

RECOMMANDATION UIT-R S.1709-1

Caractéristiques techniques des interfaces radioélectriques pour les systèmes à satellites large bande mondiaux

(Question UIT-R 269/4)

(2005-2007)

Domaine de compétence

La présente Recommandation propose des caractéristiques d'interfaces radioélectriques qui pourront servir d'indications aux concepteurs de réseaux à satellite large bande. Le corps du texte a été scindé en quatre annexes: la première est une description de l'architecture générique de réseaux à satellite large bande, et les trois suivantes font chacune la synthèse de normes d'interface radioélectrique en vigueur qui ont été approuvées par plusieurs organismes de normalisation. La norme TIA-1008-A relative au système IP sur satellite (IPoS) et la norme DVB-RCS, telle qu'elle est décrite dans le document EN 301 790 de l'ETSI, sont respectivement résumées dans les Annexes 2 et 3. Enfin, l'Annexe 4 est une synthèse des spécifications d'interface radioélectrique pour des communications large bande mondiales entre les stations terriennes et des satellites régénérateurs fondées sur la Norme ETSI BSM/RSM-A.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la technologie des télécommunications par satellite peut permettre d'accélérer la disponibilité des communications large bande à la fois à l'échelle mondiale et à l'échelle régionale;
- b) que l'expérience acquise en termes d'exploitation de réseaux à satellite large bande déployés montre que ces réseaux sont faciles à mettre en oeuvre et utiles;
- c) que plusieurs types d'architectures différentes sont utilisés dans les systèmes à satellites large bande;
- d) que ces variantes ont conduit à l'élaboration de diverses normes d'interfaces radioélectriques visant à permettre le transport des signaux large bande sur différents réseaux en toute transparence,

recommande

- 1** d'utiliser l'architecture de réseau à satellite générique et les structures de protocoles définies dans l'Annexe 1 lors de la conception de systèmes de radiocommunication large bande fondés sur l'utilisation de satellites;
- 2** d'utiliser les spécifications énoncées dans les Annexes 2 à 4 lorsque des radiocommunications large bande sont assurées entre des stations terriennes et des satellites géostationnaires.

Annexe 1

Architecture de réseau générique pour les systèmes à satellites large bande mondiaux

1 Introduction

Grâce à leurs caractéristiques intrinsèques (couverture étendue, mode de fonctionnement de type radiodiffusion et multidiffusion), les télécommunications par satellite permettent d'assurer une connexion Internet à haut débit et des transmissions multimédias longue distance. Les mises en oeuvre possibles de systèmes large bande à satellites sont nombreuses, mais certaines caractéristiques fondamentales telles que les piles de protocoles, les fonctions dépendantes ou indépendantes du satellite, l'accès des utilisateurs au système et l'interface radioélectrique sont très semblables. La présente Recommandation porte sur les trois domaines de normalisation suivants:

- système IP sur satellite (IPoS, *IP over satellite*) de l'Association des industries de télécommunication (TIA, *telecommunication industry association*), présenté dans l'Annexe 2;
- canal d'interaction pour les systèmes de distribution par satellite DVB de l'Institut européen des normes de télécommunication (ETSI, *European Telecommunication Standards Institute*) (2000) présenté dans l'Annexe 3;
- spécifications de l'interface radioélectrique pour les communications large bande mondiales entre stations terriennes et satellites régénérateurs sur la base de la norme ETSI BSM/RSM-A présentée dans l'Annexe 4.

Ces trois normes, qui font l'objet du Tableau 1, peuvent être appliquées pour les services d'accès à Internet à haut débit pour des particuliers ou pour des communautés de particuliers. L'interconnectivité transparente entre les réseaux à satellite et les réseaux de Terre est absolument indispensable pour assurer le succès des services large bande par satellite. Les architectures décrites dans les paragraphes qui suivent fournissent aux concepteurs et aux évaluateurs des systèmes des indications relatives à la conception et à la mise en oeuvre. La présente Annexe décrit une configuration de réseau large bande mondial conjointement avec des applications et des services communs. Elle décrit aussi les topologies de réseau normales (par exemple réseau en étoile ou réseau maillé). Enfin, elle contient des informations de base concernant le reste de la Recommandation et décrivant les trois normes relatives aux réseaux à satellite large bande. L'Appendice 1 à l'Annexe 1 contient une liste de références pour toutes les spécifications décrites dans la présente Recommandation.

2 Architecture de réseau mondial

La Fig. 1 illustre l'architecture d'un réseau à satellite large bande mondial comprenant:

- *Un réseau d'accès* fournissant des services aux utilisateurs finals.
- *Un réseau de distribution* assurant la distribution de contenu jusqu'à la périphérie.
- *Un réseau central* fournissant des services de partage des ressources.

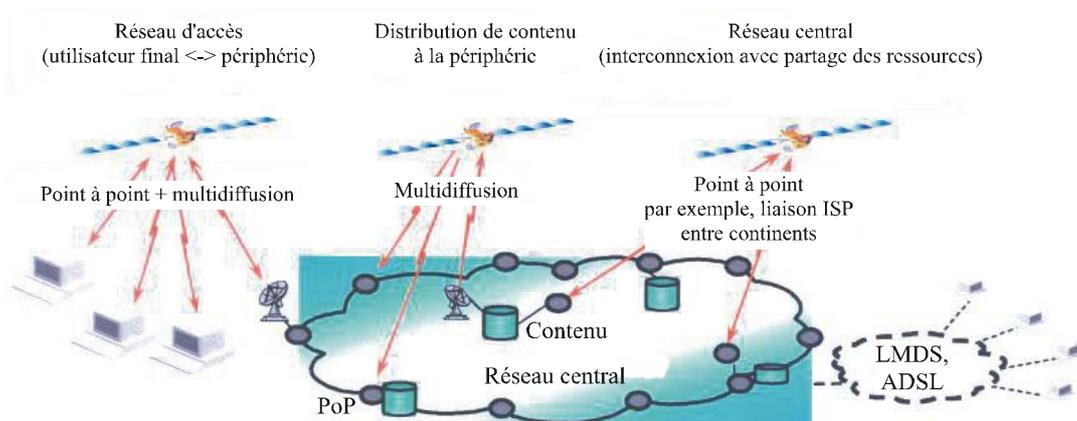
TABLEAU 1

Tableau de comparaison entre les normes ETSI EN 301 790 V.1.3.1, TIA-1008-A et ETSI RSM-A

Elément	ETSI EN 301 790	TIA-1008-A	ETSI RSM-A
Topologie de réseau	Maillée ou en étoile	En étoile	Maillée ou en étoile
Modulation	MDP-4	CE-MDP-4-O	CE-MDP-4-O
Méthode d'accès au trafic sortant	DVB-S	DVB-S	Accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) à haut débit
Débit de données du trafic sortant	1 Mbit/s à 45 Mbit/s	1 Mbit/s à 45 Mbit/s	100 Mbit/s, 133,33 Mbit/s, 400 Mbit/s
Format d'accès au trafic entrant	AMRT-MF	AMRT-MF	AMRT-Accès multiple par répartition en fréquence (AMRF)
Débit de données du trafic entrant	Pas de restriction	64 kbit/s, 128 kbit/s, 256 kbit/s, 512 kbit/s, 1 024 kbit/s, 2 048 kbit/s	128 kbit/s, 512 kbit/s, 2 Mbit/s, 16 Mbit/s
Protocoles	DVB/MPEG2-TS côté sortant, AP/AAL5/ATM côté entrant	Protocole multicouches	Protocoles Internet (IP) de réseau du Groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (IETF)

FIGURE 1

Configurations de réseaux à satellite large bande mondiaux



ADSL : ligne d'abonné numérique asymétrique (*asymmetric digital subscriber line*)
 LMDS: système de distribution multipoint locale (*local multipoint distribution system*)
 PoP : point de présence (*point of presence*)

2.1 Services

Divers services sont offerts par un tel réseau, notamment:

- point à point;
- multidiffusion/radiodiffusion;
- distribution de contenu.

2.2 Applications large bande

Les diverses applications large bande prises en charge par les réseaux à satellite sont les suivantes:

- Divertissements
 - Vidéo à la demande;
 - Distribution de télévision;
 - Jeux interactifs;
 - Applications musicales;
 - Transmission en continu.
- Accès à l'Internet
 - Accès à l'Internet à haut débit;
 - Messagerie électronique;
 - Applications multimédias;
 - Téléapprentissage;
 - Télémédecine.
- Applications professionnelles
 - Visioconférence;
 - Applications interentreprises;
 - Sécurité à domicile.
- Partage des ressources entre la téléphonie et les données
 - Transport IP;
 - Téléphonie IP;
 - Transferts de fichiers.

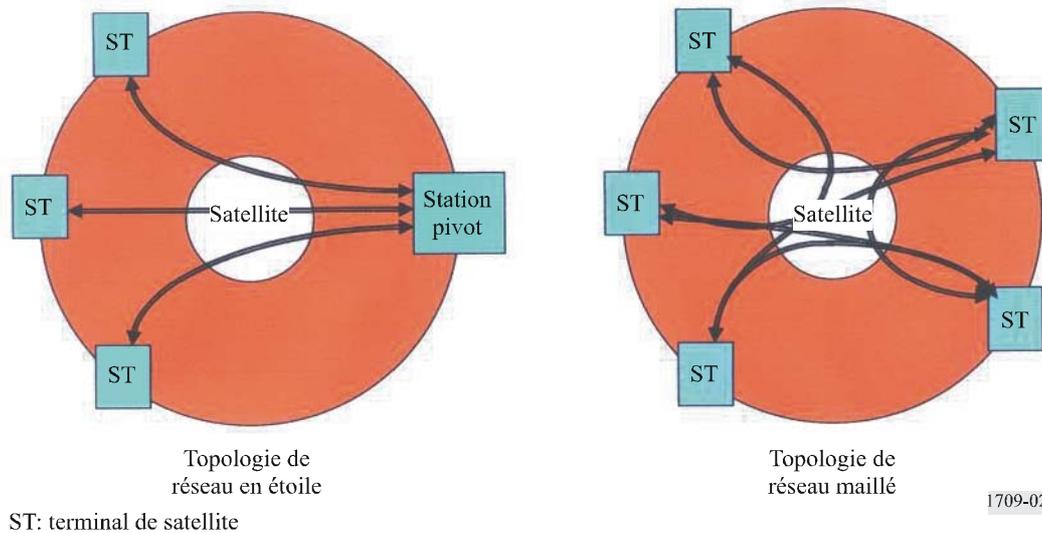
2.3 Topologies

Le réseau peut utiliser une topologie maillée ou en étoile, comme illustré sur la Fig. 2:

- Une topologie de réseau en étoile est définie par la disposition en étoile des liaisons entre la station pivot (ou le point d'accès à l'Internet) et les multiples stations distantes. Une station distante peut établir une liaison directe avec la station pivot mais pas avec une autre station distante.
- Une topologie de réseau maillée est définie par la disposition maillée des liaisons entre les stations, chaque station pouvant établir une liaison directe avec n'importe quelle autre station. La topologie en étoile peut être considérée comme un cas particulier de la topologie maillée.

NOTE 1 – Une topologie en étoile peut être utilisée pour assurer une connectivité maillée grâce à l'établissement de liaisons indirectes entre les stations distantes via la station pivot.

FIGURE 2
Topologies en étoile et maillée



Un réseau à satellite large bande mondial peut utiliser une architecture de satellite sans régénération ou avec régénération:

- Une architecture de satellite sans régénération désigne une architecture unique, couramment appelée «architecture bent-pipe» (charge utile sans commutation). Dans cette architecture, il n'est mis fin à aucune couche de la pile de protocoles de l'interface radioélectrique dans le satellite – le satellite ne fait que transférer de façon transparente les signaux des liaisons d'utilisateur vers les liaisons de connexion.
- Une architecture de satellite régénérateur est l'une des autres architectures qui assurent des fonctionnalités additionnelles dans le satellite. Dans ces architectures, les fonctions du satellite mettent fin à une ou plusieurs couches de la pile de protocoles de l'interface radioélectrique dans le satellite.

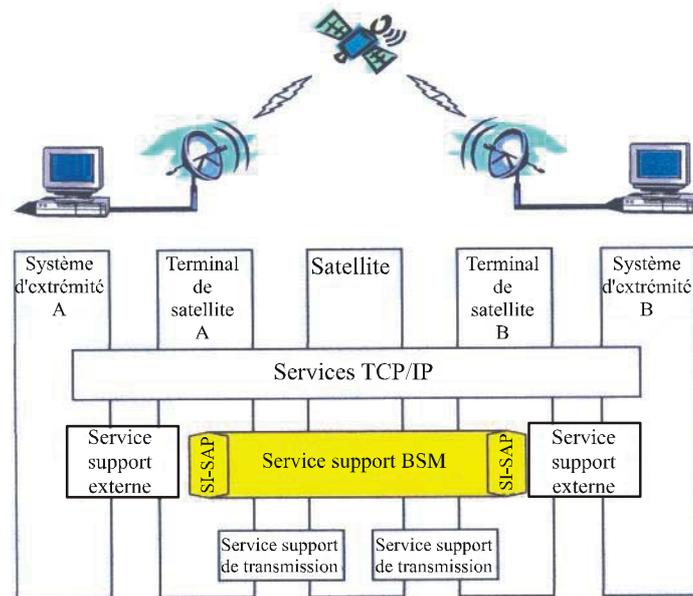
2.4 Architecture des services

La Fig. 3 illustre les divers services, par exemple les services IP normalisés, les services support par satellite large bande et les services support de transmission radio sous-jacents. Le groupe de travail de l'ETSI chargé des systèmes à satellites large bande pour le multimédia (BSM, *broadband satellite multimedia*) a élaboré une architecture de services large bande intégrant ces trois types de services.

Afin de séparer les services qui sont communs à tous les systèmes à satellites de ceux qui sont propres à une technologie de satellite particulière, l'architecture des services définit un point SI-SAP comme interface entre les couches supérieures et les couches inférieures. Cette interface correspond aux extrémités des services support du système à satellites large bande mondial (voir la Fig. 3).

FIGURE 3

Architecture des services par satellite large bande mondiaux



SI-SAP: point d'accès au service indépendant du satellite
(*satellite-independent service access point*)

TCP : protocole de commande de transmission
(*transmission control protocol*)

1709-03

2.5 Architecture des protocoles

Le système à satellites large bande mondial comprend trois groupes de protocoles:

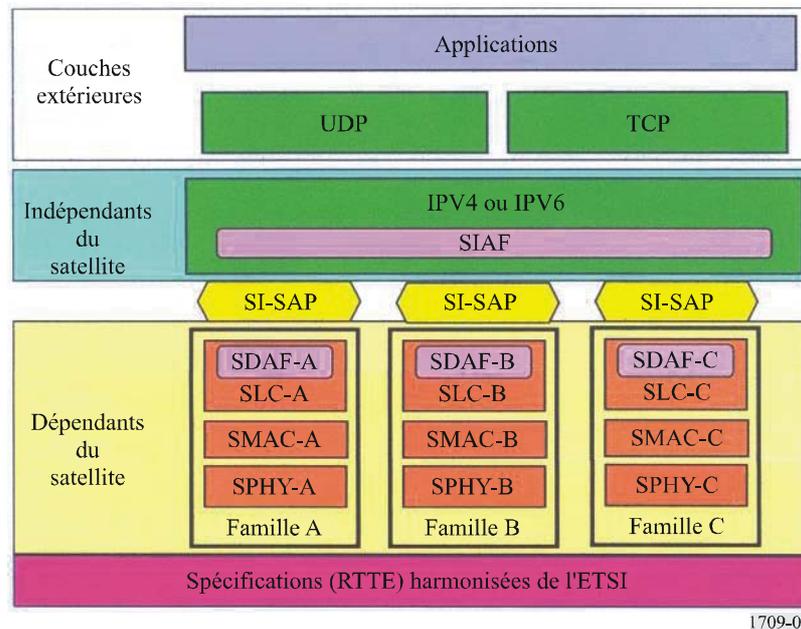
- protocoles de réseau IP IETF;
- protocoles adaptés de système à satellites large bande mondial qui sont indépendants du système à satellites; et
- protocoles qui dépendent de la technologie du satellite.

L'architecture des protocoles de système à satellites large bande mondial définit l'interface SI-SAP qui se situe entre la couche de réseau IP et les couches inférieures. Immédiatement au-dessus et au-dessous de l'interface, l'architecture définit deux nouvelles couches d'adaptation, qui contiennent les fonctions de système à satellites large bande mondial associées à l'interface (voir la Fig. 4).

La Fig. 4 montre comment l'architecture des protocoles d'un système à satellites large bande mondial prend en charge plusieurs familles de protocoles de couches inférieures dépendants du satellite. Chaque famille correspond à une technologie de satellite différente, y compris les satellites transparents ou régénérateurs et les topologies maillées ou en étoile. Chacune des familles de couches inférieures dépendantes du satellite peut prendre en charge ces fonctions génériques d'interface SI-SAP de différentes façons. Chaque famille définit une fonction d'adaptation dépendante du satellite (SDAF, *satellite dependent adaptation function*), qui sert à établir la projection vers l'interface SI-SAP ou depuis celle-ci.

FIGURE 4

Architecture des protocoles de système à satellites large bande mondial



SIAF: fonction d'adaptation indépendante du satellite (*satellite independent adaptation function*)

UDP: protocole de données d'utilisateur (*user data protocol*)

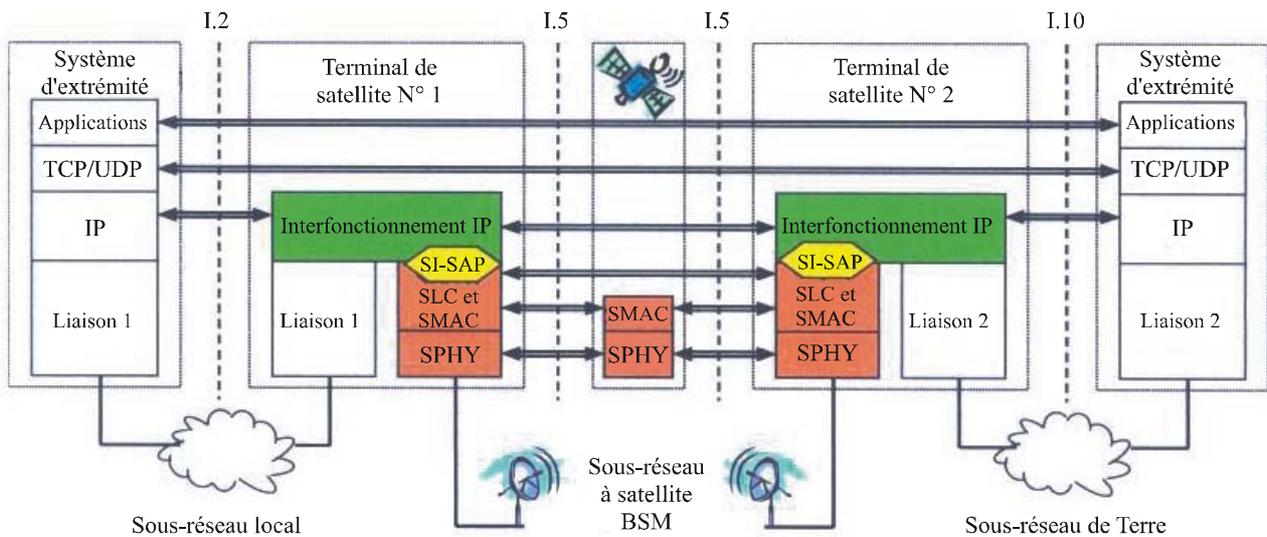
Cette architecture repose sur le concept d'une séparation claire entre les fonctions applicables à tous les systèmes à satellites (indépendantes du satellite) et les fonctions propres à une technologie de satellite (dépendantes du satellite) et définit donc une interface indépendante du satellite qui peut être utilisée pour assurer en principe les mêmes services dans toutes les mises en oeuvre de cette architecture. Cela devrait s'appliquer à tous les aspects d'interfonctionnement depuis la couche 2 (pontage), la couche 3 et au-dessus, mais cette architecture devrait avant tout être utilisée pour définir les fonctions d'interfonctionnement pour la série de protocoles IP.

2.6 Interfonctionnement IP

Dans l'Internet mondial, un sous-réseau IP à satellite devrait simplement être traité comme n'importe quel autre sous-réseau IP car seul un petit nombre de serveurs sera connecté directement au sous-réseau à satellite. Par conséquent, le grand principe en matière d'interfonctionnement pour les services IP sur un sous-réseau à satellite est que les protocoles de couche IP du côté non satellitaire ne soient pas modifiés. Les modifications à apporter aux protocoles pour assurer un fonctionnement sur un satellite devraient être fournies par un ensemble de fonctions d'interfonctionnement IP qui peuvent être situées à la périphérie du sous-réseau à satellite (voir la Fig. 5). L'architecture de l'interface SI-SAP constitue alors un cadre pour élaborer un ensemble de normes d'interfonctionnement IP communes visant à garantir une interopérabilité transparente entre un sous-réseau à satellite donné et un sous-réseau IP sans satellite (par exemple un sous-réseau IP de Terre).

FIGURE 5

Interfonctionnement IP



1709-05

Appendice 1 à l'Annexe 1

Liste de références

Les liens de référence suivants décrivent les caractéristiques de la norme TIA-1008-A, présentée à l'Annexe 2.

	Numéro du document	Version	Statut	Date de publication	Emplacement
TIA	TIA-1008-A	A.1	Publié	Mai 2006	http://www.tiaonline.org

Les liens de référence suivants décrivent les caractéristiques de la norme DVB-RCS, présentée à l'Annexe 3.

	Numéro du document	Version	Statut	Date de publication	Emplacement
ETSI	EN 301 790	V1.3.1	Publié	Mars 2003	http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=15626

Les liens de référence suivants décrivent les caractéristiques de la spécification ETSI-SES/BSM/RSM-A, présentée à l'Annexe 4.

	Numéro du document	Version	Statut	Date de publication	Emplacement
ETSI	ETSI TS 102-188-1	V1.1.2	Publié	Juillet 2004	http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=20888
ETSI	ETSI TS 102-188-2	V1.1.2	Publié	Juillet 2004	http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=20892
ETSI	ETSI TS 102-188-3	V1.1.2	Publié	Juillet 2004	http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=20893
ETSI	ETSI TS 102-188-4	V1.1.2	Publié	Juillet 2004	http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=20895
ETSI	ETSI TS 102-188-5	V1.1.2	Publié	Juillet 2004	http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=20896

Appendice 2 à l'Annexe 1

Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ACF	Champ de commande d'accès (<i>access control field</i>)
ACK-RET	Retour de l'accusé de réception (<i>ack-return</i>)
AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps
BoD	Largeur de bande à la demande (<i>bandwidth on demand</i>)
BSM	Satellite large bande pour le multimédia (<i>broadband satellite multimedia</i>)
BTP	Plan de synchronisation des trames (<i>burst time plan</i>)
CED	Correction d'erreur directe
CoS	Classe de service (<i>class of service</i>)

CR	Débit constant (<i>constant rate</i>)
CRC	Contrôle de redondance cyclique (<i>cyclic redundancy check</i>)
CRWB	Débit constant avec salves (<i>constant rate with burst</i>)
DLL	Couche liaison de données (<i>data link layer</i>)
DVB	Radiodiffusion vidéonumérique (<i>digital video broadcasting</i>)
DVB/MPEG	DVB/Groupe d'experts pour les images animées (<i>digital video broadcast/motion pictures expert group</i>)
EDU	Unité de données étendue (<i>extended data unit</i>)
GEO	Orbite terrestre géosynchrone (<i>geosynchronous earth orbit</i>)
HPB	Salve avec priorité élevée (<i>high priority burst</i>)
HVUL	Liaison montante avec gros volume (<i>high volume up link</i>)
IP	Protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
IPoS	IP sur satellite (<i>IP over satellite</i>)
kbit/s	Kilobits par seconde (milliers de bits par seconde)
LVLL	Faible latence avec faible volume (<i>low volume low latency</i>)
MAC	Commande d'accès au support (<i>medium access control</i>)
Mbit/s	Mégabits par seconde (millions de bits par seconde)
MDP-2	Modulation par déplacement de phase bivalente
MDP-4	Modulation par déplacement de phase quadrivalente
MDP-4-O	Modulation par déplacement de phase quadrivalente décalée (<i>offset quaternary phase shift keying</i>)
MGID	Identificateur de groupe de multidiffusion (<i>multicast group ID</i>)
MPEG	Groupe d'experts en images animées (<i>Motion Picture Expert Group</i>)
MRT	Multiplexage par répartition dans le temps
MSB	Bit de plus fort poids
NOCC	Centre de commande de réseau (<i>network control centre</i>)
NPB	Salve avec priorité normale (<i>normal priority burst</i>)
PA	Aloha persistant (<i>persistent aloha</i>)
PDS	Service de remise de paquets (<i>packet delivery service</i>)
PDU	Unité de données de protocole (<i>protocol data unit</i>)
PEP	Proxy d'amélioration de la qualité de fonctionnement (<i>performance enhancing proxy</i>)
PHY	Couche physique
PID	Identificateur de programme (<i>programme identifier</i>)
PN	Nombre pseudo-aléatoire (<i>pseudo-random number</i>)
PTO	Opportunité de transmission de paquet (<i>packet transmission opportunity</i>)
QoS	Qualité de service (<i>quality of service</i>)

RF	Fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
RS	Reed-Solomon
RSM	Réseau maillé à satellite régénérateur (<i>regenerative satellite mesh</i>)
SA	Aloha discrétisé (<i>slotted aloha</i>)
SAM	Module d'accès de sécurité (<i>security access module</i>)
SAP	Point d'accès au service (<i>service access point</i>)
SDU	Unité de données de service (<i>service data unit</i>)
SES	Station terrienne associée à un satellite (<i>satellite earth station</i>)
SIAF	Fonction d'adaptation indépendante du satellite (<i>satellite independent adaptation function</i>)
SI-SAP	Point SAP indépendant du satellite (<i>satellite independent-SAP</i>)
SLC	Commande de liaison par satellite (<i>satellite link control</i>)
SMAC	Commande MAC pour un satellite (<i>satellite MAC</i>)
ST	Terminal de satellite (<i>satellite terminal</i>)
TCP	Protocole de commande de transmission (<i>transmission control protocol</i>)
TCT	Table de composition d'intervalle de temps (<i>time-slot composition table</i>)
UDC	Canal de données sur la liaison montante (<i>uplink data channel</i>)
UDP	Protocole de données d'utilisateur (<i>user data protocol</i>)
UDTS	Services de transport de données d'utilisateur (<i>user data transport services</i>)
ULPC	Commande de puissance sur la liaison montante (<i>uplink power control</i>)
UW	Mot unique (<i>unique word</i>)
VoIP	Téléphonie IP (<i>voice-over-IP</i>)

Annexe 2

Norme d'interface radioélectrique TIA-1008-A (IPoS)

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	12
2 Architecture de réseau	13
2.1 Segments de réseau.....	13
2.2 Interfaces de réseau.....	14
2.3 Caractéristiques du terminal distant.....	15
3 Interface satellitaire IPoS	16
3.1 Modèle de référence du protocole IPoS.....	16
3.2 Répartition des fonctions entre les différentes couches.....	17
3.3 Couche physique (PHY)	17
3.4 Transmission par satellite sur la liaison descendante	18
3.5 Transmission par satellite sur la liaison montante.....	18
3.6 Couche liaison de données (DLL)	18
3.7 Sous-couche de commande de liaison par satellite (SLC).....	18
3.8 Sous-couche de commande d'accès au support (MAC).....	19
3.9 Sous-couche de multiplexage sur la liaison descendante	19
3.10 Couche d'adaptation de réseau.....	19

1 Introduction

La présente Annexe contient une introduction à la norme relative au système IPoS, qui a été élaborée par la TIA (Etats-Unis d'Amérique). Les porteuses IPoS sur la liaison descendante (c'est-à-dire les porteuses de radiodiffusion qui vont d'un terminal pivot ou d'un terminal de radiodiffusion vers de nombreux terminaux distants) utilisent un schéma de multiplexage statistique conforme au format des données DVB et la distribution du trafic IP vers les terminaux distants est fondée sur l'encapsulation multiprotocole DVB. La sous-couche de multiplexage associée à la porteuse sur la liaison descendante permet au pivot de transmettre plusieurs types de trafic, plusieurs programmes ou plusieurs services sur cette porteuse et permet de commander la transmission de chaque programme individuel. La sous-couche de multiplexage IPoS est fondée sur le format de multiplexage statistique DVB/Groupe d'experts en images animées (MPEG).

La présente Annexe donne un aperçu technique de la spécification IPoS. Les § 2 et 3 décrivent respectivement l'architecture de réseau du système IPoS et l'architecture des protocoles adoptée pour l'interface radioélectrique entre les terminaux distants et le pivot.

2 Architecture de réseau

2.1 Segments de réseau

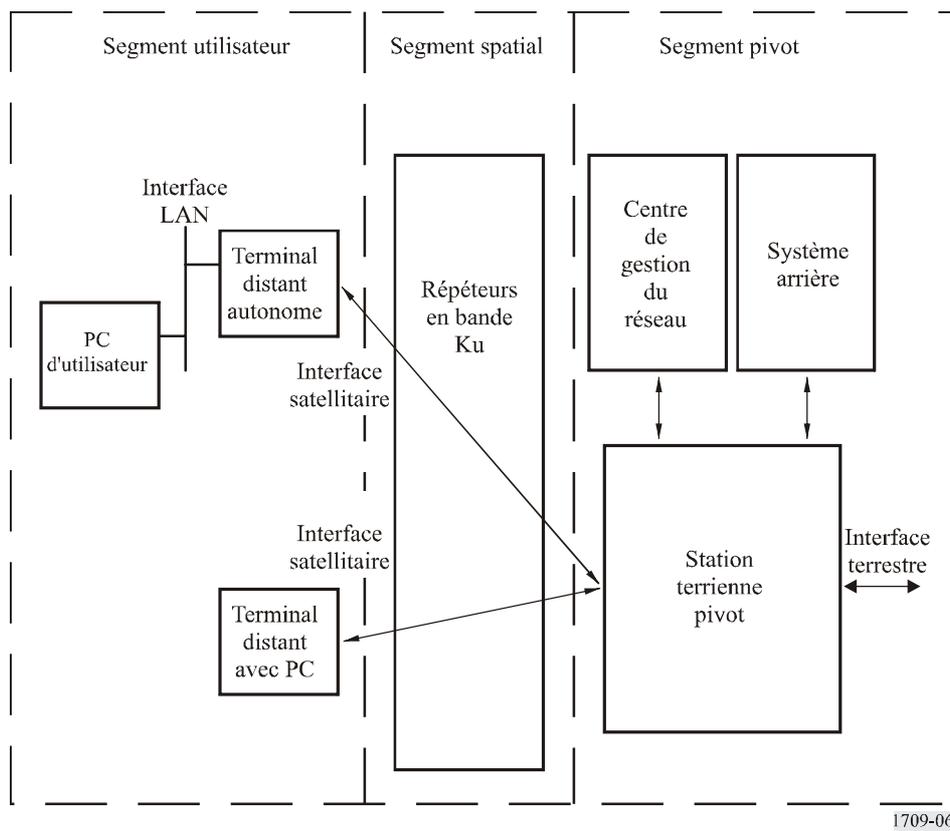
Le système IPoS est conçu pour être utilisé dans un réseau à satellite en étoile comprenant trois principaux segments:

1. *Segment pivot*: Le segment pivot prend en charge l'accès à l'Internet d'un grand nombre de terminaux distants par satellite. Il est composé de grandes stations terriennes pivots et d'équipements associés par lesquels passe l'ensemble du trafic.
2. *Segment spatial*: Le segment spatial est constitué de répéteurs «bent-pipe» sur satellites géosynchrones qui permettent d'assurer les transmissions dans les deux sens entre le pivot et les terminaux distants. Les paramètres et procédures concernant le système IPoS sont relativement indépendants des bandes de fréquences (6/4 GHz, 14/10-11 GHz, 30/20 GHz, ou même 8/7 GHz) que les répéteurs de satellite utilisent, mais certaines spécifications physiques faisant intervenir des paramètres radiofréquence sont propres à chaque bande. Dans cette version de l'interface avec la couche physique (PHY) IPoS, on suppose que les services IPoS utilisent des satellites fonctionnant à 14/10-11 GHz dans des bandes attribuées au SFS.
3. *Segment utilisateur*: D'une manière générale, le segment utilisateur IPoS est constitué de milliers de terminaux d'utilisateur, chacun étant capable d'assurer des communications IP large bande vers un site distant. Dans cette norme, les terminaux d'utilisateur sont également appelés terminaux distants. Ces terminaux prennent en charge les serveurs ou les ordinateurs personnels (PC) des utilisateurs sur lesquels les applications sont exécutées. Il existe deux grandes catégories de prise en charge des PC d'utilisateur:
 - Point d'accès unique: lorsque le serveur et le terminal distant sont raccordés, par exemple par le biais d'une interface bus série universel (USB, *universal serial bus*).
 - Réseau local (LAN) dans les locaux du client: lorsque les terminaux distants fournissent un accès à de multiples PC. Les LAN des clients sont considérés comme étant extérieurs au système IPoS.

La Fig. 6 illustre les composants de haut niveau de l'architecture IPoS et indique les principales interfaces internes et externes du système IPoS.

FIGURE 6

Architecture du système IPoS



1709-06

2.2 Interfaces de réseau

Les principales interfaces du système IPoS sont les suivantes:

- *Interface LAN avec les terminaux:* interface entre les serveurs ou les PC des utilisateurs et les terminaux distants. Elle utilise un protocole Ethernet qui ne fait pas partie de cette norme.
- *Interface satellitaire IPoS:* interface entre les terminaux distants et le pivot pour l'échange d'informations d'utilisateur, de commande et de gestion. Cette norme porte essentiellement sur cette interface, qui est également appelée interface radioélectrique.
- *Interface terrestre avec les pivots:* interface entre le pivot et le réseau dorsal raccordant le pivot à des réseaux de données par paquets extérieurs, à l'Internet public ou à des réseaux de données privés. Elle utilise des protocoles IP qui ne font pas partie de cette norme.

En ce qui concerne l'interface satellitaire IPoS, une distinction est faite entre les deux sens de transmission:

- Dans le sens descendant, allant du pivot IPoS vers les terminaux d'utilisateur, les transmissions sont radiodiffusées sur la totalité de la largeur de bande attribuée à la porteuse sur la liaison descendante. Comme la liaison descendante IPoS peut multiplexer de nombreuses transmissions, elle dessert de nombreux terminaux distants.
- La liaison montante, allant des terminaux distants au pivot IPoS, est une liaison point à point, qui utilise soit une largeur de bande attribuée par le pivot à des terminaux distants individuels soit une largeur de bande partagée par tous les terminaux en mode contention.

2.3 Caractéristiques du terminal distant

Le terminal distant est la plateforme d'accès depuis laquelle les serveurs d'utilisateur accèdent aux services du système IPoS. Le fait qu'un terminal nécessite ou non la prise en charge d'un PC constitue l'une des principales méthodes utilisées pour classer les terminaux IPoS. Conformément à ces critères, il existe deux catégories de terminaux distants:

- *Terminal distant avec PC*: ce type de terminal est essentiellement destiné à des applications grand public. Il fonctionne comme un périphérique de PC, généralement un périphérique USB, et nécessite une prise en charge importante depuis le PC. Cette prise en charge comprend:
 - le téléchargement des logiciels du périphérique;
 - l'activation de la fonction d'amélioration de la qualité de fonctionnement;
 - des fonctions de mise en service et de gestion.
- *Terminal distant autonome*: ce type de terminal est destiné à toutes les catégories de clients, c'est-à-dire au marché grand public, au marché SOHO et aux entreprises. Le fonctionnement de ce terminal dans le système IPoS ne nécessite pas de PC extérieur. Ce type de terminal peut être entièrement géré par le pivot, par exemple les logiciels de ce type de terminaux peuvent être téléchargés par le pivot et les paramètres de configuration peuvent être fixés par le pivot.

Un autre critère de classement des terminaux distants est le type de canal de retour qu'un terminal utilise pour envoyer des données au pivot. Selon ce critère, on peut définir les deux catégories suivantes:

- *Canal de retour par satellite*: le terminal distant transmet en retour vers le pivot directement par le biais de la partie des canaux par satellite montants du système IPoS.
- *Réception seule avec retour terrestre*: le terminal distant fonctionne en mode réception seule par rapport au satellite et utilise une certaine forme de capacité de retour terrestre (par exemple une connexion commutée).

Le Tableau 2 récapitule les caractéristiques types des divers types de terminaux distants actuellement définis dans le système IPoS.

TABLEAU 2

Caractéristiques types des terminaux IPoS

Nom/caractéristiques du terminal	Prise en charge d'un PC	Canal de retour
Périphérique de PC de système à satellites large bande, bidirectionnel, peu onéreux	PC	Satellite
Terminal autonome de système large bande, bidirectionnel, peu onéreux	Autonome	Satellite
Périphérique de PC de système à satellites large bande, très peu onéreux, en réception seule	PC	Connexion commutée

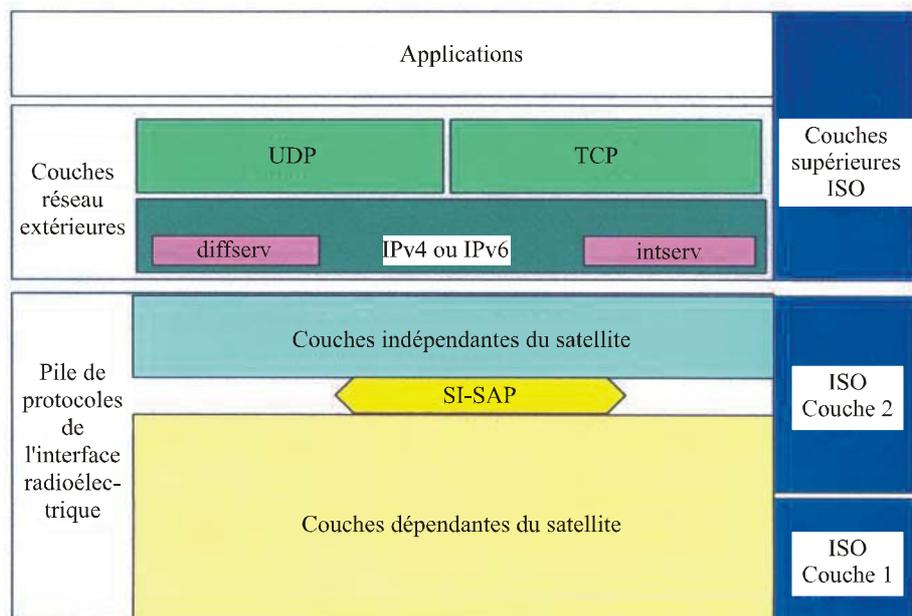
3 Interface satellitaire IPoS

3.1 Modèle de référence du protocole IPoS

Le protocole IPoS est un protocole d'homologue à homologue multicouches fournissant les mécanismes permettant d'échanger du trafic IP et des informations de signalisation entre les entités dans le pivot et dans les terminaux distants.

Le protocole IPoS est structuré conformément à l'architecture de protocole BSM définie dans la norme TR 101 984. Cette architecture sépare les fonctions dépendantes du satellite et les fonctions indépendantes du satellite, comme illustré sur la Fig. 7.

FIGURE 7
Modèle de référence du protocole



1709-07

L'architecture de protocole sépare les fonctions dépendantes du satellite et les fonctions indépendantes du satellite via une interface appelée SI-SAP. Les motifs de cette séparation sont les suivants:

- Elle permet de séparer les aspects propres au satellite de la couche supérieure indépendante du satellite et ce, afin de pouvoir procéder à de futurs développements du marché, notamment des améliorations IP.
- Elle permet de ménager une certaine souplesse pour l'ajout de solutions fondées sur des segments de marché plus complexes (par exemple, proxy PEP).
- Les éléments situés au-dessus de l'interface SI-SAP seront plus facilement accessibles par les nouveaux systèmes à satellites.
- Elle offre une certaine extensibilité, permettant de prendre en charge de nouvelles fonctionnalités de couche supérieure sans grande modification des conceptions existantes.

Comme illustré sur la Fig. 7, l'interface SI-SAP est située entre les couches liaison de données (couche 2) et réseau dans le modèle en couches de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Les éléments situés au-dessus de l'interface peuvent être, et doivent être, conçus sans tenir

compte de la couche liaison par satellite support. Les couches indépendantes du satellite illustrées sur la Fig. 7 sont génériques, incluant des services pas encore spécifiés dans le système IPoS, tels que IntServ, DiffServ et IPv6.

L'interface IPoS est organisée en plans, couches et sens de transmission sur le satellite. Il existe trois plans de protocole:

Plan 1: Plan d'utilisateur (plan U): contient les protocoles nécessaires au transport fiable de trafic IP contenant des informations d'utilisateur à travers l'interface satellitaire.

Plan 2: Plan de commande (plan C): contient les protocoles de signalisation nécessaires pour prendre en charge et commander les connexions d'accès au satellite et les ressources nécessaires pour le transport du trafic d'utilisateur.

Plan 3: Plan de gestion (plan G): concerne l'administration et la messagerie relatives à la mise en service des terminaux distants, la facturation des utilisateurs, la qualité de fonctionnement et la signalisation des alarmes. Le plan de gestion sort du cadre de cette norme.

Chacun des plans IPoS est subdivisé logiquement en trois sous-couches de protocole, qui sont utilisées pour décomposer la fonctionnalité globale du système en groupements de fonctions au même niveau d'abstraction.

- *Couche physique (PHY):* assure la fonctionnalité de bas niveau liée à la modulation, à la surveillance des erreurs dans les informations et à la signalisation des flux transportés à travers l'interface.
- *Couche de commande de liaison de données (DLC, data link-control):* assure le multiplexage des divers flux ainsi que des services de transport fiables et efficaces.
- *Couche d'adaptation de réseau:* gère l'accès de l'utilisateur au satellite et les ressources radioélectriques nécessaires pour cet accès.

3.2 Répartition des fonctions entre les différentes couches

Le présent paragraphe décrit les fonctionnalités des couches dans la partie dépendante du satellite de l'interface IPoS.

3.3 Couche physique (PHY)

La fonction de couche PHY assure l'émission et la réception des formes d'onde modulées utilisées pour le transport des données fournies par la couche DLC ou les couches supérieures sur le satellite. Au niveau de la couche PHY, aucune distinction n'est faite entre les méthodes de transport fournies pour les informations du plan U, du plan C ou du plan G. Cette distinction est faite dans des couches supérieures.

Les services assurés par la couche PHY sont regroupés dans les catégories suivantes:

- Les procédures d'acquisition initiale, de synchronisation et de télémétrie avec le pivot, y compris l'alignement temporel des transmissions avec la structure de trame des porteuses sur la liaison montante et l'ajustement de la puissance émise par les terminaux distants.
- La modulation, le codage, la correction d'erreur, l'embrouillage, le rythme et la synchronisation en fréquence des flux d'informations, assurés par les plans U et C de la couche DLC pour les porteuses sur la liaison descendante et sur la liaison montante.
- La réalisation de mesures locales (par exemple le rapport E_{br}/N_0 à la réception), la récupération d'horloge et l'état et la supervision des paramètres physiques (tels que le rythme) et leur signalisation aux couches supérieures.

3.4 Transmission par satellite sur la liaison descendante

Les porteuses sur la liaison descendante IPoS utilisent un schéma de multiplexage statistique conforme au format des données DVB et la distribution du trafic IP aux terminaux distants est fondée sur l'encapsulation multiprotocole DVB. Des débits de symboles compris entre 1 MSymbole/s et 45 MSymbole/s sont pris en charge pour des taux de CED de 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 et 7/8 avec la modulation et le codage DVB-S, et pour des taux de CED allant de 1/4 à 9/10 avec la modulation et le codage DVB-S2.

3.5 Transmission par satellite sur la liaison montante

Une liaison montante IPoS utilise la modulation MDP-4-O à des débits de transmission de 64, 128 ou 256 kSymbole/s en cas d'utilisation du codage convolutif de taux 1/2 ou à des débits de transmission de 256, 512, 1 024 et 2 048 kSymbole/s en cas d'utilisation des codages Turbo et BCH.

Le système IPoS utilise l'AMRT-MF avec assignation à la demande sur ses liaisons montantes pour assurer les transmissions des terminaux vers le pivot. La liaison montante IPoS a une longueur de trame AMRT de 45 ms subdivisée en un nombre d'intervalles variable. Les transmissions d'un terminal vers le pivot sont appelées «salve». Une salve nécessite un nombre entier d'intervalles pour le préfixe puis achemine un nombre entier d'intervalles de données. Ces intervalles de préfixe servent de préambule pour la salve et permettent d'espacer convenablement les salves dans le temps afin que des salves consécutives ne se chevauchent pas.

3.6 Couche liaison de données (DLL)

La couche DLL assure le service de transport effectif sur le réseau IPoS. Elle comprend les sous-couches suivantes:

- Commande de liaison par satellite (SLC, *satellite link control*).
- Commande d'accès au support (MAC, *media access control*).
- Multiplexage sur la liaison descendante.

3.7 Sous-couche de commande de liaison par satellite (SLC)

La couche SLC est la sous-couche de la couche DLC qui est chargée de transmettre les paquets entre les terminaux distants et le pivot.

Le système IPoS prend en charge différentes méthodes de remise dans le sens montant et dans le sens descendant.

Dans le sens montant, on utilise une méthode de remise fiable sans erreur, fondée sur des retransmissions sélectives. Dans cette méthode, les entités SLC de réception remettent uniquement des paquets de données sans erreur aux couches supérieures.

Dans le sens descendant, dans lequel les erreurs de transmission sont très peu fréquentes (TEB type = 10^{-10}), la couche SLC d'émission remet chaque paquet de données une seule fois sans retransmission des paquets erronés ou manquants.

Les fonctionnalités de la couche SLC sont les suivantes:

- Génération des identificateurs de session et mappage des paquets entrants dans la session correspondante.
- Chiffrement d'unités PDU IP spécifiques pour la confidentialité des données entre utilisateurs.

- Segmentation et réassemblage, pour segmenter des paquets de données de couche supérieure de longueur variable en unités PDU plus petites et réassembler ces unités.
- Remise des données en séquence à l'homologue au moyen du mode de remise fiable/non fiable.

3.8 Sous-couche de commande d'accès au support (MAC)

Les services ou fonctions assurés par la couche MAC peuvent être regroupés dans les catégories suivantes:

- *Transfert de données*: ce service assure le transfert d'interactions MAC entre entités MAC homologues. Il n'assure aucune segmentation des données; ce sont donc les couches supérieures qui assurent la fonction de segmentation/réassemblage.
- *Réaffectation de ressources radio et de paramètres MAC*: ce service applique des procédures de contrôle des identificateurs qui sont attribués à une couche DLC particulière par la couche réseau pendant un certain intervalle de temps ou en permanence. Il applique également des procédures permettant d'établir des modes de transfert sur la couche DLC et de mettre fin à ces modes.
- *Détection d'erreur*: procédures de détection des erreurs de procédure ou d'erreurs se produisant pendant la transmission de trames.

3.9 Sous-couche de multiplexage sur la liaison descendante

Dans le sens descendant, la sous-couche de multiplexage permet au pivot de transmettre plusieurs types de trafic, plusieurs programmes ou plusieurs services sur la même porteuse et elle contrôle la transmission de chaque programme individuel. Cette sous-couche est fondée sur le format de multiplexage statistique DVB/MPEG.

Dans ce format DVB/MPEG, toutes les trames ou tous les paquets associés à l'un des types de trafic ont le même identificateur de programme (PID, *programme identifier*). Au niveau des terminaux distants, un démultiplexeur décompose le multiplex descendant en flux de transport spécifiques et le terminal distant filtre uniquement ceux qui correspondent aux adresses PID configurées dans le terminal.

Les terminaux distants IPoS sont configurés pour filtrer deux types d'identificateur PID associés aux types suivants de flux de transport, qui se rapportent au système IPoS:

Type 1: Tables PSI, qui fournissent la configuration des services aussi bien aux terminaux IPoS qu'aux terminaux non IPoS. Les tables PSI permettent aux terminaux IPoS de déterminer la configuration spécifique du système IPoS.

Type 2: Informations d'utilisateur et de commande IPoS, qui sont transportées dans les canaux logiques IPoS. Ces informations peuvent être destinées à l'ensemble des terminaux IPoS, à un groupe de terminaux IPoS ou à un seul terminal IPoS.

Les paquets DVB/MPEG sur la liaison descendante sont radiodiffusés sur toute la largeur de bande de la porteuse sur la liaison descendante et les terminaux IPoS filtrent les paquets qui ne correspondent pas à leur propre adresse. Le schéma d'adressage est inclus dans l'en-tête de paquet de transport et dans l'en-tête MAC.

3.10 Couche d'adaptation de réseau

La fonction de la couche d'adaptation de réseau comprend les principales sous-fonctions suivantes:

- *Transport de paquets IP*: cette fonction comprend les fonctions nécessaires pour déterminer la classe de service du paquet IP sur la base du type de paquet, du type d'application, de la destination et de la configuration interne.
- *Gestion du trafic*: cette fonction permet d'appliquer les fonctions de délestage et de régulation du trafic aux paquets IP avant que ces derniers ne soient offerts aux services de transport IPoS.
- *Proxy PEP*: cette fonction améliore la qualité de fonctionnement de certaines applications afin d'améliorer le service sur une liaison par satellite. Les proxys PEP sont souvent utilisés pour réduire les dégradations de débit rencontrées par les applications TCP en raison des retards et des pertes qui se produisent sur les liaisons par satellite.
- *Proxy de multidiffusion*: ce proxy adapte les protocoles de multidiffusion IP (par exemple PIM-SM) aux services de transport IPoS appropriés afin d'assurer la multidiffusion.

La couche d'adaptation de réseau ne fait pas partie de la spécification de l'interface radioélectrique IPoS.

Annexe 3

Norme d'interface radioélectrique ETSI EN 301 790 V1.3.1

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	21
2 Modèle de référence du réseau d'interaction à satellite	22
2.1 Modèle de la pile de protocoles	22
2.2 Modèle de système	22
2.3 Modèle de référence du réseau interactif par satellite	23
3 Liaison aller	24
4 Spécification de la couche physique de bande de base de la liaison de retour et définition de l'accès multiple	25
4.1 Synchronisation des terminaux RCST	25
4.1.1 Commande de rythme	25
4.1.2 Synchronisation des porteuses	25
4.1.3 Synchronisation des salves	26
4.1.4 Synchronisation de l'horloge de modulation.....	26

	<i>Page</i>
4.2	Format de salves 26
4.2.1	Format des salves de trafic (TRF) 27
4.2.1.1	Salve TRF ATM 27
4.2.1.2	Salve TRF MPEG2-TS facultative 27
4.2.2	Formats des salves pour la synchronisation et l'acquisition 28
4.2.2.1	Formats de salves pour la synchronisation (SYNC)..... 28
4.3	Modulation..... 28
4.4	Messages MAC..... 28
5	Pile de protocoles 29
6	Catégories de demande de capacité 31
6.1	Affectation de débit continu (CRA) 31
6.2	Capacité dynamique fondée sur le débit (RBDC) 31
6.3	Capacité dynamique fondée sur le volume (VBDC) 31
6.4	Capacité dynamique fondée sur le volume absolu (AVBDC)..... 32
6.5	Affectation de capacité libre (FCA) 32
7	Accès multiple 32
7.1	AMRT-MF..... 32
8	Sécurité, identité et chiffrement..... 32

1 Introduction

La présente Annexe décrit les spécifications relatives à la fourniture du canal d'interaction pour les systèmes de distribution par satellite DVB-RCS.

Plus précisément, la présente Annexe:

- spécifie le codage/la modulation de canal; deux schémas de codage sont décrits: codage turbo et codage avec concaténation. Les terminaux de satellite avec canal de retour (RCST, *return channel satellite terminal*) doivent implémenter les deux schémas même si, dans une session donnée, il n'est pas demandé aux terminaux de changer de schéma de codage;
- spécifie deux types de salves de trafic acheminant des cellules ATM ou des paquets MPEG-2 TS;
- spécifie le protocole MAC pour le canal de retour de la liaison par satellite;
- conserve la compatibilité du canal de retour avec le système DVB-S sur la liaison aller;
- spécifie la synchronisation des terminaux, les catégories de demande de capacité et la sécurité, l'identité et le chiffrement pour le système.

2 Modèle de référence du réseau d'interaction à satellite

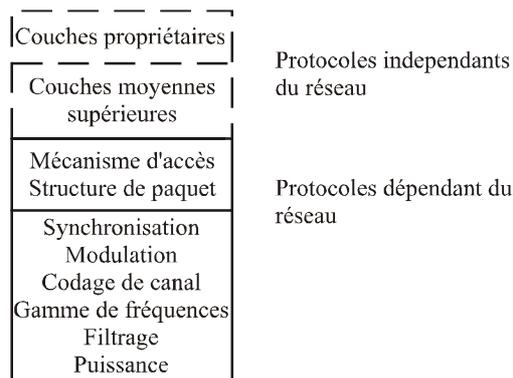
2.1 Modèle de la pile de protocoles

Pour les services interactifs prenant en charge la radiodiffusion vers l'utilisateur final avec canal de retour, un modèle de communication simple comprend les couches suivantes:

- *Couche physique*: définit tous les paramètres de transmission physiques (électriques).
- *Couche transport*: définit l'ensemble des structures de données et des protocoles de communication (conteneurs de données, etc.).
- Couche application*: correspond aux logiciels d'application interactifs et à l'environnement d'exécution (application de téléachat, interpréteur de script, etc.).

Un modèle simplifié des couches OSI a été adopté pour faciliter l'élaboration de spécifications pour ces couches. La Fig. 8 décrit les couches basses du modèle simplifié et identifie certains des paramètres essentiels pour les deux couches les plus basses.

FIGURE 8
Structure en couches du modèle de référence de système générique



1709-08

La présente Annexe porte uniquement sur les aspects dépendants du réseau interactif par satellite.

2.2 Modèle de système

La Fig. 9 illustre le modèle à utiliser dans les systèmes DVB pour les services interactifs.

Dans ce modèle, deux canaux sont établis entre le fournisseur de services et l'utilisateur:

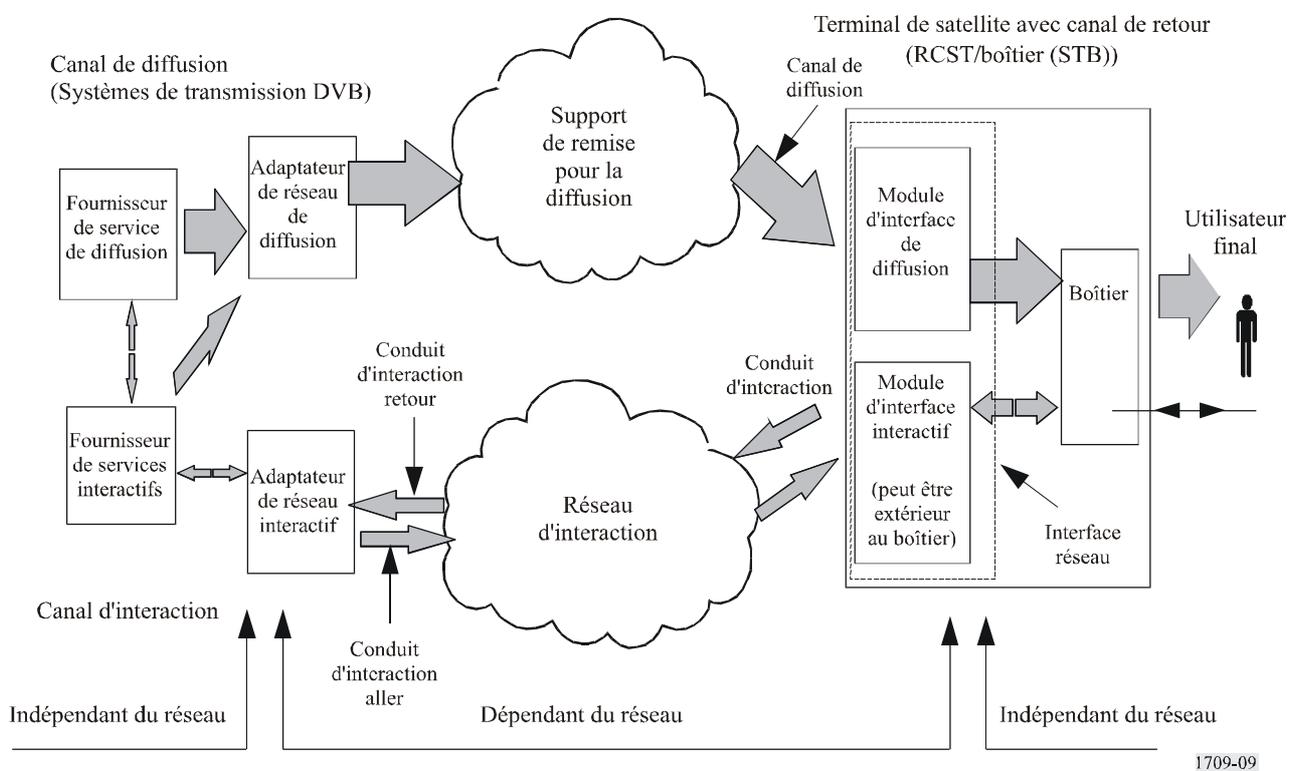
- *Canal de diffusion*: un canal de diffusion large bande unidirectionnel est établi entre le fournisseur de services et les utilisateurs pour le transport de signaux vidéo, de signaux audio et de données. Il peut inclure le canal d'interaction aller.
- *Canal d'interaction*: un canal d'interaction bidirectionnel est établi entre le fournisseur de services et l'utilisateur à des fins d'interaction. Il comprend:
 - *Un conduit d'interaction de retour (canal de retour)*: de l'utilisateur au fournisseur de services. Il est utilisé pour adresser des demandes au fournisseur de services, pour répondre à des questions ou pour transférer des données.

- *Un conduit d'interaction aller*: du fournisseur de services à l'utilisateur. Il est utilisé pour fournir à l'utilisateur des informations provenant du fournisseur de services et pour toute autre communication nécessaire pour la fourniture de services interactifs. Il peut être imbriqué dans le canal de diffusion. Il est possible que ce canal ne soit pas nécessaire dans certaines implémentations simples qui utilisent le canal de diffusion pour acheminer les données à l'utilisateur.

Le terminal RCST est constitué d'une interface réseau (comprenant le module d'interface de diffusion et le module d'interface interactif) et d'un boîtier. Il assure l'interface à la fois pour le canal de diffusion et pour le canal d'interaction. L'interface entre le terminal RCST et le réseau d'interaction se fait par le biais du module d'interface interactif.

FIGURE 9

Modèle de référence générique pour les systèmes interactifs



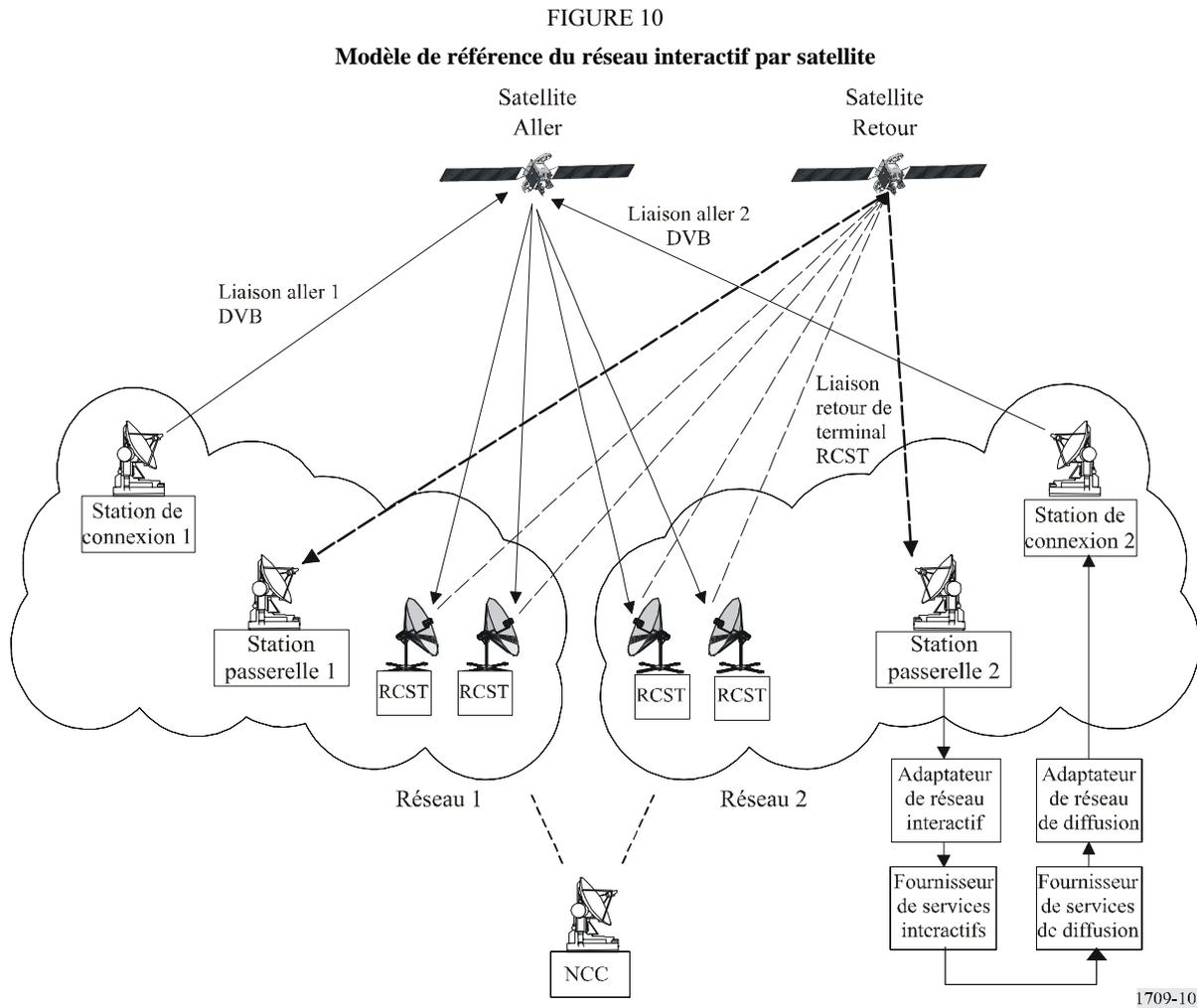
1709-09

2.3 Modèle de référence du réseau interactif par satellite

Un réseau interactif par satellite global, dans lequel un grand nombre de RCST fonctionneront, comprendra les blocs fonctionnels suivants, illustrés sur la Fig. 10:

- *Centre de commande de réseau*: un centre de commande de réseau (NCC, *network control centre*) assure les fonctions de surveillance et de commande. Il génère des signaux de commande et de rythme qui sont destinés au fonctionnement du réseau interactif par satellite et qu'une ou plusieurs stations de connexion doivent transmettre.
- *Passerelle de trafic*: une passerelle de trafic (TG, *traffic gateway*) reçoit les signaux de retour de terminal RCST, fournit des fonctions de comptabilité, des services interactifs et/ou des connexions à des fournisseurs de services publics, propriétaires ou privés extérieurs (bases de données, télévision payante ou sources vidéo, téléchargement de logiciel, téléachat, banque à distance, services financiers, accès à la bourse, jeux interactifs, etc.) et à des réseaux (Internet, RNIS, RTPC, etc.).

- *Station de connexion*: une station de connexion transmet des signaux sur la liaison aller, qui est une liaison montante standard de radiodiffusion vidéo numérique par satellite (DVB-S, *satellite digital video broadcasting*), sur laquelle sont multiplexés les données d'utilisateur et/ou les signaux de commande et de rythme nécessaires au fonctionnement du réseau interactif par satellite.



La liaison aller achemine la signalisation en provenance du centre NCC et le trafic d'utilisateur à destination des terminaux RCST. La signalisation du centre NCC aux terminaux RCST qui est nécessaire pour l'exploitation du système de liaisons de retour est appelée par la suite «signalisation de liaison aller». Le trafic d'utilisateur et la signalisation de liaison aller peuvent être acheminés sur différents signaux de liaison aller. Plusieurs configurations de terminal RCST sont possibles suivant le nombre de récepteurs de liaison aller présents dans les terminaux RCST.

3 Liaison aller

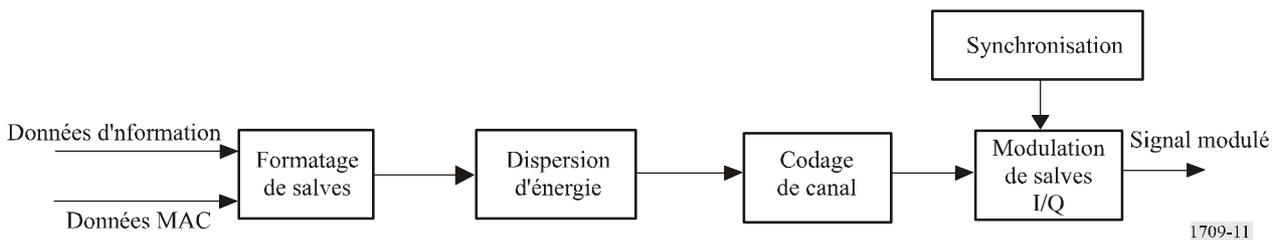
Les terminaux RCST devraient pouvoir recevoir des signaux numériques conformes aux normes EN 300 421, TR 101 202, ETS 300 802, EN 300 468, EN 301 192 et ETR 154.

4 Spécification de la couche physique de bande de base de la liaison de retour et définition de l'accès multiple

La couche physique de bande de base est spécifiée dans la présente section. La Fig. 11 représente le traitement numérique du signal générique à réaliser côté émetteur RCST, depuis le formatage en salves des flux binaires d'informations série jusqu'à la modulation représentant la conversion numérique/analogique. Le traitement du signal à réaliser par chaque sous-ensemble est décrit dans les paragraphes qui suivent.

FIGURE 11

Schéma du traitement du signal en bande de base de la liaison de retour des terminaux RCST



4.1 Synchronisation des terminaux RCST

4.1.1 Commande de rythme

La synchronisation des terminaux RCST est une caractéristique importante du réseau interactif par satellite. Des contraintes sont imposées aux terminaux RCST afin d'obtenir un système AMRT efficace avec un brouillage minimal entre utilisateurs et un débit maximal, même si ces contraintes peuvent être réduites au minimum si le centre NCC effectue des tâches telles que la correction des erreurs de transposition de fréquence de satellite et la compensation Doppler en mode commun pour la fréquence de porteuse des terminaux RCST. C'est pourquoi le schéma de synchronisation est fondé sur les informations suivantes contenues dans la signalisation de liaison aller:

- référence d'horloge réseau (NCR, *network clock reference*);
- signalisation dans les sections privées DVB/MPEG-2 TS.

La référence NCR est distribuée avec un identificateur PID spécifique dans le flux de transport MPEG-2 (MPEG2-TS) qui achemine la signalisation de liaison aller. La distribution de la référence NCR suit le mécanisme de distribution de la référence temporelle de programme (*program clock reference*) PCR défini dans la norme ISO/CEI 13818-1, la référence PCR étant généralement obtenue à partir d'un codeur vidéo MPEG, tandis qu'ici la référence NCR est obtenue à partir de l'horloge de référence NCC, dont la précision sera égale ou supérieure à 5 ppm.

4.1.2 Synchronisation des porteuses

Le flux MPEG-2 TS qui achemine la signalisation de liaison aller contient les informations NCR qui fournissent au terminal RCST la référence de 27 MHz de l'horloge du centre NCC. Le terminal RCST reconstitue l'horloge de référence à partir des informations NCR qu'il a reçues, mises en oeuvre dans les décodeurs MPEG pour les flux de transport MPEG-2 (MPEG-2 TS). Il procède ensuite à une comparaison pour déterminer le décalage entre l'horloge de référence locale qui commande l'oscillateur local avec changeur élévateur de fréquence du terminal RCST et l'horloge

de référence reconstituée à partir des informations NCR reçues. Il adapte ensuite la fréquence porteuse en fonction de ce décalage. Cette synchronisation de la porteuse locale permet de caler tous les terminaux RCST d'émission du réseau sur plus ou moins la même fréquence.

La précision de la fréquence porteuse normalisée devrait être meilleure que 10^{-8} (valeur quadratique).

4.1.3 Synchronisation des salves

Les terminaux RCST récupèrent la fréquence centrale, l'heure de début et la durée de leurs salves d'émission en examinant la signalisation de liaison montante.

Sur la liaison retour les terminaux RCST fonctionnent en mode contention comme indiqué dans la présente spécification.

Les salves sont envoyées conformément au plan de synchronisation des trames (BTP, *burst time plan*) contenu dans la signalisation sur la liaison montante. Le plan BTP indique la fréquence centrale et l'heure de début absolue (exprimée sous forme d'une valeur NCR) des supertrames ainsi que les décalages associés en temps et en fréquence des attributions de salves et une description des propriétés des intervalles de temps. Une supertrame commence toujours à une valeur donnée par le compteur NCR local du terminal RCST qui sert de référence pour toutes les attributions de salves dans la supertrame. Pour les besoins de synchronisation avec le réseau, le terminal RCST reconstitue, en plus de l'horloge de référence, la valeur absolue de l'horloge de référence du centre NCC. Le terminal RCST compare la valeur ainsi reconstituée avec la valeur NCR donnée dans le plan BTP. La référence de temps pour le comptage des intervalles de temps correspond au moment où les valeurs sont égales.

La précision de synchronisation des salves devrait être d'au moins 50% d'une période de symbole. La résolution devrait être d'un intervalle de compte NCR. La précision de synchronisation des salves correspond à l'écart, dans le cas le plus défavorable, entre le début programmé de la salve et le début effectif de la salve à la sortie de l'émetteur. Le début programmé de la salve correspond au point dans le temps où la référence idéale NCR reconstituée est égale à la valeur indiquée dans le plan BTP pour cette salve. La référence NCR reconstituée idéale est définie comme étant celle observée à la sortie d'un récepteur DVB idéal sans temps de propagation. La compensation pour le temps de propagation associé au récepteur, si l'on a besoin d'avoir la précision spécifiée, devrait être faite par le terminal RCST.

4.1.4 Synchronisation de l'horloge de modulation

L'horloge de modulation pour l'émetteur devrait être verrouillée sur l'horloge NCR, afin d'éviter toute dérive de temps par rapport à l'horloge de référence du centre NCC. Les terminaux RCST n'ont pas besoin de compenser l'effet Doppler subi par l'horloge de modulation.

La précision de l'horloge de modulation devrait être d'au moins 20 ppm par rapport à la valeur nominale du débit de symboles dans le TCT. La stabilité à court terme de la fréquence de base devrait être telle que la durée d'une erreur temporelle pour un symbole quelconque dans une salve soit limitée à 1/20 symbole.

4.2 Format de salves

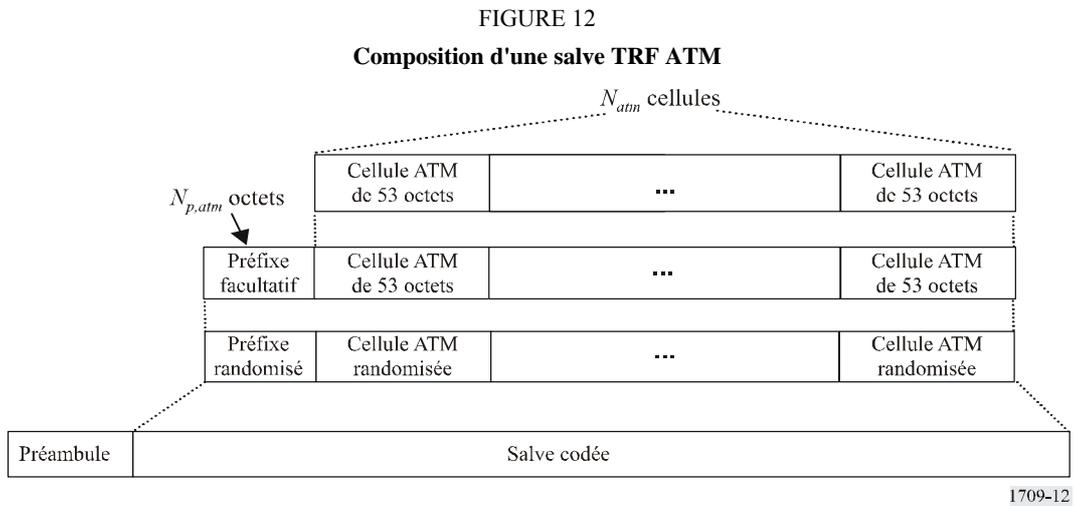
Il y a quatre types de salves: salve de trafic (TRF, *traffic burst type*), salve d'acquisition (ACQ, *acquisition burst*), salve de synchronisation (SYNC, *synchronisation burst type*) et salve de canal de signalisation commun (CSC). Les formats des salves sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

4.2.1 Formats des salves de trafic (TRF)

Les salves de trafic (TRF) servent à acheminer les données utiles depuis le terminal RCST jusqu'à la passerelle. Deux types de salves de trafic acheminant des cellules ATM ou des paquets MPEG-2 TS sont définis ci-après. Une salve TRF est habituellement suivie d'un intervalle de garde afin de diminuer la puissance émise et de compenser le décalage temporel.

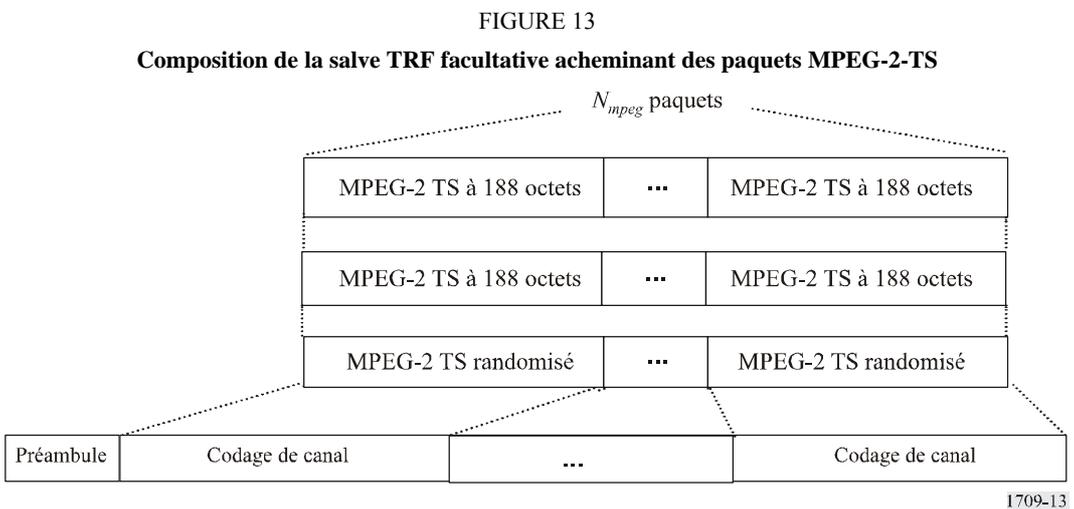
4.2.1.1 Salve TRF ATM

La charge utile d'une salve de trafic ATM se compose de N_{atm} cellules ATM concaténées, chacune d'une longueur de 53 octets, et d'un préfixe de $N_{p,atm}$ octets facultatif. La structure des cellules ATM est calquée sur celle d'une cellule ATM mais ces cellules ne prennent pas nécessairement en charge les classes de service ATM. Voir la Fig. 12 pour une salve TRF ATM.



4.2.1.2 Salve TRF MPEG-2 TS facultative

Dans le cas où les paquets MPEG-2 TS constituent les conteneurs de base, une salve contient N_{mpeg} paquets MPEG-2 TS concaténés, chacun d'une longueur de 188 octets. La salve se compose de plusieurs blocs de codage de canal. Voir la Fig. 13 pour une description de la salve TRF MPEG-2 TS.



Le terminal RCST peut déduire le nombre de paquets MPEG-2 présents dans un intervalle de temps TRF à partir du champ durée de l'intervalle de temps du TCT, après avoir soustrait la durée des autres champs. La transmission de salves TRF MPEG-2 TS est facultative. Le terminal RCST informera le centre NCC qu'il prend en charge ce mécanisme dans la salve CSC.

4.2.2 Formats des salves pour la synchronisation et l'acquisition

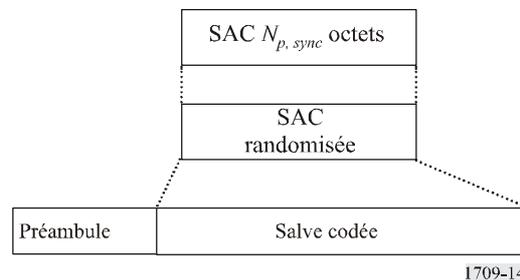
On a besoin de salves pour la synchronisation et l'acquisition afin de positionner avec précision les transmissions de salves des terminaux RCST pendant et après l'ouverture du système. Deux types de salves distincts sont définis à cette fin (SYNC et ACQ) dans les paragraphes qui suivent.

4.2.2.1 Formats de salves pour la synchronisation (SYNC)

Une salve SYNC est utilisée par un terminal RCST pour assurer la synchronisation et envoyer des informations de commande au système. Les salves SYNC se composent d'un préambule pour la détection des salves, d'un champ facultatif de commande d'accès au satellite (SAC) de $N_{p, sync}$ octets, avec un codage de contrôle d'erreur approprié. Comme la salve TRF, une salve SYNC est habituellement suivie d'un intervalle de garde pour diminuer la puissance émise et compenser le décalage temporel. La Fig. 14 décrit la salve SYNC. La mesure dans laquelle la salve SYNC est utilisée dépend des fonctionnalités du centre NCC.

NOTE 1 – Les salves SYNC peuvent être utilisées en mode contention.

FIGURE 14
Composition d'une salve SYNC



1709-14

4.3 Modulation

Le signal devrait être modulé en utilisant la modulation MDP-4, avec mise en forme en bande de base.

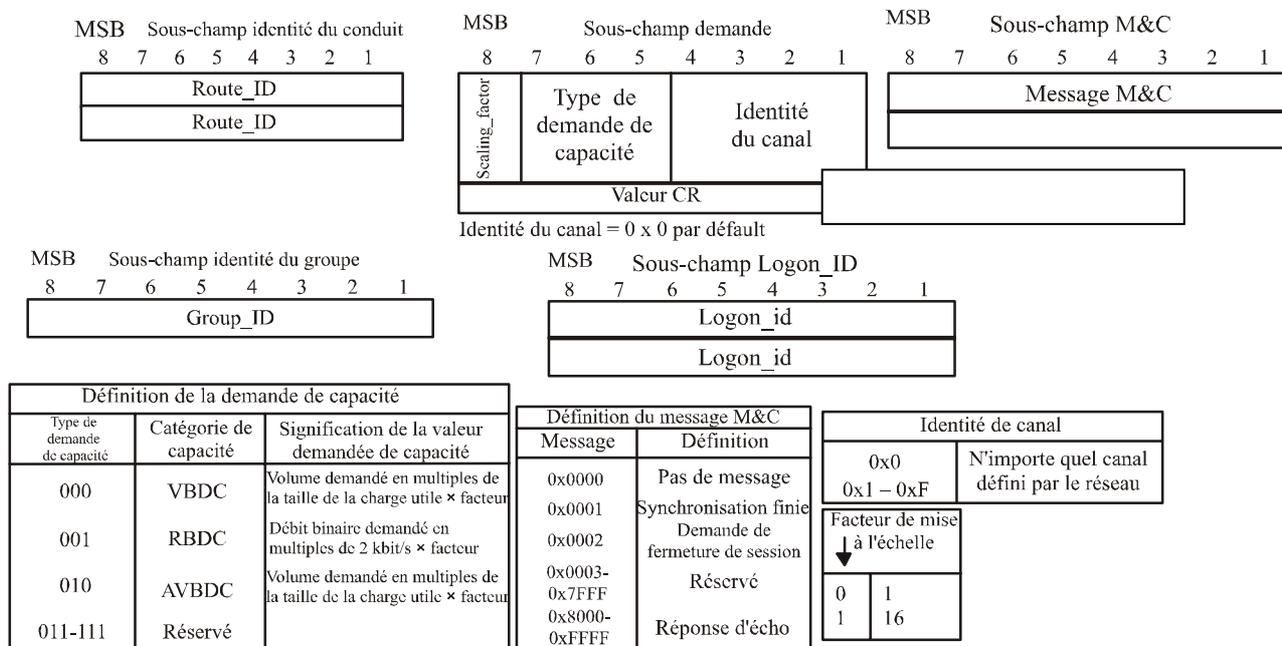
4.4 Messages MAC

Toutes les méthodes décrites dans les paragraphes qui suivent peuvent être utilisées par un terminal RCST pour des demandes de capacité et des messages M&C (*monitoring and control*). Une ou plusieurs des méthodes peuvent être utilisées dans un réseau interactif par satellite. Pour une mise en oeuvre particulière, les terminaux RCST sont configurés au moment de l'ouverture du système par le descripteur d'initialisation qui est transmis dans un message d'information du terminal (TIM, *terminal information message*).

La salve SYNC et le préfixe facultatif attaché aux salves ATM TRF contiennent le champ commande d'accès au satellite (SAC) composé de l'information de signalisation ajoutée par le terminal RCST aux fins d'une demande de capacité pendant la session, ou d'autres informations MAC. Le champ SAC se compose de sous-champs facultatifs définis à la Fig. 15.

FIGURE 15

Composition du champ SAC



Taille de la charge utile = 53 ou 188 octets selon le mode d'encapsulation défini au moment de la demande de session.

1709-15

5 Pile de protocoles

Sur la liaison retour la pile de protocoles est basée sur des cellules ATM ou des paquets MPEG-2 TS facultatifs mappés sur des salves AMRT. Pour la transmission des datagrammes IP, les piles de protocoles utilisées sur la liaison retour sont les suivantes:

- liaison de retour ATM: IP/AAL5/ATM;
- liaison de retour MPEG facultative: encapsulation multiprotocole sur flux de transport MPEG-2.

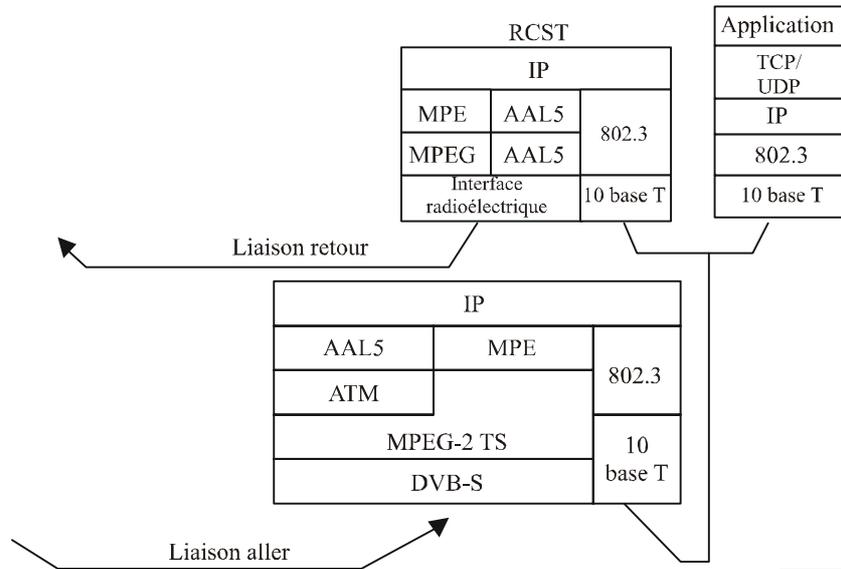
Sur la liaison aller, la pile de protocoles est basée sur la norme DVB/MPEG-2 TS (voir la norme TR 101 154). Pour la transmission des datagrammes IP, les piles de protocoles utilisées sur la liaison aller sont les suivantes:

- encapsulation multiprotocole sur flux de transport MPEG-2;
- de façon facultative IP/AAL5/ATM/MPEG-TS en mode chaînage de données afin de pouvoir établir des communications directes entre terminaux dans des systèmes à satellites régénérateurs.

Les Fig. 16 et 17 illustrent des exemples de piles de protocoles, respectivement pour le trafic et pour la signalisation.

FIGURE 16

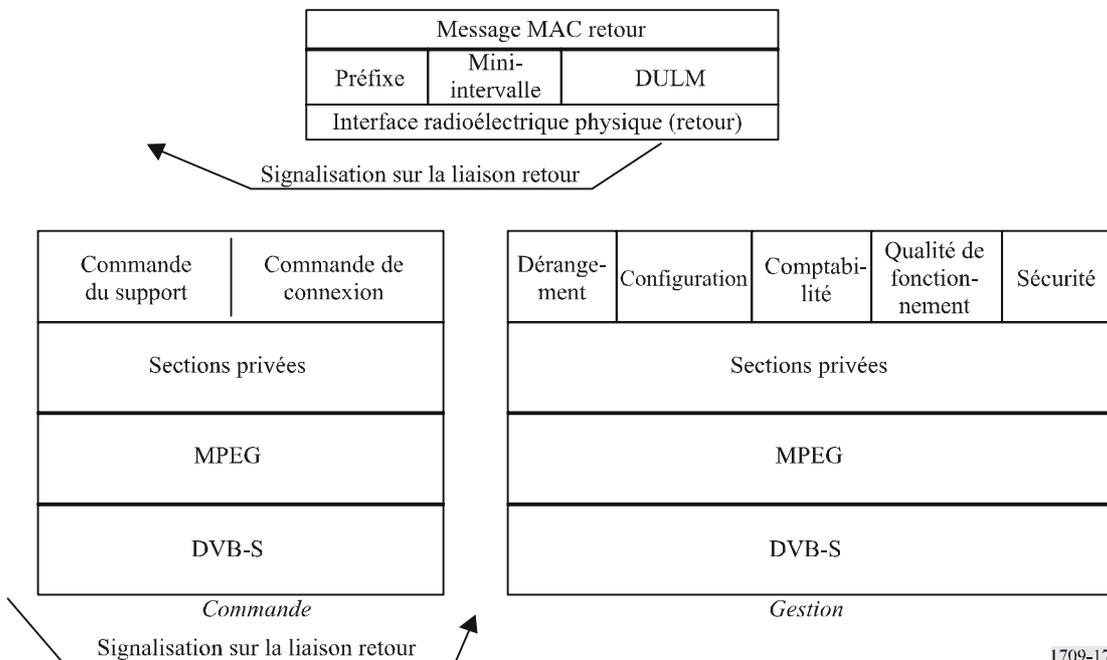
Exemple de pile de protocoles pour le trafic utilisateur avec un terminal RCST de type A (IP/AAL5/ATM/MPEG-2/DVBS est facultatif sur la liaison aller)



1709-16

FIGURE 17

Pile de protocoles pour la signalisation



1709-17

6 Catégories de demande de capacité

Le processus d'attribution des intervalles de temps devrait prendre en charge cinq catégories de capacité:

- affectation de débit continu (CRA, *continuous-rate assignment*);
- capacité dynamique fondée sur le débit (RBDC, *rate-based dynamic capacity*);
- capacité dynamique fondée sur le volume (VBDC, *volume-based dynamic capacity*);
- capacité dynamique fondée sur le volume absolu (AVBDC, *absolute volume-based dynamic capacity*);
- affectation de capacité libre (FCA, *free-capacity assignment*).

6.1 Affectation de débit continu (CRA)

L'affectation de débit continu (CRA, *continuous-rate assignment*) est une capacité de débit qui devrait être fournie intégralement pour chacune des supertrames chaque fois que cela est nécessaire. Cette capacité devrait être négociée directement entre le terminal RCST et le centre NCC.

6.2 Capacité dynamique fondée sur le débit (RBDC)

La capacité dynamique fondée sur le débit (RBDC, *rate-based dynamic capacity*) est la capacité fondée sur le débit qui est demandée de façon dynamique par le terminal RCST. Cette capacité RBDC devrait être fournie en réponse à des demandes explicites envoyées par le terminal RCST au centre NCC, ces demandes étant absolues (c'est-à-dire correspondant au débit total actuellement demandé). Chaque demande devrait annuler toutes les demandes RBDC précédentes provenant du même terminal RCST et devrait être assujettie à une limite concernant le débit maximal négociée directement entre le terminal RCST et le centre NCC.

Pour éviter tout dysfonctionnement du terminal lié à une baisse de la capacité affectée, la dernière demande RBDC que reçoit le centre NCC en provenance d'un terminal donné devrait automatiquement expirer après une période de temporisation dont la valeur par défaut est égale à deux supertrames, l'expiration de la demande se traduisant par le fait que la capacité RBDC est mise à zéro. La temporisation peut être configurée entre une et 15 supertrames (si elle est mise à zéro, le mécanisme de temporisation est désactivé) par le mécanisme facultatif décrit au § 8.

On peut utiliser conjointement une affectation CRA et une capacité RBDC, l'affectation CRA fournissant une capacité minimale fixe par supertrame et la capacité RBDC apportant une composante de variation dynamique, en plus du minimum.

6.3 Capacité dynamique fondée sur le volume (VBDC)

La capacité dynamique fondée sur le volume (VBDC, *volume-based dynamic capacity*) est la capacité fondée sur le volume demandée de façon dynamique par le terminal RCST. Cette capacité VBDC devrait être fournie en réponse à des demandes explicites envoyées par le terminal RCST au centre NCC, ces demandes étant cumulatives (c'est-à-dire que chaque demande s'ajoute à toutes les demandes précédentes émanant du même terminal RCST). Le total cumulé de demandes par terminal RCST devrait être réduit de la quantité de capacité de cette catégorie attribuée dans chaque supertrame.

6.4 Capacité dynamique fondée sur le volume absolu (AVBDC)

La capacité AVBDC (*absolute volume-based dynamic capacity*) est la capacité fondée sur le volume demandée de façon dynamique par le terminal RCST. Cette capacité AVBDC devrait être fournie en réponse à des demandes explicites envoyées par le terminal RCST au centre NCC, ces demandes étant absolues (c'est-à-dire que la demande considérée remplace les demandes précédentes émanant du même terminal RCST). La capacité AVBDC est utilisée en lieu et place de la capacité VBDC lorsque le terminal RCST a le sentiment que la demande de capacité VBDC risque d'être perdue (par exemple dans le cas de mini-intervalles de contention).

6.5 Affectation de capacité libre (FCA)

La capacité FCA (*free-capacity assignment*) est la capacité fondée sur le volume qui devrait être attribuée au terminal RCST, sur une capacité qui, sinon, ne serait pas utilisée. Cette affectation de capacité devrait être automatique et ne devrait faire intervenir aucune signalisation entre le terminal RCST et le centre NCC. Le centre NCC devrait pouvoir neutraliser la capacité FCA pour n'importe quel terminal RCST.

La capacité FCA ne devrait pas être mappée sur n'importe quelle catégorie de trafic étant donné que la disponibilité est extrêmement variable. La capacité affectée dans la catégorie considérée est censée être une capacité exceptionnelle qui peut être utilisée pour réduire les retards pour tout trafic qui peut tolérer une instabilité dans ce domaine.

7 Accès multiple

La fonction d'accès multiple est un intervalle fixe ou dynamique AMRT multifréquence (AMRT-MF). Les terminaux RCST devraient indiquer leur capacité en utilisant le champ AMRT-MF présent dans la salve CSC.

7.1 AMRT-MF

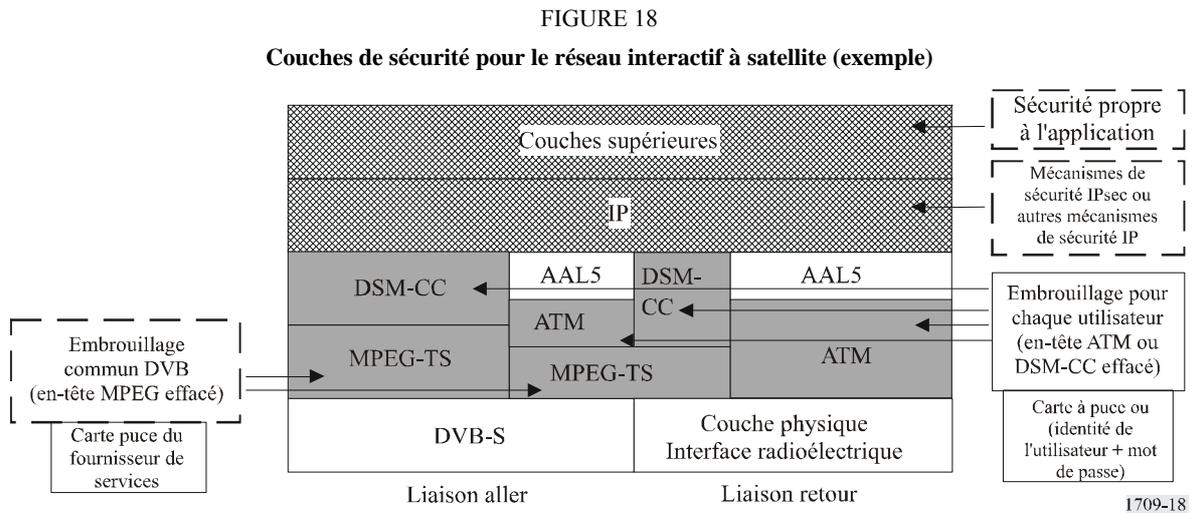
Le schéma d'accès au satellite est un accès multiple par répartition dans le temps multifréquence (AMRT-MF). L'accès AMRT-MF permet à un groupe de terminaux RCST de communiquer avec une passerelle en utilisant un ensemble de fréquences porteuses dont chacune est subdivisée en intervalles de temps. Le centre NCC attribuera à chaque terminal RCST actif une série de salves, chacune étant définie par une fréquence, une largeur de bande, un temps de départ et une durée.

8 Sécurité, identité et chiffrement

La sécurité est destinée à protéger l'identité de l'utilisateur, notamment l'emplacement exact de l'utilisateur, le trafic de signalisation à destination ou en provenance de l'utilisateur, le trafic de données à destination ou en provenance de l'utilisateur ainsi que l'opérateur/l'utilisateur contre toute utilisation du réseau sans autorisation ou abonnement appropriés. Trois niveaux de sécurité peuvent être appliqués aux différentes couches:

- embrouillage commun DVB sur la liaison aller (pourrait être demandé par le fournisseur de services);
- embrouillage pour chaque utilisateur particulier du réseau interactif à satellite sur la liaison aller et sur la liaison retour;
- mécanismes de sécurité IP ou de couche supérieure (pourrait être utilisé par le fournisseur de services, le fournisseur de contenu).

L'utilisateur/le fournisseur de services pourrait certes utiliser son propre système de sécurité au-dessus de la couche liaison de données mais il est peut-être souhaitable de fournir un système de sécurité au niveau de la couche liaison de données pour que le système soit intrinsèquement sécurisé sur la portion satellite sans qu'il soit nécessaire de mettre en place d'autres mesures. Par ailleurs, étant donné que la liaison aller du réseau interactif à satellite est fondée sur la norme DVB/MPEG-TS, le mécanisme d'embrouillage commun DVB pourrait être appliqué mais n'est pas nécessaire (il apporterait simplement une protection supplémentaire à l'ensemble du flux de commande pour les non-abonnés). Ce concept est illustré sur la Fig. 18.



Annexe 4

Spécifications d'interface radioélectrique pour des communications large bande mondiales entre les stations terriennes et des satellites régénérateurs fondées sur la norme ETSI BSM/RSM-A

TABLE DES MATIÈRES

		<i>Page</i>
1	Champ d'application	34
2	Description générale de l'interface radioélectrique RSM-A.....	35
2.1	Description du système RSM-A	35
2.2	Architecture de protocole RSM-A.....	35

3	Couche physique	37
3.1	Liaison montante	39
3.1.1	Codage	40
3.1.2	Structure de trame	40
3.1.3	Modulation	41
3.1.4	Modes de porteuse sur la liaison montante	41
3.1.5	Commande de puissance sur la liaison montante.....	42
3.2	Liaison descendante	43
3.2.1	Codage	44
3.2.2	Structure des trames	44
3.2.3	Modulation	45
3.2.4	Modes de porteuse sur la liaison descendante	45
3.3	Autres fonctions de la couche PHY	46
4	Couche liaison de données	46
4.1	Fonctions de la sous-couche commande de liaison par satellite (SLC).....	46
4.2	Sous-couche commande d'accès au support pour le satellite.....	47
4.3	Modes de fonctionnement.....	47
4.4	Classe de service (CoS) et notions connexes.....	48
4.5	Gestion de largeur de bande, attribution des ressources et gestion des files d'attente.....	50
4.5.1	Sessions fondées sur le débit.....	51
4.5.2	Sessions fondées sur le volume.....	51
4.5.3	Accès en mode contention	51
4.5.4	Protocole Aloha persistant	51
5	Module d'accès de sécurité – Description fonctionnelle	51

1 Champ d'application

Cette Recommandation donne une introduction détaillée à l'interface radioélectrique qui a été maintenant publiée par l'ETSI sous la forme des spécifications SES/BSM RSM-A (voir les normes ETSI TS 102 188-1~7 et 102 189-1~3).

2 Description générale de l'interface radioélectrique RSM-A

2.1 Description du système RSM-A

L'interface radioélectrique a été publiée par l'ETSI sous la forme des spécifications SES/BSM RSM-A (voir les normes ETSI TS 102 188-1~7 et 102 189-1~3). Les paragraphes ci-après donnent un résumé de cette interface radioélectrique. La norme relative à cette interface spécifie les couches physiques et liaison de données au-dessous du point d'accès au service indépendant du satellite (SI-SAP) défini dans les spécifications ETSI SES/BSM (voir la norme ETSI TS 102 292).

Le système RSM-A utilise un satellite régénérateur avec une topologie de réseau entièrement maillée dans laquelle les données peuvent être transmises entre n'importe quelle paire de terminaux de satellite en un seul bond.

Tous les terminaux de satellite utilisent la même interface radioélectrique avec des transmissions AMRF-AMRT sur la liaison montante vers le satellite et des transmissions MRT sur la liaison descendante depuis le satellite. Aux différentes tailles de la plate-forme de transmission correspondent différents débits de salves de données d'utilisateur, allant de quelques kbit/s à plusieurs Mbits/s.

La liaison montante utilise des faisceaux ponctuels qui assurent la couverture pour des cellules géographiquement réparties sur l'ensemble de la zone de couverture du satellite. La liaison descendante utilise elle aussi des faisceaux ponctuels pour assurer des services point à point mais, en plus de ces faisceaux ponctuels, des faisceaux modelés distincts sur la liaison descendante assurent la couverture d'une portion reconfigurable de la zone de couverture du satellite.

Le satellite attribue une largeur de bande en liaison montante, dans chaque faisceau, aux différents terminaux, selon les besoins. Tous les paquets reçus par le satellite en provenance de tous les faisceaux sont récupérés et commutés vers leurs faisceaux en liaison descendante de destination, selon le champ d'adresse MAC indiqué dans l'en-tête du paquet. Les paquets destinés au même faisceau sont regroupés et transmis sur la liaison descendante à l'aide de salves de porteuses MRT à débit très élevé. Les terminaux d'utilisateur final et les terminaux de passerelle partagent dynamiquement et de façon souple l'ensemble de la largeur de bande disponible en fonction des besoins pour prendre en charge le flux de trafic dans chaque direction.

2.2 Architecture de protocole RSM-A

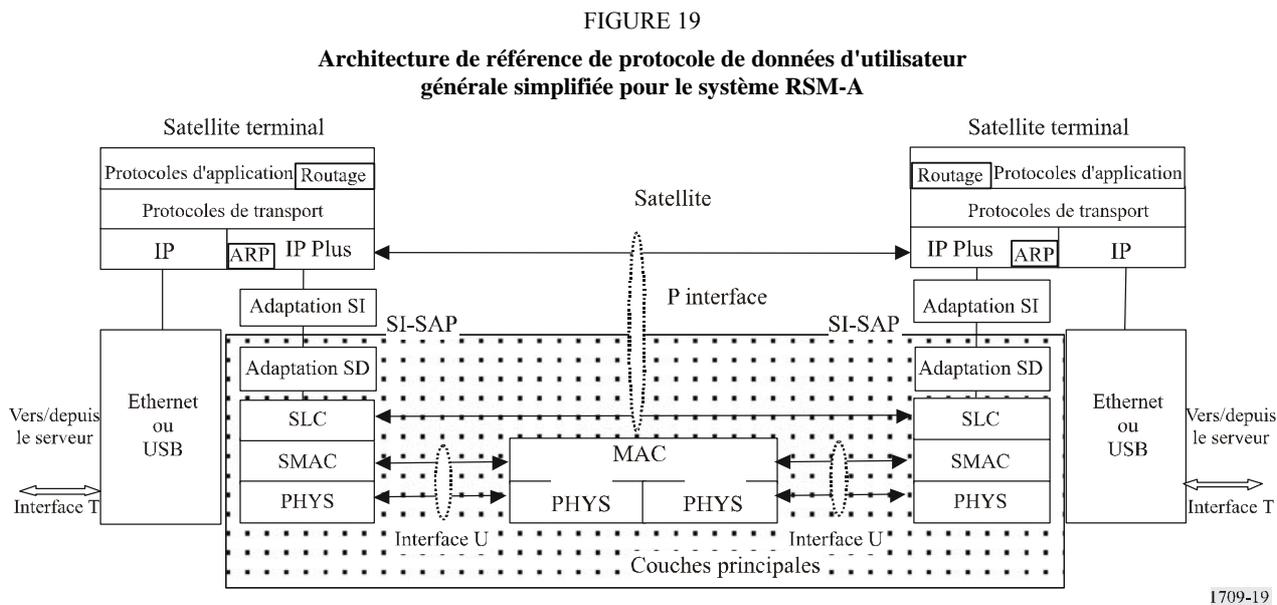
L'architecture de réseau ETSI/BSM (voir la norme ETSI TS 102 292) sépare les fonctions dépendantes du satellite et les fonctions indépendantes du satellite. Les motifs de cette séparation sont les suivants:

- elle permet de séparer les aspects propres au satellite (par exemple un satellite OSG en bande Ka avec commutation de paquets) de la couche supérieure indépendante du satellite et ce, afin de pouvoir procéder à de futurs développements du marché, notamment des améliorations de protocole de couche IP;
- elle permet de ménager une certaine souplesse pour l'adjonction de solutions fondées sur des segments de marché dans les couches supérieures (par exemple proxy d'amélioration de la qualité de fonctionnement (PEP) et passerelles d'application).

Cette interface est appelée point d'accès au service indépendant du satellite (SI-SAP) (voir la norme ETSI TS 102 292). Dans le modèle en couches OSI, l'interface SI-SAP est située entre la couche liaison de données et la couche réseau.

L'architecture de protocole pour la configuration de base terminal de satellite à terminal de satellite (ST à ST) est illustrée sur la Fig. 19. Dans chaque terminal ST, le point SI-SAP assure l'interface avec les principales couches du système RSM-A, à savoir la couche SLC, la couche commande d'accès au support pour un satellite (SMAC) et la couche PHY.

Le satellite régénérateur assure les fonctions de la couche MAC, par exemple la largeur de bande à la demande (BoD), la commutation de paquets MAC et la reproduction MAC.

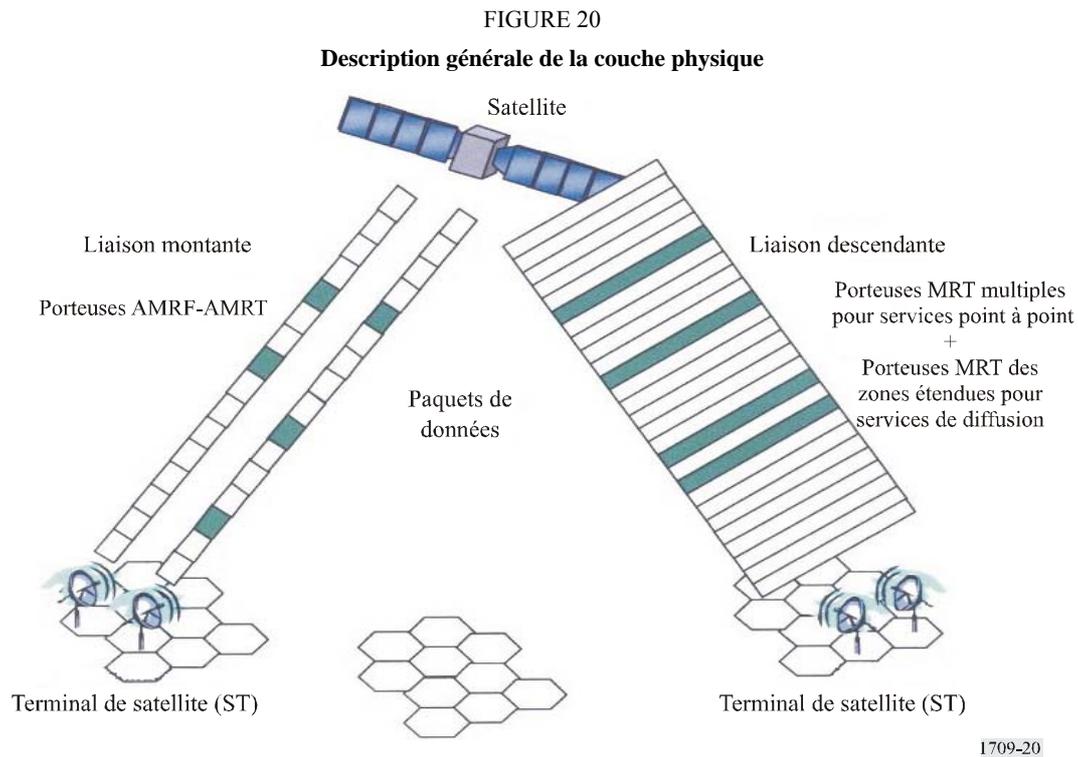


La couche PHY est décrite plus en détail dans les spécifications de couche physique BSM RSM-A (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7) et un résumé est donné au § 3 de cette Annexe.

La couche liaison de données assure concrètement le service de transport sur le réseau RSM-A. Elle se compose de deux sous-couches: la sous-couche SLC et la sous-couche commande d'accès au support par satellite (SMAC). Ces sous-couches sont décrites plus en détail dans les spécifications de la couche BSM RSM-A SLC/SMAC (voir la norme ETSI TS 102 189-1~3) et un résumé est donné au § 4 de cette Annexe.

La norme RSM-A spécifie également un module d'accès de sécurité (SAM, *security access module*) pour assurer la protection de capacité. L'interface entre le terminal ST et le module SAM est résumée au § 5 de cette Annexe.

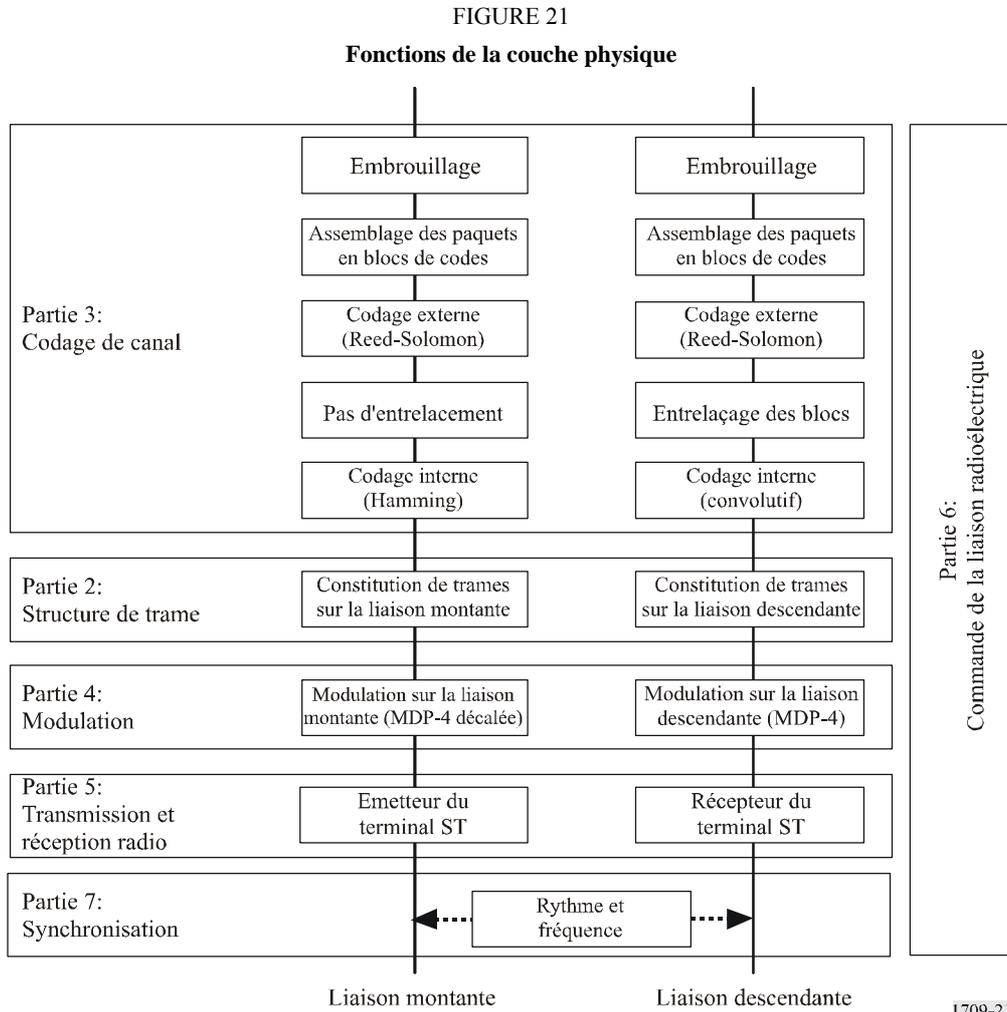
3 Couche physique



La liaison montante et la liaison descendante utilisent des formats de transmission différents illustrés sur la Fig. 20:

- *Liaison montante par satellite*: La liaison montante se compose d'un ensemble de porteuses avec accès multiple par répartition en fréquence ou dans le temps (AMRF-AMRT). Chaque cellule sur la liaison montante fonctionne avec un certain nombre de porteuses distinctes. Il y a plusieurs modes de fonctionnement des porteuses AMRF-AMRT auxquels correspondent des débits de salve de données d'utilisateur allant de 128 kbit/s à 16 Mbit/s.
- *Liaison descendante par satellite*: La liaison descendante se compose d'un ensemble de porteuses simultanées avec multiplexage par répartition dans le temps (MRT). Chaque porteuse MRT achemine le trafic d'utilisateur pour une zone géographique donnée et l'ensemble des porteuses MRT peuvent être réaffectées dans chaque intervalle de temps en liaison descendante pour desservir différentes des cellules en liaison descendante. La capacité en liaison descendante de chaque satellite peut être ventilée entre les services point à point et les services de diffusion en fonction des besoins et/ou de l'heure de la journée.

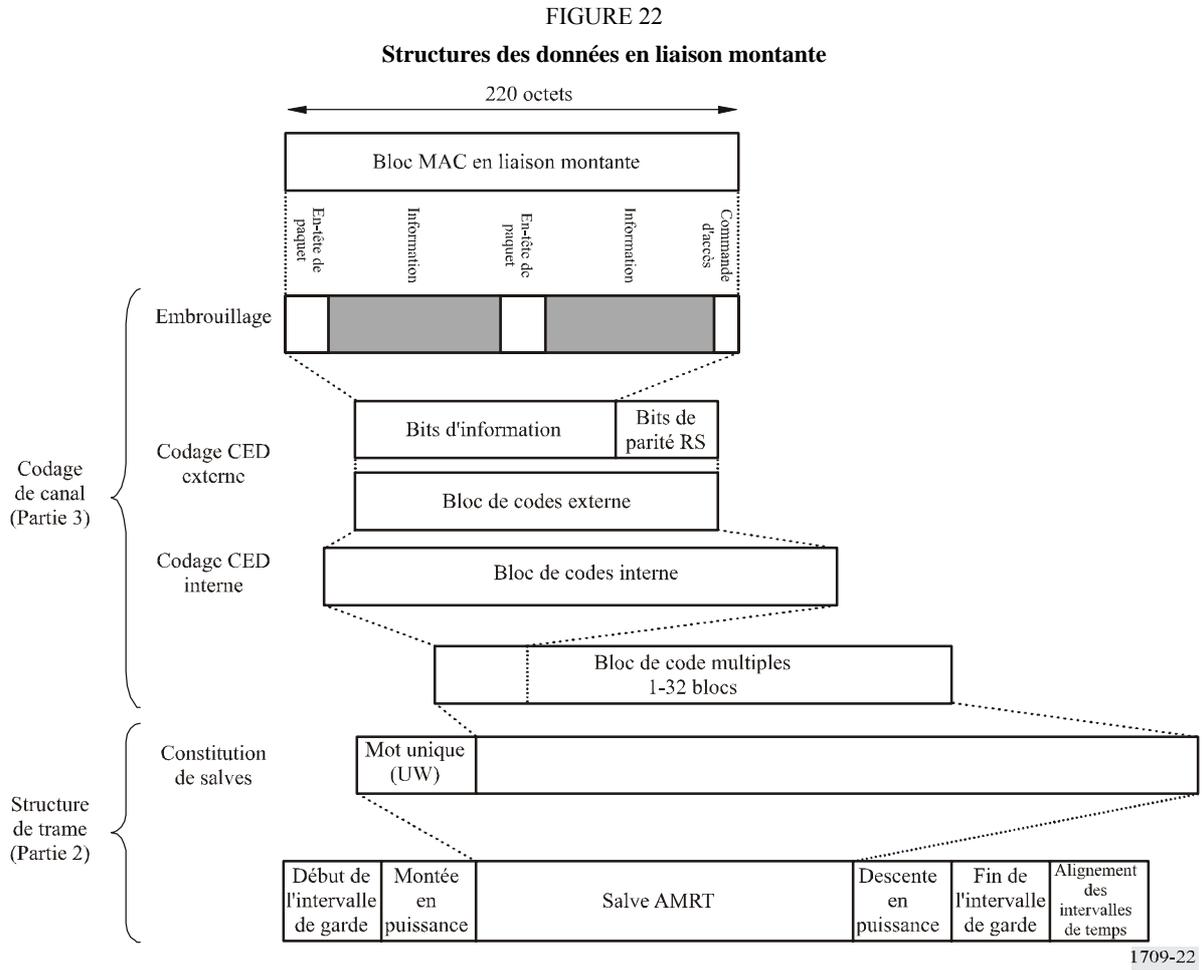
Les fonctions de la couche physique sont illustrées sur la Fig. 21.



Une brève description de ces fonctions de la couche PHY est donnée ci-après. Les spécifications détaillées pour ces fonctions sont données dans les spécifications RSM-A, comme indiqué ci-après.

3.1 Liaison montante

Un aperçu des structures de données en liaison montante est donné à la Fig. 22.

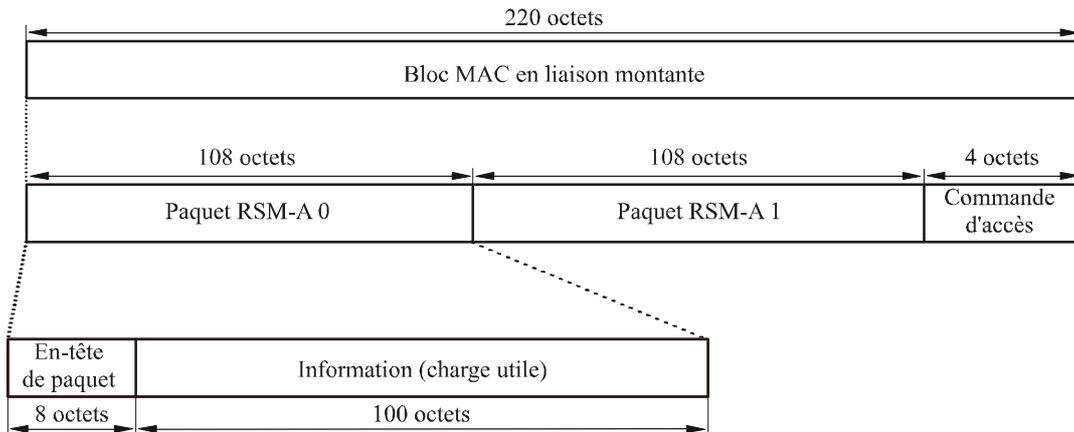


Les données sont échangées avec la couche SMAC sous forme d'un bloc MAC en liaison montante qui contient deux paquets RSM-A plus un champ commande d'accès. Ce bloc MAC est embrouillé de façon sélective et assemblé au sommet de la couche physique. Cette opération est suivie de deux étapes de codage CED (codage externe suivi d'un codage interne). Les blocs de codes multiples sont alors regroupés dans une seule et même trame AMRT, le nombre de blocs de codes dans la salve dépendant du mode de la porteuse en liaison montante.

Deux paquets sont regroupés dans un seul et même bloc et un en-tête de commande d'accès à 4 octets est ajoutée au bloc MAC en liaison montante non codé complet comme illustré sur la Fig. 23.

FIGURE 23

Assemblage des blocs MAC en liaison montante



1709-23

Les fonctions d'embrouillage et d'assemblage de blocs MAC en liaison montante sont définies dans la Partie 3 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).

3.1.1 Codage

Le bloc MAC en liaison montante non codé est ensuite codé en deux temps :

- code Reed-Solomon externe, avec un code RS (244,220);
- code de Hamming interne, avec un code de blocs (12,8).

On obtient ainsi un bloc de codes codé de 366 octets.

Les fonctions de codage sur la liaison montante sont définies dans la Partie 3 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).

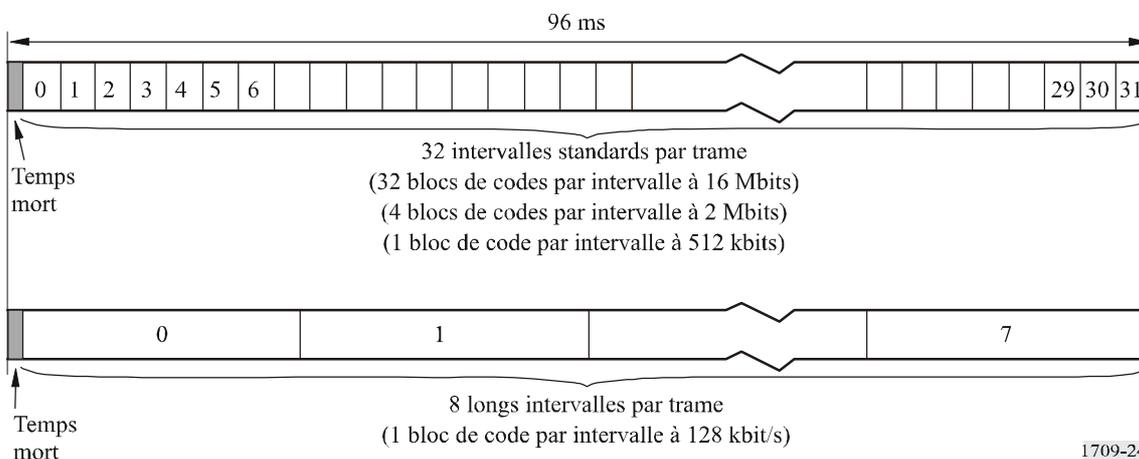
3.1.2 Structure de trame

Il y a quatre modes de porteuse AMRF possibles: 128 kbit/s, 512 kbit/s, 2 Mbit/s et 16 Mbit/s.

Chaque porteuse sur la liaison montante fonctionne avec l'une des deux structures de trame AMRT en liaison montante illustrées sur la Fig. 24.

FIGURE 24

Structure de trame en liaison montante



1709-24

Chaque porteuse se décompose comme suit: un temps mort suivi d'un nombre fixe d'intervalles de temps pour la transmission des blocs de codes. Le nombre d'intervalles de temps est fonction du format des intervalles AMRT:

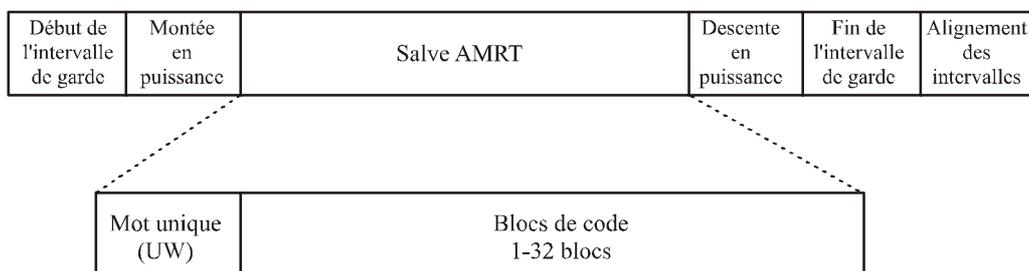
- La trame de liaison montante se compose de 32 intervalles standard dans le cas de porteuses à 16 Mbit/s, 2 Mbit/s ou 512 kbit/s.
- La trame de liaison montante se compose de 8 longs intervalles dans le cas de porteuses à 128 kit/s.

Les structures des trames en liaison montante et les structures des salves sont définies dans la Partie 2 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 189-1~3).

Les porteuses AMRF-AMRT peuvent être configurées de façon souple pour chaque cellule afin d'offrir des débits de données d'utilisateur allant de 128 kbit/s à plus de 16 Mbit/s. Pour chaque porteuse AMRF, les intervalles de temps AMRT sont attribués de façon dynamique: chaque intervalle peut être attribué pour un accès multiple (c'est-à-dire mode contention) ou pour un accès avec réservation (c'est-à-dire à un terminal de satellite particulier).

Une seule salve AMRT est positionnée dans chaque intervalle de temps. Chaque salve est précédée et suivie d'un intervalle de garde et d'un intervalle de montée en puissance comme illustré sur la Fig. 25. L'intervalle de garde est utilisé pour prévenir tout brouillage entre intervalles de temps adjacents et l'intervalle de montée en puissance est utilisé pour activer et désactiver la porteuse de liaison montante.

FIGURE 25
Structure des salves et des intervalles sur la liaison montante
(pas à l'échelle)



1709-25

La salve AMRT comprend un mot unique (UW) qui est utilisé pour la synchronisation, suivi d'un champ de trafic composé d'un nombre de blocs de codes compris entre 1 et 32. Le nombre de blocs de codes dépend du mode de porteuse.

Les structures de salves sur la liaison montante sont définies dans la Partie 2 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).

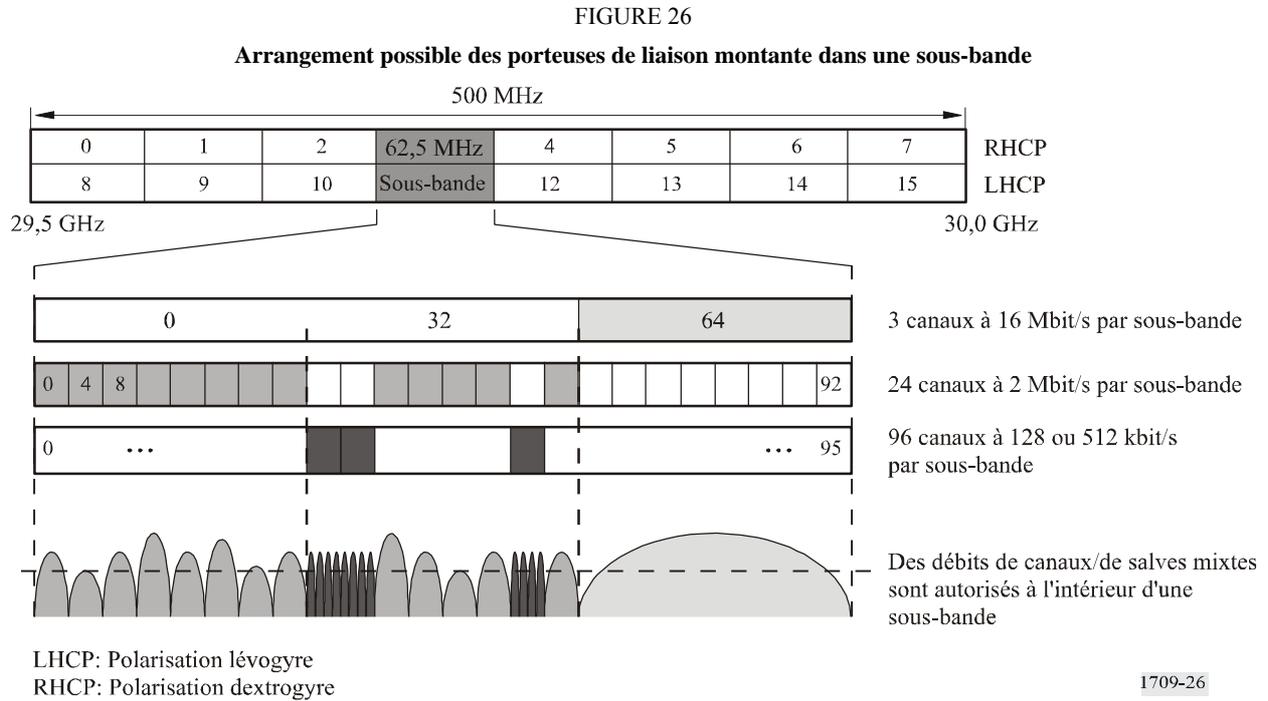
3.1.3 Modulation

La liaison montante utilise une modulation par déplacement de phase quadrivalente décalée (MDP-4-0). La vitesse de modulation est fonction du mode de la porteuse. Les fonctions de modulation sur la liaison montante sont définies dans la Partie 4 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).

3.1.4 Modes de porteuse sur la liaison montante

La bande de fréquences en liaison montante de 500 MHz est subdivisée en 16 sous-bandes de 62,5 MHz, 8 sous-bandes pour chacune des deux polarisations.

Chaque sous-bande de liaison montante peut être configurée de façon indépendante pour une combinaison de porteuses à 128 kbit/s, 512 kbit/s, 2 Mbit/s ou 16 Mbit/s. Une illustration d'une configuration possible d'une sous-bande est donnée à la Fig. 26.



La largeur de bande de la porteuse dans le cas d'une porteuse de secours à 128 kbit/s ou d'une porteuse à 512 kbit/s est de $651\,041\frac{2}{3}$ Hz. On obtient cette valeur en divisant une sous-bande de liaison montante de 62,5 MHz en 96 porteuses de liaison montante également espacées. Les porteuses à 128 kbit/s ou 512 kbit/s sont numérotées 0, 1, 2 jusqu'à 95, en fonction de l'augmentation de la fréquence d'exploitation.

La largeur de bande de la porteuse dans le cas d'une porteuse à 2 Mbit/s est de $2\,604\,166\frac{2}{3}$ Hz. On obtient cette valeur en divisant une sous-bande de liaison montante de 62,5 MHz en 24 porteuses de liaison montante également espacées. Les porteuses à 2 Mbit/s sont numérotées 0, 4, 8, jusqu'à 92, en fonction de l'augmentation de la fréquence d'exploitation.

La largeur de bande de la porteuse dans le cas d'une porteuse à 16 Mbit/s est de $20\,833\,333\frac{1}{3}$ Hz. On obtient cette valeur en divisant une sous-bande de liaison montante de 62,5 MHz en trois porteuses de liaison montante également espacées. Les porteuses à 16 Mbit/s sont numérotées 0, 32, et 64, en fonction de l'augmentation de la fréquence d'exploitation.

3.1.5 Commande de puissance sur la liaison montante

La fonction commande de puissance sur la liaison montante (ULPC, *uplink power control*) sert à réguler la puissance d'émission du terminal de satellite en vue d'atteindre les objectifs suivants:

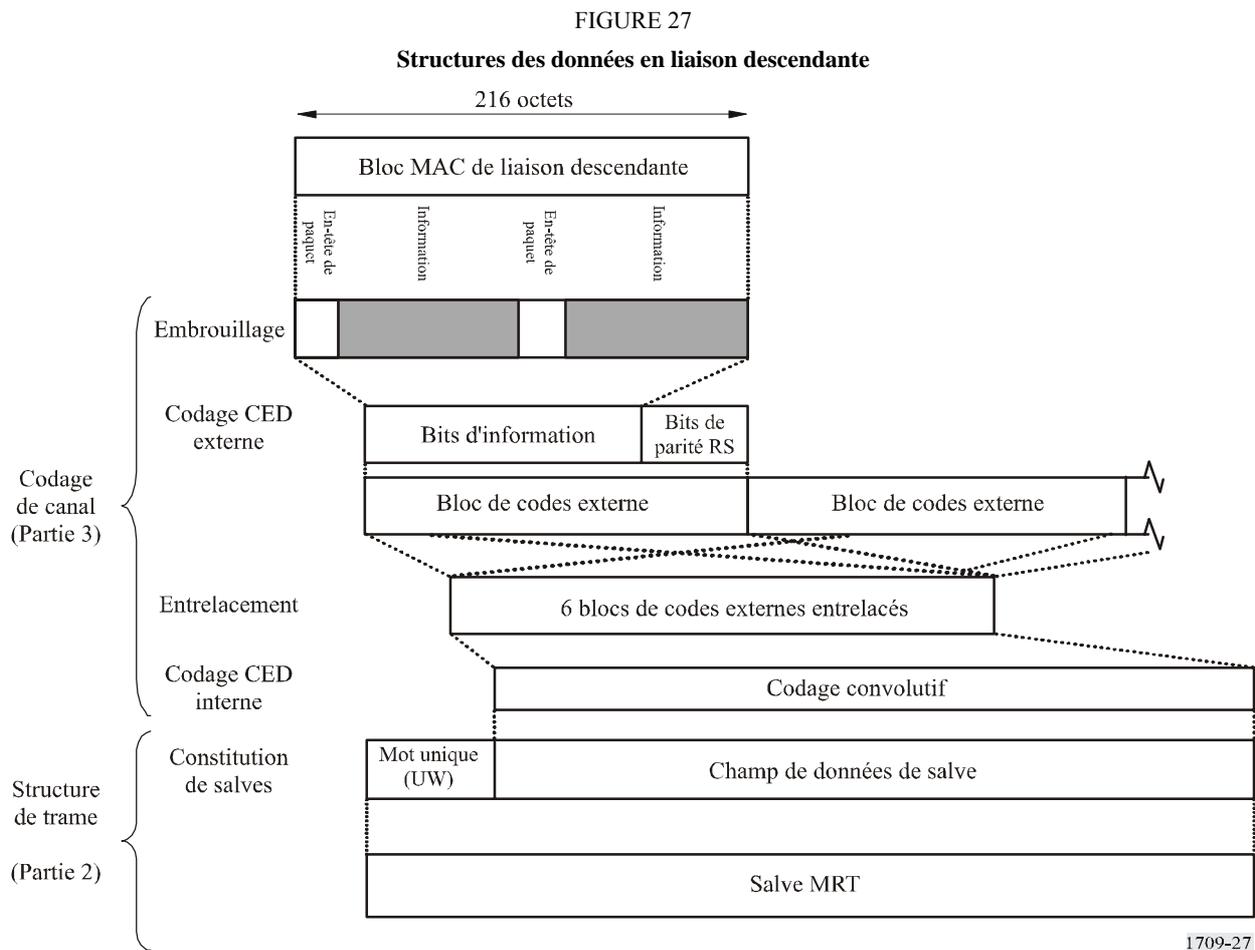
- réduire les brouillages, en particulier dans les conditions de ciel clair;
- prévoir des marges suffisantes contre les brouillages et les phénomènes atmosphériques afin d'atteindre les objectifs en matière de perte de paquets sur la liaison montante et d'erreur de commande de puissance;
- compenser les imperfections RF du terminal de satellite, par exemple la variation de la puissance en fonction de la fréquence.

La fonction ULPC, répartie entre le satellite et les terminaux de satellite, utilise une double boucle de commande: chaque terminal de satellite adapte sa puissance d'émission sur la liaison montante, pour chaque fréquence porteuse, sur la base des mesures de puissance des signaux d'erreur sur la liaison descendante ainsi que des informations en retour sous forme des paquets, provenant du satellite.

Les fonctions de commande de puissance sur la liaison montante sont définies dans la Partie 6 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).

3.2 Liaison descendante

Un aperçu des structures de données de liaison descendante est donné à la Fig. 27.

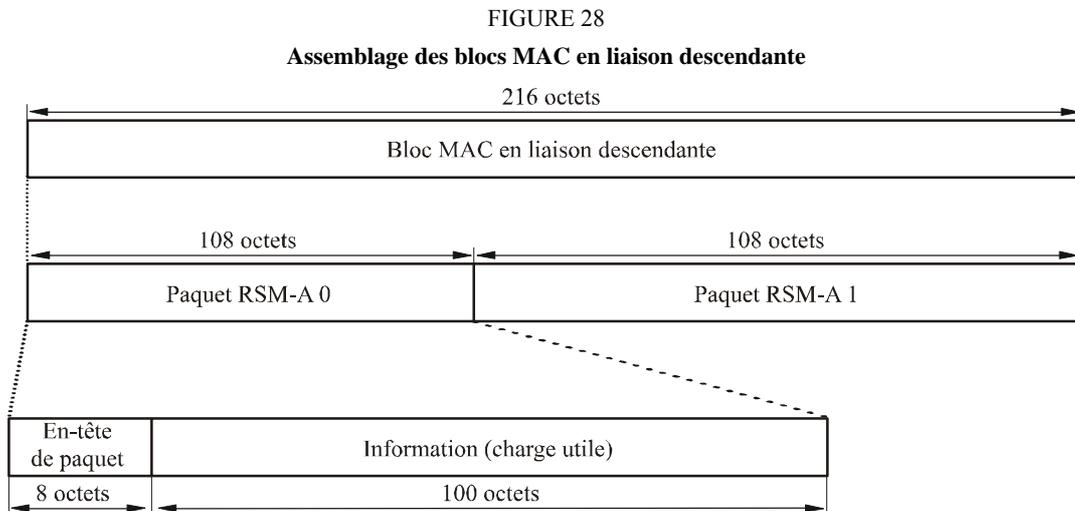


Les données sur la liaison descendante sont transmises par grosses salves MRT, chaque salve contenant six blocs de codes entrelacés. Il en résulte un décodage CED suivi d'un désentrelacement.

Les données sont échangées avec la couche SMAC sous forme d'un bloc MAC de liaison descendante qui contient deux modules RSM-A. Ce bloc MAC est embrouillé de façon sélective et assemblé au sommet de la couche PHY. Cette opération est suivie de deux étapes de codage CED (codage externe et codage interne) séparées par un stade d'entrelacement. Les blocs de codes entrelacés sont assemblés dans une seule et même salve MRT.

D'autres détails concernant ces structures de données et les fonctions associées sont donnés dans les paragraphes ci-après.

Deux paquets sont combinés en un seul et même bloc MAC de liaison descendante comme illustré sur la Fig.28.



1709-28

Les fonctions d'embrouillage et d'assemblage de blocs MAC en liaison descendante sont définies dans la Partie 3 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).

3.2.1 Codage

Au total, six blocs MAC de liaison descendante sont combinés dans chaque salve de liaison descendante, en trois étapes:

- Chaque bloc MAC de liaison descendante non codé est codé séparément avec un code Reed-Solomon externe (code RS 236,216).
- Les six blocs codés résultants sont ensuite entrelacés.
- Les blocs de codes entrelacés sont ensuite codés avec un code convolutif interne de taux 2/3.

Les résultats de l'entrelaceur sont subdivisés en quatre flux indépendants. Chaque flux en sortie se compose au total de 2 838 bits (bits d'entrée de 354 octets plus six bits de justification) à l'entrée du codeur interne et un total de 4 257 bits à la sortie du codeur.

Les fonctions de codage en liaison descendante sont définies dans la partie 3 des spécifications de la couche physique (voir la Norme ETSI TS 102 188-1~7).

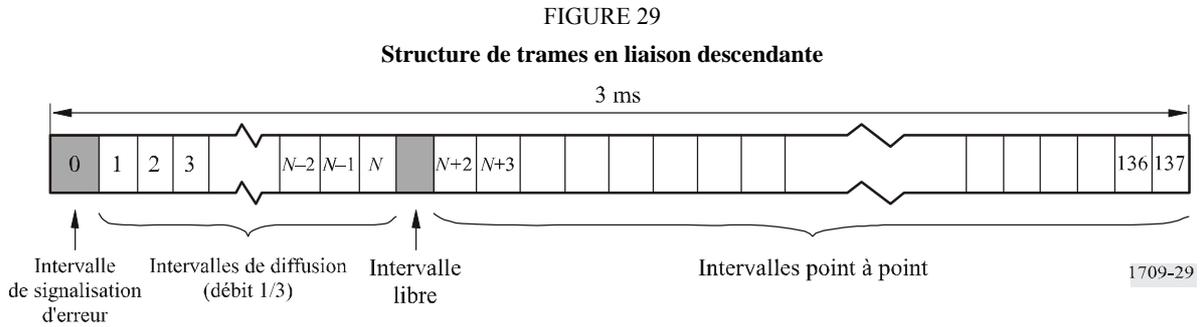
3.2.2 Structure des trames

Une trame de liaison descendante se compose d'un intervalle de signalisation d'erreur, d'intervalles de radiodiffusion, d'un intervalle libre et d'intervalles point à point, comme illustré sur la Fig. 29.

L'intervalle de signalisation d'erreur est utilisé pour transmettre une partie d'une séquence de pseudo-bruit de 0,768 s afin de caler le terminal de satellite sur le satellite. Il est également utilisé pour synchroniser les compteurs de trames sur la liaison montante et sur la liaison descendante.

Les intervalles de diffusion sont programmés avant la transmission point à point. Un intervalle de diffusion est trois ou quatre fois plus long qu'un intervalle point à point, selon le débit de transmission du mode de radiodiffusion (1/3 ou 1/4, respectivement).

Il y a un intervalle libre une fois toutes les deux trames pour effectuer les fonctions du système.



Le débit de transmission est intégral pendant les intervalles point à point. Il est de 1/3 pendant l'intervalle de signalisation d'erreur et l'intervalle libre et de 1/3 ou 1/4 pendant les intervalles de diffusion. La structure des trames autorise un nombre variable d'intervalles de diffusion (attribués par incréments de trois ou quatre intervalles point à point, en fonction du débit), les intervalles restants étant des intervalles point à point. Les configurations suivantes sont possibles:

Mode de diffusion	Nombre d'intervalles de diffusion	Nombre d'intervalles point à point
Intervalles de diffusion débit 1/3	0 à 45	1 à 136
Intervalles de diffusion débit 1/4	0 à 34	0 à 136

Les structures de trames en liaison descendante sont définies dans la Partie 2 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).

Le terminal de satellite détermine le nombre d'intervalles de diffusion et le mode de diffusion sur la base des informations relatives au système diffusées comme indiqué dans les spécifications RSM-A SMAC/SLC (voir la norme ETSI TS 102 189-1~3).

3.2.3 Modulation

La modulation sur la liaison descendante est une modulation MDP-4 et elle est définie dans la Partie 4 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188 1~7).

3.2.4 Modes de porteuse sur la liaison descendante

La liaison descendante fonctionne avec une seule porteuse, dans l'une des deux polarisations. La réutilisation des fréquences repose sur une polarisation indépendante sur chaque faisceau de liaison descendante. La polarisation, en liaison descendante, de l'intervalle de signalisation d'erreur, des intervalles de diffusion, de l'intervalle libre et des intervalles point à point est indépendante de la polarisation en liaison montante.

En outre, il y a trois modes de fonctionnement possibles pour la porteuse sur la liaison descendante, à savoir à plein débit, à un débit de 1/3 ou à un débit de 1/4 selon le débit de modulation de salves de la porteuse:

- Débit 1/3 – Le débit d'émission en liaison descendante est de $133\frac{1}{3} \times 10^6$ symboles MDP-4/s (c'est-à-dire que chacun des bras I et Q du modulateur fonctionne à un débit de symboles de $133\frac{1}{3} \times 10^6$ symboles MDP-2/s).
- Débit 1/4 – Le débit d'émission en liaison descendante est de 100×10^6 symboles MDP-4/s (c'est-à-dire que chacun des bras I et Q du modulateur fonctionne à un débit de symboles de 100×10^6 symboles MDP-2/s).
- Plein débit – Le débit d'émission en liaison descendante est de 400×10^6 symboles MDP-4/s (c'est-à-dire que chacun des bras I et Q du modulateur fonctionne à un débit de symboles de 400×10^6 symboles MDP-2/s).

3.3 Autres fonctions de la couche PHY

La transmission sur la couche PHY suppose d'autres fonctions notamment:

- Les transmissions radio depuis le terminal de satellite et le récepteur du terminal de satellite doivent avoir une qualité minimale. En outre, les émissions radiofréquence depuis le terminal de satellite doivent respecter les normes pertinentes. Ces exigences sont définies dans la Partie 5 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).
- Mesures et sous-procédures utilisées pour l'acquisition initiale par le terminal de satellite ainsi que pour la sélection du mode de liaison montante et la commande de puissance sur la liaison montante en mode de fonctionnement normal: ces fonctions sont définies dans la Partie 6 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).
- Synchronisation du récepteur du terminal de satellite en temps et en fréquence (acquisition de temps et alignement des trames temporelles): ces fonctions sont définies dans la Partie 7 des spécifications de la couche PHY (voir la norme ETSI TS 102 188-1~7).

4 Couche liaison de données

La couche liaison de données se compose de deux sous-couches, la sous-couche SLC et la sous-couche SMAC.

4.1 Fonctions de la sous-couche SLC

La couche commande de liaison par satellite est chargée de la remise de bout en bout des paquets depuis un terminal de satellite jusqu'à un autre. Les fonctions de la sous-couche SLC sont les suivantes:

- Génération d'identificateurs de session et mappage des paquets entrants dans la session correspondante.
- Procédures de reconnaissance et de réconciliation des fonctionnalités au début de la session. Lorsque deux terminaux de satellite ayant des fonctionnalités différentes doivent communiquer l'un avec l'autre, le terminal de satellite d'émission commence à émettre dans un mode que, selon lui, le récepteur peut accepter puis, sur la base des informations qu'il reçoit en retour du récepteur, adapte éventuellement son mode à un mode plus compatible et/ou à un mode optimal.
- Calcul d'un code CRC de détection d'erreur.
- Construction d'unités de données étendues (EDU) à partir d'unités de données de service (SDU).

- Segmentation des unités EDU et adjonction d'en-têtes SLC appropriés. Au niveau du terminal de satellite de réception, l'entité SLC correspondante doit réassembler les unités EDU d'application.
- Construction d'unités de données par paquet (SLC-PDU).

4.2 Sous-couche SMAC

La couche SMAC contrôle la façon dont le terminal de satellite utilise les ressources des liaisons montantes. Les ressources décrites ici sont une combinaison de canaux de contention et de ressources spécialisées. La couche SMAC a les responsabilités suivantes:

- Elle combine plusieurs sessions SLC et en assure le multiplexage sur un ou plusieurs canaux de données de liaison montante communs (UDC, *uplink data channel*).
- Elle examine le service de transport de données d'utilisateur (UDTS, *user data transport service*) ainsi que la priorité des unités SDU et met en relation l'unité SDU et un service de remise de paquet (PDS, *packet delivery service*).
- Elle crée un paquet RSM-A en ajoutant un en-tête MAC à une unité SLC-PDU.
- La couche SMAC devrait spécifier les classes abandonnées de façon appropriée comme indiqué dans le profil de classe de service associé.
- Le fonctionnement de la couche SMAC se fait sur la base de files d'attente. Pour chaque service PDS il peut y avoir une ou plusieurs files d'attente. Chaque paquet RSM-A, en fonction des informations disponibles concernant le service PDS et la configuration interne, est mis en file d'attente. Pour que les paquets RSM-A soient remis dans l'ordre, ils ne doivent pas changer de file d'attente mais les modalités de leur remise peuvent varier.
- La couche SMAC applique en permanence l'algorithme approprié pour obtenir des ressources du réseau. Le terminal de satellite négocie avec la charge utile de satellite en utilisant le protocole de commande de largeur de bande.
- La couche SMAC regroupe les paquets RSM-A en blocs et attribue des intervalles pour les différents blocs. Les blocs sont communiqués à la couche de transmission en vue de la constitution de salves auxquelles sont associées les informations concernant l'intervalle. Le processus inverse se fait côté réception.
- La couche SMAC interagit avec le module SAM pour créer la fonction champ de commande d'accès (ACF, *access control field*) pour tous les blocs MAC qui sont transmis sur l'interface U.
- Côté réception, la couche SMAC reçoit les paquets RSM-A entrants et les trie en fonction de leur adresse de destination. Les paquets peuvent utiliser l'adresse de destination monodiffusion de l'une quelconque des bornes du terminal de satellite et/ou certaines identités de groupe multidiffusion (MGID, *multicast group identity*). Ces identités MGID sont une combinaison d'identités MGID préalablement réservées pour les transmissions du centre de contrôle du réseau (NOCC, *network control centre*) vers le terminal de satellite (qui doivent être contrôlées en permanence) et d'identités MGID utilisées pour les transmissions multidiffusion entre utilisateurs.

4.3 Modes de fonctionnement

La sous-couche SMAC a deux modes de fonctionnement, le mode largeur de bande à la demande (BoD) et le mode liaison montante avec gros volume (HVUL, *high volume up link*).

En mode BoD, le terminal de satellite partage toutes les ressources de liaison montante avec d'autres terminaux de satellite situés dans la même zone géographique, selon la configuration choisie. Les canaux de contention sont utilisés par les terminaux de satellite pour obtenir l'accès initial au système. Le protocole de commande de largeur de bande doit être mis en oeuvre en permanence pour obtenir des ressources qui seront utilisées sur les canaux spécialisés de liaison montante. Le protocole Aloha discrétisé et le protocole Aloha persistant sont utilisés pour obtenir des ressources sur les canaux de contention en liaison montante. Tous les terminaux de satellite doivent en permanence contrôler le volume des ressources qu'ils utilisent à l'aide d'un mécanisme de jetons.

En mode HVUL, un ensemble de ressources de liaison montante est réservé en vue d'une utilisation exclusive par le terminal de satellite, sans que ce dernier ait à mettre en oeuvre un quelconque protocole ou à adresser une demande explicite au réseau. Par conséquent, le terminal de satellite n'a pas à utiliser les canaux de contention ni à mettre en oeuvre le protocole de commande de largeur de bande. Il n'y a pas de contrôle de flux basé sur un mécanisme de jetons car les ressources ne sont pas partagées. Toutefois, le terminal de satellite doit faire en sorte que les ressources de liaison montante soient réparties entre les régions desservies par des liaisons descendantes, sur la base de la configuration indiquée par le centre NOCC. Les flux de données sont ainsi acheminés équitablement vers toutes les destinations d'un terminal de satellite.

4.4 Classe de service (CoS) et notions connexes

La qualité de service (QoS) est une notion abstraite qui définit comment un type particulier de trafic est acheminé jusqu'à sa destination, en fonction des besoins de ce trafic. Etant donné qu'en général les critères de qualité de service varient en fonction des types de trafic, le trafic est structuré en diverses classes de trafic BSM (voir la norme ETSI TS 102 295) ou classes de service (CoS). Le trafic d'une classe de service donnée peut être acheminé de différentes façons, l'objectif étant d'assurer la qualité de service appropriée pour un tel type de trafic. Les classes de trafic BSM sont reprises des classes de qualité de service définies dans la Recommandation UIT-T Y.1541, comme indiqué dans le Tableau 3.

Dans un réseau RSM-A, les différentes classes de service sont directement prises en charge par les services de transport de données d'utilisateur (UDTS, *user data transport services*); elles caractérisent la façon dont le trafic est mis en file d'attente et acheminé. Les modalités précises de transmission d'un paquet RSM-A sont appelées PDS. Le service PDS retenu pour la transmission d'un paquet est lié au service UDTS du trafic de données associé mais pas nécessairement de façon univoque. La correspondance entre les classes de trafic BSM (voir la norme ETSI TS 102 295) et les services UDTS RSM-A est indiquée dans le Tableau 3.

TABLEAU 3

Correspondance entre les classes de trafic BSM et les services RSM-A UDTS

Classes de trafic BSM (Voir la norme ETSI TS 102 295)			RSM-A
Classe de trafic	Catégories de service	Classe Y.1541	UDTS ⁽¹⁾
0	Préemption, services d'urgence, principaux services de réseau	N/A	Indifférent
1	Temps réel, sensibilité à la gigue, interactivité élevée – cellules de taille fixe (VoIP)	0	CR
2	Temps réel, sensibilité à la gigue, interactivité – paquets de taille variable (vidéo en temps réel)	1	CRWB
3	Transaction de données, grande interactivité (signalisation, ingénierie de trafic, proxy PEP)	2	LVLL
4	Transaction de données, proxy PEP, interactivité	3	HPB
5	Applications à faibles pertes uniquement (transactions courtes, données en gros volume, émission vidéo en continu)	4	NPB
6	Applications à pertes moyennes, temps de transfert plus important (applications classiques des réseaux IP)	5	NPB
7	Non spécifié. Pourrait être utilisé pour un trafic diffusion/multidiffusion non prioritaire ou des réseaux de stockage (avec couche supérieure fiable)	N/A	NPB

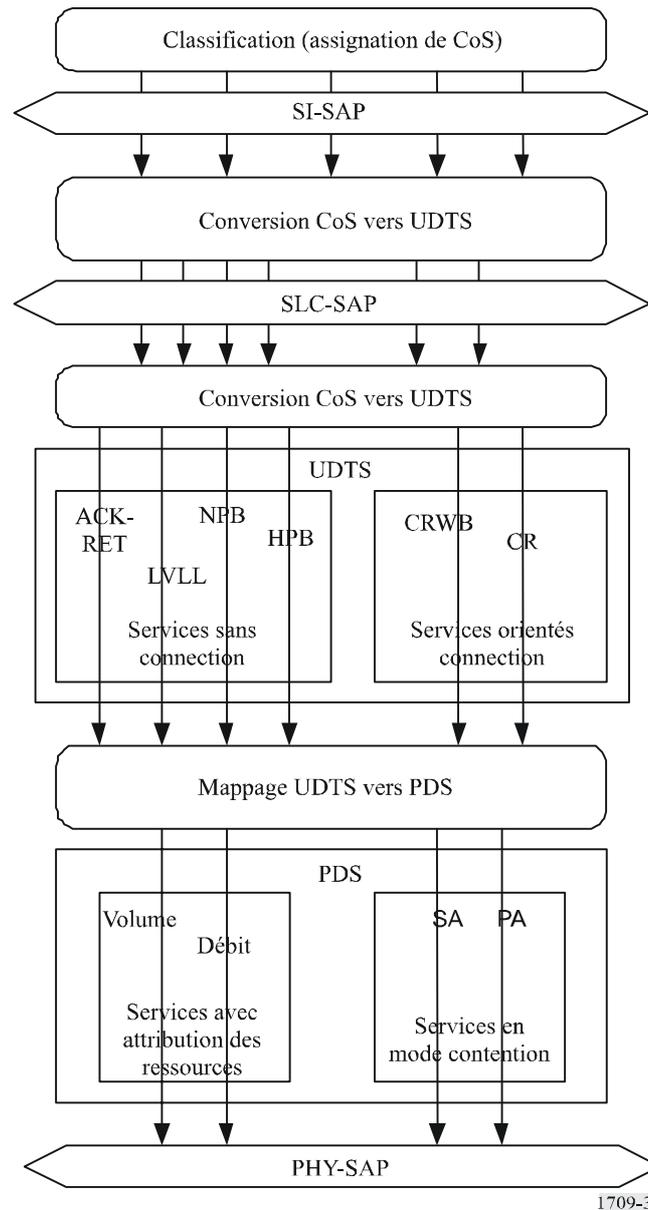
⁽¹⁾ Les services RSM-A UDTS sont définis dans la Partie 2 des spécifications de la couche SMAC/SLC (voir la norme ETSI TS 102 189-1~3).

NOTE 1 – Les classes de trafic BSM «0» et «7» ne sont pas reprises des classes de la Recommandation UIT-T Y.1541.

L'association de ces notions est illustrée sur la Fig. 30 pour le mode BoD. Toutes les règles régissant le mappage entre les services UDTS et les services PDS sont données dans la Partie 2 des spécifications de la couche SMAC/SLC (voir la norme ETSI TS 102 189-1~3).

FIGURE 30

Relations entre les classes de service, les services UDTs et les services PDS



4.5 Gestion de largeur de bande, attribution des ressources et gestion des files d'attente

La fonction de gestion de la largeur de bande prend des paquets de la sous-couche SLC et détermine l'opportunité de PTO pour faire suivre ces paquets.

La gestion de la largeur de bande se fait sur la base de files d'attente. Tous les paquets sortants sont mis dans l'une des nombreuses files d'attente, en fonction de leur destination et du service UDTs associé. A chaque file d'attente correspond un service PDS attribué. En fonction de l'état de la file d'attente pour chaque service PDS, la couche SMAC met en oeuvre le protocole approprié pour obtenir les ressources radio, sous forme d'opportunités PTO, dont il a besoin pour transmettre le contenu de la file d'attente. Lorsque des opportunités PTO sont disponibles, la couche SMAC utilise un algorithme défini pour identifier quelle file d'attente sera associée à chaque opportunité PTO.

4.5.1 Sessions fondées sur le débit

Les sessions fondées sur le débit sont regroupées dans l'un des deux canaux UDC communs, en fonction de leurs priorités. Le terminal de satellite gère les files d'attente connexion par connexion, en fonction des informations associées concernant le débit et la commande de flux. Chaque connexion qui a été négociée avec le centre NOCC est mise dans une file d'attente.

4.5.2 Sessions fondées sur le volume

Les sessions fondées sur le volume sont multiplexées dans l'un des quatre canaux UDC communs en fonction de la région de destination, desservie par une liaison descendante, et de la priorité. Le terminal de satellite gère les files d'attente en fonction des priorités et de la région de destination. Les paquets sont mis dans la file d'attente appropriée lorsqu'ils sont remis de la couche SLC à la couche SMAC.

4.5.3 Accès en mode contention

Les canaux en mode contention peuvent être utilisés pour le transfert des données et pour la signalisation de commande, c'est-à-dire pour les demandes de ressources. Ces canaux sont en partie statiques et en partie dynamiques, comme indiqué par le réseau. La couche SMAC gère l'accès à ces ressources conformément aux règles données dans la Partie 2 des spécifications de la couche SMAC/SLC (voir la norme ETSI TS 102 189-1~3).

4.5.4 Protocole Aloha persistant

Il s'agit d'une modification du protocole Aloha discrétisé standard qui permet à un terminal de s'approprier un intervalle dans une trame ou un ensemble de trames et de continuer à utiliser cet intervalle une fois toutes les deux trames (ou tous les deux ensembles de trames) jusqu'à ce qu'il le libère en ne transmettant plus dans cet intervalle. Ce protocole est utilisé pour un trafic périodique/quasi périodique à faible latence et de faible volume, par exemple les paquets d'accusé de réception TCP. L'acquisition initiale de l'intervalle est analogue à la méthode de contention/Aloha discrétisé; des précisions sont données dans la Partie 2 des spécifications de la couche SMAC/SLC (voir la norme ETSI TS 102 189-1~3).

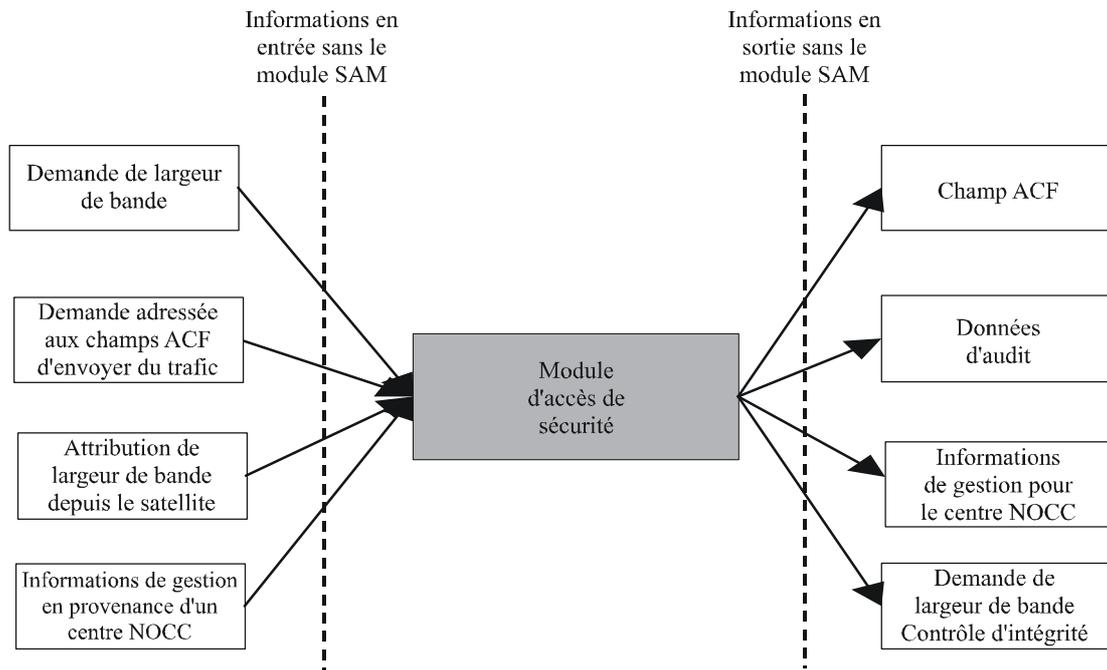
5 Module d'accès de sécurité – Description fonctionnelle

Le module SAM est le principal composant de sécurité d'un terminal de satellite. Physiquement, il s'agit d'une puce sécurisée intégrée dans le terminal. Le module SAM contient une clé secrète et authentifie chaque paquet RSM-A envoyé par le terminal en générant un champ de commande d'accès qui peut être vérifié par d'autres composants autorisés du système. Le module SAM ne signera que les demandes qui sont valables compte tenu des principes énoncés pour ce terminal de satellite particulier. Côté réception, le module vérifie que les messages de gestion sont des messages authentiques provenant du centre NOCC. Voir la partie 3 des spécifications de la couche SMAC/SLC (voir la norme ETSI TS 102 189-1~3) pour une description complète de cette interface.

Les domaines de responsabilité du module SAM vis-à-vis du système RSM-A sont les suivants:

- authentification;
- protection d'autorisation;
- enregistrement;
- audit d'utilisation.

FIGURE 31

Interactions de la fonction de sécurité entre le module SAM et le terminal de satellite

1709-31