

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1850-2
(10/2014)

Spécifications détaillées des interfaces radioélectriques de la composante satellite des télécommunications mobiles internationales-2000 (IMT-2000)

Série M

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

Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

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

Séries des Recommandations UIT-R

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

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

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

Publication électronique
Genève, 2015

© UIT 2015

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

RECOMMANDATION UIT-R M.1850-2

Spécifications détaillées des interfaces radioélectriques de la composante satellite des télécommunications mobiles internationales-2000 (IMT-2000)*

(2010-2012-2014)

Domaine d'application

La présente Recommandation décrit les spécifications des interfaces radioélectriques de la composante satellite des IMT-2000, initialement élaborées sur la base des principales caractéristiques mises en évidence dans les résultats de travaux entrepris en dehors de l'UIT.

Ces interfaces radioélectriques satellites prennent en charge les fonctions et les paramètres techniques des IMT-2000, en particulier la compatibilité à l'échelle mondiale, l'itinérance à l'échelle internationale et l'accès aux services de données à haut débit.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1 Introduction	2
2 Recommandations associées.....	2
3 Considérations	4
3.1 Interfaces radioélectriques de la composante satellite des IMT-2000.....	4
3.2 Incorporation de documents de spécification externes	4
3.3 Interfaces de la composante satellite	5
4 Recommandations (composante satellite)	8
4.1 Interface du coeur de réseau	8
4.2 Interface satellite/Terre	8
4.3 Spécifications des interfaces satellites	9
5 Recommandations relatives aux limites de rayonnements non désirés provenant des terminaux des systèmes à satellites IMT-2000	167
Annexe 1 – Abréviations.....	168

* Les spécifications détaillées recommandées pour les interfaces radioélectriques des IMT-2000 sont contenues dans les spécifications mondiales de base, lesquelles font partie de la présente Recommandation au moyen de références aux identificateurs uniformes de ressources (URL, *uniform resource locator*) sur le site Web de l'UIT. Dans le cas où des organisations extérieures reconnues ont converti tout ou partie de ces spécifications mondiales de base en leurs propres normes approuvées, une référence au document externe correspondant est incluse dans la présente Recommandation par URL sur leur site Web. Ces références ne confèrent pas à ce document externe le statut, en soi, d'une Recommandation de l'UIT. Toute référence à un document externe est exacte au moment de l'approbation de la présente Recommandation. Etant donné que le document externe peut être révisé, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à prendre contact avec sa source pour déterminer si la référence reste applicable. La présente Recommandation fera l'objet de mises à jour périodiques qui seront coordonnées avec les organisations extérieures reconnues, compétentes, en charge de documents externes qui y sont visés en référence.

1 Introduction¹

Les IMT-2000 sont des systèmes mobiles de troisième génération qui permettent d'accéder, au moyen d'une ou de plusieurs liaisons radioélectriques, à un large éventail de téléservices assurés par les réseaux fixes de télécommunication (par exemple, RTPC/RNIS/protocole Internet (IP)) ainsi qu'à divers autres services réservés aux usagers mobiles.

Ces systèmes font intervenir différents types de terminaux mobiles, reliés à des réseaux de Terre ou à des réseaux à satellite, conçus en fonction d'une utilisation dans le service fixe ou dans le service mobile.

Les principales caractéristiques des IMT-2000 sont les suivantes:

- grande communauté de conception à l'échelle mondiale;
- compatibilité des services dans les systèmes IMT-2000, et avec les réseaux fixes;
- qualité élevée;
- utilisation de terminaux de petite taille exploitables dans le monde entier;
- possibilité de déplacement des abonnés itinérants partout dans le monde;
- capacité de prise en charge d'applications multimédias et d'un large éventail de services et de terminaux.

Les IMT-2000 sont définies dans un ensemble de Recommandations interdépendantes, dont la présente Recommandation fait partie.

La Recommandation UIT-R M.1457 appartient au processus de spécification des interfaces radioélectriques de Terre des IMT-2000, comme défini dans la Recommandation UIT-R M.1225. Elle décrit les spécifications détaillées des interfaces radioélectriques de Terre pour les IMT-2000.

La présente Recommandation, qui constitue la partie finale du processus de spécification des interfaces radioélectriques des IMT-2000, comme défini dans la Recommandation UIT-R M.1225, décrit les spécifications détaillées des interfaces satellites pour les IMT 2000.

Les mises à jour ainsi que les améliorations apportées aux interfaces satellites décrites dans la présente Recommandation ont été soumises à un processus d'élaboration et d'examen afin de s'assurer de leur conformité avec les objectifs fixés pour les IMT-2000 tout en tenant compte de l'évolution du marché mondial.

Grâce à ces mises à jour technologiques, à l'harmonisation des interfaces et à la mise en place de nouveaux mécanismes, les IMT-2000 restent à l'avant-garde des technologies des systèmes de radiocommunication mobile.

2 Recommandations associées

Les Recommandations IMT-2000 suivantes, déjà publiées, sont considérées comme importantes dans le cadre de la présente Recommandation:

- | | |
|-----------------------------|--|
| Recommandation UIT-R M.687: | Télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000) |
| Recommandation UIT-R M.816: | Cadre de description des services assurés par les télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000) |
| Recommandation UIT-R M.817: | Télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000)
– Architectures de réseau |

¹ Les abréviations utilisées dans la présente Recommandation figurent à l'Annexe 1.

- Recommandation UIT-R M.818: Utilisation des satellites dans les télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000)
- Recommandation UIT-R M.819: Télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000) au service des pays en développement
- Recommandation UIT-R M.1034: Exigences imposées à la ou aux interfaces radioélectriques des télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000)
- Recommandation UIT-R M.1035: Cadre de description de la ou des interfaces radioélectriques et fonctionnalité des sous-systèmes radioélectriques pour les télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000)
- Recommandation UIT-R M.1036: Dispositions de fréquences applicables à la mise en oeuvre de la composante de Terre des Télécommunications mobiles internationales (IMT) dans les bandes identifiées pour les IMT dans le Règlement des radiocommunications (RR)
- Recommandation UIT-R M.1167: Cadre de description de l'élément satellite des télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000)
- Recommandation UIT-R M.1224: Terminologie des télécommunications mobiles internationales (IMT)
- Recommandation UIT-R M.1225: Directives d'évaluation des technologies de transmission radioélectrique pour les IMT-2000
- Recommandation UIT-R M.1308: Evolution des systèmes mobiles terrestres vers les IMT-2000
- Recommandation UIT-R M.1311: Cadre de description de la modularité et de la communauté de conception radioélectrique au sein des systèmes IMT-2000
- Recommandation UIT-R M.1343: Caractéristiques techniques essentielles des stations terriennes mobiles des systèmes mondiaux du service mobile à satellites non géostationnaires fonctionnant dans la bande 1-3 GHz
- Recommandation UIT-R M.1457: Spécifications détaillées des interfaces radioélectriques des télécommunications mobiles internationales 2000 (IMT-2000)
- Recommandation UIT-R M.1480: Caractéristiques techniques essentielles des stations terriennes mobiles des systèmes mobiles à satellites géostationnaires qui mettent en oeuvre les Arrangements du Mémorandum d'accord sur les GMPCS dans des parties de la bande 1-3 GHz
- Recommandation UIT-R SM.329: Rayonnements non désirés dans le domaine des rayonnements non essentiels
- Recommandation UIT-T Q.1701: Cadre pour les réseaux IMT-2000
- Recommandation UIT-T Q.1711: Modèle fonctionnel réseau pour les télécommunications IMT-2000
- Recommandation UIT-T Q.1721: Flux d'informations pour les IMT-2000
- Recommandation UIT-T Q.1731: Spécifications et prescriptions fonctionnelles applicables aux interfaces radioélectriques IMT-2000
- Manuel sur l'évolution vers les IMT-2000/FSMTPT, Principes et orientations – Volume 2 du Manuel sur les communications mobiles terrestres (y compris accès hertzien).

3 Considérations

3.1 Interfaces radioélectriques de la composante satellite des IMT-2000

Les IMT-2000 comprennent les interfaces radioélectriques de la composante de Terre et les interfaces radioélectriques de la composante satellite. La présente Recommandation couvre et définit l'ensemble des interfaces satellites.

En raison de diverses contraintes techniques et opérationnelles au niveau de la composante satellite, il faudra prévoir, pour les IMT-2000, plusieurs interfaces radioélectriques avec les satellites (pour de plus amples détails, se reporter à la Recommandation UIT-R M.1167).

Un système à satellites disposant de ressources très limitées (par exemple, en termes de puissance et de spectre), ses interfaces radioélectriques sont spécifiées principalement sur la base d'une optimisation de l'ensemble du système, répondant aux besoins du marché et aux objectifs commerciaux. Il n'est en général pas réalisable ni viable techniquement, d'un point de vue commercial, d'avoir une interface radioélectrique commune aux composantes de Terre et satellite des IMT-2000, bien qu'il soit souhaitable de parvenir au plus grand nombre d'éléments communs avec la composante de Terre lorsque l'on conçoit et développe un système à satellites IMT-2000.

La forte corrélation qui existe entre les paramètres techniques et les objectifs commerciaux d'un système à satellites IMT-2000 suppose de faire preuve d'une grande souplesse au niveau des spécifications des interfaces radioélectriques de la composante satellite. Ces spécifications devront toutefois, peut-être, faire l'objet de modifications et mises à jour ultérieures pour les adapter à l'évolution des exigences du marché, des objectifs commerciaux, du progrès technologique et des besoins opérationnels ainsi que pour, au besoin, en maximaliser les éléments communs avec les systèmes de Terre IMT-2000.

Les interfaces radioélectriques de la composante de Terre sont décrites en détail au § 5 de la Recommandation UIT-R M.1457. Les interfaces radioélectriques de la composante satellite sont décrites en détail au § 4 de la présente Recommandation.

3.2 Incorporation de documents de spécification externes

Les systèmes IMT-2000 supposent un travail de développement à l'échelle de la planète, de sorte que les spécifications de leurs interfaces radioélectriques établies dans la présente Recommandation ont été élaborées par l'UIT en collaboration avec les organismes et organisations qui lui ont soumis des propositions concernant les technologies à mettre en oeuvre, avec des programmes de partenariats mondiaux et avec des organisations de normalisation régionales (ONR). L'UIT a fourni le cadre et les prescriptions nécessaires sur les plans mondial et global et a élaboré les principales spécifications nécessaires à l'échelle mondiale en coopération avec ces organismes et organisations. Le travail de normalisation détaillé a été effectué à l'intérieur des organisations reconnues (voir la Note 1) externes, qui travaillent de concert avec les organisations et organismes auteurs des propositions technologiques et avec les programmes de partenariats mondiaux. La présente Recommandation fait donc de nombreuses références à des spécifications élaborées à l'extérieur de l'UIT.

NOTE 1 – L'expression «organisation reconnue» s'entend dans le présent contexte d'une ONR reconnue dotée d'une personnalité juridique, d'un secrétariat permanent, d'un représentant désigné et pourvue de méthodes de travail transparentes, équitables et bien documentées.

Cette façon de procéder a été considérée comme la plus appropriée pour terminer l'élaboration de la présente Recommandation dans les délais très stricts impartis par l'UIT et dans le respect des besoins des administrations, opérateurs et fabricants.

La présente Recommandation a donc été organisée pour permettre de tirer pleinement parti de cette façon de procéder et de respecter le calendrier de normalisation à l'échelle mondiale. Le corps en a été élaboré par l'UIT, des références indiquant à propos de chaque interface radioélectrique particulière où trouver une information plus détaillée. Les sous-sections où est exposée cette information détaillée ont été élaborées par l'UIT et par les organisations extérieures reconnues. Grâce à l'utilisation de ces références, il a été possible d'achever dans les délais les éléments de haut niveau de la présente Recommandation, un travail de vérification des changements à apporter, de transposition (conversion des spécifications en produits des ONR) et d'enquêtes publiques étant effectué à l'intérieur des organisations extérieures reconnues.

La structure des spécifications détaillées reçue des organisations extérieures reconnues a en général été adoptée telle qu'elle, étant donné la nécessité, premièrement, de réduire au minimum la répétition des tâches et, deuxièmement, de faciliter et de soutenir les travaux de maintenance et de mise à jour en continu.

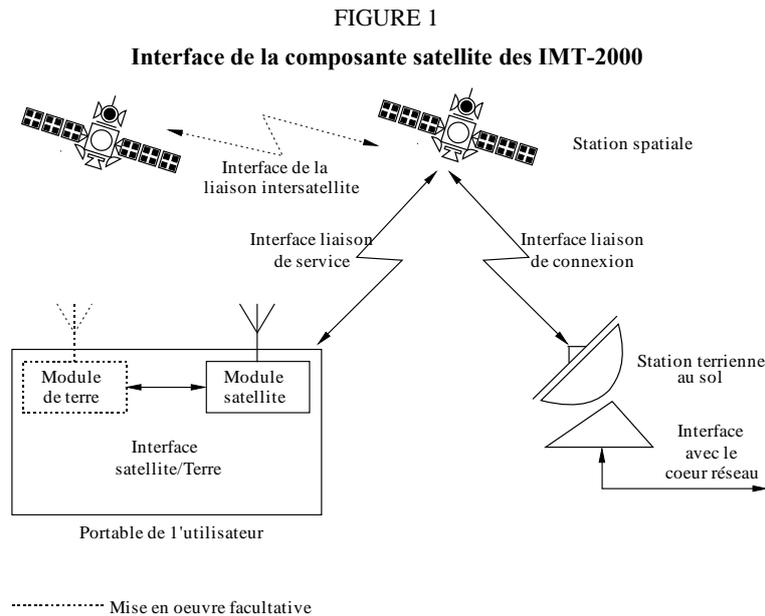
Il avait ainsi été convenu que les spécifications détaillées des interfaces radioélectriques devraient, dans une grande mesure, être élaborées en fonction des travaux effectués par les organisations extérieures reconnues; cet accord atteste non seulement le rôle important qu'a joué l'UIT comme catalyseur pour stimuler, coordonner et faciliter le développement de technologies de télécommunication évoluées, mais aussi la clairvoyance et la souplesse dont elle a su faire preuve vis-à-vis de l'élaboration, entre autres, de la présente norme de télécommunication pour le XXI^e siècle.

3.3 Interfaces de la composante satellite

Les composantes de Terre et satellite sont complémentaires, la première assurant la couverture de zones terrestres dont la population est considérée comme suffisamment dense pour être desservie, à des conditions économiques, par des systèmes de Terre, et la deuxième desservant toutes les autres régions de sorte que l'on obtient une couverture pour ainsi dire mondiale. Ce n'est donc qu'en associant les interfaces radioélectriques de l'une et de l'autre composantes que l'on peut réaliser la couverture globale des IMT-2000.

Pour satisfaire aux conditions du champ d'application, la présente Recommandation décrit les éléments dont il faut disposer pour assurer une compatibilité d'exploitation à l'échelle mondiale, étant entendu que leur utilisation sur le plan international est par définition garantie par la couverture mondiale associée à un système à satellites. Ce faisant, elle prend en considération toutes les interfaces de la composante satellite.

La Fig. 1, qui a été élaborée à partir de la Fig. 1 de la Recommandation UIT-R M.818, illustre les diverses interfaces de la composante satellite des IMT-2000.



3.3.1 Interfaces radioélectriques

3.3.1.1 Interface liaison de service

L'interface liaison de service est l'interface radioélectrique entre une station terrestre mobile (le module satellite du portable de l'utilisateur) et une station spatiale.

3.3.1.2 Interface liaison de connexion

L'interface liaison de connexion est l'interface radioélectrique entre des stations spatiales et des stations terrestres au sol. Les liaisons de connexion sont analogues à des interfaces radioélectriques utilisées sur des liaisons fixes «back-haul» pour acheminer du trafic à partir et à destination de stations de base de Terre. Lorsque l'on conçoit un système à satellites, il en résulte pour les liaisons de connexion des formes de mise en œuvre spécifiques, étant donné que:

- les liaisons de connexion peuvent fonctionner dans un nombre quelconque de bandes de fréquences, en dehors de celles attribuées aux IMT-2000;
- chaque liaison de connexion présente des problèmes qui lui sont propres, dont certains sont liés à l'architecture du système à satellites, tandis que d'autres concernent la bande de fréquences dans laquelle elles sont exploitées.

L'interface liaison de connexion est ainsi dans une grande mesure propre à chaque système et pose donc un problème qui peut être considéré comme relevant de la mise en œuvre, problème étudié dans la Recommandation UIT-R M.1167 où l'on peut lire que «les interfaces radioélectriques entre les satellites et les stations terrestres au sol (c'est-à-dire les liaisons de connexion) ne sont pas soumises à la normalisation IMT-2000». La spécification de cette interface n'entre donc pas dans le cadre de la présente Recommandation.

3.3.1.3 Interface liaison inter-satellites

L'interface liaison inter-satellites est l'interface entre deux stations spatiales; on observera que certains systèmes ne peuvent pas mettre en œuvre cette interface. Le problème évoqué à propos de l'interface liaison de connexion est également applicable ici et l'interface liaison inter-satellites relève donc en grande partie de chaque système et peut être ainsi considérée comme un point à régler au niveau de la mise en œuvre. La spécification de cette interface ne fait en conséquence pas partie de la présente Recommandation.

3.3.2 Autres interfaces

Il est indéniable que les interfaces coeur de réseau (CN, *core network*) et satellite/Terre décrites ci-dessous ne sont pas des interfaces radioélectriques, mais il n'empêche qu'elles ont une incidence directe sur la conception et la spécification des interfaces radioélectriques de la composante satellite ainsi que sur la compatibilité d'exploitation à l'échelle mondiale. D'autres Recommandations IMT-2000 font également référence à ces interfaces.

3.3.2.1 Interface CN

L'interface CN est l'interface entre la partie d'accès radioélectrique d'une station terrienne au sol et le coeur de réseau.

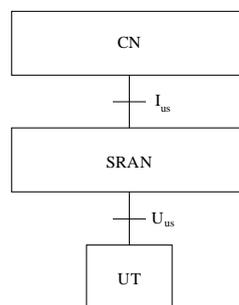
L'architecture ci-dessous (Fig. 2) est une architecture possible pour la composante satellite/interface/coeur de réseau; elle garantirait en effet une certaine compatibilité avec la composante de Terre. Dans cet exemple, l'interface coeur de réseau pour la composante satellite est désignée par l'abréviation « I_{us} »; l'interface I_{us} exécute les mêmes fonctions que l'interface I_u décrite aux § 5.1 et 5.3 de la Recommandation UIT-R M.1457 et sera conçue de telle sorte qu'elle présentera autant d'éléments communs que possible avec cette interface I_u , pour des raisons de compatibilité.

Le réseau d'accès radioélectrique par satellite (SRAN, *satellite radio access network*) se compose de la station terrienne au sol et du satellite, ainsi que de la liaison de connexion et des liaisons éventuelles inter-satellites. Il utilise l'interface I_{us} pour communiquer avec le CN et l'interface U_{us} pour communiquer avec le portable de l'utilisateur (UT) dans le cas d'un service assuré par satellite. L'interface U_{us} est l'interface radioélectrique de la liaison de service par satellite visée au § 4.3.

Comme la composante satellite des IMT-2000 est par nature, et en général, mondiale, il n'est pas nécessaire d'assurer une interface entre le SRAN d'un réseau à satellite et le SRAN d'un autre réseau à satellite. De plus, l'interface entre les stations terriennes au sol d'un même réseau à satellite étant un problème de mise en oeuvre interne du réseau à satellite, elle ne doit pas faire l'objet d'une normalisation.

FIGURE 2

Exemple d'architecture d'interface réseau à satellite



M.1850/02

3.3.2.2 Interface satellite/Terre

L'interface satellite/Terre est l'interface entre le module satellite et le module de Terre du portable de l'utilisateur. Pour les équipements incorporant les deux composantes, satellite et de Terre, des IMT-2000, il faut déterminer premièrement comment ces deux composantes fonctionnent l'une par rapport à l'autre et deuxièmement, si elles ont besoin d'une interface entre elles.

Par exemple, la Recommandation UIT-R M.818 recommande «que soit mis au point un protocole afin de déterminer s'il faut utiliser la composante de Terre ou la composante à satellite pour une communication donnée». De son côté, la Recommandation UIT-R M.1167 observe que «l'utilisateur des IMT-2000 ne devrait pas être obligé de demander que le terminal ait accès à l'élément satellite ou de Terre» et qu'«afin de faciliter les déplacements, il est important que l'utilisateur puisse être joint en composant un seul numéro, que le terminal mobile ait à ce moment-là accès à l'élément de Terre ou à l'élément satellite».

4 Recommandations (composante satellite)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT recommande que les principes énoncés dans les § 4.1 et 4.2 soient appliqués par les systèmes à satellites assurant la composante satellite des IMT-2000. Ces paragraphes décrivent en effet les fonctions et caractéristiques fondamentales de l'interface du coeur de réseau et de l'interface satellite/Terre.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT recommande également que les interfaces radioélectriques décrites dans la § 4.3 soient adoptées pour la composante satellite des IMT-2000.

4.1 Interface du coeur de réseau

La composante satellite devrait s'interfacer au coeur de réseau de la même manière que la composante de Terre. Les conditions essentielles requises pour les IMT-2000, comme l'acheminement des appels, l'itinérance automatique, la facturation commune, etc., peuvent donc être satisfaites, sous réserve de considérations techniques et d'exigences du marché; toutefois, il faut éventuellement tenir compte de certaines différences pour une interface radioélectrique satellitaire donnée.

4.2 Interface satellite/Terre

Dans le cadre des IMT-2000 les terminaux d'utilisateur offriront un ou plusieurs modes d'exploitation: un seul mode satellite et éventuellement un seul mode ou plusieurs modes Terre. Si un mode Terre est mis en oeuvre, les terminaux devraient être à même de choisir soit le mode d'exploitation satellite soit les modes d'exploitation Terre automatiquement ou à la demande de l'utilisateur.

L'interface satellite/Terre exécute les fonctions suivantes:

- négociation des services supports dans les réseaux tant de Terre qu'à satellite;
- itinérance entre les réseaux de Terre et les réseaux à satellite;
- conformité de la gestion et de la fourniture des services avec les Recommandations IMT-2000.

Le transfert entre la composante de Terre et la composante satellite n'est pas une prescription des IMT-2000. C'est en effet à l'opérateur du réseau de déterminer s'il veut le mettre en oeuvre. Dans le cas où la fonction de transfert n'est pas mise en oeuvre, l'itinérance entre la composante de Terre et la composante satellite peut juste relever d'une fonction de commutation, c'est-à-dire que, si un terminal d'utilisateur perd sa connexion à un réseau de Terre, il pourrait rechercher un réseau à satellite.

La localisation des terminaux est enregistrée et actualisée entre les bases de données des systèmes de Terre et des systèmes à satellites au moyen des procédures de mise à jour standard utilisées pour actualiser leurs emplacements entre différents réseaux mobiles terrestres publics (RMTP).

Pour assurer l'itinérance entre un réseau de Terre et un réseau à satellite, il est possible d'appliquer les procédures de mise à jour de l'emplacement standard employées par les RMTP étant donné que l'un et l'autre réseaux peuvent être considérés comme des RMTP distincts. Par exemple, lorsqu'un utilisateur quitte la zone de couverture d'un réseau de Terre et entre dans celle d'un réseau à satellite, on applique les procédures standard pour détecter et activer la mise à jour de son emplacement en vue de son

itinérance entre des RMTP. Inversement, lorsqu'un utilisateur quitte la zone de couverture d'un réseau à satellite pour rentrer dans celle d'un réseau de Terre et que son réseau privilégié est le réseau de Terre, son terminal sera enregistré dans le réseau de Terre en lançant des procédures de détection et d'activation de la mise à jour de son emplacement analogues à celles utilisées dans le cas d'une itinérance entre des RMTP.

Il devrait être possible de contacter un terminal IMT-2000 au moyen d'un seul numéro, quelle que soit la composante (de Terre ou satellite) que le terminal utilise dans la pratique.

4.3 Spécifications des interfaces satellites²

Chaque interface satellite est spécifiée dans les sous-sections ci-après. Seuls sont définis les éléments relatifs à l'interface liaison de service, les interfaces liaison de connexion et liaison inter-satellites n'entrant pas en effet dans le cadre de la présente Recommandation.

Etant donné la forte dépendance qui existe entre la conception de l'interface radioélectrique et l'optimisation de l'ensemble du système à satellites, la présente section comprend la description architecturale et la description du système ainsi que les spécifications RF et bande de base des interfaces radioélectriques.

4.3.1 Spécifications de l'interface satellite A (SRI-A)

L'accès multiple par répartition en codes à large bande par satellite (AMRC-LBS) est une interface satellite conçue pour satisfaire aux exigences de la composante satellite des systèmes de télécommunication hertziens de la troisième génération. L'interface radioélectrique AMRC-LBS a été examinée par le Comité technique SES de l'ETSI, au sein de la famille des interfaces satellites IMT-2000, comme «norme volontaire».

La modulation AMRC-LBS est fondée sur l'adaptation à l'environnement satellite de l'interface radioélectrique de Terre AMRC séquence directe des IMT-2000 (accès hertzien de Terre universel (UTRA) duplex à répartition en fréquence (DRF) ou AMRC à large bande (AMRC-LB)) (voir le § 5.1 de la Recommandation UIT-R M.1457). Le but est de réutiliser le même cœur de réseau ainsi que les spécifications des interfaces radioélectriques pour les interfaces I_u et C_u . Seule l'interface U_u sera adaptée à l'environnement satellite.

La modulation AMRC-LBS fonctionne en mode DRF avec une largeur de bande des canaux RF égale à 2,350 ou à 4,700 MHz pour chaque sens de transmission. L'option demi-débit, de 2,350 MHz, donne une plus fine granularité du spectre, d'où une utilisation en partage plus facile entre différents systèmes.

La modulation AMRC-LBS fournit une large gamme de services supports entre 1,2 et 144 kbit/s; il est ainsi possible d'assurer des services de télécommunication de haute qualité, en particulier des services de téléphonie d'une qualité analogue à la voix humaine et de transmission de données dans le cadre d'un système par satellite à couverture mondiale. Les différences par rapport à l'interface radioélectrique de Terre mentionnées précédemment peuvent être résumées comme suit:

- débit binaire maximum possible limité à 144 kbit/s;
- fonctionnement des liaisons aller par transfert semi-progressif permanent pour les constellations offrant une diversité de satellite;
- combinaison permanente de la diversité de satellite sur les liaisons retour pour les constellations offrant une diversité de satellite;

² L'interface satellite C a fait l'objet d'une harmonisation avec les spécifications de l'interface SRI-G et toutes ses caractéristiques sont désormais intégrées dans les spécifications de l'interface SRI-G (version améliorée).

- précompensation Doppler au centre des faisceaux sur les liaisons de connexion (satellite passerelle) et sur les liaisons satellite/utilisateur;
- procédure en deux temps (contre trois dans le cas de l'interface de Terre) d'acquisition sur la liaison aller;
- mode facultatif du débit d'élément/2 pour une amélioration de la granularité en fréquence;
- mise en oeuvre d'un canal haute puissance réservé à la radiorecherche (*paging*) pour pénétrer dans les bâtiments;
- utilisation facultative (non standard) de symboles pilotes dans les canaux de communication;
- débit réduit de commande de puissance avec boucle prédictive à plusieurs niveaux pour tenir compte des durées de propagation plus longues;
- dans la liaison aller séquence d'embrouillage plus courte (2 560 éléments);
- utilisation facultative dans la liaison aller d'une séquence d'embrouillage plus courte (256 éléments) pour permettre un affaiblissement du brouillage par modulation AMRC au niveau de chaque terminal d'utilisateur;
- séquence plus longue du préambule à accès aléatoire.

La modulation AMRC-LBS présente un haut degré de similitude avec l'interface radioélectrique de Terre, ce qui facilite l'interopérabilité entre la composante de Terre et la composante satellite des IMT-2000.

4.3.1.1 Description architecturale

4.3.1.1.1 Structure des canaux

La présente spécification concerne juste la liaison de service, la liaison de connexion n'en faisant pas partie.

La liaison de service comporte un trajet aller, entre la station satellite et la station terrienne mobile (MES), et un trajet retour dans la direction opposée.

Au niveau de la couche physique, le flux d'informations à destination et en provenance de la MES est acheminé par des canaux logiques, conformes aux dispositions de la Recommandation UIT-R M.1035, lesquels utilisent comme support des canaux physiques (voir le Tableau 1).

TABLEAU 1

Correspondance entre canaux logiques et canaux physiques

Canaux logiques	Canaux physiques	Direction
BCCH	CCPH primaire	Aller
FACH PCH	CCPCH secondaire	Aller
DSCH	PDSCH PDSCH	Aller Aller
RACH RTCH	PRACH	Retour
DCCH	DPDCH	Bi-directionnelle
DTCH	DPDCH	Bi-directionnelle
Signalisation Couche 1	DPCCH	Bi-directionnelle

Dans la direction aller, il est prévu deux canaux physiques de diffusion, canaux physiques communs de commande (CCPCH), l'un primaire et l'autre secondaire; le primaire achemine le canal de commande de diffusion (BCCH) qui sert à diffuser les informations propres au système et aux faisceaux, tandis que le secondaire achemine deux canaux logiques, à savoir le canal d'accès aller (FACH), qui envoie les informations de commande à une MES identifiée lorsque sa position est connue, et un canal de radiorecherche (PCH), utilisé comme canal de radiorecherche à fort pouvoir de pénétration.

Le canal physique à accès aléatoire (PRACH) supporte le canal d'accès aléatoire (RACH), qui achemine les informations de commande, et le canal de trafic aléatoire (RTCH), qui assure l'acheminement de paquets utilisateurs de petite taille.

Le canal physique de commande dédié (DPCCH) sert à la transmission des données de signalisation de la Couche 1.

Le canal physique dédié de transmission de données (DPDCH) gère soit des informations, comme les informations de signalisation des couches supérieures acheminées via le canal de commande dédié (DCCH), soit des données utilisateurs bi-directionnelles qui empruntent le canal de trafic dédié (DTCH).

Les services supports ci-dessus peuvent être utilisés pour fournir des services de données soit à commutation de circuit, soit par paquet. Sur la liaison aller, le trafic de paquets est assuré soit sur le canal FACH, canal partagé sur liaison descendante (DSCH) permettant d'assurer plusieurs services utilisateurs sur la même connexion grâce à une structure multiplexée en temps, soit sur un canal dédié dans le cas de débits élevés. Sur la liaison retour, il est possible d'utiliser le canal RACH pour la transmission occasionnelle de paquets utilisateurs de petite taille; dans le cas contraire, pour autant que le débit reste modéré et/ou que le trafic de paquets soit faiblement utilisé, des codes ad hoc seront attribués à l'utilisateur par la station terrienne terrestre (LES) pour éviter toute collision de codes avec d'autres utilisateurs du canal RACH. Dans ce cas, le canal RTCH continue d'être mappé sur un canal physique du type RACH. Toutefois, la longueur de la partie données peut être variable (elle est dans tous les cas égale à un multiple de la longueur de trame de la couche physique). Dans le cas de canaux de paquets à débit élevé sur la liaison retour, il est possible de voir attribué un couple DPCCH/DPDCH, ce dernier n'étant transmis que lorsque la queue de paquets n'est pas vide; dans ce cas également un paquet peut s'étendre sur plusieurs trames de la couche physique. L'agilité en débits est alors prévue.

Un service de messagerie à fort pouvoir de pénétration est prévu comme service unidirectionnel (dans le sens aller, c'est-à-dire entre la station satellite et la station MES) pour la prise en charge de débits de données faibles correspondant à des messages de quelques dizaines d'octets. L'objectif premier est d'avoir un service de messagerie ou une alarme sonore destinée aux stations MES mises en place dans des bâtiments.

Indépendamment des canaux définis dans la Recommandation UIT-R M.1035, on a prévu un canal physique dédié pour la signalisation de la Couche 1, lequel assure le transport de symboles de référence aux fins de vérification de la synchronisation des canaux.

4.3.1.1.2 Constellation

La modulation AMRC-LBS n'impose aucune constellation particulière, étant conçue pour accepter en effet les constellations OTB, MEO, GEO ou HEO.

Bien qu'elles garantissent les meilleures performances du système, la diversité de satellite n'est pas considérée comme obligatoire.

4.3.1.1.3 Satellites

La modulation AMRC-LBS n'impose aucune architecture satellitaire particulière, étant donné qu'elle peut être utilisée avec une architecture soit de répéteurs à satellite «transparent», par guides d'ondes coudés, soit de répéteurs régénérateurs. Dans le cas de la liaison retour, pour une exploitation en diversité de trajet des satellites, il faut utiliser des répéteurs «transparent» étant donné que la démodulation se déroule au sol.

4.3.1.2 Description du système

4.3.1.2.1 Caractéristiques des services

Selon la classe de la station MES, la modulation AMRC-LBS permet la prise en charge de services supports entre 1,2 et 144 kbit/s, pour un taux d'erreur sur les bits (TEB) maximum correspondant compris entre 1×10^{-3} et 1×10^{-6} .

Le temps de propagation toléré maximum est de 400 ms, c'est-à-dire compatible avec n'importe laquelle des constellations de satellites mentionnées ci-dessus.

4.3.1.2.2 Caractéristiques du système

Dans la liaison aller comme dans la liaison retour il est prévu deux débits d'étalement, soit 3,840 Mélément/s (*plein débit*) et 1,920 Mélément/s (*demi-débit*).

La transmission est organisée en trames, dont la période est de 10 ms pour l'option 3,840 Mélément/s et de 20 ms pour l'option 1,920 Mélément/s. Les trames sont organisées en structure hiérarchique: une multitrame comprend 8 trames (option à plein débit) ou 4 trames (option à demi-débit) et sa période est de 80 ms; 9 multitrames constituent une supertrame dont la période est égale à 720 ms.

La liaison aller et la liaison retour sont pourvues l'une et l'autre de la commande de puissance en boucle fermée, boucle qui permet d'établir la valeur SNIR mesurée à une valeur cible après intégration par filtrage RAKE. La valeur cible est elle-même modifiée, par adaptation, au moyen d'une boucle de commande externe, de plus faible débit, utilisant les taux d'erreur sur les trames (TET) mesurés; à cette fin 8 bits de contrôle de redondance cyclique (4 pour le débit de 2 400 bit/s) sont ajoutés aux données dans chaque trame.

Une commande de puissance en boucle ouverte est prévue pour la transmission en mode paquet et l'établissement initial de la puissance pendant la phase d'établissement de l'appel.

Trois classes de service de base sont assurées grâce à une concaténation de codage et d'entrelacement, à savoir:

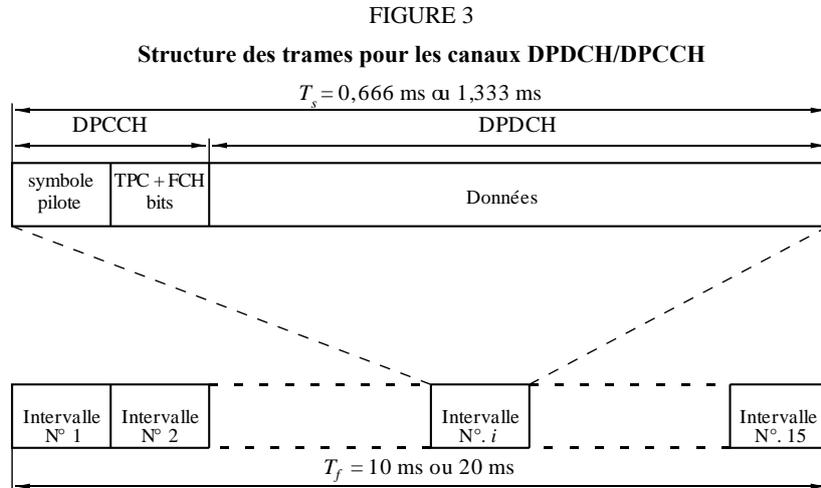
- une classe de services standard avec un codage interne (rendement de 1/3 convolutif; polynômes: 557, 663, 711) et entrelacement uniquement, avec un TEB cible égal à 1×10^{-3} ;
- une classe de services de haute qualité avec codage interne et entrelacement, plus codage RS et entrelacement externe (ou codage turbo en option), avec un TEB cible de 1×10^{-6} ;
- une classe de services avec un codage spécifique: dans ce cas, aucune correction d'erreur directe (CED) particulière n'est appliquée par l'interface radioélectrique, le codage CED possible étant entièrement géré au niveau d'une couche supérieure.

Ces classes permettent de satisfaire aux diverses exigences de qualité des services satellite choisis et en permettent une amélioration, au besoin, grâce au choix d'un codage spécifique.

Le schéma d'entrelacement est négocié à l'établissement de l'appel, en fonction du débit des données; la durée de l'entrelacement couvre un multiple entier de la période de trame. Le bloc d'entrelacement est quant à lui écrit par lignes sur un certain nombre de colonnes qui est une puissance de deux, l'exposant dépendant du débit des données. A la réception, ce bloc est lu par colonnes selon une séquence ascendante, c'est-à-dire que l'index des colonnes binaires est lu dans un ordre inversé.

Description de l'accès – Liaison aller

DPDCH/DPCCH – La structure des trames DPDCH/DPCCH est indiquée dans la Fig. 3. Chaque trame est divisée en 15 intervalles de temps, chacun transportant un DPDCH de multiplexage par division temporelle et le DPCCH correspondant.



M.1850-03

Le DPCCH transporte les symboles (pilote) de référence optionnels (voir la Note 1), le champ de commande de puissance (commande de la puissance d'émission, TPC) et l'en-tête de gestion des trames (FCH), qui indique le format et la vitesse du DPDCH. Les symboles pilote de référence sont optionnels.

Le format et le débit du DPDCH peuvent changer pendant la session de communication trame par trame: la station MES peut détecter le format et la vitesse de la trame en cours à partir de l'en-tête FCH. Le DPDCH peut même être absent dans certaines trames. Dès lors que le débit sur le DPDCH change, le niveau de puissance relatif des DPDCH et DPCCH change lui-aussi.

Le champ TCP comporte 2 bits. Pour la fonction TPC une seule commande d'augmentation/diminution par trame suffit en raison du temps de propagation important sur la boucle, mais une boucle à plusieurs niveaux permet de réagir plus rapidement aux changements de l'état du canal: un bit supplémentaire par trame est attribué à cet effet.

Le champ FCH comporte 3 bits, qui peuvent adresser 8 formats DPDCH différents: étant donné que les formats DPDCH possibles sont supérieurs à 8, le champ FCH choisira de fait un format de données dans un sous-ensemble des formats disponibles, qui est déterminé pendant la négociation de l'établissement de l'appel.

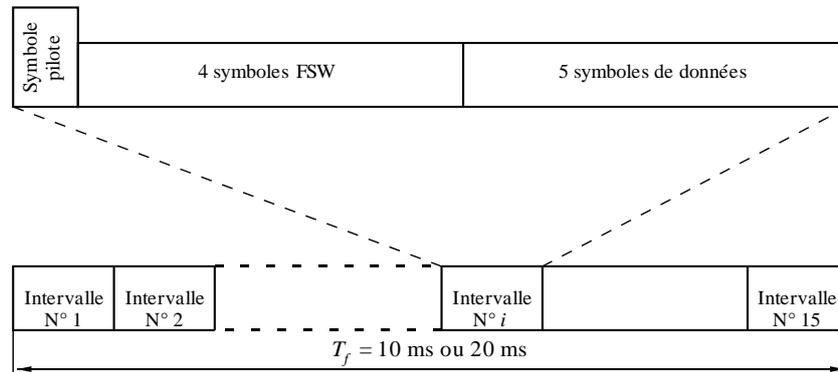
Les bits des champs TPC et FCH sont codés ensemble au moyen d'un mappage du mot de 5 bits résultant sur une seule séquence longue de 15 bits (mot code) appartenant à une famille de 32 séquences. La famille proposée, de 15 bits de long, de séquences s'obtient en additionnant tous les 15 déplacements cycliques d'une séquence ML d'une longueur de $2^4 - 1$, plus la séquence tout zéro, plus l'antipode de toutes les séquences précédentes. Le nombre total de séquences disponibles s'élève donc à 32. La corrélation croisée entre les séquences est soit de -1 , soit de -15 . Les séquences sont soit presque orthogonales, soit antipodales.

NOTE 1 – En principe l'estimation des canaux est effectuée au moyen du CCPCH, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de disposer de symboles pilote dans les différents DPCCH.

CCPCH – La structure des trames des CCPCH primaire et secondaire est indiquée dans la Fig. 4.

Le CCPCH primaire est transmis en continu à des débits fixes (15 kbit/s dans l'option plein débit et 7,5 kbit/s dans l'option demi-débit); il sert au transport du BCH et d'un mot de synchronisation trame (FSW).

FIGURE 4
Structure des trames pour les canaux CCPCH



M.1850-04

Le code du CCPCH primaire correspondant à ce canal est le même sur tous les faisceaux et satellites et est connu de toutes les stations MES. Deux mots FSW différents sont utilisés: l'un sur toutes les trames, à l'exception de la première de chaque multitrame, où est utilisé l'autre. On observera qu'aucun symbole pilote n'est utilisé sur le CCPCH. L'hypothèse est d'utiliser dans ce cas le pilote commun.

Le CCPCH secondaire assure le transport du canal de radiorecherche (PCH) et du canal d'accès aller (FACH). Ce canal est en outre un canal à débit constant et est transmis uniquement lorsqu'il existe du trafic utilisateur. Sur le CCPCH secondaire, les canaux FACH et PCH sont multiplexés en temps trame après trame à l'intérieur de la structure des supertrames. L'ensemble de trames attribuées respectivement aux canaux FACH et PCH est diffusé sur le canal BCCH. Aucune stratégie de commande de puissance n'est mise en oeuvre sur les CCPCH primaires et secondaires.

PDSCH/PDSCCH – Le canal physique partagé sur liaison descendante (PDSCH) achemine des données en paquets aux stations MES sans qu'il soit nécessaire d'attribuer un canal DCH permanent à chaque utilisateur, ce qui peut entraîner une pénurie de codes sur la liaison descendante. Les canaux PDSCH utilisent une branche de l'arbre de codes OVSF. Une seule station MES par trame est desservie dans le cas où le noeud de supertrame inférieur de la branche de codes (c'est-à-dire la racine même) est utilisé. Plusieurs stations MES par trame peuvent au contraire être desservies au moyen d'un multiplexage des codes dans le cas où est utilisé un facteur de supertrame supérieur (c'est-à-dire des noeuds inférieurs dans la structure arborescente). Tous les canaux PDSCH partagent un seul PDSCCH qui est transmis en multiplexage de codes et transporte à destination de tous les utilisateurs des informations sur l'assignation des codes, ainsi que sur les champs FCH et TPC.

Modulation et étalement

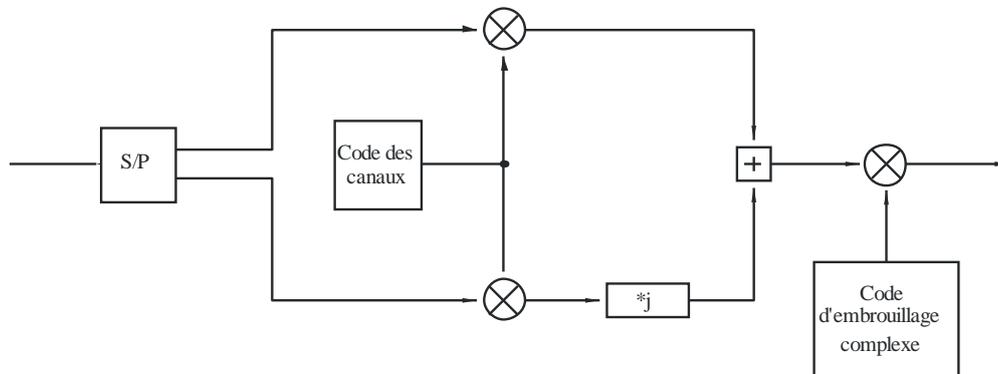
Le schéma de modulation (voir la Fig. 5) est du type modulation par déplacement de phase quadrivalente (MDP-4) dans lequel chaque paire de bits est mappée sur les composantes I et Q, qui sont ensuite étalées par rapport au débit des éléments avec le même code de canal c_{ch} , puis embrouillées au moyen du même code complexe, c_{scramb} , qui est propre au faisceau.

Pour les débits de données utilisateurs les plus faibles ($\leq 4\,800$ bit/s), c'est une modulation par déplacement de phase bivalente (MDP-2) qui est utilisée, et non la MDP-4, pour réduire la sensibilité aux erreurs de phase.

En choisissant des codes d'étalement brefs il est possible de mettre en oeuvre dans la station MES un démodulateur AMRC adaptatif, linéaire, à énergie en sortie minimale (MOE). L'utilisation optionnelle de détecteurs AMRC-MOE est destinée à accroître la capacité du système et/ou la qualité de service sans aucune incidence sur le segment spatial.

FIGURE 5

Modulation MDP-4/étalement MDP-2 pour les canaux physiques de la liaison aller



M.1850-05

Attribution des codes et synchronisation

Codes d'embrouillage – Le code d'embrouillage est une séquence quaternaire complexe d'une longueur de 2 560 éléments. A titre optionnel, il est envisagé d'utiliser un code d'embrouillage réel plus court (256 éléments) pour atténuer les brouillages par modulation AMRC-MOE au niveau de la station MES.

Le même code d'embrouillage (décalé par un nombre fixe d'éléments) peut être réutilisé dans chaque faisceau d'un satellite donné. Différents ensembles de codes d'embrouillage sont assignés à chaque engin spatial. Si différentes stations LES ont accès à un engin spatial donné sur le même intervalle de fréquences, elles doivent soit être mutuellement synchronisées, soit utiliser différents codes d'embrouillage. Selon les paramètres d'orbite, des séquences d'embrouillage peuvent être réutilisées entre des satellites qui n'ont pas la même région en visibilité simultanée. Les codes d'embrouillage peuvent être attribués selon plusieurs stratégies également en fonction des types de constellation et de charge utile (transparente ou régénératrice) ainsi que du degré de synchronisation des stations LES.

Le pilote commun CCPCH est nécessaire pour permettre la prise en charge du code initial et l'acquisition en fréquences ainsi que la diversité de satellite. L'utilisation optionnelle de symboles de référence en plus du pilote commun peut être nécessaire pour employer des antennes adaptatives.

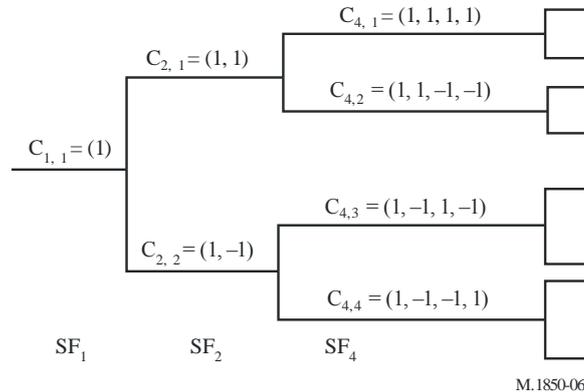
Codes de canaux – Les codes de canaux appartiennent à la famille des facteurs d'étalement orthogonaux variables (OVSF). Ils préservent en effet l'orthogonalité entre les canaux des liaisons aller à débits différents et les facteurs d'étalement. On notera qu'étant donné que le canal CCPCH ne diffère du canal DPDCH que sur le code (voir la Note 1), contrairement à ce qui se passe dans l'interface radioélectrique de Terre correspondante, le CCPCH est orthogonal par rapport au DPDCH.

Les codes OVSF peuvent être définis à l'aide de la configuration arborescente de la Fig. 6.

Chaque niveau dans l'arbre des codes définit des codes de canaux de longueur SF_i . Les codes ne peuvent pas tous être utilisés simultanément à l'intérieur du même faisceau; en effet, un code ne peut être utilisé que si aucun autre code n'est utilisé sur le trajet entre le code particulier et la racine ou dans le sous-arbre correspondant. Il s'ensuit que le nombre de codes de canaux disponibles n'est pas fixe, mais dépend du débit et du facteur d'étalement de chaque canal physique.

NOTE 1 – Les canaux CCPCH et DPDCH partagent en effet la même séquence d'embrouillage.

FIGURE 6
Génération arborescente des codes OVVSF



Acquisition et synchronisation

Dans la station MES, l'acquisition initiale s'effectue au moyen du pilote commun, lequel est modulé selon une configuration connue à faible débit, son code de découpage en canaux étant connu (séquence normalement constituée entièrement de zéro). La configuration de modulation permet d'étendre la durée du signal global en vue d'une exploitation par diversité de satellite. Dès qu'elle est mise sous tension, la station MES recherche le code d'embrouillage du pilote commun.

L'efficacité de cette dernière opération et donc la rapidité de la convergence de l'acquisition initiale dépendent du nombre de codes à rechercher et de la connaissance que peut avoir la station MES de l'existence des satellites candidats. L'utilisation, proposée, d'une séquence d'embrouillage échelonnée pour les différents faisceaux aidera à réduire la durée de l'acquisition initiale. La réutilisation de la séquence d'embrouillage entre différents satellites est en outre une façon de réduire les dimensions de l'espace de recherche initial.

Lorsqu'un pilote a été acquis, le CCPCH primaire peut être désalé et le BCCH peut être recouvert, ce qui permet de garder des informations spécifiques sur la liste des satellites candidats, avec les codes d'embrouillage correspondants, pour accélérer l'acquisition d'autres satellites.

Transfert

Il est envisagé quatre situations de transfert possibles concernant les faisceaux, les satellites, les stations LES et les fréquences.

Transfert interfaisceaux – La station MES mesure en permanence le pilote de désalé $C/(N + D)$ reçu des faisceaux adjacents et signale les résultats des mesures à la station LES. Lorsque la qualité du pilote faisceau se rapproche d'un seuil système, la station LES lance normalement une procédure de transfert interfaisceaux. Selon les informations reçues de la station MES concernant le pilote, la station LES décide de transmettre le même canal sur deux faisceaux différents (transfert progressif) et commande à la station MES d'ajouter un filtre pour démoduler le signal supplémentaire. Dès que la station LES reçoit confirmation de la réception du nouveau signal, elle interrompt la connexion de l'ancien faisceau.

Transfert intersatellites – La procédure est analogue à celle correspondant au transfert interfaisceaux, si ce n'est que la station MES doit elle aussi chercher différents codes d'embrouillage pilotes. Si elle en détecte un, elle le signale à la station LES, qui peut choisir d'utiliser la diversité de satellite en transmettant le même signal via différents satellites.

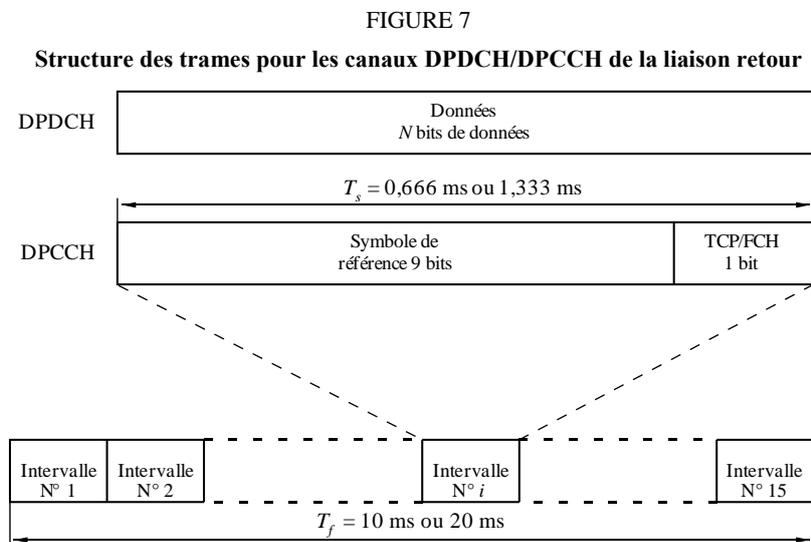
Lorsque la constellation de satellites permet une diversité de trajet, il est utile d'appliquer aux utilisateurs mobiles un mode permanent de transfert plus progressif; dans ce cas, la station LES associe le même canal aux trajets les plus puissants et la station MES exploite la diversité de trajet par une combinaison de rapport maximal.

Transfert inter-LES – Dans certains cas, il peut être nécessaire de recourir à un transfert inter-LES en fonction des caractéristiques de la constellation. Le transfert inter-LES est négocié entre les stations LES; en particulier, la nouvelle station LES commence à transmettre sa porteuse à destination du mobile auquel, simultanément, l'ancienne station LES demande de chercher le signal de la nouvelle station LES. Lorsque la station MES confirme à l'ancienne station LES qu'elle reçoit également le signal de la nouvelle station LES, l'ancienne station LES arrête de transmettre à destination de la station MS.

Transfert inter-fréquences – Seul le transfert inter-fréquences franc est possible; il peut être du type intra ou inter-passerelles.

Description de l'accès – Liaison retour

Structure des trames DPDCH/DPCCH – La structure des trames DPDCH/DPCCH de la liaison retour (voir la Fig. 7) est identique à celle de la liaison aller, mais, contrairement à cette dernière, les trames DPDCH/DPCCH sont multiplexées non pas par répartition dans le temps mais en code.



M.1850-07

Dans le canal DPCCH, le champ TCP/FCH exécute la même fonction que dans le cas de la liaison aller. Comme dans cette dernière, ces bits sont mappés sur une séquence appartenant à une famille de 32 séquences. La famille de séquences proposée, d'une longueur de 15 bits, est obtenue par l'adjonction des 15 décalages cycliques d'une séquence ML de longueur $2^4 - 1$, plus la séquence tout zéro, plus l'antipode de toutes les séquences précédentes. Les séquences sont soit presque orthogonales, soit antipodales.

La distribution des bits de référence est décrite dans le Tableau 2. La partie ombrée peut être utilisée comme mots de synchronisation trame. La valeur du bit pilote, autre que le mot de synchronisation trame, est de 1. Le mot de synchronisation trame est inversé pour marquer le début d'une multitrame.

Le débit auquel sont transmis les bits des symboles de référence et du champ TPC/FCH est fixe et égal à 15 kbit/s pour l'option plein débit des éléments et à 7,5 kbit/s pour l'option demi-débit.

Comme dans le cas de la liaison aller, 2 et 3 bits seront transmis par trame pour les fonctions respectivement TPC et FCH.

- Le nombre de bits par intervalle DPDCH est relatif au facteur d'étalement SF du canal physique, étant donné que $SF = 256/2^k$ avec $k = 0, \dots, 4$. Le facteur d'étalement peut donc varier de 256 à 16.

TABLEAU 2
Distribution des bits de référence pour le canal DPCCH
de la liaison montante

Intervalle N°	Bit N°								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	1	0	1
3	1	0	1	0	1	1	1	0	1
4	1	0	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	0	1	0	1
6	1	0	1	1	1	0	1	1	1
7	1	0	1	1	1	1	1	0	1
8	1	1	1	0	1	1	1	1	1
9	1	0	1	1	1	1	1	0	1
10	1	1	1	0	1	0	1	0	1
11	1	0	1	0	1	0	1	0	1
12	1	0	1	1	1	0	1	0	1
13	1	0	1	0	1	1	1	1	1
14	1	1	1	0	1	1	1	0	1
15	1	0	1	0	1	1	1	1	1

Structure des trames PRACH – La structure des trames PRACH est illustrée dans la Fig. 8.

FIGURE 8
Structure des trames pour le canal PRACH



M.1850-08

La partie préambule est constituée en modulant un mot code de 48 symboles sur un code d'étalement d'une longueur de 256 éléments.

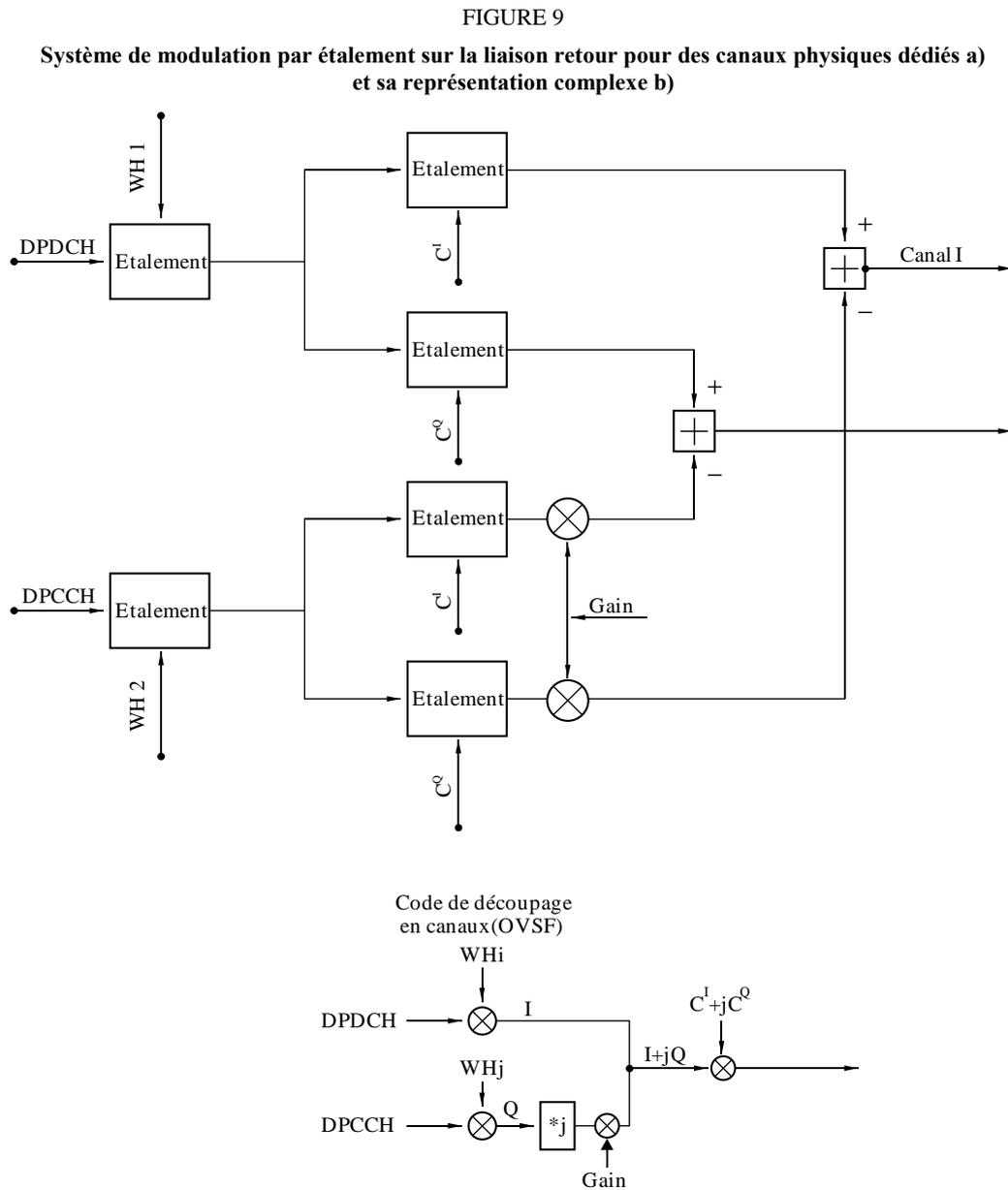
Ce préambule est sélectionné de manière aléatoire par la station MES parmi un petit ensemble de mots codes quaternaires. Le code d'étalement est sélectionné de manière aléatoire lui aussi entre les codes d'étalement disponibles pour l'accès aléatoire. Les informations concernant les codes d'étalement disponibles sont données sur le canal BCCH.

La partie données de la salve RACH se compose de fait d'un canal de données sur la composante de transmission I et d'un canal de commande associé sur la composante Q transportant les symboles de référence pour la démodulation cohérente et d'un FCH qui informe sur le débit des données et sur le format de la composante I. Le débit des données de la partie préambule est quant à lui fixe et égal à

15 ksymbole/s ou à 7,5 ksymbole/s selon l'option retenue pour le débit des éléments. La longueur de la partie donnée de la salve RACH est égale à une trame (c'est-à-dire 10 ou 20 ms selon l'option retenue).

Sur le canal RACH aucune combinaison par diversité n'est possible.

Modulation et étalement – Le code de modulation/étalement utilisé dans la liaison retour est indiqué dans la Fig. 9. La modulation de données est du type MDP-2, où les canaux DPDCH et DPCCH sont mappés respectivement sur les composantes I et Q de la porteuse. Ces composantes sont ensuite étalées en fonction du débit des éléments avec deux codes de canaux différents c_d/c_c puis font l'objet d'un embrouillage complexe au moyen d'un code complexe à quatre phases propre à la station mobile.



M.1850-09

La longueur du code d'embrouillage est égale à une seule trame (38 400 éléments). Une option pourvue d'un code bref (256) est en cours d'évaluation en vue d'une possible utilisation avec une technique de réduction des brouillages du type MMSE. Les séquences d'embrouillage sont les mêmes que celles définies dans la spécification TS25.213 (élaborée par le 3GPP).

Des codes d'embrouillage sont attribués à la station MES par la station LES sur une base semi-permanente.

Les codes de canaux sont les mêmes codes OVSF que pour la liaison aller.

4.3.1.2.3 Caractéristiques des terminaux

La modulation AMRC-LBS s'applique à quatre classes de terminaux MES: portatif (H), véhicule (V), transportable (T) et fixe (F). Dans le Tableau 3 les caractéristiques des terminaux sont présentées en regard de ces différentes classes.

TABLEAU 3
Services supports

Débit, données supports (kbit/s)	QoS acceptée	Classes de terminaux MES
1,2	10^{-6}	H,V,T,F
2,4	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
4,8	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
9,6	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
16	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
32	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	V,T,F
64	$10^{-5}, 10^{-6}$	V,T,F
144	$10^{-5}, 10^{-6}$	T,F

4.3.1.2.4 Spécifications RF

4.3.1.2.5 Station satellite

Les spécifications RF de la station satellite dépendent de l'architecture effective du segment spatial.

4.3.1.2.6 Station MES

Le Tableau 4 présente les spécifications RF correspondant aux différentes classes de stations MES.

TABLEAU 4
Spécifications RF des stations MES

Paramètre RF	Classe de stations MES		
	H	V	T
Largeur de bande du canal (kHz)	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾
Stabilité en fréquence, liaison montante (ppm)	3	3	3
Stabilité en fréquence, liaison descendante (ppm)	0,5	0,5	0,5
p.i.r.e. maximale (dBW)	3,0	16,0	16,0
p.i.r.e. moyenne par canal (dBW)	(3)	(3)	(3)

TABLEAU 4 (*fin*)

Paramètre RF	Classe de stations MES		
	H	V	T
Gain d'antenne (dBi)	-1,0	2,0 ⁽⁴⁾ , 8,0 ⁽⁵⁾	4,0 ⁽⁴⁾ , 25,0 ⁽⁵⁾
Plage de commande de puissance (dB)	20,0	20,0	20,0
Pas de commande de puissance (dB)	0,2-1	0,2-1	0,2-1
Fréquence de commande de puissance (Hz)	50÷100	50÷100	50÷100
Isolation émission/réception (dB)	> 169	> 169	> 169
G/T (dB/K)	-23,0 ⁽⁴⁾ , -23,0 ⁽⁵⁾	-23,5 ⁽⁴⁾ , -20,0 ⁽⁵⁾	-23,5 ⁽⁴⁾ , -20,0 ⁽⁵⁾
Compensation par effet Doppler	Oui	Oui	Pas applicable
Restriction en mobilité (vitesse max. (km/h))	250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾	250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾	Pas applicable

(1) Option demi-débit (1,920 Mélément/s).

(2) Option plein débit (3,840 Mélément/s).

(3) Suivant les caractéristiques de la station satellite.

(4) Valeur type pour une constellation OTB.

(5) Valeur type pour une constellation GEO.

Spécifications en bande de base

Les spécifications en bande de base sont indiquées dans le Tableau 5.

TABLEAU 5

Caractéristiques en bande de base

BB-1	Accès multiple	
BB-1.1	Technique	AMRC séquence directe
BB-1.2	Débit d'éléments (si applicable)	1,920 Mélément/s ou 3,840 Mélément/s
BB-1.3	Intervalles de temps (si applicable)	15 intervalles de temps par trame
BB-2	Type de modulation	– MDP-2 à code double sur liaison montante – MDP-4 ou MDP-2 sur liaison descendante
BB-3	Attribution dynamique des canaux (oui/non)	Non
BB-4	Méthode de duplexage (par exemple DRF, DRT)	DRF

TABLEAU 5 (*fin*)

BB-5	Correction d'erreur directe	<ul style="list-style-type: none"> – Qualité normale: codage convolutif avec rendement de codage 1/3 ou 1/2 et longueur de contrainte $k = 9$. Répétition/poinçonnage variable adaptée au débit d'info demandé. – Haute qualité: code RS sur $GF(2^8)$, concaténé avec code convolutif interne avec rendement de 1/3 ou 1/2, et longueur de contrainte $k = 9$. Turbo codage optionnel
BB-6	Entrelacement	<ul style="list-style-type: none"> – Entrelacement sur une seule trame (par défaut). – Entrelacement sur plusieurs trames (optionnel)
BB-7	Synchronisation requise entre satellites (oui/non)	<ul style="list-style-type: none"> – La synchronisation entre stations de base associées à des satellites différents n'est pas requise. – La synchronisation entre stations de base associées à un même satellite est requise

Spécifications détaillées

Les spécifications détaillées de l'interface radioélectrique AMRC-LBS reposent sur les documents suivants:

- *couche physique*: version la plus récente des documents découlant de la série 25.200 (voir la Note 1);
- *protocoles*: versions les plus récentes des projets de la série 25.300 (voir la Note 2).

NOTE 1 – Cet ensemble de spécifications détaillées est actuellement élaboré au sein du Groupe de travail TC SES S-UMTS de l'ETSI parmi la famille des normes volontaires pour l'interface satellite des IMT-2000. Cette spécification fournira une description générale de la couche physique de l'interface AMRC LBS.

NOTE 2 – Développés au sein du SGT RAN du 3GPP, ces documents sont disponibles à l'adresse: <http://www.3gpp.org/RAN> et <http://www.3gpp.org/RAN4-Radio-performance-and>. Cette spécification décrit les documents élaborés par le GT 4 du SGT RAN du 3GPP.

4.3.2 Spécifications de l'interface satellite B (SRI-B)

L'accès multiple par répartition dans le temps/en code large bande (AMRT/C-LB) est une interface satellite conçue pour satisfaire les exigences de la composante satellite des systèmes hertziens de la troisième génération (3G) (voir la Note 1).

L'interface radioélectrique AMRT/C-LB est supposée conforme à l'interface radioélectrique du coeur de réseau ainsi qu'aux spécifications se rapportant aux interfaces I_u et C_u .

L'AMRT/C-LB est basée sur les techniques hybrides d'accès multiple par répartition dans le temps et d'accès multiple par différences de code (AMRT/C) avec une largeur de bande pour les canaux RF soit de 2,350, soit de 4,700 MHz pour chaque sens de transmission.

L'AMRT/C-LB se caractérise par une structure en intervalles, exploitation quasi synchrone de la liaison montante donnant une division quasi orthogonale de la plupart des ressources radioélectriques d'un système à satellites à faisceaux unique ou multiple.

Conformément aux dispositions applicables aux bandes de fréquences attribuées aux IMT-2000, le mode de duplexage normal est le DRF, mais un mode DRF/DRT est possible, l'émission ayant alors lieu dans un intervalle de temps différent de celui de la réception et dans des bandes de fréquences différentes. L'option à demi-débit donne une granularité du spectre plus fine et une meilleure robustesse par rapport à la synchronisation et au suivage des éléments dans les canaux dotés d'un important effet Doppler.

L'AMRT/C-LB permet de fournir une large gamme de services supports entre 1,2 et 144 kbit/s: elle permet d'assurer des services de télécommunication de haute qualité, en particulier des services de transmission de données et de téléphonie d'une qualité proche de la voix dans un environnement de satellites à couverture mondiale. Elle offre d'autres caractéristiques propres à l'environnement satellitaire, comme par exemple la fourniture d'un canal de radiorecherche à fort pouvoir de pénétration.

L'AMRT/C-LB est pourvue des principales caractéristiques suivantes:

- capacité système supérieure aux systèmes AMRT ou AMRF en bande étroite;
- exploitation en mode DRF/DRT nécessitant des terminaux pourvus de diplexeurs d'antenne moins exigeants;
- plus grande souplesse d'attribution des ressources grâce à la division orthogonale (MRT/AMRT) d'un fort pourcentage de ressources radioélectriques en plus du MRC/AMRC;
- possible réutilisation complète des fréquences, ce qui simplifie leur planification;
- plus fine granularité des débits de données utilisateurs par rapport à des systèmes en bande étroite, ce qui permet d'éviter des rapports puissance de crête/puissance efficace élevés;
- précision du positionnement de l'utilisateur sans moyens extérieurs;
- service de messagerie à fort pouvoir de pénétration.

NOTE 1 – L'interface radioélectrique AMRT/C-LB est actuellement examinée par le Comité technique SES de l'ETSI, parmi la famille des interfaces satellites pour les IMT-2000, comme «norme volontaire».

4.3.2.1 Description architecturale

4.3.2.1.1 Structure des canaux

La présente spécification ne concerne que la liaison de service, la liaison de connexion n'en faisant pas partie.

La liaison de service se compose d'une liaison aller, entre la station satellite et la station MES, et d'une liaison retour dans la direction opposée.

Au niveau de la couche physique, le flux d'informations en provenance et à destination de la station MES emprunte des canaux logiques, définis dans la Recommandation UIT-R M.1035.

Ces canaux logiques utilisent comme support des canaux physiques.

L'AMRT/C-LB adopte la même structure de canaux physiques que l'interface radioélectrique de Terre. Le mappage entre canaux physiques et canaux logiques est illustré dans le Tableau 6.

Dans le sens aller il est prévu deux canaux physiques de diffusion, un canal physique commun de commande primaire et un secondaire, CCPCH-P/S.

Le canal CCPCH primaire supporte le canal de commande de diffusion (BCCH) utilisé pour diffuser les informations propres au système et aux faisceaux.

Le canal CCPCH secondaire supporte deux canaux logiques, à savoir les canaux d'accès aller (FACH) qui acheminent l'information de commande à destination d'une station MES, lorsque sa position est connue.

Le PRACH supporte le RACH qui achemine l'information de gestion, et le RTCH, qui lui transporte des paquets utilisateurs de petite taille.

TABLEAU 6

Mappage des canaux logiques sur les canaux physiques

Canaux logiques	Canaux physiques	Direction
BCCH	CCPCH primaire	Aller
FACH	CCPCH secondaire	Aller
Pilote	PI-CCPCH	Aller
PCH	HP-CCPCH	Aller
RACH RTCH	PRACH	Retour
DCCH	DDPCH	Bi-directionnelle
DTCH	DDPCH	Bi-directionnelle
Signalisation couche 1 et symboles pilotes	DCPCH	Bi-directionnelle

Le canal physique de commande dédié (DCPCH) est utilisé pour la signalisation de la couche 1.

Le DDPCH sert au transport soit d'informations de commande, par exemple pour la signalisation des couches supérieures, qui empruntent le canal de commande dédié (DCCH), soit de données utilisateur bidirectionnelles acheminées via le canal de trafic dédié (DTCH).

Les services supports ci-dessus peuvent être utilisés pour assurer la fourniture de services de données à commutation de circuit et par paquet.

Il est possible d'assurer sur la même connexion de multiples services d'utilisateur à l'aide d'une structure multiplexée en temps.

Il a été prévu pour ce faire un canal physique de commande spécifique, le CCPCH-HP, qui supporte, dans la liaison aller, le canal de radiorecherche à fort pouvoir de pénétration, service à faible débit binaire, dont l'objet premier est d'assurer un service de radiorecherche ou d'alarme sonore pour les stations MES localisées à l'intérieur de bâtiments.

4.3.2.1.2 Constellation

La modulation AMRT/C-LB n'impose aucune constellation particulière, ayant été conçue pour être acceptée par les constellations de satellite sur orbite terrestre basse, moyenne, géostationnaire ou élevée (OTB, MEO, GEO ou HEO).

Même si elle assure au système ses meilleures performances, la couverture par faisceaux ponctuels multiples n'est pas considérée comme une dotation obligatoire.

4.3.2.1.3 Satellites

La modulation AMRT/C-LB n'impose aucune architecture satellitaire particulière, étant donné qu'elle peut être utilisée avec une architecture soit de répéteurs à satellite «transparents», par guides d'ondes coudés, soit de répéteurs régénérateurs.

4.3.2.2 Description du système

4.3.2.2.1 Caractéristiques des services

Selon la classe de la station MES, la modulation AMRT/C-LB permet la prise en charge de services supports entre 1,2 et 144 kbit/s, pour un TEB maximum correspondant compris entre 1×10^{-3} et 1×10^{-6} .

Le temps de propagation toléré maximum est de 400 ms, c'est-à-dire compatible avec n'importe laquelle des constellations de satellite mentionnées.

4.3.2.2.2 Caractéristiques du système

Dans la liaison aller comme dans la liaison retour il est prévu deux débits d'étalement, soit 3,840 Mélément/s (plein débit) et 1,920 Mélément/s (demi-débit).

La liaison aller et la liaison retour sont pourvues l'une et l'autre de la commande de puissance en boucle fermée, boucle qui permet d'établir la valeur SNIR mesurée à une valeur cible après intégration par filtrage RAKE. La valeur cible est elle-même modifiée, par adaptation, au moyen d'une boucle de commande externe, de plus faible débit, utilisant les taux d'erreur sur les trames mesurés. A cette fin 8 bits de contrôle de redondance cyclique (4 pour le débit de 2 400 bit/s) sont ajoutés aux données dans chaque trame.

Une commande de puissance en boucle ouverte est prévue pour la transmission en mode paquet et l'établissement initial de la puissance pendant la phase d'établissement de l'appel.

Trois classes de service de base sont assurées grâce à une concaténation de codage et d'entrelacement, à savoir:

- une classe de services standard avec un codage interne (rendement de 1/3 convolutif; polynômes: 557, 663, 711) et entrelacement uniquement, avec un TEB cible égal à 1×10^{-3} ;
- une classe de services de haute qualité avec codage interne et entrelacement, plus codage RS et entrelacement, avec un TEB cible de 1×10^{-6} après le décodage interne;
- une classe de services avec un codage spécifique: dans ce cas aucune technique de codage CED particulière n'est appliquée par l'interface radioélectrique, le codage CED possible étant entièrement géré au niveau d'une couche supérieure.

Ces classes permettent de satisfaire aux diverses exigences de qualité de services satellites choisis et en permettent une amélioration, au besoin, grâce au choix d'un codage spécifique.

Le schéma d'entrelacement est négocié à l'établissement de l'appel, en fonction du débit des données; la durée de l'entrelacement couvre un multiple entier de la période de trame. Le bloc d'entrelacement est quant à lui écrit par lignes sur un certain nombre de colonnes, qui est une puissance de 2, l'exposant dépendant du débit des données. A la réception, ce bloc est lu par colonnes selon une séquence ascendante, c'est-à-dire que l'index des colonnes binaires est lu dans un ordre inversé.

Diversité de satellite

Dans le cas d'une couverture par plusieurs satellites, la station LES peut décider de combiner les signaux sur la liaison retour des satellites assurant la couverture commune avec le signal sur la liaison retour reçu via le satellite primaire, pour améliorer la valeur du rapport SNIR et réduire les risques d'écran. Puisque l'exploitation quasi synchrone est limitée au satellite primaire, le rapport SIR résultant au niveau d'un démodulateur de satellite secondaire, où les signaux de l'utilisateur sont reçus en mode asynchrone, est généralement plus faible. En dépit de ces inégalités en ce qui concerne le rapport SIR, on peut montrer l'existence d'un gain important grâce aux techniques de combinaison de rapport maximal, qui peut être utilisé pour accroître l'efficacité et la capacité de la puissance sur la liaison retour.

Description de l'accès

Sur la liaison aller, entre la station satellite et la station MES, on adopte un AMRT orthogonal. Sur la liaison retour, entre la station MES et la station satellite, on adopte une AMRT/C-LB quasi synchrone.

La transmission est organisée en trames, comme l'illustre la Fig. 10. Une trame a une période de 20 ms et est subdivisée en 8 intervalles de temps. Les trames sont organisées en multitrames (MF, de 180 ms) comprenant 8 trames ordinaires, plus une supplémentaire.

La coexistence entre trafic synchrone et trafic asynchrone (accès initial) est gérée selon une méthode ventilée, dans le cadre de laquelle les ressources disponibles sont réparties en temps dans deux trames, dont chacune est réservée à son utilisation spécifique.

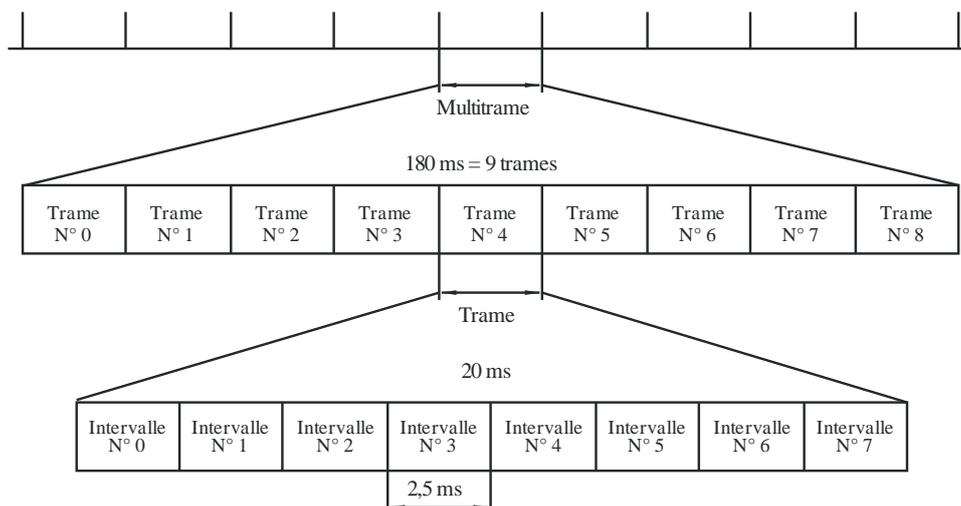
Dans la liaison aller, la trame 0 est réservée aux fonctions communes de diffusion (radiorecherche, canal de messagerie à fort pouvoir de pénétration, synchronisation, etc.).

La première trame de chaque multitrame (trame 0) est réservée au trafic asynchrone; dans la liaison retour, les paquets sont transmis de manière asynchrone par les stations MES dans la trame 0 de chaque multitrame, comme l'illustre la Fig. 11.

Salves – La transmission se fait par salves, qui peuvent durer un seul intervalle de temps ou un nombre entiers d'intervalles.

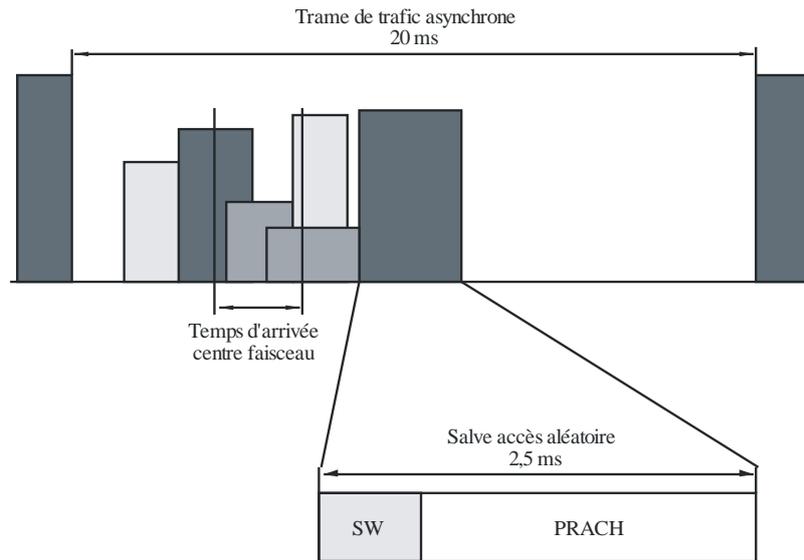
FIGURE 10

Structure des trames sur les liaisons aller et retour



M.1850-10

FIGURE 11
Trafic asynchrone dans la liaison retour, trame 0



M.1850-11

Dans le cas du trafic synchrone, une salve peut durer un nombre entier d'intervalles de temps, qui ne sont pas nécessairement contigus.

Dans le cas du trafic asynchrone, les salves sont transmises, dans une trame à laquelle ne correspond pas d'intervalle, de façon aléatoire, mais de telle sorte qu'elles n'envahissent pas les trames adjacentes.

Il est envisagé deux tailles de salve: une brève de 160 octets et une longue de 320 octets.

La durée d'une salve dépend du débit d'éléments et du facteur d'étalement choisis.

La taille des salves et le facteur d'étalement sont gérés par la station LES et ne peuvent pas être modifiés pendant une session. Le débit d'information peut varier d'une salve à l'autre.

Liaison aller

DCPCH/DDPCH – Dans la liaison aller, les canaux DCPCH et DDPCH sont multiplexés sur la même salve (salve dédiée de la liaison aller); la structure des salves est illustrée dans la Fig. 12.

Le DPCCH transporte les symboles (pilotes) de référence, le champ de commande de puissance (TPC), l'en-tête de commande des trames (FCH), qui indique le rendement de codage effectif, et le champ de commande temporel et fréquentiel (TFC), nécessaires pour un fonctionnement quasi synchrone.

FIGURE 12

Salve dédiée sur la liaison aller

DCPCH				DDPCH
FCH	TPC	TFC	Pilot	Données utilisateur
n_{FCH}	n_{TPC}	n_{TFC}	(n_{Pilot})	n_{DDPCH}
n_{OFD}				
Données de commande et d'utilisateur entrelacées, symboles pilotes également espacés				
1, 2 ou 4 intervalles				

M.1850-12

La salve commune de la liaison aller transporte le CCPCH. Sa structure est illustrée dans la Fig. 13.

FIGURE 13

Salve commune de la liaison aller

CCPCH	
FCH	Données
n_{FCH}	n_{DDPCH}
n_{OFD}	
Données de commande et d'utilisateur entrelacées	
1, 2 ou 4 intervalles	

M.1850-13

La salve de synchronisation de la liaison aller transporte le canal de messagerie à fort pouvoir de pénétration (HP-CCPCH). Sa structure est illustrée dans la Fig. 14.

FIGURE 14
Salve de synchronisation de la liaison aller

HP-CCPCH		
SW	Pilote	Données
n_{SWS}	n_{PFS}	n_{DFS}
n_{OFS}		
SW	Symboles pilotes également espacés	
1 intervalle		

M.1850-14

Liaison retour

Dans la liaison retour il est prévu deux structures de salve: une salve d'accès aléatoire et une salve dédié. Leur structure est illustrée respectivement dans les Fig. 15 et 16.

FIGURE 15
Salve d'accès aléatoire sur la liaison retour

PRACH		
SW	Pilot	Données
n_{SRR}	n_{PRR}	n_{DRR}
n_{ORR}		
SW	Symboles pilotes également espacés	
1 intervalle		

M.1850-15

FIGURE 16
Salve dédiée sur la liaison retour

DCPCH			DDPCH
FCH	TPC	Pilot	Données utilisateur
n_{FRD}	n_{TRD}	(n_{PRD})	n_{DRD}
n_{ORD}			
Données de commande et d'utilisateur entrelacées, symboles pilotes également espacés			
1, 2 ou 4 intervalles			

M.1850-16

Définition des paramètres des salves

Les paramètres des salves sont définis dans les Tableaux 7 à 11.

TABLEAU 7
Salve dédiée sur la liaison aller

		Salve brève		Salve longue	
		Symboles	Pourcentage	Symboles	Pourcentage
Total	N_{OFD}	160	100	320	100
Données	N_{DFD}	112	70	256	80
(Pilote)	(N_{PFD})	(16)	(10)	(32)	(10)
FCH	N_{FFD}	16	10	16	5
TPC	N_{TPD}	8	5	8	2,5
TFC	N_{TFD}	8	5	8	2,5
Sous-total		48	30	64	20

TABLEAU 8
Salve de commande commune sur la liaison aller

		Salve brève		Salve longue	
		Symboles	Pourcentage	Symboles	Pourcentage
Total	N_{OFC}	160	100	320	100
Données	N_{DFC}	144	90	304	95
FCH	N_{FFC}	16	10	16	5
Sous-total		16	10	16	5

TABLEAU 9

Salve de synchronisation sur la liaison aller

		Salve brève	
		Symboles	Pourcentage
Total	N _{OF5}	160	100
Données	N _{DF5}	112	70
SW	N _{SW5}	32	20
Pilote	N _{PFS}	16	10
Sous-total		48	30

TABLEAU 10

Salve d'accès aléatoire

		Salve brève	
		Symboles	Pourcentage
Total	N _{ORR}	160	100
Données	N _{DRR}	112	70
SW	N _{SRR}	32	20
Pilote	N _{PRR}	16	10
Sous-total		48	30

TABLEAU 11

Salve dédiée sur la liaison retour

		Salve brève		Salve longue	
		Symboles	Pourcentage	Symboles	Pourcentage
Total	N _{ORD}	160	100	320	100
Données	N _{DRD}	120	75	264	82,5
Pilote	N _{PRD}	16	10	32	10
FCH	N _{FRD}	16	10	16	5
TPC	N _{TRD}	8	5	8	2,5
Sous-total		40	25	56	17,5

Assignment des canaux et mode de transmission

Combiner une assignation d'un certain nombre d'intervalles de temps et de codes d'étalement dans une multiframe constitue une assignation virtuelle de canaux. Le nombre de codes sera vraisemblablement égal à 1, mais pourrait être supérieur si l'on prend en considération des stations MES capables de recevoir et/ou d'émettre des codes multiples. L'assignation d'intervalles pour des canaux dédiés est limitée aux trames N° 1 à N° 8 (N° 5 dans l'option à 5 trames par multiframe). Une assignation de canaux est valable pour la durée d'une session.

Le principe des codes OVVSF permet à des canaux orthogonaux ou quasi orthogonaux avec des codes associés à différents facteurs d'étalement de coexister. Les codes d'étalement, intervalles, types de salve et autres paramètres correspondant aux liaisons aller et retour sont assignés par la station LES pendant l'établissement d'une session. Il est proposé de ne pas changer le code d'étalement (facteur d'étalement) pendant une session; la transmission à débit variable se réalise en effet uniquement en changeant le rendement de codage.

Différents modes de transmission sont pris en considération, à savoir:

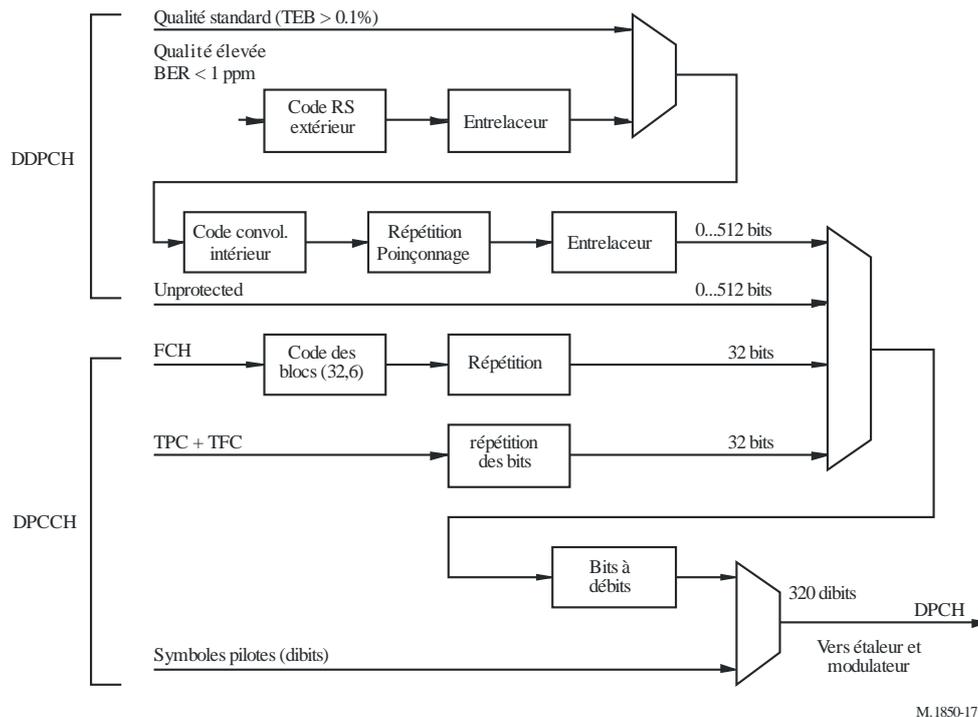
- transmission bi-directionnelle de trains: un canal de communication est assigné aux liaisons aller et retour;
- transmission unidirectionnelle de trains sur la liaison aller: un canal de communication est assigné uniquement sur la liaison aller;
- transmission unidirectionnelle de trains sur la liaison retour: ce mode est interdit étant donné qu'il n'est pas possible d'envoyer des ordres TFC sur la liaison aller;
- transfert de données par paquet: si la fréquence de transmission de paquets à une même destination est faible, aucun canal ne sera assigné et les paquets seront transférés en trame N° 0, quel que soit le sens de transmission. (Dans le sens retour on utilisera de préférence pour le transfert des paquets les zones situées aux extrémités de la trame N° 0 où l'encombrement est supposé moindre). Si la fréquence de transmission des paquets à une même destination est suffisamment élevée pour justifier l'établissement d'une session, il est possible d'assigner un canal dédié dans les trames N° 1 à N° 8.

Il est essentiel de bien choisir le seuil de justification en vue d'une assignation d'un canal dédié pour un transfert de données en mode paquet; ce choix devrait permettre de ne pas surcharger la trame N° 0 en particulier sur la liaison retour et d'économiser de la puissance satellite. Le transfert de données en mode paquet sans connexion ne permettant pas la commande de puissance, il faut prévoir sur les liaisons des marges plus importantes en vue de la transmission de paquets nécessitant plus de puissance satellite. Par ailleurs, les opérations d'assignation des canaux supposent un complément de signalisation qui demande un surcroît d'énergie satellite et réduit la capacité.

Codage des canaux, adaptateur de débit et multiplexage de services

L'organisation du codage des canaux et du multiplexage des services est présentée dans la Fig. 17 et est applicable aux canaux physiques dédiés des liaisons aller et retour. Le diagramme est de nature générique et s'applique au cas simple où un seul service, d'une qualité et d'un débit précis, est transmis sur une seule salve dans un seul canal à code, ainsi qu'au cas plus général où plusieurs services exigeant des qualités et des débits différents sont simultanément transmis sur une seule salve dans un seul canal à code.

FIGURE 17
Codage et multiplexage



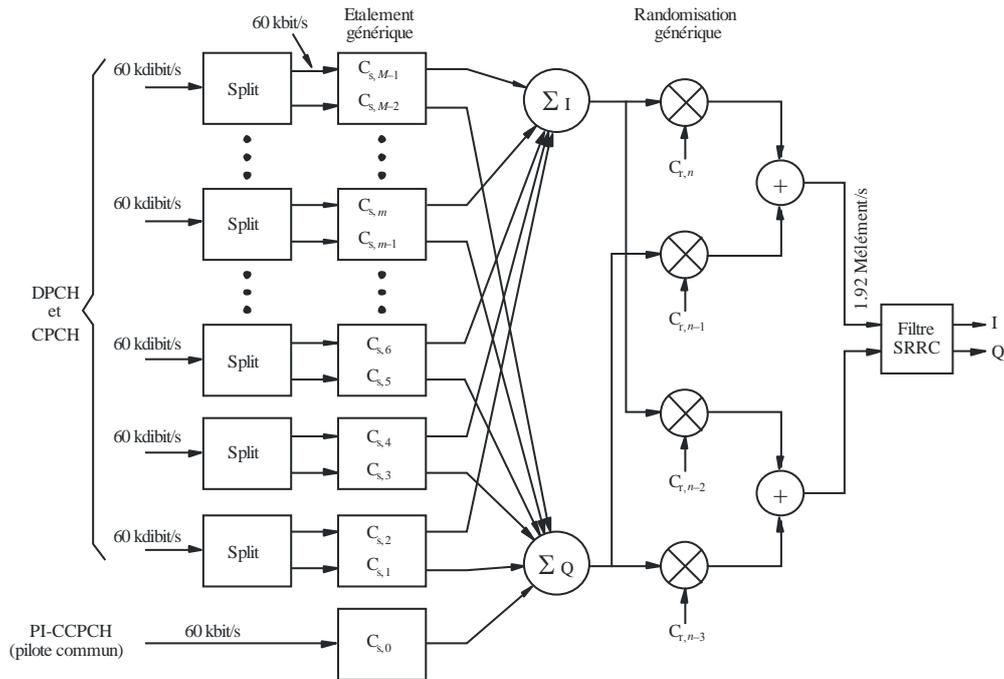
Les opérations de démultiplexage et de décodage à appliquer à la réception sont indiquées dans la partie FCH de la figure.

Modulation et étalement

La Fig. 18 représente les étaleur et modulateur génériques proposés respectivement pour la liaison aller et pour la liaison retour. Le principe de l'étalement et de la modulation proposés pour ces liaisons est comme suit: après insertion (multiplexage) de symboles pilotes (dibits) (au besoin), le train de dibits est divisé en deux trains de données bipolaires, dénommés train I et train Q. Ces données, synchronisées sur le débit des symboles, sont multipliées avec les composantes bipolaires du vecteur du code d'étalement, dénommé $c_{s,m}$, synchronisées sur le débit des éléments de telle sorte qu'un seul échantillon de données bipolaires constitue un facteur scalaire du vecteur des codes; cette opération s'appelle étalement ou découpage en canaux.

FIGURE 18

Étaleur et modulateur générique de la liaison aller (les débits indiqués correspondent à l'option à 1,920 Mélément/s et à un facteur d'étalement de 32)



M.1850-18

Les séquences de transmission sur les étalements I et Q qui s'ensuivent sont en outre randomisées à l'aide de séquences PN bipolaires, appelées codes de randomisation et dénommées $c_{r,n}$, de telle sorte que le signal d'émission apparaît semblable à du bruit dans un récepteur qui n'est pas synchronisé ou qui réutilise le même code d'étalement. Il existe trois méthodes différentes de randomisation, à savoir:

- une randomisation réelle à l'aide d'un code de randomisation unique;
- une randomisation complexe à l'aide d'une paire de codes de randomisation et d'une multiplication complexe intégrale;
- une randomisation indépendante de I/Q à l'aide d'une paire de codes de randomisation de telle sorte qu'un code est multiplié avec le signal de la composante I, l'autre l'étant avec le signal de la composante Q.

Les possibles configurations de codes pour les modulations MDP-4 et MDP-2 à l'aide d'une randomisation soit réelle, soit complexe, sont présentées dans le Tableau 12.

TABLEAU 12

Configurations des codes d'étalement et de randomisation

Modulation des données	Modulation des données	Modulation des données	Remarques
MDP-4	$c_{s,m} = c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$	Randomisation réelle
MDP-4	$c_{s,m} = c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-2} \neq c_{r,n-1} = c_{r,n-3}$	Randomisation complexe
MDP-2 double	$c_{s,m} = c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$	Randomisation différente sur les composantes I et Q
MDP-2 double	$c_{s,m} \neq c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$	Randomisation réelle
MDP-2 double	$c_{s,m} \neq c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-2} \neq c_{r,n-1} = c_{r,n-3}$	Randomisation complexe

Conformément aux dispositions applicables à l'interface radioélectrique de Terre correspondante, il est proposé d'adopter des codes OVVSF basés sur un ensemble de codes Walsh-Hadamard d'une longueur respective de 128 bits pour l'option à 1,920 Mélément/s et de 256 bits pour l'option à 3,840 Mélément/s.

Liaison aller

Le caractère générique de l'étaleur et du modulateur correspondant à la liaison aller est illustré dans la Fig. 18. Il est possible d'appliquer différentes configurations de codes d'étalement et de randomisation, sauf pour le canal pilote commun (PI-CCPCH). Etant donné que l'on applique la même randomisation à tous les canaux de la liaison aller qui sont transmis simultanément, l'opération de sommation intervient avant la randomisation.

Il est proposé d'utiliser pour tous les canaux DPCH et CPCH soit la modulation MDP-4, soit la modulation MDP-2 double et la randomisation réelle. Normalement, une multitude de canaux à code est transmise simultanément sur la liaison aller, donnant dans tous les cas une distribution d'amplitude I/Q circulaire; la randomisation réelle se révèle donc adéquate, avec une complexité minimale.

L'utilisation de la modulation MDP-2 double permettrait de réduire de moitié le nombre de canaux à code orthogonal, étant donné que seront appliqués aux composantes I et Q des codes d'étalement différents. Une modulation MDP-2 à code d'étalement unique, avec une randomisation indépendante de I/Q, constitue une solution pour éviter les limitations liées à l'arsenal des codes mentionné ci-dessus, au détriment d'un accroissement de la sensibilité aux erreurs de phase de la porteuse.

On utilise la modulation MPD-2 double avec randomisation réelle pour la salve de synchronisation (HP-CCPCH). Le canal PI-CCPCH est mappé sur un code d'étalement N° 0 qui correspond à la séquence tout à 1. Les données CCPCH constituent simplement une séquence sans fin de 1s, interrompue dans les intervalles où la salve de synchronisation est transmise. Le PI-CCPCH est donc le code de randomisation lui-même.

Liaison retour

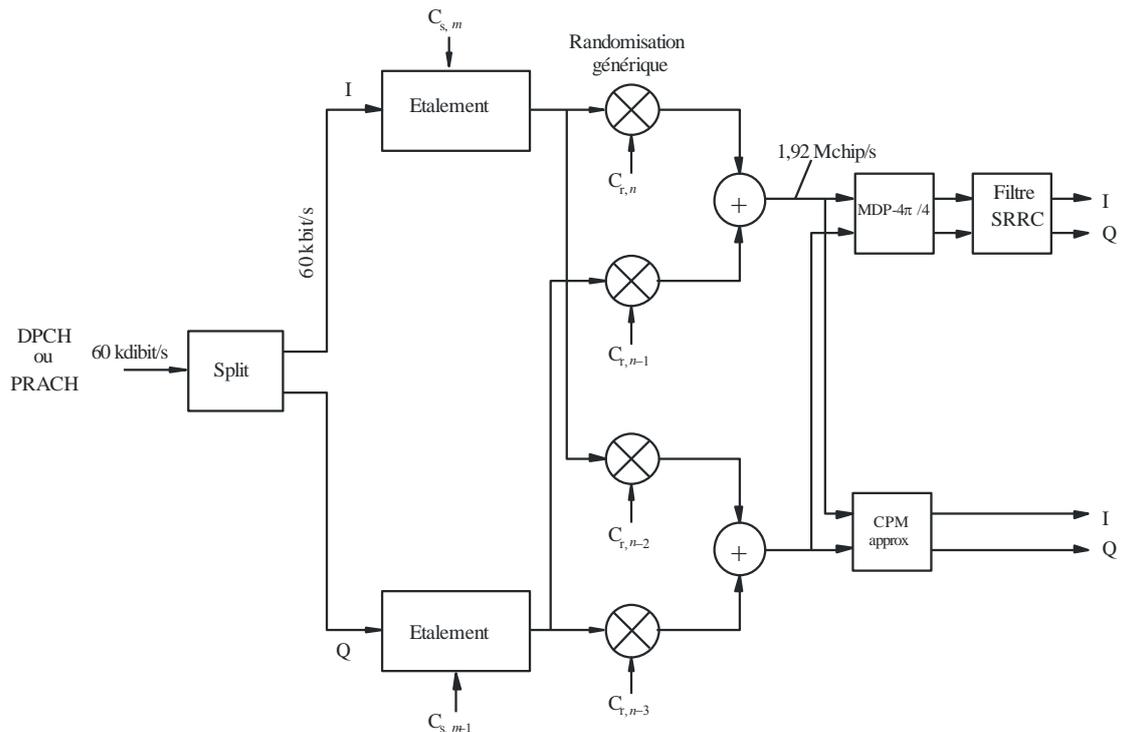
La nature générique de l'étaleur et du modulateur de la liaison retour est illustrée dans la Fig. 19. Comme dans la liaison aller différentes configurations de code d'étalement et de randomisation peuvent être appliquées.

Il est proposé d'utiliser soit la modulation MDP-4, soit la modulation MDP-2 double, l'une et l'autre avec une randomisation complexe, pour le DPCH. L'utilisation de la modulation MDP-2 double orthogonale permettrait de réduire de moitié le nombre de canaux à code. Lorsque le nombre des codes possibles pose un problème, on peut prendre en considération la modulation MDP-2 avec un étalement indépendant de I/Q (sans réduction du nombre des canaux à code). Pour la salve à accès aléatoire (PRACH) il est proposé d'adopter la modulation MDP-2 avec randomisation complexe, qui est plus robuste.

Par rapport à la liaison aller, il est proposé d'adopter la modulation par étalement MDP-4 ($\pi/4$) pour réduire les fluctuations des enveloppes. Comme autre possibilité, on peut envisager d'utiliser la modulation de fréquence précompensée (PFM), technique de modulation constante des enveloppes qui peut être employée avec un récepteur standard MDP-4 ($\pi/4$) à filtre Nyquist. La modulation PFM offre une solution de compromis entre les brouillages (des bandes de fréquences) dans les canaux adjacents (ACI), la diaphonie sur les canaux à code et le TEB dans des conditions AWGN.

FIGURE 19

Étaleur et modulateur générique de la liaison retour (les débits indiqués correspondent à l'option à 1,92 Mélément/s et à un facteur d'étalement de 32)



M.1850-19

Références temporelles et fréquentielles du système

On part du principe que les références temporelles et fréquentielles du système se trouvent pour ainsi dire dans le satellite, c'est-à-dire que les signaux émis par le satellite correspondent aux fréquences temps et fréquences nominales. Dans le cas d'un répéteur transparent, la station LES adapte les temps d'émission, les fréquences, les débits d'élément, etc., de sa liaison montante de connexion de telle sorte que les signaux parviennent au satellite voulu en synchronisation avec les temps et fréquences système nominaux. Pour les liaisons de service il est en outre possible d'appliquer une précompensation Doppler et des décalages de temps propres aux faisceaux. Pour la liaison retour on suppose que la station LES commande la synchronisation des différentes terminaisons MT de telle sorte que les signaux de la liaison retour parviennent au satellite voulu en quasi-synchronisation avec les temps et fréquences système nominaux. Pour les liaisons de service retour il est possible en outre d'appliquer des décalages de temps et de fréquences propres aux faisceaux.

La liaison descendante de connexion ne fait ici l'objet d'aucune spécification particulière, étant donné que le temps de propagation varie exactement de la même manière pour tous les faisceaux.

Synchronisation interfaisceaux intrasatellite

Il est proposé de garder alignés les temps de transmission (structure de trame) dans tous les faisceaux du même satellite. Il existera de petits décalages de temps fixes, intentionnels, de l'ordre de quelques périodes d'éléments pour permettre la réutilisation du même code de randomisation dans tous les faisceaux du même satellite.

Il faudra également prévoir des décalages de temps pour la structure en trames, sur la liaison retour, des signaux parvenant au satellite depuis différents faisceaux, si l'on veut utiliser le même code de randomisation pour tous les faisceaux d'un satellite. On propose d'adopter les mêmes décalages de temps pour la structure en trames sur la liaison retour. La station LES commande les terminaisons MT de telle manière que les décalages mentionnés se produisent au niveau de son récepteur.

En général, il existera un décalage fixe entre la structure en trames des liaisons aller et retour.

Synchronisation intersatellites au niveau de l'ensemble du système

Il est proposé de maintenir une synchronisation temporelle entre tous les satellites appartenant au même réseau SRAN, c'est-à-dire que les émissions provenant de différents satellites sont alignées les unes par rapport aux autres vis-à-vis de la structure en trames avec une précision de l'ordre d'une MS. Dans le cas de charges utiles transparentes et de l'absence de liaison intersatellites, la synchronisation au niveau de l'ensemble du système peut être maintenue par les stations LES interconnectées via un réseau de Terre. L'alignement des temps limite au strict minimum possible les différences de synchronisation trame entre paires de satellites. On pense que cette méthode est avantageuse pour ce qui est de la diversité des trajets de satellite et du transfert.

Attribution des codes de randomisation

L'objectif de la randomisation superposée des codes d'étalement est de faire apparaître le brouillage des faisceaux adjacents et le brouillage intersatellites plus comme du bruit en toute situation et en tout temps. Il est proposé d'adopter la méthode générique d'attribution des codes de randomisation ci-après:

- Une séquence d'attribution spécifique et une séquence d'attribution commune (randomisation réelle) sont assignées à chaque satellite appartenant au même réseau SRAN en vue de leur utilisation sur la liaison aller.
- Une paire spécifique de codes de randomisation (randomisation complexe) est assignée à chaque satellite appartenant au même réseau SRAN en vue de son utilisation sur la liaison retour.
- Le code de randomisation propre à la liaison aller a un caractère unique dans le réseau SRAN et est appliqué à toutes les transmissions sur la liaison aller (sauf à la salve de synchronisation) de tous les faisceaux du même satellite.
- La paire spécifique de codes attribuée à la liaison retour a un caractère unique dans le réseau SRAN et est appliquée à toutes les transmissions quasi synchrones et asynchrones sur la liaison retour de tous les faisceaux du même satellite.
- Le code commun est appliqué aux salves de synchronisation de la liaison aller (HP-CCPCH) de tous les faisceaux de tous les satellites appartenant au même réseau SRAN.
- Le début des séquences spécifique et commune renvoie au premier élément de l'intervalle N° 1 de la trame N° 0 pour le trafic, et synchrone de la liaison aller, et quasi synchrone de la liaison retour. La synchronisation se poursuit pendant n'importe quelle période de transmission HP-CCPCH sur la liaison aller ou pendant n'importe quelle trame de trafic asynchrone sur la liaison retour lorsque le trafic quasi synchrone est interrompu.
- Dans le cas du trafic asynchrone, le début des séquences d'attribution des paires spécifiques renvoie au premier élément de la salve d'accès aléatoire.

L'utilisation d'un code de randomisation commun pour les salves de synchronisation simplifie l'acquisition sur la liaison aller et permet le décodage du HP-CCPCH avec un minimum d'informations système. Une dérandomisation par brouillage accidentel dans le cas d'une réception HP-CCPCH est inévitable avec cette façon de procéder. Pour réduire le risque de non-acquisition ou de perte de messages dans les zones de coïncidence correspondant à un scénario à plusieurs satellites, il est proposé de faire varier artificiellement la puissance des salves de synchronisation transmises par les différents satellites d'environ 6 dB de telle sorte qu'un seul des satellites en exploitation émette à pleine puissance à un moment donné. Cette opération s'appliquerait uniquement aux faisceaux couvrant les zones de coïncidence.

Liaison aller: acquisition et synchronisation

Il est proposé d'adopter la procédure suivante en vue des opérations d'acquisition et de synchronisation sur la liaison aller:

- La station MES acquiert dans un premier temps la synchronisation (en temps et en fréquence) de la liaison aller en utilisant les SW périodiques transmises dans l'intervalle N° 1 de la trame N° 0. Une SW étalée a une longueur de $32 \times 30 = 960$ éléments (c'est-à-dire l'option à demi-débit) et est commune à tous les faisceaux et satellites.
- Si plusieurs SW provenant de différents faisceaux ou satellites sont détectées, la station choisit celle qui est associée à la plus grande valeur maximale de corrélation pour établir la synchronisation des fréquences, trames, symboles et éléments.
- La station MES utilise le canal pilote commun (PI-CCPCH) pour extraire le code de randomisation correspondant au satellite particulier en corrélant le signal reçu par rapport à toutes les séquences de randomisation possibles utilisées dans le réseau SRAN.
- La station MES essaie d'améliorer davantage la synchronisation en temps et en fréquence à l'aide du canal PI-CCPCH.
- La station MES lit le canal BCCH transmis sur un CCPCH primaire dans la trame N° 0 pour acquérir toutes les informations appropriées concernant la synchronisation et le système à haut niveau.

Liaison retour: acquisition et synchronisation

Il est proposé d'adopter la procédure suivante pour les opérations d'acquisition et de suivi de la synchronisation au niveau de l'accès initial et de la liaison retour:

- La station MES ne peut accéder à la station LES qu'après avoir réussi à établir la synchronisation de la liaison aller.
- La station MES lit l'information concernant le temps de propagation et de l'effet Doppler instantané au point du centre du faisceau diffusée par la station LES dans la trame N° 0.
- La station MES applique une précompensation Doppler et une avance en temps, de telle sorte que la salve d'accès aléatoire soit reçue avec un effet Doppler et une erreur de synchronisation minimum au niveau du satellite. Elle calcule donc la précompensation en fréquences et la durée de la salve qui devront être appliquées sur la liaison retour à l'aide des informations recueillies sur la liaison aller.
- La station MES transmet la salve d'accès aléatoire précompensée dans la trame N° 0 à l'instance de temps calculée. (Il est possible en outre de randomiser légèrement l'instance de temps calculée des salves d'accès aléatoire pour éviter la création de zones sensibles de brouillage dans la trame de trafic asynchrone. Toutefois, ces adaptations devront être indiquées dans le contenu des salves en question.)
- Si la station LES a réussi à capter la salve d'accès aléatoire, elle estime le temps et la fréquence (c'est-à-dire mesure le temps résiduel et les erreurs Doppler) et envoie une assignation de canal ainsi que les corrections temporelles et fréquentielles à la station MES à l'aide d'un CCPCH.
- Dès réception du message de la liaison aller, la station MES corrige sa précompensation Doppler et la synchronisation des éléments, puis commence à transmettre des salves dans les intervalles de temps assignés à l'intérieur des trames de trafic quasi synchrone. La transmission sur la liaison retour peut maintenant être considérée comme quasi synchrone par rapport à tout autre trafic parvenant à la station LES. La liaison retour peut quant à elle être considérée comme entièrement précompensée Doppler par rapport à la fréquence porteuse et à la synchronisation des éléments.

- La station MES suit en continu la fréquence porteuse et la synchronisation des éléments de la liaison aller, et corrige la fréquence porteuse et la synchronisation des éléments de la liaison retour dès réception des commandes TFC transmises en continu par la station LES.

Etant donné le risque occasionnel de perte de la synchronisation précise (causée par exemple par un effet d'écran), une procédure de réacquisition a également été définie pour restaurer rapidement la synchronisation.

Une perte de synchronisation peut être indiquée au niveau de la station LES ou de la station MES par le fait que le TEB mesuré sur un certain nombre de salves reçues excède un certain seuil. En cas de perte de synchronisation, la station LES peut lancer une procédure de réacquisition, identique à la procédure d'acquisition sur les liaisons aller ou retour, qui se présente comme suit:

- La station LES demande une réacquisition en utilisant le canal dédié de commande logique dès qu'elle a perdu la synchronisation sur la liaison retour.
- Dès réception de la demande de réacquisition ou dès l'indication d'une perte de synchronisation locale, la station MES arrête immédiatement d'émettre du trafic et, au besoin, essaie de réacquies la synchronisation de la liaison aller (l'utilisation du pilote commun peut suffire dans ce cas).
- Dans tous les cas, la station MES envoie un message de réacquisition uniquement à la demande de la station LES au moyen de la salve d'accès aléatoire. (Comme on peut supposer que l'incertitude de synchronisation est plus petite que dans le cas de l'accès initial, il est possible d'utiliser à cette fin des portions spéciales proches des extrémités de la trame de trafic asynchrone présentant l'encombrement le plus faible.)
- Après restauration de la synchronisation totale, la transmission du trafic se poursuit. La station LES continue d'envoyer des commandes TFC pour suivre la synchronisation sur la liaison retour.

Liaison retour, AMRT/C-LB quasi synchrone

L'avantage d'une liaison retour quasi synchrone réside dans le fait que le brouillage intra-faisceau est maintenu au minimum, d'où plus de brouillages interfaisceaux ou intersatellites. L'inconvénient est que la station LES doit gérer avec précision la synchronisation. Etant donné la diversité de trajet dans un scénario à plusieurs satellites, seule une partie des stations MES seront synchronisées par rapport à un satellite (c'est-à-dire celles qui sont assignées à ce satellite par le réseau SRAN). Les signaux émis sur la liaison retour par les autres stations MES, assignés à différents satellites, feront ainsi l'objet d'une réception asynchrone.

Fonctionnement en mode DRF/DRT

L'utilisation proposée de l'AMRT/C-LB vise à permettre la prise en charge de terminaux fonctionnant en mode duplex par répartition en fréquence/temps. On ne prendra pas ici en considération un mode DRT pur utilisant la même fréquence porteuse dans l'une et l'autre directions d'émission comme le propose l'ETSI pour la composante de Terre.

Une station MES fonctionnant en mode par répartition en fréquence/temps émet et reçoit des signaux dans des périodes de temps distinctes et sur des fréquences porteuses séparées, mais jamais au même moment. Ce type de station MES nécessite des diplexeurs plus simples au port d'antenne.

Par rapport aux réseaux de Terre, dans le cas de satellites sur orbite non géostationnaire, le temps de propagation peut varier de façon importante à l'intérieur de l'empreinte d'un faisceau pendant une connexion. La station LES gère la synchronisation de la liaison retour de telle sorte que la synchronisation dans les trames des signaux arrivant au satellite est maintenue à un décalage spécifique du faisceau.

En général, il existera également un décalage inconnu, mais fixe, entre la structure en trames sur les liaisons aller/retour du même réseau. Si au niveau du satellite (LES) une synchronisation fixe sur la liaison retour est maintenue, la synchronisation trame sur cette même liaison dérive constamment par rapport à la liaison aller pour un observateur se trouvant à la station MES lorsque la longueur du trajet varie. En effet, pendant le temps où une station MES se trouve dans l'empreinte du même faisceau, le décalage des trames peut varier jusqu'à environ 12 ms, selon le système à satellites. La dérive relative des trames dans une station MES fonctionnant en mode DRT/DRF nécessite une réassignation des intervalles de temps en temps, pour éviter tout conflit entre émission et réception. Le mode DRT/DRF est particulièrement bien adapté aux terminaux portatifs.

4.3.2.2.3 Caractéristiques des terminaux

La modulation AMRT/C-LB s'applique à quatre classes de stations MES: portatif (H), véhicule (V), transportable (T) et fixe (F). Dans le Tableau 13 les caractéristiques des terminaux sont présentées en regard de ces différentes classes.

TABLEAU 13
Services supports

Débit, données supports (kbit/s)	Qualité de service acceptée	Classes de stations MES
1,2	10^{-6}	H,V,T,F
2,4	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
4,8	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
9,6	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
16	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
32	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	V,T,F
64	$10^{-5}, 10^{-6}$	V,T,F
144	$10^{-5}, 10^{-6}$	T,F

4.3.2.3 Spécifications RF

4.3.2.3.1 Station satellite

Les spécifications RF de la station satellite dépendent de l'architecture effective du segment spatial.

4.3.2.3.2 Station MES

Le Tableau 14 présente les spécifications RF correspondant aux différentes classes de stations MES.

TABLEAU 14
Spécification RF des stations MES

Paramètre RF	Classe de station MES		
	H	V	T
Largeur de bande du canal (kHz)	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾
Stabilité en fréquence, liaison montante (ppm)	3	3	3
Stabilité en fréquence, liaison descendante (ppm)	0,5	0,5	0,5
P.i.r.e. maximale (dBW)	8,0 ⁽³⁾ , 12,0 ⁽⁴⁾	11,0 ⁽³⁾ , 18,0 ⁽⁴⁾	20,0 ⁽³⁾ , 20,0 ⁽⁴⁾
P.i.r.e. moyenne par canal (dBW)	⁽⁵⁾	⁽⁵⁾	⁽⁵⁾
Gain d'antenne (dBi)	2,0	2,0 ⁽⁶⁾ , 8,0 ⁽⁷⁾	4,0 ⁽⁶⁾ , 25,0 ⁽⁷⁾
Plage de commande de puissance (dB)	20,0	20,0	20,0
Pas de commande de puissance (dB)	0,2/1	0,2/1	0,2/1
Fréquence de commande de puissance (Hz)	50 ÷ 100	50 ÷ 100	50 ÷ 100
Isolation émission/réception (dB)	> 169	> 169	> 169
G/T (dB/K)	-23,0 ⁽⁶⁾ , -22,0 ⁽⁷⁾	-23,5 ⁽⁶⁾ , -20,0 ⁽⁷⁾	-23,5 ⁽⁶⁾ , -20,0 ⁽⁷⁾
Compensation effet Doppler	Oui	Oui	Non applicable
Restriction mobilité (vitesse max. (km/h))	250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾	250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾	Non applicable

(1) A 1,920 Mélément/s.

(2) A 3,840 Mélément/s.

(3) Mode DRT/DRF.

(4) Mode DRF.

(5) Suivant les caractéristiques de la station satellite.

(6) Valeur type pour une constellation OTB.

(7) Valeur type pour une constellation GEO.

4.3.2.4 Spécifications en bande de base

Les caractéristiques d'ensemble en bande de base avec l'AMRT/C-LB sont récapitulées dans le Tableau 15.

TABLEAU 15
Caractéristiques en bande de base

BB-1	Accès multiple	
BB-1.1	Technique	<p>Liaison aller: MRT/MRC hybride en bande large (MRT/C-O-LB)</p> <p>Liaison retour: AMRT/AMRC hybride, quasi orthogonale, quasi synchrone en bande large (AMRT/C-QO-QS-LB)</p>
BB-1.2	Débit d'éléments	3,840 Mélément/s ou 1,920 Mélément/s
BB-1.3	Intervalles de temps	8 intervalles de temps par trame
BB-2	Type de modulation	<ul style="list-style-type: none"> – MDP-4 ou MDP-2 à double code dans la liaison montante – MDP-4 ou MDP-2 (faible débit binaire) dans la liaison descendante
BB-3	Attribution dynamique des canaux (oui/non)	Non
BB-4	Méthode de duplexage (par exemple DRT, DRF)	DRF ou DRT/DRF
BB-5	Correction d'erreur directe	<ul style="list-style-type: none"> – Qualité normale: codage convolutif avec rendement de codage 1/3 ou 1/2 et longueur de contrainte $k = 9$. Répétition/poinçonnage variable adaptée au débit d'info demandé. – Haute qualité: code RS sur $GF(2^8)$, concaténé avec code convolutif interne avec rendement de 1/3 ou 1/2, et longueur de contrainte $k = 9$. Turbo codage optionnel
BB-6	Entrelacement	<ul style="list-style-type: none"> – Entrelacement sur une seule salve (par défaut). – Entrelacement sur plusieurs salves (optionnel)
BB-7	Synchronisation requise entre satellites	<ul style="list-style-type: none"> – La synchronisation entre stations LES transmettant sur le même canal de différents satellites est requise. – La synchronisation entre stations LES transmettant sur différents canaux du même satellite n'est pas requise

4.3.2.5 Spécifications détaillées

Les spécifications détaillées de l'interface radioélectrique AMRT/C-LB se fondent sur les documents suivants:

- *Couche physique*: version la plus récente des documents découlant de la série 25.200 (voir la Note 1);

– *Protocoles*: versions les plus récentes des projets de la série 25.300 (voir la Note 2).

NOTE 1 – Cet ensemble de spécifications détaillées est actuellement élaboré à l'intérieur du Groupe de travail TC-SES S-UMTS de l'ETSI parmi la famille des normes volontaires pour l'interface satellite des IMT-2000. Cette spécification fournira une description générale de la couche physique de l'interface AMRT/C-LB.

NOTE 2 – Développés au sein du SGT RAN du 3GPP, ces documents sont disponibles à l'adresse: <http://www.3gpp.org/RAN> et <http://www.3gpp.org/RAN4-Radio-performance-and>. Cette spécification décrit les documents élaborés par le GT 4 du SGT RAN du 3GPP.

4.3.3 Spécifications de l'interface satellite D (SRI-D)

L'interface SRI-D (*satellite radio interface D*) a été optimisée pour une utilisation avec un système à satellites particulier. Ce système se compose d'une constellation de satellites placés sur une MEO fonctionnant avec douze LES réparties sur l'ensemble du globe et interconnectées par un réseau au sol. La configuration a été élaborée de façon à fournir une couverture permanente de la totalité de la surface de la Terre. Le système acheminera du trafic en provenance de réseaux de Terre par l'intermédiaire d'une LES qui sélectionnera un satellite par lequel l'appel sera établi avec un utilisateur. Le trafic en provenance d'un UT sera acheminé via la constellation de satellites vers le réseau fixe ou mobile concerné. Le système fournira aux utilisateurs un accès aux services de télécommunication en tout point du globe. L'interface SRI-D est capable de mettre en oeuvre des services de communication à la fois souples et résistants, téléphoniques et de données, avec des débits pouvant atteindre 38,4 kbit/s tout en utilisant de manière rationnelle le spectre de fréquences et la puissance disponibles. Il est prévu que la vaste majorité des terminaux utilisés conjointement à ce système seront de véritables terminaux portatifs capables d'un fonctionnement bimode (terrestre et par satellite). Un large éventail d'autres types de portable d'utilisateur (UT) seront pris en compte, notamment des terminaux montés sur véhicules, avions et navires, ainsi que des terminaux semi-fixes.

Les sous-paragraphes ci-après ne décrivent que les éléments se rapportant à la présente Recommandation et traitent donc principalement des aspects de compatibilité mondiale et d'utilisation internationale.

4.3.3.1 Description architecturale

Le segment terrien emploie un grand nombre de composants standard qui garantissent la conformité du système avec les normes de télécommunications de Terre. L'architecture (illustrée à la Fig. 20) comprend:

- 12 LES interconnectées réparties sur la surface du globe;
- des centres de gestion de réseau doublés;
- des centres de facturation et d'administration doublés.

Chaque LES comprend:

- cinq antennes avec équipements associés pour communiquer avec les satellites;
- des centres de commutation mobiles et des registres, notamment des registres de localisation de rattachement (HLR, *home location register*) et des registres de localisation des visiteurs (VLR, *visitor location register*);
- des interconnexions avec des réseaux de Terre.

Les LES sont interconnectées les unes avec les autres par des liaisons de Terre, constituant ainsi la plate-forme de base qui fournit les services mobiles mondiaux de télécommunication du système. Des interfaces seront fournies vers les RTPC, les RMTP et les réseaux de données. Toutefois, le transfert n'est accepté qu'à l'intérieur d'un même réseau. Les fonctions d'interfonctionnement (IWF, *interworking function*) fourniront une fonction d'itinérance automatique vers d'autres réseaux mobiles de Terre (de deuxième et troisième générations).

4.3.3.1.1 Constellation

Une présentation résumée de la configuration de la constellation de satellites est donnée au Tableau 16.

L'utilisation mondiale est l'une des caractéristiques essentielles des IMT-2000 et la constellation décrite fournit une couverture mondiale effective tout en garantissant un angle d'élévation minimal élevé vers les satellites visibles, comme l'indiquent les Fig. 21 et 22.

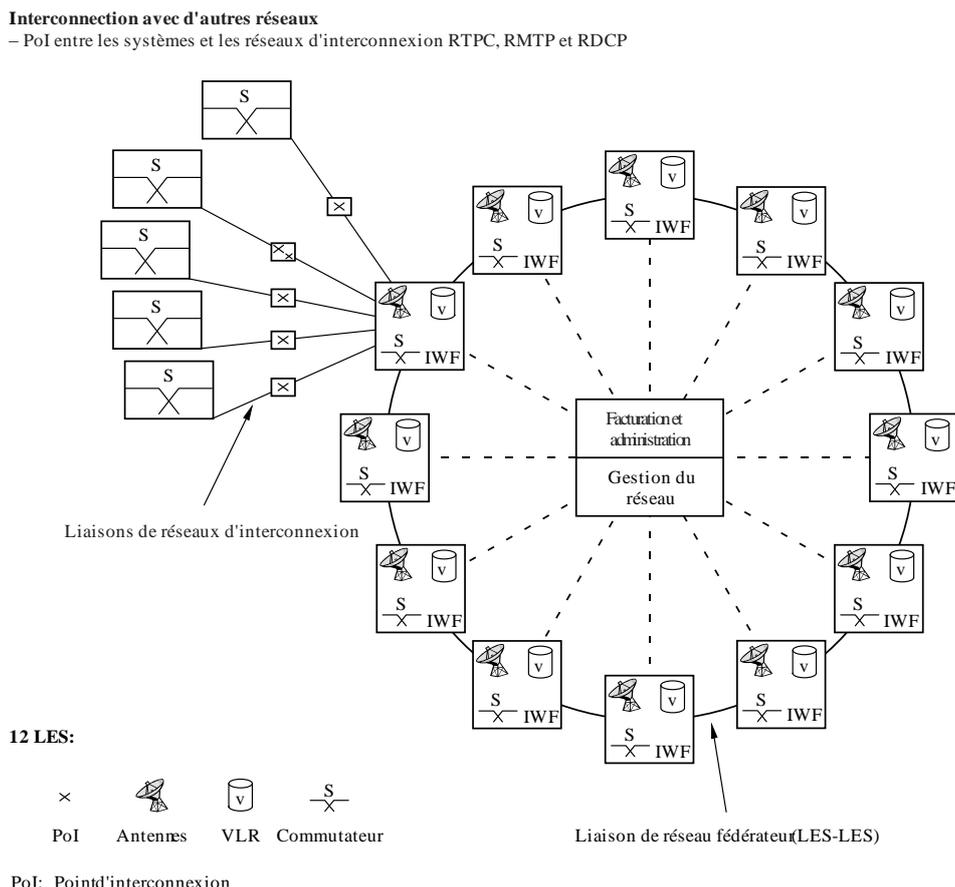
Chaque satellite assure une couverture radioélectrique jusqu'à un angle d'élévation de 0° aussi bien pour les UT que les LES. La Fig. 21 indique le pourcentage de temps pendant lequel un nombre donné de satellites sont visibles en fonction de la latitude. Pour toute zone du globe, deux satellites ou plus seront visibles pendant au moins 90% du temps.

Le système est très résistant à toute défaillance individuelle de satellite et/ou de LES puisque:

- une couverture mondiale complète peut être assurée s'il y a au moins 4 satellites dans chaque plan orbital;
- une défaillance individuelle d'une LES ne provoquera en principe aucune perte de service autour de cette LES.

La Fig. 22 indique les angles d'élévation minimal et moyen du satellite le plus proche donnant l'angle d'élévation le plus élevé des satellites visibles en fonction de la latitude. Les angles d'élévation minimale et moyenne dépassent respectivement 20° et 40° dans la plupart des zones. Pour les régions situées entre 20° et 50° de latitude, la constellation garantit un angle d'élévation minimal d'au moins 25° et un angle d'élévation moyen supérieur à 50°.

FIGURE 20
Le réseau au sol



PoI: Point d'interconnexion

TABLEAU 16
Configuration de la constellation de satellites

Type d'orbite	MEO (Orbite terrestre moyenne)
Altitude de l'orbite	Nominale à 10 390 km
Angle d'inclinaison de l'orbite	45°
Nombre de plans orbitaux	2
Mise en phase des plans	180°
Nombre de satellites par plan orbital	5-6
Mise en phase de satellite dans le plan	La mise en phase de satellite dans le plan pour une constellation de 10 satellites (5 satellites pour chacun des 2 plans) est de 72°. Si la totalité des 12 satellites est lancée avec succès (6 satellites pour chacun des 2 plans), la mise en phase de satellite dans le plan est de 60°

FIGURE 21

Statistiques courantes de visibilité pour une constellation de satellites

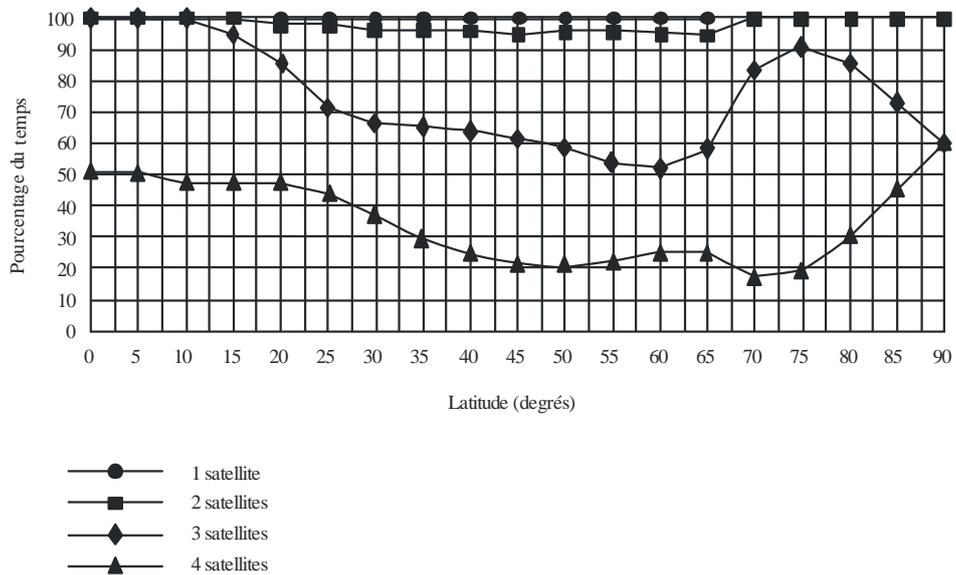
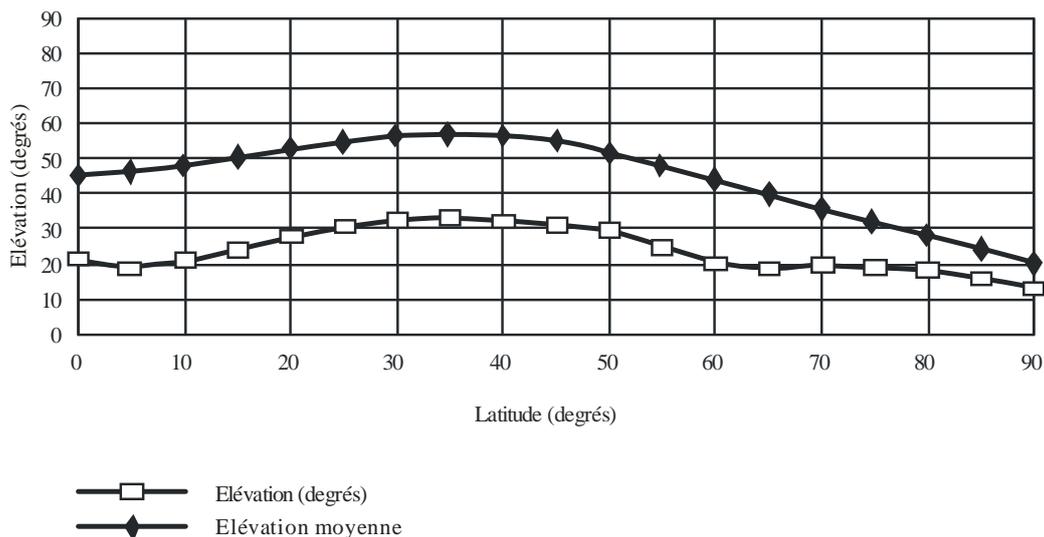


FIGURE 22

Angles d'élévation typiques minimal et moyen du satellite le plus proche (10 satellites)



M.185022

4.3.3.1.2 Satellites

Engins spatiaux

Des caractéristiques particulières ont été ajoutées aux satellites pour leur permettre de satisfaire aux conditions des missions uniques aux satellites sur MEO, notamment:

- 163 faisceaux assurant une couverture complète du champ de vision sur la liaison de service vers les utilisateurs mobiles, mis en oeuvre à l'aide de 127 éléments distincts d'antennes à rayonnement direct (DRA, *direct radiating array*) de réception et d'émission.
- Conformation du faisceau et découpage des canaux des répéteurs mis en oeuvre à l'aide d'une technique numérique qui permet de commuter 490 canaux filtres de satellites entre les 163 faisceaux activement générés. Cette technique permet aux satellites de satisfaire aux besoins de trafic et aux conditions de brouillage au cours de leur déplacement sur l'orbite.
- Un équipement embarqué d'auto-étalonnage qui surveille et, au besoin, rectifie la qualité de fonctionnement de l'antenne de liaison de service en orbite. Cet équipement garantira le gain d'antenne et la qualité de la réutilisation de fréquence pendant toute la durée de vie de l'engin spatial.

Sous-système de communications

La charge utile se présente sous la forme d'un équipement entièrement numérique utilisant la conformation de faisceau à bande étroite, la conformation de faisceau numérique et le découpage des canaux numérique. Sur la liaison de service, la charge utile génère une grille fixe de 163 faisceaux ponctuels couvrant la totalité du champ de vision à partir d'une antenne DRA combinée émission/réception fixée sur le panneau terrestre de l'engin spatial.

Le processeur numérique embarqué fonctionne de manière transparente dans la mesure où il répartit et achemine les signaux vers les 163 faisceaux ponctuels de liaison de service et ne démodule ni régénère ces signaux. 490 canaux filtres de 170 kHz sont créés dans le processeur et chaque canal peut être acheminé vers l'un quelconque des 163 faisceaux à une fréquence quelconque sur une grille de 150 kHz dans la largeur de bande de 30 MHz de la liaison de service. Chacun de ces 490 canaux peut être considéré comme l'équivalent d'un répéteur classique.

L'acheminement canal vers faisceau peut être modifié en permanence le long de l'orbite pour permettre aux satellites de satisfaire aux exigences de trafic et aux conditions de brouillage sur une

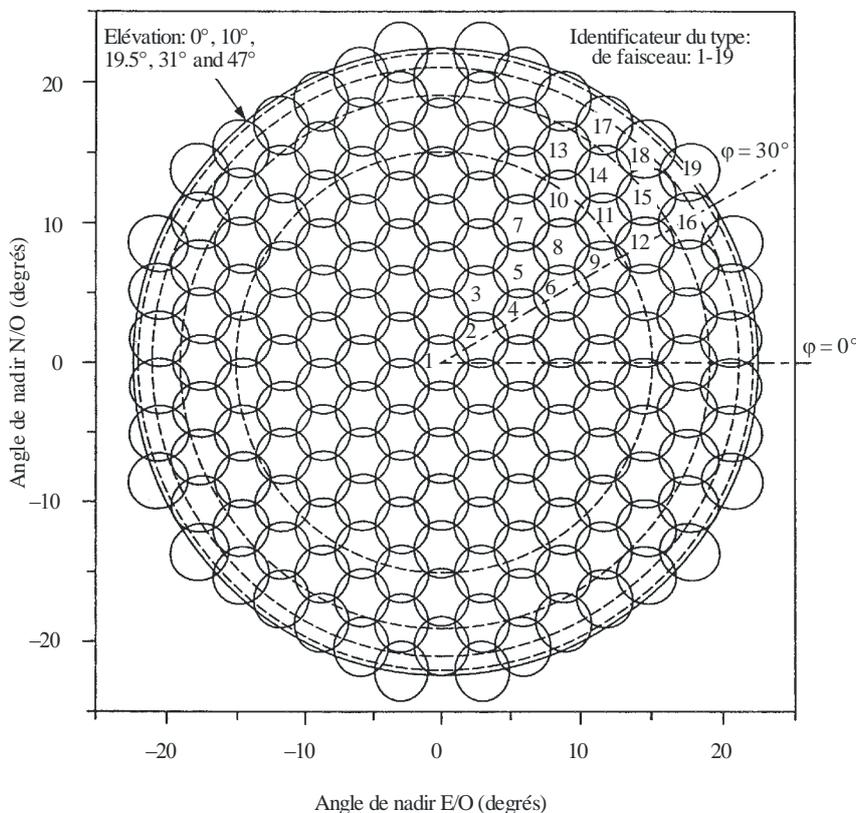
base préétablie et prévue. Cette technique permet également d'exploiter avec souplesse le spectre disponible.

De plus, le processeur numérique conforme la totalité des 163 faisceaux ponctuels de la liaison de service en générant des coefficients d'amplitude et de phase pour chacun des 127 éléments de chaque faisceau. L'intégrité des coefficients des signaux d'excitation d'élément peut être vérifiée grâce au système d'auto-étalonnage embarqué du satellite au moyen duquel une source externe placée sur un mât capte le coefficient des signaux d'excitation de chaque élément. Ceci permet de garantir la qualité de fonctionnement du faisceau ponctuel, à la fois dans le lobe principal et les lobes latéraux, pendant toute la durée de vie du satellite, garantissant ainsi la réutilisation de fréquence entre les différents faisceaux ponctuels.

Faisceaux ponctuels

Les 163 faisceaux mobiles congruents d'émission et de réception par satellite sont disposés selon un schéma de répartition des cellules radial circulaire autour de la cellule sous-satellite comme illustré à la Fig. 23. Les faisceaux sont délacés électroniquement pour conserver le schéma de répartition en fonction du vecteur de vitesse de l'engin spatial. L'orientation du faisceau varie d'environ 2 dB entre le nadir et la limite de couverture.

FIGURE 23
Grille hexagonale représentant les 19 types de faisceau



M.185023

Les centres des cellules sont définis comme étant les points médians des contours à -3 dB des différents faisceaux. On trouve 19 types de faisceaux, numérotés par ordre croissant de distance angulaire à partir du nadir. Chaque type de faisceau présente la même plage de temps de propagation et, (à ±10% près) le même décalage Doppler.

Le Tableau 17 présente un résumé des paramètres de cellule nominaux.

TABLEAU 17

Paramètres de cellule nominaux

Taille de cellule	3,343°
Ouverture de faisceau	3,860°
Réutilisation de cellule	4
Superficie de cellule	9,678°
Superficie de réutilisation de cellule	38,714°
Espacement de réutilisation de centre à centre	6,686°
Espacement de réutilisation du lobe latéral	5,015°

Réutilisation de fréquences

L'objet du plan de fréquences est de maximiser l'utilisation du spectre de liaisons mobiles tout en garantissant qu'aucun brouillage préjudiciable intrasystème ne se produise. Le plan de fréquences pour l'ensemble de la constellation de satellites est mis en oeuvre de manière centralisée au centre de gestion du réseau.

Le plan de fréquences définit le spectre attribué à chaque faisceau de la constellation en fonction du temps de telle manière qu'une fréquence donnée n'est jamais disponible simultanément pour deux faisceaux avec une isolation insuffisante. Les lobes latéraux des faisceaux sont gérés de manière à permettre une réutilisation de fréquences à quatre cellules à l'intérieur du schéma de répartition des 163 faisceaux ponctuels. Le plan de fréquences peut être adapté en fonction des variations de trafic et de l'évolution de la constellation.

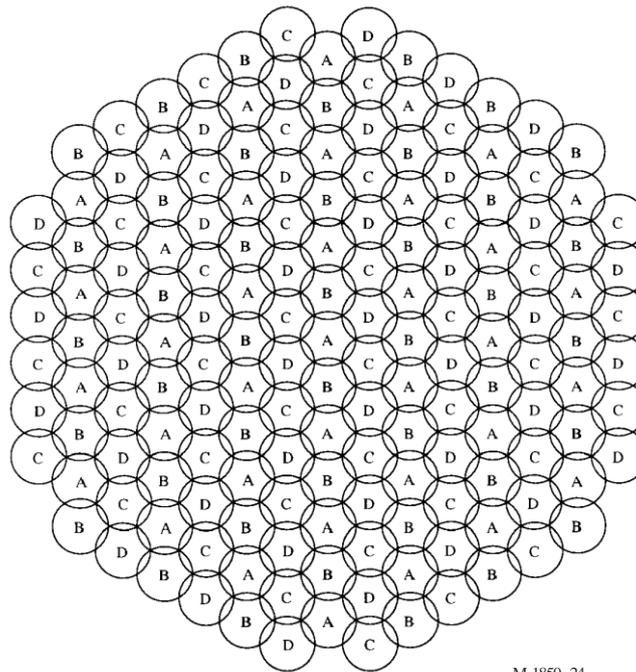
Le plan de fréquences est un plan d'assignation de fréquences orienté satellites. Les fréquences utilisées dans chaque faisceau demeurent globalement constantes dans les faisceaux à mesure que le satellite se déplace sur son orbite. Les terminaux mobiles sont généralement amenés à changer de fréquence lors d'un transfert inter-faisceaux.

L'exemple de plan de fréquences présenté ci-après a été élaboré pour une constellation de 10 satellites sur deux plans orbitaux, chaque satellite possédant 163 faisceaux ponctuels fixes couvrant la totalité du champ de vision avec un schéma de réutilisation de fréquences à quatre cellules semblable à celui illustré à la Fig. 24. Un plan de fréquences similaire s'appliquerait à une constellation de 12 satellites.

Le spectre de liaisons mobiles est subdivisé en 16 blocs de fréquences comme indiqué à la Fig. 25. Huit blocs sont attribués à chaque plan de satellites: les blocs 1 à 8 au plan 1 et les blocs 9 à 16 au plan 2.

FIGURE 24

Schéma de réutilisation de fréquences type à quatre cellules

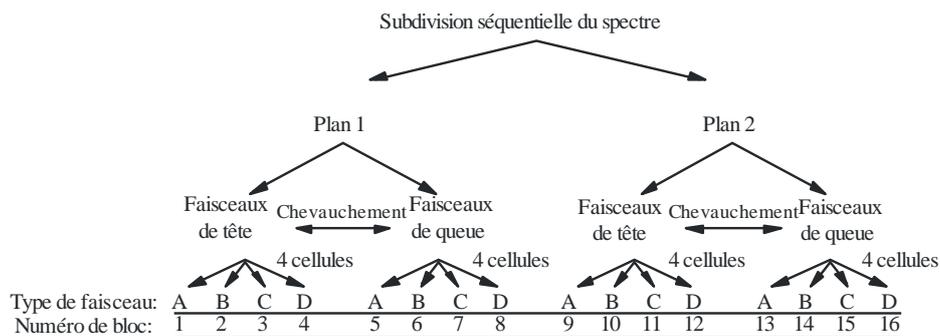


M.1850-24

Dans un plan de satellites, la position relative de l'ensemble des cinq satellites reste constante. Les 163 faisceaux de chaque satellite sont divisés en deux groupes correspondant aux bords de tête et de queue du champ de vision. Comme l'illustre la Fig. 26, les bords de tête de l'ensemble des cinq couvertures de satellite ne se chevauchent pas. Il en va de même pour les cinq bords de queue. Par conséquent, les huit blocs attribués de manière nominale au plan 1 sont organisés en deux sous-plans distincts de quatre blocs: le premier pour les faisceaux de tête de l'ensemble des cinq satellites (blocs 1, 2, 3 et 4), le second pour les faisceaux de queue (blocs 5, 6, 7 et 8). Une répartition similaire est effectuée pour le plan 2. Le plan de fréquences des satellites du plan 1 est illustré à la Fig. 27. Les sous-plans de tête et de queue se chevauchent au niveau des faisceaux centraux puisque les sous-plans sont conçus de manière à contenir le maximum de faisceaux autorisés par les contraintes d'isolation des faisceaux.

FIGURE 25

Exemple de subdivision du spectre de liaisons de service en blocs de fréquence



M.185025

FIGURE 26

Exemple de sous-plan de faisceaux de tête et de queue

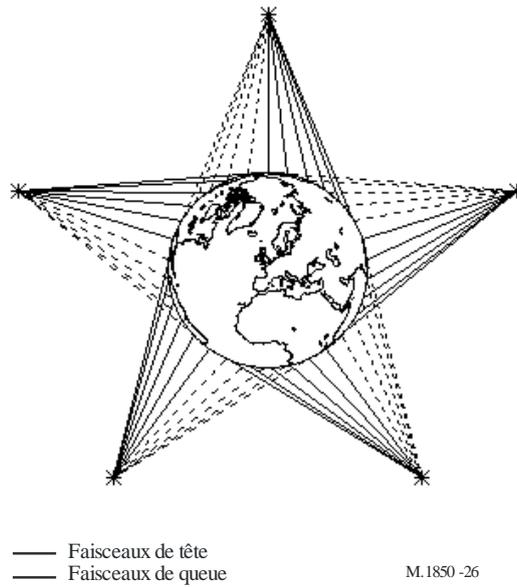
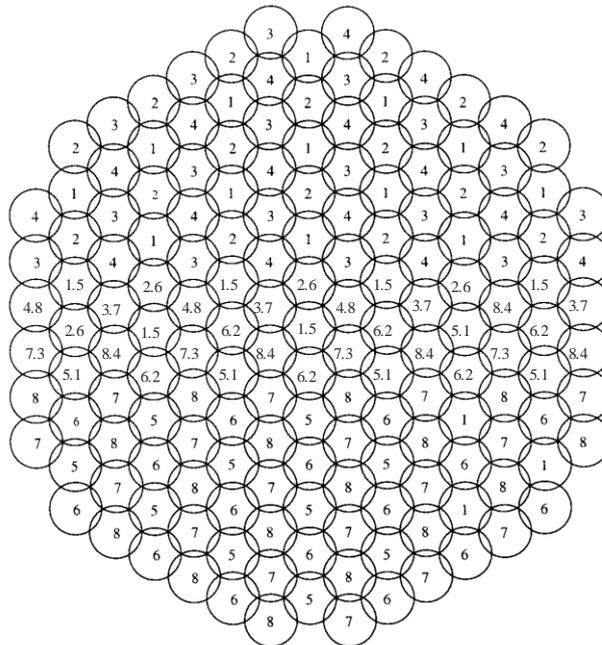


FIGURE 27

Exemple de plan de fréquences pour les satellites du plan 1



4.3.3.2 Description du système

4.3.3.2.1 Caractéristiques de service

Le système accepte les UPT par l'intermédiaire, entre autres, de la portabilité de service, qui facilite l'accès aux services escomptés sur un réseau de rattachement à partir d'un réseau visité, et de la transparence de service, grâce à laquelle l'utilisateur profite de la même interface visuelle quel que soit le lieu géographique par le biais d'une fourniture de service transparente.

Le système peut prendre en charge un éventail de téléservices, de services supports, de services de remplacement, de services supplémentaires et de services de messagerie:

- Les téléservices comprennent la téléphonie, les appels d'urgence et la télécopie Groupe 3 (avec des débits pouvant atteindre 14,4 kbit/s).
Le schéma de codage vocal nominal a été optimisé pour l'interface SRI-D. Le débit codé est de 4,8 kbit/s. Le codex vocal nominal accepte également l'émission transparente de signaux DTMF dans le sens aller et retour. L'interface radioélectrique peut accepter d'autres codecs.
- Services support: différents débits de données sont acceptés et peuvent être utilisés en fonction du type d'application. La vitesse du canal peut être modifiée selon les ressources système et les besoins de l'utilisateur. Cette fonctionnalité n'est pas appliquée pour compenser des défauts éventuels du support de transmission. Le codage à la source à débit variable n'est pas utilisé. La transmission asymétrique peut être employée pour des services de données par l'attribution asymétrique d'intervalles temporels AMRT sur les liaisons aller et retour. Des débits de données moyens (jusqu'à 38,4 kbit/s utilisant le regroupement d'intervalles de temps), ainsi que les débits de données figurant sur la liste non exhaustive suivante sont acceptés (notez que des intervalles de temps multiples et/ou des canaux radioélectriques multiples sont utilisés pour mettre en oeuvre des débits de données plus élevés que celui disponible pour un intervalle de temps unique (2,4 kbit/s avant codage)):
 - Données à commutation de circuits asynchrones transparents et non transparents: 0,3, 1,2, 2,4, 4,8, 9,6, 14,4, 19,2, 28,8 et 38,4 kbit/s.
 - Données à commutation de circuits synchrones transparents et non transparents: 1,2, 2,4, 4,8, 9,6, 14,4, 19,2, 28,8 et 38,4 kbit/s.
 - Données à commutation par paquets: le système et son interface radioélectrique sont capables de prendre en charge les services à commutation par paquets; une mise en oeuvre est actuellement à l'étude.
- Les services supplémentaires comprennent les services d'identification de ligne, les services de renvoi d'appel, les services de signal d'appel, les services collectifs, les services de restriction d'appel, les services d'avis de taxation et les services de localisation.
- Les services de messagerie comprennent la messagerie vocale, la messagerie télécopie et les SMS d'origine mobile ou aboutissant à un mobile.

4.3.3.2.2 Caractéristiques du système

Transfert

Le transfert est pris en charge dans le système entre faisceaux du même satellite, entre faisceaux de différents satellites et entre stations terriennes au sol.

Des UT peuvent être nécessaires pour changer de fréquence au moment du transfert. Le transfert assisté par UT est effectué à l'aide de mesures UT et d'une commutation commandée. Les transferts franc et progressif sont acceptés. Le transfert progressif, qui n'implique aucune interruption lors du transfert et au moyen duquel la décision de transfert est prise par l'UT, est privilégié. Lorsque le transfert progressif n'est pas possible, une procédure de reprise avant coupure est appliquée.

Compensation de l'effet Doppler

Les informations relatives au déplacement du satellite et à la localisation de l'UT permettent de compenser l'effet Doppler. La pré-compensation limite l'effet Doppler à moins de 1,1 kHz sur la liaison aller et à 40 Hz sur la liaison retour.

Attribution des canaux

Le découpage numérique des canaux à bord des satellites permet de commuter les 490 canaux filtres des satellites entre les 163 faisceaux générés activement. C'est pourquoi on applique l'attribution prédictive de canaux pour permettre aux satellites de satisfaire dans toute la mesure du possible aux exigences de trafic et aux conditions de brouillage à mesure qu'ils se déplacent sur leur orbite. Cette technique permet également d'utiliser avec souplesse le spectre disponible.

Diversité

Les diversités temporelle, spatiale et en fréquence sont mises en oeuvre:

- La diversité temporelle est mise en oeuvre pour le trafic de données à l'aide de RLP, avec signalisation par retransmission de couche 2 et radiorecherche/notification/diffusion/RACH par répétition.
- La diversité spatiale est mise en oeuvre pour le trafic et la signalisation en permettant à l'UT de communiquer avec le réseau par l'intermédiaire de tout satellite visible (diversité de trajet des satellites). La plupart du temps, la constellation du système assure la couverture d'une zone grâce à au moins deux trajets différents à partir d'au moins deux satellites, comme l'indique la Fig. 21. Le système a été conçu de façon à augmenter la probabilité d'une ligne de visibilité directe vers un satellite en exploitant à fond la capacité de diversité de trajet des satellites de la constellation pour la totalité des services.
- La diversité en fréquence est mise en oeuvre pour le canal BCCH et les canaux de commande communs.

Le nombre minimal de récepteurs/antennes RF par UT permettant la diversité de trajet des satellites est de 1. Le niveau d'amélioration obtenu dépend des conditions sous-jacentes. Toutefois, comme les trajets sont non corrélés, on peut, en règle générale, espérer une amélioration d'environ 5 à 8 dB.

Commande vocale

Une transmission à commande vocale est nécessaire sur les liaisons aller et retour pour permettre de réaliser des économies d'énergie d'une part au niveau du satellite et ainsi augmenter la capacité sur la liaison aller, et d'autre part au niveau du satellite et de l'UT sur la liaison retour. La commande vocale est utilisée pour maximiser respectivement la marge de liaison retour et la durée de la conversation de l'UT. Le facteur de commande vocale est généralement de l'ordre de 40%.

4.3.3.2.3 Caractéristiques des terminaux

La fourniture de services IMT-2000 via satellite, notamment vers des terminaux réellement portatifs, est très exigeante. Un codage important à la source doit être réalisé avec des puissances de transmission élevées et des schémas de modulation d'un niveau moindre (à 2 ou 4 états) afin d'atteindre, sur la liaison satellite, un TEB comparable à celui des réseaux de Terre. Notamment pour les terminaux portatifs, ces exigences (codage, puissance et modulation) qui ont toutes une incidence directe sur l'utilisation du spectre doivent être pesées en fonction de la nécessité de disposer de terminaux semblables aux terminaux terrestres en termes de taille, poids et qualité des batteries.

Le service sera assuré pour un large éventail de types de terminaux. On s'attend à ce que la vaste majorité des UT soit capable d'un fonctionnement satellite et terrestre et, le cas échéant, accepte la portabilité de service, qui facilite l'accès aux services escomptés sur un réseau de rattachement à partir d'un réseau visité, et la transparence de service, grâce à laquelle l'utilisateur profite de la même interface visuelle quel que soit le lieu géographique par le biais d'une fourniture de service transparente. Des exemples de terminaux, avec leurs caractéristiques techniques et les services fournis, sont donnés au Tableau 18.

TABLEAU 18
Exemples de types de terminaux

Terminal	Service	Débit (kbit/s)	TEB ⁽¹⁾
Portatif	Voix	4,8	4%
	Données	2,4-9,6	10 ⁻⁵
Renforcé transportable	Voix	4,8	4%
	Données	2,4-9,6	10 ⁻⁵
Véhicule privé	Voix	4,8	4%
	Données	8,0-38,4	10 ⁻⁵
Véhicule commercial	Vocal	4,8	4%
	Données	8,0-38,4	10 ⁻⁵
Semi-fixe	Vocal	4,8	4%
	Données	8,0-38,4	10 ⁻⁵

⁽¹⁾ Le TEB des services vocaux est donné avant correction d'erreur.

Il est prévu que la technique utilisée sur ces terminaux soit également incorporée à un vaste éventail d'autres types d'UT, notamment des terminaux mobiles de véhicules, avions et navires et des terminaux semi-fixes tels que cabines téléphoniques rurales et téléphones collectifs.

4.3.3.3 Caractéristiques RF

Commande de puissance

Un UT commandera sa puissance de sortie en fonction des exigences du réseau et le réseau commandera la puissance de sortie de la station terrienne terrestre pour chaque canal. L'objectif de la commande de puissance est de permettre à la station terrienne terrestre, à l'UT et au satellite de chaque canal radioélectrique d'utiliser la puissance de transmission minimale suffisante pour assurer une qualité acceptable du signal reçu. Une commande de puissance en boucle fermée est utilisée pour les canaux de trafic aussi bien dans le sens aller que retour. Une commande de puissance en boucle ouverte peut également être utilisée. L'utilisation d'une commande de puissance a pour conséquence:

- un accroissement de la capacité du système;
- un accroissement de la durée de vie de la batterie de l'UT;
- une réduction du brouillage.

Le pas de commande de puissance est de 1 dB, avec une dynamique de 16 dB. Le nombre de cycles de commande de puissance par seconde est de 2. Le débit binaire de la commande de puissance est variable, de 2 à 10 bits par 0,5 s par deux trajets.

Largeur de bande du canal, débit binaire et rapidité de modulation des symboles

L'espacement des canaux RF est de 25 kHz. Le débit binaire et la rapidité de modulation des symboles des canaux RF dépendent du type de canal et de la modulation associée. Le Tableau 33 contient des renseignements complémentaires relatifs aux types de canaux et aux modulations associées.

Pour les canaux employant les modulations MDP-4 ou MDMG, le débit du canal RF est de 36 kbit/s. Pour les canaux employant la modulation MDP-2, le débit du canal RF est de 18 kbit/s.

Pour les canaux employant les modulations MDP-4 ou MDP-2, la rapidité de modulation des symboles du canal (après modulation) est de 18 ksymbole/s. Pour les canaux employant la modulation MDMG, la rapidité de modulation des symboles du canal (après modulation) est de 36 ksymbole/s.

p.i.r.e. et G/T de l'UT

Les valeurs nominales de p.i.r.e. et de G/T de l'UT pour chaque type de terminal sont énumérées au Tableau 19.

TABLEAU 19
Valeurs nominales de p.i.r.e. et de G/T de l'UT

Terminal	Gain (dBi)	G/T (dB/K)	p.i.r.e. de crête (dBW)	p.i.r.e. de crête minimale ⁽¹⁾ (dBW)	Valeur moyenne de la p.i.r.e. dans le temps ⁽²⁾ (dBW)
Portatif	2	-23,8	≤ 7	-9	≤ -4
Renforcé transportable	3,5	-21,5	≤ 7	-9	≤ -4
Véhicule privé	3,5	-21,5	≤ 10	-6	≤ -1
Véhicule commercial	6,5	-18,0	≤ 10	-6	≤ -1
Semi-fixe	10,5	-14,0	≤ 10	-6	≤ -1

(1) Prend en compte la commande de puissance.

(2) Les valeurs moyennes dans le temps ont été calculées en faisant l'hypothèse d'une utilisation vocale à intervalle temporel unique à p.i.r.e. de crête avec émission discontinue. La commande de puissance n'a pas été prise en compte.

p.i.r.e. et G/T du satellite

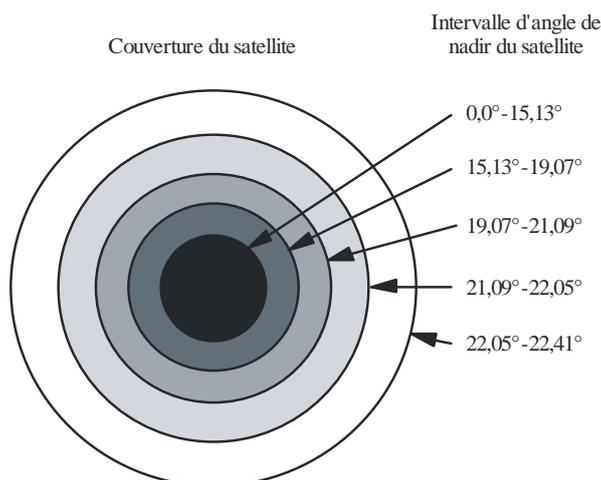
Dans le cadre de la description de la qualité de la p.i.r.e. et du G/T du satellite, la Fig. 28 présente la définition de différents intervalles d'angle de nadir de satellite (correspondant à des zones de même superficie au sol).

La ressource de p.i.r.e. de la liaison de service peut être attribuée de manière flexible à l'un quelconque des 163 faisceaux ponctuels par la sélection de la fréquence appropriée sur la liaison montante (liaison de connexion) correspondant au canal filtre de satellite acheminé vers le faisceau ponctuel souhaité. Le Tableau 20 indique la p.i.r.e. nominale maximale de chaque anneau si toutes les p.i.r.e. étaient orientées uniquement vers cet anneau à l'exclusion des faisceaux des autres anneaux. Dans des applications de trafic réelles, la p.i.r.e. sera répartie sur l'ensemble des anneaux avec une p.i.r.e. inférieure à la valeur de crête pour chaque anneau.

L'attribution du G/T nominal de la liaison de service est donné au Tableau 21 pour chaque anneau de faisceaux ponctuels.

FIGURE 28

Définition de zones de spécifications de p.i.r.e. à partir d'un satellite



M.1850-28

TABLEAU 20

p.i.r.e. nominale maximale de la liaison de service pour chaque anneau

	Anneau 1	Anneau 2	Anneau 3	Anneau 4	Anneau 5
Puissance de sortie combinée SSPA (dBW)	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
Affaiblissements de la puissance de sortie (dB)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Gain d'antenne moyen (dB)	30,6	29,6	28,9	28,7	28,2
p.i.r.e. (dBW)	58,2	57,4	56,7	56,6	56,1
Perte de puissance pour le gain le plus défavorable (dB)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
p.i.r.e. utile (dBW)	58,1	56,9	56,1	55,9	55,4

TABLEAU 21

G/T nominal le plus défavorable de la liaison de service pour chaque anneau

	Anneau 1	Anneau 2	Anneau 3	Anneau 4	Anneau 5
Gain d'antenne moyen (dB)	30,4	29,4	28,7	28,5	28,1
Température de bruit du système (dB/K)	25,5	25,0	24,3	23,9	23,8
G/T sans affaiblissement (dB/K)	4,9	4,4	4,4	4,6	4,3
Affaiblissements pour un gain de processeur faible (dB)	2,3	2,4	2,6	2,8	2,8
G/T pour un gain de processeur faible (dB/K)	2,6	2,0	1,8	1,9	1,5

Synchronisation et stabilité de fréquence

Une synchronisation LES-LES de l'horloge binaire est nécessaire. La précision de rythme 2σ est de $1\ \mu\text{s}$ et le système de référence externe est GPS.

Le réseau commande la base de temps des salves de l'UT. L'UT se synchronise sur la base de temps de la liaison aller, la LES mesure le décalage par rapport à la valeur escomptée et toute correction à appliquer est envoyée vers l'UT via un canal de commande. La précision de l'horloge de référence de la base de temps de l'UT est typiquement de 3 ppm.

La stabilité de fréquence du signal d'émission du satellite est de 0,5 ppm.

La fréquence d'émission de l'UT est commandée par le réseau. L'UT se synchronise sur la fréquence de la liaison aller, le SAN mesure le décalage par rapport à la valeur escomptée et toute correction à appliquer est envoyée vers l'UT via un canal de commande. La stabilité de fréquence de l'émission de l'UT est de 3 ppm (état déverrouillé) et de 0,1 ppm (état verrouillé).

Polarisation

La polarisation sur la liaison montante (Terre vers espace) et sur la liaison descendante (espace vers Terre) est de type RHCP.

Réutilisation de fréquences

Un schéma de réutilisation de fréquences à quatre cellules est généralement utilisé comme base pour le plan de fréquences. Se reporter au § 4.3.3.1.2 pour plus de détails.

4.3.3.4 Spécifications de la bande de base

Accès multiple

Le système fonctionne en mode DRF. Toutefois, il n'existe généralement pas de relation de fréquence fixe (espacement duplex) entre les fréquences Terre-espace et espace-Terre utilisées pour les communications de et vers les UT. Une combinaison de AMRF et AMRT est utilisée. Chaque porteuse RF de 25 kHz accepte des trames d'une longueur de 40 ms. Chaque trame accepte 6 intervalles de temps AMRT, chaque intervalle de temps étant alors d'une durée de $\sim 6,67\ \text{ms}$ ($40/6\ \text{ms}$). Chaque intervalle de temps contient deux symboles de garde en tête et en queue d'intervalle.

Modulation

Le schéma de modulation appliqué dépend du type de canal. Le Tableau 22 contient des renseignements sur les types de porteuse et les modulations qui leur sont associées.

TABLEAU 22

Types de porteuses et modulations associées

Type de porteuse	Modulation
Voix (TCH)	MDP-4 (MDMG sur la liaison montante retour)
Données (TCH)	MDP-4 (MDMG sur la liaison montante retour)
BCCH	MDP-2
RACH	MDP-2 (S-MDP-2 sur la liaison montante retour)
SDCCH	MDP-2

Codage

Le rendement de codage convolutif utilisé dépend du type de porteuse. Le Tableau 23 contient des renseignements relatifs aux rendements de codage employés.

TABLEAU 23

Rendement de codage

Type de porteuse	Rendement de codage
Voix (TCH)	1/3
Données (TCH)	1/2
BCCH	1/2
RACH	1/6
SDCCH	1/4

Un dispositif de décodage à décision douce est utilisé.

Débits de porteuse

Chaque intervalle de temps accepte un débit de 6 kbit/s (soit un débit de canal de 36 kbit/s avec 6 intervalles de temps par trame). On atteint ainsi 4,8 kbit/s de données et 1,2 kbit/s de structure de trame et de signalisation dans la bande.

Pour le canal TCH, chaque intervalle de temps accepte des débits nominaux d'informations utilisateur de 2,4 kbit/s pour les données (avant codage) et de 4,8 kbit/s pour la voix (après codage).

Pour les canaux BCCH et RACH, un débit codé de 18 kbit/s est accepté.

Pour les canaux de commande associés, des débits maximaux de 160 bit/s (SACCH) et 80 bit/40 ms (FACCH) sont acceptés.

Entrelacement

Pour la voix (TCH), l'entrelacement intrasalve est utilisé. Pour les données (TCH), l'entrelacement intrasalve et l'entrelacement sur quatre salves sont utilisés.

4.3.4 Spécifications de l'interface satellite E (SRI-E)

L'interface radioélectrique satellite E (SRI-E) a été optimisée pour une utilisation avec une constellation de satellites géostationnaires pour assurer une couverture mondiale pour des terminaux multimédias, conformément aux objectifs des IMT-2000. Bien que l'interface SRI-E ait été optimisée pour la composante satellitaire, on a également pris en compte le besoin d'une compatibilité plus large dans l'esprit et dans le cadre des objectifs des IMT-2000. Le principal type de terminal prévu pour une utilisation avec l'interface SRI-E est un ordinateur portable ou un ordinateur de poche relié à une petite unité portative de communication munie d'une antenne directive. Avec des terminaux de ce type, l'interface SRI-E peut atteindre des débits de transmission allant jusqu'à 512 kbit/s. L'interface SRI-E prend en compte toutes les formes d'environnement de terminaux, du terminal stationnaire (y compris accès hertzien fixe (AHF)) jusqu'aux terminaux embarqués sur des avions.

L'objectif principal du trafic est l'échange de données, notamment pour la connectivité avec l'Internet public et des intranets privés pour supporter des applications courantes utilisées sur ces réseaux, comme par exemple des logiciels de courrier électronique ou des navigateurs. Les services de télécommunication traditionnels, comme la voix ou la télécopie, sont également pris en compte. Bien que le débit par porteuse soit de 512 kbit/s, des débits plus élevés sont également possibles avec des terminaux dédiés dotés de plusieurs émetteurs-récepteurs par le regroupement de porteuses.

Les satellites utilisés pour prendre en charge l'interface SRI-E devraient utiliser une technique géostationnaire de pointe au moyen de laquelle chaque satellite déploie un grand nombre de faisceaux ponctuels qui, à eux tous, couvrent des superficies de la taille de continents et obtiennent une réutilisation des fréquences analogue à celle de systèmes cellulaires de Terre.

L'un des objectifs essentiels de la conception de l'interface SRI-E a été de la rendre totalement indépendante des services et des types de trafic qu'elle transporte. Ce point est considéré comme une caractéristique essentielle d'un système multimédia.

On appelle par convention «Supports d'accès partagés» les canaux satellitaires spécifiques qui assurent le transfert des données entre le sous-système réseau radioélectrique (RNS, *radio network subsystem*) et l'équipement d'utilisateur. Par définition, ces supports d'accès partagés assurent simultanément plusieurs connexions. Les mécanismes de partage des ressources font intervenir diverses techniques combinées, et chaque paquet considéré individuellement et acheminé sur un support d'accès partagé présente une adresse qui identifie la connexion correspondante.

Le système de gestion des ressources facilite le fonctionnement de supports de types différents dans le système. Les protocoles d'interface radioélectrique utilisent un seul système de signalisation. Les supports physiques sont suffisamment indépendants des couches supérieures pour prendre en charge la quasi-totalité des systèmes de signalisation.

L'approche optimale de gestion des ressources correspondant à la configuration considérée est de type multiplexage par répartition dans le temps/accès multiple par répartition dans le temps (MRT/AMRT).

4.3.4.1 Description architecturale

4.3.4.1.1 Constellation

Comme indiqué ci-dessus, l'interface SRI-E est optimisée pour une installation sur un système à satellites géostationnaires. Les paramètres de la constellation sont énumérés au Tableau 24.

TABLEAU 24

Caractéristiques de la constellation de satellites pour l'interface SRI-E

Altitude du satellite	36 000 km
Angle d'inclinaison de l'orbite	$\leq 3^\circ$
Nombre de plans orbitaux	1
Nombre de satellites par plan orbital	3 pour une couverture mondiale
Méthode de diversité de satellite	Aucune diversité de satellite n'est utilisée

Satellites

La complexité des équipements embarqués sur le satellite qu'il est prévu d'utiliser avec l'interface SRI-E se situe à la limite de la technique actuellement déployable. Elle autorise l'utilisation de plusieurs faisceaux ponctuels et elle fournit la puissance RF nécessaire pour mettre en oeuvre les services d'informations à haut débit destinés aux terminaux mobiles de petite taille.

Les caractéristiques de satellite idéales pour une utilisation avec l'interface SRI-E sont présentées au Tableau 25.

TABLEAU 25

Caractéristiques de la constellation de satellites pour l'interface SRI-E

Nombre de faisceaux ponctuels par satellite	Jusqu'à 300, en fonction de la couverture souhaitée
Configuration des faisceaux ponctuels	Les faisceaux ponctuels sont supposés être de simples cônes. La configuration doit être souple et reconfigurable pendant la durée de vie du système en fonction de l'évolution des modes de trafic
Taille du faisceau ponctuel	Ouverture de faisceau d'environ 1°, c'est-à-dire un diamètre de 800 km au point sub-satellite
Réutilisation de fréquences	Le plan de réutilisation des fréquences s'appuie sur des grappes de 7 faisceaux. Dans l'environnement du satellite, l'attribution de fréquences aux faisceaux ponctuels respecte un modèle simple et régulier. La planification des fréquences n'affecte pas les autres aspects du système, c'est-à-dire la signalisation, la synchronisation, l'interfonctionnement avec les réseaux de Terre
G/T de la liaison de service du faisceau satellite	Moyen: 10 dB/K Minimal: 9,5 dB/K
p.i.r.e. de saturation de la liaison de service pour chaque faisceau	Minimale: 38 dBW Maximale: 53 dBW
p.i.r.e. de saturation totale de la liaison de service par satellite	67 dBW
p.i.r.e. satellite par porteuse RF: 43 dBW	p.i.r.e. maximale: 43 dBW p.i.r.e. moyenne: 42 dBW
Stabilité de fréquence nécessaire	1 ppm
Commande de puissance	Permet une économie de puissance moyenne d'environ 3 dB par satellite; ce qui permet de doubler virtuellement la capacité de trafic
Pas de commande de puissance	0,5 dB
Nombre de cycles par seconde de la commande de puissance	1
Dynamique de la commande de puissance	8 dB
Niveau de puissance d'émission minimal avec commande de puissance	7 dBW

4.3.4.2 Description du système**4.3.4.2.1 Caractéristiques de service**

Le système à satellites à interface SRI-E a été spécifiquement conçu en vue d'une interopérabilité parfaite avec les applications de type UMTS.

L'interface radioélectrique est un système de communication de données par paquets, ce qui signifie que les supports d'accès sont partagés et donc que le débit de données d'utilisateur varie pendant la connexion en fonction de la charge de trafic locale. Des applications à commutation de circuits (voix, RNIS) sont possibles puisque l'on peut définir des paramètres de qualité de service pour garantir le débit de données demandé par l'utilisateur.

4.3.4.2.1.1 Capacité pour les services multimédias

Les services multimédias se distinguent des services de télécommunication traditionnels par un certain nombre d'aspects qui sont décrits dans les paragraphes ci-après. L'interface SRI-E a été conçue pour ce type de trafic conformément aux explications données dans chacun de ces paragraphes.

Indépendance entre transport et applications

Les réseaux mobiles de deuxième génération présentent une association étroite entre le transport radioélectrique et les caractéristiques de l'application principale, c'est-à-dire le trafic vocal. Dans le cas d'un réseau multimédia, une telle association est très peu souhaitable. Il est préférable de concevoir une interface radioélectrique qui soit aussi générale que possible et capable de prendre en compte une large diversité de types de trafic, notamment ceux non prévus à l'heure actuelle. Ce principe sous-tend la conception des systèmes ATM.

L'interface SRI-E prend totalement en compte cet objectif. Elle ne fait aucune hypothèse relative aux protocoles ou services à utiliser au-dessus d'elle. La compatibilité avec l'ATM terrestre garantit que tout trafic pouvant être transporté par ATM peut également être transporté par l'interface SRI-E (sous réserve que la largeur de bande soit suffisante).

Prise en compte des services IP

Dans la décennie à venir, l'Internet prendra une importance égale à celle du réseau téléphonique international en tant que réseau fédérateur mondial pour le partage et l'échange d'informations et pour la distribution de données en temps réel. D'ailleurs, certains affirment qu'il va même supplanter le réseau téléphonique pour le transport vocal; cette affirmation est toutefois contestée. En plus de l'Internet partagé, entreprises et autres organisations fondent dorénavant le partage de leurs informations internes sur la technologie Internet en mettant en oeuvre ce que l'on appelle des «Intranets» et, pour les groupes fermés d'utilisateurs, des «Extranets».

Toute technologie de communication destinée à être intégrée au monde réel du XXI^e siècle doit comprendre l'Internet et ses protocoles associés comme mode principal de fonctionnement. La capacité de gérer ce trafic de la manière la plus rationnelle sera le critère discriminant des techniques de communication mises en oeuvre.

L'une des principales caractéristiques du trafic Internet, comparé aux télécommunications traditionnelles, tient à sa nature par rafales. Typiquement, l'utilisateur aura d'abord besoin de recevoir ses informations en rafales relativement concentrées, par exemple lors du chargement d'une page web ou d'un formulaire, puis il aura besoin dans la période qui suit d'une largeur de bande relativement faible. Il s'agit là d'un aspect bien connu du réseau actuel, qui permet un multiplexage statistique typique de cinq fois le nombre d'utilisateurs autorisé par une bande passante statique. Les réseaux traditionnels, qui s'appuient sur une largeur de bande fixe pendant toute la durée d'un appel, sont mal équipés pour gérer ce type de trafic. Une autre caractéristique de ce trafic est son aspect asymétrique. Typiquement, la quantité de données s'écoulant dans un sens (en principe vers l'utilisateur) dépasse celle s'écoulant dans l'autre sens dans un rapport de 1 à 10.

L'interface SRI-E a été conçue dans l'objectif principal d'une utilisation Internet. Son service à largeur de bande variable assure une réponse instantanée à l'évolution du trafic, notamment vers l'utilisateur distant. Aucune renégociation ni autre délai n'est imposé entre l'arrivée du trafic et l'attribution de la bande passante correspondante dans l'hypothèse où celle-ci est disponible. En cas de conflit d'attribution de bande passante (c'est-à-dire si elle est insuffisante pour répondre à une demande ponctuelle), l'interface partage automatiquement la bande disponible de manière équitable. Bien que non incluse dans la présente proposition, une marge de tolérance est prévue pour des schémas plus élaborés dans lesquels, par exemple, certains appels pourront recevoir une part plus importante de la bande passante en cas de conflit en s'appuyant sur un niveau tarifé de qualité de service.

L'attribution dynamique de bande passante permet également l'établissement d'un trafic asymétrique. Une combinaison typique d'utilisateurs Internet utilisant un trafic en sens inverse, comme le téléchargement d'historiques de transactions ou de télémesures, optimisera automatiquement l'utilisation de la bande passante.

Une autre caractéristique de l'utilisation de l'Internet (y compris pour des services de type Internet comme les Intranets) est que l'utilisateur souhaite disposer d'une connexion permanente, sans intervention active de sa part par exemple pour établir ou interrompre un appel en relation avec ses activités. (Ce mode de fonctionnement est pris en compte avec réticence par les utilisateurs d'une connexion téléphonique commutée résidentielle mais ne se présente pas dans un environnement professionnel et est en fait un phénomène secondaire lié à l'inadaptation du réseau RTPC pour ce type de trafic). Il est par conséquent souhaitable qu'une technique d'accès fournisse un mode de connexion à faible coût sur une base permanente, la bande passante disponible étant utilisée qu'en réponse à des nécessités de trafic.

L'interface SRI-E présente une telle option, qui correspond au débit binaire non spécifié (UBR, *unassured bit rate*) dans les réseaux ATM. Lorsqu'un tel utilisateur est inactif (inactivité déterminée par la surveillance du trafic), aucune ressource radioélectrique n'est utilisée. Lorsqu'il devient actif, c'est-à-dire lorsque du trafic est reçu à la station de base ou émis à partir du terminal utilisateur, des ressources radioélectriques sont attribuées par l'intermédiaire d'une procédure de restauration d'appel.

Prise en compte d'appels simultanés multiples

Le trafic multimédia exigera fréquemment des appels multiples vers la même destination ou vers des destinations différentes et avec des exigences de qualité différentes. Par exemple la norme décrite dans la Recommandation UIT-T H.323 pour les conférences multimédias prend en compte cette capacité.

L'interface SRI-E accepte toute combinaison d'appels, chacun d'eux présentant sa propre destination et son propre niveau de qualité de service dans la limite de la capacité globale d'un canal (soit 512 kbit/s). Elle multiplexe automatiquement les appels vers différents terminaux dans un canal mais peut aussi dédier un canal complet à un seul terminal si nécessaire.

La capacité de transfert est utilisée non seulement pour prendre en compte la mobilité géographique mais également pour optimiser l'utilisation des canaux. Un terminal peut débiter son activité par un appel unique à faible largeur de bande (par exemple un appel vocal) puis ajouter d'autres appels jusqu'au point où la capacité partagée du canal n'est plus suffisante. A ce stade, le mécanisme de transfert est invoqué pour déplacer le terminal (voire un autre terminal) vers un autre canal présentant la capacité demandée. De même, à mesure qu'il est mis fin à des appels, une utilisation rationnelle de la bande passante peut exiger que des terminaux fonctionnant sur différents canaux soient regroupés sur un même canal, libérant ainsi des ressources pour d'autres usages.

Prise en compte de la détermination de la position

Il est de plus en plus fréquemment exigé sur le plan légal que les systèmes mobiles soient capables de signaler à des services de police ou d'urgence la position physique d'un terminal. La fourniture de cette capacité sera donc une obligation pour obtenir une licence d'exploitation dans de nombreux pays. De plus, d'autres différences d'ordre réglementaire entre pays et qui peuvent avoir une influence sur l'utilisation des terminaux ou services, exigent la fourniture d'informations de positionnement.

Tout système équipé de l'interface SRI-E devrait utiliser un récepteur GPS indépendant pour obtenir des informations de position précises (± 100 m). Le protocole de signalisation comprend un moyen de transmettre ces informations vers la station de base. Si l'interface SRI-E est utilisée dans un environnement de Terre, le récepteur GPS peut être remplacé par un dispositif de radiolocalisation.

4.3.4.2.1.2 Aspects liés à la qualité de fonctionnement

L'interface SRI-E n'impose pas de manière intrinsèque un niveau quelconque de qualité vocale. Il est envisagé que la Recommandation UIT-T G.729 soit appliquée et les conditions de qualité seront celles stipulées dans cette Recommandation. Des niveaux de qualité plus ou moins élevés (avec l'incidence correspondante en termes de largeur de bande) sont possibles sans conséquence pour l'interface radioélectrique.

La qualité de la transmission est l'un des points forts de l'interface SRI-E. Le taux d'erreur est spécifié par référence au taux d'erreur sur les blocs CED. Le système d'adaptation de la liaison cherche à maintenir un taux d'erreur inférieur à 1×10^{-3} . Cette valeur convient pour toutes les applications multimédias sans qu'il soit nécessaire d'apporter des améliorations à l'interface radioélectrique ou aux couches d'interface. (Les applications exigeant une intégrité supérieure à ce chiffre appliquent systématiquement leurs propres protocoles d'intégrité des données de couche supérieure.)

L'interface SRI-E comprend en outre un turbocodage adaptatif, dont le rendement de codage (et donc le débit de données d'utilisateur) varie en temps réel en fonction de l'évolution des conditions sur le canal, de telle sorte qu'un taux d'erreur sur les blocs fixe de 10^{-3} soit maintenu.

L'interface SRI-E fait intervenir un protocole HDLC (protocole de commande de liaison de données à haut niveau) par bond de satellite, et ce protocole est optimisé pour l'environnement satellitaire. Les connexions à commutation par paquets (interactives ou élémentaires) fonctionnent en mode accusé de réception et les paquets perdus sont retransmis. Les connexions à commutation de circuits et les connexions à commutation par paquets en flux continu se font en mode transparent/sans accusé de réception, et il peut y avoir des pertes sur ces connexions.

L'interface SRI-E n'impose aucune contrainte sur les protocoles de service utilisés. L'interface utilisera le nouveau codec 4 kbit/s AMBE+2TM (*adaptive multi band excitation*) dont la qualité vocale subjective, d'après les mesures, dépasse le critère «circuit interurbain» dont il est question dans la Recommandation UIT-T G.729, ce qui répond aux exigences des IMT-2000.

Dans certains modes de fonctionnement (mode avec accusé de réception par exemple), il ne devrait pas y avoir de pertes de paquets pendant les transferts, puisque tout le trafic est stoppé. Dans le cas d'un mode de fonctionnement sans accusé de réception, le trafic peut être stoppé, mais on peut alors observer une incidence notable, dans le cas par exemple d'une application de flux continu de vidéo. En mode transparent, et surtout pour les signaux vocaux, on peut observer une perte de trame, et donc une incidence sur la qualité du signal vocal. Pour des services différés, comme l'accès à Internet, la perte de cellule sera récupérée par le protocole d'amélioration de l'intégrité stipulé dans la Recommandation UIT-T V.42 et sera donc transparente à l'application. Elle sera enregistrée sous la forme d'une erreur de transmission, plus courante d'un point de vue statistique.

Les variations en termes de qualité du signal sont traitées principalement par une gestion active du rendement de codage, de telle sorte que le débit de données final vu par l'utilisateur est déterminé par la qualité de la liaison, bien que le taux d'erreur soit précisément limité. Une telle approche est mieux adaptée à un environnement multimédia dans lequel les applications sont généralement plus sensibles à des erreurs de données ou aux effets de la correction d'erreurs que dans le cas de services traditionnels comme la voix.

4.3.4.2.2 Caractéristiques du système

Passerelles

Les appels sont acheminés vers la passerelle satellite responsable du faisceau ponctuel dans lequel se situe le terminal. Plusieurs stations RNS de sous-réseau peuvent desservir un seul faisceau ponctuel. La gestion de la mobilité est assurée par un réseau principal GSM/UMTS. Chaque faisceau ponctuel participe à la gestion de la mobilité, qui permet de suivre les positions et les mobiles. Tous les

satellites du système doivent être visibles à partir d'au moins une passerelle par satellite. Ainsi, un petit nombre seulement de passerelles est nécessaire dans un environnement de satellites géostationnaires, au moins une passerelle par satellite ou trois pour un système à couverture mondiale.

Interface avec le réseau

L'interface SRI-E n'impose aucune contrainte à l'interface avec le réseau. Aucune fonctionnalité RTPC complémentaire n'est nécessaire pour l'interfonctionnement RNIS ou RTPC. De même, aucune contrainte n'est imposée aux routeurs Internet. L'interface SRI-E peut néanmoins tirer profit des plus récentes fonctions Internet comme la réservation de bande passante.

Des interfaces réseaux classiques peuvent être utilisées, conformément à des normes établies comme celles figurant dans les Recommandations UIT-T Q.761, UIT-T Q.931 et UIT-T Q.2931. Les fonctions propres aux mobiles et aux satellites comme le transfert ou la gestion de la mobilité ne sont pas visibles au niveau de l'interface du réseau.

Aucune modification n'est à apporter au réseau de lignes terrestres pour faire subir à l'interface SRI-E le jeu standard de services supports RNIS. Tous les services RNIS de lignes terrestres et autres services et fonctions sont transmis à l'interface SRI-E, qui constitue en fait simplement un «guide» pour les protocoles de signalisation UMTS et qui n'interprète pas les messages.

Transfert/transfert automatique de la liaison radioélectrique

La gestion des usagers doit être assurée de façon efficace: pour cela, il faut parfois les «déplacer» d'un faisceau à l'autre. A cet égard, plusieurs scénarios sont envisageables:

- passage à un autre faisceau de même type sur le même satellite, sous contrôle de la même unité de réseau radioélectrique (RNC, *radio network controller*);
- passage à un autre faisceau de même type sur le même satellite, sous contrôle d'une RNC différente;
- passage à un autre faisceau de même type mais sur un autre satellite.

Le transfert est entièrement traité au niveau des différentes couches de l'interface SRI-E. Le transfert est amorcé par une opération de gestion des ressources radioélectriques (RRM, *radio resource management*), la couche de contrôle support configure le processus de contrôle support recherché mais sans modifier le processus de contrôle de support source. Au niveau de l'équipement d'utilisateur, une signalisation facilite, au stade du contrôle du support cible, la reconfiguration et la communication avec l'unité RNC. Après rétablissement et signalisation d'accusé de prise en charge, l'ancienne connexion est libérée.

Le transfert peut entraîner la perte de certaines données. Pour la voix, la durée de l'interruption est brève, et sans conséquence audible, si l'on applique les dispositions de la Recommandation UIT-T G.729. Pour les données, les mécanismes ARQ garantissent l'intégrité.

Le transfert affecte la complexité du système de deux manières:

- le besoin de mécanismes de protocole complémentaires. Ils affectent uniquement les logiciels et n'ont par conséquent aucune influence sur le coût du terminal;
- le besoin d'unités de canal de station de base capables de subdiviser et de combiner du trafic provenant des anciens et des nouveaux canaux radioélectriques lors d'un transfert. Ce point n'a aucune influence sur les terminaux.

Attribution dynamique des canaux

Des fréquences peuvent être attribuées dynamiquement à des faisceaux ponctuels en fonction de la charge de trafic. Dans l'environnement de la composante satellitaire on n'observe pas de variations significatives des conditions de propagation. En conséquence, l'interface SRI-E est plus efficace du point de vue de l'utilisation du spectre (et plus efficace en matière d'utilisation de la puissance critique du satellite) que ce n'est le cas lorsque des variations plus importantes doivent être prises en considération.

Consommation électrique

L'interface SRI-E a été conçue pour être utilisée dans des situations où l'accès à une alimentation secteur peut être impossible. C'est pourquoi elle optimise la consommation électrique afin de garantir un niveau d'économie maximal aussi bien en mode veille qu'en mode actif. L'émission et la réception fonctionnent de manière intermittente en fonction des besoins du trafic. Même en cas d'appels à bande passante variable (par exemple pour le trafic Internet), une réception intermittente est appliquée sauf si du trafic en rafales est reçu.

En raison de la variation des lieux géographiques des équipements d'utilisateur par rapport au centre du faisceau ponctuel, des variations d'alimentation et des tolérances des fabricants, les émissions des équipements d'utilisateur peuvent présenter, au niveau d'un RNS, des rapports *signal sur bruit* très variables eux-mêmes. Pour limiter les brouillages et faire en sorte que le récepteur fonctionne dans sa plage optimale, tout en économisant les accumulateurs du mobile, l'unité RNS corrige les émissions des équipements d'utilisateur en fonction des besoins, et ces corrections peuvent intervenir à tout moment pendant les communications.

Correction de synchronisation

Dans un système de communication par satellite, le trajet de propagation des signaux radioélectriques est de longueur très variable, en raison de la diversité des emplacements des mobiles qui communiquent. Normalement, cette caractéristique inhérente ne pose pas de problème dans un système AMRF pur à un seul canal par porteuse, mais dans un système à accès partagés, lorsque plusieurs émetteurs mobiles utilisent la même ressource physique, il importe de faire en sorte que les mobiles ne se brouillent pas mutuellement. On y parvient soit en recourant à une détermination de position par satellite (GPS) soit en recourant à une «bande de garde temporelle» entre les émissions, tout en fournissant à chaque émetteur mobile des informations de correction de temps par référence au récepteur RNS. C'est la sous-couche de contrôle support qui assure le contrôle des informations de temps et la correction des erreurs de synchronisation.

La précision des mesures de temps et des corrections requises dépend de la couche physique qui intervient au moment considéré.

Lorsque les décalages de synchronisation initiaux ont été corrigés, la synchronisation des émissions des divers mobiles est surveillée en permanence et, lorsque cela est nécessaire, une correction différentielle est assurée.

Correction de fréquence

L'équipement d'utilisateur se verrouille sur le support aval et corrige sa propre stabilité en fréquence à long terme.

4.3.4.3 Caractéristiques radiofréquences

Bande de fréquences

L'interface SRI-E n'impose aucune contrainte en matière de bande de fréquences. Elle peut, en principe, être utilisée dans toute bande de fréquences, sachant que les conditions de propagation et les contraintes imposées aux techniques des antennes font que son utilisation est optimale à des fréquences situées entre 1 et 3 GHz.

Accès multiple

L'interface SRI-E s'appuie en règle générale sur des techniques bien connues et éprouvées. Elles comprennent l'utilisation des techniques MRT/AMRT/AMRF.

Le système d'accès multiple comprend des canaux aller et des canaux retour partagés par plusieurs utilisateurs. Le partage d'un même canal par plusieurs utilisateurs permet de compenser l'inactivité d'un utilisateur par l'activité d'un autre. Ensemble, les utilisateurs échangent des données dans les deux sens, de telle sorte que les canaux aller comme les canaux retour sont occupés.

Mode d'exploitation en duplex

L'interface SRI-E est conçue pour une exploitation en mode DRF. L'écart de fréquence minimal liaison montante/liaison descendante est fonction des coûts d'installation.

Modulation et codage

L'interface SRI-E accepte une large gamme de valeurs d'ouverture d'antenne de terminal mobile et de p.i.r.e., de sorte qu'il n'est pas possible de proposer une solution unique d'optimisation des débits de transmission, les communications entre tous types de terminaux étant assurées. Dans ce cas, on résout le problème en tenant compte d'un certain nombre de types de support, avec modulation MAQ-16 ou modulation quaternaire dans le sens retour. Dans le sens aller, on utilise des supports MAQ-16 et une signalisation MDP-4. Pour maximiser le rendement et le débit pouvant être obtenu au niveau de chaque terminal, on utilise un système de codage variable, essentiel pour obtenir le haut niveau d'efficacité d'utilisation du spectre que l'on recherche.

Dans un codage variable, on poinçonne les flux de parité générés par le turbocode en recourant à un certain nombre de matrices de poinçonnage prédéfinies, de telle sorte que le niveau de redondance assuré par le code est lui-même variable. On peut ainsi transférer les informations à destination ou en provenance d'un mobile sur un seul canal et en accroître le débit lorsque le mobile fonctionne dans de bonnes conditions radioélectriques et pour assurer le maintien de la liaison de communication lorsque le mobile est exploité dans de mauvaises conditions radioélectriques.

Rapport C/N

Le système offre par conception un pas de rendement de codage qui correspond normalement à une incrémentation du rapport C/N_0 égale à 1 dB, ce qui permet d'obtenir le taux d'erreurs en salve requis, soit 1×10^{-3} . On peut aussi utiliser cette méthode pour compenser les effets d'un évanouissement lent. La passerelle satellite gère le rendement de codage en fonction des valeurs C/N_0 communiquées par la liaison.

Espacement de porteuse et découpage des canaux

Les supports aller de l'interface SRI-E acceptent des débits de données nominaux compris entre 4,5 et 512 kbit/s. Les porteuses fonctionnent en continu, en mode multiplexage par répartition dans le temps (MRT). Un support aller doit présenter un niveau de puissance moyenne constant.

Les supports retour peuvent accepter des débits de données nominaux compris entre 8,4 et 492,8 kbit/s, et la transmission se fait alors par salves (*bursts*), en accès multiple par répartition dans le temps (AMRT). Les salves ont une durée de 5 ms ou 20 ms, et leur séquence est communiquée sur un support aller. Les séquences de retour décrivent également le débit de symboles et la modulation qui seront utilisés pour l'émission considérée.

Efficacité d'utilisation du spectre

L'interface SRI-E atteint un niveau maximal d'efficacité d'utilisation du spectre grâce aux techniques actuelles des systèmes à satellites géostationnaires. L'efficacité de la modulation de base fournie par la technique évoluée de modulation et de codage est de 1,4 bit/s/Hz. L'utilisation d'un multiplexage statistique dépendant du trafic accroît encore l'efficacité d'utilisation du spectre. Dans le cas de trafic de données et de trafic Internet, du fait du mécanisme de largeur de bande variable hautement flexible, le taux effectif, qui prend en compte des gains probables liés au multiplexage statistique, est de l'ordre de 3 à 7 bit/s/Hz. Dans le cas d'un trafic vocal, la technique de commande vocale permet d'espérer un doublement de l'efficacité de canal brute de base.

Caractéristiques des stations terriennes mobiles

L'interface SRI-E accepte une large gamme de terminaux d'utilisateur. Toutefois, on ne considère ici que les données concernant trois types de terminaux, présentant des gains d'antenne de l'ordre de 7,7 dBi à 14 dBi. La p.i.r.e. de ces terminaux mobiles est comprise entre 10 et 20 dBW.

Synthétiseur de fréquence d'équipement d'utilisateur

Les caractéristiques du synthétiseur de fréquence d'équipement d'utilisateur sont présentées au Tableau 26.

TABLEAU 26

Caractéristiques du synthétiseur de fréquence

Pas	1,25 kHz
Vitesse commutée	80 ms (y compris traitement protocole)
Gamme de fréquences	Dépend uniquement de l'attribution du spectre
Stabilité de fréquence	1 ppm

Méthode de compensation de l'effet Doppler

Aucune compensation explicite de l'effet Doppler n'est nécessaire puisque l'interface SRI-E est conçue pour un système géostationnaire. La CAF du récepteur est suffisante pour toutes les vitesses de déplacement de terminaux mobiles y compris ceux se trouvant dans des avions. Le décalage de fréquence résiduel sera déterminé sur la bande de base à l'aide de techniques DSP.

Facteurs de propagation

Le brouillage dû à la propagation par trajets multiples n'a qu'une incidence limitée sur l'environnement cible. Il est pris en compte dans le bilan de liaison.

La fréquence des évanouissements est nettement inférieure à la rapidité de modulation des symboles; c'est pourquoi le brouillage intersymboles provoqué par la modification du profil d'étalement du temps de propagation est négligeable.

4.3.4.4 Caractéristiques de la bande de base

Débits binaires

Liaison aller

La liaison aller peut présenter un débit de données compris entre 21,6 et 512 kbit/s, selon le type de support pouvant être utilisé par le mobile et en fonction des conditions sur le canal. Le débit de données d'utilisateur peut varier en fonction du rapport C/N_0 sur le canal lorsque l'utilisateur, par exemple, se dirige vers le centre du faisceau ponctuel. Le débit de données peut être dynamiquement adapté rafale par rafale par le RNS, et l'adaptation dynamique est signalée par le mot unique et paire de valeur d'attributs (AVP, *attribute value pair*) du premier bloc CED lorsque le rendement de codage ne correspond pas à l'intégralité de la trame.

Liaison retour

De même, dans le sens retour, les débits de données dépendent des capacités du mobile et des conditions sur le canal. Les supports retour sont compatibles avec des débits compris entre 19,2 et 512 kbit/s. Ici encore, le débit de données peut être adapté rafale par rafale sur commande du RNS et de l'équipement d'utilisateur lui-même.

Structure de trame

Structure de trame aller

Sur la liaison aller, la structure de trame adoptée combine un mot unique initial et des symboles pilotes répartis. La durée de la trame est de 80 ms. Trois types de support aller sont prévus:

- Le premier type de support, dont le débit est de 8,4 ksymboles/s est essentiellement utilisé sur le faisceau mondial et sa modulation est de type MDP-4. Chaque trame occupe 10,5 kHz.
- Le deuxième type de support (33,6 ksymboles/s, 42 kHz) est utilisé pour la signalisation et le service à destination des terminaux à petite ouverture. Chaque trame est subdivisée en quatre blocs CED de 20 ms. La modulation est de type MDP-4 ou MAQ-16.
- Le troisième type est un support «large» de 151,2 ksymboles/s (189 kHz) qui achemine les données de trafic. Chaque trame est subdivisée en huit blocs CED de 10 ms. Cette solution permet de ramener le temps de propagation dans le sens aller de 20 à 10 ms, ce qui est très important pour les applications dans lesquelles le temps de propagation est important, telles que la transmission de signaux de parole.

Structure des rafales sur la liaison retour

Dans le sens retour, deux durées de rafale ont été retenues, à savoir 5 ms et 20 ms. Pour les supports à débit élevé, le nombre de blocs par rafale est passé de 1 à 2, ce qui permet d'éviter tout accroissement excessif des besoins mémoire au niveau du turbocodeur. Ici encore, la durée de 5 ms permet de minimiser l'inertie du système.

La plus petite charge utile admissible des blocs turbocodés est d'environ 20 octets, ce qui impose une limite inférieure à l'utilisation d'intervalles de 5 ms, qui ne peuvent être utilisés que pour les supports présentant un débit de symboles d'au moins 33,6 ksymboles/s en modulation MAQ-16 ou de 67,2 ksymboles/s en modulation quaternaire.

Désignations

TABLEAU 27A

Définition des supports

Direction	Durée de trame/rafale (ms)	Débit de symboles (multiplicateur) (ksymboles/s)	Modulation	Blocs CED par trame
F: Aller	80	0,25 × 33,6 1 × 33,6 4,5 × 33,6	X: MAQ-16 Q: MDP-4	1B 4B 8B
R: Retour	20 5	0,5 × 33,6 1 × 33,6 2 × 33,6 4,5 × 33,6	X: MAQ-16 Q: MDP-4 $\pi/4$	1B 2B

TABLEAU 27B

Types de support aller

Identificateur	Durée de trame (ms)	Débit de symboles (ksymboles/s)	Modulation	Blocs CED par trame
F80T0.25Q1B	80	0,25 × 33,6	MDP-4	1
F80T1X4B	80	33,6	MAQ-16	4
F80T4.5X8B	80	4,5 × 33,6	MAQ-16	8
F80T1Q4B	80	33,6	MDP-4	4

TABLEAU 27C

Types de support retour

Identificateur	Durée de trame (ms)	Débit de symboles (ksymboles/s)	Modulation	Blocs CED par trame
R5T1X	5	33,6	MAQ-16	1
R5T2X	5	2 × 33,6	MAQ-16	1
R5T4.5X	5	4,5 × 33,6	MAQ-16	1
R20T1X	20	33,6	MAQ-16	1
R20T2X	20	2 × 33,6	MAQ-16	1

TABLEAU 27D

Identificateur	Durée de trame (ms)	Débit de symboles (ksymboles/s)	Modulation	Blocs CED par trame
R20T4.5X	20	$4,5 \times 33,6$	MAQ-16	2
R5T2Q	5	$2 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1
R5T4.5Q	5	$4,5 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1
R20T0.5Q	20	$0,5 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1
R20T1Q	20	33,6	MDP-4 $\pi/4$	1
R20T2Q	20	$2 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1
R20T4.5Q	20	$4,5 \times 33,6$	MDP-4 $\pi/4$	1

Codage

Pour maximiser le rendement et le débit pouvant être obtenu au niveau de chaque mobile, on utilise un système de codage variable, essentiel pour obtenir le haut niveau d'efficacité d'utilisation du spectre que l'on recherche. Dans un codage variable, on poinçonne les flux de parité générés par le turbocode en recourant à un certain nombre de matrices de poinçonnage prédéfinies, de telle sorte que le niveau de redondance assuré par le code est lui-même variable.

On peut ainsi transférer les informations à destination ou en provenance d'un mobile sur un seul canal et en accroître le débit lorsque le mobile fonctionne dans de bonnes conditions radioélectriques et pour assurer le maintien de la liaison de communication lorsque le mobile est exploité dans de mauvaises conditions.

Le système présente un pas de rendement de codage qui correspond normalement à une incrémentation du rapport C/N_0 égale à 1 dB, ce qui permet d'obtenir le taux d'erreurs en salve requis, soit 10^{-3} . On peut aussi utiliser cette méthode pour compenser les effets d'un évanouissement lent. La passerelle satellite gère le rendement de codage en fonction des valeurs C/N_0 communiquées par la liaison.

TABLEAU 28

Caractéristiques des interfaces radioélectriques

Modulation	Débit de symboles (ksymboles/s)	Rendement de codage
MDP-4, MDP-4 $\pi/4$, MAQ-16	8,4; 16,8; 33,6; 67,2; 151,2	0,34; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,84

Algorithmes paramétriques

L'enveloppe des conditions d'exploitation du système fait intervenir un grand nombre de rendements de codage, mais les besoins mémoire des mobiles sont maintenus à des valeurs minimales. Les fonctions de codage et de décodage de commande, les matrices de poinçonnage et les matrices d'entrelacement des canaux sont décrites par des algorithmes, plutôt que par l'intermédiaire de tableaux. Cette méthode permet de minimiser les risques d'erreur de spécification et d'application.

Mots uniques

Le rendement de codage est indiqué par le mot unique utilisé dans la salve, ce qui minimise les contraintes de conception au niveau des systèmes et garantit la démodulation et le décodage correct de chaque trame ou de chaque salve sans connaissance a priori du rendement de codage appliqué par l'émetteur à la salve ou à la trame considérée.

Turbo-synchronisation

Une signalisation reposant sur des mots uniques et faisant intervenir de faibles valeurs du rapport E_s/N_0 entraîne certains problèmes de qualité de fonctionnement des mécanismes de détection et de synchronisation de salve lorsque l'on fait appel à des techniques classiques et, pour cette raison, l'interface SRI-E exploite une nouvelle technique qui permet d'améliorer considérablement la qualité de fonctionnement du système.

Le temps de traitement de la transmission radioélectrique dû au traitement global du codage de canal, à l'entrelacement de bits, à la mise en trames, etc., à l'exclusion du codage à la source, calculé à partir du temps de propagation émetteur à partir de l'entrée du codeur de canal vers l'antenne augmenté du temps de propagation récepteur de l'antenne vers la sortie du décodeur de canal, est de 55 ms pour un signal vocal à 8 kbit/s et 10 ms pour des données à 144 kbit/s.

Limiteur d'écho

Le temps de propagation aller-retour de l'interface SRI-E est de 100 ms pour une connexion à 8 kbit/s, non compris le temps de propagation. A l'évidence, pour un système à satellites géostationnaires, ce dernier est le plus important, puisqu'il ajoute environ 600 ms et rend indispensable le recours à un limiteur d'écho.

Prescriptions applicables aux émetteurs linéaires

Le fonctionnement de l'équipement d'utilisateur doit être conforme aux gabarits de spectre applicables, notamment à celui de l'ETSI.

Prescriptions applicables aux récepteurs

La dynamique du récepteur est de 10 dB. Comme le rapport puissance moyenne/puissance de crête après filtrage de la bande de base est de 3 dB, cette valeur est parfaitement appropriée pour prendre en compte les variations escomptées de niveau de signal.

Isolation émission/réception requise

40 dB.

4.3.5 Spécifications de l'interface satellite F (SRI-F)

L'interface radioélectrique satellite F Satcom2000 fournit les spécifications d'interface hertzienne d'un système mobile personnel par satellite qui utilise une architecture et des techniques évoluées pour prendre en compte une variété d'applications de service dans divers environnements d'utilisateurs.

Un système mobile personnel par satellite exploitant l'interface radioélectrique Satcom2000 servira d'extension mondiale et de complément aux réseaux de Terre, offrant les niveaux de qualité et de diversité de service prévus pour les systèmes IMT-2000. En coordination avec les exploitants de réseaux de Terre, ce système permet d'attribuer aux abonnés un poste téléphonique et un numéro unique répondant à la quasi-totalité de leurs besoins en communication. Ce système offrira un large éventail de services vocaux et de données, notamment une combinaison d'applications vocales, de données, de transfert de télécopie, d'accès à Internet, de courrier électronique, de courrier vocal et de radiorecherche et messagerie.

4.3.5.1 Description architecturale

Grâce aux antennes intelligentes, aux modes d'accès multiples et hybrides, au traitement et à la commutation à bord et à d'autres techniques avancées, le système personnel mobile par satellite utilisant l'interface radioélectrique Satcom2000 est conçu de façon à optimiser les ressources spectrales, spatiales et d'alimentation électrique. La possibilité de choisir entre plusieurs modes d'accès permet de sélectionner le mode le mieux adapté au service et à l'environnement considérés. La commutation aux fréquences de la bande de base offre un niveau élevé de gestion du trajet pour des données d'utilisateur particulières. Le traitement et le codage de la bande de base garantissent un TEB inférieur sur les canaux utilisateurs.

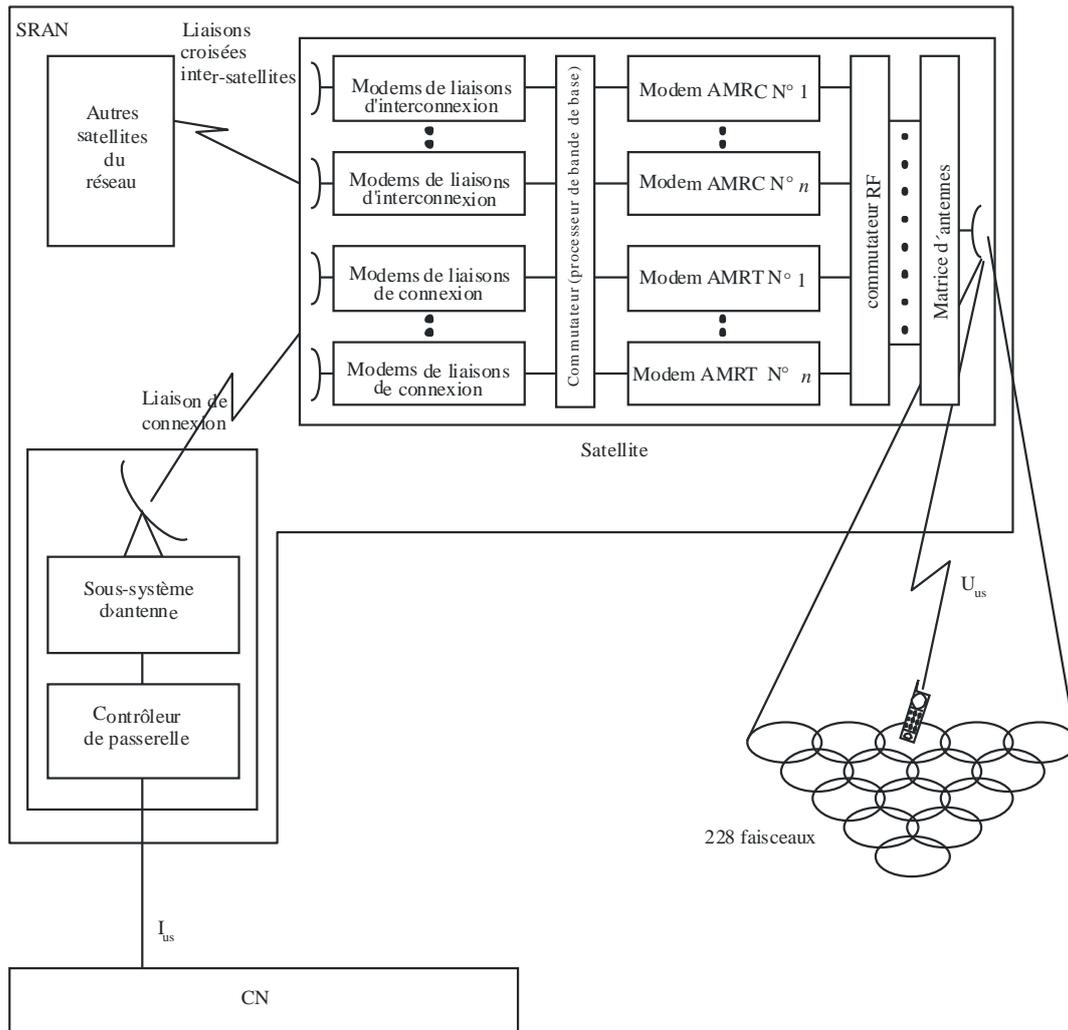
Un schéma fonctionnel de l'architecture de l'interface radioélectrique Satcom2000 est présenté à la Fig. 29. Sur cette figure, les équipements de passerelle (contrôleur de passerelle et sous-système d'antenne) et la constellation de satellites sont regroupés sous la forme d'un réseau d'accès par satellite (SRAN). La liaison de connexion et les liaisons inter-satellites sont des éléments de conception internes au réseau SRAN. L'interface avec le CN est appelée interface Ius et l'interface avec les terminaux utilisateurs est appelée interface Uus. La mise en oeuvre physique de ce système comprend une constellation de satellites de communication numériques commutés, chacun des satellites étant doté d'un grand nombre de faisceaux ponctuels à gain élevé.

Le SRAN remplit les fonctions suivantes:

- Régulation de la distribution des messages: le SRAN déterminera la destination d'acheminement appropriée des messages reçus de la constellation. Cette fonction comprend l'acheminement de messages vers le CN ainsi que vers d'autres réseaux d'accès.
- Négociation d'admission pour le CN.
- Radiorecherche: le SRAN offrira la distribution de radiorecherche pour une demande de radiorecherche.
- Fonctions de gestion des ressources des réseaux à satellite. Ces fonctions comprennent:
 - la coordination des fonctions de réseau d'accès, notamment l'attribution et l'assignation des ressources afin de gérer l'établissement et la libération des appels;
 - la gestion du transfert, notamment le transfert entre faisceaux d'un même satellite, le transfert entre différents satellites d'une même constellation et le transfert entre satellites et stations au sol;
 - les négociations de qualité de service (peuvent nécessiter une interaction avec le CN);
 - la collecte de données statistiques destinées à l'utilisation des ressources du satellite.

FIGURE 29

Architecture de Satcom2000



M.185029

4.3.5.1.1 Constellation

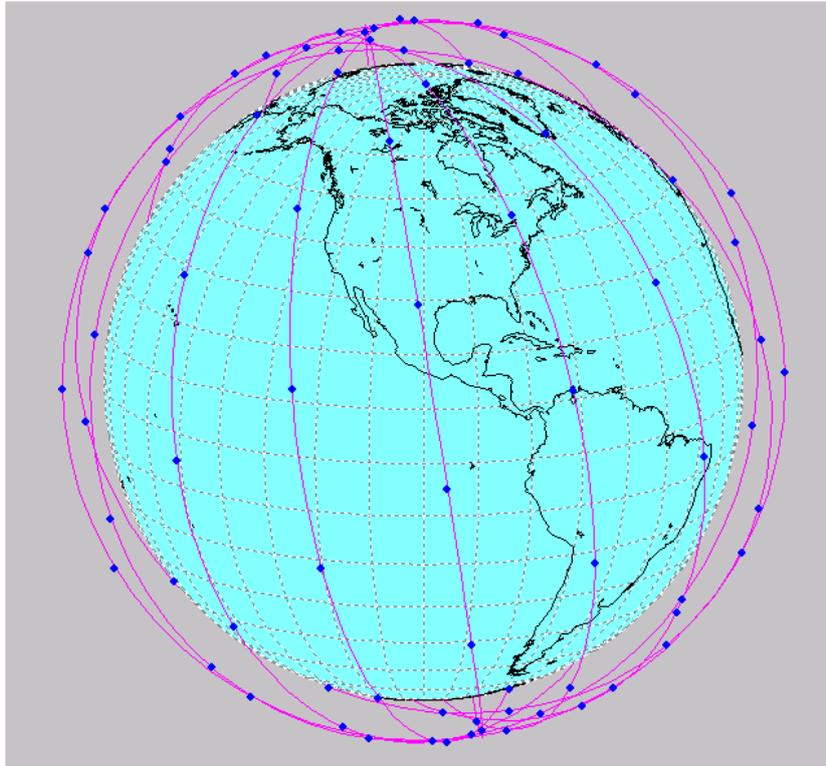
Le système mobile personnel par satellite Satcom2000 se compose d'une constellation de 96 satellites OTB situés sur huit orbites quasi-polaires avec douze satellites également espacés sur chaque plan orbital (à l'exclusion des satellites de secours). Les critères de sélection des orbites, qui sont tous vitaux pour l'exploitation commerciale des services et la mise en oeuvre technologique du système, étaient les suivants:

- le besoin d'offrir une couverture totale et permanente de l'ensemble de la surface de la Terre;
- l'obligation que l'espacement relatif et les relations de visibilité directe avec les satellites voisins soient fixes ou légèrement évolutifs, permettant ainsi une simplification des sous-systèmes embarqués qui commandent les liaisons inter-satellites;
- la volonté de minimiser le coût de la constellation dans son ensemble; et
- les conséquences de l'altitude sur les coûts matériels (c'est-à-dire les compromis à négocier sachant qu'un milieu de rayonnement à haute altitude augmente les coûts, alors qu'un positionnement à des altitudes plus faibles exige une plus grande quantité d'énergie et des manoeuvres de maintien en position).

La constellation de satellites, illustrée à la Fig. 30, assure une couverture de la totalité de la surface de la Terre. L'orbite retenue dans ce cas de figure peut être ajustée pour améliorer la qualité de fonctionnement du système.

Les principaux paramètres de constellation de ce système à satellites sont énumérés au Tableau 29.

FIGURE 30
Constellation de satellites



M.1850 -30

TABLEAU 29
Paramètres de constellation

Type d'orbite	OTB
Nombre de satellites	96
Nombre de plans orbitaux	8
Nombre de satellites par plan	12
Type d'inclinaison	Polaire
Inclinaison	98,8°
Période orbitale	6 119,6 s
Altitude de l'apogée	862,4 km
Altitude du périgée	843,5 km
Arguments du périgée	270°
Arc(s) de service actifs	Sans objet – Couverture mondiale
Ascension droite du noeud ascendant	160°, 183,5°, 207°, 230,5°, 254°, 277,5°, 301°, 324,5°

4.3.5.1.2 Satellites

Les 96 satellites du segment spatial du système offriront un service universel grâce à une couverture mondiale à partir de l'espace.

Tous les satellites de la constellation sont reliés entre eux sous la forme d'un réseau de communication numérique commuté situé dans le ciel et exploitent les principes du réseau cellulaire de Terre pour garantir une réutilisation maximale des fréquences. Chaque satellite utilise des faisceaux ponctuels pour former des cellules à la surface de la Terre. Un grand nombre de cellules relativement petites permettent des gains élevés d'antenne de satellite, réduisant ainsi la puissance radioélectrique exigée du satellite et de l'équipement d'abonné de l'utilisateur. Le nombre de faisceaux ponctuels peut être ajusté pour optimiser la qualité de fonctionnement du système même lorsque le satellite est sur orbite.

Les principales caractéristiques de la charge utile de communication de chaque satellite sont énumérées au Tableau 30.

TABLEAU 30

Principales caractéristiques de la charge utile de communication du satellite

Nombre de faisceaux ponctuels par satellite	228 (ce nombre peut être modifié pour améliorer la qualité)
Angle d'élévation minimal pour l'utilisateur	15°
Liaisons inter-satellites (oui/non)	Oui
Traitement à bord de la bande de base (oui/non)	Oui
Couverture géographique (c'est-à-dire mondiale, quasi-mondiale, en dessous de xx degrés de latitude, régionale)	Mondiale
Distribution dynamique du trafic de faisceaux (oui/non)	Oui

La séparation spatiale mise en oeuvre par les faisceaux ponctuels des satellites permet d'augmenter l'efficacité de l'utilisation du spectre en fonction du temps et de la réutilisation des fréquences à l'intérieur de plusieurs cellules. Le schéma de réutilisation des fréquences peut être reconfiguré en fonction des conditions effectives du trafic même lorsque les satellites sont sur orbite.

Chaque satellite a la possibilité de transférer dynamiquement ses ressources de puissance électrique et de largeur de bande d'un faisceau à un autre en réponse aux besoins réels du trafic. Par exemple, en cas d'opérations de secours dans une zone sinistrée, si la demande de trafic dans un faisceau donné dépasse le niveau de trafic nominal, le satellite peut réattribuer une certaine quantité de puissance électrique et de largeur de bande initialement attribuée à d'autres faisceaux à cette zone critique de façon à gérer une quantité plus importante de trafic.

La communication avec les unités d'abonné est prise en charge par un ensemble d'antennes de satellite qui forme des faisceaux de type cellulaire. Un ensemble de deux antennes à commande de phase monté sur l'engin spatial, l'une pour l'émission et l'autre pour la réception, gère les liaisons montante et descendante. Les paires d'antennes à commande de phase d'émission et de réception produisent sur la liaison montante et sur la liaison descendante des faisceaux congruents et quasi identiques. L'empreinte de chaque satellite est divisée en groupes compacts de faisceaux pour faciliter la réutilisation des canaux. Tous les points de connexion de faisceau de l'antenne d'émission peuvent être activés simultanément en les excitant avec un ou plusieurs signaux de porteuse. A chaque faisceau est attribué dynamiquement un ensemble de canaux correspondant à des assignations de fréquence et

d'intervalle de temps propres dans la bande de fréquences en rapport avec le nombre d'unités d'abonné desservies et l'utilisation qui en est faite. Pour gérer de manière rationnelle les variations de trafic, les équipements permettent d'adapter automatiquement le nombre de connexions par faisceau à la demande.

Des faisceaux peuvent également être activés ou désactivés, selon les besoins, pour prendre en compte les conditions de trafic et les modifications de chevauchement des zones de couverture. Par exemple, pour minimiser tout brouillage éventuel provenant d'empreintes de satellite en chevauchement et pour préserver la puissance du satellite, le système appliquera une architecture de gestion des cellules qui désactive des faisceaux à mesure que chaque satellite se déplace de l'Equateur vers les régions polaires.

Le sous-système d'antenne de la liaison de service est fixé au corps du satellite et sa précision de pointage dépend du système de stabilisation et de commande d'orientation du satellite.

Des liaisons inter-satellites relient les satellites en orbite entre eux pour créer dans le ciel un réseau de télécommunication mondial. Ces liaisons assurent les connexions à l'intérieur et entre les plans orbitaux.

Chaque satellite a la capacité, grâce à des liaisons de connexion, d'établir des liaisons avec les passerelles situées sur la Terre. Le système pourra prendre en compte un nombre varié de passerelles. Le nombre effectif de passerelles à déployer sera fonction de considérations techniques et commerciales.

En plus des liaisons de communication décrites ci-dessus, le satellite est en mesure d'établir des liaisons de télémétrie, de poursuite et de commande avec des stations de télémétrie, de télécommande et de commande réparties sur l'ensemble du globe.

La Fig. 31 représente une couverture en orbite représentative d'un satellite unique au-dessus des Etats-Unis d'Amérique à une altitude de 853 km.

4.3.5.2 Description du système

Le système mobile personnel par satellite Satcom2000 a été mis au point pour répondre à la croissance prévue de la demande globale en matière de télécommunications mobiles mondiales, pour offrir un accès à des services nécessitant des capacités de débit de données plus élevées et variables et pour permettre une meilleure extension et intégration des services par satellite aux réseaux de Terre fixes et mobiles.

Le système sera capable d'offrir des services de communication bidirectionnels de signaux vocaux, de données, de messagerie et de contenus multimédias entre une variété d'équipements utilisateurs répartis sur l'ensemble de la planète, et d'interconnecter tout équipement utilisateur de ce type au RTPC, au RDCP, au RMTP et à d'autres réseaux de Terre, avec notamment des fonctions d'itinérance mondiale et d'interopérabilité avec la composante terrestre des réseaux IMT-2000.

Pour offrir cet éventail de services, Satcom2000 utilisera des techniques d'accès radioélectriques à la fois de type AMRT et AMRC, comprenant des canaux AMRF/AMRT et AMRF/AMRC fonctionnant sur chaque satellite. Ce mode d'accès radioélectrique multiple et hybride incorporé à un système par satellite unique répond aux divers besoins en communication personnelle des utilisateurs hertziens du XXI^e siècle et présente une utilisation rationnelle du spectre pour une variété d'offres de services.

FIGURE 31

Zone de couverture d'un satellite unique, 853 km, angle d'élévation: 15°



M.1850-31

Le système mobile personnel par satellite Satcom2000 se compose des cinq segments suivants:

- un segment spatial composé d'une constellation de 96 satellites opérationnels placés sur une orbite OTB à 854 km d'altitude, avec huit plans orbitaux et douze satellites sur chaque plan;
- un segment de commande du système qui offre des fonctions centralisées de télémétrie, poursuite et commande pour l'ensemble de la constellation de satellites;
- un segment de Terre composé de stations passerelles et des équipements associés, notamment une infrastructure d'interfaçage avec les réseaux de Terre et de distribution de services;
- un segment d'abonné équipé de terminaux d'utilisateur de type bimode (compatibles services par satellite/services de Terre) multistandard et multibandes; et
- un segment d'assistance pour entreprises et clients muni d'un système de facturation et d'un centre d'assistance à la clientèle, etc.

Il sera possible pour un système à satellites employant Satcom2000 d'interfonctionner avec la composante de Terre du système IMT-2000 décrite au § 5 de la Recommandation UIT-R M.1457. L'itinérance entre le réseau de Terre et le réseau à satellite est assurée. Dans la plupart des cas, un transfert automatique entre réseau de Terre et réseau à satellite sera également assuré.

4.3.5.2.1 Caractéristiques de service

Le système mobile personnel par satellite offre des services vocaux, de données et de messagerie par communications en mode duplex intégral. Les fonctions de largeur de bande à la demande, de débit à la demande et le service de radiorecherche (alerte) par satellite sont assurés. Pour prendre en compte la nature asymétrique inhérente au trafic Internet, le système est doté de fonctions permettant la transmission asymétrique de données. La transmission asynchrone de données est également acceptée.

Le Tableau 31 présente une synthèse des principales fonctions de service assurées par ce système mobile personnel par satellite.

TABLEAU 31
Fonctions de service principales

Largeur de bande à la demande (oui/non)	Oui
Débit à la demande (oui/non)	Oui
Données asynchrones (oui/non)	Oui
Données asymétriques (oui/non)	Oui

4.3.5.2.2 Caractéristiques du système

Les caractéristiques principales de ce système mobile personnel par satellite sont présentées au Tableau 32.

TABLEAU 32
Caractéristiques principales du système

Modes d'accès multiples	AMRF/AMRT et AMRF/AMRC
Technique de transfert (c'est-à-dire intra et inter-satellites, franc, progressif ou hybride)	Intra et inter-satellites, par transfert franc/progressif
Diversité (par exemple de temps, de fréquence, d'espace)	De temps, d'espace, etc.
Découpage minimal des canaux	AMRT: 27,17 kHz AMRC: 1,25 MHz
Fonctionnement dans des environnements radioélectriques par satellite conformément aux dispositions de la Recommandation UIT-R M.1034	Trafic avec satellite en zone urbaine Trafic avec satellite en zone rurale Stations mobiles utilisées en stations fixes avec satellite Liaison par satellite à l'intérieur des bâtiments

Satcom2000 présente deux interfaces aériennes radioélectriques de liaison de service par satellite: la première s'appuie sur une technique d'accès multiple de type AMRT et la seconde sur une technique d'accès multiple de type AMRC. Ces deux interfaces utilisent un plan de fréquences avec porteuses individuelles séparées selon un mode d'accès AMRF de base. La subdivision entre les opérations AMRT et AMRC sera optimisée en fonction du type de service et de l'environnement de l'utilisateur pour répondre à la demande de trafic et améliorer l'efficacité du système.

Le sous-système AMRC peut atteindre un haut niveau d'utilisation du spectre grâce auquel des techniques de régulation de la puissance permettent de maintenir efficacement tous les utilisateurs à des niveaux de puissance similaires. Les systèmes à satellites font toutefois l'objet de temps de propagation relativement longs qui réduisent l'efficacité des boucles de rétroaction de commande de puissance. Lorsque la commande de puissance ne remplit pas son rôle, l'efficacité d'utilisation du spectre par l'accès AMRC est diminuée.

Pour des applications dans lesquelles l'environnement de l'utilisateur et par conséquent le niveau du signal évoluent rapidement, c'est-à-dire des services vocaux mobiles, un mode d'accès AMRT sera de meilleure qualité aussi bien en termes d'utilisation du spectre que de qualité de service. Pour des applications comme les services de données à haut débit pour lesquels l'environnement de l'utilisateur

risque d'évoluer lentement et pour lequel par conséquent la commande de puissance pourra s'avérer efficace, un mode d'accès AMRC sera plus approprié. Cette mise en oeuvre hybride permet d'accepter tous les types de service avec une utilisation optimale des ressources des satellites.

Les liaisons AMRT offrent des marges importantes de protection contre les évanouissements pour divers environnements d'utilisateur afin de satisfaire aux exigences de disponibilité voire de les dépasser. Les liaisons AMRC couvrent une large variété de débit de données, avec des marges de liaison appropriées aux services considérés.

Satcom2000 accepte le transfert entre faisceaux d'un même satellite, entre faisceaux de différents satellites et entre un réseau de Terre IMT-2000 et ce réseau à satellite. La gestion des transferts, et notamment la maintenance d'appels, est prise en charge par le SRAN.

4.3.5.2.2.1 Interface radioélectrique AMRF/AMRT

Les canaux vocaux individuels de base AMRF/AMRT sont tous transmis avec un débit par salves de 34,545 kbit/s, chaque canal occupant une largeur de bande de 27,17 kHz et utilisant une modulation MDP-4. Cette approche permet d'atteindre une densité de crête par faisceau de 147 canaux téléphoniques pour 1 MHz et 184 canaux téléphoniques pour 1,25 MHz.

Satcom2000 utilise une technique de codage vocale de pointe sur son vocodeur pour obtenir la meilleure qualité vocale possible avec un nombre de bits le plus faible possible. Une correction d'erreur sans voie de retour à rendement 2/3 est incorporée au vocodeur.

Les principaux paramètres du mode d'accès AMRF/AMRT sont énumérés au Tableau 33.

TABLEAU 33

Caractéristiques du canal téléphonique AMRF/AMRT

Nombre d'intervalles de temps vocaux/trame	4
Débit en salves	34,545 kbit/s
Espacement des canaux	27,17 kHz
Débit des informations	2,4-4 kbit/s
CED (intégré au vocodeur)	Rendement = 2/3
Type de modulation	MDP-4

4.3.5.2.2.2 Interface radioélectrique AMRF/AMRC

La portion AMRC de la bande de fréquences attribuée sera divisée en sous-bandes de 1,25 MHz. Le mode d'accès AMRC utilisé dans chaque sous-bande permet à plusieurs utilisateurs de partager simultanément le spectre. Le spectre peut être réutilisé sur chaque faisceau de satellite, produisant ainsi un taux élevé de réutilisation des fréquences pour ce sous-système AMRC. Les liaisons AMRC offriront des débits de données variables pouvant atteindre 144 kbit/s.

L'interface radioélectrique AMRC s'appuie sur une norme compatible avec les IMT-2000 de Terre. Elle présente une largeur de bande de 1,25 MHz et utilise un mode d'accès par étalement du spectre en séquence directe. Le débit de crête du canal est de 9,6 kbit/s. L'interface radioélectrique utilise un codage convolutif à rendement 1/3 sur la liaison montante et à rendement 1/2 sur la liaison descendante. Un canal de commande de puissance est ajouté à chaque liaison en utilisant un code convolutif poinçonné.

Les principaux paramètres du mode d'accès AMRF/AMRC sont présentés au Tableau 34.

TABLEAU 34

Caractéristiques du canal de données AMRF/AMRC

Sous-frames/trame	2
Débit d'étalement	1,228 à 4,096 Mbit/s
Espacement des canaux	1,25 MHz
Débit d'informations	Jusqu'à 9,6 kbit/s (jusqu'à 144 kbit/s en utilisant plusieurs canaux)
CED	Rendement = 1/2 descendant; 1/3 montant
Type de modulation	MAQ-16/MDP-4

Une liaison de données utilisant plusieurs canaux sera en mesure de fournir des services de données pouvant atteindre un débit de 144 kbit/s.

4.3.5.2.3 Caractéristiques du terminal

L'équipement d'utilisateur sur la portion satellite du système permettra la mise en oeuvre d'une variété d'applications. Les types d'équipements d'utilisateur qui seront acceptés comprennent les terminaux fixes, nomades, portatifs, mobiles, maritimes et aéronautiques. La plupart de ces terminaux seront équipés d'une capacité multiservice (c'est-à-dire un terminal combinant téléphonie, messagerie et transmission de données). Les types d'équipements d'utilisateur à mettre au point et la capacité multiservice à incorporer seront fonction de la demande du marché.

Certains équipements d'utilisateur ne géreront qu'un seul canal, alors que d'autres seront équipés de la capacité de gérer plusieurs canaux. Un terminal portatif, par exemple, n'utilisera qu'un seul canal, alors qu'un terminal fixe pourra éventuellement gérer un ou plusieurs canaux, qui seront multiplexés par un multiplexeur. Les terminaux de données à haut débit fonctionnent en utilisant plusieurs canaux de données de base pour offrir des services à haut débit.

Les principales caractéristiques des terminaux sont présentées au Tableau 35.

TABLEAU 35

Caractéristiques des terminaux

Types de terminaux	<ul style="list-style-type: none"> – Portatif – Portable – Nomade – Fixe – Aéronautique – Maritime – Autres
Capacité multiservice (c'est-à-dire terminal combinant téléphone, terminal de radiorecherche et terminal de données)	Oui
Limites de mobilité pour chaque type de terminal (c'est-à-dire jusqu'à xx km/h ou yy m/s)	Jusqu'à 500 km/h pour les terminaux portatifs Jusqu'à 5 000 km/h pour les terminaux aéronautiques

4.3.5.3 Caractéristiques radioélectriques

Le système mobile personnel par satellite Satcom2000 fonctionnera dans la bande des 2 GHz et produira des faisceaux de type cellulaire, chaque faisceau couvrant une zone de la Terre relativement petite pour fournir une marge de liaison de service par satellite importante. Les paramètres RF indiqués dans le présent paragraphe sont des valeurs pour 2 GHz. Ils peuvent cependant être modifiés pour fonctionner dans d'autres bandes de fréquences attribuées à la composante satellite des IMT-2000.

Satcom2000 exige que les sous-systèmes d'accès radioélectriques AMRT et AMRC fonctionnent sur des segments distincts du spectre. Ainsi, toute partie du spectre attribuée au système à satellites sera segmentée en une portion AMRT et une portion AMRC.

Satcom2000 offre à la fois des services vocaux et de données. Les services vocaux de base présentent une marge de liaison et une diversité élevées afin de permettre une exploitation dans des environnements sujets à évanouissements. Dans des zones à visibilité directe (CLOS, *clear line of sight*), une marge de liaison plus faible est concédée en échange d'une utilisation plus rationnelle de la largeur de bande. Les services proposent des débits de données plus élevés dans les zones à faible marge d'évanouissement. Dans les zones à plus forte marge d'évanouissement, les services de données fonctionnent à des débits plus faibles. Un partage entre canaux à accès multiple AMRT et AMRC à l'intérieur d'une structure AMRF constitue le mode d'accès le plus approprié en fonction des types de services utilisateurs et de leur qualité ainsi que des environnements d'exploitation.

Le débit maximal de la commande de puissance pour AMRC dans ce système à satellites OTB, du fait d'un temps de propagation d'environ 20 ms, est de 50 Hz. Cette valeur limite l'efficacité de la technique AMRC sauf dans des environnements d'utilisateur à faible évanouissement comme les applications de données ou les services fixes avec trajets de signal à visibilité directe (CLOS) vers les satellites. Ces applications seront en mesure de tirer profit à la fois de la capacité de traitement de données des protocoles de Terre des IMT-2000 et de leurs gains en capacité. Pour réduire le brouillage, le pas de la commande de puissance a été fixé à 0,5 dB. Le combiné AMRC utilisera le mode DRF pour émettre et recevoir simultanément, ce qui nécessitera une isolation d'environ 63 dB entre l'émission et la réception. Le type de modulation sera choisi de façon à obtenir un niveau de compatibilité maximal avec une technologie appropriée utilisée par les systèmes de Terre IMT-2000. Comme ces applications sont généralement utilisées dans un environnement CLOS, d'autres modes de modulation d'ordre plus élevé, comme MAQ-16, peuvent éventuellement être utilisés pour augmenter encore l'efficacité de l'utilisation du spectre.

La capacité du sous-système AMRT est moins affectée par des applications à évanouissement élevé et c'est pourquoi ce système est réservé à des communications vocales mobiles dans des environnements à évolution rapide. La commande de puissance est utilisée uniquement pour réduire la consommation d'énergie aussi bien au niveau des satellites que des équipements des utilisateurs. Un pas de commande de puissance moins précis peut être utilisé sur le sous-système AMRT. Le débit de la commande de puissance est fonction à la fois du temps de propagation sur le trajet et de la taille de trame. Les terminaux d'utilisateur AMRT peuvent fonctionner en mode DRT pour réduire les nécessités d'isolation entre l'émission et la réception.

Les gains d'antenne et les niveaux de puissance aussi bien des équipements des utilisateurs que des satellites sont définis de façon à optimiser la qualité des services et la mise en oeuvre du système. Les valeurs de départ de ces paramètres système sont énumérées dans le Tableau 60. Les satellites pourront gérer plusieurs catégories différentes de terminaux d'utilisateur. Ces terminaux présenteront plusieurs niveaux de p.i.r.e. en fonction des applications exploitées et de leur taille, et seront par conséquent capables d'accepter des services dans différentes marges d'évanouissement. Ces décisions seront fonction de la demande du marché.

Les paramètres RF de Satcom2000 sont énumérés au Tableau 36.

TABLEAU 36

Paramètres radioélectriques

p.i.r.e. de l'émetteur du terminal d'utilisateur – p.i.r.e. maximale de chaque type de terminal – p.i.r.e. moyenne de chaque type de terminal	–2 à 4 dBW pour les terminaux portatifs En fonction du marché pour les autres types de terminaux –8 à –2 dBW pour les terminaux portatifs En fonction du marché pour les autres types de terminaux
G/T du terminal utilisateur de chaque type de terminal	–24,8 dB/K pour les terminaux portatifs En fonction du marché pour les autres types de terminaux
Gain d'antenne pour chaque type de terminal	2 dBi pour les terminaux portatifs En fonction du marché pour les autres types de terminaux
p.i.r.e. maximale du satellite	29,6 dBW
G/T maximal du satellite	0,1 dB/K
Largeur de bande du canal	AMRT: 27,17 kHz AMRC: 1,25 à 5 MHz
Capacité multicanal (oui/non)	Oui
Commande de puissance: Plage Pas Débit	25 dB AMRT: 2 dB AMRC: 0,5 dB 50 Hz
Stabilité en fréquence Liaison montante Liaison descendante	0,375 ppm (CAF) 1,5 ppm (thermique)
Compensation de l'effet Doppler (oui/non)	Oui
Isolation émission/réception du terminal	63 dB
Marges maximales de protection contre les évanouissements pour chaque type de service	Voix: 15 à 25 dB Messagerie/radiorecherche: 45 dB

4.3.5.4 Caractéristiques de la bande de base**Mode d'accès multiple**

Les modes d'accès multiple de l'interface radioélectrique Satcom2000 comprennent à la fois les modes AMRF/AMRT et AMRF/AMRC, conformément aux explications données au § 4.3.6.2.2. Les modes DRF et DRT sont tous deux disponibles.

Longueur de trame

Le longueur de trame est de 40 ms. Chaque trame se compose de quatre intervalles de temps de 8,88 ms, plus une bande de garde de 4,48 ms.

Codage de canal

Le codage de canal utilisé pour le canal de trafic sera de type concaténé, composé d'un codage externe de type RS et d'un codage interne convolutif poinçonné pour permettre une protection de débit variable. L'objet du code externe est d'offrir une capacité de détection des salves d'erreur qui n'est pas disponible avec le code convolutif. Une variété de codes convolutifs différents sera utilisée en fonction de la qualité de service exigée.

ARQ

En plus du CED, certains services différés comprendront également le mode ARQ. Les modes ARQ ne sont pas mis en oeuvre pour les services en temps réel comme la téléconférence vidéo du fait de la nécessité de disposer de fonctions temps réel et d'un TEB admissible plus élevé. Toutefois, des applications comme le protocole de transfert de fichiers (FTP) peuvent nécessiter un degré plus élevé d'intégrité d'émission en fonction du type de fichiers transférés et il peut être nécessaire de mettre en oeuvre un mode ARQ. Pour des raisons évidentes, les fichiers exécutables ne peuvent admettre la moindre erreur dans les données transférées. Il est donc indispensable dans ce cas de disposer d'un mode ARQ. Les modes ARQ inclus dans Satcom2000 comprennent le mode sélection-répétition et le mode avec mémoire à N blocs, le choix de l'un ou l'autre de ces modes dépendant de l'application considérée.

Entrelacement

L'entrelacement est incorporé à Satcom2000 pour répartir les effets des salves d'erreur sur plusieurs segments de données de façon que, pour tout segment de données, les erreurs générées dans un segment donné, soient indépendantes. La structure d'entrelacement est choisie de façon qu'il n'y ait aucune conséquence sur le temps de propagation total du système.

Les paramètres de la bande de base de Satcom2000 sont énumérés au Tableau 37.

TABLEAU 37

Paramètres de la bande de base

Techniques d'accès multiple	AMRF/AMRT et AMRF/AMRC
Duplexage	DRT/DRF
Débit en salves (mode AMRT)	34,545 kbit/s
Intervalles de temps (mode AMRT)	4 intervalles de temps/trame
Longueur de trame	40 ms
Débit d'information	AMRT: 2,4 à 4 kbit/s AMRC: 0,048 à 9,6 kbit/s Un débit pouvant atteindre 144 kbit/s peut être obtenu en utilisant une configuration multicanal
Débit des éléments (mode AMRC)	1,228 à 4,096 Mélément/s
Type de modulation	AMRT: MDP-4 AMRC: MAQ-16/MDP-4
CED	AMRT: rendement 2/3 AMRC: rendement 1/2 liaison descendante, rendement 1/3 liaison montante
Attribution dynamique des canaux (oui/non)	Oui
Entrelacement (oui/non)	Oui
Synchronisation entre satellites nécessaire (oui/non)	Oui

4.3.6 Spécifications de l'interface satellite G (SRI-G) (version améliorée)

Cette interface radioélectrique résulte de l'harmonisation des précédentes familles d'interfaces SRI-C et G. Il convient également de noter que quelques caractéristiques de la famille d'interfaces SRI-A propres à l'environnement des satellites sont également intégrées. Les caractéristiques issues des spécifications des interfaces SRI-A et C retenues pour l'amélioration sont respectivement ajoutées dans les spécifications de cette interface en tant que modes facultatifs A et C, afin d'optimiser l'interface radio satellite.

Cette interface radio satellite repose sur l'interface radio AMRC, séquence directe, pour les IMT-2000 décrite au § 5.1 de la Recommandation UIT-R M.1457. Les systèmes mobiles à satellites dans lesquels il est prévu d'utiliser cette interface prendront en charge des équipements utilisateurs (UE, *User Equipment*) entièrement compatibles avec l'AMRC, séquence directe, pour les IMT-2000, avec adaptation pour permettre une agilité dans une bande de fréquences voisine attribuée au service mobile par satellite (SMS).

Le recours à une technologie normalisée et à une bande de fréquences IMT-2000 par satellite adjacente à une bande IMT-2000 de Terre permet de prendre en charge ces caractéristiques du système SMS dans les appareils portatifs 3G sans modification du signal et donc avec une faible incidence sur les coûts. Cette approche permet d'optimiser considérablement l'entrée et la pénétration sur le marché.

Les principales caractéristiques opérationnelles et de service de cette interface radio sont les suivantes:

- prise en charge de services à faible débit binaire (par exemple, 1,2 kbit/s) jusqu'à des transmissions à débit élevé (384 kbit/s) avec une large couverture;
- bonne souplesse d'exploitation des services avec prise en charge de multiples services parallèles à débits variables sur chaque connexion;
- accès en mode paquet efficace;
- prise en charge intégrée des futures technologies d'amélioration de la capacité/couverture: antennes adaptatives, structures modernes de récepteur, diversité d'émetteur, etc.;
- prise en charge du transfert interférence pour l'exploitation reposant sur des structures de cellules hiérarchiques et du transfert vers d'autres systèmes, y compris vers le GSM.

Cette interface radio accepte deux modes facultatifs A et C, qui présentent diverses caractéristiques propres à l'environnement des satellites destinées à améliorer la qualité de fonctionnement. Les terminaux d'utilisateur peuvent être exploités dans plusieurs modes en fonction de leurs capacités. Afin de conserver la rétrocompatibilité des différents modes avec le mode normal, un système à satellites acceptant plusieurs modes doit pouvoir fonctionner avec un terminal acceptant uniquement le mode normal et un terminal acceptant plusieurs modes doit pouvoir fonctionner avec un système à satellites acceptant uniquement le mode normal. Cela étant, on considère les types de terminal suivants.

- Type de terminal 1: il peut fonctionner uniquement en mode normal.
- Type de terminal 2: il peut fonctionner en mode normal ainsi que dans le mode facultatif A.
- Type de terminal 3: il peut fonctionner en mode normal ainsi que dans le mode facultatif C.
- Type de terminal 4: il peut fonctionner en mode normal ainsi que dans les modes facultatifs A et C.

L'information sur les types de terminaux acceptés dans la trame visée ou la station de base considérée est envoyée par le canal de radiodiffusion.

4.3.6.1 Description de l'architecture

La structure du système est présentée à la Fig. 32.

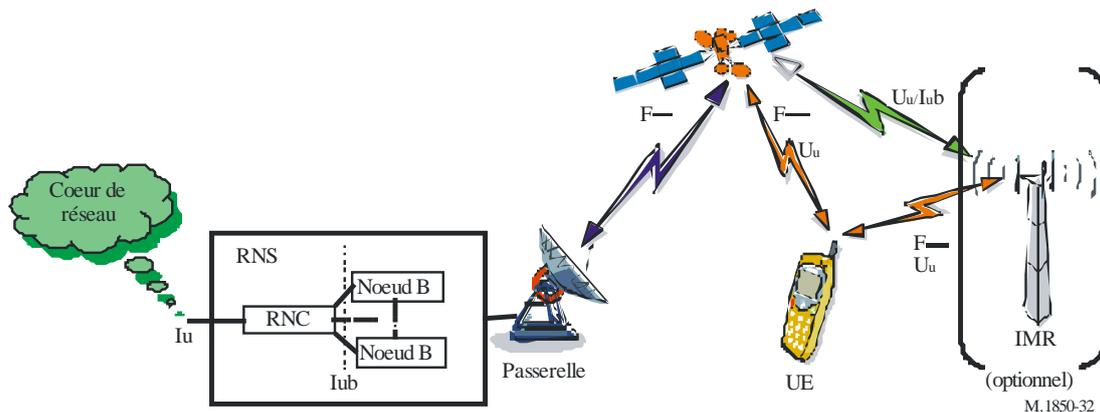
Le système peut prendre en charge une constellation à un satellite ou à plusieurs satellites, chaque satellite assurant une couverture mono ou multifaisceaux.

Une zone de localisation peut être définie par un faisceau unique ou, pour prendre en compte les usagers itinérants, un groupe de faisceaux.

Les équipements utilisateurs (UE) sont connectés au réseau via un ou plusieurs satellites, qui redirigent le signal radioélectrique à destination ou en provenance de passerelles. Le système peut prendre en charge une passerelle centralisée ou un groupe de passerelles réparties géographiquement, en fonction des besoins des opérateurs. La passerelle assure la connexion du signal au sous-système réseau radioélectrique (RNS, *radio network subsystem*), à savoir les noeuds B et l'entité RNC. La décision d'intégrer les noeuds B et/ou l'entité RNC à l'intérieur ou à l'extérieur de la passerelle revient aux fabricants.

Dans un environnement satellitaire, la transmission des signaux peut subir des dégradations en raison des bâtiments, des montagnes, etc. Pour améliorer la continuité de couverture dans les zones très masquées, il est possible d'utiliser des relais radio terrestres (IMR, *Intermediate Module Repeater*) fonctionnant à la même fréquence que celle du satellite, afin d'amplifier et de répéter le signal en direction et en provenance du satellite. La question des IMR relevant du déploiement et de la mise en oeuvre système, elle ne fait pas partie de l'interface radio satellite décrite ici. A noter en outre que les aspects techniques, opérationnels et réglementaires liés aux IMR n'ont pas été validés.

FIGURE 32
Architecture système



4.3.6.1.1 Constellation

Cette interface peut accepter plusieurs types de constellations de satellites: orbite terrestre basse, orbite fortement elliptique, orbite terrestre médiane ou orbite géostationnaire (OSG). La présente section décrit l'architecture détaillée et le fonctionnement des satellites de type OSG.

4.3.6.1.2 Satellites

Plusieurs architectures sont envisagées en fonction des besoins liés au débit. Les exemples qui suivent reposent sur l'hypothèse d'une couverture européenne. La configuration «faisceau à couverture globale» correspond à un faisceau unique couvrant l'ensemble du continent européen.

Dans la configuration multifaisceaux, un satellite gère plusieurs faisceaux, par exemple, un faisceau par zone linguistique (configuration à 7 faisceaux) ou un faisceau par région (configuration multifaisceaux étendue).

Autre configuration possible: plusieurs satellites, chacun gérant plusieurs faisceaux.

FIGURE 33

Configuration satellite à faisceau global et multifaisceaux à 7 faisceaux

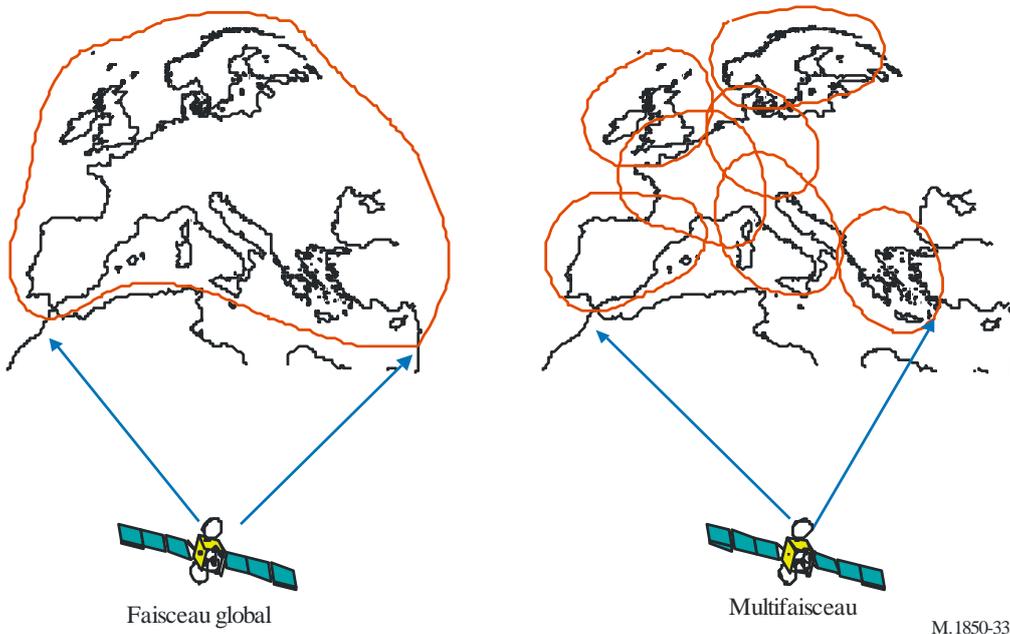


FIGURE 34

Configuration multifaisceaux étendue

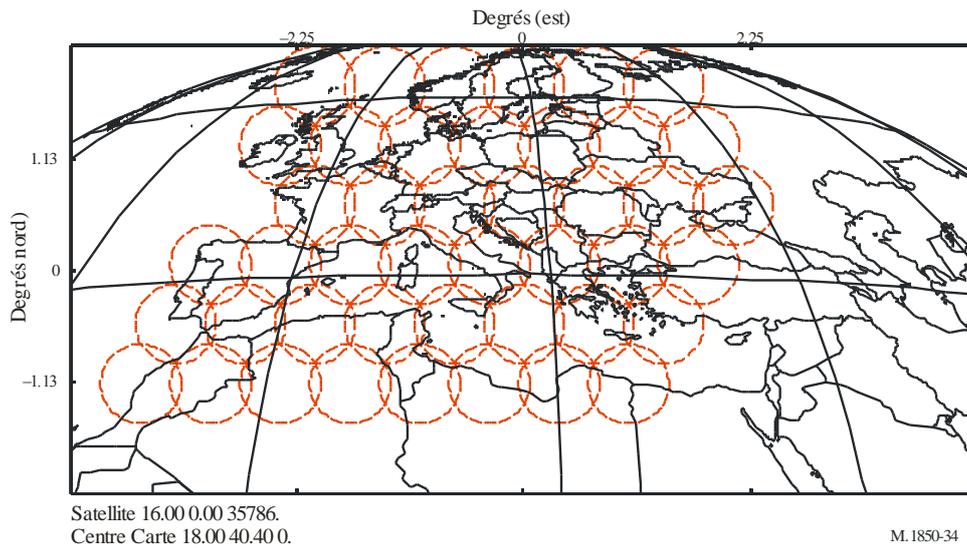
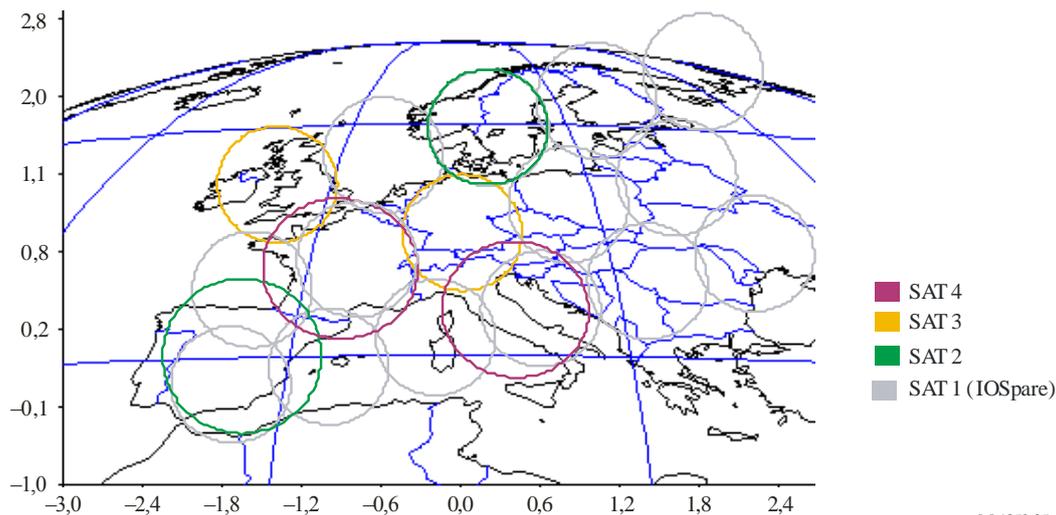


FIGURE 35

Configuration multisatellites multifaisceaux



M.1850-35

4.3.6.2 Description du système

4.3.6.2.1 Caractéristiques des services

4.3.6.2.1.1 Services supports de base

Les services supports de base à prendre en charge par l'interface radio satellite G comprennent le service vocal, dont le débit varie de 2,4 kbit/s à 12,2 kbit/s, et le service données, de 1,2 kbit/s à 384 kbit/s.

4.3.6.2.1.2 Services de données en mode paquet

Les services de données en mode paquet seront assurés à un débit compris entre 1,2 et 384 kbit/s.

4.3.6.2.1.3 Téléservices

Les téléservices assurés comprennent les émissions phoniques: communications d'urgence, service de messages brefs, télécopie, visiophonie, messagerie, etc.

4.3.6.2.1.4 Service de radiomessagerie à fort pouvoir de pénétration

Un service de radiomessagerie à fort pouvoir de pénétration sera assuré pour permettre d'entrer en contact avec les utilisateurs de terminaux mobiles se trouvant, par exemple, dans des bâtiments très difficiles d'accès dans lesquels un service normal ne peut pas être assuré.

4.3.6.2.1.5 Multidiffusion

Les services de multidiffusion seront assurés vers le cache local de l'UE via une liaison de distribution satellite directe utilisant le service «push» sur MBMS (Service de multidiffusion et radiodiffusion de contenus multimédia, décrit au § 5.1 de la Recommandation UIT-R M.1457). Le débit binaire des services de multidiffusion est compris entre 1,2 kbit/s et $n \times 384$ kbit/s ($n = 2, 3$ ou plus en fonction des configurations).

4.3.6.2.2 Caractéristiques système

L'interface radio satellite G repose sur les caractéristiques techniques principales énumérées au Tableau 38.

TABLEAU 38

Caractéristiques techniques principales de l'interface radio satellite G

Mode d'accès multiple	AMRC-DS
Duplexage	DRF
Débit d'éléments	3,840 Mélément/s
Espacement entre porteuses	5 MHz avec un pas de 200 kHz
Longueur de trame	10 ms
Synchronisation inter-faisceaux	Synchronisation précise non requise
Système multi-débit/débit variable	Facteur d'étalement variable + code multiple
Système de codage des canaux	Codage convolutif (rendement 1/2 – 1/3) Turbo-codage 1/3
Accès en mode paquet	Mode double (canal commun et canal dédié)

4.3.6.2.3 Caractéristiques des terminaux

Les équipements utilisateurs sont de quatre types: portatifs, transportables, installés à bord de véhicule et aéronautiques. Les débits binaires et les limites de mobilité de chaque type de terminal sont décrits au Tableau 39. Pour évaluer la capacité maximale, il est nécessaire de distinguer la liaison aller de la liaison retour.

TABLEAU 39

Limites de mobilité pour chaque type de terminal

Type de terminal	Débit binaire de service appliqué (liaison retour) (kbit/s)	Débit binaire de service appliqué (liaison aller) (kbit/s)	Limite de mobilité nominale (km/h)
Portatif	1,2-12,2	1,2-384	500
Portable	1,2-384	1,2-384	500
Véhicule	1,2-384	1,2-384	500 (maximum 1 000)
Transportable	1,2-384	1,2-384	Données statiques
Aéronautique	1,2-384	1,2-384	5 000

4.3.6.2.4 Transfert

Cette interface radio permettra le transfert de communications entre canaux radioélectriques de satellite, suivant la méthode du transfert décidée par le réseau, assisté par les mobiles.

Les transferts franc et progressif sont acceptés.

Dans ce système, les types de transfert suivants sont les plus fréquents.

Transfert interfaisceaux

L'UE mesure en permanence le niveau du pilote $C/(N + I)$ en provenance des faisceaux adjacents et transmet cette information à la station LES. La station LES peut ensuite décider de transmettre le même canal sur deux faisceaux différents (transfert progressif) et commande à l'UE d'ajouter un filtre

pour démoduler le signal supplémentaire. Dès que la station LES reçoit confirmation de la réception du nouveau signal, elle interrompt l'ancienne connexion. Il n'est pas possible d'avoir un transfert progressif interfaisceaux prolongé, car aucune diversité de trajet n'est en réalité mise en place.

Transfert intersatellites

La procédure est analogue à celle correspondant au transfert inter-faisceaux, si ce n'est que l'UE doit lui aussi chercher différents codes d'embrouillage pilotes spécifiques aux satellites. S'il en détecte un, suffisamment puissant, il le signale à la station LES, qui peut choisir d'utiliser la diversité de satellite en transmettant le même signal via différents satellites.

Contrairement au cas précédent, la diversité de trajet présente maintenant un avantage et il est pertinent d'exploiter tous les trajets de diversité suffisamment puissants.

La technique de combinaison de rapport maximal peut ensuite être appliquée (l'ambiguïté temporelle est levée grâce à la synchronisation multitrames des CCPCH primaires).

Transfert inter-fréquences

Seul le transfert inter-fréquences franc est possible. Il peut être du type intra ou inter-passerelles.

Le transfert inter-fréquences n'est généralement pas nécessaire. Il est décidé par la station LES, sans l'aide de l'UE (autrement dit, ce type de transfert n'est pas assisté par les mobiles).

Inversement, sur la liaison retour, la station LES combine tous les signaux reçus du même UE via différents faisceaux et/ou satellites.

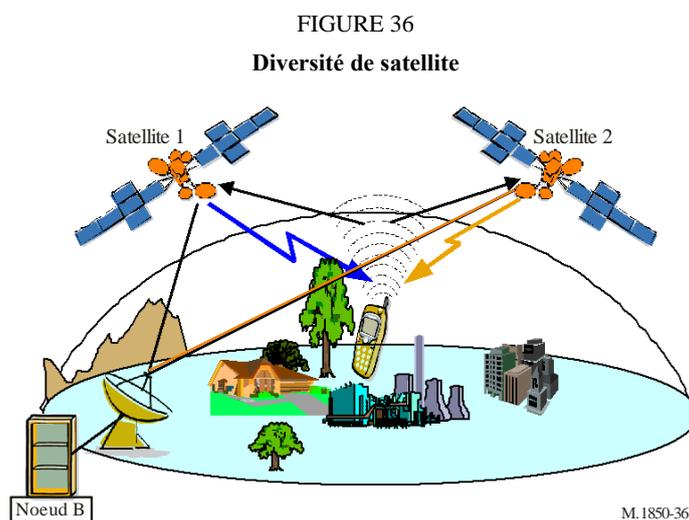
4.3.6.2.5 Diversité de satellite

La diversité de satellite est possible lorsque le système est constitué de plusieurs satellites. Avantages:

- pallier le problème d'obstruction de trajet inhérent aux systèmes à satellites;
- réduire la marge de liaison requise dans les cas où le signal du satellite est fortement affaibli (mais pas totalement coupé);
- faciliter le transfert lorsque l'UE se déplace d'une zone de couverture à une autre.

Cette méthode est également applicable aux différents faisceaux appartenant à un même satellite (diversité de faisceaux).

Dans ce qui suit, on suppose que le nombre de satellites permettant de recourir à la diversité est limité à 2.



Lorsqu'il est positionné sur le mode diversité de satellite, l'UE est simultanément connecté aux deux satellites sur la même fréquence porteuse.

Sur la liaison retour, l'UE transmet un signal unique (un seul code d'embrouillage). Le signal de liaison montante est reçu par les deux satellites, redirigé vers la passerelle et combiné au niveau du récepteur RAKE du noeud B.

Sur la liaison aller, chaque satellite transmet avec un code d'embrouillage distinct et les récepteurs RAKE de l'UE combinent les deux signaux.

Des simulations ont été réalisées dans plusieurs configurations de l'UE par rapport aux deux satellites:

- un satellite en visibilité directe (LoS) et l'autre satellite sans visibilité directe (NLoS): dans ce cas, la composante de visibilité directe est tellement prédominante que le fonctionnement est équivalent à celui d'un seul satellite en visibilité directe; le mécanisme de transmission à diversité par sélection de faisceau (SSDT) permet de déconnecter le second satellite et d'éviter ainsi que sa puissance d'émission, qui est une ressource limitée, ne soit gaspillée;
- les deux satellites sont en visibilité directe;
- aucun des satellites n'est en visibilité directe.

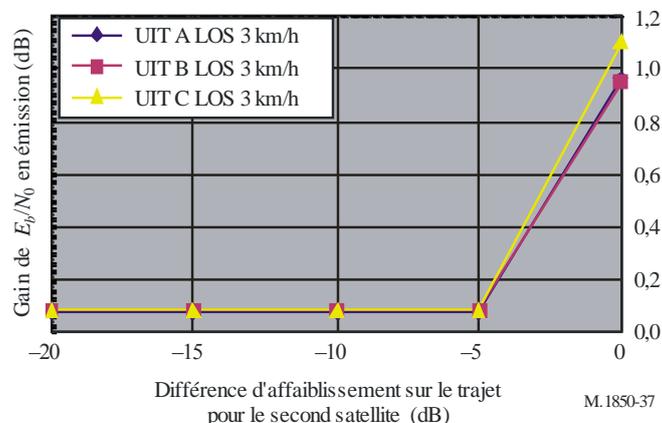
Les résultats des simulations présentés ci-dessous mettent en évidence le gain de E_b/N_0 en émission apporté par la diversité de satellite, c'est-à-dire la différence des rapports E_b/N_0 en émission, en fonction de la différence d'affaiblissement sur le trajet, obtenus avec et sans diversité pour atteindre une valeur cible de TEBL égale à 1%. Les résultats sont donnés en fonction de la différence d'affaiblissement sur le trajet pour le second satellite, autrement dit, l'affaiblissement sur le trajet entre l'UE et le premier satellite est pris comme référence. Les simulations portent sur les modèles de canal A, B et C de l'UIT (voir la Recommandation UIT-R M.1225).

4.3.6.2.5.1 Deux satellites en visibilité directe

La différence d'affaiblissement sur le trajet doit être comprise d'une part comme le gain d'antenne en réception du satellite (liaison montante) et d'autre part comme la capacité de puissance en émission du satellite (liaison descendante).

FIGURE 37

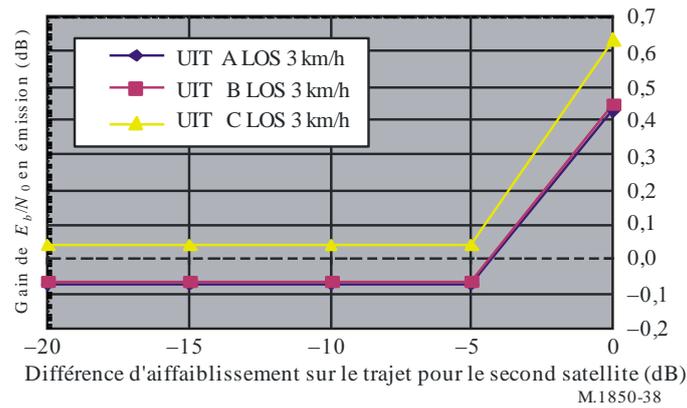
Gain apporté par la diversité de satellite; LoS; liaison montante; 12,2 kbit/s



Le gain de diversité est pratiquement identique pour les vitesses de l'UE comprises entre 0 km/h et 50 km/h. Il est au maximum de ~1 dB (12,2 kbit/s).

FIGURE 38

Gain apporté par la diversité de satellite; LoS; liaison montante; 64/144 kbit/s

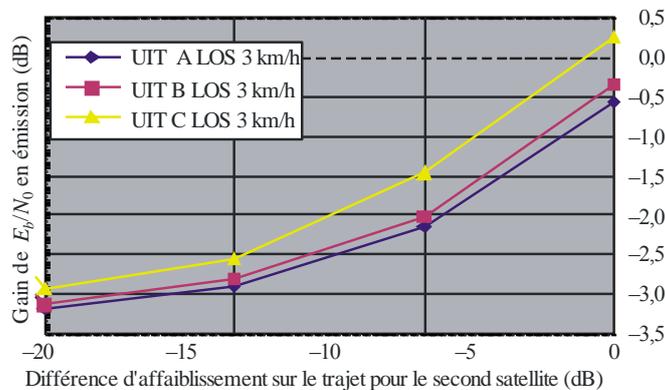


M.1850-38

Dans le sens descendant, le gain de E_b/N_0 en émission est négatif et quasiment identique quel que soit le débit binaire de service. En effet, l'augmentation des brouillages due à la non-orthogonalité des codes d'embrouillage des deux satellites s'oppose au gain de puissance en émission. On peut cependant envisager d'utiliser la diversité de satellite pour répartir dynamiquement de la puissance entre les satellites dans des conditions de fort trafic.

FIGURE 39

Gain apporté par la diversité de satellite; LOS; liaison descendante



M.1850-39

4.3.6.2.5.2 Aucun des satellites en visibilité directe

Lorsque l'UE n'est en visibilité directe avec aucun des satellites, le gain apporté par la diversité de satellite est important. En outre, le cas où la différence d'affaiblissement sur le trajet pour le second satellite est égale à 0 dB semble être une hypothèse hautement probable. Le gain maximum de E_b/N_0 en émission est atteint pour de faibles vitesses de l'UE. Dans le sens descendant, il est quasiment indépendant du débit binaire de service.

FIGURE 40

Gain apporté par la diversité de satellite; NLOS; liaison montante; 12,2 kbit/s; 3 km/h

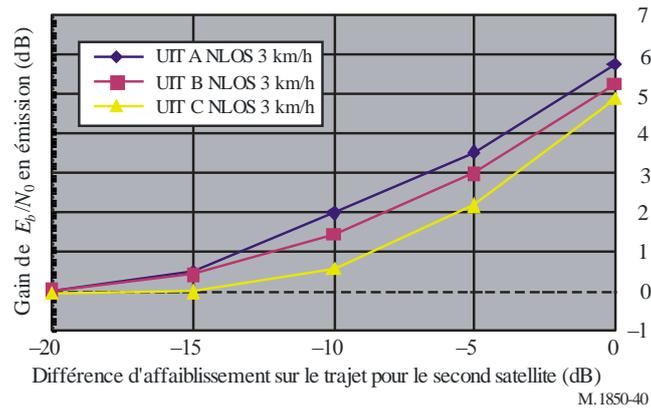


FIGURE 41

Gain apporté par la diversité de satellite; NLOS; liaison montante; 64/144 kbit/s; 3 km/h

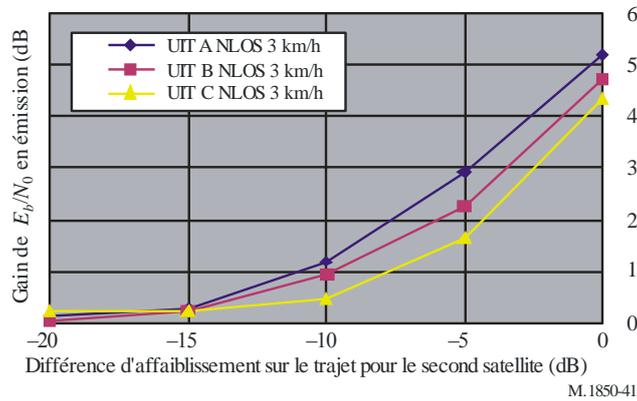


FIGURE 42

Gain apporté par la diversité de satellite; NLOS; liaison montante; 12,2 kbit/s; 50 km/h

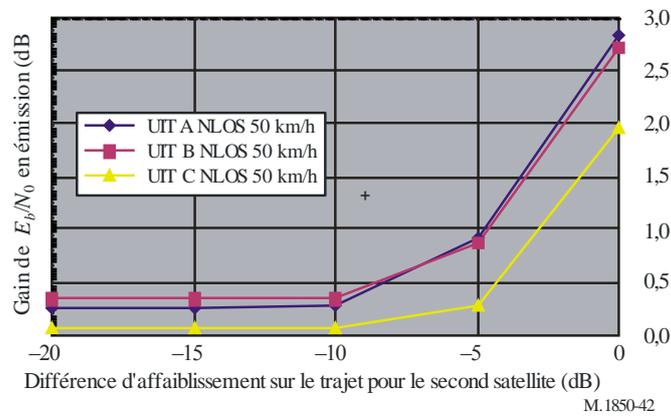


FIGURE 43

Gain apporté par la diversité de satellite; NLOS; liaison montante; 64/144 kbit/s; 50 km/h

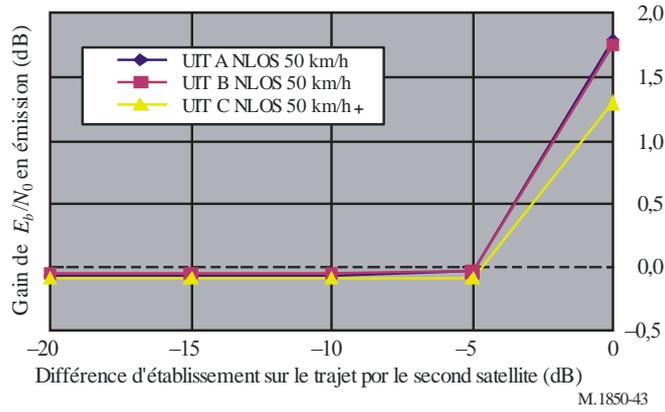


FIGURE 44

Gain apporté par la diversité de satellite; NLOS; liaison descendante; 3 km/h

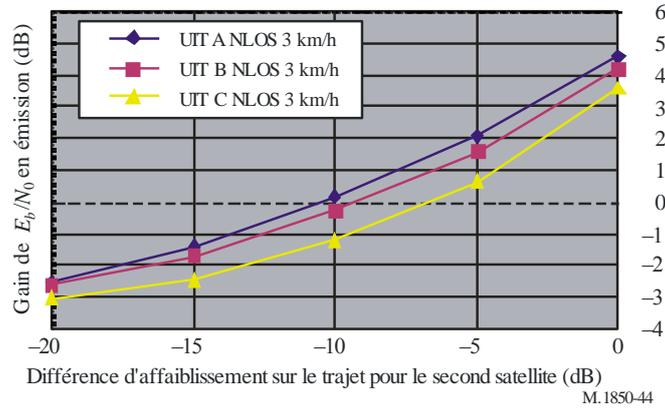
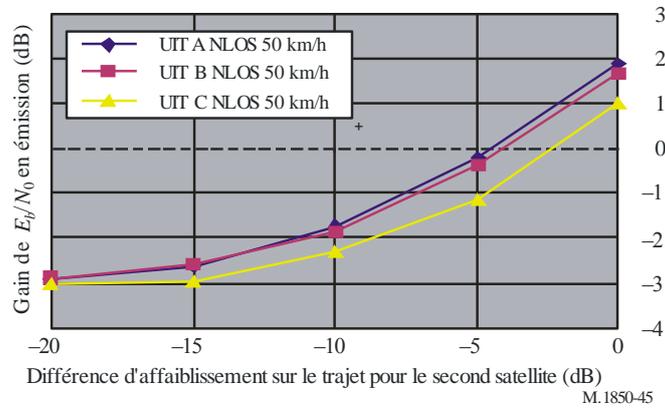


FIGURE 45

Gain apporté par la diversité de satellite; NLOS; liaison descendante; 50 km/h



4.3.6.3 Spécifications radiofréquences

4.3.6.3.1 Station satellite

a) Architecture à faisceau global

L'architecture à faisceau global assure un débit global de 3,84 Mbit/s sur le continent européen partagé entre 2 MRF. Par exemple, pour un service de 384 kbit/s, chaque MRF transporte un maximum de 5 codes de canal.

Chaque MRF occupe une largeur de 5 MHz dans la bande des fréquences attribuées au SMS.

Les caractéristiques de fonctionnement du satellite sont résumées dans le Tableau 40.

TABLEAU 40
Architecture à faisceau global

	Faisceau global
Nombre de faisceaux ponctuels	1
Liaison descendante (satellite vers UE)	
Fréquence (satellite vers UE) (MHz)	2 170-2 200
Polarisation	LHCP ou RHCP
P.i.r.e. embarquée, par porteuse (dBW)	64
Liaison montante	
Fréquence (UE vers satellite) (MHz)	1 980-2 010
Polarisation	LHCP ou RHCP
Gain d'antenne de réception (dB)	~30

b) Architecture à multifaisceaux

Les caractéristiques de fonctionnement du satellite sont résumées dans le Tableau 41.

TABLEAU 41
Architecture à 7 faisceaux

	Multifaisceaux à 7 faisceaux
Nombre de faisceaux ponctuels	7
Liaison descendante (satellite vers UE)	
Fréquence (satellite vers UE) (MHz)	2 170-2 200
Polarisation	LHCP ou RHCP
P.i.r.e. embarquée, par porteuse (dBW)	de 64 à 74 (voir Note 1)
Liaison montante	
Fréquence (UE vers satellite) (MHz)	1 980-2 010
Polarisation	LHCP ou RHCP
Gain d'antenne de réception (dB)	36-39

NOTE 1 – En fonction du faisceau ponctuel considéré et du schéma de réutilisation des fréquences.

c) **Architecture à multifaisceaux étendue**

Les caractéristiques de fonctionnement du satellite sont résumées dans le Tableau 42.

TABLEAU 42
Architecture à multifaisceaux étendue

	Multifaisceaux étendue
Nombre de faisceaux ponctuels	30
Liaison descendante (satellite vers UE)	
Fréquence (satellite vers UE) (MHz)	2 170-2 200
Polarisation	LHCP ou RHCP
P.i.r.e. embarquée, par porteuse (dBW)	74
Liaison montante	
Fréquence (UE vers satellite) (MHz)	1 980-2 010
Polarisation	LHCP ou RHCP
Gain d'antenne de réception (dB)	42-47

4.3.6.3.2 Station MES

La station terrienne mobile est aussi appelée équipement utilisateur (UE, *User Equipment*). Elle peut être de différents types:

Unité portable normalisée 3G: l'utilisation dans un environnement satellitaire nécessite une adaptation pour permettre une agilité de fréquence dans la bande SMS. L'hypothèse de base pour l'équipement utilisateur est une classe de puissance 1, 2 ou 3 avec une antenne équidirective standard.

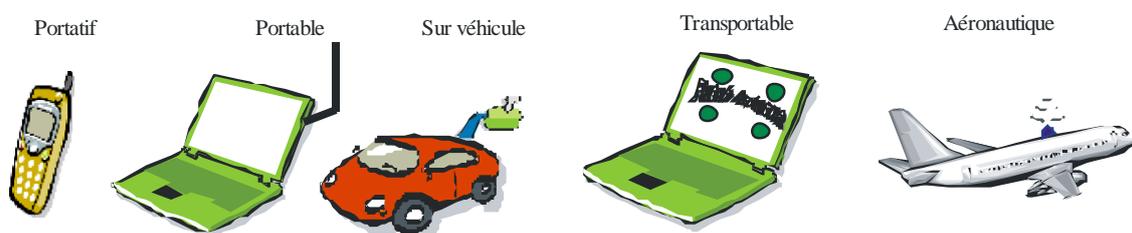
Portable: la configuration portable est constituée d'un ordinateur bloc-notes auquel est connectée une antenne externe.

A bord de véhicule: la configuration véhicule est réalisée en installant un module RF sur le toit d'une voiture, module qui est connecté à l'équipement utilisateur situé dans l'habitacle.

Transportable: la configuration transportable se compose d'un ordinateur bloc-notes dont la coque contient des antennes planes de type plaque (toutes les plaques sont manuellement pointées vers le satellite).

Aéronautique: la configuration aéronautique est réalisée en montant une antenne au-dessus du fuselage.

FIGURE 46
Configuration de l'UE



Les caractéristiques de puissance et de gain pour les quatre configurations de l'UE sont résumées dans le Tableau 43.

TABLEAU 43
Puissance d'émission maximale, gain d'antenne et p.i.r.e. de l'UE

Type d'UE	Puissance d'émission maximale	Gain d'antenne de référence (voir Note 1)	p.i.r.e. maximale	Température de l'antenne	G/T
Portatif 3G					
Classe 1	2 W (33 dBm)	0 dBi	3 dBW	290 K	-33,6 dB/K
Classe 2	500 mW (27 dBm)		-3 dBW		
Classe 3	250 mW (24 dBm)		-6 dBW		
Portable	2 W (33 dBm)	2 dBi	5 dBW	200 K	-26 dB/K
Véhicule	8 W (39 dBm)	4 dBi	13 dBW	250 K	-25 dB/K
Transportable	2 W (33 dBm)	14 dBi	17 dBW	200 K	-14 dB/K
Aéronautique	2 W (33 dBm)	3 dBi	6 dBW		

NOTE 1 – Valeurs types.

4.3.6.4 Paramètres de la bande de base

4.3.6.4.1 Structure de canal

4.3.6.4.1.1 Canal de transport

4.3.6.4.1.1.1 Canal commun

Canal de diffusion (BCH)

Le canal BCH est un canal de la liaison descendante utilisé pour diffuser les informations de commande du système pour chaque faisceau à destination de la MES.

Canal de radiorecherche (PCH)

Le canal PCH est un canal de la liaison descendante utilisé pour acheminer des informations de commande vers la station MES lorsque le système ne sait pas à quel faisceau cette station est associée. Le canal PCH est associé à des indicateurs de radiorecherche générés par la couche physique qui assurent des procédures de mode veille efficaces.

Canal d'accès aller (FACH)

Le canal FACH est un canal de la liaison descendante utilisé pour acheminer des informations pour l'utilisateur ou de commande à destination de la station MES; il est utilisé lorsque le système sait à quel faisceau cette station est associée.

Canal de liaison descendante partagé (DSCH)

Le canal DSCH est un canal de la liaison descendante partagé par plusieurs MES; il achemine des données de commande ou de trafic dédiées et est associé à un ou plusieurs canaux DCH de liaison descendante.

Canal d'accès aléatoire (RACH)

Le canal RACH est un canal de la liaison montante utilisé pour acheminer, de la station MES vers la station LES, des informations pour l'utilisateur ou de commande.

Canal commun de transmission en mode paquet (CPCH)

Le canal CPCH est un canal de la liaison montante utilisé pour acheminer des informations d'utilisateur d'une station MES vers une station LES. Il est associé à un canal commun de commande sur la liaison descendante qui assure la commande de puissance et permet d'agir sur les différents paramètres du canal CPCH.

4.3.6.4.1.1.2 Canal dédié (DCH, *dedicated channel*)

Le canal DCH est un canal de la liaison descendante ou de la liaison montante assuré sur la totalité, ou seulement sur une partie, du faisceau; il est dédié à une station MES.

4.3.6.4.1.2 Canal physique

4.3.6.4.1.2.1 Canal physique de la liaison descendante

4.3.6.4.1.2.1.1 Canal pilote commun (CPICH)

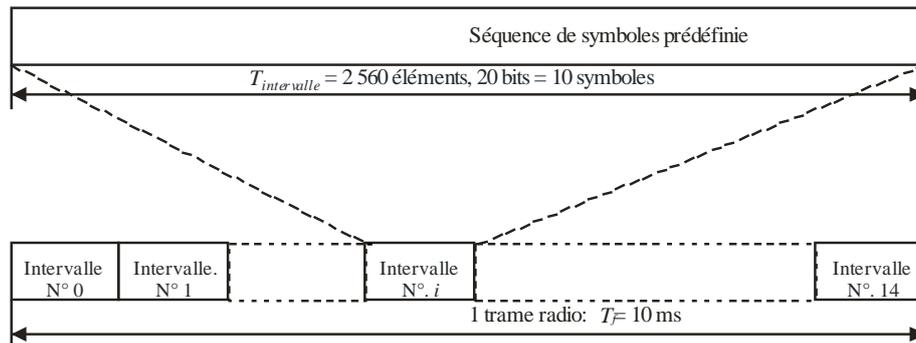
Le canal CPICH est un canal physique de liaison descendante à débit fixe (30 kbit/s, facteur d'étalement = 256) qui achemine une séquence prédéterminée de bis/symboles.

On distingue deux types de CPICH – le CPICH primaire et le CPICH secondaire –, qui diffèrent par leur utilisation et par les limites imposées à leurs caractéristiques physiques:

- Canal pilote commun primaire (P-CPICH);
 - le même code de structuration en canaux est toujours utilisé pour le canal P-CPICH;
 - le canal P-CPICH est embrouillé selon le code d'embrouillage primaire;
 - il n'y a qu'un seul et unique canal P-CPICH par faisceau;
 - le canal P-CPICH est diffusé sur la totalité du faisceau;
 - il constitue une référence de phase pour les canaux physiques sur la liaison descendante.
- Canal pilote commun secondaire (S-CPICH);
 - un code de structuration en canaux arbitraire de facteur d'étalement SF = 256 est utilisé pour le canal S-CPICH;
 - un canal S-CPICH est embrouillé selon le code d'embrouillage primaire ou selon un code d'embrouillage secondaire;
 - il peut y avoir un nombre quelconque ou nul de canaux S-CPICH par faisceau;
 - un canal S-CPICH peut être transmis sur la totalité, ou seulement sur une partie, du faisceau;
 - un canal S-CPICH peut être une référence de phase pour un canal DPCH sur la liaison descendante.

FIGURE 47

Format des trames pour le canal CPICH



M.1850-47

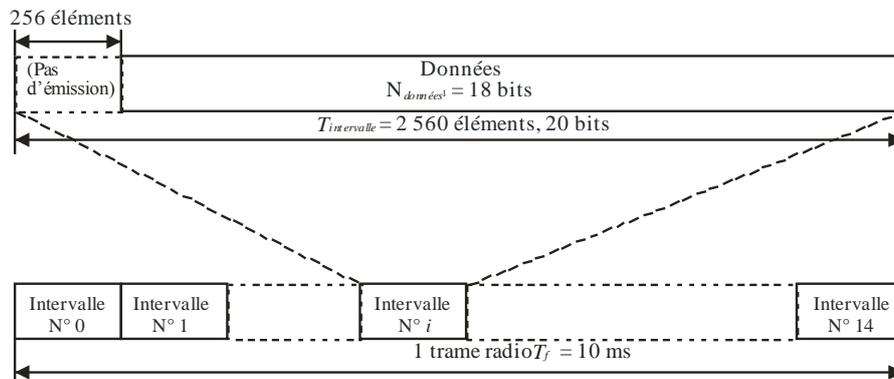
4.3.6.4.1.2.1.2 Canal physique de commande commun primaire (P-CCPCH)

Le canal P-CCPCH est un canal physique de la liaison descendante, de débit fixe (30 kbit/s, facteur d'étalement $SF = 256$), qui achemine le canal de transport BCH.

Pendant les 256 premiers éléments de chaque intervalle, le canal P-CCPCH n'est pas transmis: durant cette période, il est remplacé par le canal primaire SCH et le canal secondaire SCH.

FIGURE 48

Format des trames pour le canal P-CCPCH



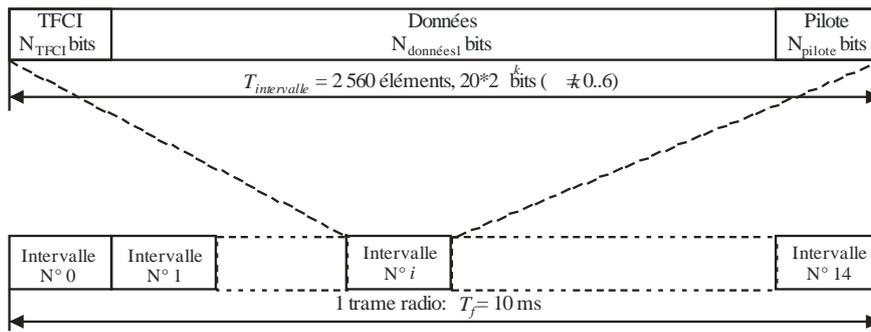
M.1850-48

4.3.6.4.1.2.1.3 Canal physique de commande commun secondaire (S-CCPCH)

Le canal S-CCPCH est utilisé pour transporter les canaux FACH et PCH. On distingue deux types de canaux CCPCH secondaires: ceux qui ont un TFCI et ceux qui n'en ont pas. La gamme des débits possibles du canal CCPCH secondaire est la même que celle du DPCH de la liaison descendante.

FIGURE 49

Format des trames pour le canal S-CCPCH



M.1850-49

Le paramètre k de la Fig. 49 détermine le nombre total de bits par intervalle sur le canal CCPCH secondaire de la liaison descendante. Il est lié au facteur d'étalement du canal physique par la relation $SF = 256 / 2^k$. Le facteur d'étalement peut varier de 256 à 4.

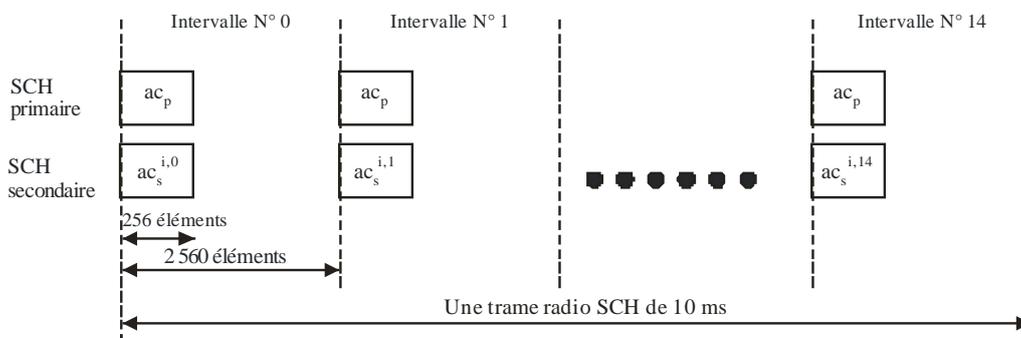
Les canaux FACH et PCH peuvent être mappés sur les mêmes canaux CCPCH secondaires ou sur des canaux CCPCH secondaires distincts. S'ils sont mappés sur le même canal CCPCH secondaire, ils peuvent être mappés sur la même trame. La principale différence entre un canal CCPCH et un canal physique dédié de liaison descendante est que le canal CCPCH n'est pas soumis à un mécanisme de commande de puissance par boucle interne. La principale différence entre le canal CCPCH primaire et le canal CCPCH secondaire tient au fait que le canal de transport mappé sur le canal CCPCH primaire (BCH) ne peut avoir qu'une combinaison de format de transport prédéfinie fixe, alors que le canal CCPCH secondaire prend en charge des combinaisons de format de transport multiples par le biais de l'indicateur TFCI.

4.3.6.4.1.2.1.4 Canal de synchronisation (SCH)

Le canal de synchronisation (SCH) est un signal de liaison descendante utilisé pour la recherche des faisceaux. Il est subdivisé en deux sous-canaux: le canal SCH primaire et le canal SCH secondaire. Les trames radio de 10 ms du SCH primaire et du SCH secondaire sont divisées en 15 intervalles d'une longueur unitaire de 2 560 éléments.

FIGURE 50

Structure du canal SCH



M.1850-50

Le canal SCH primaire se compose d'un code modulé comportant 256 éléments: le code de synchronisation primaire PSC (*primary synchronization code*) désigné par c_p dans la Fig. 50, transmis à raison d'une fois par intervalle. Le code PSC est le même pour chaque faisceau du système.

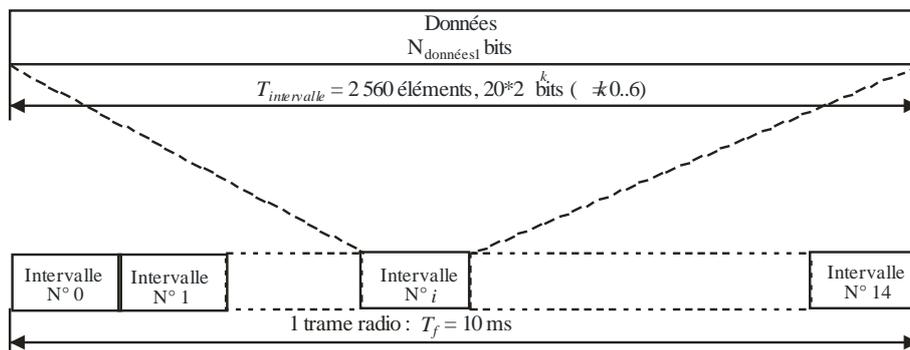
Le canal SCH secondaire se compose de l'émission répétée de séquences de longueur 15 de codes modulés de 256 éléments, à savoir les codes de synchronisation secondaires SSC (*secondary synchronization codes*), qui sont transmis en parallèle avec le canal SCH primaire. Le SSC est désigné par $c_s^{i,k}$ dans la Fig. 50, où $i = 0, 1, \dots, 63$ est le numéro du groupe du code d'embrouillage et $k = 0, 1, \dots, 14$ le numéro d'intervalle. Chaque code SSC est choisi parmi un ensemble de 16 codes différents de longueur 256. Cette séquence sur le canal SCH secondaire précise le groupe de codes auquel appartient le code d'embrouillage de liaison descendante.

4.3.6.4.1.2.1.5 Canal physique partagé de liaison descendante (PDSCH)

Le canal PDSCH sert à acheminer le canal de liaison descendante partagé (DSCH).

FIGURE 51

Format des trames pour le canal PDSCH



M.1850-51

Un canal PDSCH est attribué à chaque UE sur la base d'une trame radio. Dans une trame donnée, le réseau UTRAN peut attribuer, à différents UE, des canaux PDSCH relevant du même code de disposition des racines PDSCH via un multiplexage par répartition en code. Dans la même trame radioélectrique, plusieurs canaux PDSCH parallèles (présentant le même facteur d'étalement) peuvent être attribués à un même UE. Il s'agit d'un cas particulier de la transmission multicodes. Tous les canaux PDSCH sont gérés avec une synchronisation trame.

Les canaux PDSCH attribués au même UE sur des trames différentes peuvent avoir des facteurs d'étalement différents.

Pour chaque trame radio, chaque canal PDSCH est associé à un canal DPCH de liaison descendante. Le canal PDSCH et le canal DPCH associé n'ont pas nécessairement le même facteur d'étalement et ne sont pas nécessairement alignés sur une trame.

Toutes les informations de commande de couche 1 pertinentes sont transmises sur la partie DPCCCH du canal DPCH associé; autrement dit, le canal PDSCH n'achemine pas d'informations de couche 1. Le champ TFCI du canal DPCH associé est utilisé pour indiquer à l'UE qu'il y a des données à décoder sur le canal DSCH.

Le TFCI indique à l'UE les paramètres de format de transport instantanés qui se rapportent au canal PDSCH ainsi que le code de structuration en canaux de ce canal.

Pour le canal PDSCH, les facteurs d'étalement autorisés varient de 256 à 4.

4.3.6.4.1.2.1.6 Canal d'indicateur d'acquisition (AICH)

Le canal AICH est un canal physique de débit fixe ($SF = 256$) qui sert à acheminer les indicateurs d'acquisition (AI, *acquisition indicator*). Les indicateurs d'acquisition correspondent à la signature s sur le canal PRACH.

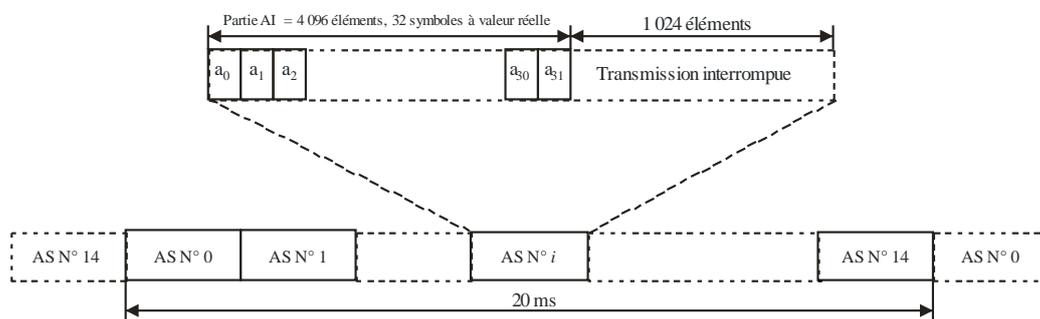
Le canal AICH se compose d'une séquence répétée de 15 intervalles d'accès (AS, *access slot*) consécutifs, ayant chacun une longueur de 5 120 éléments. Chaque intervalle d'accès comporte deux parties: une partie *indicateur d'acquisition* (AI) composée de 32 symboles à valeurs réelles a_0, \dots, a_{31} et une partie sans transmission, qui n'appartient pas formellement au canal AICH et dont la durée est de 1 024 éléments. La partie sans transmission de l'intervalle est une réserve en vue d'une éventuelle utilisation par le canal CSICH ou d'une utilisation future par d'autres canaux physiques.

Le facteur d'étalement (SF) utilisé pour l'opération de découpage du canal AICH vaut 256.

Le canal primaire CPICH sert de référence de phase au canal AICH.

FIGURE 52

Structure du canal AICH



M.1850-52

4.3.6.4.1.2.1.6.2 Fonctionnement dans le mode facultatif C

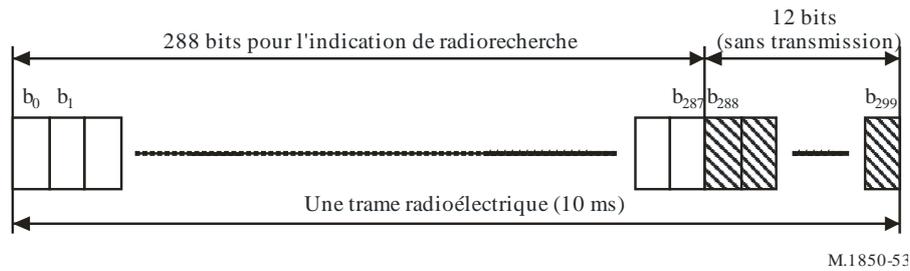
Lorsqu'on n'utilise pas de sous-trames d'accès pour le canal PRACH, la partie indicateur d'acquisition pour le canal PRACH est uniquement transmise sur le premier intervalle d'accès (AS N° 0). Le canal AICH n'est pas transmis pendant les 14 intervalles d'accès suivants. Lorsqu'on utilise des sous-trames d'accès pour le canal PRACH, la partie AI est seulement transmise dans le premier intervalle d'accès (AS N° 0) et le neuvième intervalle d'accès (AS N° 8). La partie AI du premier intervalle d'accès achemine l'indicateur AI correspondant à la signature du préambule PRACH transmis au niveau de la sous-trame d'accès paire. La partie AI du neuvième intervalle d'accès achemine l'indicateur AI correspondant à la signature du préambule du canal PRACH transmis au niveau de la sous-trame d'accès impaire.

4.3.6.4.1.2.1.7 Canal d'indicateur de radiorecherche (PICH)

Le canal PICH est un canal physique de débit fixe ($SF = 256$) qui sert à acheminer les indicateurs de radiorecherche. Un canal PICH est toujours associé à un canal S-CCPCH auquel correspond un canal de transport PCH.

Une trame radio PICH de 10 ms de longueur comprend 300 bits, dont 288 sont utilisés pour acheminer des indicateurs de recherche. Les 12 bits restants ne font pas formellement partie du canal PICH et ne sont pas transmis. La partie de la trame sans transmission est une réserve en vue d'une éventuelle utilisation future.

FIGURE 53
Structure du canal PICH



M.1850-53

4.3.6.4.1.2.1.8 Canal d'indicateur de radiorecherche à fort pouvoir de pénétration (HPPICH)

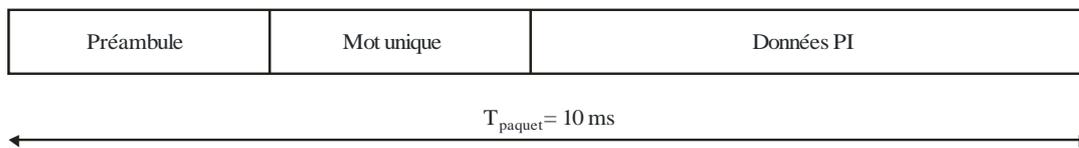
Dans le mode facultatif A, on utilise le nouveau canal d'indication de radiorecherche ci-après.

Le canal d'indication de radiorecherche à fort pouvoir de pénétration (HPPICH) est un canal physique qui sert à acheminer l'indicateur de radiorecherche (PI). Pour l'opération normale de radiorecherche, on utilise à la fois un canal PICH et un canal S-CCPCH (auquel correspond un canal de transport PCH). Toutefois, le système peut décider de recourir au canal physique HPPICH en cas d'échec de la radiorecherche. Dans ce cas, le canal de transport PCH n'est pas envoyé tant qu'un nouvel essai dans le canal PICH n'a pas été fait.

L'information est émise dans des paquets courts de 10 ms de longueur. La structure temporelle d'émission de ce canal HPPICH ne dépend pas des relations temporelles générales décrites au § 4.3.6.4.1.3, autrement dit elle ne dépend pas de l'émission des autres canaux.

L'information est émise à un débit de 15 kbit/s, ce qui fait au total 150 bits. La structure de trame est représentée dans la Fig. 54. Elle comprend un préambule non modulé de 24 bits (tous les bits sont mis à zéro), un mot unique (UW) de 12 bits (la séquence est 1100001001011) et un champ de données de 114 bits.

FIGURE 54
Structure de paquet pour le canal HPPICH



M.1850-54

Le champ de données achemine un identificateur d'utilisateur sur 24 bits et une partie CRC sur 8 bits. Les données sont codées à l'aide d'un code convolutif de rendement 1/3, avec un poinçonnage à 114 bits.

Contrairement aux autres canaux physiques, le canal HPPICH n'est pas étalé. Il est modulé sur un signal MDP-2.

4.3.6.4.1.2.1.9 Canal physique dédié de la liaison descendante (DPCH de la liaison descendante)

Il existe deux types de canaux physiques dédiés: le canal DPDCH et le canal physique de commande dédié (DPCCH).

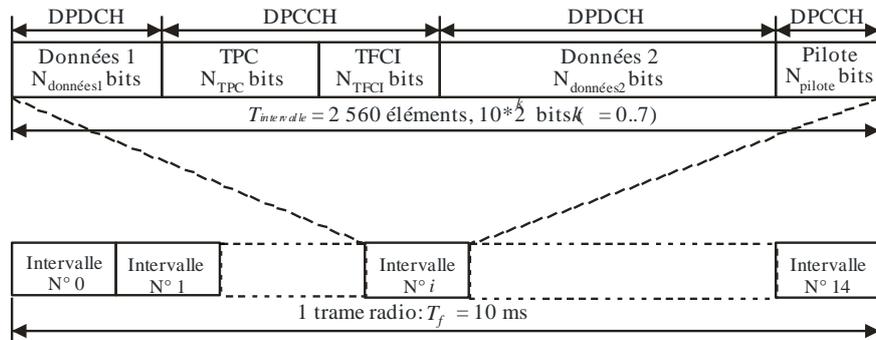
Le canal DPDCH est utilisé pour acheminer des données dédiées générées au niveau de la couche 2 et au-dessus, à savoir les canaux de transport dédiés.

Le canal DPCH est utilisé pour acheminer des informations de commande générées au niveau de la couche 1, à savoir des bits pilotes connus qui assurent l'estimation du canal pour la détection cohérente, des commandes de puissance d'émission (TPC) et l'indicateur de combinaison de format de transport (TFCI).

L'indicateur de combinaison de format de transport informe le récepteur du débit instantané des différents services multiplexés sur les canaux de données physiques dédiés. En l'absence de TFCI, il est aussi possible d'utiliser l'identification aveugle.

FIGURE 55

Format de trame sur le canal DPCH de liaison descendante



M.1850-55

Pour la liaison descendante, les canaux DPDCH et DPCCH sont multiplexés par répartition dans le temps à l'intérieur de chaque trame radio et émis après modulation de type MDP-4.

Chaque trame de 10 ms de longueur est subdivisée en 15 intervalles de longueur unitaire $T_{intervalle} = 0,666$ ms (2 560 éléments). Dans chaque intervalle, les canaux DPDCH et DPCCH sont multiplexés par répartition dans le temps. En raison du temps de propagation par satellite, les périodes des commandes de puissance ne correspondent pas à la correction des évanouissements rapides. Néanmoins, pour limiter les modifications des modems de Terre situés dans les UE et les noeuds B, la structure des intervalles est inchangée en fonctionnement normal. Toutefois, dans le mode facultatif C, la période de commande de puissance correspond à une trame et la structure des intervalles est légèrement modifiée dans un souci d'optimisation dans l'environnement satellite.

Le paramètre k de la Fig. 55 détermine le nombre total de bits par intervalle DPCH de liaison descendante. Ce paramètre est lié au facteur d'étalement du canal physique par la relation $SF = 512 / 2^k$. Le facteur d'étalement peut donc varier de 512 à 4.

Le nombre exact de bits des différents champs des canaux DPCH sur la liaison descendante (N_{pilote} , N_{TPC} , N_{TFCI} , $N_{données1}$ et $N_{données2}$) est donné dans le Tableau 44. Le format d'intervalle à utiliser est configuré par les couches supérieures et peut aussi être reconfiguré par les couches supérieures.

On distingue essentiellement deux types de canaux physiques dédiés sur la liaison descendante: ceux avec l'indicateur TFCI (par exemple pour plusieurs services simultanés) et ceux sans l'indicateur TFCI (par exemple pour des services à débit fixe). Ces types sont reflétés par les lignes dupliquées dans le Tableau 44. C'est le réseau RAN à satellite qui détermine si un indicateur TFCI doit être transmis et tous les équipements d'utilisateur doivent obligatoirement prendre en charge l'utilisation de l'indicateur TFCI sur la liaison descendante.

TABLEAU 44

Champs des canaux PDDCH et DPCCH

Format d'inter- valle N° i	Débit binaire du canal (kbit/s)	Débit de symboles du canal (ksymboles/s)	SF	Bits/ inter- valle	DPDCH Bits/intervalle		DPCCH Bits/intervalle			Intervalles transmis par trame radio N _{Tr}
					Ndonnées1	Ndonnées2	NTPC	NTFCI	NPilote	
0	15	7,5	512	10	0	4 (5)	2 (1)	0	4	15
0A	15	7,5	512	10	0	4 (5)	2 (1)	0	4	8 à 14
0B	30	15	256	20	0	8 (10)	4 (2)	0	8	8 à 14
1	15	7,5	512	10	0	2 (3)	2 (1)	2	4	15
1B	30	15	256	20	0	4 (6)	4 (2)	4	8	8 à 14
2	30	15	256	20	2	14 (15)	2 (1)	0	2	15
2A	30	15	256	20	2	14 (15)	2 (1)	0	2	8 à 14
2B	60	30	128	40	4	28 (30)	4 (2)	0	4	8 à 14
3	30	15	256	20	2	12 (13)	2 (1)	2	2	15
3A	30	15	256	20	2	10 (11)	2 (1)	4	2	8 à 14
3B	60	30	128	40	4	24 (26)	4 (2)	4	4	8 à 14
4	30	15	256	20	2	12 (13)	2 (1)	0	4	15
4A	30	15	256	20	2	12 (13)	2 (1)	0	4	8 à 14
4B	60	30	128	40	4	24 (26)	4 (2)	0	8	8 à 14
5	30	15	256	20	2	10 (11)	2 (1)	2	4	15
5A	30	15	256	20	2	8 (9)	2 (1)	4	4	8 à 14
5B	60	30	128	40	4	20 (22)	4 (2)	4	8	8 à 14
6	30	15	256	20	2	8 (9)	2 (1)	0	8	15
6A	30	15	256	20	2	8 (9)	2 (1)	0	8	8 à 14
6B	60	30	128	40	4	16 (18)	4 (2)	0	16	8 à 14
7	30	15	256	20	2	6 (7)	2 (1)	2	8	15

TABLEAU 44 (suite)

Format d'intervalle N° i	Débit binaire du canal (kbit/s)	Débit de symboles du canal (ksymboles/s)	SF	Bits/intervalle	DPDCH Bits/intervalle		DPCCH Bits/intervalle			Intervalles transmis par trame radio N _{Tr}
					N _{données1}	N _{données2}	N _{TPC}	N _{TFCI}	N _{Pilote}	
7A	30	15	256	20	2	4 (5)	2 (1)	4	8	8 à 14
7B	60	30	128	40	4	12 (14)	4 (2)	4	16	8 à 14
8	60	30	128	40	6	28 (29)	2 (1)	0	4	15
8A	60	30	128	40	6	28 (29)	2 (1)	0	4	8 à 14
8B	120	60	64	80	12	56 (58)	4 (2)	0	8	8 à 14
9	60	30	128	40	6	26 (27)	2 (1)	2	4	15
9A	60	30	128	40	6	24 (25)	2 (1)	4	4	8 à 14
9B	120	60	64	80	12	52 (54)	4 (2)	4	8	8 à 14
10	60	30	128	40	6	24 (25)	2 (1)	0	8	15
10A	60	30	128	40	6	24 (25)	2 (1)	0	8	8 à 14
10B	120	60	64	80	12	48 (50)	4 (2)	0	16	8 à 14
11	60	30	128	40	6	22 (23)	2 (1)	2	8	15
11A	60	30	128	40	6	20 (21)	2 (1)	4	8	8 à 14
11B	120	60	64	80	12	44 (46)	4 (2)	4	16	8 à 14
12	120	60	64	80	12	48 (50)	4 (2)	8 (voir la Note 4)	8	15
12A	120	60	64	80	12	40 (42)	4 (2)	16 (voir la Note 4)	8	8 à 14
12B	240	120	32	160	24	96 (100)	8 (4)	16 (voir la Note 4)	16	8 à 14
13	240	120	32	160	28	112 (114)	4 (2)	8 (voir la Note 4)	8	15
13A	240	120	32	160	28	104 (106)	4 (2)	16 (voir la Note 4)	8	8 à 14
13B	480	240	16	320	56	224 (228)	8 (4)	16 (voir la Note 4)	16	8 à 14

TABLEAU 44 (fin)

Format d'inter- valle N° i	Débit binaire du canal (kbit/s)	Débit de symboles du canal (ksymboles/s)	SF	Bits/ inter- valle	DPDCH Bits/intervalle		DPCCH Bits/intervalle			Intervalles transmis par trame radio N _{Tr}
					N _{données1}	N _{données2}	N _{TPC}	N _{TFCI}	N _{Pilote}	
14	480	240	16	320	56	232 (236)	8 (4)	8 (voir la Note 4)	16	15
14A	480	240	16	320	56	224 (228)	8 (4)	16 (voir la Note 4)	16	8 à 14
14B	960	480	8	640	112	464 (472)	16 (8)	16 (voir la Note 4)	32	8 à 14
15	960	480	8	640	120	488 (492)	8 (4)	8 (voir la Note 4)	16	15
15A	960	480	8	640	120	480 (484)	8 (4)	16 (voir la Note 4)	16	8 à 14
15B	1 920	960	4	1 280	240	976 (984)	16 (8)	16 (voir la Note 4)	32	8 à 14
16	1 920	960	4	1 280	248	1000 (1004)	8 (4)	8 (voir la Note 4)	16	15
16A	1 920	960	4	1 280	248	992 (996)	8 (4)	16 (voir la Note 4)	16	8 à 14

NOTE 1 – Le mode compressé est uniquement pris en charge moyennant une réduction du facteur d'étalement pour SF = 512 avec l'indicateur TFCI.

NOTE 2 – Le mode compressé moyennant une réduction du facteur d'étalement n'est pas pris en charge pour SF = 4.

NOTE 3 – Si la passerelle satellite reçoit une combinaison non valable de trames de données à transmettre sur la liaison descendante, il pourra être nécessaire, conformément à la procédure indiquée au § 5.1.2 de la spécification TS 125 427, d'utiliser l'indication DTX à la fois dans le canal DPDCH et dans le champ TFCI du canal DPCCH.

NOTE 4 – Si les bits TFCI ne sont pas utilisés, on utilisera alors l'indication DTX dans le champ TFCI.

NOTE 5 – Les valeurs indiquées entre parenthèses () dans les colonnes N_{données2} et N_{TPC} correspondent au mode facultatif C.

Les séquences de bits pilotes sont décrites dans le Tableau 45. La partie de la séquence de bits pilotes se trouvant dans chaque colonne ombrée est définie comme étant un mot de synchronisation de trame, et les mots de synchronisation de trame servent à confirmer la synchronisation de trame. (Chaque partie de la séquence de bits pilotes autre que les mots de synchronisation de trame a la valeur «11».) Dans le Tableau 45, l'ordre de transmission est de gauche à droite.

En ce qui concerne le mode compressé moyennant la réduction du facteur d'étalement sur la liaison descendante, le nombre de bits dans les champs TPC et pilote est doublé. On utilise la répétition des symboles pour remplir les champs.

TABLEAU 45

**Séquences de bits pilotes pour le canal DPCCH sur la liaison descendante
avec $N_{\text{pilote}} = 2, 4, 8$ et 16**

Symbole N°	$N_{\text{pilote}} = 2$	$N_{\text{pilote}} = 4$ (voir la Note 1)		$N_{\text{pilote}} = 8$ (voir la Note 2)				$N_{\text{pilote}} = 16$ (voir la Note 3)							
	0	0	1	0	1	2	3	0	1	2	3	4	5	6	7
Intervalle N° 0	11	11	11	11	11	11	10	11	11	11	10	11	11	11	10
1	00	11	00	11	00	11	10	11	00	11	10	11	11	11	00
2	01	11	01	11	01	11	01	11	01	11	01	11	10	11	00
3	00	11	00	11	00	11	00	11	00	11	00	11	01	11	10
4	10	11	10	11	10	11	01	11	10	11	01	11	11	11	11
5	11	11	11	11	11	11	10	11	11	11	10	11	01	11	01
6	11	11	11	11	11	11	00	11	11	11	00	11	10	11	11
7	10	11	10	11	10	11	00	11	10	11	00	11	10	11	00
8	01	11	01	11	01	11	10	11	01	11	10	11	00	11	11
9	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	00	11	11
10	01	11	01	11	01	11	01	11	01	11	01	11	11	11	10
11	10	11	10	11	10	11	11	11	10	11	11	11	00	11	10
12	10	11	10	11	10	11	00	11	10	11	00	11	01	11	01
13	00	11	00	11	00	11	11	11	00	11	11	11	00	11	00
14	00	11	00	11	00	11	11	11	00	11	11	11	10	11	01

NOTE 1 – Cette séquence est utilisée sauf pour les formats d'intervalle 2B et 3B.

NOTE 2 – Cette séquence est utilisée sauf pour les formats d'intervalle 0B, 1B, 4B, 5B, 8B et 9B.

NOTE 3 – Cette séquence est utilisée sauf pour les formats d'intervalle 6B, 7B, 10B, 11B, 12B et 13B.

NOTE 4 – Pour le format d'intervalle nB , où $n = 0, \dots, 15$, la séquence de bits pilotes correspondant à $N_{\text{pilote}}/2$ doit être utilisée et il convient d'utiliser la répétition des symboles.

La relation entre le symbole TPC et la commande de puissance de l'émetteur est présentée dans le Tableau 46.

TABLEAU 46

Séquence de bits TPC

Séquence de bits TPC			Commande de puissance de l'émetteur
$N_{\text{TPC}} = 2$	$N_{\text{TPC}} = 4$	$N_{\text{TPC}} = 8$	
11	1111	11111111	1
00	0000	00000000	0

4.3.6.4.1.2.2 Canal physique de liaison montante

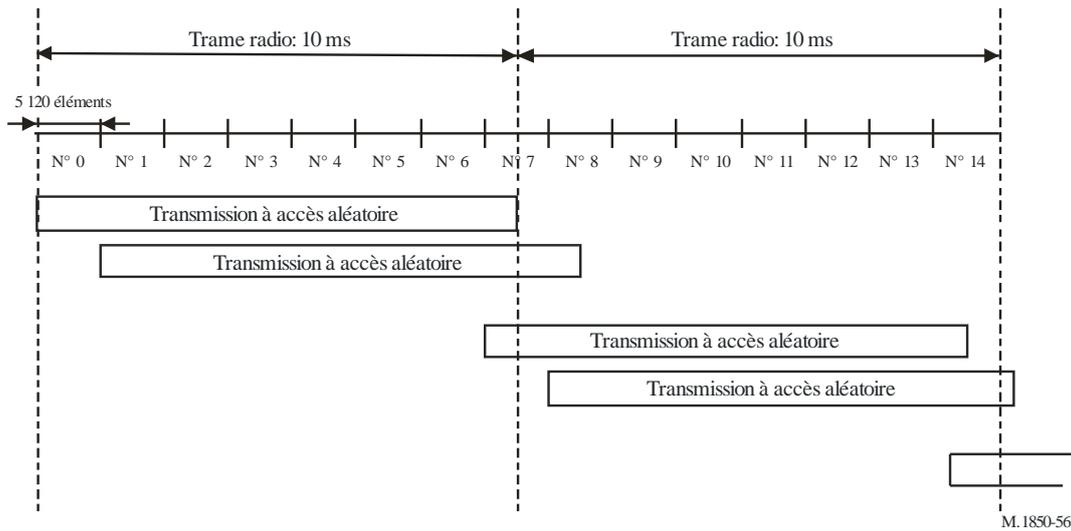
4.3.6.4.1.2.2.1 Canal physique d'accès aléatoire (PRACH)

4.3.6.4.1.2.2.1.1 Fonctionnement en mode normal

La transmission à accès aléatoire repose sur une approche ALOHA discrétisé avec indication d'acquisition rapide. L'UE peut commencer la transmission à accès aléatoire au début d'un nombre bien défini d'intervalles de temps, appelés *intervalles d'accès*. Il y a 15 intervalles d'accès pour deux trames, espacés de 5 120 éléments.

FIGURE 56

Numéros des intervalles d'accès du canal RACH et leur espacement

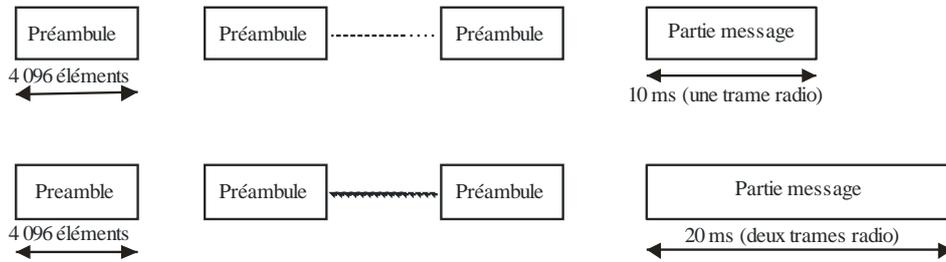


M.1850-56

La transmission à accès aléatoire se compose d'un ou plusieurs *préambules* de longueur égale à 4 096 éléments et d'une partie message de 10 ou 20 ms.

FIGURE 57

Structure de la transmission à accès aléatoire



M.1850-57

Chaque préambule fait 4 096 éléments et se compose de 256 répétitions d'une signature dont la longueur est égale à 16 éléments.

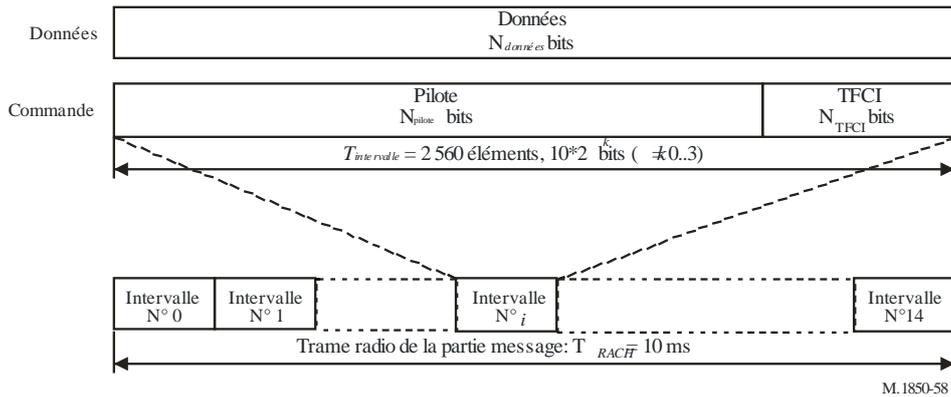
La trame de 10 ms qui contient la partie message est subdivisée en 15 intervalles, chacun de longueur $T_{intervalle} = 2\,560$ éléments. Chaque intervalle est composé de deux parties, une partie données correspondant au canal de transport RACH et une partie commande qui achemine des informations de commande de couche 1. Les parties données et commande sont émises en parallèle. Une partie message de 10 ms est composée d'une trame message, alors qu'une partie message de 20 ms est composée de deux trames messages consécutives de 10 ms. La longueur de la partie message est égale à l'intervalle de temps de transmission du canal de transport RACH utilisé.

La partie données est constituée de 10×2^k bits, où $k = 0, 1, 2, 3$, ce qui correspond respectivement à un facteur d'étalement de 256, 128, 64 et 32.

La partie commande se compose de 8 bits pilotes connus qui assurent l'estimation du canal pour une détection cohérente et de 2 bits TFCI. Cela correspond à un facteur d'étalement de 256. Le nombre total de bits TFCI dans le message à accès aléatoire est $15 \times 2 = 30$. L'indicateur TFCI d'une trame indique le format de transport du canal RACH correspondant à la trame de la partie message transmise simultanément. Dans le cas d'une partie message de canal PRACH de durée 20 ms, l'indicateur TFCI est répété dans la seconde trame radio.

FIGURE 58

Structure de la trame radio correspondant à la partie message accès aléatoire

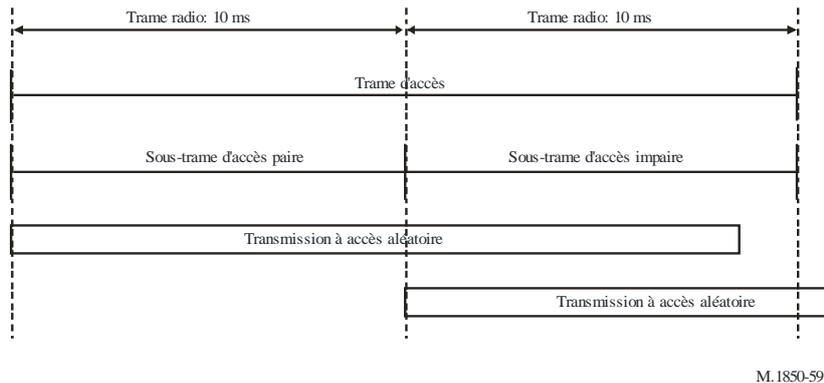


4.3.6.4.1.2.2.1.2 Fonctionnement dans le mode facultatif C

La transmission à accès aléatoire repose sur une approche ALOHA avec indication d'acquisition rapide. L'UE peut commencer la transmission à accès aléatoire au début d'un nombre bien défini d'intervalles de temps, appelés *trame d'accès*. Chaque trame d'accès a une longueur de deux trames radio. Chaque trame d'accès peut se composer de deux sous-trames d'accès, une sous-trame d'accès paire et une sous-trame d'accès impaire (voir la Fig. 59). L'information sur les intervalles d'accès disponibles pour la transmission à accès aléatoire est donnée par les couches supérieures.

FIGURE 59

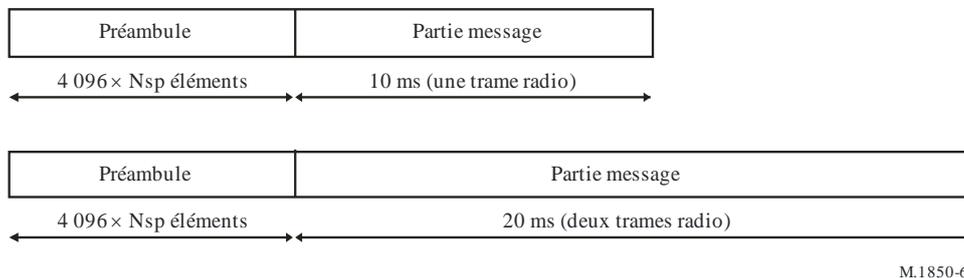
Structure de la transmission à accès aléatoire dans le mode facultatif C



La structure de la transmission à accès aléatoire est représentée dans la Fig. 60. La transmission à accès aléatoire se compose d'un préambule comprenant N_{sp} sous-préambules et d'une partie message de 10 ou 20 ms de longueur.

FIGURE 60

Structure de la transmission à accès aléatoire dans le mode facultatif C



La trame de 10 ms qui contient la partie message est subdivisée en 15 intervalles, chacun de longueur $T_{\text{intervalle}} = 2\,560$ éléments, comme indiqué dans la Fig. 58. Chaque intervalle est composé de deux parties, une partie données correspond au canal de transport RACH et une partie commande qui achemine des informations de commande de couche 1. Les parties données et commande sont émises en parallèle. Une partie message de 10 ms est composée d'une trame message, alors qu'une partie message de 20 ms est composée de deux trames messages consécutives de 10 ms. La longueur de la partie message est égale à l'intervalle de temps de transmission du canal de transport RACH utilisé.

La partie données est constituée de 10×2^k bits, où $k = 0, 1, 2, 3$, ce qui correspond respectivement à un facteur d'étalement de 256, 128, 64 et 32.

La partie commande se compose de 8 bits pilotes connus qui assurent l'estimation du canal pour une détection cohérente et de 2 bits TFCI. Cela correspond à un facteur d'étalement de 256. Le nombre total de bits TFCI dans le message à accès aléatoire est $15 \times 2 = 30$. L'indicateur TFCI d'une trame indique le format de transport du canal RACH correspondant à la trame de la partie message transmise simultanément. Dans le cas d'une partie message de canal PRACH de durée 20 ms, l'indicateur TFCI est répété dans la seconde trame radio.

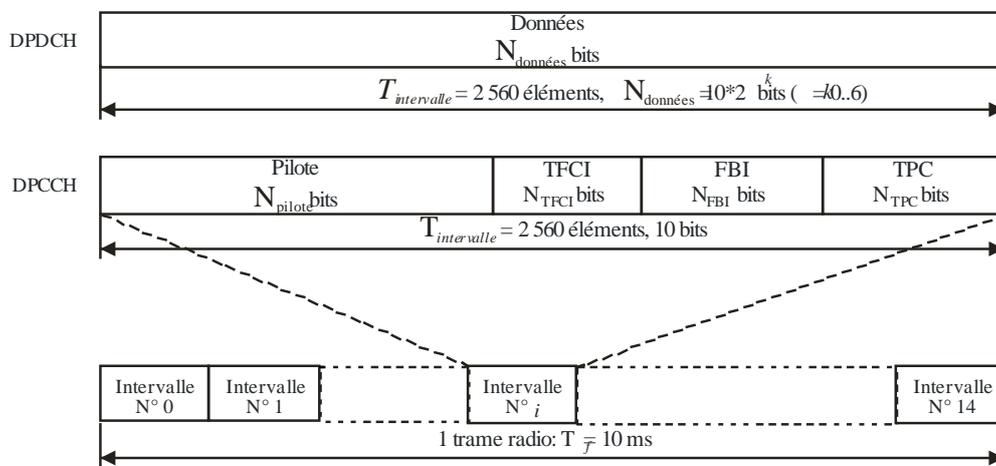
4.3.6.4.1.2.2 Canal physique dédié sur la liaison montante (DPCH sur la liaison montante)

Pour la liaison montante, les canaux DPDCH et DPCCH sont multiplexés par répartition en code en quadrature dans chaque trame radio et émis après modulation de type MDP-4 à deux canaux. Chaque canal DPDCH supplémentaire est multiplexé par répartition en code sur la composante I ou la composante Q avec cette première paire de canaux.

La Fig. 61 illustre le principe de la structure de trame des canaux physiques dédiés sur la liaison montante. Chaque trame de 10 ms est subdivisée en 15 intervalles de longueur unitaire $T_{\text{intervalle}} = 0,666$ ms (2 560 éléments), correspondant à une période de commande de puissance. Dans chaque intervalle, les canaux DPDCH et DPCCH sont transmis en parallèle. Dans le mode facultatif C, une trame radio correspond à une période de commande de puissance.

FIGURE 61

Format de trame pour les canaux physiques dédiés de la liaison montante



M.1850-61

Le paramètre k de la Fig. 61 détermine le nombre de bits par intervalle du canal DPDCH. Ce paramètre est lié au facteur d'étalement du canal physique par la relation $SF = 256 / 2^k$. Le facteur d'étalement peut varier de 256 à 4. Le facteur d'étalement du canal DPCCH de liaison montante est toujours égal à 256, autrement dit, il y a 10 bits par intervalle sur ce canal.

Les bits FBI sont utilisés pour mettre en oeuvre certaines techniques nécessitant un feedback de l'UE vers le point d'accès du RAN du satellite, notamment la diversité en émission en boucle fermée et la transmission à diversité par sélection de faisceau (SSDT).

72 trames consécutives de liaison montante forment une super-trame de 720 ms.

Le nombre exact de bits des champs du canal DPDCH sur la liaison montante et du canal DPCCH sur la liaison montante (N_{pilote} , N_{TFCI} , N_{FBI} et N_{TPC}) est donné dans les Tableaux 47 et 48. L'information sur le format d'intervalle est configurée par les couches supérieures et peut aussi être reconfigurée par les couches supérieures.

Le débit binaire du canal et le débit de symboles du canal donnés dans les Tableaux 47 et 48 sont les débits immédiatement avant l'étalement. Les séquences pilotes sont données dans les Tableaux 50 et 51, et la séquence de bits TPC est donnée dans le Tableau 53.

Dans le mode facultatif C, on applique respectivement les Tableaux 49 et 52 au lieu des Tableaux 48 et 51.

TABLEAU 47

Champs du canal DPDCH

Format d'intervalle n° i	Débit binaire du canal (kbit/s)	Débit de symboles du canal (ksymboles/s)	SF	Bits/trame	Bits/intervalle	$N_{\text{données}}$
0	15	15	256	150	10	10
1	30	30	128	300	20	20
2	60	60	64	600	40	40
3	120	120	32	1 200	80	80
4	240	240	16	2 400	160	160
5	480	480	8	4 800	320	320
6	960	960	4	9 600	640	640

On distingue deux types de canaux physiques dédiés sur la liaison montante: ceux avec l'indicateur TFCI (par exemple pour plusieurs services simultanés) et ceux sans l'indicateur TFCI (par exemple pour des services à débit fixe). Ces types sont reflétés par les lignes dupliquées dans le Tableau 48. C'est le réseau RAN à satellite qui détermine si un indicateur TFCI doit être transmis et tous les équipements d'utilisateur doivent obligatoirement prendre en charge l'utilisation de l'indicateur TFCI sur la liaison montante.

En mode compressé, les formats d'intervalles du canal DPCCH avec les champs TFCI sont modifiés. Il existe deux formats d'intervalles compressés possibles pour chaque format d'intervalle normal, appelés A et B, et le choix de l'un ou de l'autre dépend du nombre d'intervalles qui sont transmis dans chaque trame en mode compressé.

TABLEAU 48
Champs du canal DPCCH

Format d'inter- valle N° i	Débit binaire du canal (kbit/s)	Débit de symboles du canal (ksymboles/s)	SF	Bits/ trame	Bits/ inter- valle	N _{pilote}	N _{TPC}	N _{TFC I}	N _{FBI}	Intervalles transmis par trame radio
0	15	15	256	150	10	6	2	2	0	15
0A	15	15	256	150	10	5	2	3	0	10 à 14
0B	15	15	256	150	10	4	2	4	0	8 à 9
1	15	15	256	150	10	8	2	0	0	8 à 15
2	15	15	256	150	10	5	2	2	1	15
2A	15	15	256	150	10	4	2	3	1	10 à 14
2B	15	15	256	150	10	3	2	4	1	8 à 9
3	15	15	256	150	10	7	2	0	1	8 à 15
4	15	15	256	150	10	6	2	0	2	8 à 15
5	15	15	256	150	10	5	1	2	2	15
5A	15	15	256	150	10	4	1	3	2	10 à 14
5B	15	15	256	150	10	3	1	4	2	8 à 9

TABLEAU 49
Champs du canal DPDCH (mode facultatif C)

Format d'inter- valle N° i	Débit binaire du canal (kbit/s)	Débit de symboles du canal (ksymboles/s)	SF	Bits/ trame	Bits/ inter- valle	N _{pilote}	N _{TPC}	N _{TFC I}	N _{FBI}	Intervalles transmis par trame radio
0	15	15	256	150	10	7	1	2	0	15
0A	15	15	256	150	10	6	1	3	0	10 à 14
0B	15	15	256	150	10	7	1	4	0	8 à 9
1	15	15	256	150	10	9	1	0	0	8 à 15
2	15	15	256	150	10	6	1	2	1	15
2A	15	15	256	150	10	5	1	3	1	10 à 14
2B	15	15	256	150	10	4	1	4	1	8 à 9
3	15	15	256	150	10	8	1	0	1	8 à 15

Les séquences de bits pilotes sont décrites dans les Tableaux 50, 51 et 52. La partie de la séquence de bits pilotes se trouvant dans chaque colonne ombrée est définie comme étant un mot de synchronisation de trame, et les mots de synchronisation de trame servent à confirmer la synchronisation de trame. (Chaque partie de la séquence de bits pilotes autre que les mots de synchronisation de trame a la valeur «1».)

TABLEAU 50
Séquence de bits TPC

Bit N°	N _{pilote} = 3			N _{pilote} = 4				N _{pilote} = 5					N _{pilote} = 6					
	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	5
Intervalle n° 0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
2	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
4	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
7	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
8	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
11	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
12	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
13	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
14	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1

TABLEAU 51
Séquence de bits TPC

Bit n°	N _{pilote} = 7							N _{pilote} = 8							
	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6	7
Intervalle N° 0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
2	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
3	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
4	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
5	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0
7	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0
8	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
11	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
12	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0
13	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
14	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1

TABLEAU 52
Séquence de bits TPC

Bit n°	N _{pilote} = 9								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Intervalle N° 0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	1	1	0	1
2	1	0	1	1	1	0	1	1	1
3	1	0	1	0	1	0	1	0	1
4	1	1	1	0	1	0	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	0	1
6	1	1	1	1	1	0	1	0	1
7	1	1	1	0	1	0	1	0	1
8	1	0	1	1	1	1	1	0	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	0	1	1	1	0	1	1	1
11	1	1	1	0	1	1	1	1	1
12	1	1	1	0	1	0	1	0	1
13	1	0	1	0	1	1	1	1	1
14	1	0	1	0	1	1	1	1	1

La relation entre la séquence de bits TPC et la commande de puissance de l'émetteur est présentée dans le Tableau 53.

TABLEAU 53
Séquence de bits TPC

Séquence de bits TPC		Commande de puissance de l'émetteur
N _{TPC} = 1	N _{TPC} = 2	
1	11	1
0	00	0

4.3.6.4.1.3 Relation temporelle entre canaux physiques

Le canal P-CCPCH, sur lequel le faisceau SFN est transmis, est utilisé comme référence de temps pour tous les canaux physiques, directement pour la liaison descendante et indirectement pour la liaison montante.

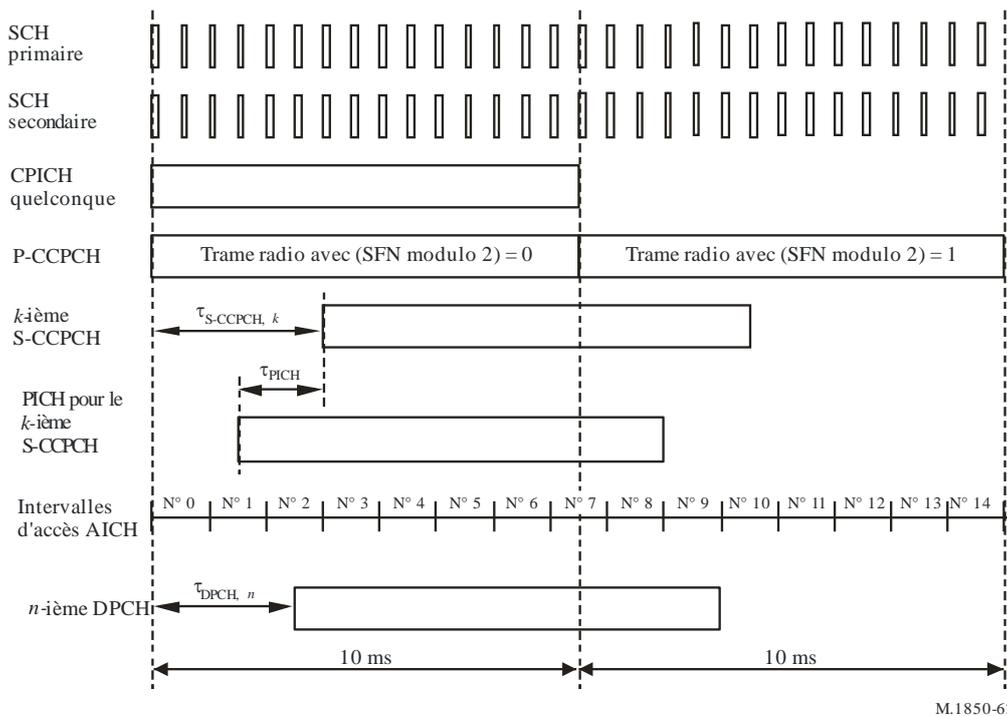
La Fig. 62 décrit la structure temporelle de la trame des canaux physiques de liaison descendante. La chronologie des intervalles d'accès pour le canal AICH est également présentée. La structure temporelle d'émission sur les canaux physiques de liaison montante est déterminée par la structure temporelle de réception des canaux physiques de liaison descendante.

Les canaux SCH (primaires et secondaires), CPICH (primaires et secondaires), P-CCPCH, CPCH-CCPCH et PDSCH ont des structures temporelles de trame identiques. La structure temporelle S-CCPCH peut différer en fonction du canal S-CCPCH considéré, mais le décalage temporel par rapport à la trame P-CCPCH est toujours un multiple de 256 éléments. En ce qui concerne la relation temporelle entre le canal PICH et la trame correspondante du canal S-CCPCH, le canal PICH précède

de 7 680 éléments la trame du canal S-CCPCH qui achemine le canal de transport PCH contenant l'information de radiomessagerie correspondante. La sous-trame d'accès paire AICH a une position temporelle identique à celle des trames P-CCPCH telles que $(\text{SFN modulo } 2) = 0$, et la sous-trame d'accès impaire AICH a une position temporelle identique à celle des trames P-CCPCH telles que $(\text{SFN modulo } 2) = 1$. Les intervalles d'accès AICH N° 0 commencent au même instant que les trames P-CCPCH telles que $(\text{SFN modulo } 2) = 0$. La position temporelle du canal DPCH peut être différente selon les canaux DPCH, mais le décalage par rapport à la position temporelle de la trame P-CCPCH est toujours un multiple de 256 éléments.

FIGURE 62

Structure temporelle de la trame et structure temporelle des intervalles d'accès des canaux physiques de liaison descendante



M.1850-62

4.3.6.4.1.3.1 Relation temporelle entre les canaux PRACH et AICH

Le canal AICH de la liaison descendante est subdivisé en intervalles d'accès de liaison descendante, chacun de longueur 5 120 éléments. Les intervalles d'accès de liaison descendante sont alignés temporellement avec le canal P-CCPCH.

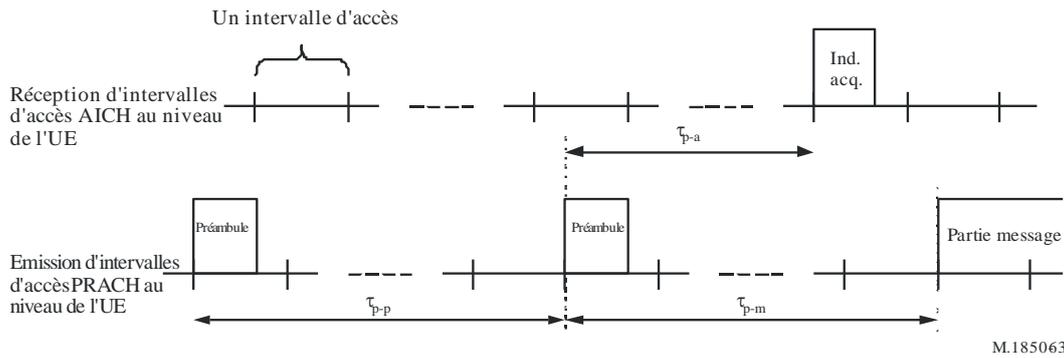
Le canal PRACH de la liaison montante est subdivisé en intervalles d'accès de liaison montante, chacun de longueur 5 120 éléments. L'émission depuis l'UE de l'intervalle d'accès de liaison montante n précède de τ_{p-a} éléments la réception de l'intervalle d'accès de liaison descendante n , $n = 0, 1, \dots, 14$.

L'émission d'indicateurs d'acquisition de liaison descendante ne peut commencer qu'au début d'un intervalle d'accès de cette liaison. De même, l'émission de préambules RACH et de parties messages RACH de liaison montante ne peut commencer qu'au début d'un intervalle d'accès de liaison montante.

La relation temporelle PRACH/AICH est représentée à la Fig. 63.

FIGURE 63

Relation temporelle entre les canaux PRACH et AICH vue de la station MES

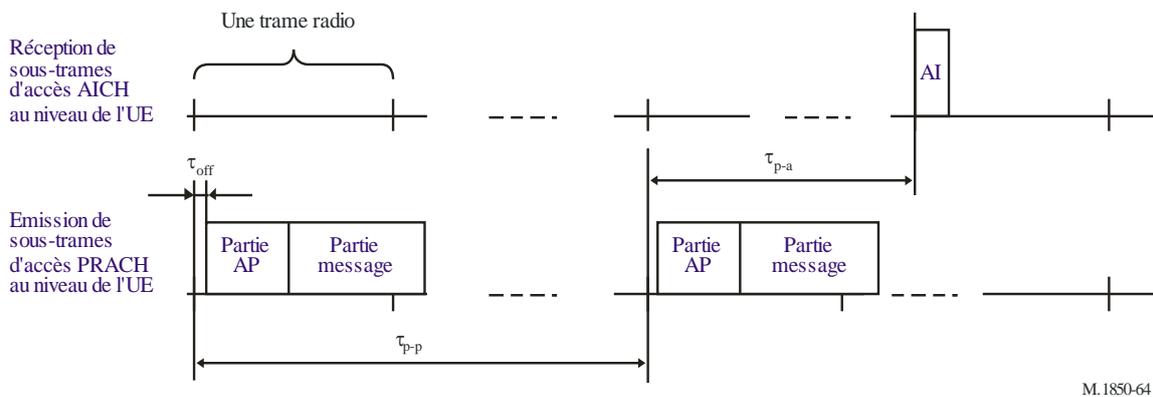


Dans le mode facultatif C, on applique ce qui suit:

Les trames et les sous-trames d'accès AICH de la liaison descendante sont alignées temporellement avec le canal P-CCPCH. La trame et la sous-trame d'accès PRACH de la liaison montante sont alignées temporellement avec la réception des trames et sous-trames d'accès AICH de liaison descendante. La relation temporelle PRACH/AICH est représentée à la Fig. 64. L'émission depuis l'UE de la trame d'accès numéro n sur la liaison montante précède de τ_{p-a} éléments la réception de la trame d'accès numéro n sur la liaison descendante, $n=0, 1, \dots, 15$.

FIGURE 64

Relation temporelle entre les canaux PRACH et AICH vue de l'équipement d'utilisateur (mode facultatif C)



Le décalage de transmission τ_{off} doit être compris dans l'intervalle $[-\tau_{off,max}, +\tau_{off,max}]$, où $\tau_{off,max}$ est le décalage de transmission maximal, lequel est signalé par les couches supérieures.

L'écart entre préambules τ_{p-p} doit être supérieur ou égal à l'écart minimal entre préambules $\tau_{p-p,min}$, soit $\tau_{p-p} \geq \tau_{p-p,min}$. Outre l'écart $\tau_{p-p,min}$, l'écart préambule-AI τ_{p-a} est défini comme suit:

Pour les systèmes à satellites LEO,

- lorsque la position temporelle d'émission du canal AICH est fixée à 0, alors
 - $\tau_{p-p,min} = 230\ 400$ éléments (6 trames radio)
 - $\tau_{p-a} = 153\ 600$ éléments (4 trames radio)
- lorsque la position temporelle d'émission du canal AICH est fixée à 1, alors
 - $\tau_{p-p,min} = 307\ 200$ éléments (8 trames radio)
 - $\tau_{p-a} = 230\ 400$ éléments (6 trames radio).

Pour les systèmes à satellites GEO,

- lorsque la position temporelle d'émission du canal AICH est fixée à 0, alors
 - $\tau_{p-p,\min} = 1\ 152\ 000$ éléments (30 trames radio)
 - $\tau_{p-a} = 1\ 075\ 200$ éléments (28 trames radio)
- lorsque la position temporelle d'émission du canal AICH est fixée à 1, alors
 - $\tau_{p-p,\min} = 2\ 150\ 400$ éléments (56 trames radio)
 - $\tau_{p-a} = 2\ 073\ 600$ éléments (54 trames radio).

4.3.6.4.1.3.2 Relations temporelles entre canaux DPCCH et DPDCH

Sur la liaison montante, le canal DPCCH et tous les canaux DPDCH émis par un UE ont la même structure temporelle de trames.

Sur la liaison descendante, le canal DPCCH et tous les canaux DPDCH de type dédié émis vers un UE ont la même structure temporelle de trames.

Au niveau de l'UE, l'émission de trame DPCCH/DPDCH de liaison montante suit de T_0 éléments environ la réception du premier trajet détecté (dans le temps) de la trame DPCCH/DPDCH de liaison descendante correspondante. T_0 est une constante égale par définition à 1 024 éléments.

4.3.6.4.2 Codage des canaux et multiplexage de services

4.3.6.4.2.1 Phase de traitement

Les phases de codage et de multiplexage sont illustrées aux Fig. 65 et 66 pour le mode normal et aux Fig. 65 et 67 pour le mode facultatif A, dans lesquelles TrBk désigne le bloc de transport et DTX une transmission discontinue.

4.3.6.4.2.2 Détection d'erreurs

La détection d'erreurs est assurée sur les blocs de canaux de transport par l'intermédiaire d'un contrôle CRC de 24, 16, 12, 8 ou 0 bit. Les couches supérieures indiquent quelle longueur de CRC utiliser pour chaque canal de transport.

La totalité du bloc de transport est utilisée dans le calcul des bits de parité CRC, et ce pour chaque bloc. Les bits de parité sont générés par l'un des polynômes générateurs de code cyclique suivants:

- $G_{CRC24}(X) = X^{24} + X^{23} + X^6 + X^5 + X + 1$
- $G_{CRC16}(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$
- $G_{CRC12}(X) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1$
- $G_{CRC8}(X) = X^8 + X^7 + X^4 + X^3 + X + 1.$

FIGURE 65

Phases de codage et de multiplexage sur la liaison montante

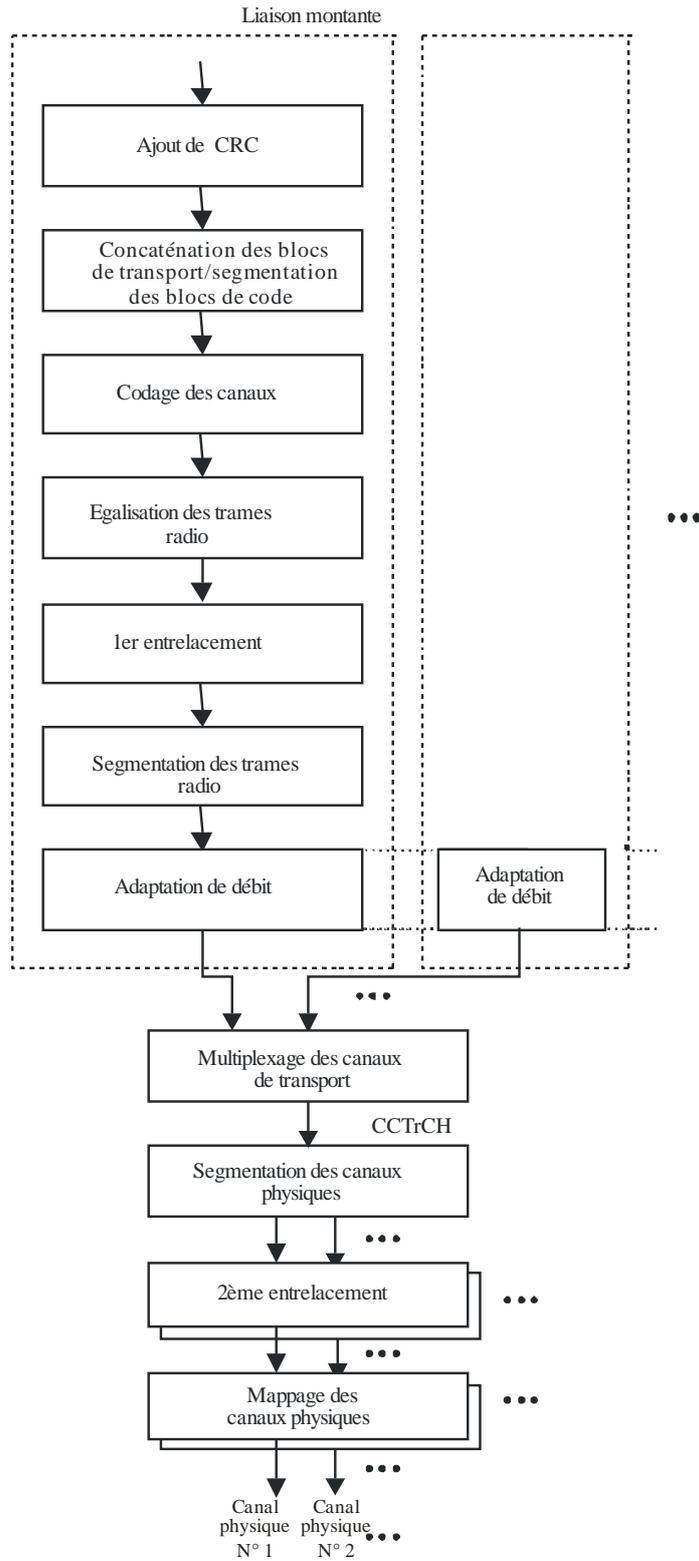


FIGURE 66

Phases de codage et de multiplexage sur la liaison descendante

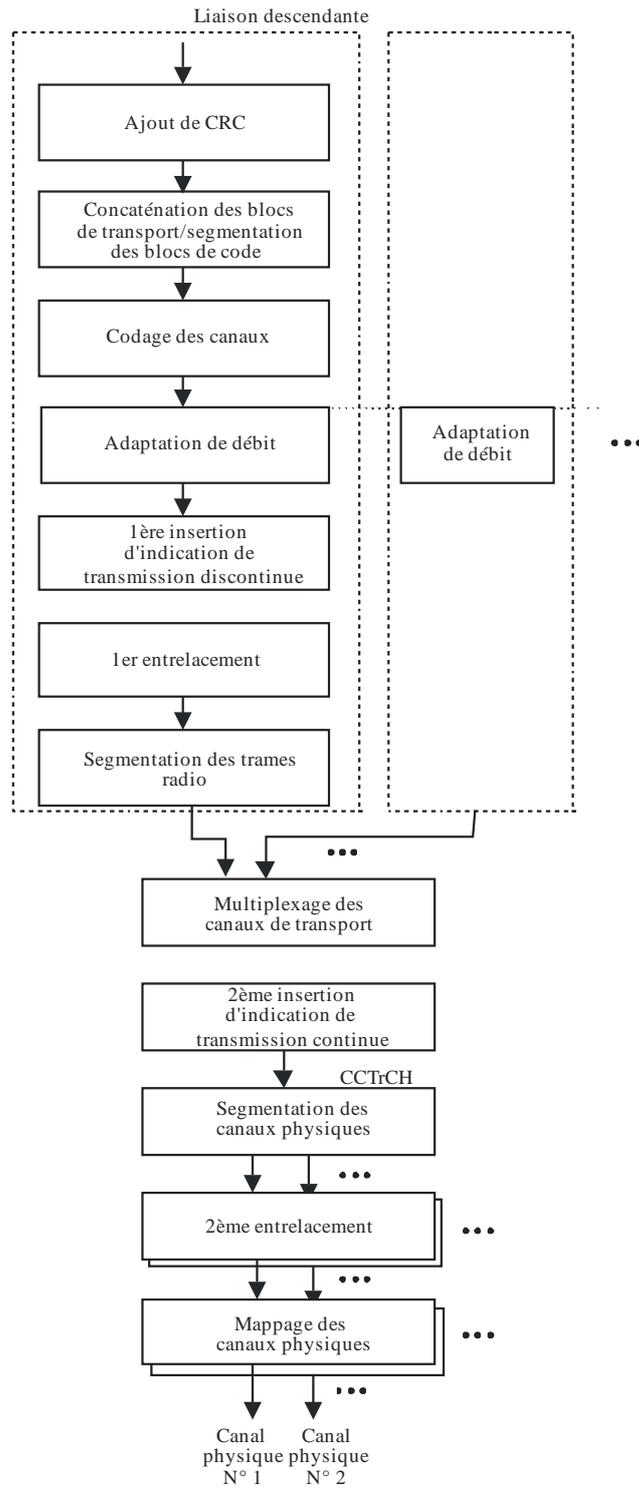
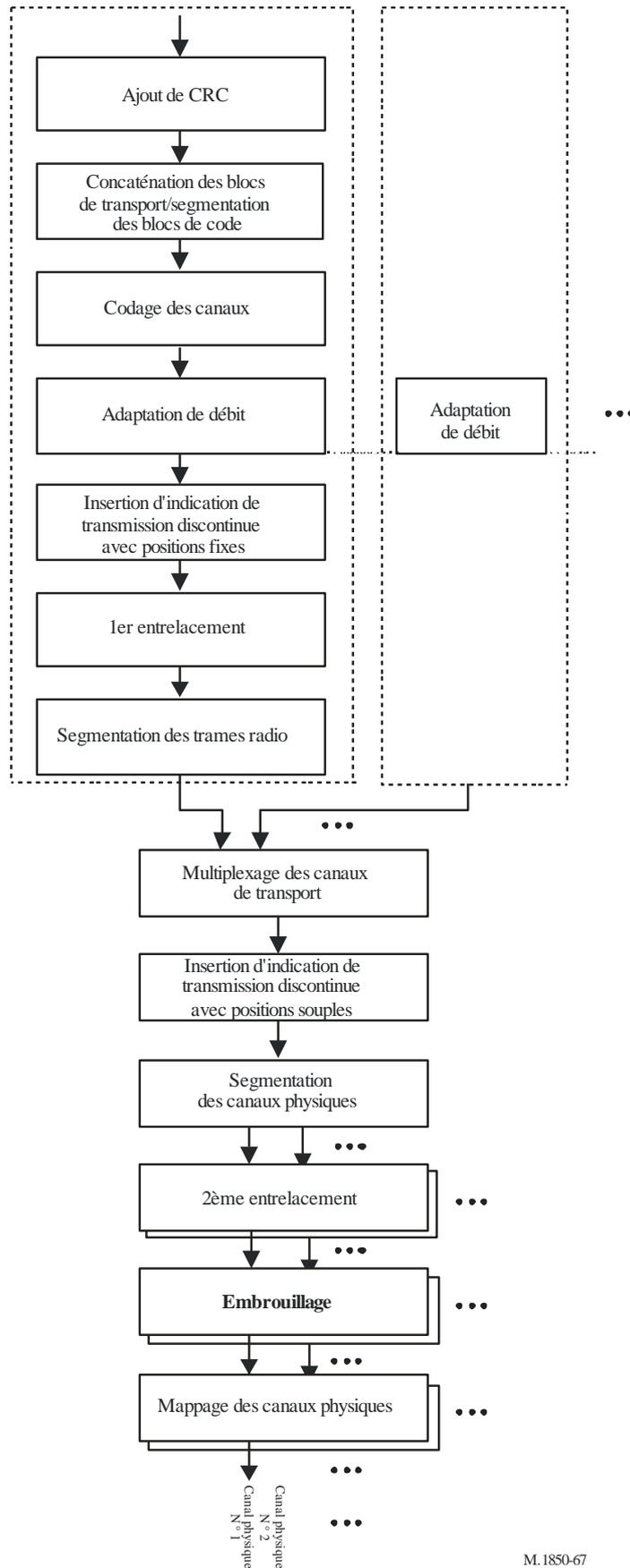


FIGURE 67

Phases de codage et de multiplexage sur la liaison descendante pour le mode facultatif A



4.3.6.4.2.3 Codage de canal

Pour le codage des canaux, deux systèmes peuvent être appliqués:

- codage convolutif;
- turbo-codage.

Le choix du codage des canaux est indiqué par les couches supérieures. Pour randomiser les erreurs de transmission, les symboles sont entrelacés une nouvelle fois.

Le système de turbo-codeur fait intervenir un code convolutif concaténé parallèle (PCCC, *parallel concatenated convolutional code*) comportant deux codeurs constitutifs à 8 états et un entrelaceur interne de turbo-codage.

TABLEAU 54

Schéma de codage et rendement de codage des canaux

Type de canal de transport	Schéma de codage	Rendement de codage
BCH	Codage convolutif (longueur de contrainte = 9)	1/2
PCH		
RACH		
CPCH, DCH, DSCH, FACH	Turbo-codage	1/3, 1/2
	Pas de codage	

4.3.6.4.2.3.1 Codage convolutif

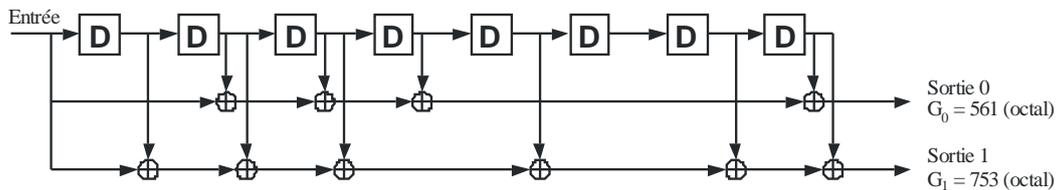
On définit des codes convolutifs avec longueur de contrainte = 9 et rendement de codage 1/3 ou 1/2.

Les fonctions génératrices pour le code de rendement 1/3 sont $G_0 = 557$ (OCT), $G_1 = 663$ (OCT) et $G_2 = 711$ (OCT).

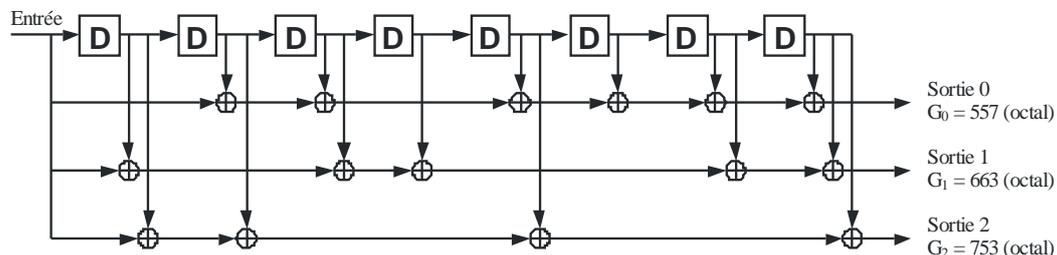
Les fonctions génératrices pour le code de rendement 1/2 sont $G_0 = 561$ (OCT) et $G_1 = 753$ (OCT).

FIGURE 68

Générateur de code convolutif, rendement = 1/2 et 1/3



a) Codeur convolutif de rendement 1/2

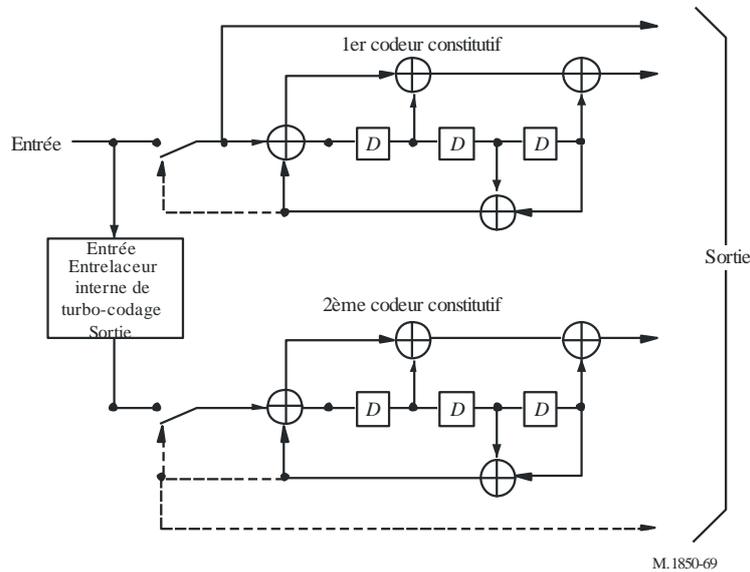


b) Codeur convolutif de rendement 1/3

4.3.6.4.2.3.2 Turbo-codage

Le système de turbo-codeur fait intervenir un code convolutif concaténé parallèle (PCCC, *parallel concatenated convolutional code*) comportant deux codeurs constitutifs à 8 états et un entrelaceur interne de turbo-codage. Le rendement de codage est ici 1/3.

FIGURE 69
Générateur de turbo-codage, rendement de codage 1/3
 (les traits en pointillés ne s'appliquent qu'aux terminaisons en treillis)



M.1850-69

La fonction de transfert du code constitutif à 8 états du PCCC s'écrit:

$$G(D) = \begin{bmatrix} 1, & g_1(D) \\ & g_0(D) \end{bmatrix}$$

où:

$$g_0(D) = 1 + D^2 + D^3$$

$$g_1(D) = 1 + D + D^3.$$

4.3.6.4.2.4 Entrelacement

Le premier entrelaceur est un entrelaceur de blocs (M lignes par N colonnes) avec permutation entre colonnes. Sa taille, $M \times N$, est un multiple entier de l'intervalle de temps de transmission (TTI, *transmission time interval*).

Le deuxième entrelaceur est un entrelaceur de blocs (M lignes par N colonnes) avec permutation entre colonnes. Sa taille, $M \times N$, est le nombre de bits compris dans une trame radioélectrique pour un canal physique et le nombre de colonnes, N, est égal à 30. Le schéma de permutation entre colonnes est le suivant: < 0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8, 18, 28, 1, 11, 21, 6, 16, 26, 4, 14, 24, 19, 9, 29, 12, 2, 7, 22, 27, 17 >.

4.3.6.4.2.5 Adaptation du débit

Le nombre de bits sur un canal de transport peut varier d'un intervalle de temps de transmission à l'autre. Sur la liaison montante, les bits du canal de transport sont répétés ou poinçonnés, de telle sorte que le débit binaire total, après opération de multiplexage du canal de transport, soit identique au débit binaire de canal total caractérisant le DPCH attribué. Sur la liaison descendante, le débit binaire

total après opération de multiplexage du canal de transport est inférieur ou égal au débit binaire total de canal donné par le(s) code(s) de découpage des canaux assignés par les couches supérieures. La transmission est interrompue lorsque le nombre de bits est inférieur au maximum.

4.3.6.4.2.6 Multiplexage du canal de transport

Toutes les 10 ms, des trames radioélectriques sont remises à l'étage de multiplexage du canal de transport à raison d'une trame pour chaque canal de transport. Ces trames radioélectriques sont multiplexées en série, ce qui donne un canal de transport composite codé.

4.3.6.4.2.7 Codage de l'indicateur TFCI

L'indicateur de combinaison de format de transport TFCI est codé au moyen d'un sous-code (32, 10) d'un code Reed-Muller du deuxième ordre. Les mots de code sont une combinaison linéaire de 10 séquences de base. Les bits d'information TFCI doivent correspondre à l'indice TFC défini par la couche RRC pour renvoyer à la combinaison TFC de la trame radio DPCH associée.

Si l'un des canaux DCH est associé à un canal DSCH, le mot de code du TFCI peut être scindé de sorte que le mot de code associé à l'indication d'activité du TFCI ne soit pas transmis pour chaque faisceau. L'utilisation d'une telle fonctionnalité doit être indiquée par signalisation des couches supérieures. L'indicateur TFCI est codé au moyen d'un code bi-orthogonal (16, 5) (ou Reed Muller du premier ordre). Les mots de code du code bi-orthogonal (16, 5) sont des combinaisons linéaires de 5 séquences de base. Le premier ensemble des bits d'information TFCI doit correspondre à l'indice de la combinaison TFC défini par la couche RRC pour renvoyer à la combinaison TFC du canal CCTrCH du DCH dans la trame radio DPCH associée. Le deuxième ensemble des bits d'information TFCI doit correspondre à l'indice de la combinaison TFC défini par la couche RRC pour renvoyer à la combinaison TFC du canal DSCH associé dans la trame radio PDSCH correspondante.

Les bits du mot de code sont directement mappés avec les intervalles de la trame radio. Les bits codés b_k sont mappés avec les bits TFCI d_k transmis conformément à la relation $d_k = b_{k \bmod 32}$, dans laquelle $k = 0, \dots, K - 1$. Le nombre de bits K disponibles dans les champs TFCI d'une trame radio dépend du format d'intervalle utilisé pour la trame.

4.3.6.4.2.8 Codage de la commande TPC

Dans le mode facultatif C, on applique ce qui suit pour générer la commande TPC à 2 bits:

La commande TPC à 2 bits est codée par répétition. L'ensemble de bits de commande TPC (a_0, a_1) correspond à la commande TPC définie par la procédure de commande de puissance. Les bits du mot de code résultant b_k sont donnés par la formule $b_k = a_{k \bmod 2}$, où $k = 0, \dots, 15$.

Pour les canaux des liaisons montante et descendante, les bits du mot de code sont mappés sur 15 intervalles d'une trame radioélectrique. Les bits codés b_k sont mappés avec les bits TPC d_k transmis conformément à la relation $d_k = b_{k \bmod 15}$, dans laquelle $k = 0, \dots, K - 1$. Le nombre de bits disponibles dans les champs TPC d'une trame radioélectrique, K , dépend du format des intervalles utilisé pour la trame.

4.3.6.4.2.9 Randomisation des données sur la liaison descendante

Dans le mode facultatif A, on applique l'embrouillage des données suivant:

Pour un canal de transport DCH sur la liaison descendante, les bits de sortie du 2ème entrelaceur peuvent être randomisés, avant d'être placés dans les canaux physiques correspondants. Cette option est activée par les couches supérieures.

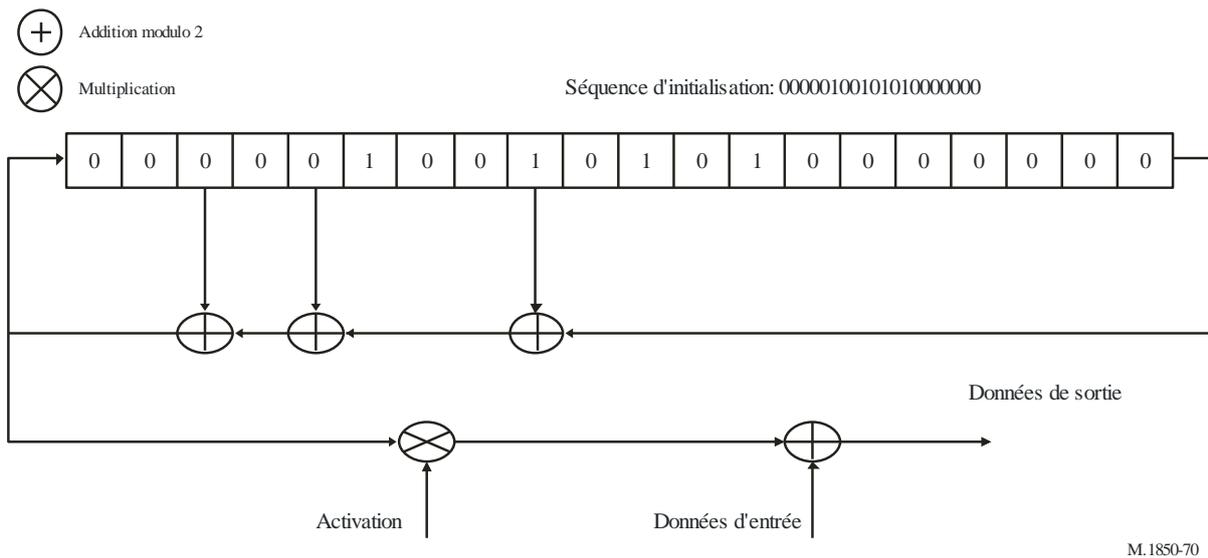
La séquence d'embrouillage est un segment d'une séquence de longueur maximale. Le polynôme générateur de séquence binaire pseudo-aléatoire est le suivant:

$$G(D) = D^{20} + D^9 + D^5 + D^3 + 1.$$

La séquence 00000100101010000000 est chargée dans le registre à décalage générateur de séquence toutes les 720 ms, c'est-à-dire toutes les 72 trames radio. Le premier bit à la sortie du générateur est appliqué au premier bit de la trame radio pour lequel (SFN modulo 72) = 0 dans le canal BCH correspondant.

L'opération de randomisation/dérandomisation est illustrée dans la Fig. 70, dans laquelle les données d'entrée peuvent représenter aussi bien des données en clair que des données randomisées, et à partir desquelles on obtient respectivement en sortie des données randomisées et des données dérandomisées.

FIGURE 70
Fonctionnement de l'embrouilleur (mode facultatif A)



4.3.6.4.3 Modulation et étalement

4.3.6.4.3.1 Étalement sur la liaison montante

L'opération de modulation/étalement utilise la MDP-4 complexe orthogonale pour les canaux de la liaison montante.

L'étalement est appliqué aux canaux physiques. Il comprend deux opérations. La première est l'opération de découpage en canaux, qui transforme chaque symbole de données en un nombre d'éléments, accroissant ainsi la largeur de bande du signal. Le nombre d'éléments par symbole de données s'appelle le facteur d'étalement (SF, *Spreading Factor*). La seconde est l'opération d'embrouillage, au cours de laquelle un code est appliqué au signal étalé.

Pendant l'opération de découpage en canaux, les symboles de données sur les composantes appelées I et Q sont multipliés, indépendamment les uns des autres, par un code OVVSF. Lors de l'opération d'embrouillage, les signaux résultants sur les composantes I et Q sont ensuite multipliés par un code d'embrouillage à valeurs complexes, dont I et Q représentent respectivement la partie réelle et la partie imaginaire.

La Fig. 71 montre la configuration d'étalement de la liaison montante. Les codes de découpage des canaux, $C_{ch\ i}$, $i = 1, 2, \dots, N$, permettent dans un premier temps d'étaler un canal DPCCCH ainsi que les canaux DPDCH. Les signaux ensuite ajustés par des facteurs de gain de puissance, G_i , sont ajoutés ensemble dans les composantes I et Q, et multipliés par un code d'embrouillage complexe $S_{up,n}$.

Si un seul canal DPDCH est nécessaire, seuls sont transmis les canaux DPDCH₁ et DPCCH. Dans le cas d'une transmission en code multiple, plusieurs canaux DPDCH sont transmis au moyen des composantes I et Q.

Le code d'embrouillage long est établi à partir des séquences longues constitutives $c_{\text{long},1,n}$ et $c_{\text{long},2,n}$. Ces deux séquences sont obtenues à partir de la somme modulo 2 des positions de 38 400 éléments de deux m -séquences binaires x_n et y . La séquence x_n , qui dépend du numéro n de la séquence d'embrouillage choisie, est obtenue à partir du polynôme générateur de m -séquences suivant: $X^{25} + X^3 + 1$. La séquence y est obtenue à partir du polynôme générateur $X^{25} + X^3 + X^2 + X + 1$.

La configuration du générateur de code long pour la liaison montante est présentée à la Fig. 72.

Soit la séquence binaire de Gold z_n définie par:

$$z_n(i) = x_n(i) + y(i) \text{ modulo } 2, i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

Ces séquences binaires sont converties en séquences à valeurs réelles Z_n . Les séquences d'embrouillage longues à valeurs réelles $c_{\text{long},1,n}$ et $c_{\text{long},2,n}$ sont définies comme suit:

$$c_{\text{long},1,n}(i) = Z_n(i), i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2$$

$$c_{\text{long},2,n}(i) = Z_n((i + 16\,777\,232) \text{ modulo } (2^{25} - 1)), i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

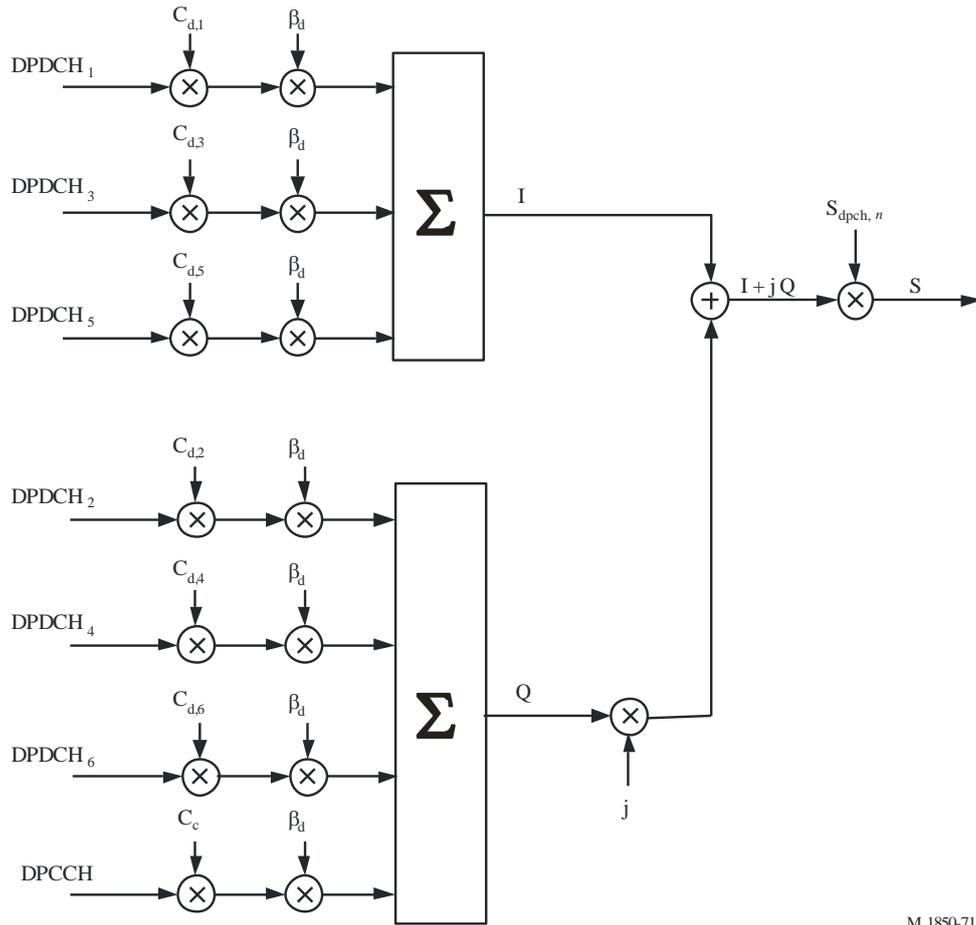
Enfin, la séquence d'embrouillage longue à valeurs complexes $C_{\text{long},n}$ est définie par la relation:

$$C_{\text{long},n}(i) = c_{\text{long},1,n}(i) + j(-1)^i c_{\text{long},2,n}(2\lfloor i/2 \rfloor)$$

où $i = 0, 1, \dots, 2^{25} - 2$ et $\lfloor \cdot \rfloor$ désigne l'arrondi à l'entier inférieur le plus proche.

FIGURE 71

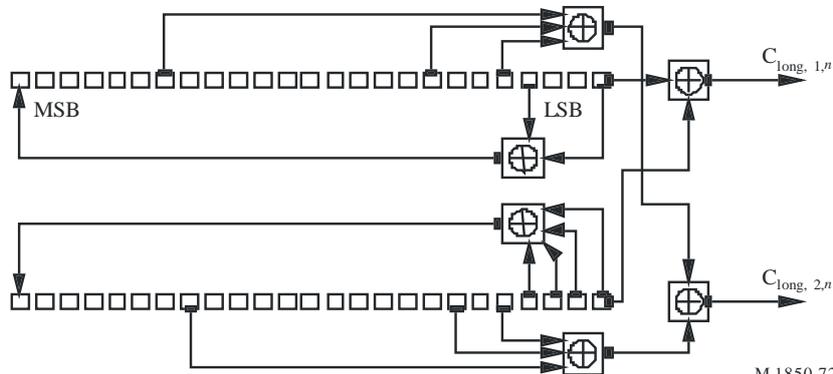
Etalement sur la liaison montante



M.1850-71

FIGURE 72

Générateur de code long de la liaison montante



M.1850-72

4.3.6.4.3.1.1 Codes du canal PRACH

4.3.6.4.3.1.1.1 Fonctionnement en mode normal

Le code de préambule d'accès aléatoire $C_{pre,n}$ est une séquence de valeurs complexes. Il est construit à partir d'un code d'embrouillage de préambule $S_{r-pre,n}$ et d'une signature de préambule $C_{sig,s}$ de la manière suivante:

$$C_{pre,n,s}(k) = S_{r-pre,n}(k) \times C_{sig,s}(k) \times e^{j(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4\ 095$$

où $k = 0$ correspond à l'élément émis en premier.

Le code d'embrouillage de la partie préambule du canal PRACH est élaboré à partir des séquences d'embrouillage longues. Il existe au total 8 192 codes d'embrouillage de préambule de canal PRACH.

Le n ième code d'embrouillage de préambule, $n = 0, 1, \dots, 8 191$, est défini par la relation:

$$S_{r\text{-pre},n}(i) = c_{\text{long},1,n}(i), i = 0, 1, \dots, 4 095$$

où la séquence $c_{\text{long},1,n}$ est définie au § 4.3.2.2.

Les 8 192 codes d'embrouillages de préambule de canal PRACH sont répartis en 512 groupes contenant chacun 16 codes. Il existe une correspondance biunivoque entre le groupe de codes d'embrouillage de préambule de canal PRACH dans une cellule et le code d'embrouillage primaire utilisé sur la liaison descendante de la cellule. Le k ième code d'embrouillage de préambule de canal PRACH à l'intérieur de la cellule correspondant au code d'embrouillage primaire sur la liaison descendante m , $k = 0, 1, 2, \dots, 15$ et $m = 0, 1, 2, \dots, 511$, est $S_{r\text{-pre},n}(i)$ comme défini ci-dessus avec $n = 16 \times m + k$.

4.3.6.4.3.1.1.2 Fonctionnement dans le mode facultatif C

Le code du préambule d'accès de longueur $N_p \times 4 096$ éléments se compose de N_p sous-codes de préambule. Le sous-code de préambule $C_{\text{pre},n,s,i}$ est une séquence de valeurs complexes. Il est construit à partir d'un code d'embrouillage de préambule $S_{r\text{-pre},n}$ et d'une signature de préambule $C_{\text{sig},s}$ de la manière suivante:

- lorsque N_p est égal à 1:

$$C_{\text{pre},n,s,0}(k) = S_{\text{pre},n}(k) \times C_{\text{sig},s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4 095$$

- lorsque N_p est supérieur à 1:

$$C_{\text{pre},n,s,i}(k) = S_{\text{pre},n}(k) \times C_{\text{sig},s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4 095, i = 0, 1, \dots, N_p - 2$$

$$C_{\text{pre},n,s,N_p-1}(k) = S_{\text{pre},n}(k) \times C_{\text{sig},s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4 095$$

où $k = 0$ correspond à l'élément émis en premier.

La signature du préambule correspondant à une signature s se compose de 256 répétitions d'une signature de longueur 16. La signature est extraite d'un ensemble de 16 codes d'Hadamard de longueur 16.

Le code d'embrouillage de la partie préambule est élaboré à partir des séquences d'embrouillage longues. Le n ième code d'embrouillage de préambule est défini par la relation:

$$S_{\text{pre},n}(i) = c_{\text{long},1,n}(i)$$

où $i = 0, 1, \dots, 4 095$. Lorsque des sous-trames d'accès sont utilisées pour le canal PRACH, le n ième code d'embrouillage de préambule, dans lequel n est un nombre pair, est utilisé pour le préambule transmis dans la sous-trame d'accès paire. Le n ième code d'embrouillage de préambule dans lequel n est un nombre impair, est utilisé pour le préambule transmis dans la sous-trame d'accès impaire.

Le n ème code d'embrouillage de la partie message du canal PRACH, désigné par $S_{r\text{-msg},n}$, où $n = 0, 1, \dots, 8\ 191$, repose sur la longue séquence d'embrouillage et est défini par la relation:

$$S_{r\text{-msg},n}(i) = C_{\text{long},n}(i + 4\ 096), i = 0, 1, \dots, 38\ 399$$

Lorsque les codes d'embrouillage longs sont utilisés:

$$S_{c\text{-msg},n}(i) = C_{\text{long},n}(i), i = 0, 1, \dots, 38\ 399$$

4.3.6.4.3.2 Modulation sur la liaison montante

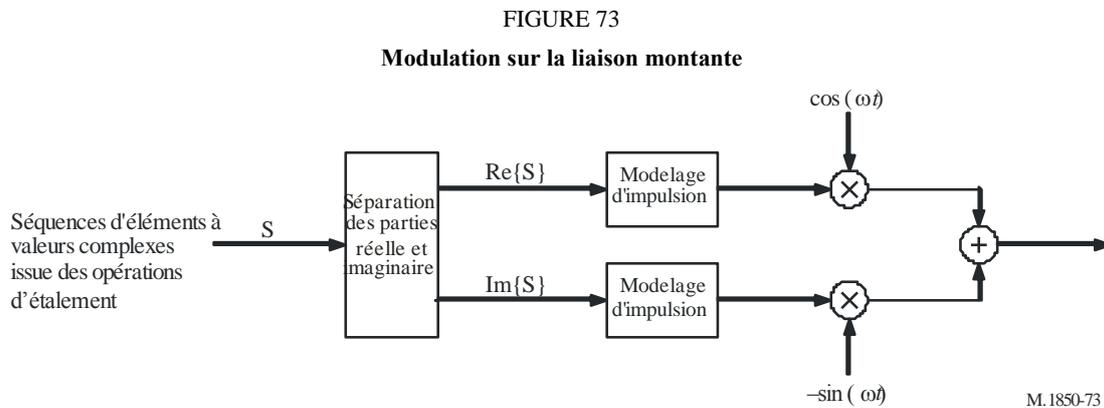
Le débit des éléments de modulation est de 3,84 Méléments/s.

Sur la liaison montante, la modulation est du type MDP-4 à deux canaux.

Le canal DPCCCH modulé est mappé sur le canal Q, tandis que le premier canal DPDCH est lui mappé sur le canal I.

Les canaux DPDCH ajoutés par la suite sont mappés alternativement sur les canaux I ou Q.

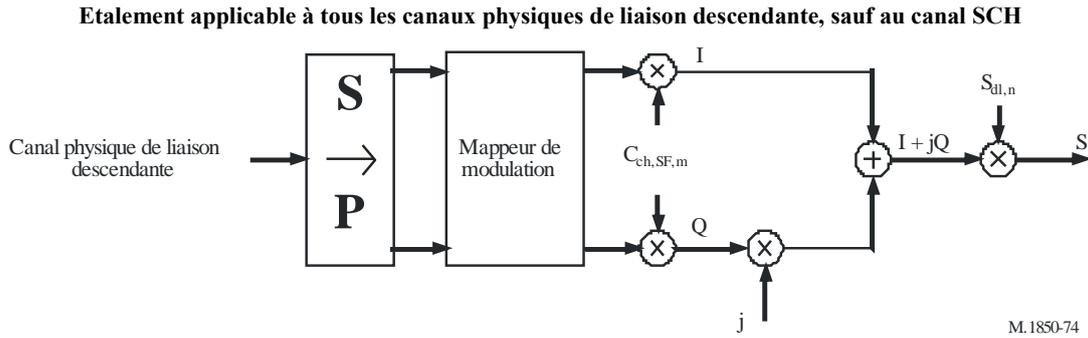
La Fig. 73 illustre la configuration de la modulation sur la liaison montante. Le filtre en bande de base (filtre de modelage des impulsions) est un filtre en racine de cosinus surélevé, avec un facteur de décroissance $\alpha = 0,22$ dans le domaine des fréquences.



4.3.6.4.3.3 Etalement sur la liaison descendante

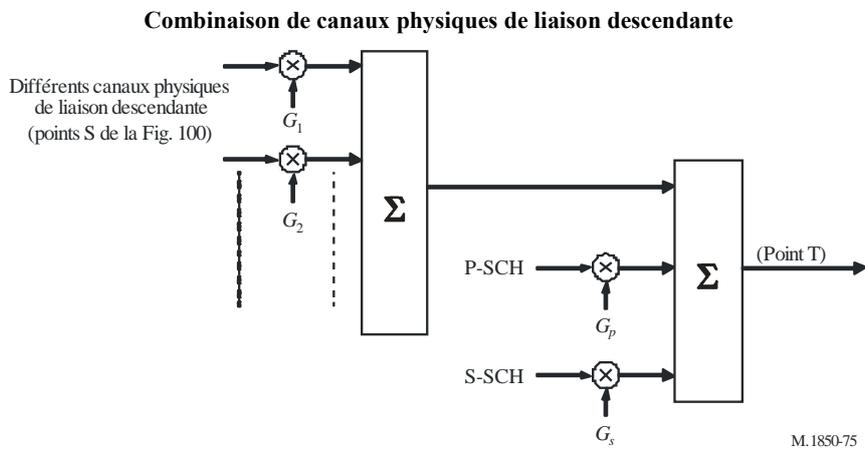
Chaque paire de deux symboles à valeurs réelles consécutifs subit d'abord une conversion de type série vers parallèle et est mappée sur une composante I et une composante Q. Le mappeur de modulation est défini de sorte que les symboles pairs sont mappés sur la composante I et les symboles impairs sur la composante Q. Pour tous les canaux, à l'exception des canaux d'indicateur utilisant des signatures, le symbole numéro zéro est, par définition, le premier symbole de chaque trame. Pour les canaux d'indicateur utilisant des signatures, le symbole numéro zéro est, par définition, le premier symbole de chaque intervalle d'accès. Les composantes I et Q sont ensuite étalées pour correspondre au débit des éléments, au moyen du même code de découpage en canaux à valeurs réelles $C_{ch,SF,m}$. La séquence de codes de découpage en canaux doit être alignée, dans le temps, avec la limite des symboles. Les séquences des éléments à valeurs réelles sur les composantes I et Q sont ensuite traitées comme une séquence unique d'éléments à valeurs complexes. Cette séquence d'éléments est embrouillée (multiplication complexe en tenant compte des éléments) par un code d'embrouillage à valeurs complexes $S_{dl,n}$.

FIGURE 74



La Fig. 75 illustre comment différents canaux de liaison descendante sont combinés. Chaque canal étalé à valeurs complexes, correspondant au point S de la Fig. 74, est pondéré séparément par un facteur de pondération G_i . Les canaux P-SCH et S-SCH à valeurs complexes sont pondérés séparément par des facteurs de pondération G_p et G_s . Tous les canaux physiques de liaison descendante sont ensuite combinés à l'aide d'une addition complexe.

FIGURE 75



Les codes de découpage en canaux de la Fig. 75 sont les mêmes que ceux qui sont utilisés pour la liaison montante, à savoir des codes à facteur d'étalement variable orthogonal (OVVSF, *orthogonal variable spreading factor*) qui préservent le caractère orthogonal entre les canaux sur liaison descendante de débits et de facteurs d'étalement différents.

Le code d'embrouillage est composé par combinaison de deux séquences réelles en une séquence complexe. Chacune des deux séquences réelles est obtenue à partir de la somme modulo 2 des positions de 38 400 éléments de deux m -séquences binaires x et y . La séquence x est obtenue à partir du polynôme générateur $X^{18} + X^7 + 1$ et la séquence y à partir du polynôme générateur $X^{18} + X^{10} + X^7 + X^5 + 1$. La condition initiale de la séquence x est (00...1), où 1 est le LSB. La condition initiale de la séquence y est (11...1).

La n ième séquence de code Gold z_n est alors définie comme suit:

$$z_n(i) = x((i + n) \text{ modulo } (2^{18} - 1)) + y(i) \text{ modulo } 2, i = 0, \dots, 218 - 2.$$

Ces séquences binaires sont converties en séquences à valeurs réelles Z_n . Enfin, la n ième séquence de code d'embrouillage complexe $S_{dl,n}$ est définie par:

$$S_{dl,n}(i) = Z_n(i) + j Z_n((i + 131\,072) \text{ modulo } (2^{18} - 1)), i = 0, 1, \dots, 38\,399.$$

A noter que la séquence allant de la phase 0 à la phase 38 399 est répétée.

Les codes d'embrouillage sont divisés en 512 ensembles constitués chacun d'un code d'embrouillage primaire et de 15 codes d'embrouillage secondaires. Les codes d'embrouillage primaires se composent de codes d'embrouillage $n = 16*i$, où $i = 0..511$. Le i ème ensemble de codes d'embrouillage secondaires se compose de codes d'embrouillage $16*i + k$, où $k = 1..15$. Il existe une correspondance biunivoque entre chaque code d'embrouillage primaire et 15 codes d'embrouillage secondaires dans un ensemble, de sorte que le i ème code d'embrouillage primaire correspond au i ème ensemble de codes d'embrouillage secondaires. Par conséquent, les codes d'embrouillage $n = 0, 1, \dots, 8191$ sont utilisés.

L'ensemble de codes d'embrouillage primaires est ensuite divisé en 64 groupes de codes d'embrouillage, chacun étant composé de huit codes d'embrouillage primaires. Le j ème groupe de codes d'embrouillage se compose des codes d'embrouillage primaires $16*8*j + 16*k$, où $j = 0..63$ et $k = 0..7$.

4.3.6.4.3.3.1 Codes de synchronisation

4.3.6.4.3.3.1.1 Fonctionnement en mode normal

Le code de synchronisation primaire (PSC, *primary synchronisation code*), C_{psc} , est construit sous forme de deux séquences hiérarchiques de Golay généralisées.

Soit:

- $a_1 = \langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1 \rangle$
- $a_2 = \langle y_1, y_2, y_3, \dots, y_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1 \rangle$.

Le code PSC est généré en répétant les séquences a_1 et a_2 modulées par une séquence complémentaire de Golay et en créant une séquence à valeurs complexes dont les parties réelle et imaginaire sont identiques. Le code C_{psc} est défini comme suit:

- $C_{\text{psc}} = (1 + j) \times \langle a_1, -a_1, -a_1, -a_1, -a_1, a_1, -a_1, -a_1, a_2, a_2, -a_2, a_2, -a_2, a_2, a_2, a_2 \rangle$.

Les 16 codes de synchronisation secondaires (SSC, *secondary synchronization code*), $\{C_{\text{ssc},1}, \dots, C_{\text{ssc},16}\}$ ont des valeurs complexes dont les parties réelle et imaginaire sont identiques, et sont établis à partir de la multiplication, en tenant compte des positions, d'une séquence d'Hadamard et d'une séquence z définie comme suit:

- $z = \langle b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, -b_1, -b_1, b_2, -b_2, -b_2, b_2, b_2, -b_2, b_2, -b_2 \rangle$, où:
- $b_1 = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, -x_9, -x_{10}, -x_{11}, -x_{12}, -x_{13}, -x_{14}, -x_{15}, -x_{16} \rangle$ et $x_1, x_2, \dots, x_{15}, x_{16}$, sont les mêmes que dans la définition de la séquence a_1 ci-dessus.
- $b_2 = \langle y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, -y_9, -y_{10}, -y_{11}, -y_{12}, -y_{13}, -y_{14}, -y_{15}, -y_{16} \rangle$ et $y_1, y_2, \dots, y_{15}, y_{16}$, sont les mêmes que dans la définition de la séquence a_2 ci-dessus.

Les séquences d'Hadamard sont obtenues sous la forme de rangées dans une matrice H_8 construite de manière récursive. On désigne la n ème séquence d'Hadamard comme une rangée de H_8 numérotée depuis le haut, $n = 0, 1, 2, \dots, 255$, dans la suite. De plus, on appelle $h_m(i)$ et $z(i)$ le i ème symbole de la séquence h_m et z respectivement, où $i = 0, 1, 2, \dots, 255$.

Le k ème SSC, $C_{\text{ssc},k}$, $k = 1, 2, 3, \dots, 16$ est alors défini comme suit:

$$C_{\text{ssc},k} = (1 + j) \times \langle h_m(0) \times z(0), h_m(1) \times z(1), h_m(2) \times z(2), \dots, h_m(255) \times z(255) \rangle$$

où $m = 8 \times (k - 1)$.

Il y a 64 séquences SCH secondaires, chacune composée de 15 codes SSC. Les 64 séquences SCH secondaires sont construites de manière telle que leurs décalages cycliques sont uniques, c'est-à-dire qu'un décalage cyclique non nul inférieur à 15 de l'une quelconque des 64 séquences n'est pas

équivalent à un décalage cyclique d'une autre séquence parmi ces 64. De même, un décalage cyclique non nul inférieur à 15 de l'une quelconque des séquences n'est égal à aucun autre décalage cyclique inférieur à 15.

4.3.6.4.3.1.2 Fonctionnement dans le mode facultatif C

Le code de synchronisation primaire (PSC, *primary synchronisation code*), C_{psc} , est construit sous forme de deux séquences appelées «séquences hiérarchiques de Golay généralisées». En outre, il est choisi de telle sorte qu'il présente de bonnes propriétés d'autocorrélation aperiodiques.

Soit:

$$- \quad a_1 = \langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1 \rangle$$

$$- \quad a_2 = \langle y_1, y_2, y_3, \dots, y_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1 \rangle$$

Le code PSC est généré en répétant les séquences a_1 et a_2 modulées par une séquence complémentaire de Golay et en créant une séquence à valeur complexe dont les parties réelle et imaginaire sont identiques. Le code C_{psc} est défini comme suit:

$$C_{psc} = (1 + j) \times \langle a_1, -a_1, -a_1, -a_1, -a_1, a_1, -a_1, -a_1, a_2, a_2, -a_2, a_2, -a_2, a_2, a_2, a_2 \rangle;$$

où l'élément le plus à gauche dans la séquence correspond à l'élément émis en premier.

Les 16 codes de synchronisation secondaires (SSC, *secondary synchronization code*), $\{C_{ssc,1}, \dots, C_{ssc,16}\}$ ont des valeurs complexes dont les parties réelle et imaginaire sont identiques, et sont établis à partir de la multiplication, en tenant compte des positions, d'une séquence d'Hadamard et d'une séquence z définie comme suit:

$$z = \langle b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, -b_1, -b_1, b_2, -b_2, -b_2, b_2, b_2, -b_2, b_2, -b_2 \rangle, \text{ où}$$

$$b_1 = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, -x_9, -x_{10}, -x_{11}, -x_{12}, -x_{13}, -x_{14}, -x_{15}, -x_{16} \rangle \text{ et } x_1, x_2, \dots, x_{15}, x_{16} \text{ sont les mêmes que dans la définition de la séquence } a_1 \text{ ci-dessus.}$$

$$b_2 = \langle y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, -y_9, -y_{10}, -y_{11}, -y_{12}, -y_{13}, -y_{14}, -y_{15}, -y_{16} \rangle \text{ et } y_1, y_2, \dots, y_{15}, y_{16} \text{ sont les mêmes que dans la définition de la séquence } a_2 \text{ ci-dessus.}$$

Les séquences d'Hadamard sont obtenues sous la forme de rangées dans une matrice H_8 construite de manière récursive:

$$H_0 = (1)$$

$$H_k = \begin{pmatrix} H_{k-1} & H_{k-1} \\ H_{k-1} & -H_{k-1} \end{pmatrix}, \quad k \geq 1$$

Les rangées sont numérotées depuis le haut à partir de 0 (la séquence entièrement composée de 1).

On désigne la n ième séquence d'Hadamard comme une rangée de H_8 numérotée depuis le haut, $n = 0, 1, 2, \dots, 255$, dans la suite.

De plus, appelons $h_n(i)$ et $z(i)$ le i ème symbole de la séquence h_n et de z respectivement, où $i = 0, 1, 2, \dots, 255$ et $i = 0$ correspond au symbole le plus à gauche.

Le k ième SSC, $C_{ssc,k}$, $k = 1, 2, 3, \dots, 16$ est alors défini comme suit:

$$C_{ssc,k} = (1 + j) \times \langle h_m(0) \times z(0), h_m(1) \times z(1), h_m(2) \times z(2), \dots, h_m(255) \times z(255) \rangle;$$

où $m = 16 \times (k - 1)$ et l'élément le plus à gauche dans la séquence correspond à l'élément émis en premier.

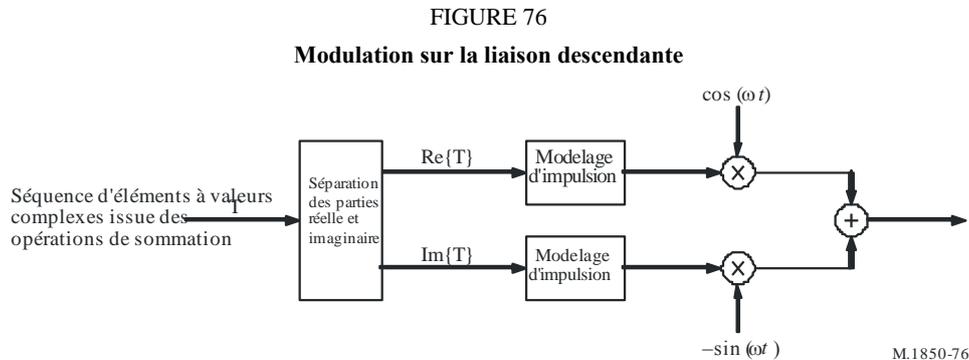
4.3.6.4.3.4 Modulation de la liaison descendante

Le débit des éléments de modulation est de 3,84 Méléments/s.

La Fig. 76 présente la modulation de la séquence d'éléments à valeurs complexes produite par le processus d'étalement.

Les canaux DPDCH et DPCCH modulés sont multiplexés dans le temps.

Le filtre en bande de base (filtre de modelage des impulsions) est un filtre en racine de cosinus surélevé, avec un facteur de décroissance $\alpha = 0,22$ dans le domaine des fréquences.



4.3.6.4.4 Procédures

4.3.6.4.4.1 Recherche de faisceau

Pendant l'opération de recherche de faisceau, l'UE recherche un faisceau de satellite et détermine le code d'embrouillage de la liaison descendante ainsi que la synchronisation trame du canal commun du faisceau trouvé.

Pendant l'opération de recherche de faisceau, la station MES recherche un faisceau et détermine le code d'embrouillage de la liaison descendante ainsi que la synchronisation trame du faisceau trouvé. L'opération de recherche de faisceau se fait en général en trois étapes.

Etape 1: Synchronisation intervalle

Pendant la première étape de la procédure de recherche de faisceau, la station MES utilise le code de synchronisation primaire du canal SCH pour acquérir la synchronisation intervalle avec un faisceau. En règle générale, cette opération est réalisée à l'aide d'un seul filtre adapté (ou de tout autre dispositif) correspondant au code de synchronisation primaire, lequel est commun à tous les faisceaux. La structure temporelle des intervalles du faisceau est obtenue par détection des valeurs de crête à la sortie du filtre adapté.

Etape 2: Synchronisation trame et identification du groupe du code

Au cours de la deuxième étape de la procédure de recherche de faisceau, la station MES utilise le code de synchronisation secondaire du canal SCH pour trouver la synchronisation trame et identifier le groupe du code du faisceau découvert à la première étape. Cette opération est réalisée en corrélant le signal reçu avec toutes les séquences possibles de codes de synchronisation secondaires et en déterminant la valeur de corrélation maximale. Etant donné que les décalages cycliques des séquences sont uniques, on obtient ainsi le groupe du code et la synchronisation trame.

Etape 3: Identification du code d'embrouillage

Au cours de la troisième et dernière étape de la procédure de recherche de faisceau, la station MES détermine le code d'embrouillage primaire exact utilisé par le faisceau découvert. En règle générale,

ce code est déterminé par corrélation symbole par symbole sur le canal CPICH avec tous les codes appartenant au groupe de codes déterminé à la deuxième étape. Une fois le code d'embrouillage primaire identifié, le canal CCPCH peut être détecté et les informations du canal BCH spécifiques au système et au faisceau peuvent être lues.

Pendant la première et la deuxième étape, une recherche de fréquence grossière et/ou une technique de détection différentielle peuvent être requises en raison de l'erreur de fréquence porteuse qui résulte de l'effet Doppler.

Pendant la deuxième et la troisième étape, pour accélérer la recherche de faisceau, la station MES peut utiliser des informations localement mises en mémoire relatives à la constellation de satellites et à sa position.

4.3.6.4.4.2 Accès aléatoire

4.3.6.4.4.2.1 Procédure RACH

4.3.6.4.4.2.1.1 Fonctionnement en mode normal

Dans la couche MAC, lorsqu'il faut transmettre des données, la MES sélectionne la classe de canal RACH et lance un cycle de retransmission. Lorsque le nombre de cycles de retransmission est supérieur à la valeur maximale, la station MES interrompt la procédure et rend compte de la situation à la couche supérieure.

Au début de chaque cycle de retransmission, la station MES rafraîchit les paramètres associés à la procédure RACH avec les valeurs les plus récentes, incluses dans les messages d'information du système diffusés sur le canal BCH. La MES décide alors s'il convient de démarrer l'émission RACH dans la trame actuelle, sur la base de la valeur de persistance. Si la transmission n'est pas autorisée, la MES répète la procédure à partir de la vérification de persistance sur la trame suivante. Si la transmission est autorisée, la MES lance une période de retransmission accélérée. Lorsque le nombre des périodes répétées est supérieur au nombre maximal de retransmissions accélérées, la MES réinitialise le cycle de retransmission dans la trame suivante.

Pendant la période de retransmission accélérée, la station MES exécute la procédure physique d'accès aléatoire suivante:

Etape 1: Déterminer les intervalles d'accès de liaison montante libres, dans le prochain ensemble complet d'intervalles d'accès, pour l'ensemble des sous-canaux RACH disponibles dans l'ASC donnée. Sélectionner aléatoirement un intervalle d'accès parmi ceux précédemment déterminés. S'il n'y a pas d'intervalle d'accès libre dans l'ensemble sélectionné, choisir aléatoirement, dans l'ensemble d'intervalles d'accès suivant, un intervalle d'accès en liaison montante correspondant à l'ensemble des sous-canaux RACH disponibles dans l'ASC donnée.

Etape 2: Sélectionner de manière aléatoire une signature dans l'ensemble des signatures disponibles dans l'ASC donnée.

Etape 3: Positionner le compteur de retransmission de préambule à `Preamble_Retrans_Max`.

Etape 4: Positionner le paramètre Puissance de préambule commandée à `Preamble_Initial_Power`.

Etape 5: Si la puissance de préambule commandée dépasse la valeur maximale autorisée, positionner la puissance d'émission du préambule à cette valeur maximale. Sinon, la positionner à la puissance de préambule commandée. Transmettre un préambule en utilisant l'intervalle d'accès de liaison montante, la signature et la puissance de transmission de préambule choisis.

Etape 6: Si aucun indicateur d'acquisition positif ou négatif correspondant à la signature sélectionnée n'est détecté dans l'intervalle d'accès de liaison descendante correspondant à l'intervalle d'accès de liaison montante choisi:

Etape 6.1: Sélectionner l'intervalle d'accès libre suivant dans l'ensemble des sous-canaux RACH disponibles dans l'ASC donnée.

Etape 6.2: Sélectionner de manière aléatoire une nouvelle signature dans l'ensemble des signatures disponibles dans l'ASC donnée.

Etape 6.3: Augmenter la puissance de préambule commandée de $\Delta P_0 = \text{Pas de la pente de puissance (dB)}$. Si la valeur obtenue dépasse la puissance maximale autorisée de 6 dB, la station MES peut signaler le statut L1 («No ack on AICH»: pas d'accusé de réception sur le canal AICH) aux couches supérieures (MAC) et quitter la procédure physique d'accès aléatoire.

Etape 6.4: Diminuer le compteur de retransmission de préambule de 1.

Etape 6.5: Si le compteur de retransmission de préambule > 0 , répéter les étapes depuis l'Étape 5. Dans les autres cas, signaler l'état L1 («No ack on AICH»: pas d'accusé de réception sur le canal AICH) aux couches supérieures (MAC) et quitter la procédure physique d'accès aléatoire.

Etape 7: Si un indicateur d'acquisition négatif correspondant à la signature sélectionnée est détecté dans l'intervalle d'accès de liaison descendante correspondant à l'intervalle d'accès de liaison montante sélectionné, indiquer l'état L1 («Nack on AICH received»: reçu un non-accusé de réception sur le canal AICH) aux couches supérieures (MAC) et quitter la procédure physique d'accès aléatoire.

Etape 8: Emettre le message d'accès aléatoire trois ou quatre intervalles d'accès de liaison montante après l'intervalle d'accès de liaison montante du dernier préambule transmis, en fonction du paramètre temporel de transmission du canal AICH. La puissance de transmission de la partie commande du message d'accès aléatoire doit être supérieure de P_{p-m} (dB) par rapport à la puissance du dernier préambule émis.

Etape 9: Signaler le statut L1 «RACH message transmitted» (message RACH émis) aux couches supérieures et quitter la procédure physique d'accès aléatoire.

Lors de l'émission du préambule et du message RACH, la station MES peut faire intervenir une technique de compensation préventive de l'effet Doppler, reposant sur l'estimation du décalage Doppler sur la porteuse de la liaison descendante.

Si le message de réponse correspondant au message RACH émis est reçu dans la couche supérieure (RLC ou RRC) à un instant quelconque pendant la procédure d'accès aléatoire, la station MES doit arrêter la procédure RACH.

4.3.6.4.2.1.2 Fonctionnement dans le mode facultatif C

Dans la couche MAC, lorsqu'il faut transmettre des données, la MES sélectionne la classe de canal RACH et lance un cycle de retransmission. Lorsque le nombre de cycles de retransmission est supérieur à la valeur maximale, la station MES interrompt la procédure et rend compte de la situation à la couche supérieure RLC ou RRC.

Au début de chaque cycle de retransmission, la station MES rafraîchit les paramètres associés à la procédure RACH avec les valeurs les plus récentes, incluses dans les messages d'information du système à l'intérieur du canal BCH. La MES décide alors du démarrage de l'émission RACH dans la trame actuelle, sur la base de la valeur de persistance. Lorsque la transmission n'est pas autorisée, la MES répète la procédure à partir de la vérification de persistance sur la trame suivante. Si la transmission est autorisée, la MES lance une période de retransmission accélérée. Lorsque le nombre des périodes répétées est supérieur au nombre maximal de retransmissions accélérées, la MES réinitialise le cycle de retransmission dans la trame suivante.

Pendant la période de retransmission accélérée, la station MES exécute la procédure physique d'accès aléatoire suivante:

Etape 1: Elle calcule la trame d'accès de liaison montante libre, dans l'ensemble de trames d'accès complètes suivant, en utilisant l'ensemble de sous-canaux RACH disponibles à l'intérieur de la classe RACH donnée. Sélection aléatoire d'une trame d'accès parmi les trames précédemment déterminées. Lorsque les sous-trames d'accès sont utilisées pour le canal PRACH, la station MES sélectionne de manière aléatoire une sous-trame d'accès des sous-trames d'accès paires et impaires à l'intérieur de la trame d'accès sélectionnée.

Etape 2: Elle sélectionne de manière aléatoire une signature de l'ensemble des signatures disponibles à l'intérieur de la classe RACH donnée.

Etape 3: Elle positionne le compteur de retransmission de préambule à $Preamble_Retrans_Max$.

Etape 4: Elle positionne la puissance du préambule à la puissance initiale du préambule.

Etape 5: Elle sélectionne de manière aléatoire un temps de décalage de transmission, τ_{off} , compris entre $-\tau_{off,max}$ et $\tau_{off,max}$ éléments.

Etape 6: Elle transmet une partie préambule et une partie message en utilisant la trame d'accès sélectionnée (ou la sous-trame d'accès), le temps de décalage de transmission, la signature et la puissance de transmission du préambule. La puissance de transmission de la partie commande du message d'accès aléatoire doit être supérieure de $Pp-m$ (dB) par rapport à la puissance du préambule.

Etape 7: Si aucun indicateur d'acquisition positif ou négatif correspondant à la signature sélectionnée n'est détecté dans la trame d'accès (ou la sous-trame d'accès) AICH de la liaison descendante correspondant à la trame d'accès (ou à la sous-trame d'accès) de la liaison montante émise, elle doit alors:

Sous-étape 7.1: sélectionner la trame d'accès suivante disponible dans l'ensemble des sous-canaux RACH disponibles à l'intérieur de la classe RACH donnée. Lorsque les sous-trames d'accès sont utilisées pour le canal PRACH, la station MES sélectionne de manière aléatoire une sous-trame d'accès parmi les sous-trames d'accès paires et impaires à l'intérieur de la trame d'accès sélectionnée;

Sous-étape 7.2: sélectionner de manière aléatoire une nouvelle signature parmi les signatures disponibles;

Sous-étape 7.3: augmenter la puissance du préambule de $\Delta P_0 = \text{Pas de la pente de puissance}$;

Sous-étape 7.4: diminuer le compteur de retransmission de préambule de 1;

Sous-étape 7.5: si le compteur de retransmission de préambule contient un nombre supérieur à zéro, répéter les étapes depuis l'Etape 5. Dans les autres cas, signaler l'état L1 «No ack on AICH» (pas d'accusé de réception sur le canal AICH) à la couche supérieure (MAC) et quitter la procédure physique d'accès aléatoire.

Etape 8: Si un indicateur d'acquisition négatif correspondant à la signature sélectionnée est détecté dans la trame d'accès (ou la sous-trame d'accès) de liaison descendante correspondant à la trame d'accès (ou la sous-trame d'accès) de liaison montante sélectionnée, elle indique l'état L1 «Nack on AICH received» (pas reçu d'accusé de réception sur le canal AICH) à la couche supérieure (MAC) et quitte la procédure physique d'accès aléatoire.

Etape 9: Indique l'état L1 «Ack on AICH received» (reçu accusé de réception sur le canal AICH) à la couche supérieure (MAC) et quitte la procédure physique d'accès aléatoire.

Un sous-canal RACH définit un ensemble de trames d'accès de liaison montante qui sont temporellement verrouillées sur les trames P-CCPCH. Il y a au total huit sous-canaux RACH.

Dans l'émission du préambule et du message RACH, la MES peut faire intervenir une technique de compensation préventive de l'effet Doppler, reposant sur l'estimation de l'effet Doppler sur la porteuse de liaison descendante.

Dans la couche MAC, lorsque L1 indique la réception d'un accusé de réception sur le canal AICH, il faut indiquer à la couche supérieure que la procédure de commande de transmission MAC a été menée à bien. Lorsque L1 indique la non-réception d'un accusé de réception sur le canal AICH, un nouveau cycle de retransmission est exécuté. Lorsque L1 indique la réception d'un accusé de réception négatif, la station MES fixe un délai d'attente. Après ce délai d'attente, un nouveau cycle de retransmission est déclenché.

Si le message de réponse correspondant au message RACH transmis est reçu dans la couche supérieure (RLC ou RRC) à un instant quelconque pendant la procédure d'accès aléatoire, la station MES doit arrêter la procédure RACH.

4.3.6.4.4.3 Commande de puissance

4.3.6.4.4.3.1 Fonctionnement en mode normal

4.3.6.4.4.3.1.1 Commande de puissance en boucle ouverte

La commande de puissance en boucle ouverte permet d'ajuster la puissance en émission du canal physique d'accès aléatoire. Avant d'émettre une trame d'accès aléatoire, la station MES mesure la puissance reçue du canal physique de commande commun primaire en liaison descendante pendant un temps suffisamment long pour s'abstraire de tout effet produit par les évanouissements dus à la propagation par trajets multiples non réciproques. On détermine l'affaiblissement le long du trajet de la liaison descendante, y compris les effets de masque, à partir de l'évaluation de la puissance et des informations concernant la puissance d'émission du canal CCPCH primaire (diffusées sur le canal BCCH). A partir de cette évaluation de l'affaiblissement le long du trajet et des informations concernant le niveau de brouillages sur la liaison montante et le rapport SIR en réception requis, on détermine la puissance d'émission du canal physique d'accès aléatoire. Le niveau de brouillages sur la liaison montante et le rapport SIR en réception requis sont diffusés sur le canal BCCH.

La commande de puissance en boucle ouverte est également utilisée à l'établissement du canal de trafic dédié et peut éventuellement être activée en continu jusqu'à la libération de ce canal.

4.3.6.4.4.3.1.2 Commande de puissance en boucle fermée

La couche 3 (RRC) traite la commande de puissance en boucle fermée lente à partir des comptes rendus de mesure de la station MES pour la liaison descendante et des mesures de signal de la station pour la liaison montante.

De plus, la couche 1 traite la commande de puissance en boucle fermée, à raison d'une TPC (commande de la puissance d'émission) par trame.

4.3.6.4.4.3.2 Fonctionnement dans le mode facultatif C

4.3.6.4.4.3.2.1 Commande de puissance sur la liaison montante

La commande de puissance vise à surmonter le problème des effets proche-lointain. En fonction de l'existence de rétroinformation, on distingue la commande de puissance en boucle ouverte et la commande de puissance en boucle fermée.

4.3.6.4.4.3.2.1.1 Commande de puissance en boucle ouverte

La commande de puissance en boucle ouverte (OLPC, *open loop power control*) permet d'ajuster la puissance en émission du canal DPCH. Par rapport à la commande de puissance en boucle fermée, la commande de puissance en boucle ouverte permet de réduire la complexité matérielle. La MES doit mesurer la puissance reçue du P-CCPCH en liaison descendante avant l'émission d'un DPCH. La puissance d'émission du DPCH est déterminée par le CSI et par le rapport signal/brouillage (SIR, *signal to-interference ratio*) de la liaison montante.

La MES exécute en continu la procédure OLPC comme suit:

Etape 1: Si la MES reçoit les données d'un réseau RAN à satellite au repos, elle contrôle le champ pilote du DPCCH et/ou du CPICH et/ou du S-CCPCH.

Etape 2: La MES obtient le CSI d'après l'estimation des canaux.

Etape 3: La MES évalue le rapport SIR reçu du DPCCH/DPDCH de liaison descendante.

Etape 4: La MES compare le rapport SIR à un niveau cible (SIR_{target}) avec le rapport SIR reçu.

Etape 5: La MES détermine la puissance d'émission du DPCH comme suit:

$$P_{DPCH}(i) = P_{DPCH}(i-1) \pm \Delta\epsilon(i-1) \text{ dBm}$$

où:

$$\Delta\epsilon(i) = SIR_{est}(i) - SIR_{target}(i)$$

4.3.6.4.4.3.2.1.2 Commande de puissance en boucle fermée

La procédure de commande de puissance en boucle fermée sur la liaison montante agit simultanément sur la puissance d'un canal DPCCH et de ses canaux DPDCH correspondants (le cas échéant). La différence relative de puissance d'émission entre le canal DPCCH et les canaux DPDCH est déterminée par le réseau et indiquée à la station MES en utilisant la signalisation de couche supérieure.

La commande de puissance par boucle interne sur la liaison montante règle la puissance d'émission de la station MES afin de maintenir le rapport SIR sur la liaison montante à un niveau cible, SIR_{target} . La commande de puissance sur la liaison montante doit être exécutée alors que la puissance d'émission de la station MES est inférieure à la puissance de sortie maximale autorisée.

Toute modification de la puissance d'émission du canal DPCCH sur la liaison montante doit avoir lieu avant le début de la trame sur le canal DPCCH. La modification de la puissance du canal DPCCH par rapport à sa valeur précédente est calculée par la station MES et est appelée Δ_{DPCCH} (dB).

Le réseau RAN à satellite doit estimer le rapport signal/brouillage, SIR_{est} du canal DPCH de liaison montante reçu, générer les commandes TPC et transmettre ces commandes à raison d'une fois par trame radio conformément à la règle suivante:

Soit la variable:

$$\Delta\epsilon = SIR_{est} - SIR_{target}$$

$\Delta_p(i)$ = pas de la commande de puissance dont la valeur est déterminée par l'une des valeurs de l'ensemble $\{-\Delta_L, -\Delta_S, \Delta_S, \Delta_L\}$ conformément à la commande TPC de la i ème trame où les longueurs de pas Δ_S, Δ_L sont sous le contrôle du RAN du satellite

N_{frame} = retard associé à la boucle exprimé en trames.

Le paramètre $\Delta_p(i)$ est ensuite généré en utilisant $\Delta\epsilon$ et les N_{frame} pas de commande de puissance passés $\Delta_p(k)$, où $k = i - N_{frame} - 1, \dots, i - 1$ comme suit:

On calcule

$$\Delta_{\epsilon,c} = \Delta\epsilon + \chi \sum_{k=i-N_{frame}}^{i-1} \{\Delta_p(k) - \alpha\Delta_p(k-1)\}$$

dans laquelle l'indicateur de compensation de retard de boucle χ est mis à «1» lorsqu'une station MES se trouve dans un état de transfert progressif et «0» lorsque cette station ne se trouve pas dans un état de transfert progressif. Le facteur de réduction d'accumulation, α ($0 < \alpha < 1$) est le paramètre de couche haute et est identique pour toutes les stations MES se trouvant dans le même faisceau.

- si $|\Delta_{\epsilon,c}| < \epsilon_T$ et $\Delta_{\epsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = \Delta_S$
- si $|\Delta_{\epsilon,c}| < \epsilon_T$ et $\Delta_{\epsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = -\Delta_S$
- si $|\Delta_{\epsilon,c}| < \epsilon_T$ et $\Delta_{\epsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = \Delta_L$
- si $|\Delta_{\epsilon,c}| < \epsilon_T$ et $\Delta_{\epsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = -\Delta_L$

La station MES règle la puissance d'émission du canal DPCCH de la liaison montante avec un pas Δ_{DPCCH} (dB) en utilisant les deux pas de commande de puissance les plus récents qu'elle a reçus, $\Delta_p(i)$ et $\Delta_p(i - 1)$ comme suit:

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

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

où α est identique à celui utilisé dans le faisceau de desserte et est signalé par la couche supérieure.

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

$$\Delta_{DPCCH} = \kappa \Delta_p(i)$$

où κ est le facteur de réduction du pas de commande de puissance signalé par la couche supérieure.

La relation entre $\Delta_p(i)$ et la commande de puissance d'émission TPC_cmd est présentée dans le Tableau 55.

TABLEAU 55

Système de codage de canal et rendement de codage

TPC_cmd	$\Delta_p(i)$
-2	$-\Delta_L$
-1	$-\Delta_S$
1	Δ_S
2	Δ_L

Lorsque la station MES ne se trouve pas en état de transfert progressif, une et une seule commande TPC sera reçue dans chaque trame radio. Dans ce cas, la valeur de TPC_cmd sera calculée comme suit:

- Si la commande TPC reçue est égale à 00, la valeur de TPC_cmd pour cette trame est égale à -2.
- Si la commande TPC reçue est égale à 01, la valeur de TPC_cmd pour cette trame est égale à -1.
- Si la commande TPC reçue est égale à 10, la valeur de TPC_cmd pour cette trame est égale à 1.
- Si la commande TPC reçue est égale à 11, la valeur de TPC_cmd pour cette trame est égale à 2.

Lorsque la station MES se trouve en état de transfert progressif, plusieurs commandes TPC peuvent être reçues dans chaque trame radio en provenance de différents faisceaux dans l'ensemble actif. Dans le cas où plusieurs liaisons radio se trouvent dans le même ensemble de liaisons radio, les commandes TPC du même ensemble de liaisons radio doivent être combinées en une seule commande, et être combinées ensuite avec les commandes TPC provenant des autres ensembles de liaisons radio. La station MES doit prendre une décision de symbole progressive W_i sur chacune des commandes de puissance TPC_i , où $i = 1, 2, \dots, N$, où N est supérieur à 1 et est le nombre de commandes TPC émanant de liaisons radio de différents ensembles de liaisons radio. La station MES calcule une commande TPC combinée, la commande TPC_cmd , qui est une fonction γ de toutes les N décisions de symbole progressives W_i : $TPC_cmd = \gamma(W_1, W_2, \dots, W_N)$, où TPC_cmd peut prendre les valeurs 2, 1, -1 ou -2. La fonction γ doit répondre aux critères suivants:

Si les N commandes TPC sont aléatoires et non corrélées, avec une probabilité égale d'être transmises avec les valeurs «00», «01», «10» ou «11», la probabilité que la valeur résultante de γ soit supérieure ou égale à 1 doit être supérieure ou égale à $1/(2^N)$, et la probabilité que la valeur résultante de γ soit inférieure ou égale à -1 doit être supérieure ou égale à 0,5. En outre, la valeur résultante de γ doit être égale à 2 si les commandes TPC en provenance de tous les ensembles de liaison radio sont égales à «11» de manière fiable, et la valeur résultante de γ doit être égale à -2 si une commande TPC provenant d'un ensemble quelconque appartenant à l'ensemble des liaisons radio est égale à «00» de manière fiable.

En ce qui concerne la commande de puissance sur la liaison montante du canal PCPCH, toute modification de la puissance d'émission du canal PCPCH doit avoir lieu immédiatement avant le début de la trame sur la partie message. Le réseau doit estimer la valeur du rapport signal/brouillage, SIR_{est} du canal PCPCH reçu. Le réseau doit alors générer les commandes TPC et transmettre ces commandes à raison d'une fois par trame en respectant la même règle que celle décrite pour les canaux DPDCH/DPCCH. La station MES calcule une commande TPC, TPC_cmd , pour chaque trame radio en suivant la même règle que celle décrite pour les canaux DPDCH/DPCCH. Après avoir déterminé la commande TPC_cmd , la station MES doit ajuster la puissance d'émission de la partie commande du canal PCPCH de la liaison montante avec un pas $\Delta_{PCPCH-CP}$ (dB) déterminé en suivant la même règle que celle décrite pour les canaux DPDCH/DPCCH.

4.3.6.4.3.2.2 Commande de puissance sur la liaison descendante

La procédure de commande de puissance d'émission sur la liaison descendante agit simultanément sur la puissance d'un canal DPCCH et de ses canaux DPDCH correspondants. La boucle de commande de puissance ajuste la puissance du canal DPCCH et des canaux DPDCH d'une même quantité. Le décalage relatif de la puissance d'émission entre les champs DPCCH et les canaux DPDCH est déterminé par le réseau.

La commande de puissance par boucle interne sur la liaison descendante ajuste la puissance d'émission du réseau afin de maintenir le rapport SIR de liaison descendante à une valeur cible, SIR_{target} . La station MES doit estimer le rapport signal/brouillage d'un canal DPCCH/DPDCH de liaison descendante, SIR_{est} . La valeur SIR_{est} obtenue est ensuite utilisée par la station MES pour générer les commandes TPC conformément à la règle suivante:

- si $|SIR_{est} - SIR_{target}| > \varepsilon_T$ et si $SIR_{est} > SIR_{target}$, la commande TPC à émettre est «00»
- si $|SIR_{est} - SIR_{target}| > \varepsilon_T$ et si $SIR_{est} > SIR_{target}$, la commande TPC à émettre est «01»
- si $|SIR_{est} - SIR_{target}| > \varepsilon_T$ et si $SIR_{est} < SIR_{target}$, la commande TPC à émettre est «10»
- si $|SIR_{est} - SIR_{target}| > \varepsilon_T$ et si $SIR_{est} < SIR_{target}$, la commande TPC à émettre est «11»

Lorsqu'elle se trouve en état de transfert progressif et que la transmission à diversité par sélection de faisceau (BSDT, *beam selection diversity transmission*) n'est pas activée, la station MES doit déterminer le rapport SIR_{est} à partir des signaux de liaison descendante de tous les faisceaux de l'ensemble actif.

La station MES peut utiliser un algorithme de prédiction qui permet de calculer la valeur future du rapport SIR après le temps aller-retour. La prédiction de la variation du rapport SIR peut être mise en oeuvre en observant la trace des variations passées du rapport SIR des canaux CPICH/S-CCPCH/DPCH de l'ensemble actif. Afin de prendre en charge les stations MES qui utilisent un algorithme de prédiction, un temps aller-retour minimal auquel la station MES est associée, est signalée par les couches supérieures. La variation du rapport SIR prévue après le temps aller-retour, Δ_{pred} , est utilisée par la station MES pour générer les commandes TPC conformément à la règle suivante:

Définir $SIR_{est,pred} = SIR_{est} + \Delta_{pred}$, puis:

- si $|SIR_{est,pred} - SIR_{target}| > \varepsilon_T$ et $SIR_{est,pred} > SIR_{target}$, la commande TPC à émettre est «00»
- si $|SIR_{est,pred} - SIR_{target}| > \varepsilon_T$ et $SIR_{est,pred} < SIR_{target}$, la commande TPC à émettre est «01»
- si $|SIR_{est,pred} - SIR_{target}| > \varepsilon_T$ et $SIR_{est,pred} < SIR_{target}$, la commande TPC à émettre est «10»
- si $|SIR_{est,pred} - SIR_{target}| > \varepsilon_T$ et $SIR_{est,pred} > SIR_{target}$, la commande TPC à émettre est «11»

Après réception des commandes TPC, le réseau RAN à satellite doit régler sa puissance de canal DPCH/DPDCH de liaison descendante en conséquence. Le réseau RAN à satellite doit estimer la commande TPC émise TPC_{est} , et actualiser la puissance à chaque trame. Après avoir estimé la k ème commande TPC, le réseau RAN à satellite doit régler la puissance de liaison descendante actuelle $P(k-1)$ (dB) à la puissance $P(k)$ (dB) selon la formule suivante:

$$P(k) = P(k-1) + P_{TPC}(k) + P_{bal}(k)$$

dans laquelle $P_{TPC}(k)$ est le k ème ajustement de puissance provoqué par la commande de puissance par boucle interne et $P_{bal}(k)$ (dB) est une correction conforme à la procédure de commande de puissance de la liaison descendante pour équilibrer les puissances des liaisons radioélectriques vers une puissance de référence commune. Le paramètre $P_{TPC}(k)$ est calculé comme suit:

$$P_{TPC}(k) = \begin{cases} -\Delta_L & \text{lorsque } TPC_{est}(k) = 00 \\ -\Delta_S & \text{lorsque } TPC_{est}(k) = 01 \\ +\Delta_S & \text{lorsque } TPC_{est}(k) = 10 \\ +\Delta_L & \text{lorsque } TPC_{est}(k) = 11 \end{cases}$$

4.3.6.4.4 Diversité à l'émission par sélection de faisceau

La transmission à diversité par sélection de faisceau (BSDT, *Beam selection diversity transmit*) est une technique de macrodiversité en mode de transfert progressif. Cette méthode est optionnelle dans un réseau RAN à satellite. La station MES choisit périodiquement, parmi son ensemble de faisceaux actifs, un faisceau qu'elle appelle «faisceau primaire», tous les autres faisceaux étant classés comme étant «non primaires», et ce en mesurant la puissance du signal reçu des canaux CPICH transmis par les faisceaux actifs. Le faisceau primaire choisi est celui dont la puissance sur le canal CPICH est la plus élevée. Le canal DPDCH de liaison descendante est émis à partir du faisceau primaire et n'est pas transmis à partir des faisceaux non primaires.

Pour sélectionner un faisceau primaire, on attribue à chaque faisceau une identification temporaire (ID), et la station MES indique périodiquement l'ID de faisceau primaire aux faisceaux connectés.

L'ID de faisceau primaire est indiqué par la station MES aux faisceaux actifs via le champ FBI sur le canal DPCCCH de liaison montante.

A chaque faisceau, on attribue un identificateur ID temporaire pendant l'émission BSTD, lequel identificateur est utilisé comme signal de sélection de faisceau. Un code d'identification ID à 15 bits est émis dans une trame radio.

Un faisceau reconnaît son état comme étant non primaire si les conditions suivantes sont simultanément remplies:

- le code ID reçu ne correspond pas à son propre code ID;
- la qualité du signal de liaison montante reçu respecte le seuil de qualité défini par le réseau.

L'état des faisceaux (primaire ou non primaire) dans l'ensemble actif est mis à jour de manière synchrone. Si un faisceau reçoit l'ID codé dans la trame j de la liaison montante, l'état du faisceau est mis à jour dans la trame $(j + 1 + T_{os})$ de la liaison descendante, où le paramètre T_{os} est fourni par les couches supérieures (la valeur de T_{os} est déterminée par le réseau en fonction du temps aller-retour dans le faisceau).

4.3.6.5 Description des modes facultatifs

4.3.6.5.1 Définition des modes facultatifs A et C

Deux modes facultatifs sont définis pour cette interface radio, à savoir:

- Mode facultatif A: fonctionnement avec les caractéristiques de la famille G de systèmes S-UMTS de l'ETSI et les caractéristiques facultatives de la famille A de systèmes S-UMTS de l'ETSI qui sont recensées au § 4.3.6.5.2 en vue d'améliorer la qualité de fonctionnement.
- Mode facultatif C: fonctionnement avec les caractéristiques de la famille G de systèmes S-UMTS de l'ETSI et les caractéristiques facultatives des systèmes AMRC-SAT de la TTA qui sont recensées au § 4.3.6.5.3 en vue d'améliorer la qualité de fonctionnement. Ce mode est basé sur une harmonisation des versions précédentes des familles d'interfaces SRI-C et G.

4.3.6.5.2 Description du mode facultatif A

Les nouvelles caractéristiques suivantes sont ajoutées pour améliorer la qualité de fonctionnement.

TABLEAU 56

Description des caractéristiques du mode facultatif A

Caractéristiques	Description
HPPICH	<ul style="list-style-type: none"> – Canal de radiorecherche supplémentaire – Paquet de signaux MDP-2 non étalé de 10 ms de longueur – Débit de canal = 15 ksymboles/s – Paquet = préambule (24bits) + mot unique (12 bits) + données (114 bits)
Embrouillage des données sur la liaison descendante	<ul style="list-style-type: none"> – Pour la liaison descendante en cas d'utilisation d'une atténuation des brouillages – Avant le placement dans les canaux physiques – Par une séquence de longueur maximale avec le polynôme $1+X^{14}+X^{15}$ – Débit: 30 kbit/s

4.3.6.5.3 Description du mode facultatif C

Les nouvelles caractéristiques suivantes sont ajoutées pour améliorer la qualité de fonctionnement.

TABLEAU 57

Description des caractéristiques du mode facultatif C

Caractéristiques	Description
Accès aléatoire sur la liaison montante	<ul style="list-style-type: none"> – Transmission du préambule et du message, simultanément – Trame d'accès: 2 trames radio
Génération et transmission des bits FBI/TPC	<ul style="list-style-type: none"> – Champ TPC: réduction de la moitié du champ TPC – Champ FBI: suppression du champ FBI de 2 bits
Commande de puissance	<ul style="list-style-type: none"> – CLPC: système de commande de puissance avec compensation du retard + algorithme de prédiction – Estimation du rapport SIR à partir des canaux CPICH et S-CCPCH – Commande TPC à 2 bits – Algorithme OLPC utilisant la diversité de pilote en option
Codes de synchronisation pour le canal SCH sur la liaison descendante dans la constellation LEO	<ul style="list-style-type: none"> – Une séquence appelée séquence hiérarchique de Golay généralisée

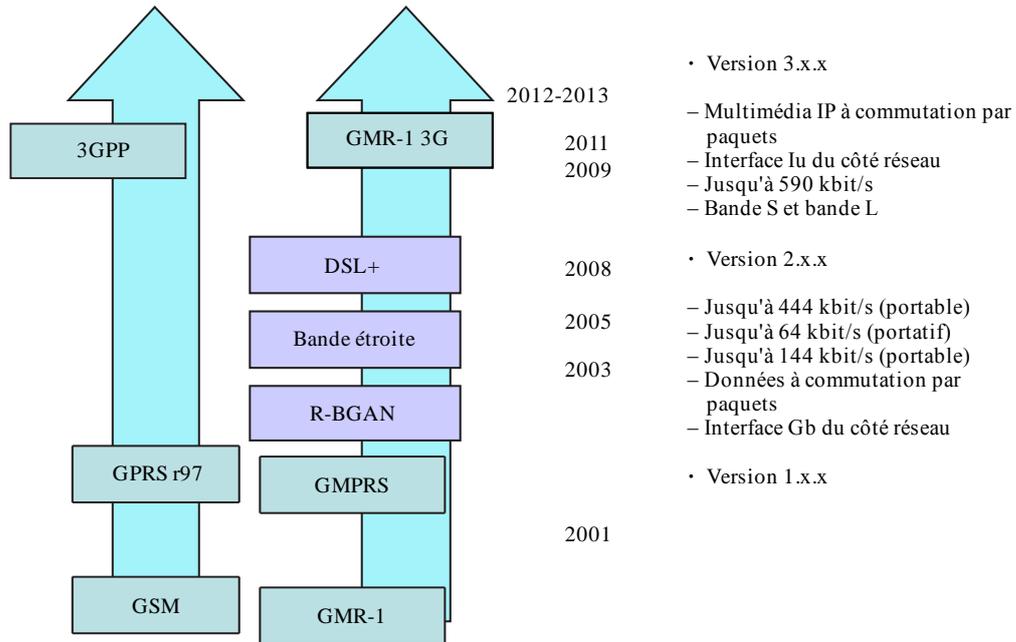
4.3.7 Spécifications de l'interface satellite H

L'interface radioélectrique satellite SRI-H (*satellite radio interface H*) est une interface radio évolutive de système mobile à satellites de troisième génération (3G), dont la première version – spécification d'interface radio satellite mobile GMR-1 (*Geo-Mobile Radio-1*) – a été publiée par l'ETSI (ETSI TS 101 376) et par la TTA (S J-STD-782) en 2001. La version de l'ETSI a fait l'objet de plusieurs mises à jour intégrant des améliorations, des fonctions additionnelles et la maintenance périodique, qui ont notamment donné lieu à la publication de la version 2 et de la version 3. La dernière mise à jour de la version 3, à savoir la version 3.3.1, a été publiée par l'ETSI en décembre 2012. La présente section est un bref résumé de cette interface. Pour une description plus complète, on pourra se reporter à la spécification publiée.

Le cycle de développement et de normalisation de l'interface GMR-1 suit l'évolution du réseau d'accès radioélectrique GSM/EDGE ou GERAN (*GSM/EDGE Radio Access Network*), comme illustré à la Fig. 77.

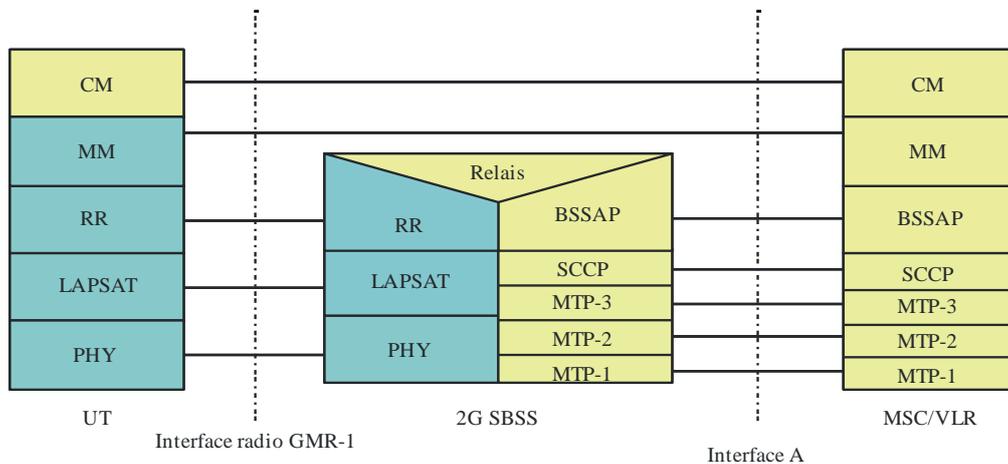
Les spécifications de l'interface radio GMR-1 reposant sur l'AMRT ont été normalisées à l'ETSI pour la première fois en 2001 (version 1 du GMR-1); elles s'appuient sur l'architecture du protocole GSM avec optimisations propres aux satellites et sur l'utilisation de l'interface A avec le cœur de réseau (voir la Fig. 78). La version 1 de l'interface radio GMR-1 prend en charge des services compatibles avec le GSM dont elle réutilise l'infrastructure réseau. Elle est conçue pour être utilisée avec des terminaux bimodes (satellite/de Terre), ce qui permet à l'utilisateur de passer des réseaux à satellite GMR-1 aux réseaux de Terre GSM. Parmi ses fonctionnalités, on peut citer la communication vocale efficace du point de vue de l'utilisation du spectre, la télécopie tolérante vis-à-vis des retards de transmission, les services de transmission de données fiables et non transparents jusqu'à 9,6 kbit/s, le service de messages courts (SMS), les services de diffusion cellulaire, les services basés sur la position, l'itinérance de carte SIM, les alertes à fort pouvoir de pénétration et les appels terminal à terminal avec bond à un seul satellite. Les systèmes utilisant la version 1 du GMR-1 sont aujourd'hui utilisés en Europe, en Afrique, en Asie et au Moyen-Orient.

FIGURE 77



M.185077

FIGURE 78



M.1850-78

La spécification de la fonction de commutation de circuits (version 1) a été mise à jour à deux autres reprises par le Comité technique de l'ETSI chargé des systèmes à satellites et des stations terriennes associées, en 2002 (version 1.2.1) et 2005 (version 1.3.1).

Le GMR-1 utilise le multiplexage par répartition dans le temps sur la liaison aller et l'accès multiple par répartition dans le temps sur la liaison retour.

En 2003, une fonction de transmission de données à commutation de paquets a été ajoutée à GMR-1, donnant lieu à la publication de GMRPRS-1 (*Geo-Mobile Packet Radio System*) ou version 2 du GMR-1. GMRPRS-1 dote les terminaux transportables utilisant la technologie GPRS de services de transmission de données via IP avec une interface Gb vers le coeur de réseau. Les Fig. 79 et 80 illustrent l'architecture protocolaire de l'interface radio GMR-1 pour le plan utilisateur et le plan commande, qui fait appel à l'interface Gb vers le coeur de réseau. Plusieurs modifications relatives aux satellites ont été apportées au niveau des couches PHY et MAC de la pile de protocoles pour améliorer les débits et l'efficacité d'utilisation du spectre.

FIGURE 79

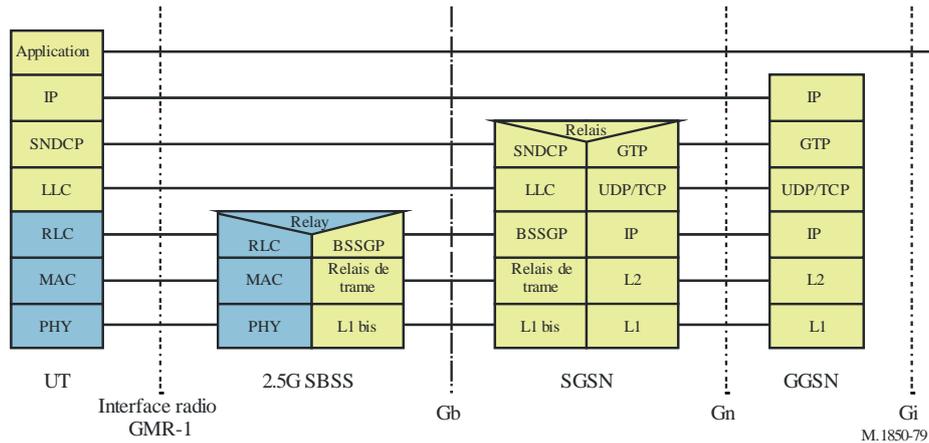
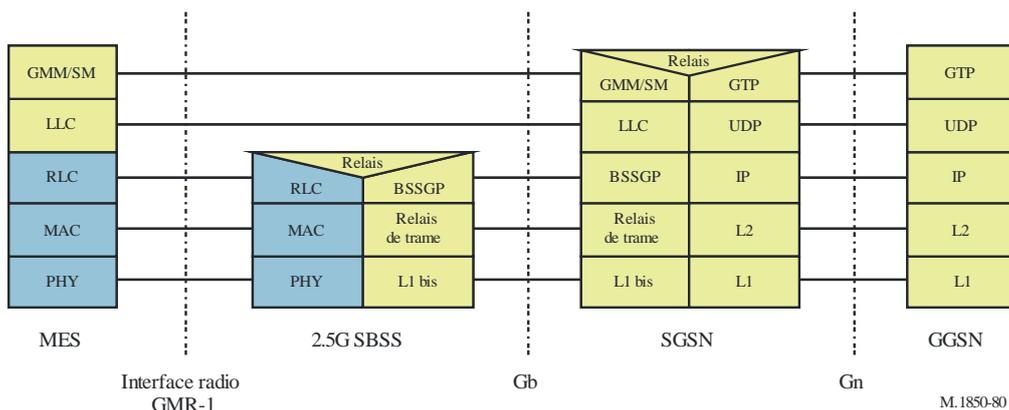


FIGURE 80



La version 2.1.1 du GMPRS-1 prend en charge des débits de données en mode paquet bidirectionnels jusqu'à 144 kbit/s, la différenciation de qualité de service entre utilisateurs et l'adaptation dynamique des liaisons. La version 2.2.1 du GMPRS-1, publiée en 2005, offre des services de transfert de données en mode paquet à bande étroite vers des terminaux portatifs à des débit atteignant 28,8 kbit/s en liaison montante et 64 kbit/s en liaison descendante. La version 2.3.1, publiée en 2008, offre un service en mode paquet à large bande étendu à 444 kbit/s sur la liaison aller et 202 kbit/s sur la liaison retour pour des terminaux transportables de taille A5. Le système permet également d'atteindre un débit maximal de 400 kbit/s en liaison montante à l'aide d'une antenne externe. Ce tout dernier ensemble de spécifications utilise dans la couche physique les techniques les plus avancées, notamment les codes LDPC et la modulation 32-MDAP, et peut assurer des services de transmission en continu bidirectionnels.

Un système utilisant la version 2 du GMR-1 a été déployé avec succès sur le terrain; il est actuellement exploité en Europe, en Afrique, en Asie et au Moyen-Orient.

La version 3.1.1 du GMR-1 3G a été publiée initialement par l'ETSI en juillet 2009. Depuis, elle a été mise à jour à deux reprises, en février 2011 (version 3.2.1) et en décembre 2012 (version 3.3.1). Le GMR-1 3G est fondé sur l'adaptation, à l'environnement satellite, de l'interface radioélectrique EDGE AMRT de l'ETSI (voir la Recommandation UIT-R M.1457-6, AMRT porteuse unique IMT-2000). Le GMR-1 3G est donc l'équivalent satellite de la norme EDGE. L'architecture protocolaire repose sur les versions 3GPP à partir de la version 6, alors que l'interface radio repose sur l'AMRT. Conformément aux spécifications 3GPP de l'ETSI, la station de base à satellite est donc équivalente à un GERAN. Le GMR-1 3G est conçu pour satisfaire aux exigences de la composante satellite des systèmes de télécommunication hertziens de troisième génération (3G).

Des systèmes reposant sur les spécifications de l'interface radio GMR-1 3G sont actuellement mis au point à l'intention des opérateurs du SMS dans le monde entier, avec un fonctionnement dans les bandes attribuées au SMS en bande L et en bande S, comme défini dans le document ETSI TS 101 376-5-5.

4.3.7.1 Principales caractéristiques du GMR-1 3G

Dans la spécification du GMR-1 3G, l'interface Iu-PS est utilisée entre le réseau radio et le coeur de réseau. L'objectif est de permettre aux opérateurs du SMS d'offrir des services reposant sur le système multimédia IP (IMS), tournés vers l'avenir. Les principales caractéristiques de cette interface radio sont les suivantes:

- téléphonie IP multi-débits avec utilisation efficace du spectre et compression d'en-tête zéro octet;
- compression des données V.44;
- compression d'en-tête TCP/IP, UDP/IP et RTP/UDP/IP;
- signaux robustes permettant l'établissement de la liaison avec des stations MES dont le format correspond à une utilisation de Terre;
- débit jusqu'à 590 kbit/s;
- fonctionnement dans une largeur de bande multi-porteuses;
- multiples types de terminaux: portatif, assistant numérique personnel (PDA), à bord de véhicule, portable, fixe, maritime et aéronautique;
- services multimédias IP;
- différenciation de la qualité de service entre utilisateurs et applications;
- adaptation dynamique des liaisons;
- compatibilité IPv6;
- transferts Terre/satellite;
- transferts entre faisceaux;
- protocoles NAS (*Non-Access Stratum*/strate de non-accès) non modifiés et coeur de réseau;
- alertes à fort pouvoir de pénétration;
- aide GPS avec coordonnées géocentriques fixes par rapport à la Terre ou coordonnées képlériennes;
- radiodiffusion cellulaire;
- capacité de multiplexage permettant à une station MES donnée de prendre en charge plusieurs sessions de téléphonie IP;
- multidiffusion efficace en termes d'utilisation des ressources;
- bouton de microphone (push-to-talk) efficace en termes d'utilisation des ressources et de délai;
- exploitation de faisceaux régionaux et de faisceaux ponctuels avec ou sans recouvrement;
- prise en charge de faisceaux souples pour le trafic uniquement.

Les Fig. 81 et 82 illustrent l'architecture protocolaire de l'interface radio GMR-1 3G pour le plan utilisateur et le plan commande, qui fait appel à l'interface Iu-PS vers le coeur de réseau.

FIGURE 81

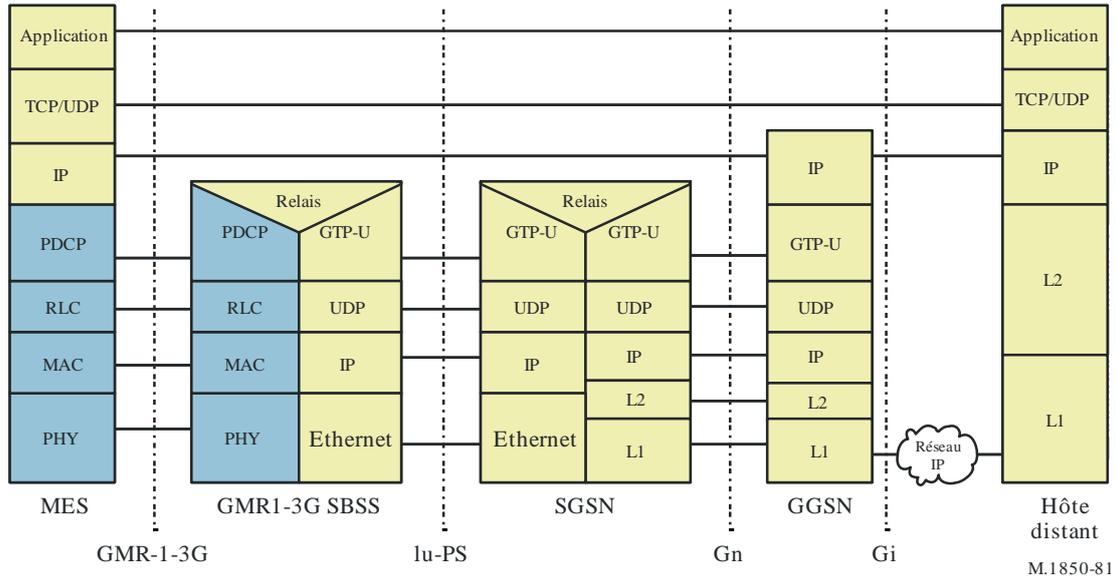
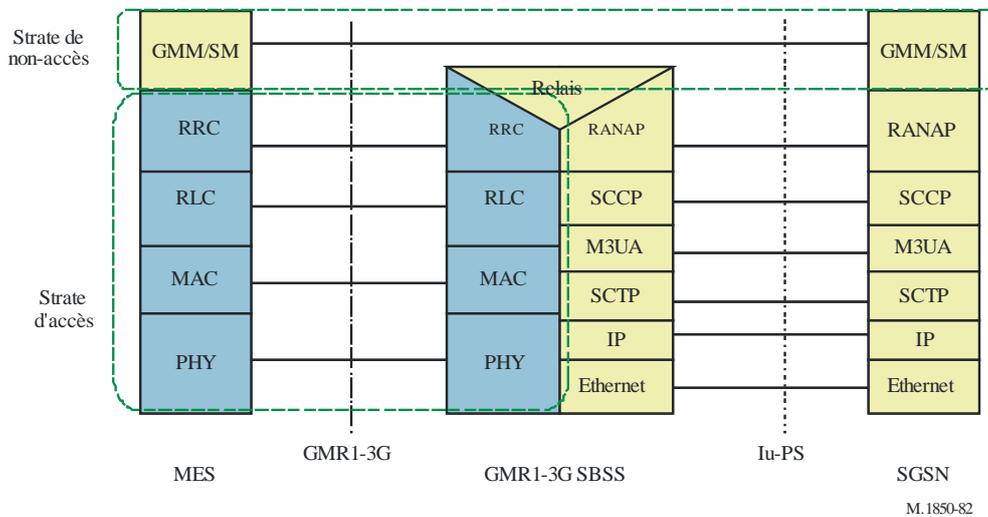


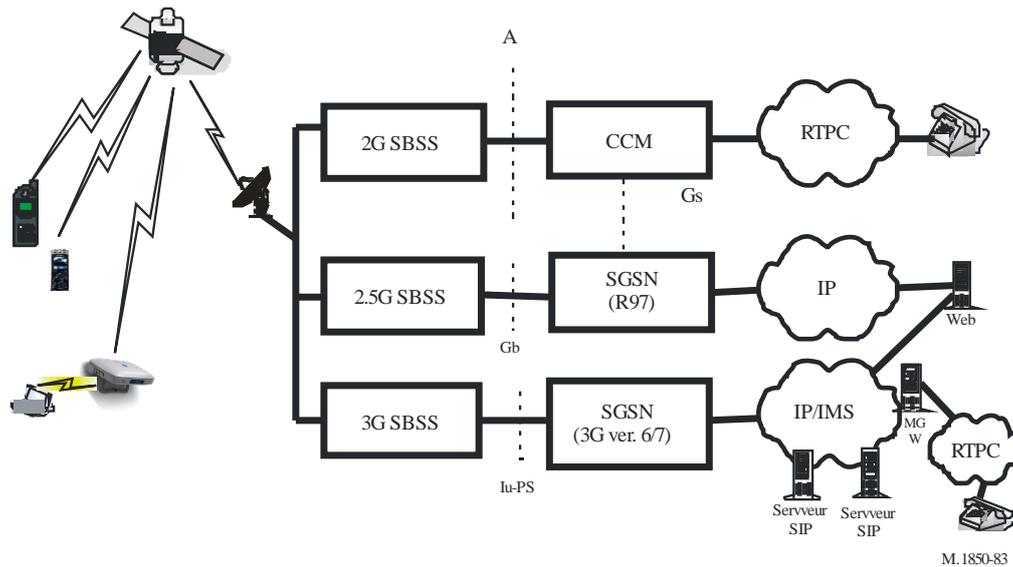
FIGURE 82



La Fig. 83 montre plusieurs architectures de bout en bout qui illustrent l'utilisation de l'interface radio GMR-1 3G avec différents coeurs de réseau. Un opérateur donné pourra opter pour une seule des architectures A, Gb et Iu-PS, ou en combiner plusieurs.

Dans cette figure, le terme «GMR-1» renvoie aux attributs de l'interface radio et au système qui utilise à la fois l'interface A et l'interface Gb. Lorsqu'un attribut donné ne s'applique qu'à l'une des deux interfaces A ou Gb, le terme employé est respectivement «GMT-1 (mode A)» ou «GMR-1 (mode Gb)». Le terme «GMR-1 3G» renvoie aux attributs de l'interface radio et au système qui utilise l'interface Iu-PS; il est noté «GMR-1 3G (mode Iu)». Si aucune interface n'est mentionnée, l'attribut est commun à toutes les interfaces.

FIGURE 83

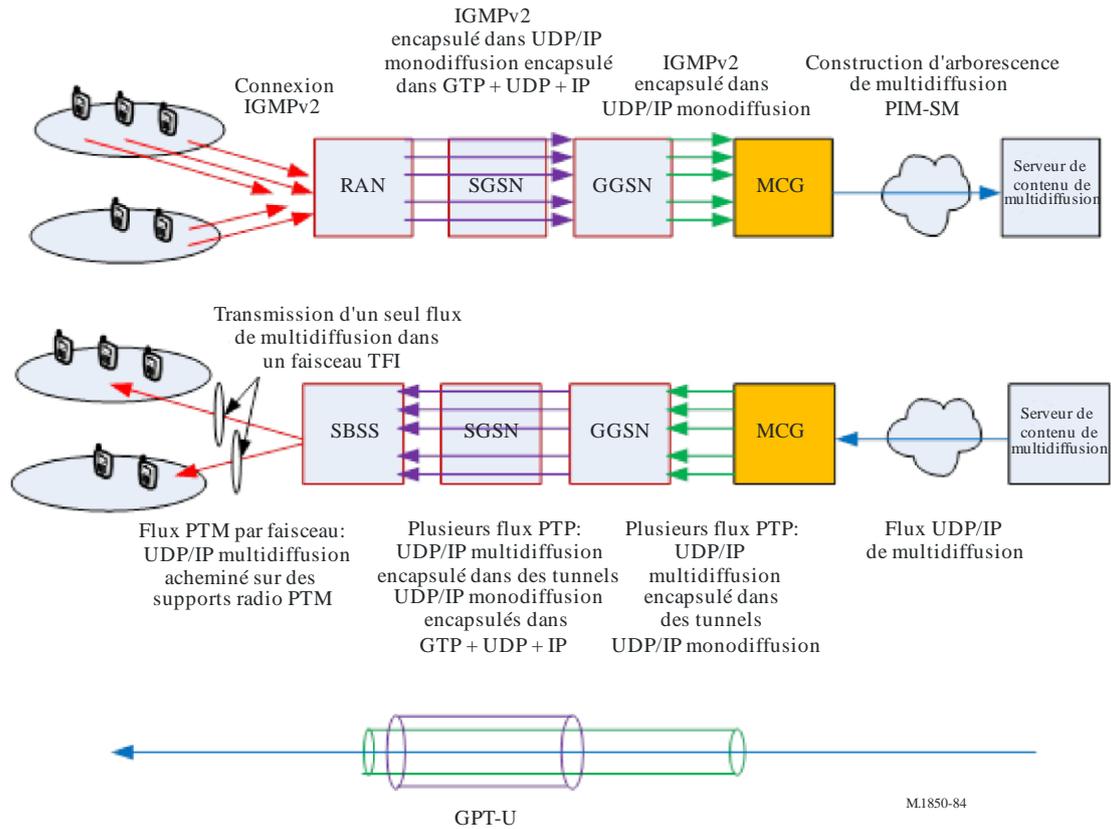


Le GMR-1 3G fonctionne en mode DRF avec des largeurs de bande de canal RF comprises entre 31,25 kHz et 312,5 kHz. Il offre une granularité du spectre plus fine, d'où une utilisation en partage plus facile entre différents systèmes.

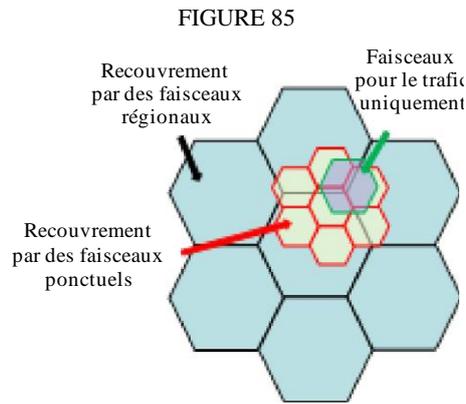
Le GMR-1 3G fournit une large gamme de services supports entre 1,2 et 592 kbit/s; il est ainsi possible d'assurer des services de télécommunication de haute qualité, en particulier des services de téléphonie d'une qualité analogue à la voix humaine et de transmission de données dans un environnement satellitaire à couverture mondiale.

La Fig. 84 montre la mise en oeuvre d'une multidiffusion efficace. Les terminaux utilisent le protocole de gestion de groupe Internet (IGMPv2) (voir le document RFC 2236 de l'IETF) pour se connecter à des sessions en multidiffusion. Le coeur de réseau fonctionne comme défini dans les spécifications du 3GPP. La station SBSS fusionne les différents flux en un seul flux TFI de multidiffusion par faisceau. Des détails sont fournis dans les documents ETSI TS 101 376-4-14 et ETSI TS 101 376-4-12.

FIGURE 84



La Fig. 85 montre un exemple de prise en charge d'une couverture par des faisceaux souples. Le GMR-1 3G est déployé dans des systèmes qui utilisent divers types de faisceau dans le même système. La Figure 85 représente un recouvrement par des faisceaux régionaux, un recouvrement par des faisceaux ponctuels et des faisceaux souples pour le trafic uniquement superposés sur la même zone de couverture. Dans cet exemple, les faisceaux régionaux pourraient être de grande taille avec un rapport G/T relativement faible et des valeurs de p.i.r.e. adaptées à la prise en charge de terminaux aéronautiques avec des antennes de gain élevé. Les faisceaux ponctuels pourraient être de très petite taille avec un rapport G/T beaucoup plus élevé et des valeurs de p.i.r.e. conçues pour prendre en charge des terminaux portatifs de grande capacité et très petits avec des antennes électriquement courtes, de faible gain. Les faisceaux pour le trafic uniquement pourraient être fixes ou orientables et configurés pour prendre en charge des besoins de trafic ponctuels. Compte tenu des progrès techniques accomplis concernant les satellites et les installations au sol, en particulier les formeurs de faisceau au sol, les antennes orientables et les architectures des réseaux, l'interface radio GMR-1 3G ne pose pas de difficultés pour la conception des satellites ou des systèmes.



4.3.7.2 Structure des trames

La structure de référence temporelle (documents ETSI TS 101 376-5-2 et ETSI TS 101 376-5-7) est présentée à la Fig. 86.

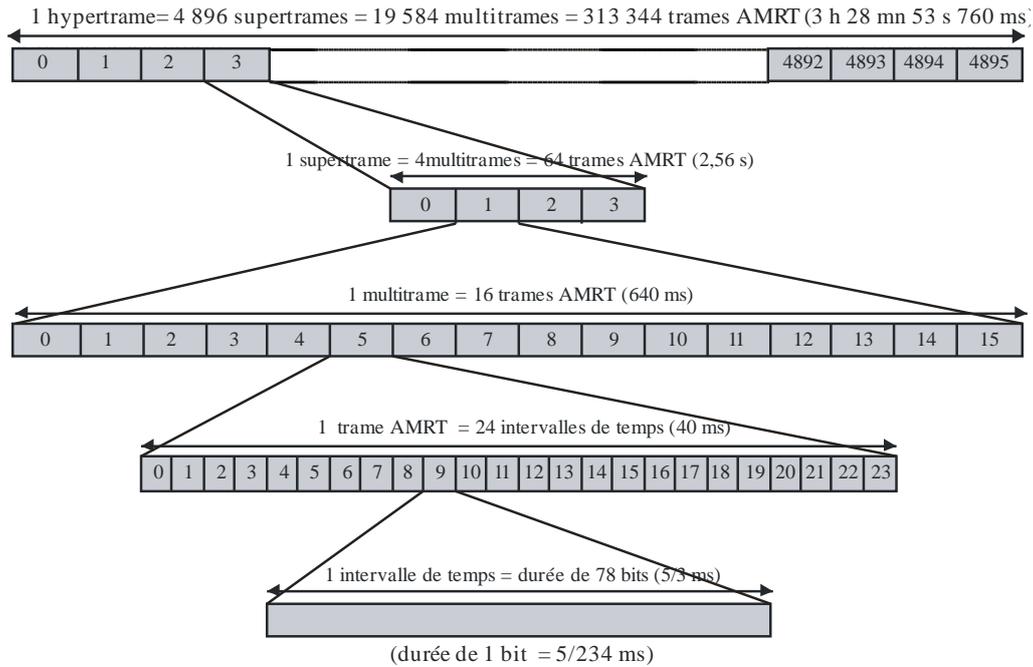
Le GMR-1 utilise le duplexage à répartition en fréquence pour les liaisons aller et retour, avec multiplexage par répartition dans le temps sur la liaison aller et accès multiple par répartition dans le temps sur la liaison retour.

La Fig. 86 montre la structure des trames à l'interface radio. La structure utilisée est la même sur la liaison aller et sur la liaison retour: dans cette description, toutes les mentions "trames AMRT" désignent aussi bien les trames MRT sur la liaison aller que les trames AMRT sur la liaison retour.

Les intervalles de temps d'une trame AMRT sont numérotés de 0 à 23 et un intervalle donné est repéré par son numéro d'intervalle de temps (TN, *Timeslot Number*). Les trames AMRT sont numérotées selon un numéro de trame (FN, *Frame Number*). Le numéro de trame est cyclique et compris entre 0 et $FN_MAX = (16 \times 4 \times 4\ 896) - 1 = 313\ 343$. Il est incrémenté à la fin de chaque trame AMRT. Un cycle complet de numéros de trame AMRT de 0 à FN_MAX est appelé hypertrame. Autres combinaisons de trames:

- Multitrames. Une multitrame est composée de 16 trames AMRT. Les multitrames sont alignées de sorte que le FN de la première trame d'une multitrame, modulo 16, est toujours égal à 0.
- Supertrames. Une supertrame est composée de quatre multitrames. Les supertrames sont alignées de sorte que le FN de la première trame d'une supertrame, modulo 64, est toujours égal à 0.
- Cycle d'information système. Le cycle d'information système a la même durée qu'une supertrame. La première trame du cycle d'information système est cependant retardée d'un nombre entier de trames (de 0 à 15) à partir du début d'une supertrame. Le délai retenu est différent d'un faisceau à l'autre: il est choisi de façon à réduire les besoins de puissance maximale du satellite. Les canaux FCCH (*Frequency Correction CHannel*, canal de correction de fréquence) et BCCH sont utilisés pour synchroniser les cycles d'information système au niveau de la station MES.

FIGURE 86



M.1850-86

4.3.7.3 Canaux

Le sous-système radio doit prendre en charge un certain nombre de canaux logiques décrits dans le document ETSI TS 101 376-5-2, que l'on peut classer en deux grandes catégories:

- les canaux de trafic (TCH, *Traffic Channel*);
- les canaux de commande (CCH, *Control Channel*).

4.3.7.3.1 Canaux de trafic

Les canaux à commutation de circuits, ou de mode A, comprennent ceux énumérés au Tableau 58. Ces canaux de trafic sont bidirectionnels.

TABLEAU 58

Type de canal	Capacité d'information utilisateur	Débit binaire brut	Modulation	Codage de canal
TCH3	Parole codée	5,85 kbit/s	MDP-4C $\pi/4$	Code convolutif
TCH6	Données utilisateur: 4,8 kbit/s Télécopie: 2,4 ou 4,8 kbit/s	11,70 kbit/s	MDP-4C $\pi/4$	Code convolutif
TCH9	Données utilisateur: 9,6 kbit/s Télécopie: 2 kbit/s; 4 kbit/s; 4,8 kbit/s ou 9,6 kbit/s	17,55 kbit/s	MDP-4C $\pi/4$	Code convolutif

On définit des canaux en mode paquet, qui offrent des débits binaires compris entre 8,8 kbit/s et 587,2 kbit/s.

Un canal de trafic de données en mode paquet (PDTCH, *Packet Data Traffic CHannel*) correspond à la ressource allouée à une station MES unique sur un canal physique pour la transmission de données utilisateur. Plusieurs canaux logiques peuvent être multiplexés de manière dynamique sur le même canal PDTCH. Le canal PDTCH utilise la modulation MDP-2 $\pi/2$, MDP-4 $\pi/4$, 16-MDAP ou 32-MDAP. Tous les canaux de trafic de données en mode paquet sont unidirectionnels, soit en liaison montante (PDTCH/U) pour un transfert en mode paquet en provenance d'un mobile, soit en liaison descendante (PDTCH/D) pour un transfert en mode paquet à destination d'un mobile.

Les canaux PDTCH sont utilisés pour acheminer du trafic de données en mode paquet, soit en mode Gb, soit en mode Iu. Ceux qui s'appliquent au mode Gb sont énumérés au Tableau 59, et ceux qui s'appliquent au mode Iu au Tableau 60. Les différents PDTCH sont désignés par le suffixe (m, n) , où m représente la largeur de bande du canal physique dans lequel le canal PDTCH est mappé, $m \times 31,25$ kHz, et n le nombre d'intervalles de temps alloués à ce canal physique. Les Tableaux 59 et 60 fournissent une synthèse de différents types de canaux de trafic de données en mode paquet: PDTCH $(m, 3)$, ($m = 1, 4, 5$ et 10), où la durée de salve est de 5 ms; PDTCH $(m, 6)$, ($m = 1, 2$), où la durée de salve est de 10 ms; et PDTCH $(m, 12)$, ($m = 5$), où la durée de salve est de 20 ms.

Un canal de trafic dédié (DTCH, *Dedicated Traffic CHannel*) est utilisé pour acheminer le trafic utilisateur lorsqu'un canal dédié (DCH, *Dedicated CHannel*) est attribué à la station terrienne mobile (MES) en mode paquet dédié. Les canaux DTCH sont unidirectionnels. Le canal DTCH/U est utilisé pour la liaison montante et le canal DTCH/D pour la liaison descendante. Un canal DTCH prend en charge une parole codée à 2,45 ou 4,0 kbit/s. Le Tableau 60 fournit une synthèse de différents types de canaux de trafic dédiés: DTCH $(m, 3)$, ($m = 1, 4, 5$ et 10), où la durée de salve est de 5 ms; DTCH $(m, 6)$, ($m = 1, 2$), où la durée de salve est de 10 ms; et DTCH $(m, 8)$, ($m = 1$), où la durée de salve est de 13,333 ms.

TABLEAU 59

Canaux	Sens (U: montant, D: descendant)	Débit de symboles en émission (ksymboles/s)	Codage de canal	Modulation	Largeur de bande en émission (kHz)	Valeur maximale du débit d'émission des données utiles (sans CRC) (kbit/s)	Valeur maximale du débit d'émission des données utiles (avec CRC) (kbit/s)
PDTCH(4,3)	U/D	93,6	Conv.	MDP-4 $\pi/4$	125,0	113,6	116,8
PDTCH(5,3)	U/D	117,0	Conv.	MDP-4 $\pi/4$	156,25	145,6	148,8
PDTCH(1,6)	U/D	23,4	Conv.	MDP-4 $\pi/4$	31,25	27,2	28,8
PDTCH(2,6)	D/D	46,8	Conv.	MDP-4 $\pi/4$	62,5	62,4	64,0
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	MDP-4 $\pi/4$	156,25	199,2	199,6
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	16-MDAP	156,25	354,8	355,2
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	32-MDAP	156,25	443,6	444,0
PDTCH2(5,12)	U	117,0	LDPC	MDP-4 $\pi/4$	156,25	199,2	199,6
PDTCH2(5,12)	U	117,0	LDPC	16-MDAP	156,25	399,2	399,6
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	MDP-4 $\pi/4$	156,25	169,6	171,2
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	16-MDAP	156,25	342,4	344,0
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	32-MDAP	156,25	380,8	382,4

TABLEAU 60

Canaux	Sens (U: montant, D: descendant)	Débit de symboles en émission (ksymboles/s)	Codage de canal	Modulation	Largeur de bande en émission (kHz)	Valeur maximale du débit d'émission des données utiles (sans CRC) (kbit/s)	Valeur maximale du débit d'émission des données utiles (avec CRC) (kbit/s)
DTCH(1,3)	U/D	23,4	Conv.	MDP-4 $\pi/4$	31,25	28,8	32,0
DTCH(1,6)	U/D	23,4	Conv.	MDP-2 $\pi/2$	31,25	14,4	16,0
DTCH(1,6)	U/D	23,4	Conv.	MDP-4 $\pi/4$	31,25	8,8	10,4
DTCH(1,8)	U/D	23,4	Conv.	MDP-2 $\pi/2$	31,25	10,8	12,0
PDTCH(1,6)	U/D	23,4	Conv.	MDP-4 $\pi/4$	31,25	27,2	28,8
PDTCH3(2,6)	U/D	46,8	Conv.	MDP-4 $\pi/4$	62,5	62,4	64,0
PDTCH3(2,6)	U/D	46,8	Turbo	MDP-4 $\pi/4$	62,5	62,4	64,0
PDTCH3(5,3)	U/D	117,0	Turbo	MDP-4 $\pi/4$	156,25	156,80	160,00
PDTCH3(5,3)	D	117,0	Turbo	16-MDAP	156,25	252,80	256,0
PDTCH3(5,12)	U/D	117,0	Turbo	MDP-4 $\pi/4$	156,25	185,2	186,0
PDTCH3(5,12)	U/D	117,0	Turbo	16-MDAP	156,25	257,6	259,2
PDTCH3(5,12)	D	117,0	Turbo	16-MDAP	156,25	295,2	296,0
PDTCH3(10,3)	D	234,0	Turbo	MDP-4 $\pi/4$	312,50	344,0	347,20
PDTCH3(10,3)	D	234,0	Turbo	16-MDAP	312,50	587,20	590,40

On trouvera la liste complète des mécanismes de modulation et de codage pris en charge dans le document ETSI TS 101 376-4-12.

4.3.7.3.1 Canaux de diffusion cellulaire

On peut utiliser des faisceaux ponctuels pour diffuser le trafic sur un canal de diffusion cellulaire (CBCH). Ce canal, sur la liaison descendante seulement, sert à diffuser les informations de diffusion cellulaire du service de messages courts (SMSCB) aux stations MES. Lorsque le canal FCCH est utilisé, le canal CBCH est diffusé avec une structure de salve DC6 et lorsque le canal FCCH3 est utilisé, le canal CBCH est diffusé avec une structure de salve DC12.

4.3.7.3.2 PUI et PRI

Un bloc MAC/RLC est constitué d'une partie PUI (Public User Information, *informations utilisateur publiques*) et d'une partie PRI (Private User Information, *informations utilisateur privées*), comme illustré à la Fig. 87. Les blocs sur la liaison descendante peuvent comprendre une partie PUI étendue qui contient un champ ULMAP (uplink allocation mapping, *attributions correspondantes sur la liaison montante*). Ce champ permet de faire plusieurs attributions sur la liaison montante à différentes stations MES en utilisant la même salve sur la liaison descendante. Voir les documents ETSI TS 101 376-4-12 et ETSI TS 101 376-5-2 pour plus de détails.

FIGURE 87



M.1850-87

La partie PRI contient les données utiles, qui sont transmises à la couche physique par la couche liaison. Elle comprend l'en-tête MAC et l'en-tête des couches supérieures. Le débit de crête de transmission des données utiles (sans CRC) désigne par définition le débit binaire de la partie PRI maximal que l'on puisse atteindre en transmission continue, c'est-à-dire en utilisant l'ensemble des 24 intervalles de temps qui composent une trame. Ces valeurs maximales de débit sont obtenues avec un rendement de codage de 3/4 pour PDTCH(4,3) et PDTCH(5,3), et avec un rendement de 4/5 pour PDTCH(1,6) et PDTCH(2,6). Les valeurs maximales de débit du canal PDTCH2(5,12) et du canal PDTCH2(5,3) codés en LDPC sont obtenues pour différents systèmes de modulation avec les combinaisons de rendements de codage suivantes:

- liaison descendante: 32-MDAP rendement 4/5, 16-MDAP rendement 4/5, MDP-4 $\pi/4$ rendement 9/10;
- liaison montante: 16-MDAP rendement 9/10, MDP-4 $\pi/4$ rendement 9/10.

Les valeurs maximales de débit du canal PDTCH3(5,12) et du canal PDTCH3(5,3) codés en turbo-code sont obtenues pour différents systèmes de modulation avec les combinaisons de rendements de codage suivantes:

- liaison descendante: 16-MDAP rendement 2/3, MDP-4 $\pi/4$ rendement 5/6;
- liaison montante: MDP-4 $\pi/4$ rendement 5/6 pour le canal PDTCH3 (5,3), et
- liaison montante: 16-MDAP rendement 4/7 pour le canal PDTCH3 (5,12).

Les valeurs maximales de débit du canal PDTCH3(10,3) codé en turbo-code sont obtenues pour différents systèmes de modulation avec les combinaisons de rendements de codage suivantes:

- liaison descendante: 16-MDAP rendement 2/3, MDP-4 $\pi/4$ rendement 5/6.

4.3.7.3.3 Canaux de commande

Les canaux de commande (ETSI TS 101 376-5-2) ont pour objet l'acheminement de données de signalisation ou de synchronisation. Trois catégories de canal de commande sont définies: de diffusion, commun et dédié. Au sein de ces catégories, des canaux spécifiques sont définis. Comme dans le cas des canaux de trafic, certains canaux de commande s'appliquent aux modes A, Gb et Iu, et d'autres sont propres à un sous-ensemble de modes. Lorsqu'aucun mode n'est indiqué, le canal de commande s'applique à ces deux cas. Deux ensembles de canaux de commande sont définis. On peut accorder la préférence à l'un des deux en fonction de la p.i.r.e. du satellite disponible. Tous les canaux de commande de diffusion et canaux de commande communs sont transmis sur une porteuse de 31,25 kHz.

4.3.7.3.3.1 Canaux de commande de diffusion

4.3.7.3.3.1.1 Canal FCCH ou FCCH3

Le canal de correction de fréquence (FCCH ou FCCH3) achemine des informations utilisées pour la correction de fréquence de la station MES. Seule l'exploitation du sous-système radio nécessite cette correction de fréquence. Le canal FCCH sert également à la synchronisation des cycles d'information systèmes de la MES. Le FCCH est un canal de liaison descendante uniquement.

La salve FCCH est un signal réel modulé linéairement en fréquence («chirp») qui s'étend sur trois intervalles. L'enveloppe complexe de la salve émise est définie comme suit (ETSI TS 101 376-5-4):

$$x(t) = p(t) \left[e^{j\varphi_0} \sqrt{2} \cos(0,64\pi(t - 58,5T)^2) \right]$$

où φ_0 est une phase aléatoire et $p(t)$ est la fonction rampe définie dans la spécification qui a été publiée. Ce signal définit l'intervalle de balayage du «chirp» comme étant (-7,488 kHz, 7,488 kHz).

La salve FCCH3 est un signal réel modulé linéairement en fréquence qui s'étend sur douze intervalles. L'enveloppe complexe de la salve émise est définie comme suit:

$$x(t) = p(t) \left[e^{j\varphi_0} \sqrt{2} \cos(0,32\pi(t - 234T)^2) \right]$$

où φ_0 est une phase aléatoire et $p(t)$ est la fonction rampe définie dans la spécification. Ce signal définit l'intervalle de balayage du «chirp» comme étant (-3,744 kHz, 3,744 kHz).

4.3.7.3.3.1.2 Canal GBCH ou GBCH3

Le canal de commande de diffusion GPS (GBCH ou GBCH3) achemine vers la station MES des informations temporelles GPS (*global positioning system*, système mondial de repérage) et des informations concernant les éphémérides des satellites GPS. (Le canal PCH décrit ci-après peut aussi contenir des données d'almanach). Le GBCH est un canal de liaison descendante uniquement.

Chaque salve GBCH contient 108 bits d'information et est diffusée à l'aide de la salve DC2 composée de deux intervalles. La salve DC2 utilise la modulation MDP-4C $\pi/4$ et est codée à l'aide d'un code convolutif. Le canal GBCH3 contient les mêmes informations que le canal GBCH, mais il est formaté de manière à correspondre à une structure de salve DC12. La structure de salve DC12 utilise la modulation MDP-2 $\pi/2$ et le codage convolutif. Chaque salve du canal GBCH3 contient 192 bits d'information.

4.3.7.3.3.1.3 Canal BCCH

Le canal de commande de diffusion (BCCH) diffuse des informations système vers les stations MES. C'est un canal de liaison descendante uniquement. Les paramètres des informations systèmes acheminées par le canal BCCH sont décrits dans le document (ETSI TS 101 376-4-8). Chaque salve du canal BCCH contient 192 bits d'information. Le canal BCCH est diffusé au moyen de la structure de salve BCCH ou de la structure de salve DC12. La structure de salve BCCH a une longueur de six intervalles de temps. Elle est diffusée au moyen de la modulation MDP-4C $\pi/4$ et est codée à l'aide d'un code convolutif.

4.3.7.3.3.2 Canaux de commande communs

Les canaux de commande communs (CCCH) sont de plusieurs types:

4.3.7.3.3.2.1 Canal PCH

Le canal de radiorecherche (PCH, *Paging Channel*): liaison descendante seulement, sert à rechercher les stations MES. Chaque salve PCH contient 192 bits d'information et est diffusée à l'aide de la salve DC6 sur six intervalles ou de la salve DC12. La salve DC6 utilise la modulation MDP-4C $\pi/4$ et est codée à l'aide d'un code convolutif.

4.3.7.3.3.2.2 Canal RACH ou RACH3

Le canal à accès aléatoire (RACH, *Random Access Channel*), de liaison montante seulement, sert à demander une allocation de ressources pour un canal de trafic.

4.3.7.3.3.2.3 Canal AGCH

Le canal d'attribution d'accès (AGCH, *Access Grant Channel*), de liaison descendante seulement, sert à attribuer au terminal d'utilisateur ou à la station MES des ressources de canal de trafic. Chaque salve AGCH contient 192 bits d'information et est diffusée à l'aide de la salve DC6 sur six intervalles ou de la salve DC12.

4.3.7.3.3.2.4 Canal BACH

Le canal d'alerte de base (BACH, *Basic Alerting Channel*), sur la liaison descendante seulement, sert à alerter les stations MES. Les paramètres des informations systèmes acheminées par le canal BCCH sont décrits dans le document ETSI TS 101 376-4-8. Chaque salve du canal BCCH contient 192 bits d'information. Le canal BCCH est diffusé au moyen de la structure de salve BCCH ou de la structure de salve DC12. La structure de salve BCCH a une longueur de six intervalles de temps. Elle est diffusée au moyen de la modulation MDP-4C $\pi/4$ et est codée à l'aide d'un code convolutif.

4.3.7.4 Correction d'erreur directe

Le GMR-1 3G adopte plusieurs schémas de correction d'erreur directe CED (anglais FEC, *forward error correction*) parmi les plus récents (ETSI TS 101 376-5-3). Le Tableau 61 récapitule les schémas pris en charge par le GMR-1 3G.

TABLEAU 61

Code de correction d'erreur directe	Taille du bloc de correction d'erreur directe (bits d'information)	Observations
Code convolutif	Entre 20 et 1 000 bits	Longueur de contrainte $K = 5, 6, 7$ et 9 . Code mère de rendement $1/4, 1/3$ et $1/2$. Rendements variés par poinçonnage. Insertion de bits de terminaison pour les petits blocs CED
Turbo-code	Entre 200 et 6 000 bits	Turbo-code. Rendements variés par poinçonnage.
Code Reed-Solomon	Blocs de 9 symboles d'information de 4 bits	Code systématique de Reed-Solomon (15,9)
Code Golay étendu	12 bits d'information	Code Golay étendu (12,24)
Code LDPC (<i>Low Density Parity Check</i> , contrôle de parité à faible densité)	Entre 500 et 9 000 bits	Optimisé pour les petites tailles de bloc CED.
Code CRC (<i>Cyclic Redundancy Check</i> , contrôle de redondance cyclique)	Entre 20 et 9 000 bits	CRC de 3, 5, 8, 12 et 16 bits pour la détection des erreurs

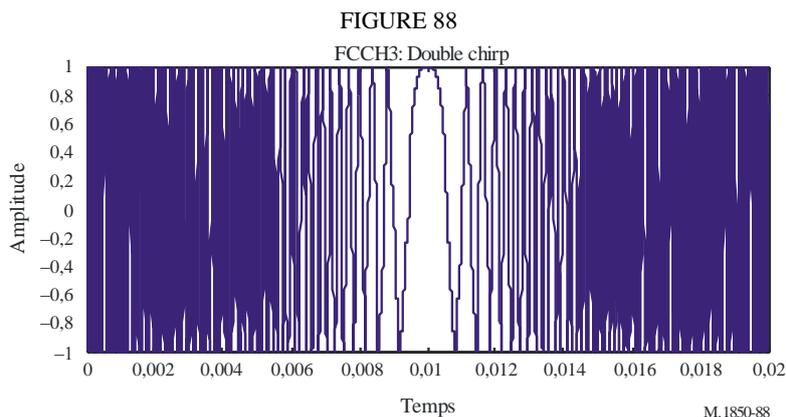
Les bits issus du codage CED sont en outre poinçonnés, entrelacés et embrouillés avant modulation. Pour plus de détails, voir ETSI TS 101 376-5-3.

4.3.7.5 Modulation

Comme spécifié dans ETSI TS 101 376-5-4, le GMR-1 3G met en oeuvre des modulations efficaces en termes de puissance et d'utilisation du spectre. Les systèmes de modulation spécifiés sont les suivants:

- double chirp;
- MDP-2 $\pi/2$, MDP-4 $\pi/4$, 16-MDAP et 32-MDAP.

Le double chirp est un signal modulé en fréquence à enveloppe constante utilisé pour la synchronisation initiale de la station MES et l'acquisition de la fréquence du canal de correction de fréquence (FCCH). La forme d'onde du double chirp est illustrée à la Fig. 88.



Les canaux de commande utilisent la MDP-2 $\pi/2$ ou la MDP-4 $\pi/4$, et les canaux de trafic la MDP-2 $\pi/2$, la MDP-4 $\pi/4$, la 16-MDAP ou la 32-MDAP en fonction du débit binaire. Les constellations de signaux sont présentées à la Fig. 89 pour les modulations MDP-2 $\pi/2$ et MDP-4 $\pi/4$ et à la Fig. 90 pour les modulations 16-MDAP et 32-MDAP.

FIGURE 89

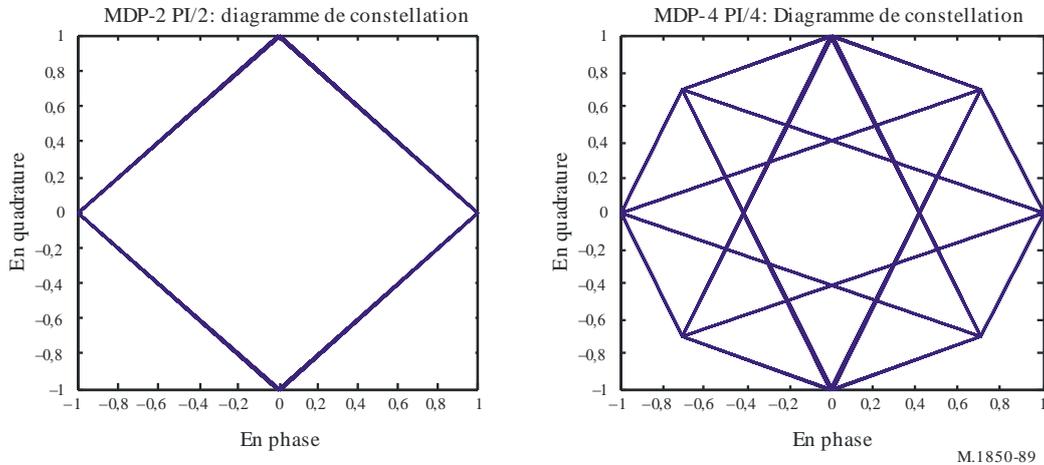
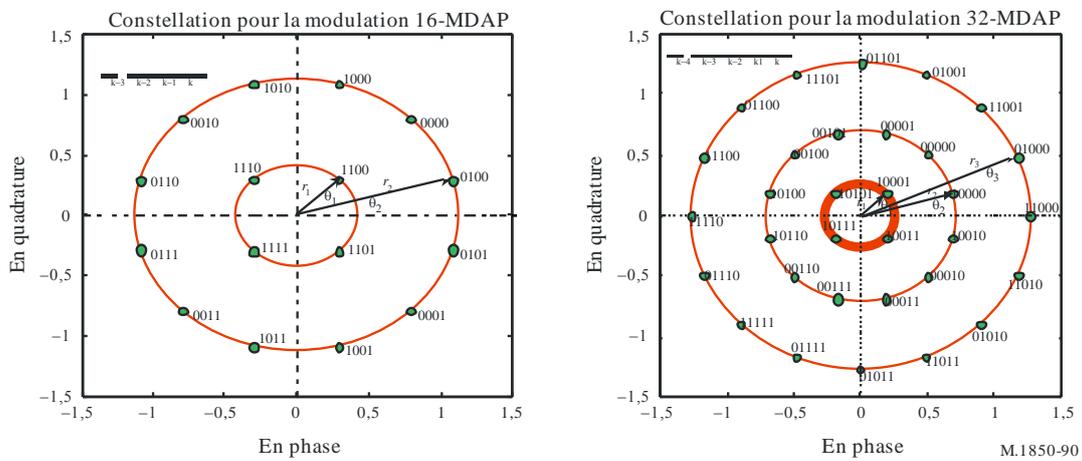
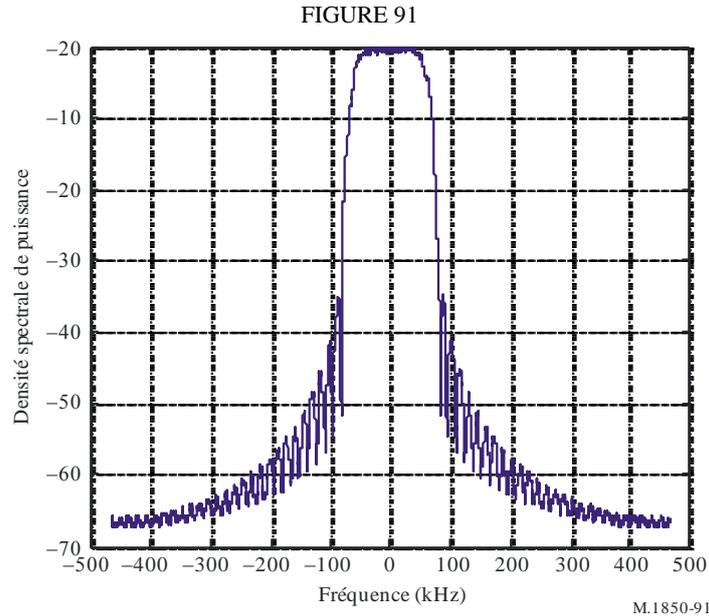


FIGURE 90



Les impulsions du signal modulé sont modélées par un filtre en racine de cosinus surélevé avec un facteur de décroissance égal à 0,35. A titre d'exemple, la densité spectrale de puissance (DSP) du PNB3(5,3) modulé en MDP-4 $\pi/4$ est présentée à la Fig. 91.



Le Tableau 62 donne le rapport puissance moyenne/puissance de crête (PAPR, *peak-to-average-power-ratio*) pour différents systèmes de modulation. Les systèmes de modulation retenus pour le GMR-1 3G (MDP-2 $\pi/2$, MDP-4 $\pi/4$, 16 MDAP, etc.) présentent des rapports PAPR très inférieurs aux modulations conventionnelles MDP-2, MDP-4 et 16-MAQ.

TABLEAU 62

Modulation	MDP-2 $\pi/2$	MDP-2	MDP-4	MDP-4 $\pi/4$	16-MAQ	16-MDAP	32-MDAP
PAPR (dB)	1,84	3,86	3,86	3,17	6,17	4,72	5,91

4.3.7.6 Commande de puissance et adaptation des liaisons

4.3.7.6.1 Considérations générales

Comme spécifié dans le document ETSI TS 101 376-5-6, le GMR-1 3G met en oeuvre le contrôle de puissance et l'adaptation des liaisons. Ces techniques permettent au système de gérer les ressources radioélectriques de manière optimale en fonction de la qualité des canaux de réception et d'émission de la station MES.

L'adaptation rendement de code/système de modulation vise à:

- ajuster le débit de transmission en fonction de l'environnement radioélectrique spécifique à chaque utilisateur, tout en assurant une transmission fiable.

Pour la liaison retour du mobile, les objectifs de la commande de puissance sont de:

- réduire les brouillages dans le même canal au niveau du récepteur du satellite en veillant à ce que tous les signaux provenant d'UT différents arrivent au satellite avec, approximativement, le même niveau;
- réduire au minimum la perte de puissance de la station MES en utilisant la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) minimale nécessaire à l'établissement de la liaison dans des conditions radioélectriques données.

4.3.7.6.2 Adaptation des liaisons

Les services de données en mode paquet appliquent des procédures de commande du rendement de codage et du système de modulation sur la liaison aller et sur la liaison retour (ETSI TS 101 376-5-6).

Le réseau choisit le rendement de codage et le système de modulation pour le sens aller et le sens retour en fonction des informations concernant la qualité de signal et le niveau de puissance disponibles au niveau du réseau lui-même ou transmises par les terminaux.

Le terminal prend connaissance du rendement de codage et du système de modulation choisis par le réseau en lisant l'en-tête de la couche physique (PUI, *Physical Layer Header*) dans chaque salve de sens aller.

4.3.7.6.3 Commande de puissance

Les canaux dédiés utilisent la commande de puissance pour la liaison aller et la liaison retour (ETSI TS 101 376-5-6). Dans le service de données en mode paquet, la commande de puissance est utilisée dans le sens retour. La puissance émise au niveau de la station MES est régulée pour obtenir la qualité de signal attendue à l'extrémité du réseau, sans la dépasser. La puissance émise par le terminal peut être modifiée sur un intervalle de 24 dB au-dessous de la puissance maximale, par pas de 0,4 dB.

Les deux modes de commande de puissance, en boucle ouverte et en boucle fermée, sont pris en charge.

En mode commande de puissance en boucle fermée, la puissance émise par la station MES est commandée en fonction de mesures de la qualité de signal reçu effectuées au niveau du réseau. En boucle fermée, en raison du temps de propagation aller-retour, la vitesse de réaction aux variations radioélectriques est lente. La commande en boucle fermée vise à atténuer les phénomènes de masque. Le réseau opte pour l'un ou l'autre des modes de commande de puissance du terminal en fonction de mesures de qualité du signal effectuées par la couche physique du réseau sur les salves émises par la station MES.

En boucle ouverte, la station MES mesure la qualité du signal reçu et ajuste rapidement sa puissance d'émission en cas de détérioration soudaine du niveau de qualité. Cette approche suppose qu'il existe un certain degré de corrélation statistique entre les effets de masque en émission et en réception. Elle est utilisée au niveau des UT pour accélérer la réponse aux phénomènes de masque qui surviennent brusquement.

4.3.7.7 Organisation des canaux de commande

Un système mobile à satellites peut utiliser, à des fins de synchronisation, soit la salve à trois intervalles du canal FCCH, soit celle à douze intervalles du canal FCCH3 (ETSI TS 101 376-5-2). Le choix dépend de la p.i.r.e. disponible au niveau du satellite. Les types de salve utilisés pour les canaux de commande de diffusion et canaux de commande communs sont présentés dans les Tableaux 63 et 64, respectivement dans l'hypothèse de l'utilisation du canal FCCH et du canal FCCH3.

Une station MES effectue une recherche du canal FCCH ou du canal FCCH3 et est en mesure de recevoir tous les autres canaux de commande en fonction de la version du canal de correction de fréquence reçu.

TABLEAU 63

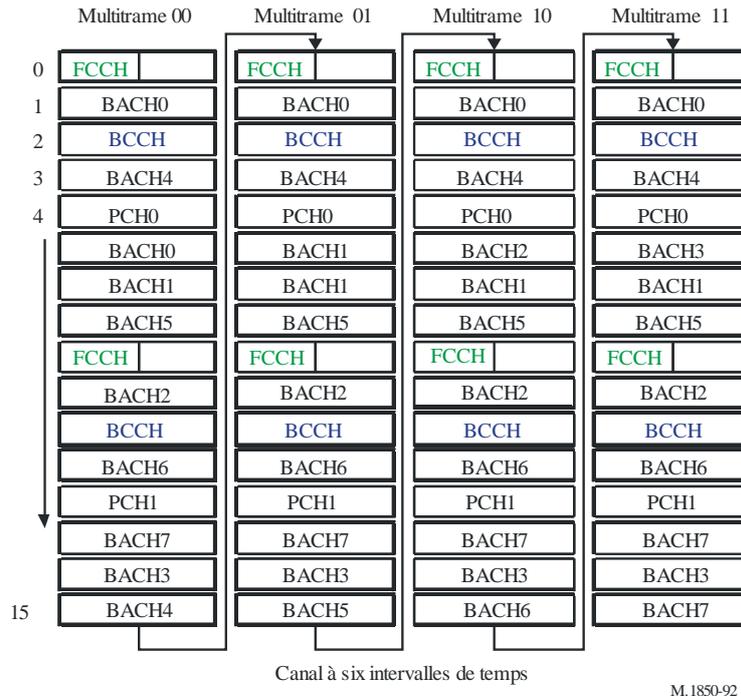
Canal de commande	Type de salve
FCCH	FCCH
BCCH	BCCH
GBCH	DC2
PCH	DC6
AGCH	DC6
BACH	BACH

TABLEAU 64

Canal de commande	Type de salve
FCCH3	FCCH3
BCCH	DC12
GBCH3	DC12
PCH	DC12
AGCH	DC12
BACH	BACH

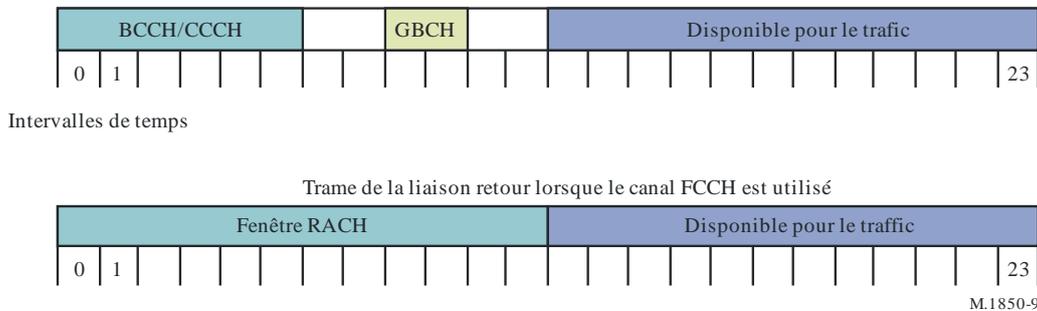
La Fig. 92 montre l'organisation de la diffusion des canaux de commande sur le canal BCCH/CCCH à 31,25 kHz lorsque le canal FCCH est utilisé. A noter que la salve du canal FCCH est à trois intervalles et que celle des canaux BCCH et PCH est à six intervalles. Lorsque le canal FCCH est utilisé, 6 intervalles de temps de chaque trame sur les 24 sont dédiés à la diffusion des canaux de commande. La trame de 24 intervalles est présentée à la Fig. 93. A noter également que le canal GBCH est diffusé avec un retard de deux intervalles de temps par rapport aux canaux BCCH/CCCH à l'intérieur de chaque trame. Les intervalles de temps inutilisés entre l'intervalle numéro 12 et l'intervalle numéro 23 de la trame peuvent être utilisés pour le trafic. Le numéro d'intervalle de temps par rapport au canal physique (PCRTN) et le numéro de trame par rapport aux informations systèmes sont décrits dans le document ETSI TS 101 376-5-2. Le numéro qui vient après PCH et BACH renvoie aux groupes de radiorecherche et d'alerte. On trouvera une description dans le document ETSI TS 101 376-5-2.

FIGURE 92



M.1850-92

FIGURE 93



M.1850-93

La Fig. 94 illustre l'organisation de la diffusion des canaux de commande sur le canal BCCH/CCCH à 31,25 kHz lorsque le canal FCCH3 est utilisé comme indiqué sur la Fig. 96. A noter que les salves des canaux FCCH3, BCCH, PCH et AGCH sont tous à 12 intervalles. Comme le montre la Fig. 95, les 12 premiers intervalles de la trame de 24 intervalles sont utilisés pour transmettre les canaux de commande et les 12 intervalles restants sont disponibles pour le trafic.

L'attribution sur la liaison retour présentée dans les Fig. 95 et 97 fait apparaître une fenêtre RACH à 12 intervalles. Pour les faisceaux ponctuels ou régionaux de très grande taille, pour lesquels l'incertitude temporelle est grande, le GMR-1 3G permet d'étendre arbitrairement la fenêtre RACH jusqu'à la totalité des 24 intervalles de temps, tout en laissant les intervalles de temps restants disponibles pour le trafic. La liaison aller peut acheminer un trafic de diffusion, de multidiffusion ou dédié, en fonction des besoins du système.

- identification des différents flux de trafic d'une ou plusieurs stations MES sur un canal partagé;
- multiplexage/démultiplexage d'unités de paquets des couches supérieures;
- multiplexage/démultiplexage de plusieurs flux temporaires de blocs sur le même canal PDTCH;
- programmation des unités de paquets de données et de commande RLC/MAC transmis au canal physique sur un canal partagé;
- découpage/recombinaison des unités de paquets RLC/MAC à destination/en provenance de plusieurs canaux logiques partagés;
- mise en correspondance de supports de multidiffusion avec des flux TFI partagés.

La couche RLC fonctionne en mode accusé de réception (AM, *Acknowledge mode*) ou sans accusé de réception (UM, *UnAcknowledged mode*). Entre autres fonctions assurées:

- segmentation d'unités de paquets des couches supérieures en blocs de données RLC;
- concaténation d'unités de paquets des couches supérieures en blocs de données RLC;
- bourrage pour remplir totalement les blocs de données RLC;
- réassemblage des blocs de données RLC en unités de paquets de couche supérieure;
- remise en séquence d'unités de paquets de couche supérieure;
- adaptation des liaisons;
- chiffrement et déchiffrement en mode Iu;
- contrôle des numéros de séquence en vue de détecter des blocs RLC perdus.

En mode Iu, la couche RLC peut aussi fonctionner en mode transparent pour un acheminement de la téléphonie IP efficace en termes d'utilisation du spectre.

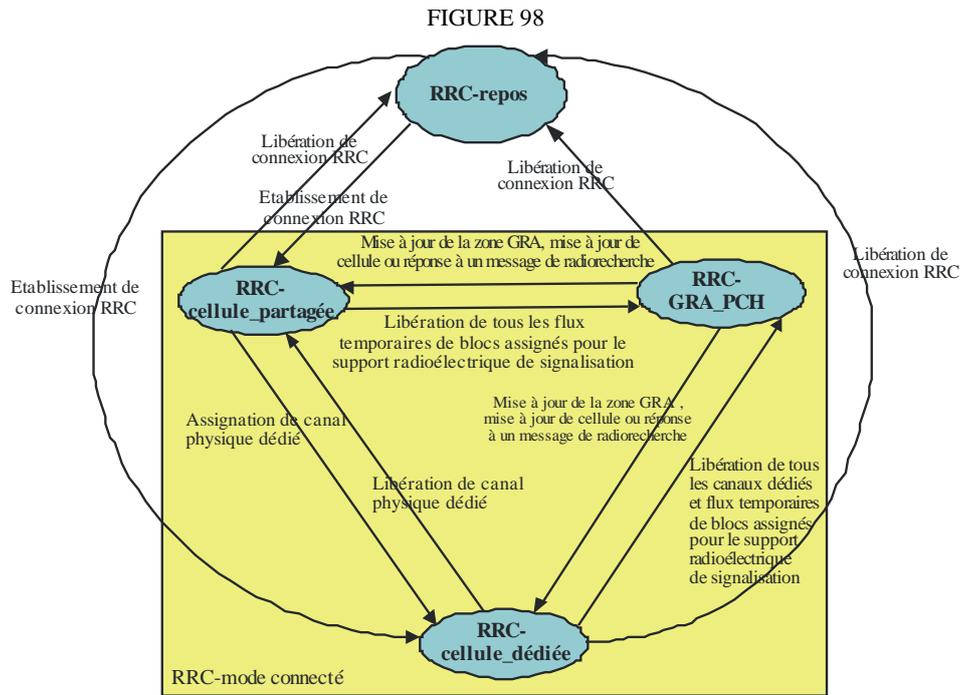
En plus de ce qui précède, la couche RLC assure les fonctions suivantes lorsqu'elle est exploitée en mode ACK:

- procédure de correction d'erreur arrière (BEC, *backward error correction*) permettant la retransmission sélective de blocs de données RLC;
- rejet d'unités de données de service RLC non encore segmentées en unités de paquets RLC, en fonction des exigences de temps de propagation des supports radioélectriques associés.

4.3.7.9 Architecture de la couche RRC

L'architecture de la couche de gestion des ressources radioélectriques (RRC, *Radio Resource Control*) pour l'interface radio SRI-H repose sur les spécifications de la couche RRC en mode Iu du GERAN publiées par l'ETSI (ETSI TS 101 376-4-13), avec des optimisations propres à l'environnement des satellites pour prendre en compte les conditions de temps de propagation important et améliorer l'efficacité d'utilisation du spectre.

Le modèle d'automate à états de la couche RRC repose sur les états RRC définis dans le document ETSI TS 101 376-4-13 et est illustré à la Fig. 98.



M.1850-98

Les fonctions de la couche RRC comprennent:

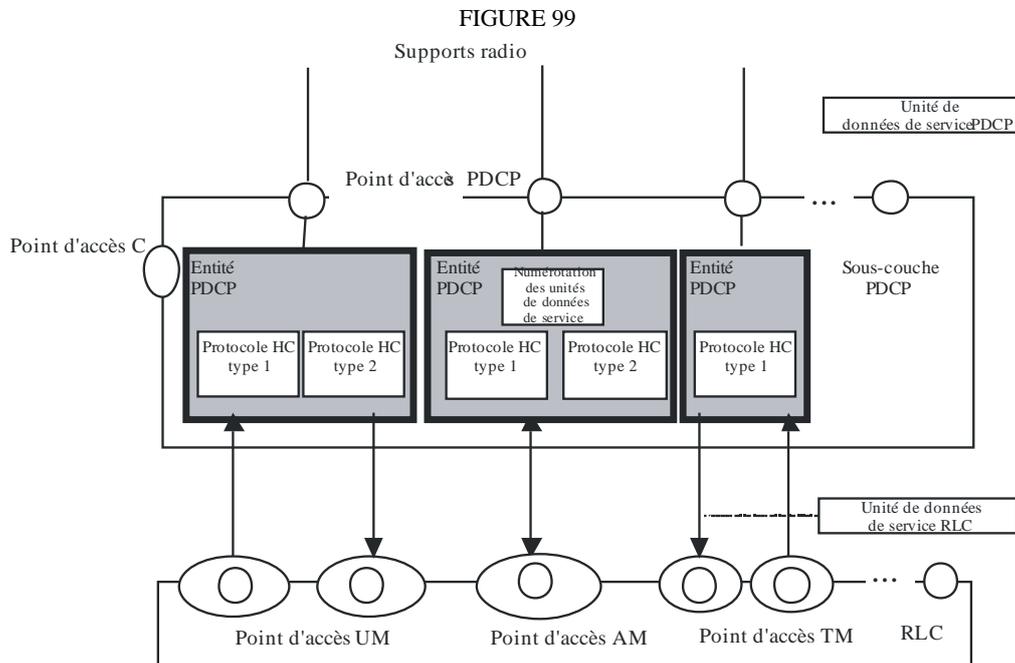
- assignation, reconfiguration et libération des ressources radioélectriques pour la connexion RRC;
- établissement, reconfiguration et libération des supports hertziens;
- libération des connexions de signalisation;
- radiorecherche;
- routage des unités de paquets des couches supérieures;
- contrôle de la qualité de service demandée;
- commande du chiffrement;
- protection d'intégrité;
- appui des services d'indication du lieu;
- commande du mécanisme d'avance en temps.

Parmi les améliorations spécifiques à l'environnement satellitaire dans la couche RRC, on peut citer:

- améliorations apportées à la procédure de mise à jour de la cellule en vue de réduire le nombre d'allers-retours;
- établissement rapide de la connexion RRC à l'aide du canal RACH;
- mise à jour rapide de la zone d'enregistrement auprès du GERAN (GRA, *Geran Registration Area*) à l'aide du canal RACH/PRACH;
- rejet/libération de connexion RRC rapide à l'aide du canal AGCH;
- procédure de rattachement RAB pour identifier les supports PTT;
- procédure de rattachement RAB pour identifier le support de multidiffusion;
- procédure de reconfiguration RB pour le repositionnement des porteuses intra-faisceau.

4.3.7.10 Architecture de la couche PDCP

L'architecture de la couche de protocole de convergence de données en mode paquet (PDCP, *Packet Data Convergence Protocol*) est définie dans le document ETSI TS 101 376-4-15, avec certaines améliorations propres à l'environnement des satellites. L'architecture de la couche PDCP est présentée à la Fig. 99.



Le PDCP remplit les fonctions suivantes:

- compression et décompression des en-têtes des flux de données IP (par exemple, en-têtes TCP/IP et RTP/UDP/IP pour IPv4 et IPv6) au niveau des entités d'émission et de réception respectivement;
- transfert de données utilisateur. Cette fonction sert à acheminer des données entre les utilisateurs de services PDCP;
- maintien des numéros de séquence PDCP;
- compression des données V.44.

Le protocole PDCP utilise les services assurés par la sous-couche de commande de liaison radioélectrique (RLC, *radio link control*).

Les optimisations propres à l'environnement des satellites comprennent:

- les procédures d'établissement à contexte précoce;
- la compression d'en-tête zéro octet;
- le traitement efficace de paquets RTCP;
- le traitement efficace d'en-têtes IPv6 pour RTP/UDP/IP;
- l'échange avec serveur proxy d'amélioration des performances TCP.

Parmi les avantages apportés par les fonctions de la couche PDCP, on peut citer:

- amélioration de l'efficacité d'utilisation du spectre et réduction de la puissance consommée par le satellite;

- renforcement de la capacité;
- allongement de la durée de vie des batteries de la station MES;
- amélioration du temps de réponse interactif;
- réduction du taux de perte de paquets.

4.3.7.11 Types de terminaux

Le GMR-1 3G prend en charge une large gamme de terminaux, des petits terminaux portatifs aux grands terminaux fixes ou transportables à gain élevé. Les débits vocaux de 2,45 kbit/s et 4 kbit/s avec compression d'en-tête zéro octet sont assurés ainsi que le trafic de données IP avec largeur de bande fonction du type de terminal. Les caractéristiques de terminal suivantes sont prises en charges:

- identificateur de type de terminal GMR-1 3G (code de point sémaphore). Voir le document ETSI TS 101 376-5-2;
- classe multi-intervalles (limitations imposées aux émissions de salves pour les petits terminaux). Voir le document ETSI TS 101 376-5-2;
- classe de puissance. Voir le document ETSI TS 101 376-5-5;
- types de canaux pris en charge (FCCH et/ou FCCH3). Voir le document ETSI TS 101 376-5-2;
- types de canaux de trafic pris en charge sur la base de la capacité du terminal;
- capacité de transmission (duplex ou semi-duplex);
- mode d'utilisation (portatif, fixe, etc.);
- type d'antenne (interne ou externe, avec polarisation linéaire ou circulaire, etc.);
- interfaces réseau prises en charge (mode A, mode Gb ou mode Iu);
- bande de fonctionnement (bande S, bande L). Voir le document ETSI TS 101 376-5-5.

4.3.7.12 Conclusion

Le GMR-1 3G est une norme de l'ETSI et de la TIA pour les télécommunications mobiles par satellite destinée à prendre en charge les services IMT-2000, dont il existe trois versions. La norme GMR-1 est actuellement utilisée dans des systèmes mobiles à satellites qui couvrent l'Europe, l'Afrique, l'Asie et le Moyen-Orient. La norme GMR-1 3G est en cours de déploiement en Amérique du Nord.

Le GMR-1 3G offre des services IMT-2000 sur une large gamme de terminaux et assure des débits binaires en mode paquet compris entre 2,45 et 592 kbit/s.

Le GMR-1 3G prend en charge le transfert de la voix avec compression d'en-tête zéro octet et utilisation efficace du spectre.

La norme GMR-1 3G est actuellement disponible sous forme de spécification d'interface radio auprès de l'ETSI (ETSI TS 101 376) et de la TIA (S-J-STD-782).

5 Recommandations relatives aux limites de rayonnements non désirés provenant des terminaux des systèmes à satellites IMT-2000

Les rayonnements non désirés provenant des terminaux de systèmes à satellites IMT-2000 ne doivent pas dépasser les limites définies dans les Recommandations UIT-R pertinentes (c'est-à-dire que, pour les systèmes à satellites OSG et non OSG fonctionnant dans certaines bandes de fréquences de la gamme 1-3 GHz, tous les terminaux doivent être conformes aux limites indiquées respectivement dans les Recommandations UIT-R M.1343 et UIT-R M.1480).

Annexe 1

Abréviations

3GPP	Projet de partenariat de 3ème génération (<i>third generation partnership project</i>)
AI	Indicateur d'acquisition (<i>acquisition indicator</i>)
AICH	Canal d'indicateur d'acquisition (<i>acquisition indicator channel</i>)
AMRC	Accès multiple par répartition en code (CDMA, <i>code division multiple access</i>)
AMRC-DS	AMRC séquence directe (DS-CDMA, <i>direct spread CDMA</i>)
AMRC-LB	AMRC à large bande (WCDMA, <i>wideband CDMA</i>)
AMRC-LBS	AMRC large bande par satellite (SW-CDMA, <i>satellite wideband CDMA</i>)
AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence (FDMA, <i>frequency division multiple access</i>)
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA, <i>time division multiple access</i>)
AMRT/C-LB	Technique hybride d'accès multiple à large bande par répartition dans le temps et par répartition en code (W-C/TDMA, <i>wideband (hybrid) code and time-division multiple access</i>)
AMRT/C-QO- QS-LB	AMRT/AMRC quasi orthogonal quasi synchrone hybride en large bande (W-QS-QO-C/TDMA, <i>(Hybrid) wideband quasi synchronous quasi orthogonal CDMA/TDMA</i>)
AP	Préambule d'accès (<i>access preamble</i>)
ARQ	Demande de répétition automatique (<i>automatic repeat request</i>)
AS	Intervalle d'accès (<i>access slot</i>)
AVP	Paire de valeurs d'attribut (<i>attribute value pair</i>)
BCCH	Canal de commande de diffusion (<i>broadcast control channel</i>)
BCH	Canal de diffusion (<i>broadcast channel</i>)
BEC	Correction d'erreur arrière (<i>backward error correction</i>)
BS	Station de base (<i>base station</i>)
BSDT	Transmission à diversité par sélection de faisceau (<i>beam selection diversity transmission technique</i>)
BSTD	Diversité à l'émission par sélection de faisceau (<i>beam selection transmit diversity</i>)
CCCH	Canal de commande commun (<i>common control channel</i>)
CCPCH	Canal physique de commande commun (<i>common control physical channel</i>)
CCS	Centre de commande des satellites (SCC, <i>satellite control centre</i>)
CDP	Préambule de détection de collision (<i>collision detection preamble</i>)
CED	Correction d'erreur directe (FEC, <i>forward error correction</i>)
CLoS	Visibilité directe (<i>clear line of sight</i>)
CN	Coeur de réseau (<i>core network</i>)

CPCH	Canal commun de transmission en mode paquet (<i>common packet channel</i>)
CPICH	Canal pilote commun (<i>common pilot channel</i>)
CSICH	Canal indicateur d'état du canal CPCH (<i>CPCH status indicator channel</i>)
CTCH	Canal de trafic commun (<i>common traffic channel</i>)
DCCH	Canal de commande dédié (<i>dedicated control channel</i>)
DPCCH	Canal physique de commande dédié (<i>dedicated physical control channel</i>)
DPDCH	Canal physique dédié de transmission de données (<i>dedicated physical data channel</i>)
DRA	Réseau d'antennes à rayonnement direct (<i>direct radiating array</i>)
DRF	Duplex à répartition en fréquence (FDD, <i>frequency division duplex</i>)
DRT	Duplex par répartition dans le temps (DRT, <i>time division duplex</i>)
DSCH	Canal partagé sur liaison descendante (<i>downlink shared channel</i>)
DTCH	Canal de trafic dédié (<i>dedicated traffic channel</i>)
DTMF	Multifréquence bitonalité (<i>dual-tone multiple frequency</i>)
FACH	Canal d'accès aller (<i>forward access channel</i>)
FBI	Rétroinformation (<i>feedback information</i>)
FCCH	Canal de correction de fréquence (<i>frequency correction channel</i>)
FCH	En-tête de gestion des trames (<i>frame control header</i>)
FFT	Transformée de Fourier rapide (<i>fast Fourier transform</i>)
FSW	Mot de synchronisation trame (<i>frame synchronization word</i>)
FTP	Protocole de transfert de fichiers (<i>file transfer protocol</i>)
GBCH	Canal de diffusion GPS (<i>GPS broadcast channel</i>)
GCC	Centre de commande au sol (<i>ground control centre</i>)
GERAN	Réseau d'accès radioélectrique GSM/EDGE (<i>GSM EDGE radio access network</i>)
GMR-1	Geo-Mobile Radio-1
GPS	Système mondial de repérage (<i>global positioning system</i>)
HDLC	Commande de liaison de données à haut niveau (<i>high-level data link control</i>)
HP-CCPCH	Canal physique de commande commun à forte pénétration (<i>high penetrating common control physical channel</i>)
IMR	Relais radio terrestre (<i>intermediate module repeater</i>)
IMS	Sous-systèmes multimédia IP (<i>IP multimedia subsystems</i>)
IP	Protocole Internet (<i>Internet protocol</i>)
IWF	Fonctions d'interfonctionnement (<i>interworking functions</i>)
LDPC	Code de contrôle de parité à faible densité (<i>low density parity check code</i>)
LES	Station terrienne terrestre (<i>land earth station</i>)
MAC	Commande d'accès au support physique (<i>medium access control</i>)

MBMS	Service de multidiffusion et radiodiffusion de contenus multimédia (<i>multimedia broadcast/multicast service</i>)
MC	Multi-porteuses (MC, <i>multi-carrier</i>)
MDP-2	Modulation par déplacement de phase bivalente (BPSK, <i>binary phase shift keying</i>)
MDP-4	Modulation par déplacement de phase quadrivalente (QPSK, <i>quadrature phase shift keying</i>)
MES	Station terrienne mobile (<i>mobile earth station</i>)
MF	Multitrame (<i>multiframe</i>)
MOE	Energie en sortie minimale (<i>minimum output energy</i>)
MRC	Combinaison de rapport maximal (<i>maximum ratio combining</i>)
MRT/C-O-LB	MRT/MRC orthogonal hybride en bande large (W-O-C/TDM, (<i>Hybrid</i>) <i>wideband orthogonal CDM/TDM</i>)
MT	Terminaison mobile (<i>mobile terminal</i>)
MTCH	Canal de trafic MBMS (<i>MBMS traffic channel</i>)
NCCH	Canal de commande de notifications (<i>notifications control channel</i>)
ON	Organisation de normalisation (SDO(s), <i>standards development organization(s)</i>)
OVSF	Facteur d'étalement variable orthogonal (<i>orthogonal variable spreading factor</i>)
PBX	Autocommutateur privé (<i>private branch exchange</i>)
PCCC	Code convolutif concaténé parallèle (<i>parallel concatenated convolution code</i>)
PCH	Canal de radiorecherche (<i>paging channel</i>)
PC-P	Préambule de commande de puissance (<i>power control preamble</i>)
PCPCH	Canal physique commun de transmission en mode paquet (<i>physical common packet channel</i>)
P-CPICH	Canal pilote commun primaire (<i>primary common pilot channel</i>)
PDCP	Protocole de convergence de données en mode paquet (<i>packet data convergence protocol</i>)
PDSCCH	Canal physique de commande partagé sur liaison descendante (<i>physical downlink shared control channel</i>)
PDSCH	Canal physique partagé sur liaison descendante (<i>physical downlink shared channel</i>)
PDTCH	Canal de trafic de données en mode paquet (<i>packet data traffic channel</i>)
PDU	Unité de données de protocole (<i>protocol data unit</i>)
PFM	Modulation de fréquence précompensée (<i>pre-compensated frequency modulation</i>)
PI-CCPCH	Canal physique de commande commun pilote (<i>pilot common control physical channel</i>)
PRACH	Canal physique d'accès aléatoire (<i>physical random access channel</i>)
PRI	Informations utilisateur privées (<i>private user information</i>)
PSC	Code de synchronisation primaire (<i>primary sync code</i>)
PUI	Informations utilisateur publiques (<i>public user information</i>)

QoS	Qualité de service (<i>quality of service</i>)
RACH	Canal d'accès aléatoire (<i>random access channel</i>)
RDCP	Réseau de données à commutation par paquets (PSDN, <i>public switched data network</i>)
RF	Fréquence radioélectrique (<i>radio frequency</i>)
RLC	Commande de liaison radioélectrique (<i>radio link control</i>)
RMTP	Réseau mobile terrestre public (PLMN, <i>public land mobile network</i>)
RNC	Entité de gestion de réseau radioélectrique (<i>radio network controller</i>)
RNS	Sous-systèmes de réseau radioélectrique (<i>radio network sub-systems</i>)
RRC	Gestion des ressources radioélectriques (<i>radio resource control</i>)
RRM	Gestion des ressources radioélectriques (<i>radio resource management</i>)
RTCH	Canal de trafic aléatoire (<i>random traffic channel</i>)
RTPC	Réseau téléphonique public commuté (PSTN, <i>public switched telephone network</i>)
SC	A une seule porteuse (<i>single-carrier</i>)
S-CCPCH	Canal physique de commande commun secondaire (<i>secondary common control physical channel</i>)
SCH	Canal de synchronisation (<i>synchronization channel</i>)
SCPC	Une seule voie par porteuse (<i>single-channel-per-carrier</i>)
S-CPICH	Canal pilote commun secondaire (<i>secondary common pilot channel</i>)
SDU	Unité de données de service (<i>service data unit</i>)
SF	Facteur d'étalement (<i>spreading factor</i>)
SFN	Numéro de trame système (<i>system frame number</i>)
SI	Indicateur d'état (<i>status indicator</i>)
SIM	Module d'identité d'abonné (<i>subscriber identity module</i>)
SIR	Rapport signal/brouillage (<i>signal-to-interference ratio</i>)
SMS	Service de messages brefs (<i>short message service</i>)
SRAN	Réseau d'accès radioélectrique par satellite (<i>satellite radio access network</i>)
SRI-E	Interface radio satellite E (<i>satellite radio interface E</i>)
SS	Station abonné (<i>subscriber station</i>)
SSC	Code de synchronisation secondaire (<i>secondary sync code</i>)
TEB	Taux d'erreur sur les bits (BER, <i>bit error ratio</i>)
TET	Taux d'erreur sur les trames (FER, <i>frame error ratio</i>)
TFCI	Indicateur de combinaison de format de transport (<i>transport-format combination indicator</i>)
TPC	Commande de la puissance d'émission (<i>transmit power control</i>)
TT&C	Télémétrie, télécommande et contrôle (<i>telemetry, telecommand, and control</i>)
TTI	Intervalle de temps de transmission (<i>transmission time interval</i>)

UBR	Débit binaire non garanti (<i>unassured bit rate</i>)
UE	Équipement utilisateur (<i>user equipment</i>)
URL	Identificateur uniforme de ressources (<i>uniform resource locator</i>)
UT	Terminal utilisateur (<i>user terminal</i>)
UTRA	Accès hertzien de Terre universel (<i>universal terrestrial radio access</i>)
