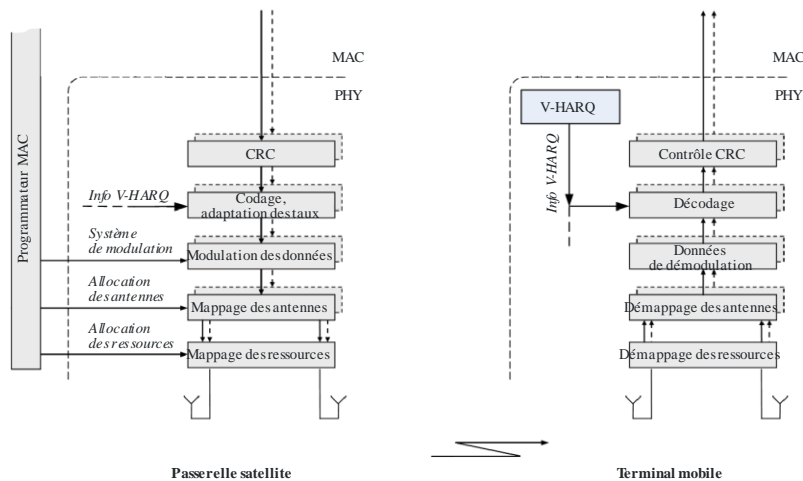
Pour la liaison UE-satellite, les trois aspects suivants de la couche physique diffèrent de ceux pour la liaison UE-CGC:

- Le regroupement des demandes ARQ hybrides virtuelles.
- Un aperçu du traitement simplifié applicable au canal DL-SCH est donné dans la Fig. 1.10.
- Le traitement à antennes multiples (la formation des faisceaux n'est pas assurée).

FIGURE 1.10

Traitement simplifié au niveau de la couche physique applicable au canal DL-SCH sur une seule porteuse composante avec demande HARQ virtuelle

1 ou 2 blocs de transport de taille dynamique par intervalle TTI



M.2047-1-10

1.1.2.3.1 Canaux physiques

Sept types différents de canaux physiques sont définis pour la liaison descendante:

- Le canal physique partagé de liaison descendante (PDSCH), servant à la transmission des services de données des plans d'utilisateur et de commande.
- Le canal physique de multidiffusion (PMCH), servant à la transmission des services de diffusion des plans d'utilisateur et de commande dans les sous-trames MBSFN.
- Le canal physique de commande de liaison descendante (PDCCH), servant à la transmission d'informations de commande, telles que l'allocation des ressources, le format de transport et les informations HARQ/V-HARQ.
- Le canal physique de diffusion (PBCH), servant à l'acheminement des informations propres au faisceau et/ou au système.
- Le canal physique indicateur de format de commande (PCFICH), indiquant à l'équipement d'utilisateur le format de commande (nombre de symboles incluant PDCCH et PHICH) de la sous-trame concernée.
- Le canal physique indicateur d'ARQ hybride (PHICH), acheminant les informations ACK/NACK destinées aux émissions sur la liaison montante (PUSCH) reçues au niveau de la composante CGC pour la liaison UE-CGC.
- Le canal physique de radiomessagerie améliorée (E-PPCH), acheminant des informations améliorées concernant la radiomessagerie aux utilisateurs de ce service dans un environnement à fort évanouissement.

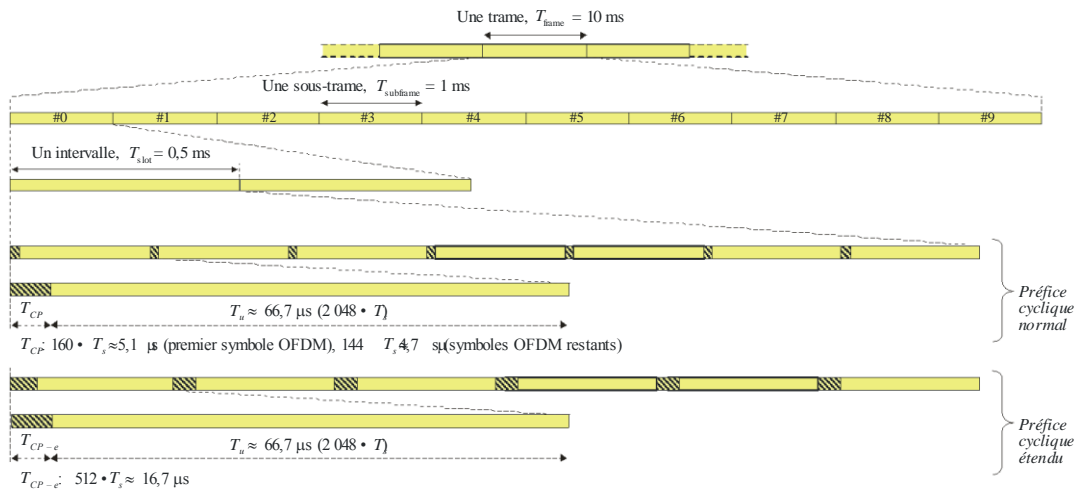
Trois types différents de canaux physiques sont définis pour la liaison montante:

- Le canal physique d'accès aléatoire (PRACH), acheminant un préambule qui est utilisé pour déclencher une procédure d'accès aléatoire au niveau de la composante satellite SAT-eNB.
- Le canal physique partagé de liaison montante (PUSCH), acheminant tant les données d'utilisateur que les informations de commande de couche supérieure.
- Le canal physique de commande de liaison montante (PUCCH), acheminant des informations de commande (demandes de programmation, informations CQI, indicateur PMI, indicateur de rang et informations HARQ/V-HARQ destinées au canal PDSCH, etc.).

1.1.2.3.2 Structure du domaine temporel et systèmes duplex

La Fig. 1.11 illustre la structure du domaine temporel de haut niveau utilisée pour la transmission, chaque trame (radioélectrique) d'une durée de 10 ms étant composée de dix sous-trames de taille égale, d'une durée de 1 ms. Chaque sous-trame comprend deux intervalles de taille égale, d'une durée de 0,5 ms, chaque intervalle étant constitué d'un certain nombre de symboles OFDM, dont un préfixe cyclique.

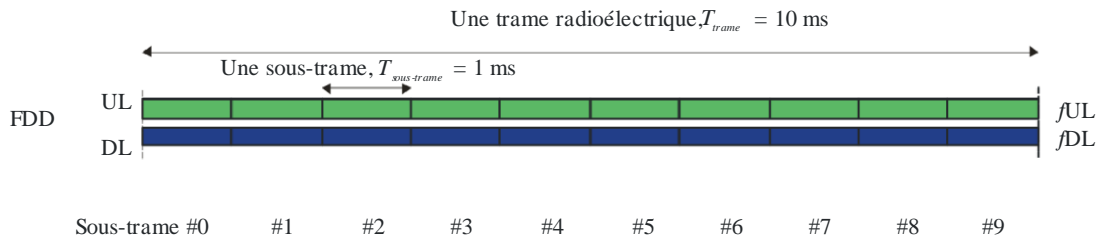
FIGURE 1.11
Structure du domaine temporel dans le cadre de la technologie BMSat



M.2047-1-11

Le système BMSat peut fonctionner en mode duplex FDD, comme illustré dans la Fig. 1.12.

FIGURE 1.12
Structure temporelle/fréquentielle de la liaison montante/descendante en mode FDD



M.2047-1-12

Chaque porteuse composante possède deux fréquences, l'une pour l'émission sur la liaison montante (f_{UL}) et l'autre pour la transmission sur la liaison descendante (f_{DL}). Pendant la durée d'une trame, il y a donc dix sous-trames dans la liaison montante et dix sous-trames dans la liaison descendante et la transmission sur les deux liaisons peut donc avoir lieu simultanément dans un faisceau. Le programmeur prend en charge le mode semi-duplex au niveau de l'équipement d'utilisateur, de manière à garantir au niveau de cet équipement la non-simultanéité de la réception et de l'émission.

1.1.2.3.3 Traitement au niveau de la couche physique

Un contrôle CRC est joint au(x) bloc(s) de transport devant être transmis sur un canal DL-SCH ou sur un canal UL-SCH. Ce contrôle est suivi d'un codage turbo à taux 1/3 pour la correction d'erreur. L'adaptation des taux est utilisée non seulement pour que le nombre de bits codés corresponde à la quantité de ressources allouées à la transmission sur le canal DL-SCH/UL-SCH, mais aussi pour produire les versions redondantes différentes, qui sont commandées par le protocole HARQ/V-HARQ. Dans le cas du multiplexage par répartition dans l'espace, le traitement est appliqué à chacun des deux blocs de transport. Après l'adaptation du taux, les bits codés sont modulés (au moyen des techniques de modulation QPSK, 16QAM, 64QAM pour la liaison UE-CGC et QPSK, 16QAM/16APSK pour la liaison UE-satellite). Dans le cas d'une transmission à antennes multiples, les symboles de modulation sont mappés sur plusieurs couches et codés avant d'être mappés sur les différents ports d'antenne. A défaut, la diversité de transmission

peut être employée. Finalement, les symboles de modulation (codés préalablement) sont mappés sur les ressources en temps/fréquence allouées à cette transmission.

La transmission sur la liaison descendante est fondée sur le multiplexage OFDM classique avec préfixe cyclique. L'intervalle entre sous-porteuses, Δf , est égal à 15 kHz et deux durées de préfixe cyclique sont possibles, une durée d'environ 4,7 μ s pour le préfixe cyclique normal et une durée d'environ 16,7 μ s pour le préfixe cyclique étendu. Dans le domaine des fréquences, le nombre de blocs de ressources par porteuse composante est compris entre 6 et 110 (pour des largeurs de bande de canal allant de 1,4 à 20 MHz respectivement), un bloc de ressources correspondant à 180 kHz dans le domaine des fréquences. Jusqu'à cinq porteuses composantes peuvent être transmises en parallèle, impliquant une largeur de bande totale pouvant atteindre 100 MHz.

L'émission sur la liaison montante est fondée sur le multiplexage OFDM à transformation DFTS (DFT-S-OFDM). Le multiplexage DFT-S-OFDM peut être considéré comme étant une technique de codage préalable DFT suivi d'un multiplexage OFDM classique ayant les mêmes caractéristiques numériques que celles de la liaison descendante. Différentes dimensions de codage préalable par transformation DFT, correspondant à des transmissions avec différentes largeurs de bande programmées, peuvent être utilisées.

Selon la qualité de fonctionnement des amplificateurs de puissance de la composante satellite/de l'équipement d'utilisateur déployés, le multiplexage DFT-S-OFDM et la monoporteuse modulée par décalage (OSC) peuvent être employés tant dans la liaison montante que dans la liaison descendante de la liaison UE-satellite.

Les canaux de transport restants de la liaison descendante (PCH, BCH, MCH) font l'objet du même traitement général au niveau de la couche physique que celui qui est appliqué au canal DL-SCH, avec toutefois certaines restrictions concernant l'ensemble des caractéristiques utilisées.

1.1.2.3.4 Transmission à antennes multiples

Un large éventail de systèmes de transmission à antennes multiples est pris en charge sur la liaison descendante de la liaison UE-CGC:

- La transmission à antenne unique au moyen d'un signal de référence unique propre à la cellule.
- Le multiplexage en boucle fermée par répartition dans l'espace, également nommé formation de faisceaux fondée sur un répertoire de codes ou codage préalable, avec quatre couches au maximum, au moyen de signaux de référence propres à la cellule. Des informations en retour en provenance du terminal permettent d'aider la composante CGC à choisir une matrice de codage préalable adaptée.
- Le multiplexage en boucle ouverte par répartition dans l'espace, également nommé diversité à décalage cyclique important, avec quatre couches au maximum, au moyen de signaux de référence propres à la cellule.
- Le multiplexage par répartition dans l'espace avec huit couches au maximum, au moyen de signaux de référence propres à l'équipement d'utilisateur. La composante CGC peut utiliser les informations en retour ou tirer parti de la réciprocité des canaux pour définir les poids lors de la formation de faisceaux.
- La diversité de transmission assurée par un codage par blocs spatio-fréquentiels (SFBC) ou une combinaison de cette diversité et de la diversité de transmission assurée par la commutation de fréquences (FSTD).
- Les antennes MIMO à utilisateurs multiples les ressources se chevauchant dans le temps et en fréquence étant allouées aux différents terminaux.

Sur la liaison descendante de la liaison UE-satellite sont pris en charge:

- La diversité de transmission assurée par un codage par blocs spatio-fréquentiels (SFBC), le nombre de ports d'antenne pris en charge étant au maximum de 2.
- Le multiplexage en boucle ouverte par répartition dans l'espace avec deux couches au maximum, au moyen de signaux de référence propres à la cellule.

Les systèmes de transmission à antennes multiples ci-après sont pris en charge sur la liaison montante de la liaison UE-CGC:

- La transmission à antenne unique.
- Le codage préalable qui assure un multiplexage par répartition dans l'espace s'adaptant au rang, avec un nombre de couches allant de un à quatre.

Sur la liaison montante de la liaison UE-satellite sont pris en charge:

- Le multiplexage en boucle ouverte par répartition dans l'espace avec 2 couches au maximum.
- La boucle ouverte et la diversité de sélection autonome de l'antenne par l'équipement d'utilisateur.

1.1.2.3.5 Commande d'adaptation et régulation de puissance dans la liaison

Le système de modulation et de codage (MCS) peut être aisément adapté aux caractéristiques radioélectriques du canal. La même modulation et le même codage sont appliqués à toutes les unités de ressource allouées au même bloc de transport pendant un intervalle TTI. La régulation de puissance dans la liaison montante détermine la puissance moyenne pendant la durée d'un symbole DFT-S-OFDM au cours de laquelle le canal physique est transmis.

1.1.2.3.6 Signalisation de commande des couches 1 et 2

Les informations de commande de liaison descendante (DCI) sont transmises dans le premier, les deux premiers ou les trois premiers symboles OFDM de chacune des sous-trames de cette liaison, dans chacune des porteuses composantes, le nombre de symboles OFDM étant indiqué sur le canal PCFICH. Les octrois concernant la programmation des liaisons descendante et montante (notamment l'identité de l'équipement d'utilisateur, les ressources en temps et en fréquence et le format de transport) et les informations ARQ hybrides virtuelles sont transmis respectivement sur le canal PDCCH et le canal PHICH. Chaque octroi est transmis sur un canal PDCCH distinct au moyen de la modulation QPSK.

Les informations de commande de liaison montante (UCI), comportant des informations sur l'état du canal, des demandes de programmation et des informations HARQ/V-HARQ, sont transmises aux extrémités de la bande de la porteuse composante principale de cette liaison. A défaut, certaines parties de la signalisation de commande peuvent faire l'objet d'un multiplexage avec les données sur le canal PUSCH.

1.1.2.3.7 Diffusion/multidiffusion sur un réseau à fréquence unique

La diffusion/multidiffusion sur un réseau à fréquence unique (MBSFN), dans laquelle le même signal est émis par plusieurs faisceaux synchronisés dans le temps, est prise en charge par le canal de transport MCH. Une porteuse composante peut prendre en charge simultanément la monodiffusion et la multidiffusion au moyen du multiplexage dans le domaine temporel des transmissions sur les canaux MCH et DL-SCH.

1.1.3 Aperçu des caractéristiques spécifiques de la technologie des interfaces radioélectriques

1.1.3.1 Mode de transmission à faible fluctuation de l'enveloppe

Le système de communication par satellite est généralement limité en puissance. Afin d'améliorer son efficacité dans ce domaine, on peut employer, dans le cadre du multiplexage OFDM, deux modes de transmission à faible fluctuation de l'enveloppe (EF), à savoir le mode utilisant le multiplexage OFDM selon une transformation DFT, dans la liaison montante LTE de Terre, et le mode utilisant la monoporteuse modulée par décalage (OSC), dans la liaison montante et dans la liaison descendante.

1.1.3.1.1 Mode utilisant la monoporteuse modulée par décalage

Le signal de transmission dans le domaine des fréquences, mappé sur un ensemble de sous-porteuses, est généré par la formule suivante:

$$y_m = \sqrt{\frac{2}{N}} \sin \frac{\pi(m+0.5)}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi(m+0.5)n/N} \underline{x}_n$$

où:

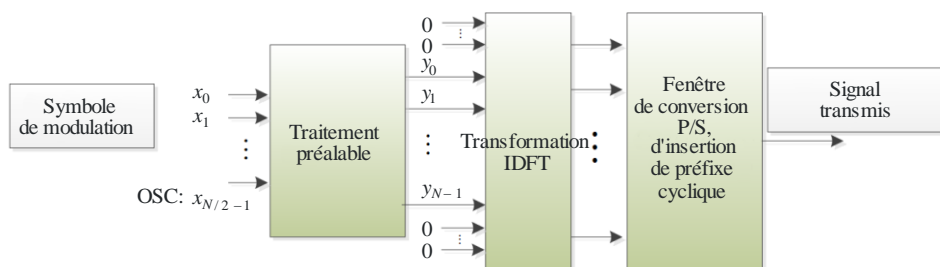
$$\underline{x}_{2k} = \text{Re}\{x_k\} \text{ and } \underline{x}_{2k+1} = \text{Im}\{x_k\}, \quad k = 0, 1, \dots, N/2 - 1$$

$$x_n, \quad n = 0, 1, \dots, N/2 - 1,$$

sont les symboles de modulation à valeur complexe, N étant le nombre de sous-porteuses.

FIGURE 1.13

Génération du signal en mode de transmission OSC



M.2047-1-13

1.1.3.2 Mécanisme à demande de répétition automatique hybride virtuelle

Le mécanisme ARQ hybride (HARQ) employé dans les systèmes LTE de Terre ne fonctionne pas bien dans les systèmes de communication par satellite en raison des longs temps de transmission radioélectrique. Toutefois, l'emploi de ce mécanisme HARQ LTE de Terre est possible grâce à la mise au point d'un nouveau mécanisme, le mécanisme HARQ virtuel sans retour d'informations ACK/NACK, qui permet de prendre en charge une gamme plus étendue de caractéristiques des canaux et de débits de transmission.

Afin d'assurer une bonne transmission dans les zones où le rapport signal/brouillage et bruit (SINR, *signal-to-interference plus noise ratio*) est faible, des niveaux dans le système MCS à faible débit doivent être pris en charge. L'emploi du mécanisme HARQ LTE permet d'étendre ces niveaux. Dans le mécanisme HARQ virtuel, fondé sur les informations CQI fournies par le récepteur, l'émetteur choisit, en les adaptant, tant le niveau dans le système MCS que le nombre de

versions redondantes transmises. Ce mécanisme permet d'assurer la transmission de données lorsque les canaux ont de très faibles rapports SINR, en choisissant jusqu'à 4 versions redondantes.

A Traitement de la transmission dans le mécanisme à demande de répétition automatique hybride virtuelle

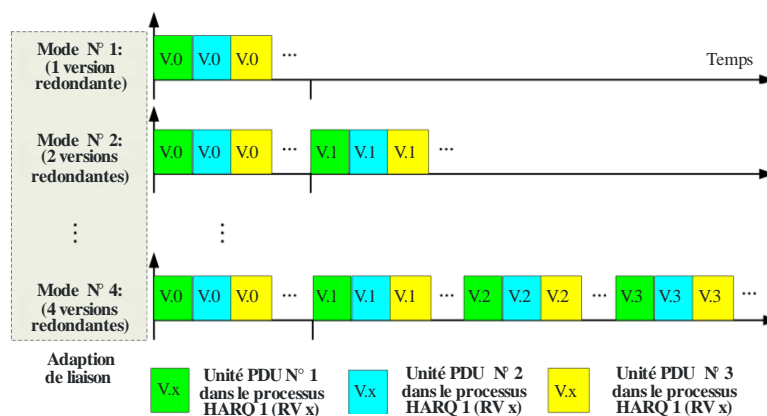
En se fondant sur les informations CQI en retour, l'émetteur choisit en même temps le niveau dans le système MCS et le nombre de versions redondantes transmises simultanément dans un nombre d'intervalles TTI donné, généralement un seul intervalle. De cette manière, le choix du débit de transmission est plus aisé que dans la modulation AMC employée dans les systèmes LTE. Chaque niveau dans le système MCS correspond à un taux de codage efficace (ECR) dans le système LTE, le nombre de taux différents pris en charge dans les systèmes LTE étant égal à 29. Puisque la technique de modulation 64QAM n'est pas prise en charge par la technologie BMSat, le nombre de niveaux dans le système MCS ou le nombre de taux ECR n'est plus que de 17. La combinaison des choix du niveau dans le système MCS et du nombre de versions redondantes transmises permet de porter ce nombre de taux ECR de 17 à 68 dans le cadre de la technologie BMSat. Parmi tous les taux ECR possibles ou une partie de ceux-ci, on choisit celui qui correspond au plus grand débit de transmission, inférieur à la capacité du canal.

Une fois le débit de transmission déterminé, c'est-à-dire le niveau dans le système MCS et le nombre de versions redondantes transmises simultanément, l'émetteur calcule la dimension des données qui correspond à ce débit. Après l'adaptation du débit, chacune des versions redondantes fait l'objet d'une modulation des symboles, d'une concaténation, d'un mappage sur les ressources et d'une modulation OFDM. Si plusieurs versions redondantes sont choisies pour être transmises dans un intervalle TTI, elles sont concaténées dans le temps ou dans l'espace.

B Récepteur dans le mécanisme à demande de répétition automatique hybride virtuelle

Si besoin est, le récepteur effectue d'abord la déconcaténation du signal reçu correspondant aux différentes versions redondantes transmises dans un intervalle TTI. Ensuite, la méthode de décodage HARQ LTE est employée par la technologie BMSat, les différentes versions redondantes transmises simultanément dans un intervalle TTI étant considérées comme des versions retransmises.

FIGURE 1.14
Mécanisme ARQ hybride virtuel



1.1.3.3 Regroupement des intervalles de temps de transmission sur une longue période

En raison des grandes pertes sur le trajet de la liaison par satellite et des limitations de la puissance de transmission de l'équipement d'utilisateur/de la composante satellite, la transmission sur la liaison montante ou sur la liaison descendante peut être limitée en puissance pour certains équipements d'utilisateur. Afin d'améliorer la couverture des transmissions sur les canaux PDSCH/PUSCH, on peut configurer le regroupement des intervalles TTI sur une longue période (jusqu'à 20 ms). Ce regroupement implique qu'un bloc de transport est transmis dans plusieurs sous-trames successives. Cela permet d'augmenter fortement la puissance totale de transmission du paquet. La transmission d'un bloc de transport dans le cas d'un regroupement d'intervalles TTI sur une longue période comporte les étapes suivantes (Fig. 1.15):

- Codage des bits source dans chacun des mots de code à transmettre.
 - Embrouillage des bits codés dans chacun des mots de code à transmettre;
 - Modulation des bits embrouillés afin de générer des symboles de modulation à valeur complexe.
 - Mappage des symboles de modulation à valeur complexe du bloc de transport au niveau d'un port d'antenne sur chacune des sous-trames du regroupement d'intervalles TTI:
- $$x^q(n) = d(q \times M_{sym}^{SF} + n), \quad q = 0, 1, \dots, Q-1, \quad n = 0, 1, \dots, M_{sym}^{SF} - 1,$$
- où Q est le nombre de sous-trames regroupées, M_{sym}^{SF} est le nombre de symboles de modulation qui sont mappés sur chacune des sous-trames, $x^q(n)$ est le $n^{\text{ième}}$ symbole de modulation mappé sur la $q^{\text{ième}}$ sous-trame, $d(\cdot)$ est le symbole de modulation à valeur complexe du bloc de transport.
- Génération du signal dans le domaine temporel à transmettre dans chacune des sous-trames.

Pour améliorer l'efficacité du spectre, l'accès multiple à répartition en codes superposé à l'accès OFDMA (SC-FDMA), peut être employé lors de la génération du signal dans le domaine temporel dans chacune des sous-trames. La procédure comporte, plus précisément, les étapes suivantes:

- Étalement des symboles de modulation à valeur complexe dans chacune des sous-trames. Un exemple est donné dans la Fig. 1.16, dans laquelle le $n^{\text{ième}}$ symbole de modulation de la sous-trame q est étalé au moyen de $[w_0, w_1, \dots, w_{N_{SF}-1}]$, N_{SF} étant la longueur du code d'étalement.
- Mappage des symboles étalés sur des éléments de ressource. Par exemple dans la Fig. 1.16, les symboles étalés du $n^{\text{ième}}$ symbole modulé sont mappés sur la $n^{\text{ième}}$ sous-porteuse de tous les symboles SC-FDMA, à l'exception des symboles pour le signal de référence.
- Génération du signal dans le domaine temporel pour chacune des sous-trames.

FIGURE 1.15

Transmission à regroupement des intervalles TTI sur une longue durée

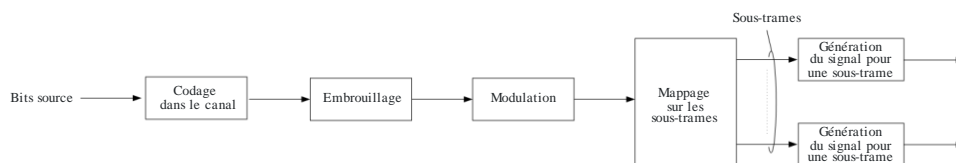
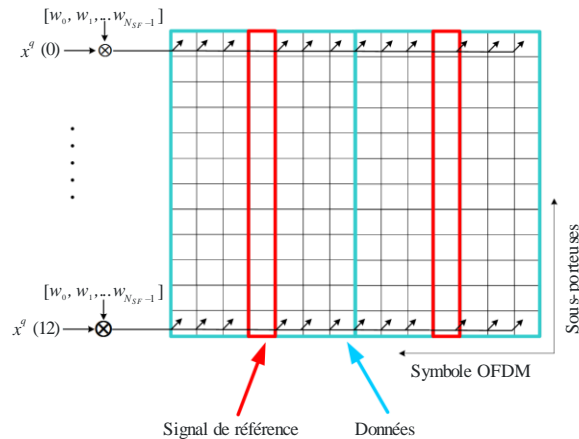


FIGURE 1.16

Mappage des symboles étalés sur des éléments ressource (liaison montante) (exemple)



M.2047-1-16

1.1.3.4 Optimisation de l'accès aléatoire

Le temps de propagation est beaucoup plus long dans le cas d'un système à satellites que dans celui d'un système LTE de Terre. La procédure d'accès dans le système LTE de Terre doit être optimisée pour prendre en charge ce long temps de propagation.

Selon que l'équipement d'utilisateur peut obtenir au préalable une avance temporelle (TA) ou non, l'un ou l'autre des deux systèmes d'accès est employé dans le cadre de la technologie BMSat:

- l'accès sans canal RACH: pour un équipement d'utilisateur pouvant obtenir au préalable une avance temporelle précise;
- l'accès par canal RACH: pour un équipement d'utilisateur ne pouvant pas obtenir au préalable une avance temporelle.

1.1.3.4.1 Accès sans canal d'accès aléatoire

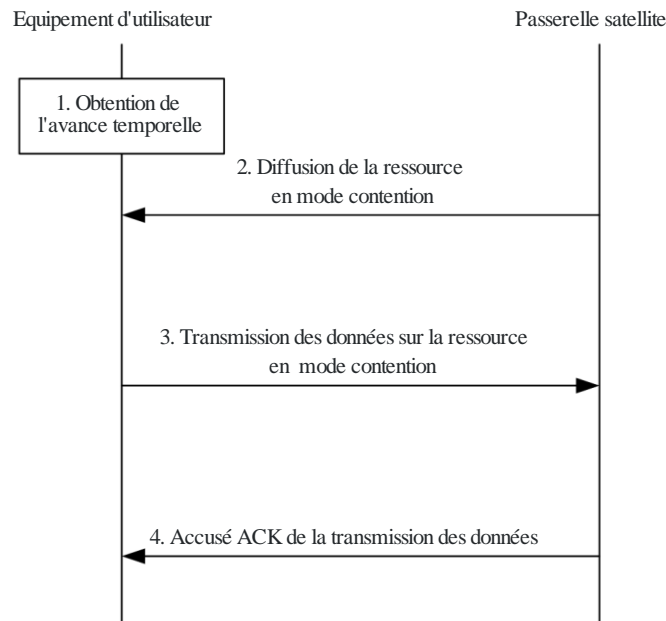
Dans le cas où l'équipement d'utilisateur peut obtenir au préalable une avance temporelle précise, la procédure d'accès aléatoire peut être évitée et une procédure d'accès sans canal RACH peut être utilisée. Cette procédure d'accès sans canal RACH s'applique, à titre d'exemple, dans les trois cas suivants:

- 1) L'équipement d'utilisateur a accédé à la composante satellite et a obtenu au préalable une avance temporelle. La valeur de cette avance temporelle entreposée par l'équipement d'utilisateur reste valable si l'intervalle de temps entre le dernier accès et l'accès actuel est court.
- 2) L'équipement d'utilisateur obtient la valeur de l'avance temporelle entre lui-même et la composante satellite au moyen de la méthode mise en oeuvre. Il peut, par exemple, obtenir la distance entre lui-même et la composante satellite en employant le système mondial de navigation par satellite (GNSS).
- 3) Lorsqu'une composante satellite diffuse un temps de référence UTC, un équipement d'utilisateur équipé du système GNSS peut obtenir la valeur de l'avance temporelle à partir de la différence dans le temps entre le moment où il reçoit le message diffusé et le temps de référence provenant de la composante satellite.

Dans la procédure d'accès sans canal RACH, la passerelle satellite diffuse un ensemble de blocs PRB en mode contention, et l'équipement d'utilisateur y accédant choisit un des blocs pour envoyer les données avec son identificateur. Si la transmission est réussie, la passerelle satellite doit envoyer une réponse à l'équipement d'utilisateur. Sinon, il peut y avoir collision au niveau de l'accès.

L'équipement d'utilisateur peut réitérer la procédure d'accès après un temps aléatoire de réduction de puissance.

FIGURE 1.17
Accès sans canal RACH



M.2047-1-17

NOTE – Si l'avance temporelle TA calculée est supérieure au temps du cycle T des blocs PRB en mode contention, $TA = TA \bmod T$.

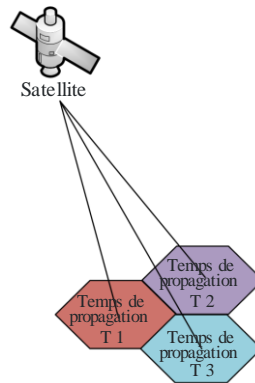
1.1.3.4.2 Optimisation du canal d'accès aléatoire

Dans le cas où l'équipement d'utilisateur ne peut obtenir au préalable la valeur de l'avance temporelle, la procédure RACH LTE peut être réutilisée. Deux méthodes d'optimisation sont possibles.

- 1) Lorsque le diamètre de faisceau du satellite est compris entre 100 et 500 km, la différence des temps de réception par le satellite des codes de synchronisation de la liaison montante, en provenance des différents équipements d'utilisateur dans le même faisceau, peut dépasser la fenêtre de détection de la synchronisation. En conséquence, la longueur du préfixe cyclique (CP) et le rapport gain d'antenne/température de bruit (GT) doivent être adaptés à la portée du faisceau (voir le § 1.1.3.7).
- 2) Lorsqu'un satellite a un certain nombre de faisceaux, les temps de transmission depuis ce satellite dans les différents faisceaux sont différents. Afin de faire en sorte que les préambules dans les canaux RACH des différents faisceaux atteignent le satellite dans la fenêtre de détection, le satellite envoie dans chacun des faisceaux la valeur du temps de propagation (le temps T) depuis le satellite jusqu'à un emplacement de référence dans le faisceau (par exemple, le centre du faisceau). Les équipements d'utilisateur dans le faisceau fixent ensuite le temps de transmission des préambules sur les canaux RACH en fonction du temps T , afin de garantir que les préambules puissent être reçus par le satellite dans la fenêtre de détection.

FIGURE 1.18

Diffusion des temps de propagation depuis le satellite jusqu'à un emplacement de référence dans un faisceau (exemple)



M.2047-1-18

1.1.3.5 Optimisation des transferts

Comparée à celle du système LTE de Terre, la procédure de transfert dans le système de communication par satellite est plus complexe. Trois scénarios de transfert sont possibles: le transfert entre faisceaux intra-satellite, le transfert du satellite à la Terre et le transfert de la Terre au satellite. Il faut envisager des améliorations visant à optimiser cette procédure, notamment afin de réduire les temps d'interruption causés par les longs temps de propagation.

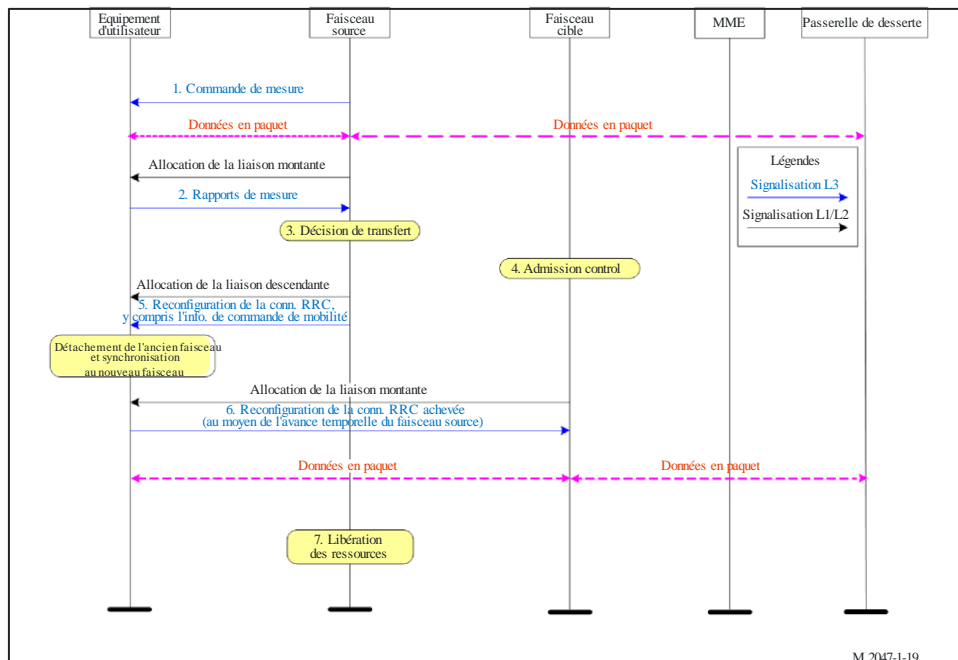
Le transfert est assuré au moyen d'une commande de réseau assistée par l'équipement d'utilisateur, à savoir la décision de transfert pour un équipement d'utilisateur en mode connecté est prise par le réseau, sur la base d'éventuels rapports de mesure fournis par cet équipement d'utilisateur. Ces mesures concernent la puissance ou la qualité des symboles de référence. Diverses conditions signalées de rapport des mesures sont susceptibles d'être configurées par le réseau.

1.1.3.5.1 Transfert entre faisceaux intra-satellite

Une synchronisation étroite des faisceaux peut habituellement être obtenue, de sorte que les avances temporelles dans la liaison montante du faisceau source et du faisceau cible sont les mêmes. Grâce à cette étroite synchronisation, l'équipement d'utilisateur concerné par le transfert peut éviter d'exécuter la procédure RACH dans le faisceau cible de façon à l'accélérer la procédure de transfert. Après l'envoi de la commande de transfert par le faisceau source, le faisceau cible peut programmer directement l'équipement d'utilisateur concerné par le transfert dans le faisceau cible. Lorsque l'équipement d'utilisateur reçoit la commande de transfert, il la communique immédiatement au faisceau cible pour que celui-ci prenne note de la programmation. On peut s'attendre à des temps d'interruption très courts, à l'ordre de quelques ms.

FIGURE 1.19

Transfert entre faisceaux intra-satellite



1.1.3.5.2 Transfert du satellite à la Terre

Dans ce cas, la procédure de transfert LTE existante peut être réemployée directement. On peut s'attendre à des temps d'interruption égaux à ceux dans le système LTE de Terre, à savoir environ 10 ms.

1.1.3.5.3 Transfert de la Terre au satellite

Dans ce cas, le temps d'interruption lié au transfert peut être optimisé à l'aide d'une procédure de pré-synchronisation. Pour réduire les temps d'interruption liés au transfert, la station eNodeB de Terre peut indiquer à l'équipement d'utilisateur concerné par le transfert d'établir la synchronisation de la liaison montante avec le faisceau cible du satellite avant d'envoyer la commande de transfert. Cela implique que l'équipement d'utilisateur doit prendre en charge simultanément la communication avec la Terre et avec le satellite, afin d'établir la synchronisation de la liaison montante avec le faisceau cible du satellite avant de quitter la cellule source. A défaut, l'équipement d'utilisateur doit être doté d'un système GNSS afin d'obtenir l'avance temporelle. Après réception de la commande de transfert, l'équipement d'utilisateur envoie immédiatement le message d'achèvement du transfert au faisceau cible du satellite (NOTE – Les blocs de ressources servant à l'envoi des messages d'achèvement du transfert et des informations y relatives peuvent être fournis dans la commande de transfert). Lorsque la passerelle satellite reçoit le message d'achèvement du transfert, la procédure de transfert est achevée avec succès et la transmission de données peut être poursuivie. De cette manière, le temps d'interruption dû à la procédure de synchronisation de la liaison montante est évité. Toutefois, le temps d'interruption lié au transfert est encore de 480 ms environ (pour le satellite GEO par exemple): 240 ms (correspondant au temps de l'envoi du message d'achèvement du transfert de l'équipement d'utilisateur à la passerelle satellite) + 240 ms (correspondant au temps de l'envoi des données de la composante satellite à l'équipement d'utilisateur).

1.1.3.6 Amélioration de la radiomessagerie

Le terminal des systèmes de communication mobiles par satellite est parfois situé dans des zones à très faible rapport SNR, telles qu'à l'intérieur de locaux ou à l'ombre d'un obstacle. Dans ces scénarios, la puissance du signal est très inférieure au seuil SNR du décodage normal de la radiomessagerie, de sorte qu'un appel entrant ne peut atteindre l'utilisateur.

Ce problème peut être résolu par l'emploi de la radiomessagerie améliorée dans le cadre de la technologie BMSat. La radiomessagerie améliorée permet d'informer les utilisateurs, situés à l'ombre d'un obstacle, qu'un appel va leur être adressé, de manière qu'ils ont le choix de sortir des locaux ou de l'ombre de l'obstacle pour recevoir l'appel. A ces fins, le seuil de décodage de la radiomessagerie améliorée doit être beaucoup plus faible que celui de la radiomessagerie normale.

Pour la radiomessagerie améliorée, on a conçu dans le cadre de la technologie BMSat un nouveau canal physique E-PPCH au sein de la structure de la trame LTE.

1.1.3.6.1 Charge utile sur le canal physique de radiomessagerie améliorée

Pour la radiomessagerie normale dans le système LTE, une identité temporaire d'abonné mobile (S-TMSI) est employée pour la recherche d'un utilisateur dans la zone de suivi. L'identité S-TMSI comporte 8 bits destinés au code de l'entité de gestion de la mobilité (MMEC) et 32 bits destinés à l'identité M-TMSI. L'entité MME est une entité de traitement des messages de commande dans les réseaux centraux du système LTE. Plusieurs entités MME forment une équipe MME et le code MMEC est employé pour l'identification sans équivoque d'une entité MME au sein de cette équipe MME. L'identité M-TMSI est une identité temporaire d'un abonné dans une entité MME.

Généralement, une entité MME est suffisante pour une passerelle satellite. Donc, une identité M-TMSI est suffisante tant pour la radiomessagerie normale que pour la radiomessagerie améliorée dans le cadre de la technologie BMSat, et le code MMEC n'est pas nécessaire dans le cadre de cette technologie.

1.1.3.6.2 Allocation des ressources au canal physique de radiomessagerie améliorée

Puisque le canal E-PPCH est un nouveau canal physique conçu pour la radiomessagerie améliorée, le mappage du message sur les éléments de ressource dans le cadre de la technologie BMSat doit être effectué avec soin de manière à éviter la superposition avec les canaux de commande et les canaux de synchronisation.

La Fig. 1.20 représente les ressources en fréquence/temps dans le cadre de la technologie BMSat pour le créneau temporel 0/le créneau temporel 10 et le créneau temporel 1/le créneau temporel 11. L'unité de base pour l'allocation des ressources dans le cadre de la technologie BMSat est le bloc de ressources physiques (PRB), qui comporte 12 sous-porteuses (180 kHz) dans un créneau temporel (7 symboles OFDM). Les trois premiers symboles OFDM dans chacun des intervalles TTI (composé de deux créneaux temporels) sont habituellement employés pour les informations de commande, tandis que les 6ème et 7ème symboles OFDM des 6 blocs PRB centraux (72 sous-porteuses) dans les créneaux temporels 0 et 10 sont utilisés pour le signal de synchronisation secondaire (SSS) et le signal de signalisation primaire (PSS), respectivement.

A la lumière de ce qui précède, les 4ème et 5ème symboles OFDM des 6 blocs PRB centraux dans les créneaux temporels 0 et 10 sont assignés au canal E-PPCH, ainsi qu'illustré dans la Fig. 1.20.

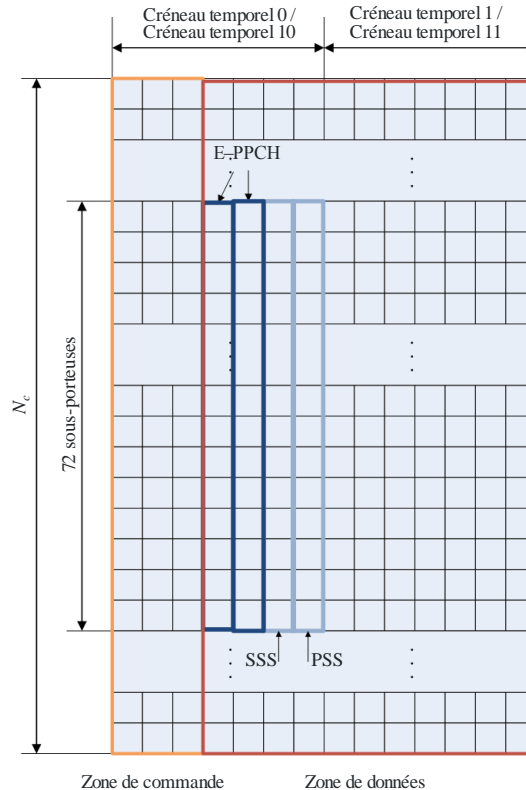
1.1.3.6.3 Transmission fiable de la radiomessagerie améliorée

Deux démarches peuvent être utilisées pour accroître le rapport SNR du décodage de la radiomessagerie améliorée. La première démarche consiste à appliquer l'«étalement dans le temps» de manière à diminuer le seuil SNR du décodage. Au moyen de l'«étalement dans le temps», le message court est étendu des douzaines de fois dans le temps, de manière que le gain puisse être

obtenu au niveau du récepteur au moyen d'un «dés-étalement dans le temps». Pour une amélioration plus poussée de la qualité de fonctionnement, le message étendu dans le temps peut être répété plusieurs douzaines fois, si besoin est. La deuxième démarche consiste à augmenter la puissance d'émission du signal E-PPCH.

FIGURE 1.20

Allocation des ressources au canal E-PPCH



M.2047-1-20

1.1.3.6.4 Economie d'énergie pour les utilisateurs non ciblés

Au moyen de l'étalement dans le temps, le message M-TMSI à 32 bits peut être étendu des douzaines de fois. Si la séquence étendue est transmise dans son ensemble, la récupération du message M-TMSI au niveau du récepteur prendra un certain temps. Dans ce cas, les utilisateurs non ciblés gaspilleront beaucoup d'énergie avant d'apprendre que l'identité M-TMSI dans le message ne concorde pas avec leur identité.

Pour résoudre ce problème, le message M-TMSI à 32 bits est subdivisé en S segments ayant chacun $32/S$ bits. Tous les utilisateurs décoderont le message segment par segment, en comparant le segment qui vient d'être décodé avec le segment correspondant à leur propre identité M-TMSI.

Les segments suivants du message ne seront décodés que si l'identité des segments précédemment reçus concorde tous avec l'identité M-TMSI locale. De cette manière, les utilisateurs non-ciblés peuvent arrêter la détection dans les plus brefs délais, et beaucoup d'énergie est économisée.

1.1.3.6.5 Procédure applicable à la radiomessagerie améliorée

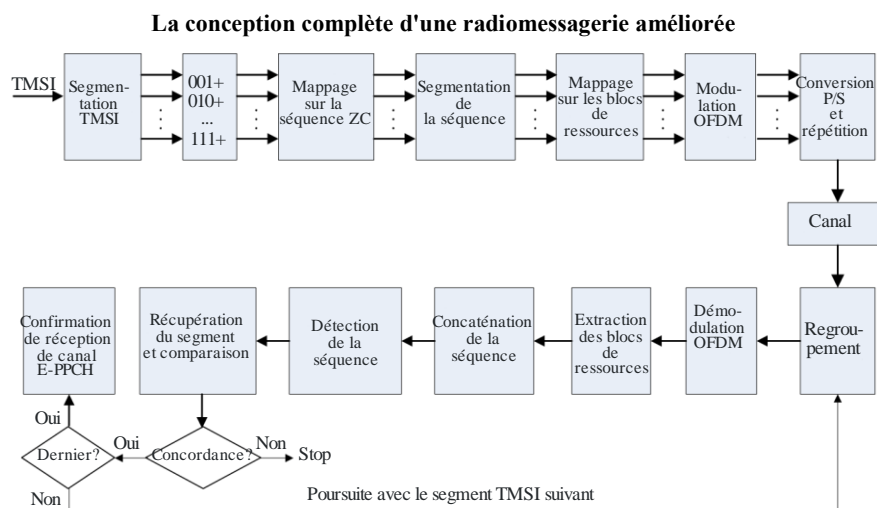
L'ensemble de la procédure est illustrée dans la Fig. 1.21. Au niveau de l'émetteur, le message M-TMSI à 32 bits est d'abord subdivisé en plusieurs segments. Une identité est ensuite jointe à chaque segment, qui sert à comparer les segments au niveau du récepteur. Chacun des segments M-TMSI avec son identité est ensuite mappé sur une séquence Zadoff-Chu, ce qui correspond en

fait au processus d'étalement dans le temps. Comme la longueur de cette séquence pour chacun des segments M-TMSI est généralement supérieure à 72, cette séquence doit d'abord être subdivisée en plusieurs segments, puis être mappée sur les blocs de ressources alloués. A l'issue de la modulation OFDM, le message entier est répété, si nécessaire.

Au niveau du récepteur, les messages répétés sont d'abord regroupés pour former un segment M-TMSI. Après la démodulation OFDM et l'extraction des blocs de ressources, les segments de la séquence d'identité M-TMSI sont concaténés. La méthode de la probabilité maximale (ML, *maximum likelihood*) peut ensuite être employée pour la détection de la séquence, et le segment M-TMSI en cours avec son identité de segment sont récupérés, conformément aux règles de mappage sur la séquence. A l'aide de l'identité du segment, le récepteur compare le segment M-TMSI reçu avec la partie correspondante d'identité M-TMSI locale. S'il y a concordance de l'identité des segments, le récepteur procède à l'examen du segment M-TMSI suivant. Sinon, il arrête la détection pour le canal E-PPCH. Lorsque l'ensemble des segments M-TMSI reçus concordent avec l'identité M-TMSI locale, le récepteur peut informer l'utilisateur qu'un canal E-PPCH est reçu.

Les configurations E-PPCH sont diffusées dans des blocs d'informations sur le système.

FIGURE 1.21



M.2047-1-21

1.1.3.7 Modification propre aux longs temps de propagation

1.1.3.7.1 Configuration applicable au canal physique d'accès aléatoire

Dans le système LTE de Terre, plusieurs configurations de canal PRACH sont définies de manière à prendre en charge une couverture d'un maximum de 100 km. La couverture des faisceaux transmis par les satellites vise des zones beaucoup plus larges, d'un diamètre allant de 100 à 500 km. Dans le cadre de la technologie BMSat, une configuration de canal PRACH «sat1» est ajoutée au Tableau 1.1.

TABLEAU 1.1
Configuration de canal PRACH

Format de préambule	TCP	TSEQ	Longueur de séquence	GT
0	3168T _s	24576T _s	839	≈97,4 μs
1	21024T _s	24576T _s	839	≈516 μs
2	6240T _s	2*24576T _s	839	≈197,4 μs
3	21024T _s	2*24576T _s	839	≈716 μs
4 (Type 2 de structure de trame seulement)	448T _s	4096T _s	139	≈9,4 μs
Sat1	41024T _s	2*24576T _s	839	≈1280 μs

1.1.3.7.2 Configuration de la période du retour d'informations sur la qualité du canal

La période maximale de retour d'informations CQI du système LTE de Terre est égale à 160 ms. Dans le cadre de la technologie BMSat, cette période est étendue à un maximum de 2 048 ms.

TABLEAU 1.2
Configuration du retour d'informations CQI

$I_{CQI/PMI}$	Valeur de N_{pd}	Valeur de $N_{OFFSET,CQI}$
$0 \leq I_{CQI/PMI} \leq 1$	2	$I_{CQI/PMI}$
$2 \leq I_{CQI/PMI} \leq 6$	5	$I_{CQI/PMI} - 2$
$7 \leq I_{CQI/PMI} \leq 16$	10	$I_{CQI/PMI} - 7$
$17 \leq I_{CQI/PMI} \leq 36$	20	$I_{CQI/PMI} - 17$
$37 \leq I_{CQI/PMI} \leq 76$	40	$I_{CQI/PMI} - 37$
$77 \leq I_{CQI/PMI} \leq 156$	80	$I_{CQI/PMI} - 77$
$157 \leq I_{CQI/PMI} \leq 316$	160	$I_{CQI/PMI} - 157$
$I_{CQI/PMI} = 317$	Réservé	
$318 \leq I_{CQI/PMI} \leq 349$	32	$I_{CQI/PMI} - 318$
$350 \leq I_{CQI/PMI} \leq 413$	64	$I_{CQI/PMI} - 350$
$414 \leq I_{CQI/PMI} \leq 541$	128	$I_{CQI/PMI} - 414$
$542 \leq I_{CQI/PMI} \leq 641^*$	256	$I_{CQI/PMI} - 542$
$642 \leq I_{CQI/PMI} \leq 741^*$	512	$I_{CQI/PMI} - 642$
$742 \leq I_{CQI/PMI} \leq 841^*$	1024	$I_{CQI/PMI} - 742$
$842 \leq I_{CQI/PMI} \leq 941^*$	2048	$I_{CQI/PMI} - 842$
$942 \leq I_{CQI/PMI} \leq 1023$	Réservé	

1.1.3.7.3 Tableau présentant les classes de qualité de service

Il existe 9 classes normalisées, correspondant chacune à un identificateur de classe de qualité de service (QCI, *QoS class identifier*) prédéfini dans le système LTE, qui permettent la prise en charge d'une large gamme de services. Les services avec des temps de propagation très courts comme les jeux en temps réel ne peuvent être assurés par la communication par satellite. En conséquence, dans le cadre de la technologie BMSat, la classe QCI LTE 3 est supprimée tandis que les huit autres classes QCI normalisées sont conservées. En outre, la limite du temps de propagation des paquets est optimisée de manière à prendre en charge de longs temps de propagation.

TABLEAU 1.3
Configuration des classes QCI

QCI	Type de ressource	Priorité	Limite du temps de propagation des paquets	Taux de perte par erreur de paquets	Exemples de service
1	GBR	2	100 ms + x	10^{-2}	Téléphonie
2		3	150 ms + x	10^{-3}	Visioconférence (transmission directe)
3		4	300 ms + 2x	10^{-6}	Vidéo (transmission par tampon)
4	Non-GBR	1	100 ms + 2x	10^{-6}	Signalisation IMS
5		5	300 ms + 2x	10^{-6}	Vidéo (transmission par tampon) TCP (par exemple, www, e-mail, chat, ftp, partage de fichiers p2p, vidéo progressive, etc.)
6		6	100 ms + 2x	10^{-3}	Téléphonie Vidéo (transmission directe) Jeux interactifs
7		7	300 ms + 2x	10^{-6}	Vidéo (transmission par tampon) TCP (par exemple, www, e-mail, chat, ftp, partage de fichiers p2p, vidéo progressive, etc.)
8		8			

NOTE – x est le temps moyen de transmission entre l'équipement d'utilisateur et la passerelle satellite.

Le service «+x» est supposé être transmis par commande RLC en mode UM;

Le service «+2x» est supposé être transmis par commande RLC en mode AM.

1.1.3.8 Codage dans le réseau

Dans les systèmes de communication mobiles par satellite, une simple technologie de codage dans le réseau employant l'opérateur OU exclusif (XOR, *exclusive OR*) est utilisée pour améliorer l'efficacité en matière de fréquence de la liaison descendante.

Pour commencer, les deux utilisateurs connectés émettent des messages dans différents canaux de liaison montante. Ensuite, la station au sol (ou le processeur embarqué) décode les messages provenant des deux canaux de liaison montante et transmet la fonction XOR de ces deux messages décodés dans le même canal de liaison descendante. En troisième lieu, les deux utilisateurs décodent le message XOR et chacun des deux récupère le message de l'autre en appliquant au message reçu la fonction XOR de son propre message envoyé sur la liaison montante. Le système

de communication mobile par satellite est limité en puissance, en particulier pour la transmission sur la liaison descendante, de sorte que l'emploi d'un seul canal de liaison descendante pour desservir deux utilisateurs améliore grandement la capacité du système.

1.2 Spécifications détaillées de la technologie des interfaces radioélectriques

Les spécifications détaillées de la technologie des interfaces radioélectriques de la composante satellite des IMT évoluées nommée technologie BMSat ont été placées sur le site web de la China Communications Standards Association (CCSA).

Les spécifications BMSat sont fondées sur les spécifications LTE évoluées et leurs relations sont décrites dans le Tableau 1.4.

TABLEAU 1.4

Relations entre les spécifications BMSat et les spécifications LTE évoluées

Terminologie	Définition
La spécification LTE évoluée s'applique	La caractéristique de cette spécification BMSat est identique à celle de la spécification LTE évoluée et donc la spécification LTE évoluée correspondante s'applique.
Spécification propre à la technologie BMSat	La spécification BMSat décrit une nouvelle caractéristique BMSat, qui n'a pas d'équivalent dans la technologie LTE évoluée.
Remplace la spécification LTE évoluée	La spécification BMSat remplace la spécification LTE évoluée correspondante. La spécification BMSat peut y faire référence.

Les spécifications BMSat sont rassemblées dans une série de documents dont la structure correspond à celle des documents qui concernent la technologie LTE évoluée, comme indiqué dans le Tableau 1.5.

TABLEAU 1.5

Structure des spécifications BMSat

	Technologie BMSat	Technologie LTE évoluée
Spécifications propres à la technologie BMSat	Série TS 36.0xx.2	
Spécifications applicables à la couche radioélectrique 1	Série TS 36.2xx.0/2	Série TS 36.2xx
Spécifications applicables aux couches radioélectriques 2 et 3	Série TS 36.3xx.0/2	Série TS 36.3xx
Architecture	Série TS 36.4xx.0/2	Série TS 36.4xx

où:

- TS xx.yyy.0 est employé pour les spécifications BMSat qui correspondent à une spécification LTE évoluée. Dans ce cas, les nombres xx et yyy correspondent à ceux du système de numérotation employé dans la technologie LTE évoluée.

- TS xx.yyy.2 est employé pour les spécifications BMSat qui ne correspondent pas à une spécification LTE évoluée. Dans ce cas, seul le nombre xx correspond à celui du système de numérotation employé dans la technologie LTE évoluée et le nombre yyy est alloué à la technologie BMSat.

Les spécifications BMSat sont décrites en détail dans le document TS BMSat 36.001.2. Le présent paragraphe n'introduit que brièvement les spécifications où sont indiquées les différences (c'est-à-dire les modifications) par rapport aux spécifications LTE évoluées de Terre, à savoir les spécifications «propres à la technologie BMSat» et les spécifications «remplaçant les spécifications LTE évoluées».

1.2.1 Spécifications propres à la technologie de la composante satellite mobile à large bande

1.2.1.1 TS BMSat 36.001.2

Introduction à l'ensemble des spécifications BMSat

Ce document contient une introduction générale sur les spécifications BMSat.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.1.2 TS BMSat 36.002.2

Technologie BMSat; description générale

Ce document donne une description générale du système BMSat et contient la spécification des interfaces aériennes radioélectriques associées. Il a pour objet de mettre en évidence certaines différences entre le système LTE évolué de Terre et le système BMSat mobile à satellites.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.2 Spécifications applicables à la couche radioélectrique 1

1.2.2.1 TS BMSat 36.201.0

Accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRA); couche physique BMSat; description générale

Ce document donne une description générale de la couche physique de l'interface radioélectrique E-USRA. Il décrit également comment s'articulent les documents dans lesquels sont énoncées les spécifications applicables à la couche physique de l'interface E-USRA, à savoir ceux de la série TS BMSat 36.200. Cette série spécifie le point Uu pour les systèmes BMSat et définit les spécifications minimales requises pour les connexions de base en termes de connectivité mutuelle et de compatibilité.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.2.2 TS BMSat 36.211.0

Accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRA); canaux physiques et modulation

Ce document décrit les canaux physiques et la modulation de l'interface E-USRA.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.2.3 TS BMSat 36.212.0

Accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRA); multiplexage et codage des canaux

Ce document spécifie le codage, le multiplexage et le mappage sur les canaux physiques de l'interface E-USRA.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.2.4 TS BMSat 36.213.0

Accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRA); procédures de la couche physique

Ce document spécifie et définit les caractéristiques des procédures de la couche physique de l'interface E-USRA.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.2.5 TS BMSat 36.216.0

Accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRA); couche physique destinée à l'exploitation de la composante CGC

Ce document décrit les caractéristiques des transmissions entre la composante satellite SAT-eNB et la composante CGC.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.3 Spécifications applicables aux couches radioélectriques 2 et 3

1.2.3.1 TS BMSat 36.300.0

Accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRA) et réseau d'accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRAN); description générale; étape 2

Ce document donne un aperçu et une description générale de l'architecture des protocoles d'interface radioélectrique dans le réseau E-USRAN. Ces protocoles d'interface radioélectrique sont détaillés dans des spécifications correspondantes de la série 36.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.3.2 TS BMSat 36.321.0

Accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRA); spécification du protocole de commande d'accès au support physique (MAC)

Ce document spécifie le protocole de commande d'accès au support physique (MAC) de l'interface E-USRA.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.3.3 TS BMSat 36.331.0

Accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRA); commande de ressource radioélectrique (RRC); spécification du protocole

Ce document spécifie le protocole de commande de ressource radioélectrique de l'interface radioélectrique entre l'équipement d'utilisateur et le réseau E-USRAN ainsi que de l'interface radioélectrique entre la composante CGC et le réseau E-USRAN.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

1.2.4 Architecture

1.2.4.1 TS BMSat 36.423.0

Réseau d'accès radioélectrique universel évolué par satellite (E-USRAN); protocole d'application X2 (X2AP)

Ce document spécifie les procédures de la couche réseau radioélectrique du plan de commande entre les composantes satellites SAT-eNB dans le réseau E-UTRAN. Le protocole X2AP prend en charge les fonctions de l'interface X2 au moyen des procédures définies dans ce document.

Adresse: <http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/UIT-R/BMSat>.

Annexe 2

Spécifications de la technologie des interfaces radioélectriques à multiplexage par répartition en fréquences orthogonales de la communication par satellite

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
2.1 Introduction	39
2.2 Description des systèmes IMT évolués où sont employées des interfaces radioélectriques à multiplexage par répartition en fréquences orthogonales pour la communication par satellite.....	40
2.2.1 Description de l'architecture	40
2.2.2 Description du système.....	42
2.3 Spécifications applicables aux fréquences radioélectriques	45
2.3.1 Satellite (station spatiale).....	45
2.3.2 Station terrienne mobile.....	46
2.4 Spécifications applicables à la bande de base	47
2.4.1 Accès multiple	47
2.4.2 Description de la transmission globale dans la bande de base	47
2.4.3 Canaux physiques et relations temporelles.....	49
2.4.4 Multiplexage et codage des canaux	59
2.4.5 Procédures au niveau de la couche physique.....	62
2.4.6 Caractéristiques propres aux systèmes à satellites permettant d'améliorer la qualité de fonctionnement.....	66
2.5 Spécifications détaillées	88

2.1 Introduction

L'interface SAT-OFDM est une interface radioélectrique de la communication par satellite permettant de fournir des services de télécommunication mobiles évolués dans des environnements de communication par satellite IMT. Cette interface radioélectrique peut être employée pour les satellites à orbite géostationnaire (GSO) qui servent aux communications internationales à l'échelle mondiale.

L'interface SAT-OFDM utilise l'accès multiple à répartition en fréquences orthogonales (OFDMA) dans la liaison descendante (espace-Terre) et l'accès multiple à répartition en fréquences à porteuse unique (SC-FDMA) dans la liaison montante (Terre-espace).

L'interface radioélectrique a beaucoup de caractéristiques en commun avec les spécifications applicables aux communications radioélectriques de Terre et avec la technologie d'évolution à long

terme (LTE) mise au point dans le cadre du projet 3GPP pour les services IMT évolués, mais elle a aussi un certain nombre de caractéristiques différentes. Ces caractéristiques, qui sont nécessaires pour tenir compte des aspects propres aux systèmes à satellites telles que les longs temps de propagation aller-retour et le canal de communication par satellite à évanouissement lent, sont incorporées sous la forme d'accès aléatoire, d'entrelacement, de régulation de puissance en boucle fermée, etc.

A ce propos, on peut noter qu'il y a deux modes de fonctionnement de l'interface radioélectrique, le mode normal et le mode amélioré. Le mode normal est entièrement compatible avec les spécifications «LTE Release 8», élaborées dans le cadre du projet 3GPP, tandis que le mode amélioré permet d'obtenir une meilleure qualité de fonctionnement en incorporant des caractéristiques supplémentaires propres aux systèmes à satellites. Le réseau RAN à satellite devrait prendre en charge les deux modes tandis que l'équipement d'utilisateur prend en charge, soit le mode normal seul, soit les deux modes.

2.2 Description des systèmes IMT évolués où sont employées des interfaces radioélectriques à multiplexage par répartition en fréquences orthogonales pour la communication par satellite

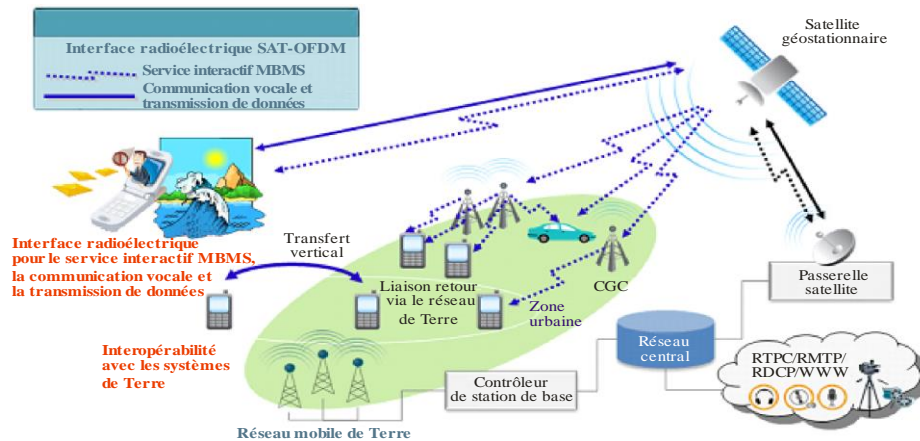
2.2.1 Description de l'architecture

La Fig. 2.1 décrit l'architecture d'ensemble d'un système où sont employées les interfaces SAT-OFDM. Les composantes suivantes sont prises en considération:

- La composante satellite: Elle fournit, en dehors de la couverture de la composante de Terre et de la composante au sol complémentaire (CGC), des services et des applications qui sont semblables à ceux des systèmes de Terre, tout en étant soumis aux contraintes inhérentes à la communication par satellite, telles que la limitation de la puissance et les longs temps de propagation aller-retour.
- Les composantes CGC: Afin de fournir des services de diffusion/multidiffusion mobiles par satellite, elles peuvent être déployées dans des zones où la réception du satellite est difficile, en particulier dans les zones urbaines. Elles peuvent être co-implantées sur les sites des cellules de Terre ou être autonomes.
- La composante de Terre des IMT évoluées: La composante satellite peut fournir des services de communication vocale et de transmission de données dans des régions situées en dehors de la couverture des services de Terre. Ces zones, insuffisamment couvertes par la composante de Terre, sont notamment des régions isolées sur le plan géographique, des zones omises par la composante de Terre et des zones où la composante de Terre est inopérante de façon permanente ou temporaire, en raison des circonstances.

FIGURE 2.1

Exemple de l'architecture d'un système IMT évolué où sont employées les interfaces SAT-OFDM



M.2047-2-01

Le scénario de communication dans les deux sens permet d'étendre la couverture et la continuité des services dans la partie située sur Terre. Dans ce scénario, une technique de transfert avec la partie située sur Terre doit impérativement être envisagée. Pour un transfert peu onéreux, les interfaces radioélectriques futures de la communication par satellite devront être compatibles et posséder de nombreuses fonctionnalités en commun avec le système radioélectrique LTE de Terre envisagé. Il est aussi possible de réutiliser la technologie de la partie située sur Terre dans le but de minimiser les composants électroniques au niveau du terminal d'utilisateur et les équipements de réseau afin d'aboutir à un coût plus faible et à un développement plus rapide.

En outre, l'interface SAT-OFDM peut être employée pour fournir des services de diffusion multimédia interactifs efficaces, puisque les interfaces radioélectriques mobiles de Terre envisagées sont en mesure d'assurer les services de diffusion et de communication bidirectionnelle dans un système cellulaire. Ceci est dû au fait que la composante satellite a, par rapport à la composante de Terre, l'avantage de délivrer un même contenu dans une zone géographique étendue.

2.2.1.1 Constellation

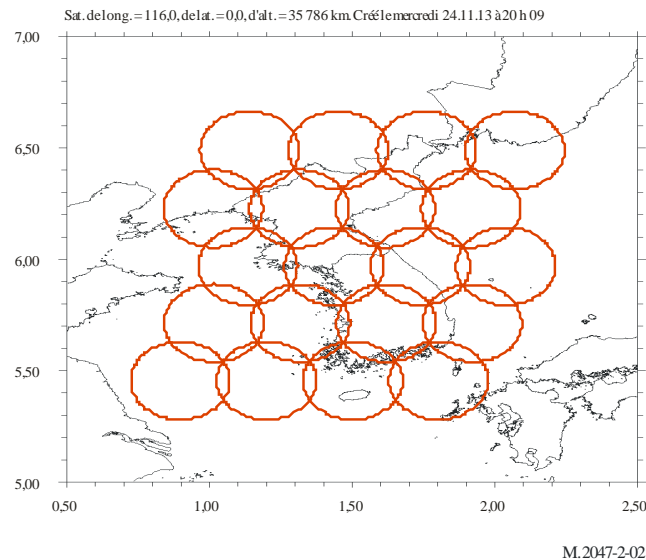
Cette interface est en mesure de se charger de plusieurs types de constellation de satellites: à orbite terrestre basse (LEO), à orbite terrestre moyenne (MEO) ou à orbite de satellite géostationnaire (GSO). Il convient de noter que les descriptions dans les paragraphes suivants sont principalement fondées sur le type de constellation GSO.

2.2.1.2 Satellites

Plusieurs architectures sont envisagées en fonction des besoins en matière de débit, à savoir les configurations à faisceau mondial mais aussi les configurations multifaisceau et multisatellite. La Fig. 2.2 donne un exemple de la configuration multifaisceau, qui est employée pour évaluer les caractéristiques du système, notamment les spécifications applicables aux fréquences radioélectriques.

FIGURE 2.2

Exemple de configuration multifaisceau avec une antenne de satellite de 24 m



2.2.2 Description du système

2.2.2.1 Caractéristiques des services

Cette interface radioélectrique peut fournir aux utilisateurs mobiles une large gamme de services de télécommunication, déjà mentionnés dans la Recommandation UIT-R M.1822 et repris dans le Tableau 2.1.

TABLEAU 2.1

Services susceptibles d'être pris en charge

Classe d'expérience de l'utilisateur	Classe de service	Exemples de service
Conversationalnelle	Conversationalnelle de base	Téléphonie (y compris la téléphonie IP) Communications d'urgence Push-to-talk (appuyer sur un bouton et parler)
	Conversationalnelle enrichie	Visioconférence Téléphonie vidéo de haute qualité Collaboration à distance Cyberenseignement (par exemple, appel vidéo à destination d'un enseignant) Consultation (par exemple, interaction vidéo avec un médecin) Commerce mobile
	Conversationalnelle avec un faible retard	Jeux interactifs Consultation Service prioritaire

TABLEAU 2.1 (*fin*)

Classe d'expérience de l'utilisateur	Classe de service	Exemples de service
Interactive	Interactive avec un retard important	Cyberenseignement (par exemple, recherche de données) Consultation (par exemple, recherche de données) Navigation sur Internet Commerce mobile Services de localisation Services employant des systèmes de transport intelligents
	Interactive avec un faible retard	Communications d'urgence Courrier électronique (accès IMAP aux serveurs) Collaboration à distance (par exemple, partage entre ordinateurs) Alerte de la population (par exemple, avec retour d'informations) Messagerie (messagerie instantanée) Radiodiffusion/multidiffusion mobile (télévision interactive mobile personnalisée) Jeux interactifs
Transmission en continu	Transmission en continu et en direct	Communications d'urgence Alerte de la population Cyberenseignement (par exemple, cours à distance) Consultation (par exemple, suivi à distance) De machine à machine (par exemple, observation) Diffusion/multidiffusion mobile Multimédia
	Transmission en continu et en différé	Diffusion/multidiffusion mobile Cyberenseignement (par exemple, films éducatifs) Multimédia Commerce mobile Collaboration à distance
En arrière-plan	En arrière-plan	Messagerie Messagerie vidéo Alerte de la population Courrier électronique (réception/émission, par exemple POP) De machine à machine Transfert/téléchargement de fichiers Cyberenseignement (téléchargement/chargement de fichiers) Consultation (téléchargement/chargement de fichiers) Navigation sur Internet Service de localisation

La qualité de service (QoS) des divers services de télécommunication pris en charge par cette interface est différente de celle de la composante de Terre des IMT évoluées en raison de caractéristiques inhérentes à la communication par satellite, telles que le long temps de propagation aller-retour. Dans cette interface, le temps de transfert maximal d'un trajet aller ou retour pour les

services en temps réel au niveau de l'acheminement sur support peut être inférieur à 400 ms pour des taux d'erreurs sur les bits (BER) compris entre 1×10^{-3} et 1×10^{-7} .

2.2.2.2 Caractéristiques du système

Cette interface radioélectrique est fondée sur les caractéristiques techniques énumérées dans le Tableau 2.2.

TABLEAU 2.2

Caractéristiques techniques essentielles de l'interface SAT-OFDM

Système à accès multiple	OFDMA (liaison descendante), SC-FDMA (liaison montante)
Mode duplex	Mode duplex à répartition en fréquences (FDD)
Débit d'éléments	Un multiple ou un sous-multiple de 3,84 Mcps
Espacement des sous-porteuses	15 kHz
Espacement des porteuses	1,3, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
Longueur de trame	10 ms
Synchronisation des faisceaux ponctuels	Synchronisation précise non nécessaire (la synchronisation précise étant nécessaire pour la coordination des faisceaux)
Système à taux multiples/variables	Modulations variables et taux de codage + multicouche
Système de codage des canaux	Codage convolutif 1/3 Codage turbo 1/3

2.2.2.3 Caractéristiques des terminaux

Les équipements d'utilisateur sont de types divers: mobile, portable, à bord d'un véhicule, transportable ou destiné à l'aéronautique. Les débits de données et les limites de mobilité de chaque type de terminal sont indiqués dans le Tableau 2.3. Pour évaluer la capacité maximale, il faut distinguer les débits de données de la liaison aller de ceux de la liaison retour.

TABLEAU 2.3

Limites en matière de mobilité pour chaque type de terminal

Types de terminal	Débit de données des services effectués (liaison retour) (bps/(Hz·couche))	Débit de données des services effectués (liaison aller) (bps/(Hz·couche))	Limite de mobilité nominale (km/h)
Mobile (classe 3)	$\leq 0,089$	$\leq 1,556$	500
Portable	$\leq 1,156$	$\leq 1,556$	500
A bord d'un véhicule	$\leq 1,556$	$\leq 1,556$	500 (1 000 au maximum)
Transportable	$\leq 1,556$	$\leq 1,556$	Statique

2.2.2.4 Transfert

Cette interface radioélectrique permet d'assurer le transfert de communications d'un canal radioélectrique de satellite à un autre canal. La méthode du transfert est décidée par le réseau avec l'aide de la station mobile.

Seul le transfert franc est pris en charge.

Les types de transfert suivants sont les plus fréquents dans le système.

Transfert entre faisceaux

L'équipement d'utilisateur mesure périodiquement le niveau du symbole de référence $C/(N + I)$ provenant des faisceaux adjacents et transmet ces informations au réseau RAN à satellite. En se fondant sur ces mesures, le faisceau de desserte du satellite entame la préparation du transfert, qui peut impliquer un échange de signalisation entre le faisceau de desserte et le faisceau cible et la commande d'admission de l'équipement d'utilisateur dans le faisceau cible. Si la préparation du transfert réussit, la décision de l'effectuer est prise et la commande de transfert sera en conséquence envoyée à l'équipement d'utilisateur. La connexion entre l'équipement d'utilisateur et le faisceau de desserte sera libérée, puis l'équipement d'utilisateur tentera de se synchroniser et d'accéder au faisceau cible en utilisant le canal d'accès aléatoire.

Transfert entre satellites

La procédure est analogue à celle du transfert entre faisceaux, la seule différence étant le fait que l'équipement d'utilisateur doit aussi rechercher les différentes identités des symboles de référence propres aux systèmes à satellites.

Transfert entre fréquences

Le transfert entre fréquences peut ne pas être nécessaire d'une façon générale. Le transfert est décidé par le réseau RAN à satellite sans aucune aide de l'équipement d'utilisateur (ce type de transfert n'étant pas un transfert effectué avec l'aide de la station mobile).

Sur la liaison retour, le réseau RAN à satellite peut aussi regrouper tous les signaux reçus du même équipement d'utilisateur par l'intermédiaire de différents faisceaux et/ou satellites.

2.3 Spécifications applicables aux fréquences radioélectriques

2.3.1 Satellite (station spatiale)

Les caractéristiques de la composante satellite faisant l'objet de l'évaluation de la qualité de fonctionnement sont résumées dans le Tableau 2.4.

TABLEAU 2.4

Architecture multifaisceau à satellites ayant une antenne de 24 m

Nombre de faisceaux ponctuels	20
Fréquence dans la liaison descendante (satellite-UE) (MHz)	2 170-2 200
Polarisation	LHCP ou RHCP
p.i.r.e. embarquée par porteuse (dBW)	73
Fréquence dans la liaison montante (UE-satellite) (MHz)	1 980-2 010
Polarisation	LHCP ou RHCP
Gain d'antenne au niveau du récepteur (dB)	≤ 50

2.3.2 Station terrienne mobile

La station terrienne mobile est aussi nommée équipement d'utilisateur (UE). Celui-ci peut être de plusieurs types:

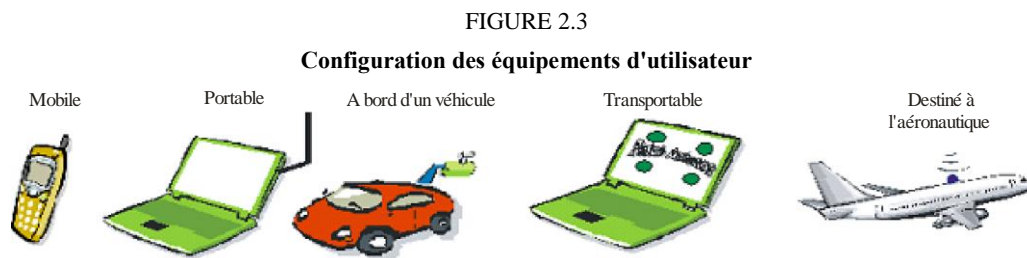
Mobile normalisé 3G: l'emploi dans un environnement de communication par satellite nécessite l'adaptation de l'agilité en fréquence dans la bande des fréquences des services MSS. L'hypothèse de base est que l'équipement d'utilisateur soit de la classe de puissance 1, 2 ou 3 et qu'il soit équipé d'une antenne normalisée omnidirectionnelle.

Portable: cette configuration comporte un ordinateur portable auquel est reliée une antenne extérieure.

A bord d'un véhicule: cette configuration est obtenue en installant un module à fréquences radioélectriques sur le toit d'un véhicule, relié à l'équipement d'utilisateur dans l'habitacle.

Transportable: cette configuration comporte un ordinateur portable dont la coque contient des antennes à plaques planes (orientées manuellement vers le satellite).

Destiné à l'aéronautique: cette configuration est réalisée en installant une antenne sur le dessus du fuselage.



M.2047-2-03

Les caractéristiques de la puissance et du gain pour quatre configurations de l'équipement d'utilisateur sont résumées dans le Tableau 2.5.

TABLEAU 2.5

Caractéristiques de l'équipement d'utilisateur

Type d'équipement d'utilisateur	Puissance d'émission maximale	Gain d'antenne de référence	p.i.r.e. maximale	Température du système	G/T
Mobile 3G					
Classe 1	2 W (33 dBm)	0 dBi	3 dBW	290 K	-24,6 dB/K
Classe 2	500 mW (27 dBm)		-3 dBW		
Classe 3	250 mW (24 dBm)		-6 dBW		
Portable	2 W (33 dBm)	2 dBi	5 dBW	200 K	-21 dB/K
A bord d'un véhicule	8 W (39 dBm)	4 dBi	13 dBW	250 K	-20 dB/K
Transportable	2 W (33 dBm)	14 dBi	17 dBW	200 K	-9 dB/K

2.4 Spécifications applicables à la bande de base

2.4.1 Accès multiple

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 4.2.1 de la norme TTAT.3G-36.201¹, élaborée par la Korean Telecommunication technology association (TTA).

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

Afin d'assurer la transmission dans des bandes appariées de 2GHz, un mode duplex est pris en charge: le mode duplex par répartition en fréquences (FDD) qui assure le mode duplex et le mode semi-duplex.

Dans la liaison descendante, en mode amélioré, le multiplexage par répartition en fréquences à porteuse unique (SC-FDM) avec un préfixe cyclique est aussi pris en charge. Pour plus de détails, voir le § 2.4.6.6.

Dans la liaison montante, en mode amélioré, des blocs de ressources plus étroits que 180 kHz sont aussi pris en charge dans le cas de terminaux portables à puissance limitée dans la liaison montante. Pour plus de détails, voir le § 2.4.6.5.

2.4.2 Description de la transmission globale dans la bande de base

Les transmissions dans leur ensemble sur la liaison descendante et sur la liaison montante de l'interface SAT-OFDM sont décrites dans les Fig. 2.4 et 2.5, respectivement. L'interface SAT-OFDM a, à peu de choses près, les mêmes blocs de transmission que l'interface radioélectrique «LTE Release 8» 3GPP, mais certains blocs peuvent être modifiés de nouveaux blocs peuvent être ajoutés pour incorporer des caractéristiques propres aux systèmes à satellites.

¹ La norme TTAT 3G-36.201 est une transposition du Document TS 36.201 ([http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.201\(R8-8.3.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.201(R8-8.3.0).zip)) établi dans le cadre du projet 3GPP. La TTA est l'un des organismes de transposition nommément désignés pour les spécifications LTE (évoluées) établies dans le cadre du projet 3GPP.

FIGURE 2.4

Transmission sur la liaison descendante dans l'interface SAT-OFDM

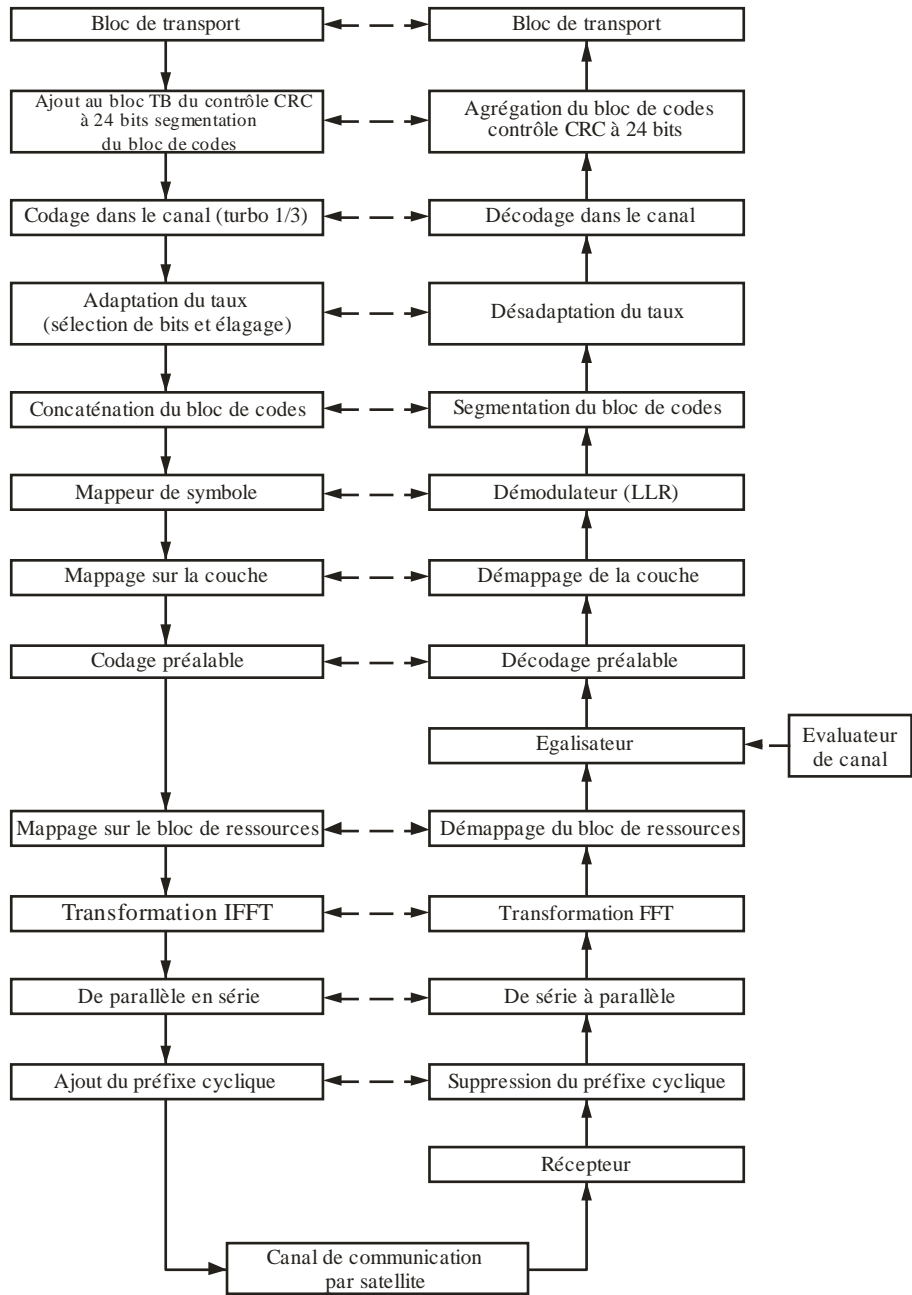
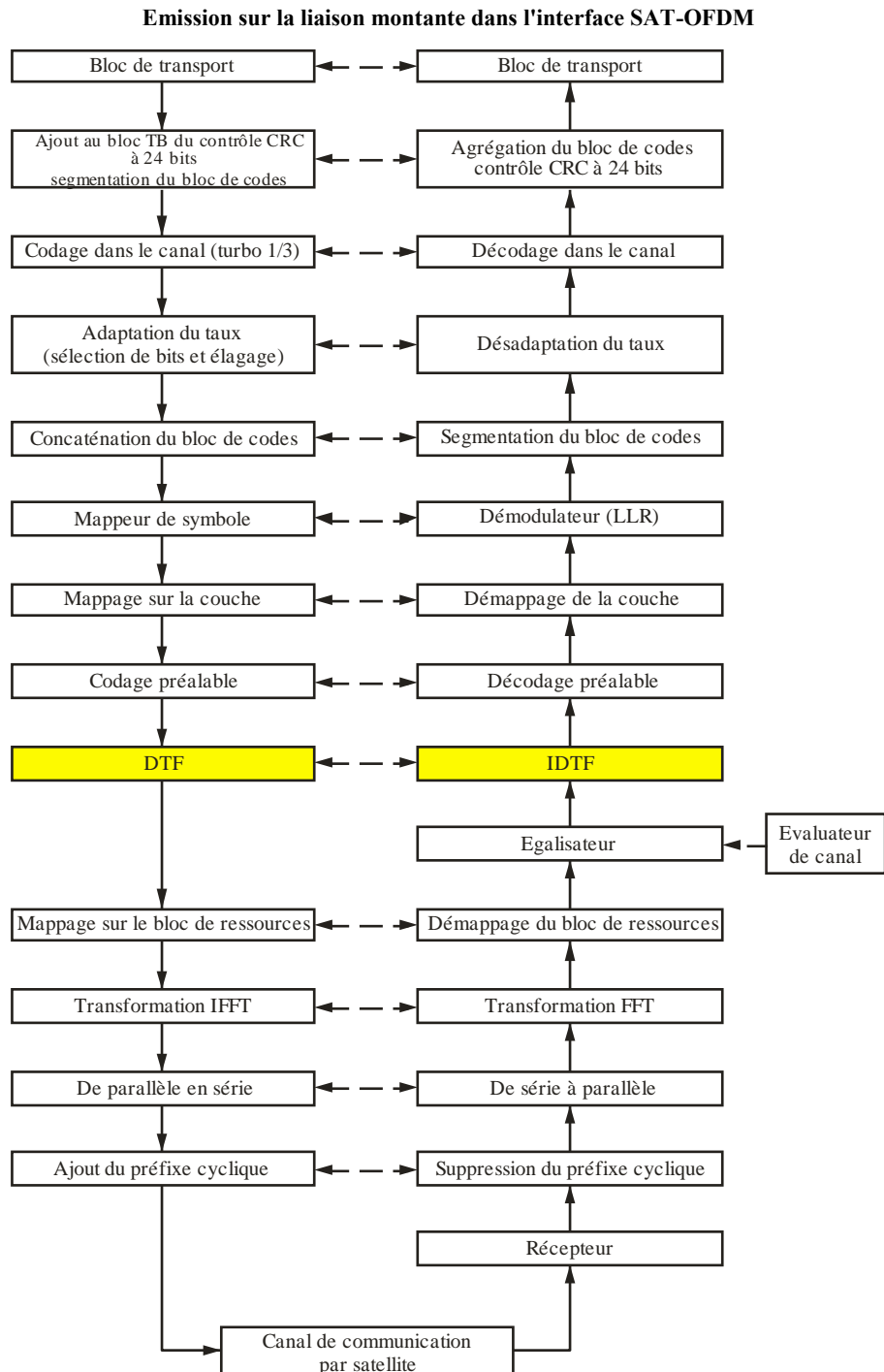


FIGURE 2.5



M.2047-2-05

2.4.3 Canaux physiques et relations temporelles

Les canaux physiques suivants sont définis dans l'interface SAT-OFDM.

- Liaison descendante
 - Canaux physiques: données d'utilisateur, commande, informations
 - canal PDSCH (canal physique partagé de liaison descendante)
 - canal PMCH (canal physique de multidiffusion)

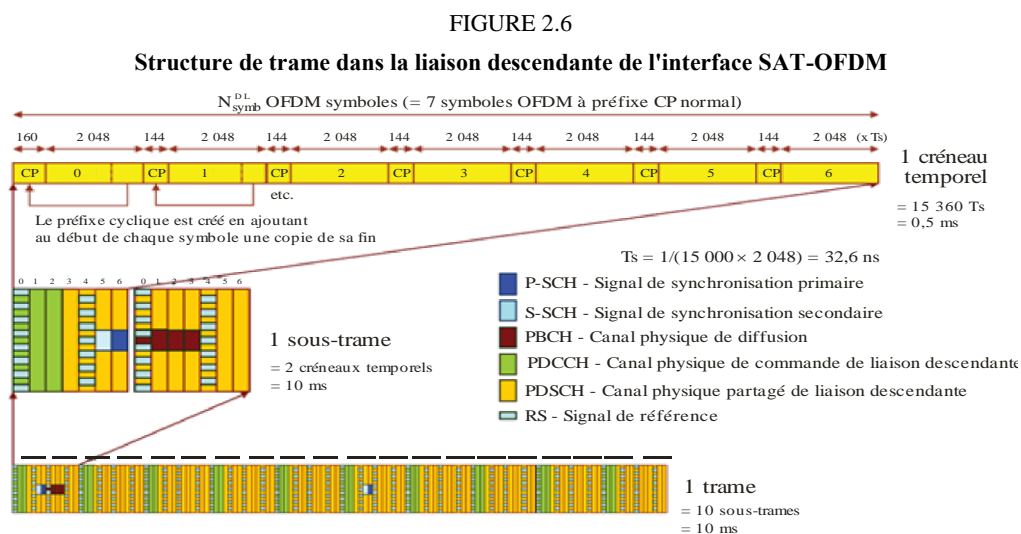
- canal PDCCH (canal physique de commande de liaison descendante)
- canal PBCH (canal physique de diffusion)
- canal PCFICH (canal physique indicateur de format de commande)
- canal PHICH (canal physique indicateur d'ARQ hybride)
- Signaux physiques: recherche de cellule, évaluation de canal
 - signal RS (signal de référence)
 - signal SCH (signal de synchronisation)
- Liaison montante
 - Canaux physiques: données d'utilisateur, commande
 - canal PUSCH (canal physique partagé de liaison montante)
 - canal PUCCH (canal physique de commande de liaison montante)
 - canal PSRACH (canal physique d'accès aléatoire par satellite)
 - Signaux physiques: évaluation de canal
 - signal RS (signal de référence)

2.4.3.1 Structure de trame

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 4 de la norme TTAT.3G-36.211², élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, seul le type 1 de structure de trame est pris en charge, en mode FDD.

Les Fig. 2.6 et 2.7 représentent, respectivement, les structures de trame dans les liaisons descendante et montante de l'interface SAT-OFDM avec 7 symboles OFDM à préfixe cyclique normal.

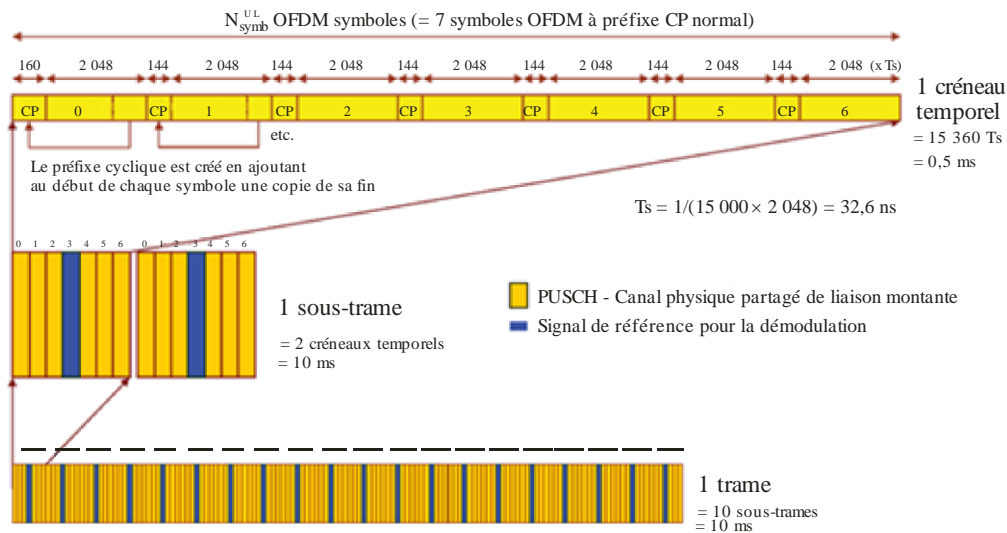


M.2047-2-06

² La norme TTAT 3G-36.211 est une transposition du Document TS 36.211 ([http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.211\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.211(R8-8.6.0).zip)) établi dans le cadre du projet 3GPP.

FIGURE 2.7

Structure de trame dans la liaison montante de l'interface SAT-OFDM



M.2047-2-07

2.4.3.2 Canaux physiques de liaison montante

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.2.1 Structure de créneau temporel et ressources physiques

2.4.3.2.1.1 Réseau de ressources

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2.1 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.2.1.2 Eléments de ressource

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2.2 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.2.1.3 Blocs de ressources

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2.3 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

En mode amélioré, un bloc de ressources physiques à bande étroite dans la liaison montante est aussi pris en charge, correspondant en temps et en fréquence à 2 créneaux temporels et 90 kHz, à 4 créneaux temporels et 45 kHz et à 6 créneaux temporels et 30 kHz.

2.4.3.2.2 Canal physique partagé de liaison montante

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.2.2.1 Embrouillage

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3.1 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.2.2 Modulation

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3.2 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, la technique de modulation 64QAM n'est pas prise en charge.

TABLEAU 2.6

Techniques de modulation de liaison montante

Canal physique	Techniques de modulation
PUSCH	QPSK, 16QAM

2.4.3.2.3 Codage préalable par transformation

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3.3 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.2.4 Mappage sur les ressources physiques

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3.4 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, le mode duplex à répartition dans le temps (TDD) n'est pas pris en compte.

2.4.3.2.3 Canal physique de commande de liaison montante

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.4 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.2.4 Signaux de référence

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.5 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, le mode TDD pour le signal de référence, destiné au sondage et mentionné dans le § 5.5.3 de la norme TTAT.3G-36.211, n'est pas pris en compte.

2.4.3.2.5 Génération du signal d'accès multiple à répartition en fréquences à porteuse unique dans la bande de base

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.6 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.2.6 Canal physique d'accès aléatoire

2.4.3.2.6.1 Fonctionnement en mode normal

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.7.1 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, il n'est pas pris en compte de canal physique d'accès aléatoire.

2.4.3.2.6.2 Fonctionnement en mode amélioré

En mode amélioré, de nouveaux préambules d'accès aléatoire sont définis dans le but d'améliorer la capacité du système dans un environnement de communication par satellite. Les valeurs des paramètres, déterminées par la configuration de l'accès aléatoire, sont indiquées dans le Tableau 2.7. Le format du préambule est commandé par les couches supérieures.

TABLEAU 2.7

Paramètres des préambules d'accès aléatoire

Format de préambule	T_{CP}	T_{SEQ}
4	$9 \cdot 6240 \cdot T_s$	$3 \cdot 24576 \cdot T_s$
5	$3 \cdot 21024 \cdot T_s$	$6 \cdot 24576 \cdot T_s$

La transmission d'un préambule d'accès aléatoire, si elle est déclenchée par la couche de commande MAC, se limite à certaines ressources en temps et en fréquence. Ces ressources sont énumérées par ordre croissant du numéro de la sous-trame dans la trame radioélectrique et des blocs de ressources physiques dans le domaine des fréquences, de manière que l'indice 0 corresponde au bloc de ressources physiques et à la sous-trame dans la trame radioélectrique de numéro le plus bas. Les ressources du canal PRACH dans la trame radioélectrique sont caractérisées par un indice.

L'accès aléatoire au niveau de la couche physique est configuré au moyen des deux formats de préambules indiqués dans le Tableau 2.7 et des sous-frames dans lesquelles la transmission d'un préambule d'accès aléatoire est admise pour une configuration donnée dans la structure de trame de type 1. Le paramètre correspondant à l'indice de configuration du canal PRACH est donné dans les couches supérieures. Le début du préambule d'accès aléatoire doit être aligné sur le début de la sous-trame dans la liaison montante correspondante au niveau de l'équipement d'utilisateur. Pour certaines configurations du canal PRACH, l'équipement d'utilisateur peut supposer, à des fins de transfert, que la différence relative dans le temps entre la trame radioélectrique i dans le faisceau considéré et dans le faisceau cible n'est connue qu'en valeur absolue.

Pour chacune des configurations du canal PRACH, des possibilités d'accès aléatoire supplémentaires seront mises à disposition, d'abord en temps, puis en fréquence, si et seulement si le multiplexage par répartition dans le temps ne suffit pas à accommoder sans chevauchement dans le temps toutes les configurations possibles du canal PRACH, nécessaires à une valeur de densité par 10 ms dans le canal PRACH donnée.

Pour les formats de préambule 5 et 6, le multiplexage par répartition en fréquences est effectué selon la formule suivante:

$$n_{PRB}^{RA} = \begin{cases} n_{PRB\text{offset}}^{RA} + 2 \left\lfloor \frac{f_{RA}}{2} \right\rfloor, & \text{si } f_{RA} \bmod 2 = 0, \\ N_{RB}^{UL} - 2 - n_{PRB\text{offset}}^{RA} - 2 \left\lfloor \frac{f_{RA}}{2} \right\rfloor, & \text{sinon,} \end{cases}$$

où:

N_{RB}^{UL} : est le nombre de blocs de ressources dans la liaison montante

f_{RA} : est l'indice de la ressource en fréquences du canal PRACH dans le domaine temporel considéré

n_{PRB}^{RA} : est le premier bloc de ressources physiques allouées à la possibilité d'accès au canal PRACH considérée, comportant le paramètre prach-Frequency Offset

$n_{PRBoffset}^{RA}$: est le premier bloc de ressources physiques, dont le canal PRACH peut disposer, qui est repéré par un numéro de bloc de ressources physiques configuré par les couches supérieures et satisfaisant aux inégalités suivantes:

$$0 \leq n_{PRBoffset}^{RA} \leq N_{RB}^{UL} - 2.$$

Les préambules d'accès aléatoire sont générés à partir de séquences Zadoff-Chu avec zone de corrélation nulle, elles-mêmes générées à partir d'une ou de plusieurs séquences Zadoff-Chu racines. Le réseau configure l'ensemble des séquences de préambules que l'équipement d'utilisateur peut employer.

Chaque faisceau comporte 64 préambules. L'ensemble des 64 séquences de préambules dans un faisceau est obtenu en incorporant d'abord, par ordre de décalage cyclique croissant, tous les décalages cycliques disponibles d'une séquence Zadoff-Chu avec l'indice logique RACH_ROOT_SEQUENCE, indice qui est diffusé dans le cadre des informations sur le système. Dans le cas où 64 préambules ne peuvent être générés à partir d'une unique séquence Zadoff-Chu racine, des séquences supplémentaires de préambules sont obtenues à partir des séquences racines dont les indices logiques suivent, jusqu'à ce que le nombre de 64 soit atteint. L'ordre logique de la séquence racine est cyclique.

Le signal d'accès aléatoire continu dans le temps $s(t)$ est défini par la formule suivante:

$$s(t) = \beta_{PRACH} \sum_{k=0}^{N_{ZC}-1} \sum_{n=0}^{N_{ZC}-1} x_{u,v}(n) \cdot e^{-j \frac{2\pi nk}{N_{ZC}}} \cdot e^{j2\pi(k+\varphi+K(k_0+\frac{1}{2}))\Delta f_{RA}(t-T_{CP})},$$

où:

$$0 \leq t < T_{SEQ} + T_{CP}$$

β_{PRACH} : est le facteur d'échelle en amplitude permettant l'adaptation à la puissance d'émission

$x_{u,v}(n)$: sont les préambules d'accès aléatoire

$$k_0 = n_{PRB}^{RA} N_{sc}^{RB} - N_{RB}^{UL} N_{sc}^{RB} / 2$$

L'emplacement dans le domaine des fréquences est commandé par le paramètre n_{PRB}^{RA} qui est le premier bloc de ressources physiques allouées à la possibilité d'accès au canal PRACH considéré. Le facteur $K = \Delta f / \Delta f_{RA}$ correspond à la différence d'espacement des sous-porteuses entre le préambule d'accès aléatoire et les données transmises sur la liaison montante. La variable Δf_{RA} , à savoir l'espacement des sous-porteuses pour le préambule d'accès aléatoire, et la variable φ , à savoir un décalage fixe déterminant l'emplacement dans le domaine des fréquences du préambule d'accès aléatoire dans les blocs de ressources physiques, sont toutes deux indiquées dans le Tableau 2.8.

TABLEAU 2.8

Paramètres d'accès aléatoire dans la bande de base

Format de préambule	Δf_{RA}	φ
4-5	416.67 Hz	-6

2.4.3.2.7 Modulation et conversion ascendante

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.8 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3 Canaux physiques de liaison descendante

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.1 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.1 Structure de créneau temporel et ressources physiques

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.1 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, le § 6.2.6 concernant la période de garde pour le mode TDD n'est pas pris en compte.

2.4.3.3.2 Structure générale des canaux physiques de liaison descendante

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.3 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

TABLEAU 2.9

Techniques de modulation

Canal physique	Techniques de modulation
PDSCH	QPSK, 16QAM
PMCH	QPSK, 16QAM

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

La technique de modulation 64QAM n'est pas prise en charge.

En mode amélioré, les étapes supplémentaires suivantes pour le signal de bande de base qui représente un canal physique de liaison descendante sont définies:

- l'entrelacement de longue durée des symboles de modulation à valeur complexe sur plusieurs sous-trames (pour plus de détails, voir le § 2.4.6.1);
- la génération par multiplexage SC-FDM dans le domaine temporel d'un signal à valeur complexe pour chacun des ports d'antenne (pour plus de détails, voir le § 2.4.6.6).

En mode amélioré, le codage préalable pour une diversité de transmission coopérative avec des composantes au sol complémentaires (CGC) est aussi ajouté pour améliorer la qualité de

fonctionnement dans une configuration où sont intégrées des composantes satellites et des composantes CGC (pour plus de détails, voir le § 2.4.6.4).

2.4.3.3.3 Canal physique partagé de liaison descendante

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.4 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.4 Canal physique de multidiffusion

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.5 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.5 Canal physique de diffusion

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.6 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.6 Canal physique indicateur de format de commande

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.7 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.7 Canal physique de commande de liaison descendante

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.8 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.8 Canal physique indicateur de processus de demande de répétition automatique hybride

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.9 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.9 Signaux de référence

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.10 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.9.1 Signaux de référence propres aux cellules

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.10.1 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA..

2.4.3.3.9.2 Signaux de référence de diffusion/multidiffusion sur un réseau à fréquence unique

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.10.2 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.9.3 Signaux de référence propres à l'utilisateur

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.10.3 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.10 Signal de synchronisation

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.11 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA..

2.4.3.3.10.1 Signal de synchronisation primaire

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.11.1 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA..

2.4.3.3.10.2 Signal de synchronisation secondaire

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.11.2 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.11 Génération fondée sur le multiplexage par répartition en fréquences orthogonales du signal dans la bande de base

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.12 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.3.12 Modulation et conversion ascendante

Les informations du présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6.13 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

2.4.3.4 Synchronisation

2.4.3.4.1 Synchronisation des trames dans les liaisons montante et descendante

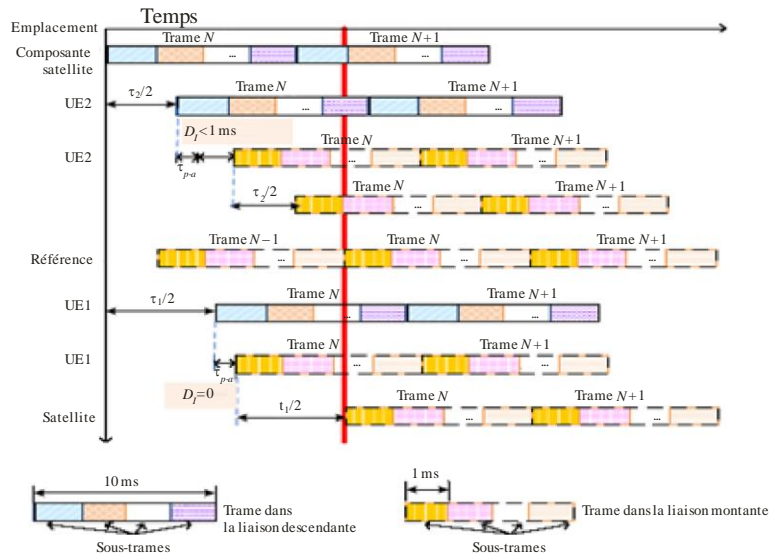
Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 8 de la norme TTAT.3G-36.211, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

Il faut allouer des ressources pour assurer la synchronisation des trames dans les liaisons montante et descendante, telle qu'elle est définie au § 8 de la norme TTAT.3G-36.211. La Fig. 2.8 illustre une méthode d'allocation des ressources mise au point à ces fins, dans laquelle il est tenu compte des conditions propres aux systèmes à satellites. Les équipements d'utilisateur UE1 et UE2 représentent des terminaux situés au bord du faisceau et en son centre, respectivement. Il en résulte que les temps de propagation aller-retour (RTD) des équipements UE1 et UE2 sont respectivement maximal et minimal, et donc que la différence $\Delta t_{1,2}$ est la plus grande des différences possibles $\Delta t_{i,j}$. La synchronisation de référence de l'émission sur la liaison montante est fixée par rapport au temps RTD et à l'équipement UE1. Disposant de cette référence, l'équipement UE1 peut émettre son signal sur la liaison montante dès la réception sur la liaison descendante des informations sur l'allocation des ressources, c'est-à-dire $D_T=0$. Par ailleurs, pour l'équipement UE_j , la différence $\Delta t_{i,j}$ est compensée par l'emploi de la méthode modifiée d'allocation des ressources, sans aucune modification de la synchronisation entre les liaisons montante et descendante par rapport aux spécifications LTE de Terre. En fait, le programmeur dans une composante satellite peut obtenir des informations sur l'emplacement de chacun des équipements d'utilisateur en effectuant des essais d'accès aléatoire. Sur la base de ces informations, il alloue les ressources disponibles aux sous-trames les plus appropriées, chacune étant appariée avec une sous-trame spécifique dans la liaison descendante. Par exemple, comme illustré dans la Fig. 2.8, les équipements UE1 et UE2 reçoivent le signal sur la liaison descendante après des temps $t_1/2$ et $t_2/2$, respectivement, où t_i est le temps RTD de l'équipement UE_i . Le programmeur alloue les ressources disponibles à la sous-trame de référence dans la liaison montante adjacente, dès la réception du signal sur la liaison descendante suivie d'un délai de commutation t_{pro} . Comme le programmeur dispose d'informations sur la différence $\Delta t_{i,j}$, le problème d'orthogonalité ne se pose pas.

FIGURE 2.8

**Allocation des ressources pour la synchronisation des trames
dans les liaisons montante et descendante**



M.2047-2-08

2.4.3.4.2 Relation temporelle entre le canal physique d'accès aléatoire et l'indicateur d'acquisition dans le canal physique de commande de liaison descendante

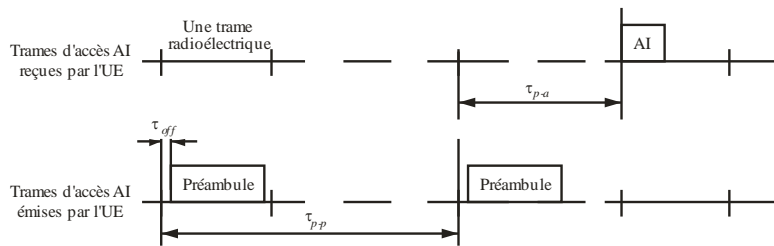
Les trames d'accès dans le canal PRACH de liaison montante sont synchronisées avec la réception de la trame d'accès indicateur d'acquisition (AI) dans le canal PDCCH de liaison descendante. La transmission depuis la station MES de la trame d'accès numéro n sur la liaison montante précède de τ_{p-a} sous-trames la réception de la trame d'accès numéro n sur la liaison descendante, $n=0, 1, \dots, 9$. La relation temporelle entre les canaux PRACH/AICH est représentée dans la Fig. 2.9. Le décalage de transmission τ_{off} doit être compris entre $-\tau_{off,max}$ et $\tau_{off,max}$, où $\tau_{off,max}$ est le décalage de transmission maximal, qui est communiqué par les couches supérieures. L'écart entre les préambules τ_{p-p} doit être supérieur ou égal à l'écart minimal entre eux, $\tau_{p-p,min}$. Outre l'écart $\tau_{p-p,min}$, l'écart entre le préambule et l'indicateur d'acquisition τ_{p-a} est défini comme suit :

- lorsque le paramètre AI_Transmission_Timing est fixé à 0, $\tau_{p-p,min} = 300$ sous-trames (trente trames radioélectriques) et $\tau_{p-a} = 280$ sous-trames (vingt-huit trames radioélectriques);
- lorsque le paramètre AI_Transmission_Timing est fixé à 1, $\tau_{p-p,min} = 560$ sous-trames (cinquante-six trames radioélectriques) et $\tau_{p-a} = 540$ sous-trames (cinquante-quatre trames radioélectriques).

Le paramètre AICH_Transmission_Timing est communiqué par les couches supérieures.

FIGURE 2.9

Relation temporelle entre le canal PRACH et l'indicateur d'acquisition comme observé au niveau de la station MES



M.2047-2-09

2.4.4 Multiplexage et codage des canaux

2.4.4.1 Mappage sur les canaux physiques

2.4.4.1.1 Liaison montante

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 4.1 de la norme TTAT.3G-36.212³, élaborée par la TTA.

2.4.4.1.2 Liaison descendante

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 4.2 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2 Codage, multiplexage et entrelacement des canaux

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.1 Procédure générique

2.4.4.2.1.1 Calcul du contrôle de redondance cyclique

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1.1 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.1.2 Segmentation des blocs de codes et ajout du contrôle de redondance cyclique aux blocs de codes

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1.2 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.1.3 Codage des canaux

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1.3 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.1.3.1 Codage convolutif récursif

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1.3.1 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

³ La norme TTAT 3G-36.212 est une transposition du document TS 36.212 ([http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.212\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.212(R8-8.6.0).zip)) établi dans le cadre du projet 3GPP.

2.4.4.2.1.3.2 Codage turbo

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1.3.1 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.1.4 Adaptation du taux

2.4.4.2.1.4.1 Adaptation du taux des canaux de transport à codage turbo

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1.4.1 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.1.4.2 Adaptation du taux des canaux de transport à codage convolutif et informations de commande

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1.4.2 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.1.5 Concaténation des blocs de codes

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1.5 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.2 Canaux de transport de liaison montante et informations de commande

2.4.4.2.2.1 Canal d'accès aléatoire

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2.1 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.2.2 Canal partagé de liaison montante

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2.2 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

Le mode TDD n'est pas pris en compte.

En mode amélioré, 5 bits d'informations CQI large bande sont aussi ajoutés, comme indiqué dans le Tableau 2.10. Cet ajout sert au retour d'informations sur la qualité du canal, qui est joint aux rapports d'informations CQI, et est employé pour les modes de transmission 4 et 6.

TABLEAU 2.10

Champ CQI large bande en mode amélioré

Champ	Largeur binaire			
	Deux ports d'antenne		Quatre ports d'antenne	
	Rang = 1	Rang = 2	Rang = 1	Rang > 1
Mot de code CQI large bande 0	5	5	5	5
Mot de code CQI large bande 1	0	5	0	5

2.4.4.2.3 Informations de commande de liaison montante sur le canal physique de commande de liaison montante

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2.3 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

Le mode TDD n'est pas pris en compte.

En mode amélioré, le champ mémoire du récepteur (RM) est ajouté au mécanisme HARQ-ACK (Pour plus de détails, voir le § 2.4.6.10)

En mode amélioré, 5 bits d'informations CQI large bande sont aussi ajoutés, comme indiqué dans les Tableaux 2.11 et 2.12. Le Tableau 2.11, qui définit le retour d'informations sur la qualité du canal, destinées aux rapports d'informations CQI large bande, est employé pour les modes de transmission 1, 2, 3 et 7. Le Tableau 2.12 est employé pour les modes de transmission 4, 5 et 6.

TABLEAU 2.11

Champ UCI en mode amélioré (modes de transmission 1, 2, 3 et 7)

Champ	Largeur binaire
Informations CQI large bande	5

TABLEAU 2.12

Champ UCI en mode amélioré (modes de transmission 4, 5 et 6)

Champ	Largeur binaire			
	Deux ports d'antenne		Quatre ports d'antenne	
	Rang = 1	Rang = 2	Rang = 1	Rang > 1
Informations CQI large bande	4	4	4	4

2.4.4.2.4 Informations de commande de liaison montante sur le canal physique de commande de liaison montante, où ne figure aucune donnée se rapportant au signal de synchronisation de la liaison montante

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2.4 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.3 Canaux de transport de liaison descendante et informations de commande

2.4.4.2.3.1 Canal de diffusion

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3.1 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.3.2 Canal partagé de liaison descendante, canal de radiomessagerie et canal de multidiffusion

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3.2 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.3.3 Informations de commande de liaison descendante

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2.3 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

Le mode TDD n'est pas pris en compte.

En mode amélioré, le nombre de bits indicateurs dans le format d'information DCI 0 est modifié pour l'agrégation des porteuses, dans le cas de systèmes à satellites.

- Indicateur de nouvelles données – 2 bits (augmentation de 1 à 2 bits dans le § 5.3.3 de la norme TTAT.3G-36.212).

En mode amélioré, le nombre de bits indicateurs dans les formats d'information DCI 1, 1A, 1B, 1D, 2, 2A et 2B est modifié pour le processus HARQ et pour l'agrégation des porteuses, dans le cas de systèmes à satellites.

- Numéro de processus HARQ – 9 bits (augmentation de 3 à 9 bits dans le § 5.3.3 de la norme TTAT.3G-36.212).
- Indicateur de nouvelles données – 2 bits (augmentation de 1 à 2 bits dans le § 5.3.3 de la norme TTAT.3G-36.212).

2.4.4.2.3.4 Indicateur de format de commande

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3.4 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.4.2.3.5 Indicateur de demande hybride de répétition automatique

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.3.5 de la norme TTAT.3G-36.212, élaborée par la TTA.

2.4.5 Procédures au niveau de la couche physique

2.4.5.1 Recherche de faisceau

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 4.1 de la norme TTAT.3G-36.213⁴, élaborée par la TTA.

2.4.5.2 Synchronisation dans le temps

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 4.1 de la norme TTAT.3G-36.213, élaborée par la TTA.

⁴ La norme TTAT 3G-36.213 est une transposition du document TS 36.213 ([http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.213\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.213(R8-8.6.0).zip)) établi dans le cadre du projet 3GPP.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

La méthode d'allocation des ressources, employée pour ces ajustements temporels de transmission dans des environnements de communication par satellite, est spécifiée au § 2.4.3.4.

2.4.5.3 Régulation de puissance

2.4.5.3.1 Régulation de puissance dans la liaison montante

2.4.5.3.1.1 Fonctionnement en mode normal

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.1 de la norme TTAT.3G-36.213, élaborée par la TTA.

2.4.5.3.1.2 Fonctionnement en mode amélioré

La régulation de puissance dans la liaison montante est fondée tant sur les mesures de la puissance du signal effectuées par le terminal lui-même (régulation de puissance en boucle ouverte) que sur les mesures effectuées par la station de base.

Même si la liaison montante emploie l'accès SC-OFDMA, des niveaux élevés de brouillage en provenance de canaux voisins peuvent réduire la couverture de la liaison montante, comme c'est le cas lorsque la puissance des équipements d'utilisateur dans les faisceaux voisins n'est pas limitée. Le niveau moyen de brouillage entre les cellules au niveau de la composante satellite peut être effectivement diminué en employant, pour contrebalancer les pertes dues au trajet ainsi que l'occultation, la régulation de puissance lente au niveau de chacun des équipements d'utilisateur.

Dans la liaison montante, on emploie un algorithme de régulation de puissance, fondé sur les événements, combinant boucle ouverte et boucle fermée.

La régulation de puissance dans la liaison montante adapte la puissance d'émission de l'équipement d'utilisateur afin de maintenir la densité spectrale de puissance (PSD) de transmission de chaque système MCS à un niveau cible, PSD_{target} . Cette régulation de puissance est exécutée lorsque la puissance d'émission de l'équipement d'utilisateur est inférieure à la puissance de sortie maximale autorisée.

Toute modification de la puissance d'émission sur la liaison montante doit avoir lieu juste avant le début de la trame. Cette modification de la puissance par rapport à sa valeur précédente est déterminée par l'équipement d'utilisateur et est nommée Δ_{UP} (dB).

Le réseau RAN à satellite doit estimer la densité spectrale de puissance PSD_{est} des symboles SRS reçus dans la liaison montante, générer les commandes de puissance d'émission (TPC, *transmit power command*) et transmettre celles-ci à raison d'une commande toutes les deux trames radioélectriques ou plus, conformément à la règle suivante:

Soit les variables:

$\Delta_{\varepsilon}(i)$: $PSD_{est} - PSD_{target}$ pour un niveau dans le système MCS donné

$\Delta_p(i)$: pas de la régulation de puissance dont la valeur est déterminée par le réseau RAN à satellite conformément à la commande TPC_cmd de la $i^{\text{ème}}$ trame, les longueurs des pas étant [-1 dB 0 dB +1 dB +3 dB]

N_{frame} = temps de propagation sur la boucle exprimé en trames.

Le paramètre $\Delta_p(i)$ est ensuite généré comme suit, à partir de $\Delta_\varepsilon(i)$ et les N_{frame} derniers pas de régulation de la puissance $\Delta_p(k)$, où $k = i - N_{frame} - 1, \dots, i - 1$:

On calcule

$$\Delta_{\varepsilon,c} = \Delta_\varepsilon(i) + \chi G_1 (PSD_{SRS}(i) - PSD_{SRS}(i-1)),$$

où l'indicateur de compensation du temps de propagation sur la boucle G_1 ($0 \leq G_1 \leq 1$) est le paramètre de couche supérieure, identique pour toutes les stations MES situées dans le même faisceau. Lorsque le symbole SRS peut être employé pour l'évaluation du canal, la valeur de χ est 1, sinon χ est nul.

- si $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ et $\Delta_{\varepsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = 1$ dB
- si $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ et $\Delta_{\varepsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = 0$ dB
- si $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ et $\Delta_{\varepsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = 3$ dB
- si $|\Delta_{\varepsilon,c}| > \varepsilon_T$ et $\Delta_{\varepsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = -1$ dB.

La station MES règle la puissance d'émission du canal DSCH de liaison montante à l'aide du pas Δ_{UP} (dB) en utilisant les deux derniers pas de régulation de la puissance reçus, $\Delta_p(i)$ et $\Delta_p(i-1)$, comme suit:

- Lorsqu'une station MES ne se trouve pas en état de transfert progressif:

$$\Delta_{UP} = \Delta_p(i) - \alpha \Delta_p(i-1)$$

où α , identique à la grandeur utilisée dans le faisceau de desserte, est communiqué par la couche supérieure.

2.4.5.3.2 Régulation de puissance dans la liaison descendante

2.4.5.3.2.1 Fonctionnement en mode normal

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 5.2 de la norme TTAT.3G-36.213, élaborée par la TTA.

2.4.5.3.2.2 Fonctionnement en mode amélioré

La régulation dynamique de puissance est appliquée aux canaux de commande réservés à un unique équipement d'utilisateur ou à un groupe d'équipements d'utilisateur. Il n'est pas assuré de retour d'informations des commandes TPC sur la liaison montante, et l'allocation de la puissance se fait sur la base du retour d'informations concernant la qualité du canal de liaison descendante, qui émane des équipements d'utilisateur. Différents niveaux de puissance sont alloués de façon semi-statique aux différents blocs de ressources pour la transmission des données, de manière à prendre en charge la coordination en termes de brouillage entre les faisceaux (IBIC). On peut en outre aussi définir deux niveaux de puissance différents pour les symboles OFDM employés pour la transmission de données dans une sous-trame, de manière à mieux utiliser la puissance dans le réseau RAN à satellite. Mais il n'est pas permis de définir différents niveaux de puissance pour les ports d'antenne dans le but de pallier au déséquilibre de puissance dans le domaine spatial.

Afin de choisir un niveau dans le système MCS adapté sur la base du retour d'informations concernant la qualité du canal de liaison descendante, l'équipement d'utilisateur peut employer un algorithme de prévision qui lui permette d'évaluer l'état futur du canal après le temps de propagation aller-retour. Les prévisions concernant les variations de l'état d'un canal peuvent se faire en observant le tracé des variations antérieures de l'état d'un canal commun parmi les canaux en service. Afin de prendre en charge les équipements d'utilisateur qui emploient l'algorithme de prévision, les couches supérieures communiquent un temps de propagation aller-retour du faisceau

dans lequel est situé l'équipement d'utilisateur. La variation prévue de l'état du canal le certain temps de propagation aller-retour, Δ_{pred} , est employée par le réseau RAN à satellite:

$$\Delta_{pred} = G(PSD_{CSI-RS+PBCH+SCH}(i) - PSD_{CSI-RS+PBCH+SCH}(i-1)),$$

où le gain prévu, G , est un paramètre communiqué par la couche supérieure, qui peut être différent pour les différentes stations MES situées dans le même faisceau.

En fait, on applique un système de modulation et de codage adaptatifs (AMC) à la transmission sur la liaison descendante plutôt que la régulation de puissance. Mais, si l'on veut conserver un petit rapport PAPR, on peut appliquer la régulation de puissance à la transmission sur la liaison descendante en procédant comme suit:

- Etape 1: Surveiller les valeurs d'évanouissement à grande échelle (L_k) constatées par les équipements d'utilisateur.
- Etape 2: Compter le nombre d'équipements d'utilisateur (N_u) satisfaisant à l'inégalité $L_k > B_0$.
- Etape 3: Si $N_u < B_1$, compter le nombre total de sous-porteuses (N_c) employées par N_u équipements d'utilisateur.
Sinon, le mode AMC est appliqué.
- Etape 4: Si $N_c < B_2$, la régulation de puissance est appliquée.
Sinon, le mode AMC est appliqué.

Les seuils B_0 , B_1 et B_2 sont communiqués par les couches supérieures.

2.4.5.4 Procédure d'accès aléatoire

Les informations contenues dans le présent paragraphe sont mentionnées à titre de référence normative dans le § 6 de la norme TTAT.3G-36.213, élaborée par la TTA.

En outre, pour permettre l'adaptation aux conditions propres aux systèmes à satellites ou l'amélioration de la qualité de fonctionnement dans le système à satellites, les éléments suivants sont spécifiés.

Une procédure d'accès aléatoire, applicable à un équipement d'utilisateur équipé d'un système GPS, est définie. Un tel équipement d'utilisateur peut évaluer le temps de propagation aller-retour sur la base d'informations qui concernent son propre emplacement. Après avoir synchronisé la liaison montante de son équipement, à une fraction près du préfixe cyclique d'un préambule d'accès aléatoire, il procède à l'émission avec accès aléatoire en employant les mêmes formats de préambule que ceux des systèmes LTE de Terre. L'équipement d'utilisateur doit communiquer les informations sur l'ajustement de la synchronisation de la liaison montante au réseau RAN à satellite en choisissant dans le Tableau 2.13 un groupe approprié de séquences de préambules. Certaines parmi les 64 séquences sont configurées pour un accès aléatoire en mode contention et les informations sur leur regroupement sont communiquées par la couche supérieure.

TABLEAU 2.13

Groupes de séquences de préambules d'accès aléatoire

Différence en temps RTD par rapport à celui au centre du faisceau	Groupe de séquences de préambules employé
Différence en temps RTD ≤ 1 ms	Groupe de séquences de préambules 1
Différence en temps RTD ≤ 2 ms	Groupe de séquences de préambules 2
Différence en temps RTD ≤ 3 ms	Groupe de séquences de préambules 3
Différence en temps RTD ≤ 4 ms	Groupe de séquences de préambules 4

L'accès aléatoire au moyen du regroupement de séquences permet au réseau RAN à satellite d'évaluer et, si nécessaire, d'ajuster la synchronisation de la programmation de la liaison montante. Les étapes de cet ajustement sur la liaison montante de l'équipement d'utilisateur sont les suivantes:

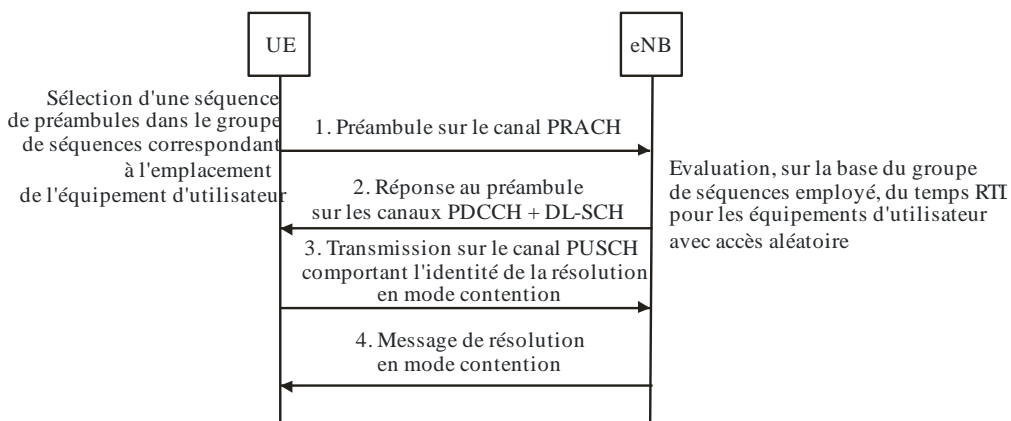
- Le réseau RAN à satellite évalue le temps RTD de l'équipement d'utilisateur en employant le préambule d'accès aléatoire reçu et le Tableau 2.13.
- Le réseau RAN à satellite programme le temps d'accès de l'équipement d'utilisateur en employant le temps RTD estimé.

Lorsque le réseau RAN à satellite reçoit correctement un préambule d'accès aléatoire, il envoie une réponse concernant cet accès, dans laquelle figurent le ou les préambules reçus correctement ainsi que l'avance temporelle (TA) et des informations sur l'allocation des ressources dans la liaison montante, où il est tenu compte du temps RTD jusqu'à l'équipement d'utilisateur, comme dans la Fig. 2.10.

FIGURE 2.10

Procédures d'accès aléatoire en mode contention avec groupes de séquences de préambules

Accès aléatoire en mode contention



M.2047-2-10

2.4.6 Caractéristiques propres aux systèmes à satellites permettant d'améliorer la qualité de fonctionnement

L'interface SAT-OFDM a de nombreuses caractéristiques en commun avec l'interface radioélectrique LTE de Terre, mais elle a aussi un certain nombre de caractéristiques différentes. Ces caractéristiques, qui sont nécessaires pour tenir compte des aspects propres aux systèmes à

satellites, telles que les longs temps de propagation aller-retour, sont incorporées. A ces fins sont introduites les techniques suivantes, qui permettent d'assurer un fonctionnement en mode amélioré.

2.4.6.1 Entrelaceur de longue durée garantissant un fonctionnement efficace en mode modulation et codage adaptatifs

Ce système est employé pour un fonctionnement efficace en mode AMC dans un environnement de communication par satellite.

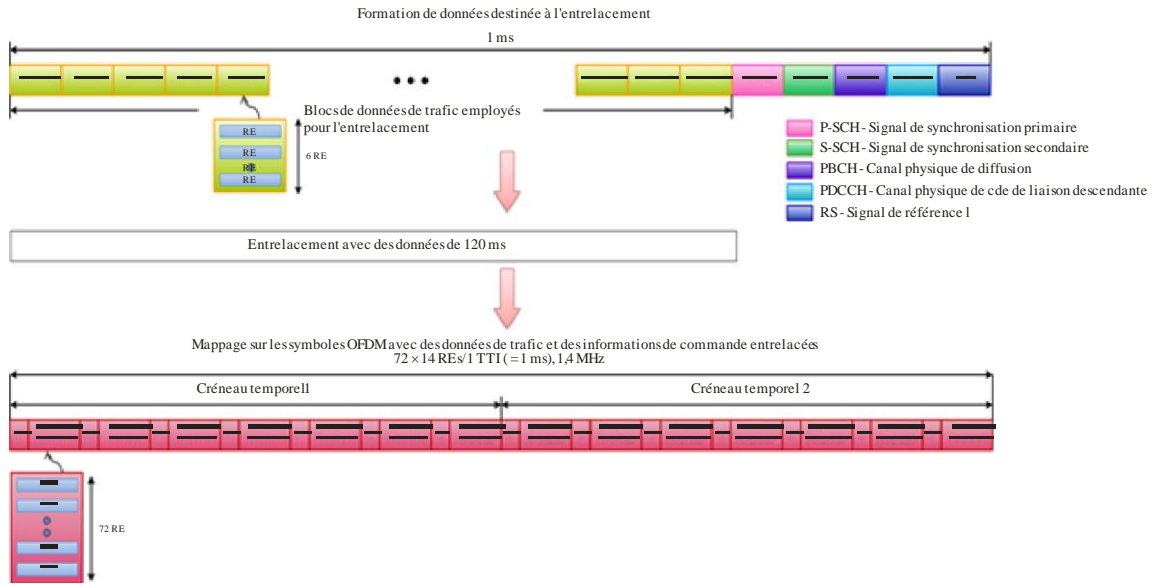
Compte tenu du temps RTD d'un système à satellites sur orbite GSO, le mode AMC des systèmes à satellites ne peut pas faire efficacement contrepoids à l'évanouissement à court terme. Mais une technique d'entrelacement de longue durée peut lui être ajoutée pour pallier à cet évanouissement à court terme.

Après le codage turbo avec un taux de code initial 1/3, l'ajustement de taux est employé pour générer d'autres taux de code suivant les besoins. L'entrelacement est appliqué aux blocs de données composés d'éléments de ressource (RE) de données de trafic. Cela a lieu après la modulation dans la bande de base et avant le mappage sur le bloc de ressources (RB) et la transformation IFFT, qui sont effectués pour la modulation OFDM.

La Fig. 2.11 contient un exemple de formation de données, destinée à l'entrelacement et au mappage sur les symboles OFDM avant la transformation IFFT, la taille de l'entrelaceur étant de 120 ms. Dans cet exemple, il est supposé qu'à un seul utilisateur sont alloués six blocs de ressources, c'est-à-dire 720 éléments de ressource (RE) d'une largeur de bande de 1,4 MHz. Les données de trafic contenues dans un mot de code de 1 ms sont divisées en 120 blocs en vue de l'entrelacement, chaque bloc étant nommé unité d'entrelacement (IU). Dans la Fig. 2.12 est illustrée la configuration de l'entrelaceur de blocs de type carré correspondant, qui peut être employée pour effectuer l'entrelacement de la Fig. 2.11. Bien que la Fig. 2.12 montre un entrelaceur de type bloc, un entrelaceur équivalent de type convolutif peut être employé pour réduire la capacité de mémoire de l'entrelaceur. Dans le cas de l'entrelaceur, un mot de code consiste en 120 unités d'entrelacement et une unité d'entrelacement contient un nombre d'éléments de ressource qui dépend de la largeur de bande allouée. La notation C_1^2 dans une unité d'entrelacement dans la Fig. 2.12 indique qu'il s'agit du deuxième segment du premier mot de code. Lorsque l'entrelacement est utilisé, la transmission débute par le premier élément de la première colonne, et se poursuit jusqu'au dernier élément de cette colonne. Puis, elle continue de la même manière du premier élément de la deuxième colonne jusqu'au dernier élément de la dernière colonne. Le Tableau 2.14 donne des exemples de paramètres d'entrelaceur en fonction de la largeur de bande allouée.

FIGURE 2.11

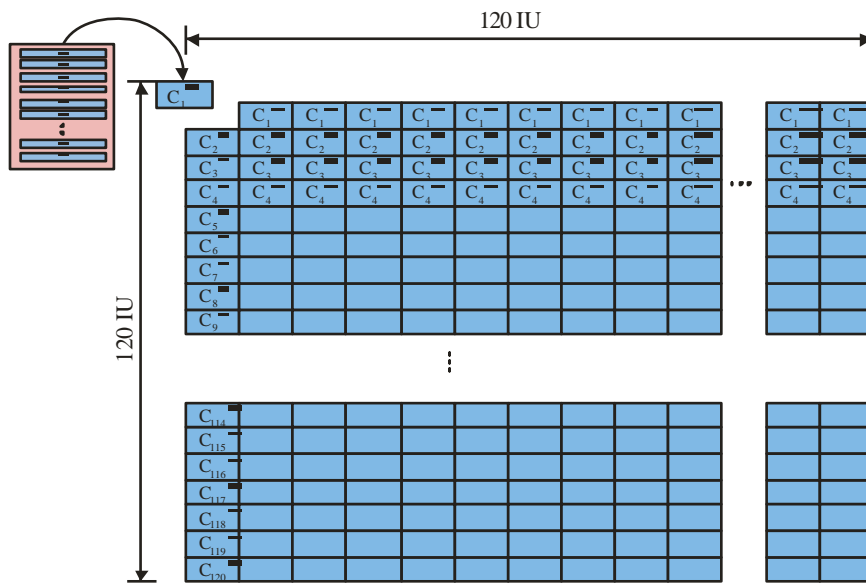
Exemple de formation de données, destinée à l'entrelacement et au mappage sur les symboles OFDM



M.2047-2-11

FIGURE 2.12

Exemple d'un entrelaceur de blocs de type carré



M.2047-2-12

TABLEAU 2.14

Exemples de paramètres d'entrelaceur de longue durée

Largeur de bande allouée (MHz)	Nombre de blocs de ressources	Nombre d'éléments de ressource	Taille de l'entrelaceur (ms)	Nombre d'éléments de ressource dans une unité d'entrelacement	Nombre d'unités d'entrelacement/ms
1.4	6	720	120	6	120
			360	2	360
			720	1	720
3	15	1 800	120	15	180
			360	5	360
			1 800	1	1 800
5	25	3 000	120	25	120
10	50	6 000	120	50	120
15	75	9 000	120	75	120
20	100	12 000	120	100	120

Des informations sur l'entrelaceur concernant le type d'allocation des ressources et des informations sur la mémoire sont échangées entre les composantes satellites S-eNodeB et les équipements d'utilisateur afin que l'entrelacement de longue durée puisse être appliqué. Les informations sur l'entrelacement définissent un identificateur d'entrelacement (ID) correspondant à une taille d'entrelacement (N) et à une unité d'entrelacement (IU). Le Tableau 2.15 contient les identificateurs d'entrelacement.

TABLEAU 2.15

Identificateurs d'entrelacement de longue durée

Identificateur d'entrelacement	Taille N	Unité d'entrelacement
0001	120	1
0010	120	2
0011	120	3
0100	120	4
0101-1111	Réservé	Réservé

En particulier, lorsque les informations portant sur le type d'allocation concernent le type 2 défini dans le § 7.1.6 de la norme TTAT.3G-36.213, le processus d'entrelacement des symboles comprend l'entrelacement des données au niveau des symboles, avec un entrelacement d'une taille de 120 unités d'entrelacement au maximum pour un bloc de ressources.

L'application de l'entrelacement de symboles (de longue durée) est fondée sur des informations concernant les services et ne peut se faire dans le cas de services en différé.

Dans le cas d'une transmission continue avec entrelacement de longue durée, une temporisation au moyen de bits de bourrage est appliquée. Si aucune donnée n'est placée dans le tampon d'entrelacement avant l'expiration de ladite temporisation, des données aléatoires peuvent être fournies à l'entrelaceur de longue durée. Cela veut dire que, lorsque des nouvelles données ne sont pas contenues dans le tampon d'entrelacement et que la temporisation doit expirer, ces données ne sont pas transmises.

2.4.6.2 Réutilisation partielle des fréquences dans des systèmes multifaisceaux

Ce système est employé pour prendre en charge les services par satellite large bande ainsi que pour accroître l'efficacité spectrale dans un système multifaisceau à satellites. Etant propre à la mise en oeuvre, il peut aussi être appliqué en mode normal, sans modification des puces LTE.

Pour la réutilisation partielle des fréquences (FFR) dans les systèmes multifaisceaux, le réseau RAN à satellite doit obtenir des informations sur l'emplacement de l'équipement d'utilisateur afin de distinguer les équipements d'utilisateur situés au centre du faisceau de ceux qui sont situés à son bord. Les informations sur l'emplacement sont obtenues au cours de l'essai d'accès aléatoire de l'équipement d'utilisateur, au moyen du système GPS qui équipe celui-ci, ou à partir des valeurs du rapport SINR au niveau de l'équipement d'utilisateur, qui proviennent du faisceau cible et d'un faisceau adjacent.

Lorsque les informations temporelles concernant l'équipement d'utilisateur sont obtenues par le réseau RAN lors de l'essai d'accès aléatoire, elles sont traduites comme suit:

- si $\theta_1 < T_{\text{RTD_différence}} < \theta_2$, l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone centrale du faisceau;
- sinon, l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone au bord du faisceau,

$T_{\text{RTD_différence}}$ étant la différence en temps de propagation aller-retour entre l'équipement d'utilisateur cible et l'équipement d'utilisateur dont le temps de propagation aller-retour est minimal dans le faisceau cible, et les valeurs des seuils θ_1 et θ_2 étant des paramètres de couche supérieure.

Lorsque les valeurs du rapport SINR reçues du faisceau cible et d'un faisceau adjacent sont évaluées par un équipement d'utilisateur, les informations temporelles concernant l'équipement d'utilisateur sont traduites comme suit:

- si $\theta_3 < \frac{\text{rapport SINR reçu d'un faisceau cible}}{\text{rapport SINR reçu d'un faisceau adjacent}}$, l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone centrale du faisceau;
- sinon, l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone au bord du faisceau,

la valeur du seuil θ_3 étant un paramètre de couche supérieure.

Les informations concernant l'emplacement, obtenues par l'équipement d'utilisateur, doivent être envoyées au réseau RAN à satellite comme suit:

- si l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone centrale du faisceau, l'indicateur «0» est envoyé;
- si l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone au bord du faisceau, l'indicateur «1» est envoyé.

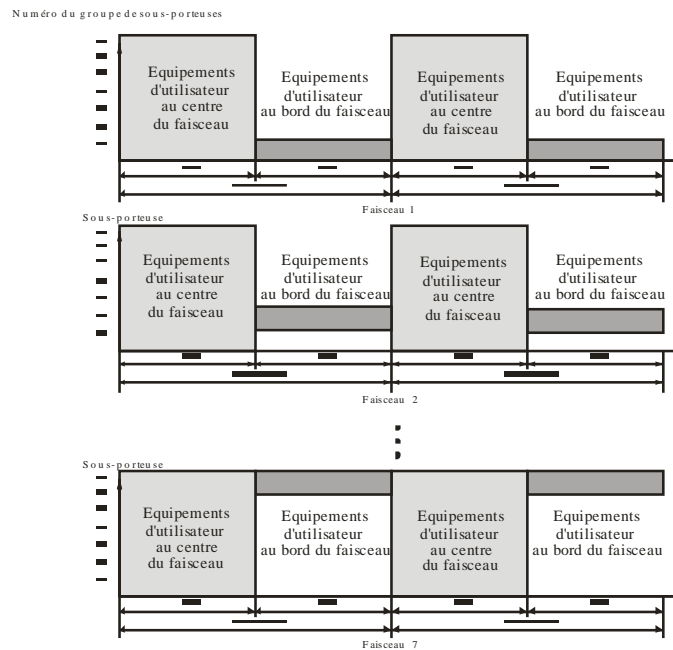
Dans le cas de la réutilisation partielle des fréquences dans un système multifaisceau à satellites, chaque faisceau est scindé en deux zones et chacune des trames doit être subdivisée en deux intervalles temporels T_1 and T_2 dans chacun des faisceaux, comme illustré dans la Fig. 2.13. Le premier intervalle T_1 est alloué aux équipements d'utilisateur situés au centre du faisceau et toutes les sous-porteuses sont employées pour la transmission au cours de cet intervalle de temps. Quant au deuxième intervalle de temps T_2 , il est alloué aux équipements d'utilisateur situés au bord du

faisceau. Au cours de cet intervalle de temps, seules sont employées les sous-porteuses repérées pour la réutilisation partielle parmi l'ensemble des sous-porteuses.

Le repérage de ces dernières sous-porteuses se fait par les couches de commande MAC. Les valeurs T_1 et T_2 sont déterminées par une couche supérieure, compte tenu du débit total du système et du brouillage entre les faisceaux.

FIGURE 2.13

Structure des trames pour la réutilisation partielle des fréquences



M.2047-2-13

2.4.6.3 Transmission coordonnée multifaisceau

Ce système est employé pour améliorer la qualité de fonctionnement dans la zone au bord du faisceau et pour réduire le brouillage entre les faisceaux. Etant propre à la mise en oeuvre au niveau de l'émetteur de la composante satellite, il peut aussi être appliqué en mode normal, sans modification de la puce LTE.

Dans le cas de la transmission coordonnée multipoint (CoMT) dans les systèmes multifaisceaux, le réseau RAN à satellite doit disposer d'informations sur l'emplacement de l'équipement d'utilisateur afin de distinguer les équipements d'utilisateur situés au centre du faisceau de ceux qui sont situés à son bord. Les informations sur l'emplacement sont obtenues au moyen du système GPS qui équipe l'équipement d'utilisateur, ou à partir des valeurs du rapport SINR au niveau de l'équipement d'utilisateur, qui proviennent du faisceau cible et de deux faisceaux adjacents.

Lorsque les valeurs du rapport SINR reçues du faisceau cible et de deux faisceaux adjacents sont évaluées par un équipement d'utilisateur, elles peuvent être traduites comme suit:

- si $\theta_4 < \frac{\text{rapport SINR de liaison descendante reçu d'un faisceau cible}}{\text{somme des rapports SINR de liaison descendante reçus des deux faisceaux adjacents}}$, l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone centrale du faisceau;
- si $\theta_5 < \frac{\text{rapport SINR de liaison descendante reçu d'un faisceau cible}}{\text{somme des rapports SINR de liaison descendante reçus des deux faisceaux adjacents}} < \theta_4$, l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone de chevauchement de deux faisceaux;

- sinon, l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone de chevauchement des trois faisceaux,

les valeurs des seuils θ_4 et θ_5 étant des paramètres de couche supérieure.

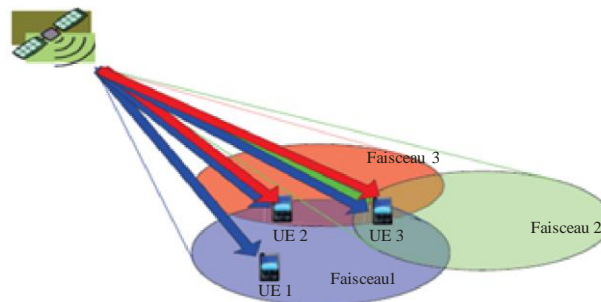
Les informations concernant l'emplacement, obtenues par l'équipement d'utilisateur, doivent être envoyées au réseau RAN à satellite comme indiqué ci-après:

- si l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone centrale du faisceau, l'indicateur «00» est envoyé;
- si l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone de chevauchement de deux faisceaux, l'indicateur «01» est envoyé;
- si l'équipement d'utilisateur est situé dans la zone de chevauchement des trois faisceaux, l'indicateur «11» est envoyé.

Dans le système de transmission CoMT, plusieurs faisceaux de satellite participent à la transmission des signaux à un équipement d'utilisateur. En d'autres termes, le système CoMT est un système de transmission multifaisceau dans lequel un signal d'un faisceau adjacent peut améliorer la qualité du service de communication. La Fig. 2.14 représente une configuration employant un système de transmission CoMT. La composante satellite transmet des signaux aux équipements d'utilisateur UE1, UE2 et UE3 dans le faisceau 1. L'équipement d'utilisateur UE1 est un terminal situé dans la zone centrale du faisceau. L'équipement d'utilisateur UE2 est un terminal situé dans une zone où deux faisceaux se chevauchent, et l'équipement d'utilisateur UE3 est un terminal situé dans la zone où trois faisceaux se chevauchent. Dans ce système de transmission CoMT, les équipements d'utilisateur UE2 et UE3 peuvent recevoir plusieurs signaux de tous les faisceaux qui se chevauchent, ce qui améliore la qualité de fonctionnement.

FIGURE 2.14

Transmission coordonnée multipoint



M.2047-2-14

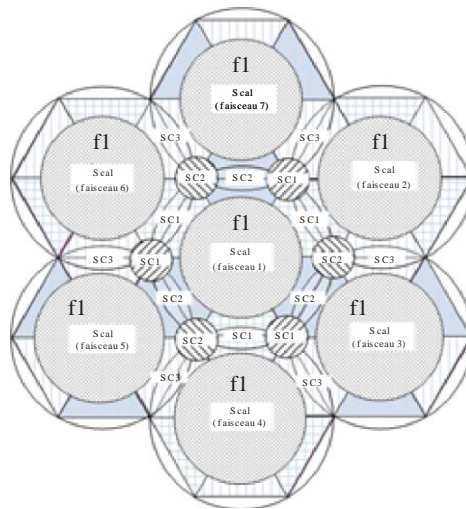
La Fig. 2.15 contient un exemple de configuration des faisceaux pour un système de service MSS de transmission CoMT multifaisceau comportant un faisceau et six faisceaux adjacents. Dans ce système de service MSS multifaisceau, un signal est transmis sur une bande de fréquences f_1 qui est la même dans tous les faisceaux afin que le facteur de réutilisation des fréquences puisse être égal à un. Chaque faisceau est subdivisé en une zone centrale, en zones de chevauchement de deux faisceaux et en zones de chevauchement de trois faisceaux.

La Fig. 2.16 donne un exemple de structure de trame qui permet de réaliser la configuration des faisceaux de la Fig. 2.14 pour la transmission CoMT dans un système de service MSS fondé sur l'interface SAT-OFDM. Dans cette figure, une trame est subdivisée en trois intervalles de transmission dans le domaine temporel et en trois groupes de sous-porteuses dans le domaine des fréquences. Les intervalles de transmission T1, T2 et T3 sont alloués respectivement à un équipement d'utilisateur situé dans la zone centrale du faisceau, à celui situé dans une zone de

chevauchement de deux faisceaux et à celui situé dans une zone de chevauchement de trois faisceaux. L'équipement d'utilisateur dans la zone centrale peut recevoir son propre signal sur l'ensemble complet des sous-porteuses (SC, *subcarrier*) SC_{all} au cours de l'intervalle T₁, tandis que les équipements d'utilisateur dans les zones de chevauchement de deux ou de trois faisceaux ne peuvent disposer des ressources en fréquence que sur des parties prédéfinies de l'ensemble des sous-porteuses, telles que les groupes de sous-porteuses SC₁ à SC₃ et SC_{1'} à SC_{3'}. La taille de chacun des groupes de sous-porteuses et des intervalles de temps peut être définie de façon souple au niveau du réseau RAN à satellite, en fonction de la demande du trafic dans chacune des zones.

FIGURE 2.15

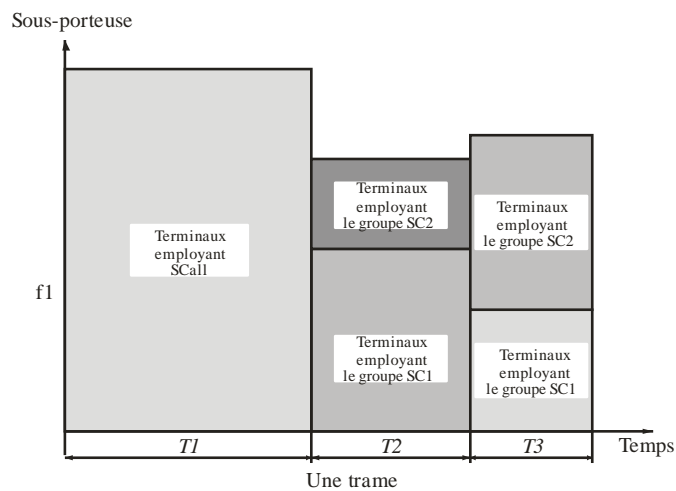
Configuration des faisceaux pour la transmission CoMT



M.2047-2-15

FIGURE 2.16

Structure de trame dans le faisceau 1 pour la transmission CoMT



M.2047-2-16

Dans les zones de chevauchement de deux faisceaux, le signal suivant est transmis au moyen de la diversité de retard cyclique (CDD, *cyclic delay diversity*) entre les deux faisceaux:

$$\begin{bmatrix} y_k^0 \\ y_k^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi^1 k} \end{bmatrix} x_k,$$

où x_k est une donnée d'utilisateur sur la $k^{\text{ième}}$ sous-porteuse, y_k^i ($i=0, 1$) est le signal transmis dans le $i^{\text{ième}}$ faisceau, et $\varphi^1 k$ est le décalage du retard cyclique permettant de produire le déphasage sur la $k^{\text{ième}}$ sous-porteuse, communiqué par une couche supérieure en raison du retard.

Dans les zones de chevauchement de trois faisceaux, le signal suivant est transmis au moyen de la diversité CDD entre les trois faisceaux:

$$\begin{bmatrix} y_k^0 \\ y_k^1 \\ y_k^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi^2 k} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\varphi^3 k} \end{bmatrix} x_k$$

où x_k est une donnée d'utilisateur sur la $k^{\text{ième}}$ sous-porteuse, y_k^i ($i=0, 1, 2$) est le signal transmis dans le $i^{\text{ième}}$ faisceau, et $\varphi^2 k$ et $\varphi^3 k$ sont les déphasages sur la $k^{\text{ième}}$ sous-porteuse, communiqué par une couche supérieure en raison du retard. Le réseau RAN à satellite détermine le retard cyclique approprié à chacun des faisceaux et le décalage du retard cyclique déterminé est appliqué au signal de transmission de chacun des faisceaux.

2.4.6.4 Transmission coopérative entre une composante satellite et des composantes au sol complémentaires

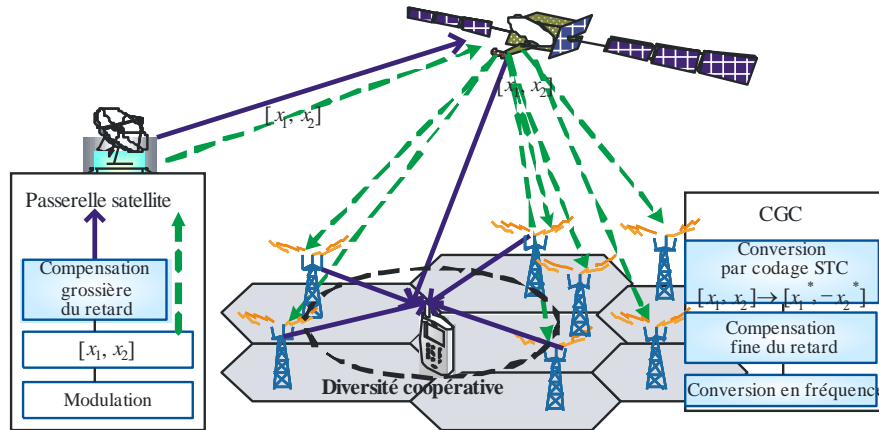
Ce système est employé pour améliorer la qualité de fonctionnement dans une configuration intégrant une composante satellite et des composantes CGC. Etant propre à la mise en oeuvre au niveau des émetteurs de la composante satellite et des composantes CGC, il peut aussi être appliqué en mode normal, sans modification des puces LTE.

La Fig. 2.17 a) illustre l'idée de base d'un type de système dans lequel une technique de diversité coopérative employant un codage spatio-temporel (STC) est utilisée, alors que la Fig. 2.17 b) représente la transmission d'un signal codé par codage STC à un terminal d'utilisateur équipé d'un décodeur STC. Le système de codage STC employé ici est nommé système Alamouti. La composante satellite transmet des données aux équipements d'utilisateur et à toutes les composantes au sol. Afin de réaliser des gains de diversité grâce à l'utilisation des systèmes de codage STC, chacune des autres composantes CGC doit transformer les signaux reçus en signaux codés de format donné et les retransmettre à l'équipement d'utilisateur. Les composantes au sol et la composante satellite peuvent s'associer pour transmettre les signaux codés dans l'espace et le temps, et les composantes au sol, plutôt que de servir simplement d'amplificateurs, peuvent coder les signaux. Un équipement d'utilisateur peut recevoir les signaux codés par codage STC. S'il reçoit plusieurs signaux en provenance des répéteurs et de la composante satellite, il peut réaliser des gains de diversité grâce au codage en employant ces signaux.

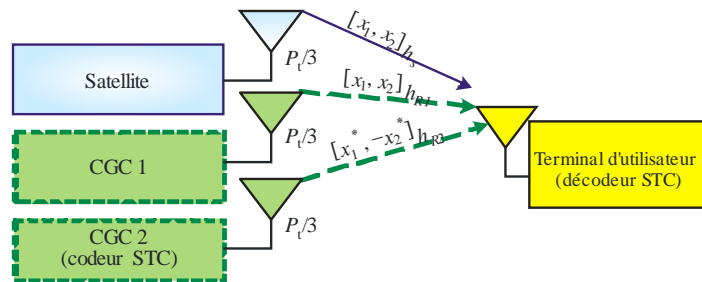
En outre, un algorithme de compensation du retard est nécessaire. Puisque le retard de traitement au cours de la transformation d'un format de codage STC donné au niveau de la composante au sol peut être évalué, ainsi que la différence des temps de propagation entre les liaisons avec la composante satellite et les composantes au sol, la compensation du retard sur les trajets des signaux des composantes au sol permet d'assurer correctement la synchronisation au niveau de l'équipement d'utilisateur. Par exemple, comme illustré dans la Fig. 2.17, il peut être procédé à une compensation grossière au niveau de la passerelle satellite et fine au niveau de chacune des composantes au sol.

FIGURE 2.17

Exemple d'un type de système employant la technique de la diversité coopérative, utilisé dans le cas d'un système intégré



a) Idée de base



b) Transmission de signaux codés par codage STC à un équipement d'utilisateur équipé d'un décodeur STC

M.2047-2-17

D'abord, la séquence modulée de symboles $[x_1, x_2]$ est émise au cours d'une période de deux symboles $2T$. Ensuite, la composante satellite transmet cette séquence de symboles $[x_1, x_2]$ pendant cette même période. Grâce à un algorithme approprié de compensation du retard du signal destiné au répéteur de Terre, le signal retransmis par le répéteur peut atteindre le terminal d'utilisateur à peu près en même temps que celui qui est transmis directement par la composante satellite.

Après réception de la séquence de symboles $[x_1, x_2]$, exempte d'erreur, en provenance de la composante satellite, chacune des autres composantes CGC doit appliquer le codage Alamouti. La matrice de codage suivante X_2 est employée pour générer les séquences transmises par les deux répéteurs:

$$X_2 = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2^* \\ x_2 & x_1^* \end{bmatrix},$$

où * représente l'opération de conjugaison complexe.

Dans la matrice de codage d'un système de codage STC, chacune des lignes de la matrice représente un créneau temporel et les colonnes représentent les antennes de transmission correspondantes. La matrice de codage X_2 indique donc qu'au cours de la période $2T$ la première composante CGC transmet l'ensemble de signaux $[x_1, x_2]$, tandis que la deuxième composante CGC transmet l'ensemble de signaux $[-x_2^*, x_1^*]$. De cette manière, un terminal d'utilisateur peut réaliser des gains de diversité en combinant dans la mesure du possible les deux trajets de signaux, celui provenant de la composante satellite et celui provenant des répéteurs.

Un terminal d'utilisateur peut recevoir diverses combinaisons d'ensembles de signaux selon leur disponibilité, qui dépend essentiellement de l'emplacement. Si le terminal d'utilisateur reçoit trois

ensembles de signaux, à savoir $[x_1, x_2]$ de la composante satellite avec un gain de canal h_s , $[x_1, x_2]$ de l'un des répéteurs avec un gain de canal h_{R1} , et $[-x_2^*, x_1^*]$ de l'autre répéteur avec un gain de canal h_{R2} , il peut réaliser un gain maximal de diversité par l'intermédiaire de l'algorithme de décodage ordinaire de la méthode Alamouti. Si l'on suppose un canal à évanouissement uniforme au cours de la période $2T$, les signaux reçus r_1 et r_2 au niveau du terminal d'utilisateur au cours de cette période peuvent être représentés comme suit:

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2^* \end{bmatrix} = H_2 \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2^* \end{bmatrix},$$

où n_i est le bruit gaussien complexe ajouté à la $i^{\text{ème}}$ période de temps. H_2 est la matrice du canal pour la configuration dans la Fig. 2.17 b), qui est représentée comme suit:

$$H_2 = \begin{bmatrix} h_{R1} + h_s & -h_{R2} \\ h_{R2}^* & h_{R1} + h_s^* \end{bmatrix},$$

où h_s est le coefficient du canal pour le trajet de la composante satellite jusqu'au terminal d'utilisateur, et h_{R1} et h_{R2} sont les coefficients des canaux pour les trajets des première et deuxième composantes CGC jusqu'au terminal d'utilisateur, respectivement.

Puisque la matrice de codage X_2 est orthogonale, comme la matrice du canal H_2 , le terminal d'utilisateur peut évaluer les symboles transmis au moyen de l'équation linéaire suivante:

$$\begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2^* \end{bmatrix} = H_2^H \cdot \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2^* \end{bmatrix}$$

2.4.6.5 Emission à bande étroite des blocs de ressources sur la liaison montante

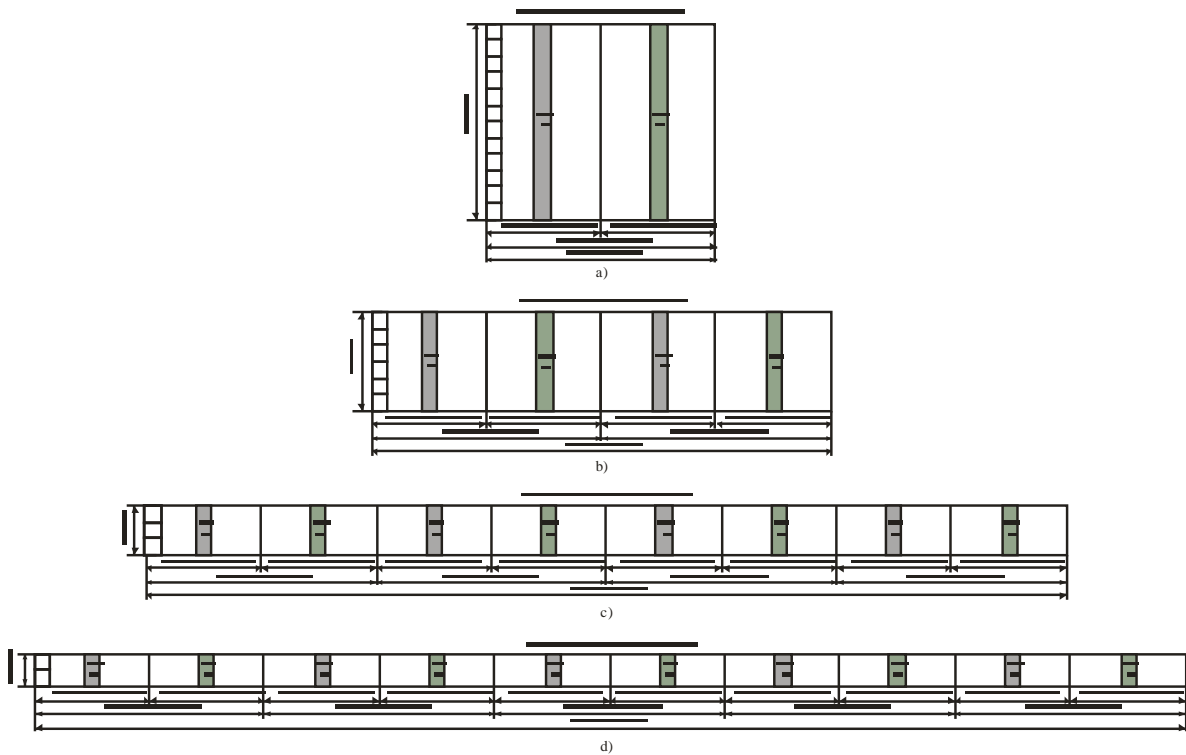
Ce système est employé pour augmenter le débit de données maximal pris en charge dans les terminaux de type mobile.

En général, un système du service MMS a une puissance limitée. Un terminal mobile en particulier a une puissance maximale d'émission limitée. Compte tenu du fait que la puissance totale émise est répartie sur l'entière des sous-porteuses dans un bloc de ressources, la grande taille des blocs de ressources, à savoir 180 kHz en mode normal, peut ne pas se voir allouer suffisamment de puissance dans les terminaux mobiles. Un système à taux de modulation et de codage élevés peut dans ce cas ne pas être pris en charge. Afin de résoudre ce problème, on peut définir une émission à bande étroite des blocs de ressources. Pour simplifier la mise en oeuvre au niveau des couches supérieures, la taille du bloc de transport dans le bloc de ressources est la même qu'en mode normal.

La Fig. 2.18 illustre la structure du canal PUSCH qui permet de prendre en charge l'émission à bande étroite.

FIGURE 2.18

Structure du canal PUSCH de liaison montante, utilisée dans le cas d'une émission à bande étroite



M.2047-2-18

La Fig. 2.18 a) représente la structure en mode normal du canal PUSCH, le bloc de ressources étant de grande taille, à savoir 180 kHz, et comportant 12 sous-porteuses et 2 créneaux temporels. Les bits d'informations sont d'abord codés pour le canal au moyen d'un code turbo avec un taux de code initial $1/3$, qui est ensuite ajusté jusqu'à conduire à un taux de code final approprié au moyen d'une méthode de mise en concordance des taux. Il est ensuite procédé à l'entrelacement des canaux au niveau des symboles, puis à un simple mappage «chronologique», en d'autres termes, les symboles de données adjacents sont d'abord mappés sur des symboles d'accès SC-FDMA adjacents dans le domaine temporel, puis sur les sous-porteuses. Les bits codés et entrelacés sont ensuite embrouillés au moyen d'un code Gold de longueur 31, étape suivie du mappage de modulation, de la répartition par la transformation DFT, du mappage sur les sous-porteuses et de la modulation OFDM. Pour l'évaluation du canal et la démodulation des données, les signaux de référence (RS) 1 et 2 sont transmis respectivement dans les créneaux temporels pair et impair d'un intervalle TTI.

La Fig. 2.18 b) illustre la structure à bande étroite du canal PUSCH, le bloc de ressources ayant une taille de 90 kHz et comportant 6 sous-porteuses et 4 créneaux temporels. La largeur de bande du canal est diminuée de moitié et l'intervalle TTI est doublé, par rapport au mode normal du canal PUSCH. Un simple mappage «chronologique» est aussi effectué afin que l'émission à puissance limitée sur la liaison montante jusqu'à la composante satellite soit performante. Dans un intervalle TTI, les symboles de données adjacents sont d'abord mappés sur des symboles d'accès SC-FDMA adjacents dans le domaine temporel, puis sur les sous-porteuses. D'autre part, afin de réutiliser les signaux de référence conventionnels 1 et 2 dans le canal PUSCH à bande étroite et de réaliser un gain de diversité temporelle, les premières moitiés des signaux de référence 1 et 2 sont transmises dans les premier et deuxième créneaux temporels, respectivement, tandis que les moitiés restantes des signaux de référence 1 et 2 sont mappées respectivement sur les troisième et quatrième créneaux temporels.

D'une manière analogue à celle de la Fig. 2.18 b), les Fig. 2.18 c) et d) représentent aussi la structure à bande étroite du canal PUSCH, les blocs de ressources ayant respectivement une taille

de 45 et 30 kHz. Le nombre de sous-porteuses dans les canaux PUSCH à bande étroite est limité à des produits de 2, 3 et 5 de manière à correspondre au système LTE de Terre, les tailles des transformations DFT dans le système LTE de Terre se limitant à ces valeurs pour minimiser leur complexité.

Lorsqu'un réseau RAN à satellite fournit à un équipement d'utilisateur des informations sur l'allocation des ressources dans la liaison montante, ces informations doivent comprendre des informations sur le format du canal PUSCH employant les indicateurs de format suivants:

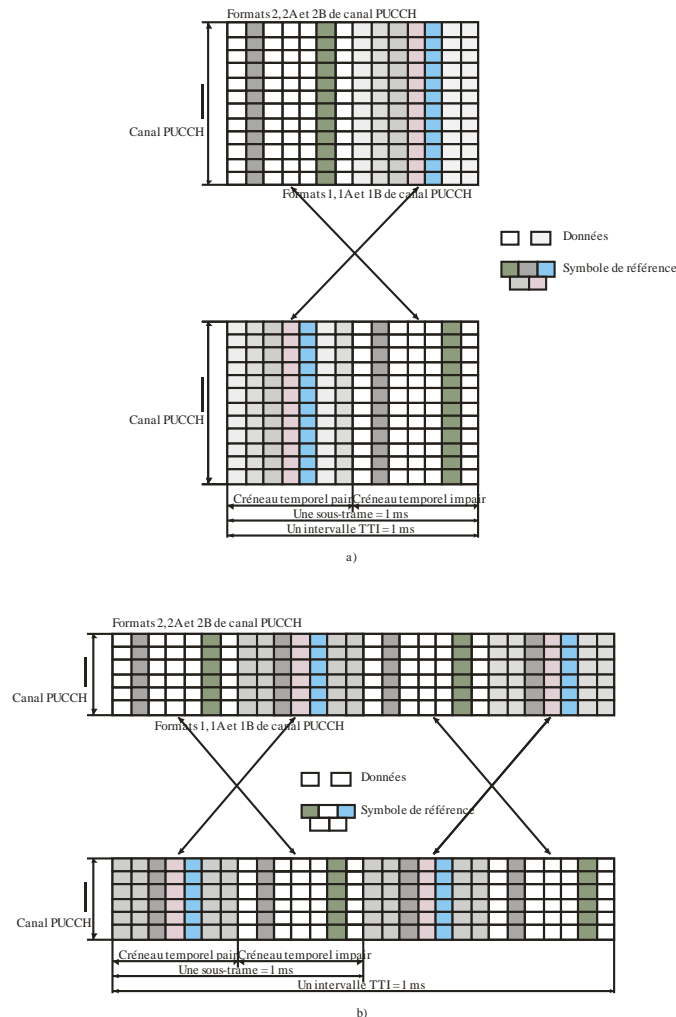
- si la taille du bloc de ressources du canal PUSCH est de 180 kHz, le réseau RAN à satellite envoie l'indicateur de format «00»;
- si la taille du bloc de ressources du canal PUSCH est de 90 kHz, le réseau RAN à satellite envoie l'indicateur de format «01»;
- si la taille du bloc de ressources du canal PUSCH est de 45 kHz, le réseau RAN à satellite envoie l'indicateur de format «10»;
- si la taille du bloc de ressources du canal PUSCH est de 30 kHz, le réseau RAN à satellite envoie l'indicateur de format «11».

Parce que le mode normal repose sur une taille de bloc de ressources de 180 kHz, les canaux PUSCH à bande étroite doivent être regroupés dans un intervalle TTI de manière à ce que la largeur de bande soit égale à 180 kHz, afin d'être compatible avec ledit mode normal et avec le système LTE de Terre.

De façon analogue, la structure du canal PUCCH est représentée dans la Fig. 2.19. Ce canal PUCCH est employé par l'équipement d'utilisateur pour émettre la signalisation de commande nécessaire seulement où il ne dispose pas de bloc de ressources alloué pour l'émission sur le canal PUSCH. La signalisation de commande sur le canal PUCCH est émise dans des bandes de fréquences proches des bords de la largeur de bande du système. Afin de minimiser les ressources nécessaires à l'émission de la signalisation de commande dans une sous-trame, chacune des émissions dans une sous-trame sur le canal PUCCH comporte un bloc de ressources situé au bord ou proche du bord de la largeur de bande du système, suivi d'un deuxième bloc de ressources situé au bord ou proche du bord opposé de la largeur de bande, comme illustré dans la Fig. 2.19. De façon analogue à la structure du canal PUSCH, les structures dans les Fig. 2.19 a) et b) représentent les formats 1 et 2 du canal PUCCH en mode normal et leurs émissions à bande étroite, adaptées à la liaison montante jusqu'à la composante satellite. La Fig. 2.19 b) montre la structure du canal PUCCH à bande étroite, le bloc de ressources ayant une taille de 90 kHz et comportant 6 sous-porteuses et 4 créneaux temporels. D'autres structures de canal PUCCH à bande étroite peuvent être appliquées, analogues à celles des Fig. 2.18 c) et d) pour la structure du canal PUSCH à bande étroite.

FIGURE 2.19

Structure du canal PUCCH de liaison montante, utilisée dans le cas d'une émission à bande étroite



M.2047-2-19

Lorsqu'un réseau RAN à satellite fournit à un équipement d'utilisateur des informations sur l'allocation des ressources dans la liaison montante, ces informations doivent comprendre des informations sur le format du canal PUCCH employant les indicateurs de format suivants:

- si la taille du bloc de ressources du canal PUCCH est de 180 kHz, le réseau RAN à satellite envoie l'indicateur de format «00»;
- si la taille du bloc de ressources du canal PUCCH est de 90 kHz, le réseau RAN à satellite envoie l'indicateur de format «01»;
- si la taille du bloc de ressources du canal PUCCH est de 45 kHz, le réseau RAN à satellite envoie l'indicateur de format «10»;
- si la taille du bloc de ressources du canal PUCCH est de 30 kHz, le réseau RAN à satellite envoie l'indicateur de format «11».

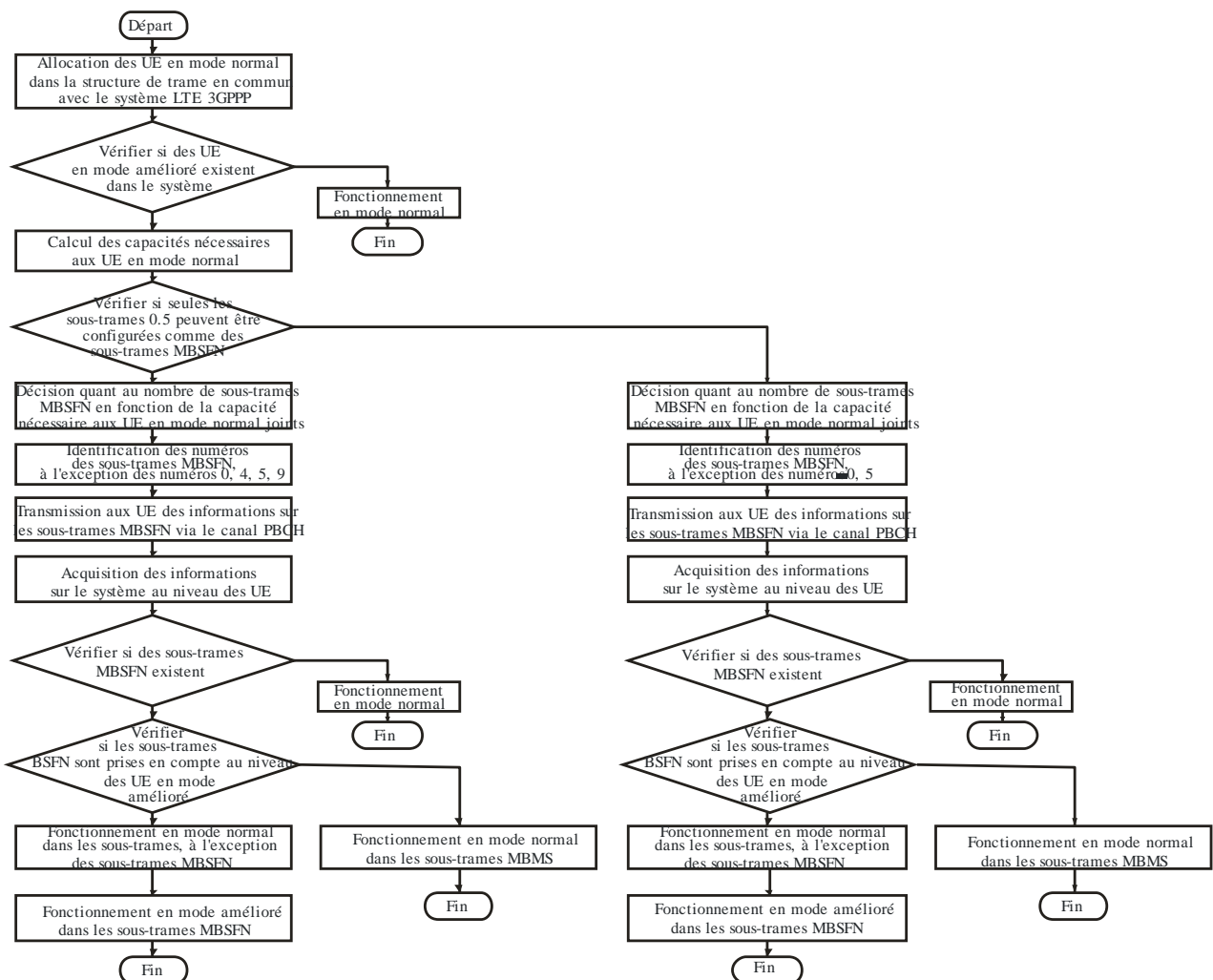
Parce que le mode normal repose sur une taille de bloc de ressources de 180 kHz, les canaux PUCCH à bande étroite doivent être regroupés dans un intervalle TTI de manière à ce que la largeur de bande soit égale à 180 kHz, afin d'être compatible avec ledit mode normal et avec le système LTE de Terre. En outre le multiplexage du canal PUCCH à bande étroite avec le canal PUCCH en mode normal peut être envisagé pour réduire les ressources utilisées pour l'émission sur le canal PUCCH.

2.4.6.6 Système de transmission sur la liaison descendante à faible rapport puissance de crête/puissance moyenne

Ce système est employé pour réduire le rapport puissance de crête/puissance moyenne (PAPR) dans la transmission sur la liaison descendante en mode amélioré. Puisque la liaison descendante de l'interface SAT-OFDM doit prendre en charge les équipements d'utilisateur tant en mode normal qu'en mode amélioré dans la sous-trame de liaison descendante, seules des sous-trames MBSFN, convenant à l'équipement d'utilisateur en mode normal, peuvent être employées comme sous-trames pour la transmission des signaux des équipements d'utilisateur en mode amélioré. Pour assurer un fonctionnement compatible avec les équipements d'utilisateur en mode normal, le multiplexage dans une trame radioélectrique des équipements d'utilisateur en mode amélioré avec des équipements d'utilisateur en mode normal est effectué, selon l'organigramme de la Fig. 2.20.

FIGURE 2.20

Transmission à accès OFDMA sur la liaison descendante, combinée au multiplexage SC-FDM

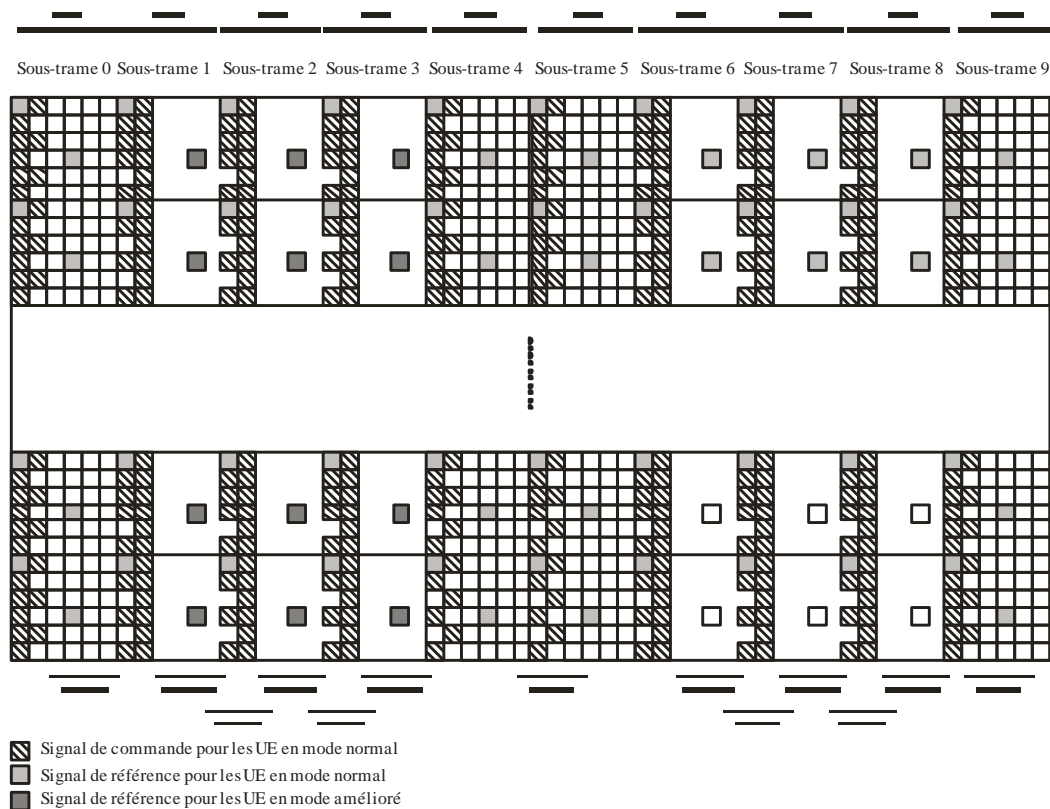


M.2047-2-20

La Fig. 2.21 contient un exemple de structure de trame, utilisée dans le cas d'une transmission sur la liaison descendante à faible rapport PAPR, jusqu'aux équipements d'utilisateur en mode amélioré. Les sous-trames 0, 4, 5 et 9 doivent être utilisées pour les équipements d'utilisateur en mode normal, d'autres sous-trames pouvant être employées pour les équipements d'utilisateur en mode amélioré. L'équipement d'utilisateur en mode normal reconnaît les sous-trames destinées aux équipements

d'utilisateur en mode amélioré comme étant des sous-trames MBSFN. Des informations du système (SI) sur les sous-trames qui sont employées pour le mode amélioré (ou sous-trames MBSFN) sont transmises aux équipements d'utilisateur par l'intermédiaire du canal PBCH. Le premier ou les deux premiers symboles des sous-trames MBSFN doivent être employés sur le canal PDCCH pour les équipements d'utilisateur en mode normal, qui ne reçoivent pas de données sur les autres symboles des sous-trames MBSFN. Les autres symboles des sous-trames MBSFN peuvent donc être utilisés pour la transmission à porteuse unique et à faible rapport PAPR dans le but d'améliorer la qualité de fonctionnement des équipements d'utilisateur en mode amélioré, en tirant parti de la non-linéarité de l'amplificateur de puissance dans la composante satellite. Le réseau RAN à satellite vérifie que les sous-trames 4 et 9 ne sont pas employées pour la radiomessagerie et qu'elles peuvent donc aussi être allouées aux équipements d'utilisateur en mode amélioré.

FIGURE 2.21
Structure de trame, utilisée dans le cas d'une transmission sur la liaison descendante à faible rapport PAPR

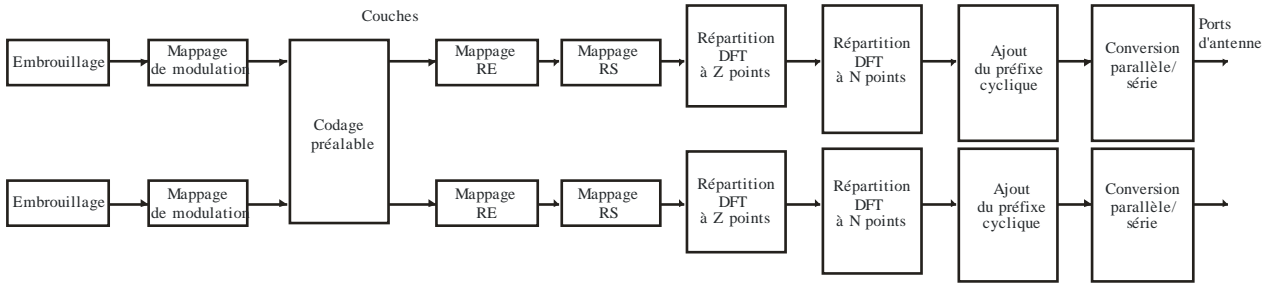


M.2047-2-21

La génération d'un signal de multiplexage SC-FDM dans le domaine des fréquences des équipements d'utilisateur en mode amélioré emploie une structure à multiplexage OFDM selon une transformation de Fourier discrète (DFT-S-OFDM), comme illustré dans la Fig. 2.22.

FIGURE 2.22

Bloc de transmission sur la liaison descendante à faible rapport PAPR



M.2047-2-22

Le mappage sur les éléments de ressource des symboles de données et le mappage sur les signaux de référence des symboles de signaux de référence s'appuient sur la même règle que pour le fonctionnement en mode normal. La dimension de la transformation DFT à Z points dépend du nombre de sous-porteuses qui sont utilisées pour les symboles de données et les symboles de signaux de référence. Les blocs de ressources des équipements d'utilisateur doivent être mappés de façon continue afin que soit préservée la caractéristique de porteuse unique.

2.4.6.7 Système performant de modulation et de codage adaptatifs avec régulation de puissance

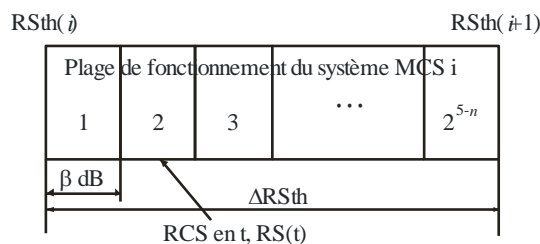
La structure en mode normal, utilisant un indicateur de qualité de canal (CQI, *channel quality indicator*), est remplacée par le système AMC avec régulation de puissance. En mode normal, cinq bits sont alloués à l'identification des 32 modes MCS. Mais en mode amélioré, les cinq bits sont subdivisés en deux parties: les n premiers bits sont alloués à l'identification des modes MCS, tandis que les $(5-n)$ autres bits sont alloués à la régulation de puissance, le paramètre n étant communiqué par la couche supérieure. Lorsque les $(5-n)$ bits sont employés pour la régulation de puissance, $2^{(5-n)}$ étapes différentes de régulation de puissance sont définies à l'aide de ces $(5-n)$ bits. Si l'état déclaré du canal (RCS, *reported channel state*) en t correspond au $k^{\text{ième}}$ niveau de puissance, un équipement d'utilisateur envoie le message à transmettre dans le $2^{(5-n)k}$ niveau de puissance. Dès que le réseau RAN à satellite reçoit un indicateur CQI indiquant que le niveau de puissance de réception est le $k^{\text{ième}}$ niveau, le niveau de puissance de transmission est adapté comme suit:

$$\text{Transmit_Power}(t) = \text{Transmit_Power}(t-1) + (2^{5-n} - k) \cdot \beta$$

où β est la différence de puissance entre les $i^{\text{ième}}$ et $(i+1)^{\text{ième}}$ étapes de régulation de puissance.

FIGURE 2.23

Système AMC avec régulation de puissance



M.2047-2-23

Dans la Fig. 2.23, $RS_{th}(i)$ et ΔRS_{th} représentent respectivement la borne inférieure de l'état du canal dans le mode MCS i et la différence entre les bornes inférieures des états du canal dans les modes MCS i et $(i+1)$.

Les procédures du système AMC avec régulation de puissance sont les suivantes:

- Enlèvement du niveau de régulation de puissance, appliqué à un paquet reçu précédemment, du rapport SNR de réception calculé, c'est-à-dire soustraction du niveau de régulation de puissance, exprimé en dB, du rapport SNR de réception calculé, exprimé en dB.
- Utilisation du rapport SNR obtenu en tant que rapport final SNR de réception.
- Décision quant au mode MCS sur la base du rapport final SNR de réception et détermination de la nécessité ou non d'une régulation de puissance:
 - i) Dans le cas où la nécessité d'une régulation de puissance a été déterminée, décision quant à l'amplitude de la régulation de puissance requise, sur la base de l'emplacement de l'état du canal dans la plage de fonctionnement en mode MCS correspondante (dans la Fig. 2.23, lorsque l'état du canal est situé au $2^{(5-n)}$ ième niveau, la régulation de puissance n'est pas nécessaire).
- Transmission du mode MCS décidé et des informations concernant la régulation de puissance, notamment l'amplitude de la régulation de puissance déterminée, au moyen du renvoi de l'indicateur de qualité du canal (CQI) ou d'informations sur le mode MCS.

2.4.6.8 Interaction entre l'opération de demande de répétition automatique hybride et l'opération de demande de répétition automatique

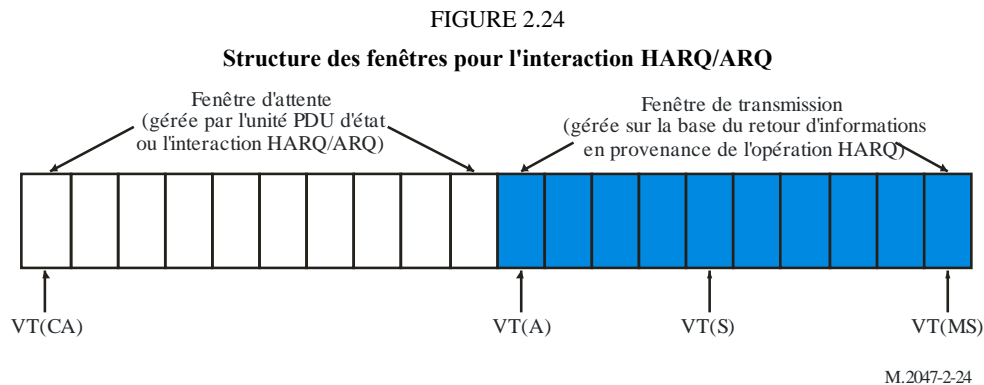
En mode normal, chacune des opérations HARQ et ARQ effectue indépendamment une tâche qui lui est assignée dans une couche correspondante. En mode amélioré, les opérations ARQ et HARQ interagissent afin d'améliorer l'efficacité de la transmission. Ainsi, une opération HARQ, exécutée dans une couche de commande MAC ou dans une couche physique, interagit avec une opération ARQ qui est exécutée dans une couche de commande de liaison radioélectrique (RLC). Les informations renvoyées par l'opération HARQ sont communiquées à la couche de l'opération ARQ, lui permettant d'effectuer promptement la retransmission et de pallier aux erreurs présentes dans les informations renvoyées par l'opération HARQ, de manière à améliorer l'efficacité de la transmission.

Le fonctionnement de la fenêtre de transmission repose sur les informations renvoyées par l'opération HARQ, tandis que le fonctionnement de la fenêtre d'attente repose sur l'unité PDU d'état. En fait, le fonctionnement de la fenêtre de transmission repose sur les variables d'état d'accusation de réception VT(A), d'envoi VT(S) et d'envoi maximal VT(MS) de la fenêtre de transmission de la commande RLC, tandis que celui de la fenêtre d'attente repose sur la variable d'état VT(CA).

La fenêtre de transmission fonctionne comme prescrit pour le mode normal. En mode amélioré, seule la manière dont est traitée la variable VT(A) est modifiée selon les informations renvoyées par l'opération HARQ. En mode normal, la variable VT(A) est mise à jour sur la base d'un signal d'accusé de réception reçu, c'est-à-dire le signal ACK provenant de l'unité PDU d'état. Alors qu'en mode amélioré, la variable VT(A) est mise à jour sur la base d'un retour d'informations internes concernant la réception d'un accusé de réception ACK en provenance de l'opération HARQ.

En mode amélioré, la variable VT(CA) de la fenêtre d'attente est mise à jour sur la base d'un signal ACK provenant de l'unité PDU d'état. Lorsque la fenêtre de transmission et la fenêtre d'attente sont gérées séparément, la fenêtre de transmission fonctionne sur la base sur des informations internes concernant l'accusé de réception ACK en provenance de l'opération HARQ, ce qui permet de transmettre promptement une unité de données de protocole (PDU) suivante. Lorsqu'un paquet est retransmis au moyen de l'opération HARQ et qu'un accusé de réception négatif NACK est reçu de l'unité PDU d'état, ce paquet est exclu de la liste de retransmission de l'opération ARQ, évitant ainsi toute retransmission inutile.

La variable VT(CA) contient le numéro séquentiel (SN) d'un paquet de données suivant d'une séquence, pour lequel un accusé de réception ACK doit être reçu par l'intermédiaire d'une unité PDU d'état. Ce numéro est communiqué à la fenêtre d'attente, en tant que valeur inférieure.



La commande MAC détermine si une transmission de paquet au moyen de l'opération HARQ réussit ou échoue, en employant le retour d'informations reçues en réponse à la transmission du paquet. Lorsque la commande MAC a déterminé que la transmission du paquet au moyen de l'opération HARQ a réussi, la commande RLC transfère un paquet d'une fenêtre de transmission à une fenêtre d'attente. Mais lorsque la commande MAC a déterminé que la transmission du paquet au moyen de l'opération HARQ a échoué malgré une retransmission maximale, la commande RLC transfère le paquet de la fenêtre de transmission à un tampon de transmission afin qu'il puisse être retransmis. La commande RLC reçoit des informations en retour de l'unité PDU d'état et définit une procédure à appliquer à la retransmission du paquet sur la base de ce retour d'informations. Elle supprime le paquet lorsque sa transmission réussit grâce à l'analyse de l'unité PDU d'état. Si la transmission du paquet échoue et que l'unité PDU d'état indique que celui-ci est présent dans la fenêtre de transmission, la commande RLC ne retransmet pas le paquet, c'est la commande MAC qui le fait. Si la transmission du paquet échoue et que l'unité PDU d'état indique que celui-ci est présent dans la fenêtre d'attente, la commande MAC ne retransmet pas le paquet, c'est la commande RLC qui le fait.

2.4.6.9 Modification de la taille du groupe de blocs de ressources en vue de l'allocation de celles-ci

En mode normal, la taille du groupe de blocs de ressources (RBG) est définie en fonction de la largeur de bande du système, comme indiqué dans le Tableau 2.16. En mode amélioré, la taille maximale du bloc RBG est en outre définie en fonction du type d'équipement d'utilisateur et d'une spécification applicables à la composante satellite S-eNodeB, comme indiqué dans le Tableau 2.17. Dans ce tableau, il est considéré que le gain d'antenne maximal est de 50 dBi et que le diagramme de faisceau d'antenne est celui de la Recommandation UIT-R S.672-4. Si le gain d'antenne de la composante satellite S-eNodeB ou le diagramme de faisceau d'antenne sont modifiés, la taille du bloc RBG selon le type d'équipement d'utilisateur, peut devoir être adaptée. Afin de prendre en charge des tailles de bloc RBG plus petites dans les équipements mobiles qui utilisent de grandes largeurs de bande du système, la taille du bloc RBG est définie comme suit en mode amélioré:

$RBG_Size = \min(\text{taille du bloc RBG selon la largeur de bande du système}, \text{taille maximale du bloc RBG selon le type d'équipement d'utilisateur})$.

TABLEAU 2.16

Taille du bloc RBG selon la largeur de bande du système

Largeur de bande du système (nombre de blocs de ressources)	Taille du bloc RBG (nombre de blocs de ressources)
10 ou moins	1
11-26	2
27-63	3
64-110	4

TABLEAU 2.17

Taille du bloc RBG selon le type d'équipement d'utilisateur

Type d'équipement d'utilisateur	Taille du bloc RBG (nombre de blocs de ressources)
Mobile classes 1, 2, 3	1
Portable	2
A bord d'un véhicule, transportable	4

2.4.6.10 Définition d'un nouveau champ mémoire du récepteur dans le cas d'un mécanisme de demande de répétition automatique hybride

La mise en oeuvre directe du mécanisme HARQ dans un système à satellites conduirait à de sérieux problèmes de mémoire au niveau du récepteur, en raison des longs temps RTD dans le système de communication par satellite. Afin d'être compatible avec un mécanisme HARQ à 8 canaux, le récepteur a besoin d'une grande mémoire, pour la transmission en continu, afin de pouvoir gérer les paquets erronés. Pour résoudre les problèmes de l'interface SAT-OFDM en mode amélioré, un champ mémoire du récepteur (RM) est inséré dans le paquet de retour d'informations en provenance du mécanisme HARQ. Il permet d'assurer une transmission en continu.

Le champ mémoire du récepteur dans la Fig. 2.25 indique l'état de la mémoire du récepteur. L'interprétation de ce champ est donnée dans la Tableau 2.18.

FIGURE 2.25

Champ mémoire supplémentaire du récepteur, inséré dans un paquet de retour d'informations HARQ

Retour d'informations HARQ (ACK/NACK)	Champ RM (2 bits)
--	----------------------

TABLEAU 2.18

Interprétation du champ mémoire du récepteur

Valeur	Description
00	Mémoire du récepteur suffisante pour le stockage de nouveaux paquets erronés
01	Mémoire du récepteur insuffisante pour le stockage de nouveaux paquets erronés
10	Le paquet indiqué dans le retour d'informations n'a pas été stocké dans la mémoire du récepteur
11	Le paquet indiqué dans le retour d'informations devrait être retransmis dans la première partie du paquet de codage

Lorsqu'un équipement d'utilisateur reçoit une unité PDU de commande MAC, il choisit une valeur pour le champ mémoire du récepteur en fonction de l'état de cette mémoire et renvoie un paquet contenant ledit champ.

2.4.6.11 Rapport sur l'état du tampon destiné à la communication par satellite

Le mécanisme de rapport sur l'état du tampon (BSR) peut ne pas être pris en charge dans le système à satellites en raison des longs temps RTD. Dans un système à satellites, les informations sur l'état du tampon, fournies par un équipement d'utilisateur, peuvent ne plus être valables après un long temps RTD, parce qu'au cours de cette période l'état du tampon peut varier beaucoup. La programmation de la liaison montante ne peut donc se faire sur la base des informations concernant l'état du tampon en provenance de l'équipement d'utilisateur.

La présentation du rapport BSR d'un équipement d'utilisateur en mode amélioré au niveau de l'interface SAT-OFDM peut se faire de deux manières, soit sous la forme d'un rapport normal, soit sous la forme d'un rapport en série. Dans le cas du rapport normal, des informations complètes sur l'état du tampon de l'équipement d'utilisateur sont communiquées, comme dans le système LTE de Terre. Dans le cas du rapport en série par contre, seules sont communiquées des informations concernant l'augmentation, depuis le dernier rapport, du nombre de données dans le tampon. L'augmentation du nombre de données est une valeur obtenue en faisant la somme de la quantité de données attendant d'être retransmises, conformément au retour d'informations concernant les défaillances de transmission qui ont eu lieu au sein des données déjà transmises, et de la quantité de données qui viennent de s'ajouter dans le tampon du terminal d'utilisateur. Le rapport normal et le rapport en série se différencient par les valeurs de l'identificateur de canal logique (LCID), comme indiqué dans le Tableau 2.19.

TABLEAU 2.19

Valeurs de l'identificateur LCID pour le canal UL-SCH

Indice	Valeurs de l'identificateur LCID
00000	Canal de commande commun (CCCH)
00001-01010	Identité du canal logique
01011-10110	Réservé
10111	Rapport BSR tronqué pour le rapport en série
11000	Rapport BSR court pour le rapport en série

TABLEAU 2.19 (*fin*)

Indice	Valeurs de l'identificateur LCID
11001	Rapport BSR long pour le rapport en série
11010	Rapport sur la marge de puissance
11011	Identificateur temporaire du réseau radioélectrique de commande (C-RNTI)
11100	Rapport BSR tronqué

2.4.6.12 Retransmission avec demande de répétition automatique hybride et avec agrégation des porteuses dans le cas de systèmes à satellites

En mode amélioré, les porteuses composantes sont modifiées avant la retransmission HARQ. Cette méthode peut être utilisée pour réduire les délais dans les couches supérieures. Lorsque différents paquets d'informations en retour sont reçus sur des porteuses composantes et que le gain obtenu après avoir modifié les porteuses composantes est supérieur à celui qui est obtenu lors d'une retransmission HARQ sans modification des porteuses composantes, l'émetteur modifie les porteuses composantes avant ladite retransmission HARQ. Ce gain, obtenu après avoir modifié les porteuses composantes, découle de ce que l'état du canal s'améliore, que le mode MCS précédent est employé, et qu'en conséquence le taux d'erreurs sur les blocs (BLER, *bloc error ratio*) est amélioré. Lorsque l'émetteur adapte les porteuses composantes avant la retransmission, la version initiale du paquet HARQ est transmise sur une nouvelle porteuse composante et un nouveau paquet de données est transmis sur la porteuse composante précédente. Pour différencier les modifications des porteuses composantes, le champ identificateur NDI est modifié, comme indiqué dans le Tableau 2.20.

TABLEAU 2.20

Interprétation du champ NDI

Valeur	Description
00	Nouveau paquet de données
01	Paquet retransmis
10	Nouveau paquet de données avec modification des porteuses composantes
11	Réservé

Les valeurs 00 et 01 du champ NDI sont les mêmes qu'en mode normal. Lorsque la porteuse composante a été modifiée, l'émetteur qui a reçu un accusé de réception négatif envoie un nouveau paquet avec un champ NDI nouvellement défini (dont la valeur est 10).

Les étapes de la retransmission HARQ avec agrégation des porteuses sont les suivantes:

- Réception sur les porteuses composantes des différents paquets d'informations en retour.
- Comparaison du gain obtenu à la suite de la modification des porteuses composantes avec le gain moyen de la retransmission HARQ simple:
 - i) lorsqu'au moins trois porteuses composantes sont employées, il est tenu compte, lors de la modification des porteuses composantes, de la priorité selon le numéro dans la séquence du paquet de couche supérieure et de l'état du canal.
- Modification des porteuses composantes lorsque le gain obtenu à la suite de la modification est supérieur à celui de la retransmission HARQ simple:
 - i) lorsque le paquet n'est entaché d'aucune erreur, la version initiale du paquet HARQ est transmise sur une porteuse composante;

- ii) lorsque le paquet est entaché d'une erreur, un nouveau paquet est transmis sur la porteuse composante.
- Non-modification des porteuses composantes lorsque le gain moyen de la retransmission HARQ simple est supérieur à celui qui serait obtenu avec la modification des porteuses composantes:
 - i) les opérations se poursuivent comme en mode normal.

2.5 Spécifications détaillées

Puisque l'interface SAT-OFDM repose sur la technologie LTE évoluée, qui a été élaborée dans le cadre du projet 3GPP, la structure des spécifications de l'interface SAT-OFDM est très proche de la structure initiale qui a été employée dans le cadre du projet 3GPP. La numérotation des spécifications, dans le cas de l'interface SAT-OFDM, a été établie conformément à celle des spécifications du système LTE, mise au point dans le cadre du projet 3GPP. Toutes les spécifications de l'interface SAT-OFDM sont soumises au système de numérotation suivant:

- SAT-OFDM xx.yyy

où les nombres xx et yyy correspondent au système de numérotation employé dans le cadre du projet 3GPP.

En raison des différences entre les caractéristiques des canaux des systèmes de Terre et des systèmes à satellites, certaines modifications ont dû être apportées par rapport aux normes applicables aux systèmes LTE. Certaines spécifications peuvent s'appliquer directement, tandis que d'autres peuvent l'être après avoir apporté ces modifications.

Un système de spécifications de l'interface SAT-OFDM est défini, en regroupant comme suit une famille de spécifications de l'interface SAT-OFDM et de spécifications élaborées dans le cadre du projet 3GPP:

- Lorsqu'une spécification de l'interface SAT-OFDM existe, elle prévaut sur la spécification correspondante qui a été établie dans le cadre du projet 3GPP (si elle existe). La règle de préséance s'applique à toute référence dans les spécifications correspondantes qui ont été établies dans le cadre du projet 3GPP.
- Lorsqu'une spécification de l'interface SAT-OFDM n'existe pas, la spécification correspondante qui a été établie dans le cadre du projet 3GPP peut s'appliquer ou non.

Les spécifications détaillées de l'interface radioélectrique SAT-OFDM font appel aux documents suivants:

- Couche physique: version la plus récente des documents portant sur l'interface SAT-OFDM, qui sont contenus dans la série 36.200.
- Protocoles: version la plus récente des documents portant sur l'interface SAT-OFDM, qui sont contenus dans la série 36.300.

Cet ensemble de spécifications détaillées, qui seront décrites dans la version 1 des spécifications de l'interface SAT-OFDM, est actuellement en cours d'élaboration en République de Corée, au sein du Radio Access Working Group (WG7011), sous la direction de l'IMT-Advanced Project Group (PG701) de la TTA. Cette élaboration est fondée sur les spécifications «LTE Release 8», qui ont été établies dans le cadre du projet 3GPP.
