

RECOMMANDATION UIT-R M.1182-1*

**Intégration des systèmes de communication mobiles
de Terre et par satellite**

(Question UIT-R 112/8)

(1995-2003)

Domaine de compétence

La présente Recommandation spécifie cinq niveaux d'architectures différentes en vue de l'intégration des systèmes du service mobile par satellite (SMS) à un réseau numérique à intégration de services (RNIS) ou un réseau cellulaire. L'Annexe 1 expose les concepts sur lesquels reposent ces architectures, et l'Annexe 2 donne un exemple d'intégration poussée d'un système large bande de communication mobile de Terre et par satellite.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il existe de nombreux systèmes mobiles par satellite en cours de mise en œuvre;
- b) qu'il existe une interconnexion entre certains systèmes mobiles par satellite et des systèmes de Terre;
- c) que c'est une fonction clé pour les télécommunications mobiles internationales-2000 (IMT-2000) d'assurer mondialement une possibilité de localisation et que la part réservée aux télécommunications par satellite définie dans la Recommandation UIT-R M.687, joue un rôle important, ce qui incite à exploiter les possibilités des systèmes IMT-2000;
- d) que l'utilisation de systèmes par satellite constitue une méthode efficace pour assurer le trafic dans les zones chargées et non chargées;
- e) que l'interfonctionnement entre le système mobile par satellite et le système de Terre peut inciter l'utilisateur à trouver son avantage à utiliser non seulement les systèmes IMT-2000 mais aussi le SMS en général;
- f) que la capacité en canaux du système par satellite est relativement limitée si on la compare à celle du système de Terre;
- g) la Question UIT-R 112/8;

recommande

1 que, si l'on envisage d'intégrer un système par satellite à un système de Terre, il convient de se reporter aux niveaux indiqués ci-dessous et exposés dans l'Annexe 1.

Niveaux d'intégration:

- Niveau 1: intégration géographique
- Niveau 2: intégration des services
- Niveau 3: intégration des réseaux

* En accord avec la Résolution UIT-R 44, la Commission d'études 8 des radiocommunications a apporté des modifications éditoriales à la présente Recommandation en 2004.

- Niveau 4¹: intégration des équipements
 - Niveau 5: intégration des systèmes;
- 2 que les terminaux mobiles d'un système intégré soient en mesure de choisir le système approprié, système de Terre ou système par satellite, d'après le niveau du signal reçu et la disponibilité du réseau à maintenir un certain niveau de qualité sur une zone de service étendue;
- 3 qu'il est préférable que le système intégré dispose de possibilité de localisation en utilisant un identificateur unique d'utilisateur/abonné aussi bien du côté du système de Terre que du côté du système par satellite si ce système est intégré au système mobile de Terre à un niveau d'intégration élevé ou au moins égal au niveau 3 défini ci-dessus;
- 4 que le transfert entre un système mobile par satellite et un système mobile de Terre soit effectué dans la mesure où cette exécution ne provoque pas de diminution importante de la capacité du système ou d'augmentation importante de la complexité du système.

Annexe 1

Niveaux d'intégration d'un système mobile par satellite à un système mobile de Terre

1 Concepts

De multiples relations et solutions sont appropriées pour l'élaboration de concepts en vue de l'intégration de systèmes mobiles terrestres par satellite et de systèmes mobiles de Terre. On en trouvera les définitions et les attributs dans l'Annexe 1. La Fig. 1 donne une représentation générale des concepts globaux.

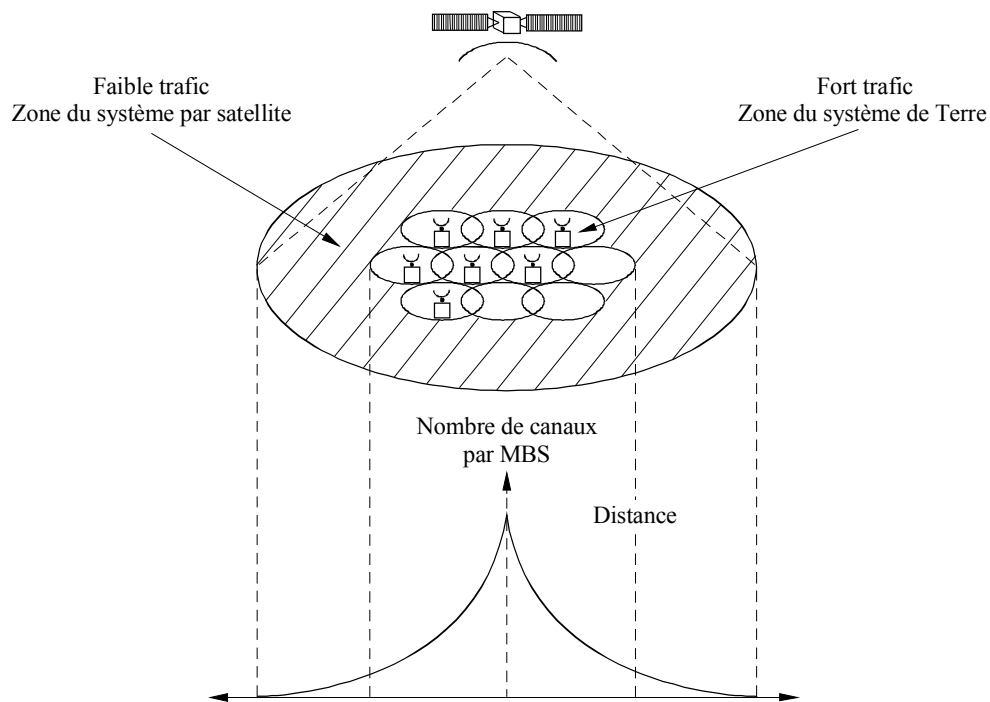
2 Solutions

Il est possible d'envisager de multiples niveaux d'intégration entre une coexistence indépendante et l'intégration totale. La solution ci-après étudie cinq niveaux d'intégration en partant de l'intégration la plus faible, chaque niveau englobant les caractéristiques de base du niveau qui le précède.

- Niveau 1: intégration géographique
- Niveau 2: intégration des services
- Niveau 3: intégration des réseaux
- Niveau 4: intégration des équipements
- Niveau 5: intégration des systèmes.

¹ L'Annexe 2 donne un exemple d'intégration de systèmes de communication de Terre et par satellite formant un réseau d'accès multisection, le niveau d'intégration recherché correspondant au Niveau 4. Le contenu de cette Annexe informative est une synthèse des résultats du projet SUITED (*multi-segment System for broadband Ubiquitous access to InTErnet services and DemonStrator*) et il reprend donc les concepts élaborés dans le cadre de ce projet, lesquels, par voie de conséquence, ne sont valables que pour ce contexte. L'Annexe 2 donne notamment un exemple d'intégration de composantes satellitaires et terrestres dans le cadre du projet SUITED, qui n'a aucune incidence sur les IMT-2000 et les systèmes ultérieurs, pas plus que sur l'architecture ou l'un quelconque de ses éléments.

FIGURE 1
Concept d'un système intégré



1182-01

2.1 Intégration géographique

Cette intégration concerne le cas dans lequel les systèmes de Terre et par satellite ont été conçus séparément, en sorte qu'ils se fondent sur des techniques différentes et qu'ils n'assurent pas nécessairement les mêmes services ou des services compatibles.

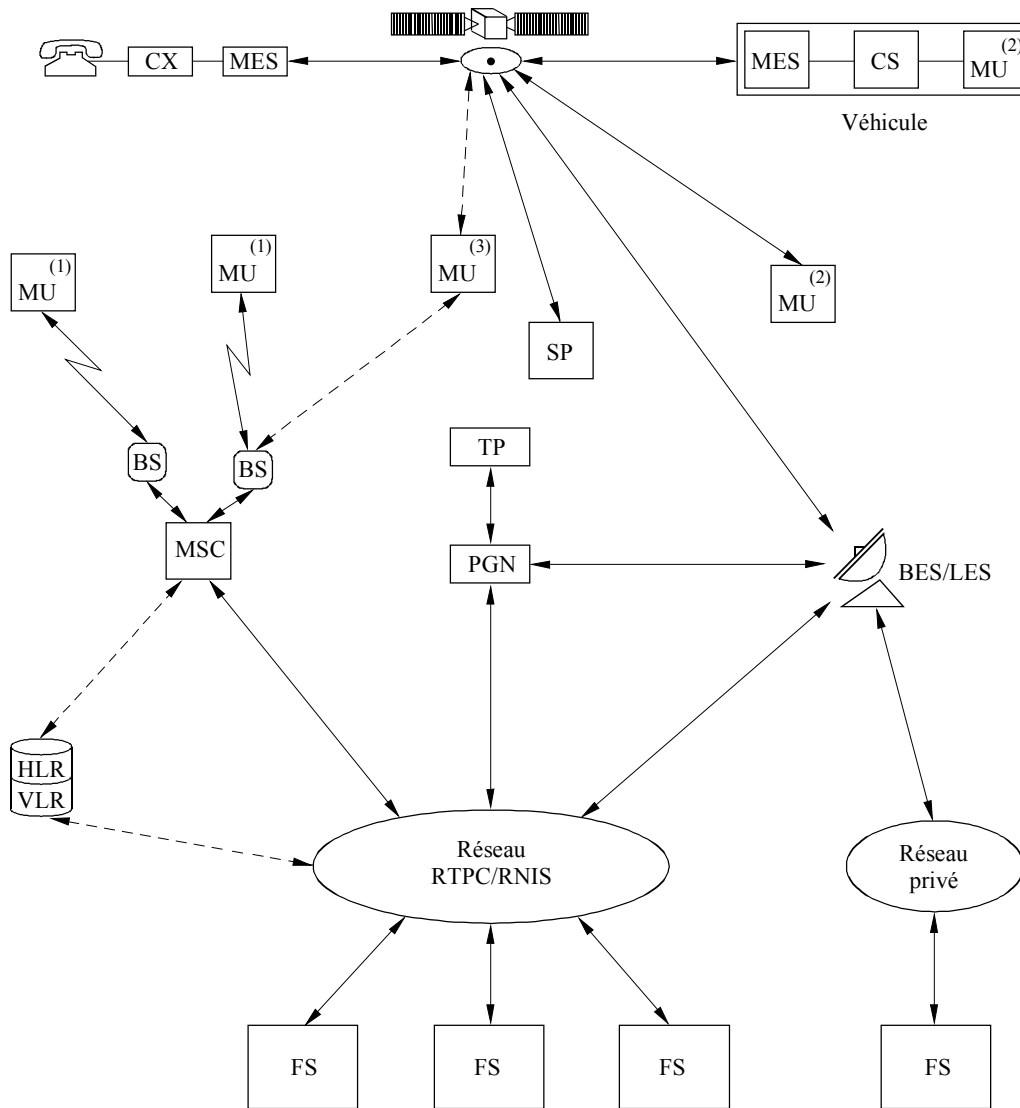
Plutôt que de parler d'«intégration» entre les deux systèmes, il serait probablement plus juste de dire que le système par satellite «complète» le système de Terre en offrant des services de communication à des usagers qui se déplacent dans des secteurs géographiques non desservis par le système de Terre. La Fig. 2 en est une bonne illustration.

L'utilisateur mobile (MU) de la station mobile (MS) ou de la station personnelle (PS) a le choix d'acquiescer un terminal du système de Terre, un terminal à satellite ou un terminal à bimode en fonction de leurs besoins et, dans le dernier cas, ils peuvent utiliser pour les appels qu'ils composent le mode qu'ils estimeront le plus approprié.

Un abonné fixe (FS) désirant appeler un MU devra sélectionner le système de Terre ou le système par satellite en composant soit le numéro du système de Terre soit celui qui donne accès à la station terrienne de base (BES) appropriée la plus proche ou à la station terrienne à terre (LES). C'est-à-dire que le FS doit pouvoir connaître le type de terminal (et d'autorisation de service) à la disposition du MU.

Si le MU a une double autorisation de service et une station terminale bimode, le FS peut être obligé de répéter son appel sur le système par satellite si la première tentative par le système de Terre a échoué. Dans ce cas, il se peut, par exemple, qu'un FS désirant demander une communication téléphonique doive accepter un service de messagerie si le système par satellite est seulement conçu pour fournir ce dernier.

FIGURE 2
 Concept d'intégration géographique et d'intégration des services
 (le demandeur choisit l'acheminement)



- (1) Terminal de Terre (station mobile (MS) ou station personnelle (PS))
 (2) Terminal du type par satellite
 (3) Terminal bimode
 - - - Acheminement choisi par FS

BES: station terrienne de base
 BS: station de base
 CS: station de base personnelle
 (lieu d'appel de PS)
 CX: central rural de faible capacité, etc.
 FS: abonné fixe
 HLR: enregistreur de localisation local
 LES: station terrienne terrestre

MES: station terrienne mobile
 MSC: centre de commutation des services mobiles
 MU: usager mobile
 PGN: réseau de Terre avec appel sans transmission de parole
 RNIS: réseau numérique à intégration de services
 RTPC: réseau téléphonique public avec commutation
 SP: appel par satellite sans transmission de parole
 TP: appel de Terre sans transmission de parole
 VLR: enregistreur de localisation de visites

L'un des avantages de l'intégration géographique est la possibilité d'optimiser séparément les caractéristiques des deux systèmes, les solutions les plus appropriées étant mises en œuvre dans chaque cas compte tenu des contraintes diverses et significatives qui les affectent.

Avec cette solution, il est possible de conclure que le système par satellite remplit son rôle en élargissant la zone de couverture.

2.2 Intégration des services

La configuration du réseau est fondamentalement identique à celle du premier cas (voir la Fig. 2). Dans ce cas, au cours de la phase de conception du système par satellite, les paramètres du système sont choisis de telle manière que les liaisons par satellite puissent accepter des services compatibles avec ceux qui sont offerts par le système de Terre, en ce sens que les terminaux locaux (terminaux UIT-T ou tout autre terminal futur) qu'utilise l'utilisateur pour disposer du service qu'il désire puissent être employés, qu'il choisisse une liaison de Terre ou une liaison par satellite, ce qui ne veut pas dire que les solutions techniques (par exemple, le plan d'accès) adoptées pour les deux systèmes soient les mêmes.

Il est possible de prévoir que le système par satellite ne pourra offrir qu'une partie des services disponibles sur le service de Terre en raison des limitations propres au trajet radioélectrique. D'autre part, la qualité du service ne sera pas nécessairement la même dans les deux cas.

L'harmonisation des services est également importante si l'on veut assurer la possibilité d'interfonctionnement entre MU du système par satellite et du système de Terre pour les communications de MU à MU.

2.3 Intégration des réseaux

Il s'agit d'un concept fondamental car il représente le premier niveau d'intégration qui permette de partager les éléments entre système spatial et système de Terre.

2.3.1 Architecture de réseau

Le but est d'utiliser autant que possible les mêmes équipements et les mêmes protocoles, c'est-à-dire les matériels, les logiciels et les fonctions aussi bien dans les réseaux à satellites que dans les réseaux cellulaires de Terre, en vue de minimiser les coûts. Cependant, en raison des temps de propagation, des fréquences, etc., qui diffèrent dans le cas d'un réseau à satellite et dans le cas d'un réseau cellulaire de Terre, certains éléments sont différents. La Fig. 3 représente l'architecture globale du système.

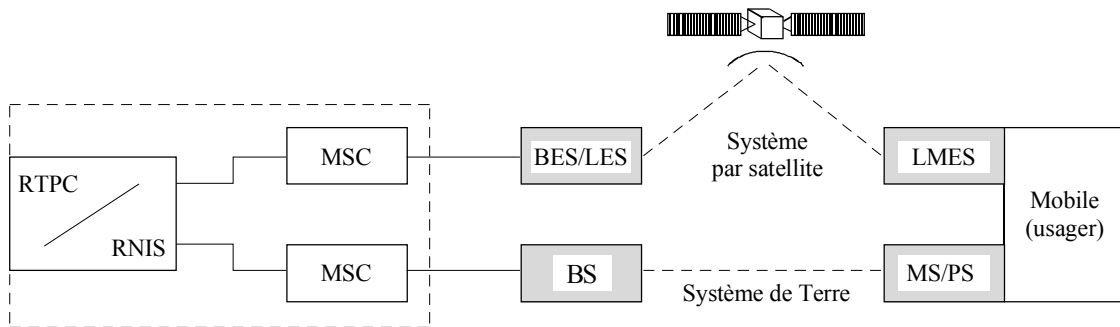
On a présenté ci-dessous ainsi que dans la Fig. 4 un exemple de l'architecture de réseau caractérisant l'intégration des réseaux.

L'architecture globale est composée de:

- une constellation de satellites,
- une station mobile (MS),
- une station d'accès pour les services mobiles tête de ligne (GS),
- des fonctions des réseaux mobiles: commutation, enregistreurs de localisation et centres d'authentification.

FIGURE 3

**Concept de conception commune pour les installations
des stations mobiles et des stations de base**



Potentiel de conception commune de matériel

BES: station terrienne de base
 BS: station de base
 LES: station terrienne terrestre
 LMES: station terrienne mobile terrestre
 MS: station mobile
 MSC: centre de commutation des services mobiles
 PS: station personnelle

1182-03

Les différentes interfaces sont:

- l'interface radioélectrique qui définit les écoulements de trafic entre les stations MS et GS;
- l'interface X qui définit les écoulements de trafic entre la station GS et le centre de commutation des services mobiles (MSC);
- l'interface MM (gestion de mobilité) qui définit le protocole entre le centre MSC et les enregistreurs de localisation locale (HLR) et de localisation de visites (VLR).

Toutes ces interfaces sont proposées pour diminuer les coûts de mises au point du secteur terrien du système par satellite.

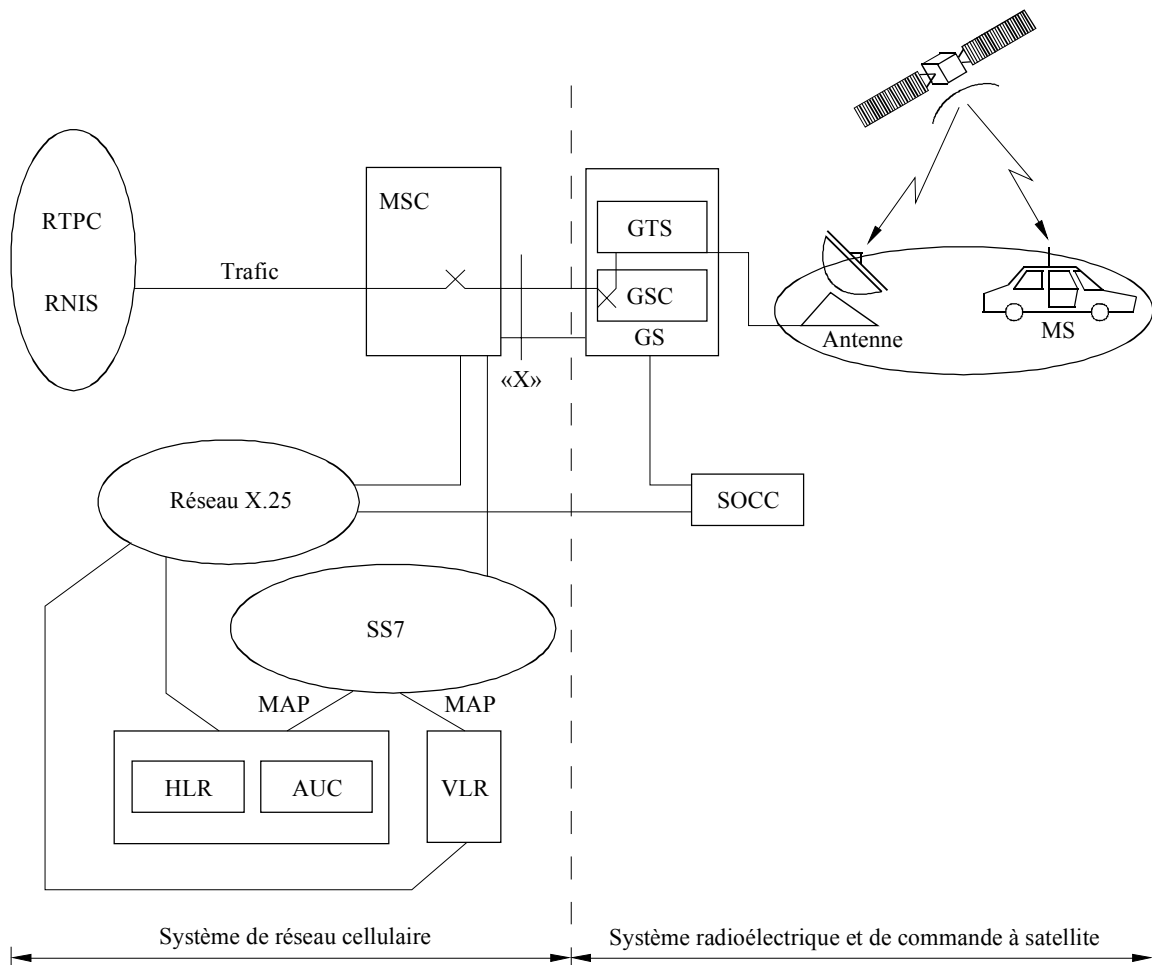
Les informations de signalisation échangées entre les différentes entités fonctionnelles (exception faite de la station mobile (MS)) du réseau de Terre doivent utiliser le système de signalisation N° 7 de l'UIT-T (SS N° 7).

Les messages de données circulant entre la station d'accès pour les services mobiles tête de ligne (GS) et les autres entités (plus particulièrement les échanges de messages entre le centre MSC, les enregistreurs HLR et VLR) utiliseront le protocole X.25.

La liaison MS-GS doit utiliser son propre système de signalisation.

Le choix de X comme interface A de GSM et de «MAP» comme interface MM devrait entraîner les conséquences suivantes dans le type de réseau mobile GSM: la modification du réseau auquel il doit être connecté, le transfert à la station GS des fonctions liées aux systèmes de communication par satellite (transfert) et la réutilisation autant que possible des protocoles et des entités MM (centre MSC, enregistreurs HLR, VLR et centre AUC) des réseaux cellulaires de Terre.

FIGURE 4



- AUC: centre d'authentification
- GS: station terrienne
- GSC: commande de station GTS
- GTS: (station émettrice/réceptrice au sol) station terrienne
- SOCC: centre de commande d'exploitation du système à satellites
- SS7: système de signalisation N° 7 sur canal commun

1182-04

2.3.2 Sujets se rapportant au protocole

Il a été admis ci-dessus que, dans la mesure du possible, les mêmes protocoles doivent être utilisés pour le système de communication mobiles par satellite et pour le système cellulaire de Terre. A titre d'exemple, on adoptera les mêmes types de canaux (même fonctionnalités) pour les liaisons de Terre et les liaisons par satellite.

Dans le cas du système par satellite, il convient d'envisager un canal de synchronisation spécifique afin d'estimer et de compenser le temps de propagation et les effets Doppler pour la liaison du mobile au satellite. La réduction des erreurs sur les fréquences et des erreurs sur la position du mobile permettra de réduire les préambules et augmentera le rendement de trame.

La procédure de localisation est particulière aux systèmes par satellite, mais les autres procédures telles que l'établissement, la libération et la gestion de la mobilité peuvent être considérées comme étant les mêmes que celles du système GSM.

On trouvera ci-dessous une brève description des trois couches intervenant dans la définition des protocoles relatifs au système par satellite.

Couche 1

Couche physique (structure de trame) uniquement sur le trajet radioélectrique entre la station MS, le satellite ou la constellation de satellites et la station GS.

Couche 2

Elle spécifie les procédures d'accès de liaison aux canaux de commande à utiliser pour acheminer les informations entre les entités de la couche 3 à travers l'interface radioélectrique du GSM. Le protocole de couche 2 est un protocole du type LAPDm (procédure d'accès à la liaison sur canal Dm).

Couche 3

Cette couche doit effectuer l'acheminement dynamique des informations se rapportant à la localisation de la station mobile en état de veille ou de l'acheminement dynamique des appels en cours lorsque la station mobile quitte la cellule ou la zone couverte par un enregistreur de localisation des visites. Cette couche se subdivise en trois parties: commande des appels à commutation de circuits (établissement, libération, etc.), gestion de mobilité et gestion de transmission aux fréquences radioélectriques.

La première couche de réseau (couche 1) nécessite des modifications importantes (canal spécifique de synchronisation, modulation, recouvrement, codeur, structure des canaux). Il n'y a pas lieu de modifier la couche 2, il est seulement nécessaire d'adapter quelques paramètres (temporisation résultant des temps de propagation, etc.). La couche 3 (la partie de gestion des transmissions aux fréquences radioélectriques) doit subir des modifications pour effectuer la localisation initiale et les transferts. Il n'y a pas lieu de beaucoup modifier les autres sous-couches (gestion de la mobilité et traitement d'appel).

2.4 Intégration des équipements

Cette solution est, du point de vue de l'architecture, l'équivalent de l'intégration des réseaux avec cependant comme différence essentielle que les techniques (paramètres d'accès, débits binaires, protocoles, etc.) adoptées pour le système par satellite sont analogues à une conception commune du matériel ou identiques à celles du système de Terre (voir la Fig. 3).

Les avantages de cette solution concernent essentiellement la simplification de la mise en œuvre de terminaux mobiles bimode, un élément central commun (logique, bande de base et éventuellement équipement de modulation) pouvant être utilisé aussi bien dans le mode de Terre que dans le mode par satellite.

Il convient toutefois d'observer que, en raison de l'optimisation de bandes de fréquences différentes pour les communications de Terre et pour les communications par satellite, l'amélioration d'un terminal de Terre pour qu'il puisse aussi fonctionner avec le système par satellite nécessitera vraisemblablement un équipement supplémentaire.

Bien que cette solution puisse paraître très proche de l'intégration complète des deux systèmes, il convient d'observer que le système de Terre continue à considérer le système par satellite comme un acheminement détourné s'il n'est pas en mesure de répondre à une demande de communication en raison de limitations de la zone de couverture et non comme faisant partie intégrante de son propre système.

2.5 Intégration des systèmes

Cette dernière solution envisage le niveau d'intégration maximal concevable du réseau à satellite avec le système de Terre en ce sens que les zones de couverture du système par satellite sont considérées comme constituant une (ou plusieurs) «grandes cellules» du système cellulaire.

Toutes les caractéristiques évoluées du système, telles que le transfert de communications en cours d'une cellule à une autre, s'appliquent également dans le cas des «grandes cellules». (Le transfert entre faisceaux ponctuels du satellite peut ne pas être obligatoire en raison de la dimension de ces faisceaux.) La procédure de transfert entre système de Terre et système par satellite ne sera manifestement mise en œuvre que si le MU dispose d'un terminal bimode (information dont dispose le HLR).

3 Conclusion

Plusieurs projets sont actuellement en cours de mise au point pour fournir un service national, régional ou mondial intéressant les terminaux mobiles en utilisant des constellations de satellites différentes. Ces systèmes peuvent se présenter comme un complément aux systèmes cellulaires de Terre: ceci souligne l'intérêt de terminaux bimode.

Il serait souhaitable de disposer d'un certain degré d'intégration entre les systèmes spatiaux et les systèmes terrestres, en vue de réutiliser des fonctions existantes dans la mesure du possible. Pour ce qui est de l'exemple d'intégration du GSM décrit dans le § 2.3, une grande partie des protocoles des couches 2 et 3 de l'Interconnexion des systèmes ouverts (OSI) pourrait être réutilisée.

Annexe 2

Architecture d'un système de communication mobile de Terre et par satellite large bande à haut niveau d'intégration (projet SUITED)

1 Introduction

Le projet – système multisection d'accès large bande en tout lieu aux services Internet et système de démonstration (SUITED, *multi-segment System for broadband Ubiquitous access to InTErnet services and Demonstrator*), approuvé par la Commission européenne, a pour objet de définir et de réaliser un système mobile large bande mondial (GMBS, *global mobile broadband system*) reposant sur une infrastructure satellitaire-terrestre intégrée dans laquelle toutes les composantes du réseau, parfaitement fusionnées, présentent un niveau d'intégration correspondant au moins au Niveau 4, et de faire la démonstration d'un tel système.

2 Composantes et architecture du système GMBS envisagé dans le cadre du projet SUITED

La fourniture de services large bande qui seraient disponibles en tout point de la planète ne peut être assurée qu'avec un service à couverture mondiale. Mais ni les réseaux hertziens de Terre ni les systèmes à satellites qui leur sont associés ne peuvent assurer une couverture mondiale. La seule

solution consiste à tirer parti des caractéristiques complémentaires des différents types de réseau en créant un réseau d'accès multisection permettant à l'utilisateur de choisir l'élément qui convient le mieux compte tenu de divers facteurs – environnement, type de service, rentabilité économique, etc. Le programme SUITED propose une telle solution.

Les réseaux d'accès envisagés dans le programme SUITED, ci-après dénommés «sections», sont les suivants:

- *Système à satellites basé sur le traitement à bord du satellite (OBP, on board processing) en 20-30 GHz: section satellitaire large bande (bande Ka) à fonctionnalités de traitement à bord avancées: commutation de circuits à grande vitesse, attribution dynamique de la largeur de bande. Cette section couvre une large gamme de terminaux adaptés aux différentes conditions de service prévues (transportables et mobiles, individuels et collectifs) et dont les débits de service sont résumés au Tableau 1. Cette composante satellitaire offre également des capacités de connexion avancées aussi bien avec les réseaux d'accès qu'avec les réseaux principaux ainsi que des facilités d'interfonctionnement optimisées avec de nombreux réseaux de Terre, par exemple l'Internet: qualité de service, sécurité, mobilité du service.*
- *Système de service général de radiocommunication en mode paquet (GPRS): système mobile terrestre, devant à court terme assurer l'ensemble des services support et offrir donc un accès hertzien efficace aux réseaux de données en mode paquet. Cette section couvre divers types de terminaux mobiles individuels ou collectifs, dont les débits de données de transmission sont indiqués au Tableau 1. Le concept de terminal collectif est fondé sur le regroupement d'un certain nombre de terminaux individuels. Les équipements relevant de cette section sont dotés de capacités réseau spécifiques pour l'interfonctionnement avec des réseaux terrestres de communication de données en mode paquet, par exemple l'Internet: qualité de service, sécurité, mobilité du service.*
- *IMT-2000 de Terre²: système mobile terrestre devant à moyen terme assurer l'ensemble des services supports et donc offrir un accès hertzien efficace aux réseaux de données en mode paquet, et qui représenteront alors la solution tout indiquée pour compléter ou remplacer le GPRS. Cette section couvre une large gamme de terminaux adaptés aux différents environnements de service (transportables et mobiles, individuels et collectifs), dont les débits de service sont résumés au Tableau 1.*
- *Système à réseau radioélectrique local RLAN: réseau d'accès qui complète la section satellitaire pour les communications à courte portée à l'intérieur comme à l'extérieur lorsque la disponibilité du satellite est médiocre ou inexistante. Les débits de données des terminaux mobiles qui relèvent de cette section sont résumés au Tableau 1. Ces équipements n'ont pas de capacité réseau spéciale, mis à part l'accès à un nœud de terminaison satellitaire (par exemple, station terrienne fixe) de système à satellites.*

Le débit de données de service est un critère essentiel et l'on notera l'excellente compatibilité, à ce niveau, des équipements des diverses sections du réseau intégré (voir le Tableau 1, où sont résumés les différents environnements de service et les différents types d'utilisation des terminaux d'utilisateur).

² Le projet SUITED repose sur l'architecture et les protocoles de système de télécommunication mobile universel (UMTS, *universal mobile telecommunication system*).

TABLEAU 1
**Comparaison des débits de données des terminaux d'utilisateur
des diverses sections du réseau SUITED**

Segment		Mobile			Transportable
		< 10 km/h	< 120 km/h	< 250 km/h	
Satellite	Individuel	Liaison montante: 160 kbit/s Liaison descendante: 6 Mbit/s	Liaison montante: 160 kbit/s Liaison descendante: 6 Mbit/s	Non disponible	Liaison montante: 160 kbit/s Liaison descendante: 6 Mbit/s
	Collectif	Liaison montante: 0,512/2 Mbit/s Liaison descendante: 16 Mbit/s	Liaison montante: 0,512/2 Mbit/s Liaison descendante: 16 Mbit/s	Liaison montante: 2 Mbit/s Liaison descendante: 16 Mbit/s	Liaison montante: 0,512/2 Mbit/s Liaison descendante: 16 Mbit/s
Réseau intégré GPRS	Individuel	150 kbit/s	150 kbit/s	150 kbit/s	150 kbit/s
	Collectif	$N \times 150$ kbit/s ⁽¹⁾	$N \times 150$ kbit/s ⁽¹⁾	$N \times 150$ kbit/s ⁽¹⁾	$N \times 150$ kbit/s ⁽¹⁾
IMT-2000	Individuel	2 000 kbit/s	384/512 ⁽²⁾ kbit/s	144/384 ⁽²⁾ kbit/s	2 000 kbit/s
	Collectif	$N \times 2\,000$ kbit/s ⁽¹⁾	$N \times 384/512$ ⁽²⁾ kbit/s ⁽¹⁾	$N \times 144/384$ ⁽²⁾ kbit/s ⁽¹⁾	$N \times 2\,000$ kbit/s ⁽¹⁾
RLAN	Individuel	11/5,5/2/1 Mbit/s	Non disponible ⁽³⁾	Non disponible ⁽³⁾	11/5,5/2/1 Mbit/s
	Collectif	11/5,5/2/1 Mbit/s	Non disponible ⁽³⁾	Non disponible ⁽³⁾	11/5,5/2/1 Mbit/s

⁽¹⁾ Un terminal collectif est obtenu par regroupement de N terminaux individuels.

⁽²⁾ Prévu.

⁽³⁾ L'utilisation actuelle des RLAN est limitée aux applications à faible débit (parkings, etc.).

Le réseau Internet considéré dans le système SUITED est par hypothèse constitué d'un certain nombre de sous-réseaux exploités par une fédération de fournisseurs de services Internet (ISP, *Internet service providers*). Le terme «fédération» s'entend d'un ensemble d'ISP ayant conclu des accords de service entre homologues et qui proposent à une communauté d'utilisateurs des applications Internet dans lesquelles la qualité de service est importante.

L'intégration des sections d'accès prévue dans le projet SUITED permet de couvrir tout environnement d'utilisateurs possible:

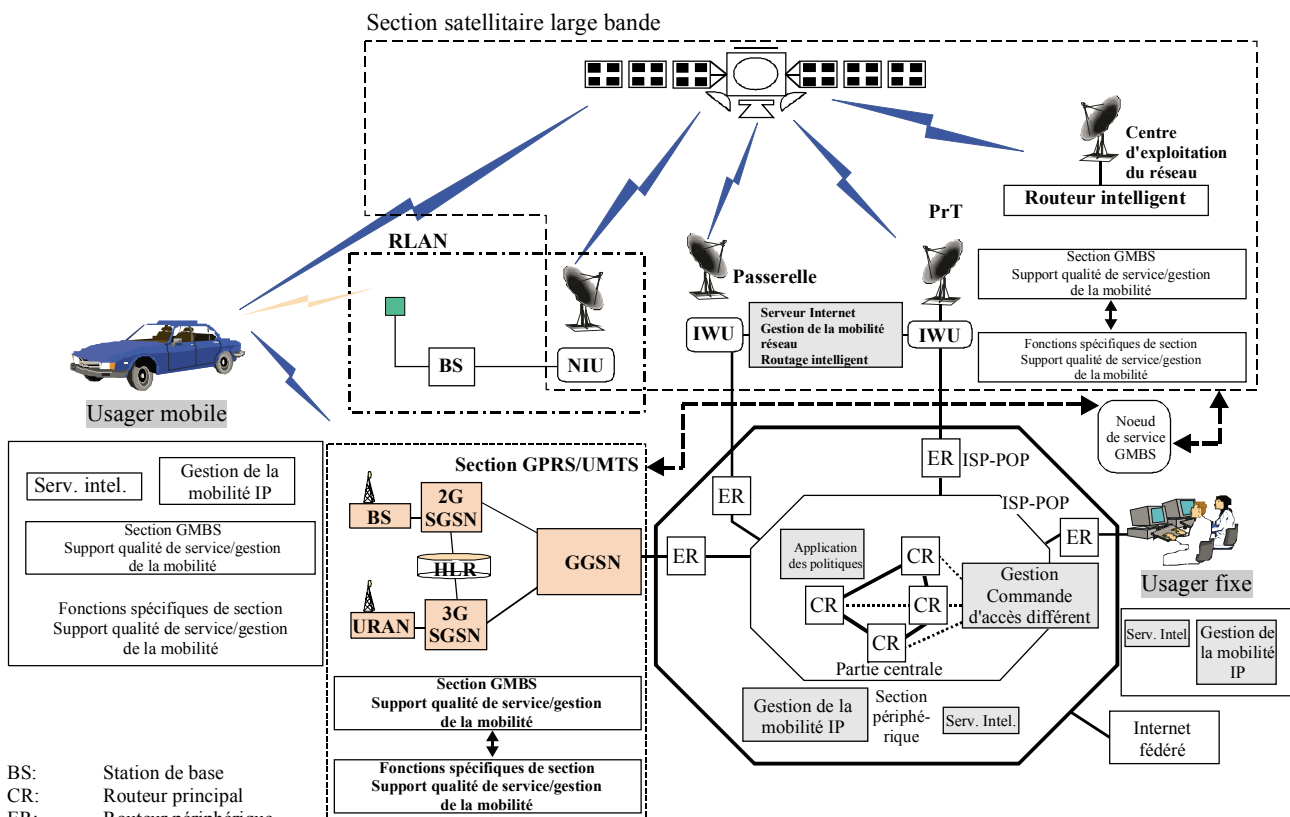
- les *environnements extérieurs régionaux/ruraux/suburbains* desservis par un satellite géostationnaire à régénération (applications dans lesquelles le temps de propagation et la sécurité sont importants ou non) fonctionnant dans la gamme 20-30 GHz et doté de fonctions de largeur de bande à la demande et d'attribution dynamique des ressources;
- l'*environnement urbain* desservi soit par le GPRS soit par un système IMT-2000 ainsi que, dans certaines limites, par le satellite lui-même (pour les applications dans lesquelles le temps de propagation n'est pas un facteur important et dans lesquelles de fréquentes occultations de la liaison sont tolérables);
- l'*environnement intérieur*, que dessert, outre la section GPRS et la section IMT-2000, la section RLAN. Des services par satellite sont prévus pour le trafic RLAN de sorte que, avec le recours à des terminaux collectifs, la qualité du service offert aux utilisateurs finals commerciaux sera sensiblement améliorée.

Un réseau d'accès multisection constitué des éléments précédemment décrits ne couvrirait pas les zones polaires de la planète, du fait que l'orbite des satellites OSG ne donne pas de visibilité sur ces régions polaires. Pour remédier au problème, dans le système SUITED, la couverture assurée par les satellites OSG pourrait être complétée par des constellations de satellite en orbite terrestre basse ou elliptique. Cette formule permettrait non seulement de résoudre le problème de l'absence totale d'empreinte OSG dans certaines zones (comme les régions polaires) mais encore de couvrir les régions où la qualité de fonctionnement offerte par les satellites OSG n'est pas optimale, ou les régions où il ne serait pas économique de recourir à des faisceaux ponctuels.

L'architecture du système SUITED est schématisée à la Fig. 5, qui fait apparaître que le réseau d'accès multisection se compose des éléments suivants:

- section satellitaire large bande;
- section GPRS;
- section IMT-2000; et
- section RLAN.

FIGURE 5
Architecture du système SUITED



BS: Station de base
 CR: Routeur principal
 ER: Routeur périphérique
 GGSN: Noeud support GPRS passerelle
 IP: Protocole Internet
 ISP: Fournisseur de services Internet
 ISP-POP: Point de présence ISP
 IWU: Unité d'interfonctionnement
 NIU: Unité d'interface réseau
 PrT: Terminal fournisseur de services
 SGSN: Noeud support GPRS service
 URAN: Réseau d'accès radioélectrique d'IMT-2000

La fonction de la section IMT-2000 sera véritablement stratégique dans la phase finale de mise en place du GMBS, puisque c'est cette section qui complétera la composante satellitaire. A court terme, la couverture mondiale sera assurée par la combinaison section satellite/système GPRS. Etant donné que le réseau principal IMT-2000 pourra évoluer différemment du réseau GPRS, et compte tenu des critères établis par les autorités responsables de la délivrance des licences IMT-2000 aux opérateurs de télécommunication, l'architecture du système SUITED prévoit un réseau principal IMT-2000/GPRS unique. Dans cette hypothèse, on peut envisager une évolution du système IMT-2000 permettant de disposer ultérieurement de terminaux bimodes GPRS/IMT-2000 ayant la même adresse RNIS, c'est-à-dire le même numéro de station mobile RNIS, directement associé à l'identité internationale d'abonné mobile (IMSI, *international mobile subscriber identity*) de l'abonné utilisant un terminal de ce type au moment considéré. Un réseau principal GPRS/IMT-2000 unique caractérisé par un HLR unique représente donc la bonne solution compte tenu des critères fixés.

En ce qui concerne le système GPRS/IMT-2000 illustré à la Fig. 5, le nœud support GPRS de passerelle (GGSN, *gateway GPRS support node*) est physiquement relié au routeur périphérique d'un sous-réseau périphérique. Un système d'assignation dynamique d'adresse pour les utilisateurs IP accédant à l'Internet par l'intermédiaire du système GPRS/IMT-2000 est envisagé. Il faudrait alors que les paquets IP adressés à ce type d'utilisateur IP soient toujours transmis vers le sous-réseau connecté au GGSN. Différents réseaux mobiles terrestres publics (RMTP) relevant du GPRS sont connectés par l'intermédiaire d'une infrastructure dorsale inter-RMTP représentée par le réseau de communication de données en mode paquet (c'est-à-dire l'Internet lui-même).

La section satellitaire large bande est caractérisée par de multiples points de rattachement au réseau Internet, représentés chacun par une station terrienne fixe. Une unité d'interface réseau (NIU) appropriée placée entre une station terrienne fixe et un routeur de sous-réseau périphérique assure l'interfonctionnement du protocole IP et des protocoles spécifiques des satellites. Le centre d'exploitation de réseau à satellite (NOC, *satellite network operation centre*) est une entité centralisée chargée des procédures de synchronisation, d'enregistrement, d'authentification et de commande d'acceptation de connexion. Dans le système GMBS mis au point dans le cadre du projet SUITED, le NOC est directement connecté au réseau Internet. Cette solution, qui impose certes une plus grande complexité au niveau du NOC, permet d'élaborer des procédures optimisées faisant intervenir l'échange d'informations de signalisation sur des liaisons de Terre. En ce qui concerne la sélection de la station terrienne fixe convenant le mieux à la communication considérée, plusieurs stratégies peuvent être envisagées, chacune caractérisée par une incidence différente au niveau de l'architecture du réseau et de l'exécution des procédures de gestion de la mobilité.

La section RLAN assure la connectivité courte portée pour des environnements extérieurs ou intérieurs. Le trafic d'ensemble regroupé peut parvenir au réseau Internet par deux trajets différents:

- il est peut être remis à un routeur périphérique de sous-réseau par des lignes terrestres; ou
- il peut être remis directement à une station terrienne fixe de système à satellites raccordée à la section RLAN puis relayé sur la liaison radioélectrique par satellite.

Au niveau du réseau, l'architecture du système GMBS prévoit un nœud de service GMBS qui, par interaction avec l'unité d'interfonctionnement des terminaux (T-IWU) côté terminal assure des tâches spécifiques de gestion de la mobilité intersection et de vérification de la qualité de service du réseau d'accès multisection.

3 Qualité de service et mobilité dans une infrastructure IP multisection

3.1 Qualité de service d'extrémité à extrémité

L'un des objectifs les plus difficiles à atteindre dans le système GMBS SUITED est d'assurer les services Internet dans lesquels la qualité de service est importante en donnant à l'utilisateur toutes les garanties de qualité de service d'extrémité à extrémité.

Les travaux effectués ces dernières années dans le cadre du groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (IETF, *Internet engineering task force*) dans le but de disposer sur l'Internet d'une capacité de garantie de qualité de service ont débouché sur deux approches distinctes, à savoir:

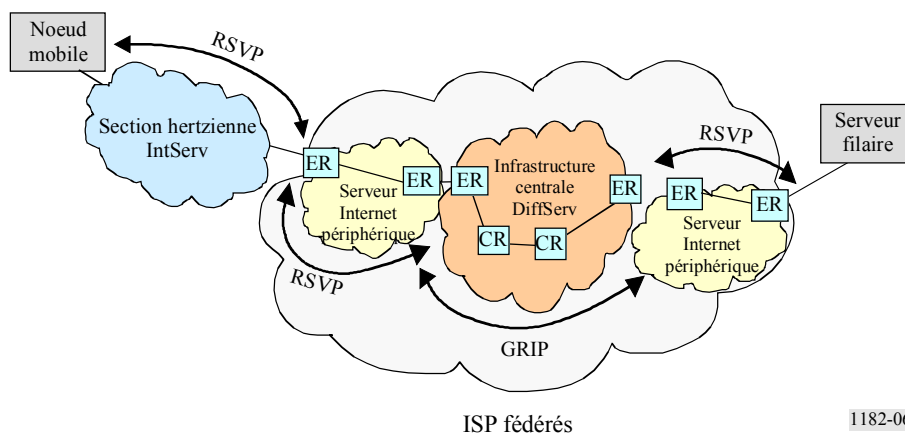
- l'architecture des services intégrés (IntServ) à laquelle est associé un protocole de réservation de ressources (RSVP, *resource reservation protocol*) et
- l'architecture de services différenciés (DiffServ).

Etant donné que l'architecture IntServ et l'architecture DiffServ peuvent être considérées comme complémentaires dans la recherche d'une qualité de service donnée d'extrémité à extrémité sur un réseau IP, la solution adoptée dans le système SUITED fait intervenir ce que l'on appelle une approche hybride IntServ-DiffServ. Il s'agit de tirer parti d'un côté de la possibilité qu'ont les serveurs de demander des ressources quantifiables sur des trajets de données d'extrémité à extrémité, possibilité offerte par l'architecture IntServ et d'un autre côté d'exploiter les propriétés de modularité qu'offre quant à elle l'architecture DiffServ.

Dans l'approche hybride IntServ-DiffServ du système SUITED schématisée à la Fig. 6, toutes les sections hertziennes utilisées comme réseaux d'accès peuvent fournir des assurances de qualité de service (données par la solution IntServ) tandis que, en ce qui concerne le réseau Internet de Terre (réseau fédéré de fournisseurs de services Internet ou ISP), on prévoit que certains sous-réseaux adopteront l'approche IntServ et d'autres la solution DiffServ. Plus précisément, les sous-réseaux situés à la périphérie du réseau fédéré d'ISP utilisent le protocole de signalisation RSVP qui offre la possibilité de donner des garanties de qualité de service strictes, tandis que, au niveau central du réseau ISP fédéré, c'est le modèle modulaire DiffServ qui est utilisé.

FIGURE 6

Assurance de qualité de service dans un réseau IP: l'approche hybride IntServ-DiffServ du système SUITED



Par ailleurs, du fait que l'approche DiffServ donne des niveaux de services bien distincts et prévisibles (trafic de meilleure qualité qu'un trafic d'effort maximal) mais n'offre pas des assurances rigoureuses de qualité de service d'extrémité à extrémité, dans la partie centrale du réseau fédéré de fournisseurs de services Internet, pour améliorer la qualité de service perçue par l'utilisateur, on a prévu une solution novatrice, dénommée GRIP (*gauge & gate reservation with independent probing*), qui repose sur un système de commandes d'admission réparties et dans laquelle chaque routeur est doté d'une fonction comportement individuel de bond définie par référence à un ordre de priorité de service où l'on distingue deux catégories de paquets, à savoir les paquets actifs, qui correspondent aux paquets d'information et dont la priorité est la plus élevée et les paquets de vérification, de moindre priorité de service, qui servent à déterminer si la connexion considérée peut être admise dans le réseau sans incidence sur la qualité de service des connexions déjà admises et de la nouvelle connexion. Si l'on suppose que tout le trafic parvenant au réseau est régulé par une fonction de réglage double-tampon, le système GRIP donne d'excellentes garanties de qualité de service pour les connexions nouvellement admises, de telle sorte que la qualité générale de service est améliorée par comparaison avec un réseau DiffServ simple.

Il importe de noter que d'autres topologies de réseau Internet, dans lesquelles on envisage soit une extension à l'ensemble du réseau Internet de la section principale DiffServ, soit une architecture IntServ intégrale, ne représentent que des cas particuliers qui n'empêchent pas de recourir à l'approche que nous venons de décrire. La topologie de référence de la Fig. 6 correspond au cas le plus général, dans lequel on peut définir une architecture Internet pouvant évoluer dans le sens de toutes les solutions d'architecture «qualité de service» envisageables.

Par ailleurs, la topologie Internet proposée, qui repose sur des sous-réseaux périphériques chargés de mettre en œuvre le protocole RSVP, permet d'établir des trajets de communication d'extrémité à extrémité (par exemple, d'un nœud mobile à un serveur filaire) parfaitement compatibles IntServ et évitant le réseau central ISP fédéré. Un scénario typique permettant d'établir des trajets de communication d'extrémité à extrémité intégralement compatibles IntServ est représenté par exemple par la section satellite OBP 20-30 GHz, laquelle fait fonction de réseau d'accès au réseau Internet de Terre et met en œuvre une fonctionnalité de routage intelligent. Par exemple, dans le cas de communications établies à partir de systèmes mobiles entre un nœud mobile et un serveur de système filaire, lorsque la section satellite est retenue comme réseau support, la fonction de routage/adressage sélectif permet de choisir la station terrienne fixe directement reliée au routeur périphérique du sous-réseau périphérique auquel est connecté le serveur filaire, de telle sorte que le trajet de Terre est minimisé et est contenu dans le sous-réseau périphérique chargé de la mise en œuvre du protocole RSVP.

L'interfonctionnement du protocole RSVP et du système GRIP est assuré au niveau de passerelles conçues à cet effet, établies aux lignes de démarcation entre la section périphérique et la section centrale du réseau Internet. Cette solution hybride IntServ/DiffServ prévue dans le système SUITED est particulièrement intéressante pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elle permet de résoudre les problèmes de modularité puisque, dans la partie centrale du réseau, qui tend à se développer en permanence, un mécanisme de type DiffServ est prévu. Par ailleurs, du fait que des systèmes IntServ sont également envisagés dans les sections d'accès hertzien, lorsque le trajet ne fait intervenir que la section périphérique du réseau Internet, où se déroule le protocole RSVP, les dispositions de qualité de service peuvent être gérées de façon intégrale et, par voie de conséquence, garanties, avec une approche de service intégrée. Enfin, il convient de noter que la structure hybride de la gestion de la qualité de service permet de s'adapter facilement à l'évolution future du réseau Internet dans le sens d'une solution intégralement DiffServ ou intégralement (cette dernière évolution étant en l'état actuel des choses assez peu probable) IntServ.

Chaque section d'accès est connectée à la partie périphérique du réseau Internet, c'est-à-dire à un sous-réseau Internet périphérique appliquant le protocole RSVP.

3.2 Mobilité

Le système GMBS est composé par intégration d'un réseau d'accès multisection – composé lui-même de plusieurs éléments satellitaires/terrestres, dans le réseau Internet. Le système de gestion générale de la mobilité dans le projet SUITED, a été conçu pour tenir compte du fait que chaque section GMBS est caractérisée par une architecture et un mode de fonctionnement spécifiquement définis. La méthodologie retenue dans ce système veut que les modifications apportées aux éléments du système soient aussi minimales que possible tout en garantissant une collaboration efficace des différentes sections, l'objectif de base étant de faire en sorte que, pour l'utilisateur, le système GMBS apparaisse comme un réseau unique capable de fournir des services Internet à qualité de service garantie en tout lieu et à tout moment.

Pour assurer la mobilité à l'échelle mondiale, on a prévu un système de gestion de la mobilité (MM, *mobility management*) du GMBS. Compte tenu des principales caractéristiques de l'architecture du système, il a fallu à cet effet harmoniser les trois niveaux suivants de la gestion de la mobilité:

- *Gestion de la mobilité IP*: fondée sur le protocole mobile IP utilisé dans le réseau Internet. Le protocole mobile IPv6 est à la base du système, mais une compatibilité intégrale avec le protocole IPv4 est également prise en compte.
- *Gestion de la mobilité intersections*: permet à l'utilisateur GMBS de passer d'une section d'accès à une autre.
- *Gestion de la mobilité à l'intérieur des sections*: intégralement assurée par les entités de la section d'accès desservant au moment considéré le terminal multimode GMBS (GMMT, *GMBS multi-mode terminal*), aussi longtemps que ce terminal demeure dans sa couverture radio; la procédure définie dans le cadre du projet pour garantir, dans une même section, les relais nécessaires entre les équipements extérieurs et les équipements intérieurs à faible portée et pour exploiter la section RLAN afin de prolonger la liaison par satellite doit être considérée comme relevant de la catégorie.

Un utilisateur GMBS type disposant d'un GMMT peut se connecter à chacune des infrastructures du réseau d'accès multisection. Du point de vue de l'Internet, le terminal GMMT peut être considéré comme un nœud mobile. Un nœud peut changer de point de rattachement d'une liaison à une autre tout en étant accessible par l'intermédiaire de son adresse de rattachement. Pour accéder au réseau Internet, le nœud mobile représenté par le terminal GMMT peut choisir un équipement d'accès qui, selon les résultats donnés par un algorithme approprié, est le plus adapté. Du fait que les différents éléments du réseau d'accès multisection GMBS sont reliés à des routeurs périphériques appartenant à des domaines Internet qui, en général, ne coïncident pas, le point d'accès à l'Internet dépendra du réseau d'accès choisi pour la transmission du paquet. Le GMMT aura une adresse à redirection CoA (care of address) qui dépendra de la section choisie, et toute modification de la section d'accès (mobilité intersections) implique un changement de CoA (mobilité IP). Par ailleurs, aussi longtemps que le GMMT demeure dans la même section d'accès, aucune modification de la CoA n'est requise et la mobilité est intégralement gérée par les entités spécifiques de la section d'accès (mobilité à l'intérieur d'une même section).

4 Terminal multimode GMBS

Les sections d'accès satellite large bande, GPRS/IMT-2000 et RLAN se complètent mutuellement pour assurer l'accès d'un utilisateur type à des services Internet à qualité de service assurée indépendamment du lieu où se trouve l'utilisateur. L'utilisateur dispose d'un GMMT au niveau duquel la composante satellitaire est complétée par une composante hertzienne de Terre représentée, dans la première phase de la mise en place du GMBS, par le GPRS, puis dans l'évolution ultérieure du système, par le système IMT-2000. On envisage également de doter les terminaux GMMT de carte RLAN assurant, dans une même section, les relais entre les communications extérieures et les communications intérieures de courte portée. En fonction de divers éléments: caractéristiques de couverture, considérations économiques, type de service, etc., la section d'accès convenant le mieux pour le transfert des paquets IP sera automatiquement ou manuellement sélectionnée.

Plusieurs solutions optimisées d'applications «véhicules ou portables» dans des environnements divers sont envisagées. C'est ainsi que le marché très prometteur des terminaux satellite large bande mobiles a motivé le choix de trois configurations de terminal de base dans le cadre du projet SUITED:

- *Type A: terminal véhicule à antenne plate (non apparente)* pour utilisation personnelle, doté d'une antenne active spécifiquement conçue pour ne pas être visible sur la carrosserie des automobiles.
- *Type B: terminal véhicule à antenne visible* pour utilisation collective (trains, autocars, camions, etc.) doté d'une antenne à satellite apparente à système passif.
- *Type C: terminal transportable* facile à déplacer avec accès rapide au service. Applications: chantiers, protection civile, établissements publics, déplacements professionnels. Ce type de terminal sera doté d'une antenne transportable télécommandée avec pointage grossier manuel et pointage automatique précis.

L'accès au satellite se fait en AMRT-MF (liaison montante) et en MRT (liaison descendante).

En liaison montante comme en liaison descendante, on utilise une modulation MDP-4 qui présente les avantages suivants:

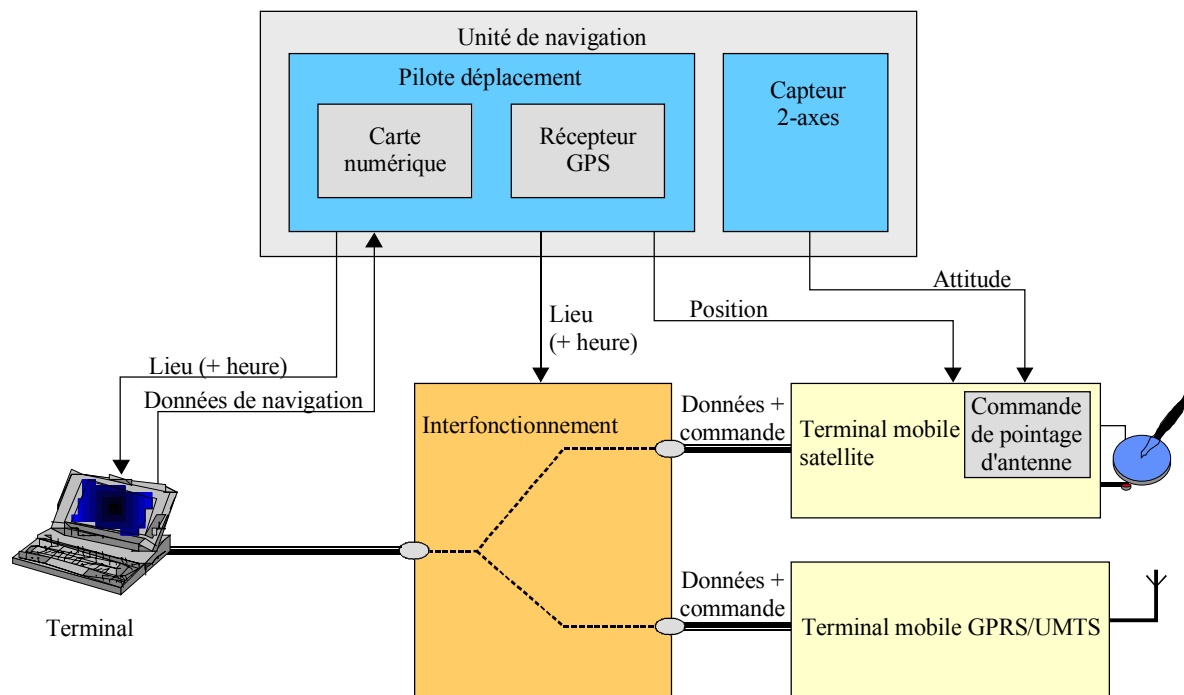
- bon rendement spectral;
- faible sensibilité aux erreurs de synchronisation (gigue de temps, bruit de phase, etc.);
- facilité de mise en œuvre.

Pour le codage, on a adopté un codage CED Reed Solomon 76, 60 + vérification de parité 10/9 en liaison montante et DVB-S en liaison descendante.

La Fig. 7 schématise la structure interne d'un terminal GMMT. Pour les terminaux mobiles, deux solutions (GPRS et IMT-2000) sont prévues en ce qui concerne la composante hertzienne de Terre, l'élément RLAN n'étant pas illustré pour des raisons de simplicité. On trouvera au Tableau 2 la liste des principaux modules du GMMT, avec leurs fonctionnalités respectives. On envisage une version véhicule et une version transportable du GMMT, avec certaines différences au niveau de quelques modules.

Les lignes qui suivent décrivent la structure du terminal GMMT (composantes satellitaires large bande et GPRS).

FIGURE 7
Structure interne d'un terminal GMMT



1182-07

TABLEAU 2
Fonctions des modules constitutifs d'un terminal GMMT

Sigle	Unité	Fonction
BSAT-MT	Terminal mobile satellite large bande	Terminal satellite fonctionnant dans la bande 20-30 GHz. Trois catégories: – Type A (utilisation individuelle); – Type B; et – Type C (utilisation individuelle ou collective)
GPRS-MT	Terminal mobile GPRS	Terminal mobile GPRS: modem fonctionnant dans la bande 900/1 800 MHz assurant l'accès aux ressources radioélectriques du GPRS
IMT-2000-MT	Terminal mobile IMT-2000	Terminal mobile IMT-2000 MT: modem fonctionnant dans la bande des 2 GHz assurant l'accès aux ressources radioélectriques IMT-2000
RLAN-MT	Terminal mobile RLAN	Modem IEEE 802.11 fonctionnant à 2,4 GHz

TABLEAU 2 (*fin*)

Sigle	Unité	Fonction
T-IWU	Unité d'interfonctionnement du terminal	Fonction GMBS spécifique de gestion de la mobilité inter-sections et de la qualité de service dans les différentes sections d'accès. Assure aussi les fonctions de routage qui envoient les paquets IP au terminal mobile associé à la section considérée (c'est-à-dire vers l'équipement satellitaire ou l'équipement hertzien de Terre)
TE	Equipement terminal	Equipement normalisé (PC, ordinateur portable, etc.) gérant le protocole mobile IP. Dans la version véhicule du terminal GMMT, plusieurs terminaux seront connectés par l'intermédiaire d'un RLAN à la T-IWU
NU	Unité de navigation	Communique les données de positionnement: <ul style="list-style-type: none"> – à la T-IWU pour la sélection des sections et les transferts; – au module de pointage, d'acquisition et de suivi pour faciliter le calcul de l'azimut et de l'élévation de l'antenne du satellite; et – aux applications Internet (c'est-à-dire au terminal) pour la mise en œuvre des services de localisation

Les Tableaux 3 et 4 indiquent les principales caractéristiques respectivement d'un terminal transportable d'utilisateur et d'un terminal mobile terrestre d'utilisateur.

TABLEAU 3

Caractéristiques d'un terminal transportable d'utilisateur

Terminal	Type A	Types B, C
Valise	Ordinateur portable	Mallette
Mobilité en service	Non	
Volume de couverture	360° en azimut, 20-90° en élévation; ±10° par rapport à l'axe après pointage initial manuel	
Débit maximum d'informations en liaison montante (kbit/s)	160	512 (B), 2 048 (C)
Débit maximum d'informations en liaison descendante (Mbit/s)	6	16
Fréquence de réception (GHz)	20	
Fréquence d'émission (GHz)	30	
Type d'antenne	Plane, démontable	
Dimension maximale de l'antenne (cm)	≈ 20 × 30	≈ 30 × 40
Réalisation électrique de l'antenne	Antenne à circuit imprimé passive	

TABLEAU 4

Caractéristiques des terminaux mobiles terrestres d'utilisateur

Terminal	Type A	Type B	Type C
Type de mobile	Automobile	Train, autocar, camion	
Utilisation	Individuelle	Individuelle/collective	Collective
Modes de pointage requis	Automatique (pointage électronique, faisceau agile)	Automatique (pointage mécanique)	
Gamme de valeurs d'élévation recherchée (degrés)	10° – 80°		
Correction d'effet Doppler	Oui		
Débit maximal d'informations en liaison montante	160 kbit/s	512 kbit/s	2 Mbit/s
Débit maximal d'informations en liaison descendante (Mbit/s)	6	16	
Fréquence de réception (GHz)	19,7-20,2		
G/T (dB/K)	5,1	11,7	11,7
Fréquence d'émission (GHz)	29,5-30,0		
p.i.r.e. (dBW)	39,8	42,8	48,8
Type d'antenne	Non apparente	Apparente acceptable	
Dimensions maximales de l'antenne (cm)	Jusqu'à $\approx 32 \times 32$	Jusqu'à $\approx 25 \times 70$	
Réalisation électrique de l'antenne	Antenne réseau plan active	Antenne passive	

Ce sont les antennes pour automobiles ou utilisation individuelle qui posent les problèmes les plus délicats, car il faut mettre au point un nouveau type d'antenne réseau en raison du manque d'espace dans les véhicules. Le système de pointage est une autre caractéristique novatrice du terminal, puisqu'il faut que l'antenne se verrouille sur la position du satellite dans des conditions difficiles, compte tenu de la vitesse des automobiles (plus de 80 km/h) et des conditions de stabilité sur les routes.

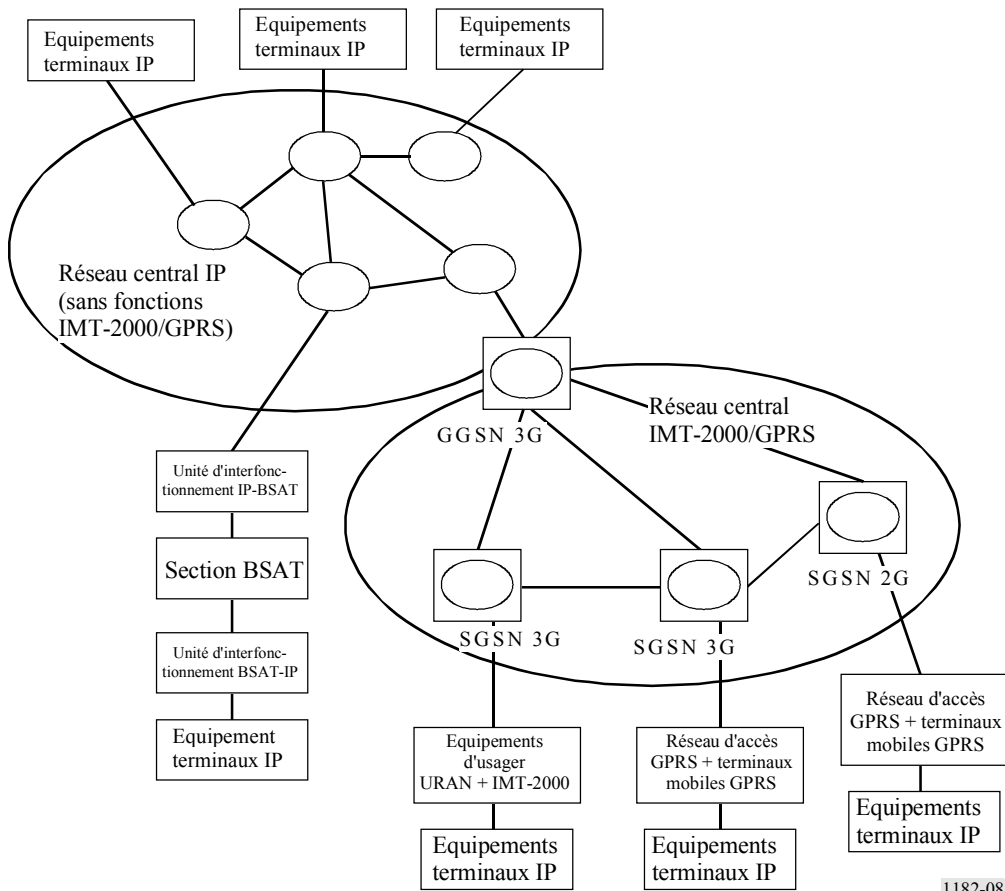
5 Scénarios possibles d'intégration de systèmes mobiles de Terre et de systèmes mobiles à satellites

L'intégration des systèmes mobiles de Terre et des systèmes mobiles à satellites doit permettre de disposer d'un système cellulaire à large bande mondial à composantes (sections) multiples (satellites et terrestres) différant et se complétant par leurs caractéristiques.

Dans le scénario d'intégration retenu par l'équipe du projet SUITED, le réseau d'accès à satellites large bande (BSAT) est considéré comme réseau d'accès directement lié aux routeurs IP. Comme cela est expliqué dans les lignes qui suivent, le scénario retenu prévoit une intégration naturelle avec le réseau IP et permet à la section satellite d'exploiter les caractéristiques de mobilité IP.

La Fig. 8 représente le scénario d'intégration proposé. Les zones ovales représentent les routeurs IP, et l'on notera que les ovales sont compris dans des rectangles lorsque les routeurs IP sont dotés de fonctions IMT-2000/GPRS: dans ce cas, les systèmes deviennent des GGSN ou SGSN 2G (c'est-à-dire GPRS) ou 3G (c'est-à-dire IMT-2000). Les GGSN sont les routeurs IP dotés de fonctions GPRS/IMT-2000, reliés par l'interface aux routeurs non GPRS/IMT-2000. Ainsi, les GGSN assurent l'interface entre le réseau central GPRS/IMT-2000 et le réseau central IP non GPRS/IMT-2000 (un seul GGSN est représenté à la Fig. 8).

FIGURE 8
Scénario d'intégration proposé



1182-08

A titre d'exemple, la Fig. 8 comporte les réseaux d'accès suivants: deux réseaux d'accès IMT-2000 (réseau d'accès radioélectrique IMT-2000 ou encore UTRAN), un réseau d'accès GPRS et un réseau satellitaire (section BSAT). Enfin, la Fig. 8 comporte également certains équipements terminaux IP, soit directement reliés aux routeurs IP, soit reliés à des réseaux d'accès. Les équipements terminaux sont des serveurs classiques (c'est-à-dire qu'il peut s'agir de simples ordinateurs personnels).

Comme le montre la Fig. 8, la section BSAT est considérée comme un réseau d'accès relié au réseau central IP. En particulier, la présence d'une unité d'interfonctionnement IP-BSAT du côté réseau et d'une unité d'interfonctionnement BSAT-IP du côté terminal est nécessaire pour assurer une interface adéquate avec le réseau central IP. Par exemple, l'unité d'interfonctionnement IP-BSAT assume du côté du réseau central IP les fonctions d'un routeur IP tandis que, du côté de la section satellite, cette unité doit assurer l'interfonctionnement avec les protocoles spécifiques du système à satellites.

La Fig. 8 illustre un scénario GPRS/IMT-2000 évolué dans lequel seuls les équipements SGSN/GGSN de commutation par paquets sont présents (absence d'équipements de commutation de circuits). On suppose que chaque SGSN peut accéder à un et seulement un réseau d'accès.

Par hypothèse, le protocole mobile est de type IPv4. Néanmoins, les concepts définis peuvent être étendus même au cas d'une application avec protocole mobile IPv6.

En ce qui concerne les relations entre la mobilité IP et la mobilité IMT-2000 (3G), trois phases sont planifiées:

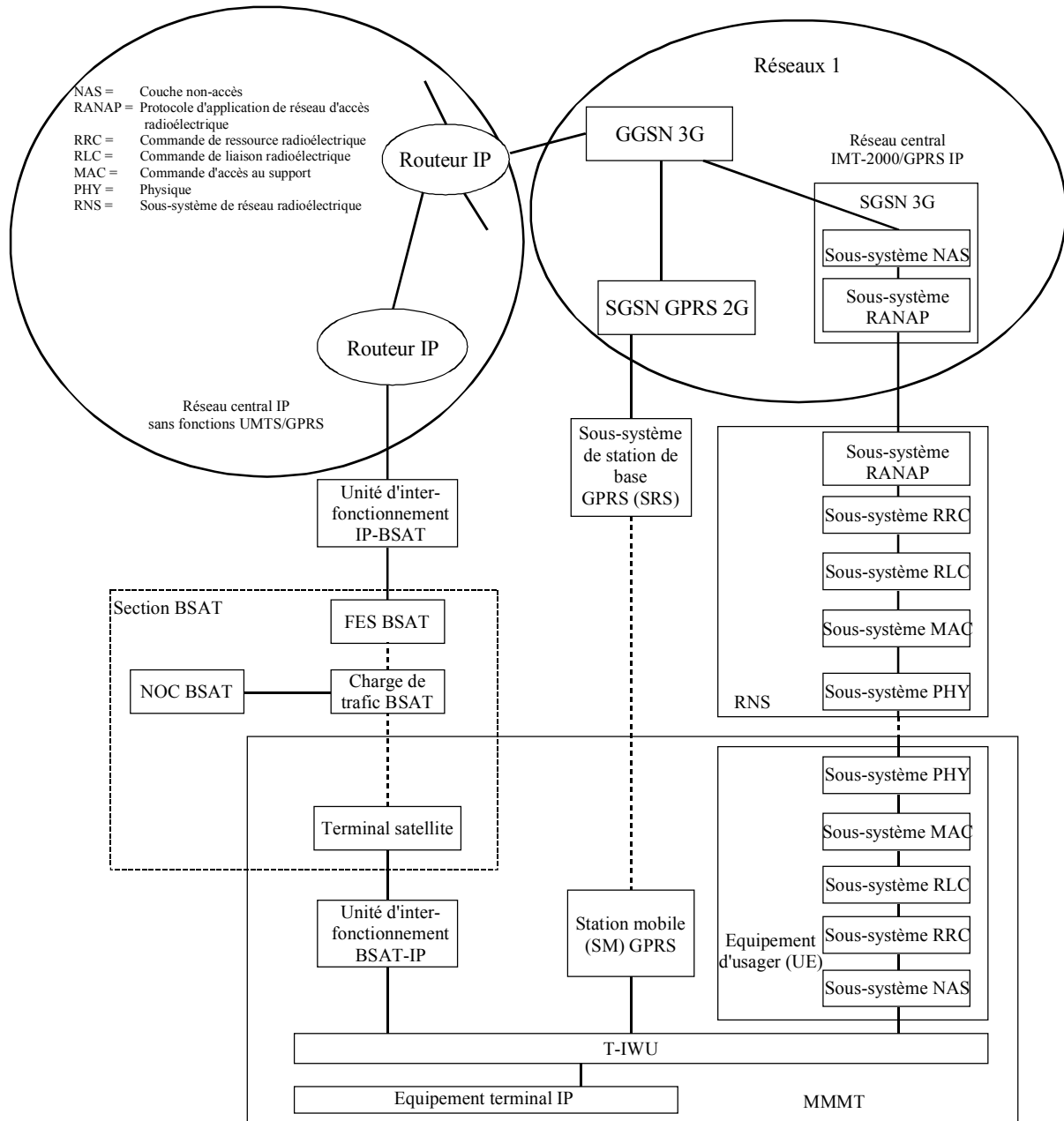
- dans la première phase, un usager mobile IMT-2000/GPRS se voit assigner à titre permanent une référence GGSN (correspondant au GGSN par lequel est acheminé tout le trafic concernant cet usager); cela signifie que, lorsque l'utilisateur mobile est en déplacement, le trafic qui lui est adressé sera dans tous les cas acheminé par le GGSN de référence attribué en permanence à cet usager; dans cette phase, une connexion dont la terminaison se situe au niveau d'un terminal mobile GMBS est routée jusqu'au GGSN de référence assigné en permanence au terminal mobile GMBS par le réseau mobile IP, puis jusqu'au SGSN qui dessert le terminal mobile GMBS (ci-après dénommé SGSN serveur) par l'intermédiaire des fonctions de mobilité IMT-2000.
- Dans une deuxième phase, un usager mobile IMT-2000/GPRS pourra (mais non pas en temps réel et non pas pendant qu'une liaison est établie) changer de GGSN de référence. L'utilisateur mobile pourra ainsi utiliser le GGSN de référence le plus près du lieu où il se déplace au moment considéré; dans cette phase, une connexion qui se termine au niveau d'un terminal mobile GMBS est acheminée jusqu'au GGSN de référence actuellement affecté au terminal mobile GMBS par le réseau mobile IP puis jusqu'au SGSN qui sert de terminal mobile GMBS (ci-après dénommé le SGSN serveur) par les fonctions de mobilité IMT-2000.
- Dans une troisième phase, le GGSN et le SGSN doivent fusionner en une seule entité; ici, une connexion qui se termine au niveau d'un terminal mobile GMBS est directement acheminée jusqu'au SGSN serveur actuellement attribué au terminal mobile GMBS par l'intermédiaire du réseau mobile IP.

Dans le scénario d'intégration proposé, nous considérons la deuxième phase; en fait, la première phase ne serait sans doute appliquée qu'à court terme, tandis que la troisième implique des modifications au niveau de plusieurs mécanismes IMT-2000 (par exemple les tunnels de protocole de tunnels GPRS (GTP)), non encore définis. Dans la deuxième phase, tous les GGSN 3G sont par hypothèse dotés des fonctions mobiles IPv4 agent extérieur; en conséquence, les GGSN 3G constitueront l'extrémité du tunnel établi par les procédures IPv4 mobiles entre l'entité agent de rattachement et l'agent extérieur. Par ailleurs, les GGSN 3G sont à l'autre extrémité d'un autre tunnel, le GTP établi par les procédures IMT-2000 entre le GGSN de référence et le SGSN serveur.

La Fig. 9 représente de façon détaillée une partie de la Fig. 8 comprenant les réseaux d'accès BSAT, GPRS et IMT-2000. Par ailleurs, la Fig. 9 couvre un terminal mobile multimode (MMMT) qui peut accéder aux sections BSAT, IMT-2000 et GPRS.

FIGURE 9

Architecture d'un terminal mobile multimode (trois modes: GPRS, IMT-2000, BSAT), avec les réseaux d'accès correspondants



1182-09

La Fig. 9 fait apparaître que le système à satellites et le réseau IMT-2000/GPRS peuvent accéder indépendamment au réseau central IP.

Un MMTT (trois modes: BSAT, GPRS, IMT-2000) du type représenté à la Fig. 9 est associé à trois terminaux mobiles spécialisés par section (à savoir une station MS GPRS, une unité d'utilisateur IMT-2000 et un terminal satellite), et une unité T-IWU assure l'interfonctionnement des trois sections et d'un équipement terminal unique. Les terminaux mobiles spécialisés sont des terminaux normalisés relevant respectivement des sections GPRS, IMT-2000 et satellite; l'unité T-IWU est un équipement spécifique assurant l'interfonctionnement des trois sections, et l'équipement terminal est un serveur IP classique.

Caractéristique intéressante, l'équipement terminal IP relié au MMT est considéré par le réseau IP comme un utilisateur mobile unique, c'est-à-dire pouvant être atteint par une adresse IP unique, quelle que soit la section par laquelle il est actuellement desservi. A cet égard, le scénario d'intégration proposé prévoit une interaction efficace entre les procédures mobiles IP et les procédures de mobilité spécifiques de chaque section.

L'unité T-IWU assume une fonction essentielle au niveau du MMT puisqu'elle assure toutes les procédures de mobilité entre sections. En fait, cette unité assure la sélection du réseau d'accès le plus commode (parmi les trois réseaux envisageables). Par exemple, si en un instant t l'unité T-IWU illustrée à la Fig. 9 sélectionne le réseau d'accès IMT-2000, cela signifie qu'à cet instant t précis, toutes les données adressées au terminal mobile multimode sont acheminées par l'intermédiaire du SGSN – Réseau 1 (voir la Fig. 9). En d'autres termes, à l'instant t , le réseau central IP considère l'équipement terminal associé au MMT comme un équipement terminal associé à un seul réseau d'accès, c'est-à-dire au réseau sélectionné à l'instant t par l'unité T-IWU. Par ailleurs, l'unité T-IWU assume une fonction fondamentale dans la procédure de transfert entre sections (qui relaie la connexion établie d'une section à l'autre).

Le scénario décrit dans la présente section du document pourrait évoluer vers un scénario totalement fondé sur les IMT-2000, dans lequel le réseau d'accès satellitaire (section BSAT) serait considéré comme un réseau d'accès directement relié au réseau central IMT-2000/GPRS; ainsi, dans ce scénario, l'unité d'interfonctionnement IP-BSAT serait reliée à un SGSN-3G. Toutefois, un tel scénario ne pourrait être véritablement mis en œuvre qu'après le déploiement intégral des IMT-2000. L'avantage fondamental d'un tel scénario évolué, et la raison pour laquelle il serait adopté, tient à ce que la section BSAT pourrait alors exploiter les caractéristiques de mobilité déjà prévues pour les IMT-2000: ainsi, ce scénario a pour objet de permettre à la section BSAT d'exploiter (librement) les caractéristiques de mobilité IMT-2000.
