

N° d'Inventaire

116942

UMTS

2^e édition revue et augmentée

Javier Sanchez
Mamadou Thioune

EXTRAIT

INSA de LYON
Dpt Télécommunications
Services & Usages
Bât. Claude Chappe 6 avenue des Arts
69621 VILLEURBANNE Cedex
Tél. 04 72 43 60 60 - Fax 04 72 43 79 62

© LAVOISIER, 2004

LAVOISIER
11, rue Lavoisier
75008 Paris

Serveur web : www.hermes-science.com

ISBN 2-7462-0856-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

hermes
Science
— publications —

16969 (2c col)

Ex. 4

Chapitre 2. Architecture générale et historique des réseaux UMTS	45	Chapitre 4. Le réseau cœur UMTS	91
2.1. Introduction	45	4.1. Introduction	91
2.2. Définition de l'UMTS	46	4.2. Architecture du réseau cœur UMTS	91
2.3. Historique du développement de l'UMTS	46	4.2.1. Caractéristiques du réseau cœur UMTS suivant la Release 99	92
2.4. Description générale de l'architecture d'un réseau UMTS	48	4.2.2. Domaines à commutation de circuits et à commutation de paquets	93
2.4.1. Domaine de l'équipement usager	49	4.3. Domaine à commutation de circuits	95
2.4.2. Domaine de l'infrastructure	49	4.3.1. Eléments du domaine CS	95
2.5. Evolution de l'architecture d'un réseau GSM vers l'UMTS	50	4.3.2. Protocoles utilisés par les interfaces du domaine CS	97
2.5.1. Architecture d'un réseau GSM dans ses débuts commerciaux	50	4.3.3. Placement des transcodeurs dans le domaine CS	102
2.5.2. Architecture d'un réseau GSM Phase 2+	52	4.4. Domaine à commutation de paquets	103
2.5.3. Architecture de référence du réseau UMTS	53	4.4.1. Eléments du domaine PS	103
2.5.4. Différences majeures entre les technologies radio du GSM et de l'UMTS	54	4.4.2. Echanges de signalisation à l'intérieur du domaine PS	104
2.6. Le service support offert par un réseau UMTS	54	4.4.3. Réseau cœur UMTS intégré	111
2.7. Répartition logique des fonctions dans un réseau UMTS	57	4.5. Eléments du réseau cœur UMTS non inclus dans l'architecture de référence	112
2.7.1. Strate d'accès	57	4.6. Evolutions du réseau cœur UMTS <i>Release 99</i> vers le « tout IP »	114
2.7.2. Strate de non-accès	58	4.6.1. Réseau cœur UMTS suivant la Release 4	114
Chapitre 3. L'UMTS et ses services	61	4.6.2. Réseau cœur UMTS suivant la Release 5	115
3.1. Introduction	61	4.7. Interopérabilité entre réseaux cœur UMTS et GSM	117
3.2. Le terminal dans un réseau UMTS	62	Chapitre 5. Le réseau d'accès UTRAN	121
3.2.1. L'équipement usager	63	5.1. Introduction	121
3.2.2. Classification des terminaux UMTS suivant leur puissance d'émission	67	5.2. Architecture de l'UTRAN	122
3.2.3. Les terminaux bimodes GSM et UMTS	68	5.2.1. Sous-système du réseau radio (RNS)	123
3.2.4. Classification des terminaux UMTS en fonction de leurs capacités radio	69	5.2.2. Gestion de la mobilité dans l'UTRAN	129
3.3. Services proposés par un réseau UMTS	70	5.2.3. Résumé des fonctions effectuées par l'UTRAN	130
3.3.1. Services standardisés	70	5.3. Modèle générique des protocoles utilisés par les interfaces de l'UTRAN	131
3.3.2. Services support UMTS	71	5.3.1. Couches horizontales	132
3.3.3. Téléservices	76	5.3.2. Plans verticaux	133
3.3.4. Services supplémentaires	79	5.3.3. Plan de contrôle du réseau de transport	134
3.3.5. Services non standardisés	83	5.3.4. Plan usager du réseau de transport	135
3.4. L'environnement domestique virtuel	84	5.4. Utilisation de l'ATM dans le réseau de transport de l'UTRAN	135
3.5. Classification des services en fonction de la QoS	86	5.4.1. Structure d'une cellule ATM	136
3.5.1. Services conversationnels	87	5.4.2. Utilisation des connexions virtuelles en ATM	137
3.5.2. Services streaming	87	5.4.3. Modèle de référence ATM	138
3.5.3. Services interactifs	88	5.5. Protocoles de l'interface UTRAN-réseau cœur : interface Iu	139
3.5.4. Services en arrière-plan ou background	89	5.5.1. Architecture protocolaire des interfaces Iu-CS et Iu-PS	140
		5.5.2. Description de RANAP	142
		5.6. Protocoles des interfaces internes de l'UTRAN	145
		5.6.1. Protocoles de l'interface RNC-RNC : interface Iur	145

5.6.2. Protocoles de l'interface RNC-nœud B : interface Iub	148	7.6. Le contrôle de puissance en CDMA	208
5.7. Exemples d'échanges dans l'UTRAN : établissement d'un appel	150	7.6.1. Effet « proche-lointain »	209
5.8. Résumé des piles protocolaires mises en place par l'UTRAN	152	7.6.2. Contrôle de puissance en boucle ouverte et en boucle fermée	210
Chapitre 6. De l'étalement de spectre au CDMA	155	7.6.3. Besoin d'un contrôle de puissance rapide	211
6.1. Introduction	155	7.7. La détection multi-utilisateur en CDMA	212
6.2. De l'étalement de spectre au CDMA : historique	156	7.7.1. Limites du récepteur RAKE	214
6.3. Principes de l'étalement de spectre et son application en CDMA	156	7.7.2. Techniques d'annulation d'interférence	214
6.3.1. Définition du gain de traitement	158	7.7.3. Détection conjointe	215
6.3.2. Propriétés de l'étalement de spectre	159	7.7.4. Techniques de détection utilisées par l'UTRA	216
6.4. Etalement de spectre par séquences directes : DS-CDMA	160	Chapitre 8. Les protocoles radio	219
6.4.1. Différences entre le facteur d'étalement et le gain de traitement	162	8.1. Introduction	219
6.4.2. Exemple d'une chaîne d'émission et de réception d'un système DS-CDMA	163	8.2. Typologie et description des canaux	220
6.5. Influence du gain de traitement dans les performances d'un système DS-CDMA	165	8.2.1. Les canaux logiques	221
6.5.1. Définition de la marge de brouillage	165	8.2.2. Les canaux de transport	222
6.5.2. Capacité maximale dans un système DS-CDMA dans la voie montante	169	8.2.3. Les canaux physiques	225
6.6. Codes d'étalement utilisés en DS-CDMA	170	8.3. La couche physique	227
6.6.1. Codes de Walsh-Hadamard	171	8.3.1. Les fonctions de la couche physique	228
6.6.2. Codes pseudo-aléatoires	176	8.3.2. Le mapping des canaux de transport sur les canaux physiques	229
6.6.3. Résumé des propriétés des codes d'étalement	181	8.4. La couche MAC	232
6.7. Codes d'étalement utilisés en UTRA	181	8.4.1. Les principales fonctions de la couche MAC	233
6.7.1. Codes utilisés dans la voie descendante	182	8.4.2. Le mapping des canaux logiques sur les canaux de transport	233
6.7.2. Codes utilisés dans la voie montante	183	8.4.3. Les unités de données du protocole MAC	234
6.8. Systèmes DS-CDMA avec stations de base synchrones et asynchrones	183	8.5. La couche RLC	236
Chapitre 7. Le CDMA large bande comme méthode d'accès de l'UMTS	187	8.5.1. Les principales fonctions de la couche RLC	237
7.1. Introduction	187	8.5.2. Les unités de données du protocole RLC	238
7.2. Pourquoi utiliser un système CDMA large bande ?	188	8.5.3. Les modèles associés aux modes d'opération de RLC	240
7.3. Caractéristiques du canal de propagation	189	8.6. La couche PDCP	242
7.3.1. Evanouissements à long terme	191	8.7. La couche BMC	243
7.3.2. Evanouissements à court terme	191	8.8. La couche RRC	245
7.4. Techniques utilisées en CDMA pour pallier les dégradations causées par le canal de propagation	196	8.8.1. La gestion de la connexion RRC	245
7.5. Techniques pour augmenter la capacité dans un système CDMA	205	8.8.2. La gestion des états de service de RRC	246
7.5.1. Sectorisation d'antennes	206	8.8.3. La diffusion des informations système	249
7.5.2. Détection d'activité vocale	206	8.8.4. La gestion du paging	251
7.5.3. Influence de l'interférence des cellules voisines sur la capacité d'un réseau CDMA	207	8.8.5. La sélection et la resélection de cellule	251
		8.8.6. La gestion de la mobilité dans l'UTRAN	252
		8.8.7. La gestion des bearers radio	255
		8.8.8. Le contrôle des mesures	258
		8.8.9. La gestion du chiffrement et de l'intégrité	259
		8.8.10. Le contrôle de puissance en boucle externe	261
		8.8.11. Distribution des protocoles radio dans l'UTRAN	261

Chapitre 9. La gestion des appels et de la mobilité.	263	10.3.2. Multiplexage et codage canal dans la voie descendante.	317
9.1. Introduction.	263	10.4. Opérations appliquées aux canaux physiques : étalement de spectre et modulation radio	320
9.2. La sélection de PLMN	265	10.4.1. Caractéristiques des canaux physiques de l'UTRA/FDD.	320
9.2.1. Le mode automatique de sélection	266	10.4.2. Codes de canalisation.	322
9.2.2. Le mode manuel de sélection	267	10.4.3. Codes d'embrouillage.	325
9.2.3. La resélection de PLMN.	267	10.4.4. Modulation QPSK et paramètres radio.	329
9.2.4. Les PLMN « interdits »	268	10.5. Étalement de spectre et modulation des canaux physiques dédiés	333
9.3. Principes de gestion de la mobilité en UMTS.	268	10.5.1. Canaux physiques dédiés de la voie montante	333
9.3.1. Les zones de localisation	269	10.5.2. Canal physique dédié de la voie descendante.	341
9.3.2. Correspondance entre les états de service du réseau cœur et de l'UTRAN	271	10.5.3. Différence de temps entre les canaux physiques dédiés de la voie montante et descendante	348
9.4. La sécurisation de l'accès au réseau	272	10.6. Structure des canaux physiques communs de l'UTRA/FDD	348
9.4.1. L'allocation d'une identité temporaire.	272	10.6.1. Le canal physique d'accès aléatoire (PRACH)	348
9.4.2. La demande d'identification du mobile	273	10.6.2. Le canal physique commun de paquets (PCPCH)	349
9.4.3. L'activation du chiffrement et de l'intégrité	274	10.6.3. Le canal physique partagé de la voie descendante (PDSCH).	351
9.4.4. L'authentification	275	10.6.4. Le canal de synchronisation (SCH).	352
9.5. L'inscription auprès du réseau.	278	10.6.5. Le canal pilote commun (CPICH)	353
9.5.1. La procédure IMSI attach	279	10.6.6. Le canal physique primaire commun de contrôle (P-CCPCH).	354
9.5.2. La procédure GPRS attach	280	10.6.7. Le canal physique secondaire commun de contrôle (S-CCPCH)	355
9.6. La mise à jour de la zone de localisation du mobile	283	10.6.8. Le canal d'indication d'appel (PICH)	356
9.6.1. La procédure Location updating	283	10.6.9. Le canal d'indication d'acquisition (AICH).	357
9.6.2. La procédure Routing area updating	285	10.6.10. Canaux physiques de signalisation liés au PCPCH.	358
9.6.3. La relocalisation de SRNS.	287	Chapitre 11. Procédures de la couche physique UTRA/FDD	361
9.6.4. Le détachement du réseau	291	11.1. Introduction	361
9.7. L'établissement d'appel	293	11.2. Le récepteur.	361
9.7.1. Appel circuit.	293	11.3. Procédure de synchronisation	363
9.7.2. Appel paquet.	295	11.3.1. Première étape : synchronisation au niveau chip et slot.	364
9.8. Handover intersystème entre réseaux GSM et UMTS.	298	11.3.2. Deuxième étape : synchronisation au niveau trame et détection du groupe du code d'embrouillage de la cellule	365
9.8.1. Handover intersystème en mode circuit : UMTS vers GSM.	298	11.3.3. Troisième étape : détection du code primaire d'embrouillage de la cellule	367
9.8.2. Handover intersystème en mode circuit : GSM vers UMTS.	300	11.3.4. Quatrième étape : synchronisation logique	367
9.8.3. Commutation intersystème en mode paquet : UMTS vers GPRS	300	11.4. Procédure d'accès aléatoire <i>via</i> le RACH	368
9.8.4. Commutation intersystème en mode paquet : GPRS vers UMTS	301	11.5. Procédure d'accès aléatoire <i>via</i> le CPCH	370
Chapitre 10. La chaîne de transmission UTRA/FDD	305	11.6. Procédure d'écoute des messages de <i>paging</i>	372
10.1. Introduction	305	11.7. Procédure de contrôle de puissance	373
10.2. Description générale de la chaîne de transmission de l'UTRA/FDD	306	11.7.1. Contrôle de puissance en boucle ouverte	373
10.3. Opérations appliquées aux canaux de transport : multiplexage et codage canal	307	11.7.2. Contrôle de puissance en boucle fermée.	374
10.3.1. Multiplexage et codage canal dans la voie montante	307	11.8. Procédures de diversité d'émission	378

Chapitre 4

Le réseau cœur UMTS

4.1. Introduction

Le réseau cœur (*core network*) est la partie du système UMTS chargée de la gestion des services souscrits par un abonné. Il permet à celui-ci de communiquer à l'intérieur d'un même réseau de téléphonie mobile et assure l'interconnexion de ce dernier avec des réseaux externes, fixes ou mobiles, numériques ou analogiques. Il fournit enfin les logiciels qui permettent, tout en garantissant la sécurité des échanges, de maintenir la communication, même lorsque l'utilisateur est itinérant.

Ce chapitre s'intéresse principalement à l'architecture du réseau cœur UMTS associée à la *Release 99*. Néanmoins, les innovations apportées par la *Release 4*, et la *Release 5* sont également mises en lumière. Rappelons que la *Release 99* est la version de référence sur laquelle sont fondés les premiers déploiements commerciaux de l'UMTS en Europe et dans le monde. Dans ce chapitre, seront également décrites certaines des procédures mises en place dans le réseau cœur. Elles font l'objet d'une étude plus détaillée dans le chapitre 9.

4.2. Architecture du réseau cœur UMTS

L'architecture du réseau cœur UMTS dans sa première version est similaire à celle du GSM Phase 2+, comme en témoigne la figure 4.1. Les deux domaines de service (circuit et paquet) ont été conservés ainsi que les équipements fonctionnels dans lesquels sont intégrées les nouvelles fonctionnalités propres à l'UMTS.

Ce choix d'architecture a été dicté d'une part par le souci des opérateurs européens de réutiliser les investissements lourds, déjà effectués pour le déploiement du GSM et qui n'étaient pas encore rentabilisés, et d'autre part par la volonté de finaliser très rapidement la première version des spécifications (Release 99). En effet, il était théoriquement moins cher et plus rapide de bâtir le nouveau système à partir d'un réseau existant ayant fait ses preuves (tout au moins pour les services en mode circuit). Quant aux Japonais, leur préoccupation majeure était de remplacer au plus vite leur système de deuxième génération qui avait atteint les limites de capacité.

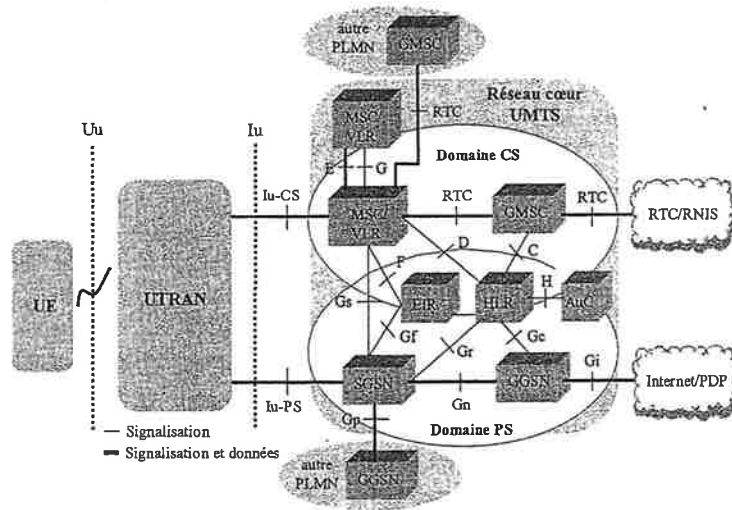


Figure 4.1. Architecture possible d'un réseau UMTS suivant la Release 99

4.2.1. Caractéristiques du réseau cœur UMTS suivant la Release 99

Les spécifications techniques du système UMTS recommandent que le réseau cœur supporte les fonctionnalités suivantes [TS 22.100] :

- débit de transmission de données d'au moins 64 kbps par utilisateur en mode circuit et de 2 Mbps en mode paquet ;
- support d'au moins tous les services spécifiés pour le GSM Phase 2+ ;
- possibilité de modifier la QoS des services support au cours de la communication. Plusieurs services support (*bearer services*) assortis d'attributs différents peuvent être traités simultanément ;
- possibilité d'interconnexion avec un réseau téléphonique commuté public (RTC), un réseau numérique à intégration de services (RNIS) bande étroite, un réseau GSM, un réseau X.25 ou encore un réseau utilisant le protocole IP ;

- support des outils normés pour faciliter le développement de nouveaux services tels que CAMEL, MExE, WAP et USIM/SIM toolkit ;

- possibilité pour un terminal bimode supportant les caractéristiques radio du GSM et de l'UMTS d'être itinérant entre ces deux réseaux sans interruption de la communication (pour certains services).

Rappelons enfin que l'architecture modulaire du système UMTS (cf. chapitre 2) rend possible l'interconnexion de son réseau cœur avec des systèmes d'accès radio autres que l'UTRAN, comme le BSS du GSM, le GERAN (GSM/GPRS/EDGE), ou encore l'HIPERLAN/2 [TS 23.121].

4.2.2. Domaines à commutation de circuits et à commutation de paquets

On observe sur la figure 4.1 que le réseau cœur UMTS est le regroupement fonctionnel de deux sous-réseaux ou « domaines » : le « domaine CS » (CS pour *Circuit-Switched*) et le « domaine PS » (PS pour *Packet Switched*), assurant respectivement les services à commutation de circuits et à commutation de paquets.

4.2.2.1. Accès simultané à des services des domaines CS et PS

Pour pouvoir accéder aux services offerts par le domaine CS et/ou par le domaine PS, l'UE doit s'inscrire auprès du domaine CS (procédure *IMSI attach*) et/ou auprès du domaine PS (procédure *GPRS attach*). Au cours de la procédure d'inscription, le réseau vérifie que l'utilisateur est autorisé à accéder aux services du réseau. Après l'exécution avec succès d'une telle procédure, le mobile est dit inscrit ou « attaché » au domaine CS et/ou domaine PS, selon le cas. La procédure inverse, qui consiste à se déconnecter du réseau, est appelée « détachement » et peut être déclenchée à l'initiative du mobile ou du réseau.

Du point de vue de l'UE, envoyer des données en mode paquet pendant que l'on passe un appel téléphonique en mode circuit, ne présente aucune difficulté particulière étant donnée la flexibilité offerte par les protocoles radio UTRA décrits dans le chapitre 8. Un terminal UMTS peut ainsi opérer dans l'une des trois configurations suivantes :

- en mode paquet et en mode circuit. L'UE est inscrit aux domaines CS et PS et gère simultanément des services en mode paquet et circuit, à l'instar des terminaux classe A GPRS ;
- en mode paquet. L'UE est inscrit seulement au domaine PS et accède à des services exclusivement en mode paquet, à l'instar des terminaux classe C GPRS ;

– en mode circuit. L'UE est inscrit seulement au domaine CS et accède à des services en mode circuit exclusivement, à l'instar des terminaux GSM « classiques ».

Pour chaque inscription avec succès à un domaine, une liaison logique s'établit entre l'UE et ce domaine et une machine d'état se met en route (cf. figure 4.2). Elle est en charge de gérer la mobilité, l'établissement des connexions et la sécurisation des échanges avec le domaine correspondant. Lorsque l'UE est attaché aux deux domaines, ce sont deux machines d'état indépendantes qui sont activées – chacune régie par les protocoles du *non access stratum*. Côté UTRAN, on ne fait pas vraiment de distinction entre les deux domaines lorsqu'il s'agit de transporter les données sur l'interface radio. En effet, une seule connexion physique est établie entre l'UTRAN et l'UE dans laquelle sont multiplexés les messages de données usager et de signalisation à destination des domaines CS et PS. Le transport de ces messages est placé sous la responsabilité des protocoles de l'*access stratum*.

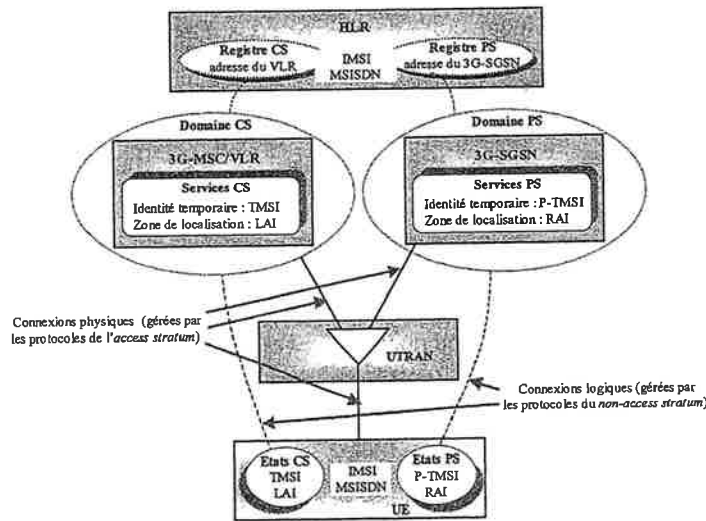


Figure 4.2. Interaction du terminal avec les deux domaines du réseau cœur.
AS : access stratum, NAS : non access stratum

4.2.2.2. Interaction entre domaines : l'interface « Gs »

Les domaines CS et PS peuvent interagir par l'intermédiaire de l'interface « Gs », dont l'utilisation est optionnelle. Aussi, on parle d'un réseau UMTS mode I si l'interface « Gs » est utilisée et d'un réseau UMTS mode II dans le cas contraire [TS 23.060]. Cette interface, qui a été proposée à l'origine pour les réseaux GSM/GPRS, permet de coordonner certaines procédures qui sont faites généralement de manière indépendante. Par exemple, les procédures de mise à jour

des zones de localisation du domaine CS (LA pour *Location Area*) et des zones de routage du domaine PS (RA pour *Routing Area*) peuvent être combinées afin de préserver les ressources radio. Les mécanismes de *paging* et les procédures d'attachement et de détachement CS/PS, peuvent également être optimisées.

4.3. Domaine à commutation de circuits

Le domaine CS a démontré en GSM qu'il est capable de procurer des services de voix de qualité et cette possibilité sera préservée par le domaine CS de l'UMTS. Dans l'architecture du domaine CS, on retrouve les mêmes éléments du sous-système d'acheminement NSS du GSM introduit dans le chapitre 2. Il assure la connexion à un réseau RNIS et au réseau téléphonique RTC. Outre la transmission de voix, le domaine CS est capable de gérer des services multimédias de type conversationnel ayant des contraintes temps réel (de la visiophonie par exemple). La transmission de messages courts SMS et le service de fax peuvent aussi être desservis par le domaine CS.

4.3.1. Eléments du domaine CS

La figure 4.3 illustre les éléments qui forment le domaine CS dans le réseau cœur UMTS ainsi que les protocoles qui gèrent les échanges d'information entre eux. Il reprend pour l'essentiel les mêmes entités présentes dans le réseau cœur GSM (NSS), avec bien entendu, la mise à jour des procédures qu'elles mettent en place.

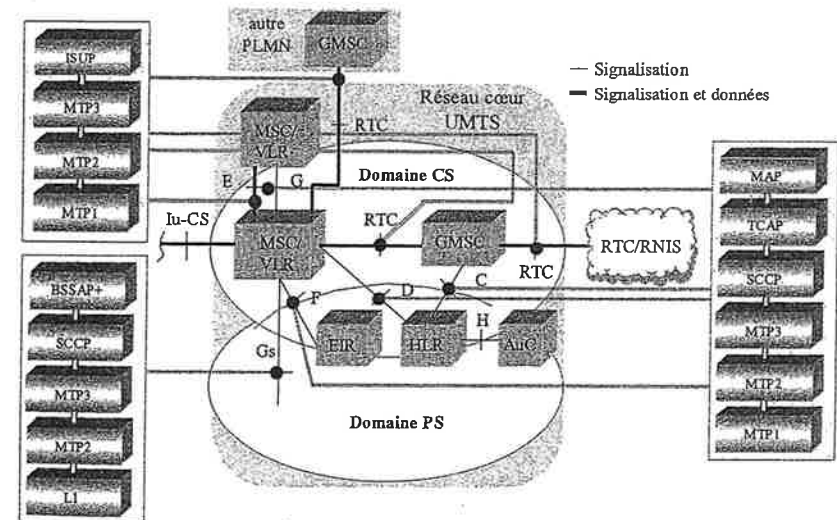


Figure 4.3. Eléments et protocoles de signalisation du domaine CS

Centre de commutation des mobiles (MSC). Le MSC (*Mobile Switching Center*) est le principal élément dans le domaine CS. Il s'agit d'un commutateur qui assure l'interface avec le réseau cœur pour un mobile accédant aux services à commutation de circuit par l'interface radio. Le MSC gère, pour le compte du domaine CS, la procédure d'inscription (attachement) des abonnés, leur authentification, la mise à jour de leur position dans le réseau et la sécurisation de l'accès au système.

Enregistreur de localisation nominal (HLR). Le HLR (*Home Location Register*) est une base de données. Elle contient l'ensemble des éléments qui ont trait aux abonnements des utilisateurs, et ceux qui permettent l'identification et l'authentification de chaque abonné. En plus de ces données statiques, le HLR conserve des informations dynamiques de localisation permettant le routage des appels vers le MSC où le mobile s'est inscrit.

Enregistreur de localisation d'accueil (VLR). Le VLR (*Visitor Location Register*) est également une base de données dans laquelle sont enregistrées des informations plus précises (comparé au HLR) sur la position de l'abonné et son déplacement dans la zone de localisation (LA) qui lui est associée. La taille de cette zone, composée d'un ensemble de cellules, est variable. A chaque fois qu'un terminal mobile passe d'une LA à une autre, il doit le signaler au VLR qui contrôle la nouvelle zone. Généralement, les constructeurs d'équipement intègrent le VLR dans le MSC afin de simplifier les échanges d'information entre ces deux entités. Des échanges d'information entre le VLR et le HLR ont lieu par l'interface « D ».

MSC passerelle (GMSC). Le GMSC (*Gateway MSC*) est l'un des MSC du réseau qui assure l'interface avec les réseaux externes à commutation de circuits tels que le RTC et le RNIS. Par exemple, sur présentation d'un appel entrant vers un abonné du PLMN auquel il appartient, le GMSC se sert de l'interface « C » pour interroger le HLR, savoir si le mobile peut être joint et, le cas échéant, recueillir les informations permettant de localiser le mobile afin de router correctement l'appel.

Enregistreur des équipements mobiles non acceptables par le réseau (EIR). L'EIR (*Equipment Identity Register*) est une sorte de liste noire. Cette base de données recense les terminaux dont l'accès au réseau doit être refusé. Il peut s'agir de terminaux non homologués, volés ou pirates. L'interface « F » permet au MSC d'accéder à cette information.

Centre d'authentification (AuC). L'AuC (*Authentication Center*) contient les paramètres utilisés pour la gestion de la sécurité de l'accès au système. Il contient par exemple, pour chaque abonné, une copie de la clef secrète qui se trouve également dans l'USIM et permet de générer de part et d'autre les paramètres d'authentification et les clés de chiffrement et d'intégrité (cf. chapitre 9). L'AuC communique avec le HLR à l'aide d'une interface non-normalisée dénommée « H ».

4.3.2. Protocoles utilisés par les interfaces du domaine CS

Les échanges d'information entre les éléments internes du réseau cœur et entre ce dernier et les réseaux extérieurs respectent une série de règles, normalisées pour la plupart, appelées « protocoles ». Ils permettent de mettre en place un vaste nombre de procédures plus ou moins complexes qui interviennent dans l'établissement et le maintien d'une communication initiée ou reçue par l'abonné.

Les protocoles et les procédures de signalisation mis en place dans le domaine CS *Release 99* sont assez semblables à celles et ceux utilisés dans le NSS du GSM (on ne change pas une équipe qui gagne !). Cependant, nous verrons plus tard que le fait d'interagir avec un tout nouveau réseau d'accès radio, l'UTRAN, a nécessité la spécification d'une nouvelle interface avec de nouveaux protocoles : l'interface « Iu-CS ».

Système de signalisation n° 7

A l'intérieur du domaine CS, les échanges d'information (trafic de signalisation et trafic de données) entre les différentes entités qui le composent sont coordonnés par le système de signalisation par canal sémaphore n° 7 (SS7 pour *Signalling System number 7*). Le SS7 est une architecture standardisée constituée de protocoles et de procédures qui permet de transmettre du trafic de signalisation à l'intérieur comme à l'extérieur du domaine CS afin d'ouvrir et de fermer des circuits ou des voies d'acheminement d'information ; elle est particulièrement adaptée pour l'échange de messages de signalisation dans des voies à 64 kbps [LAG 00].

L'architecture protocolaire du SS7 est constituée de différentes couches appelées « parties » de l'anglais *parts*, comme l'illustre la figure 4.4.

ISUP (*ISDN User Part*) fait partie du sous-système utilisateur. Il contient les messages et les protocoles nécessaires à l'établissement et à la libération des circuits qui permettent de transmettre de la voix et des données vers les réseaux externes tels que le RTC ou le RNIS.

Le sous-système de transfert de messages (MTP pour *Message Transfert Part*) est composé de trois couches dont l'ensemble permet de disposer d'un réseau téléphonique national dédié à la signalisation. Le réseau cœur peut être amené en effet à interagir avec d'autres réseaux fixes et mobiles répartis dans l'ensemble du territoire. Le sous-système de commande des connexions sémaphores (SCCP pour *Signalling Connection Control Part*), situé au-dessus de MTP, permet, au surplus, de disposer d'un réseau d'échange de signalisation mondial permettant à un abonné d'être itinérant dans un réseau mobile situé à l'étranger. On utilise le protocole gestionnaire de transaction (TCAP pour *Transaction Capabilities Application Part*)

pour faciliter les dialogues entre les protocoles d'application situés au-dessus de cette couche dans les équipements concernés.

Le protocole d'application MAP

L'architecture SS7 trouve son origine dans les réseaux téléphoniques fixes numériques. Son utilisation dans un réseau mobile comme le GSM et l'UMTS, requiert l'addition d'une couche supplémentaire pour tenir compte notamment du fait que l'abonné « au bout du fil » peut se déplacer. Aussi, une version modifiée du protocole d'application MAP (*Mobile Application Part*) utilisé dans le réseau cœur GSM/GPRS est employée pour faire dialoguer les éléments qui composent le réseau cœur UMTS, que ce soit dans le domaine CS ou dans le domaine PS [TS 29.002]. C'est pour cette raison que ce type de réseau cœur est référencé de manière générique par réseau cœur GSM/MAP présenté sous une forme « évolué » en UMTS.

MAP est situé au-dessus de TCAP et gère les échanges de signalisation entre différents MSC et entre le MSC, l'EIR, le VLR et le HLR (cf. figure 4.3). Le protocole MAP gère également la procédure d'itinérance (*roaming*), c'est-à-dire la possibilité pour un utilisateur d'avoir accès aux services qu'il a souscrit auprès de l'opérateur d'un réseau lorsqu'il se situe dans la zone de couverture d'un réseau appartenant à un autre opérateur (lorsque l'abonné est à l'étranger par exemple).

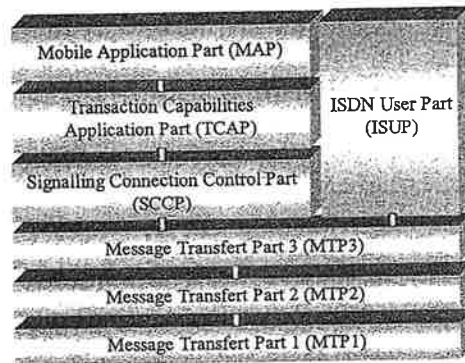


Figure 4.4. Architecture protocolaire SS7 dans le réseau cœur UMTS

4.3.2.1. Protocoles du plan de contrôle et du plan usager dans le domaine CS

Dans l'architecture protocolaire du domaine CS et du domaine PS de l'UMTS, on fait la distinction entre le « plan de contrôle » et le « plan usager ». Le premier est aussi appelé plan de commande ou de signalisation. Par le plan usager transitent les données générées de l'application telles que la parole, de la vidéo, des messages courts, etc. Ce plan n'est donc présent que dans les interfaces qui convoient des données usager. Les « tuyaux » ou supports qui achemineront l'information du plan

usager sont établis et libérés par le plan de contrôle. Notons que cette découpe en deux plans est héritée du GPRS où le plan usager est aussi désigné par « plan de transmission ». L'idée est de gérer indépendamment les caractéristiques des supports utilisés pour l'acheminement des données usager de celles des supports utilisés pour le transport de la signalisation car ils nécessitent généralement une QoS différente.

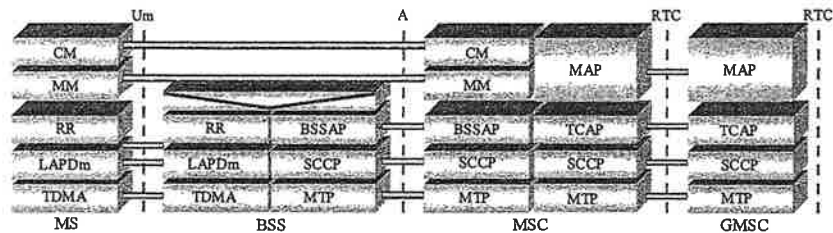
Plan de contrôle : échange de signalisation entre le domaine CS et le mobile

Le trafic de signalisation échangé entre le domaine CS et le mobile repose sur deux sous-couches protocolaires qui font partie du plan de contrôle du *non-access stratum*. Il s'agit de la sous-couche de gestion de la mobilité (MM pour *Mobility Management*) et de la sous-couche de gestion de la connexion (CM pour *Connection Management*) comme illustré par la figure 4.5. A titre comparatif, les protocoles équivalents du GSM sont présentés dans la même figure. On observe sur ces deux figures que la principale différence avec le GSM se situe au niveau des protocoles associés au transport appartenant à l'*access stratum*. Cela se justifie naturellement en raison de l'introduction d'un nouveau réseau d'accès radio en UMTS – l'UTRAN.

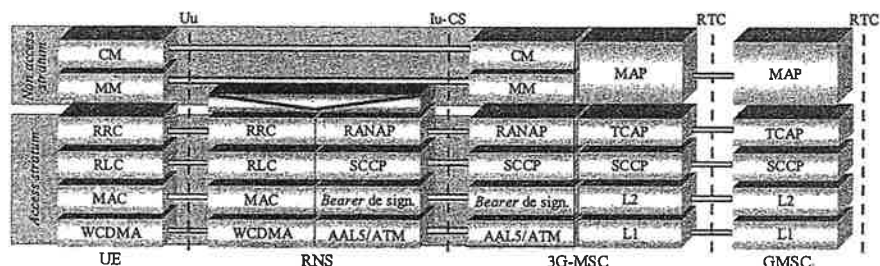
Dans l'*access stratum*, c'est le protocole RRC (*Radio Resource Control*) qui est en charge d'établir les supports de signalisation (*signalling bearers*) et de données usager (*radio bearers*) entre l'UE et l'UTRAN, alors que RANAP (*Radio Access Network Application Part*) fait de même entre l'UTRAN et le MSC. Les échanges de messages de signalisation et de données usager dans l'interface radio sont fiabilisés grâce aux couches RLC (*Radio Link Control*) et MAC (*Medium Access Control*). Cette dernière effectue au surplus l'opération de chiffrement afin de sécuriser les échanges de données pour des services en mode circuit. Vient enfin la couche physique qui adapte l'information binaire de façon à pouvoir la transmettre à travers l'air suivant le principe du WCDMA. Les protocoles RRC, RLC et MAC sont étudiés en détail dans le chapitre 8 tandis que le protocole RANAP est analysé dans le chapitre 5. Enfin, la couche physique est étudiée amplement dans les chapitres 10, 11 et 12.

Dans le *non-access stratum*, la sous-couche MM est en charge de coordonner les procédures d'inscription de l'abonné dans le réseau (procédure *IMSI attach*) et d'effectuer la mise à jour de sa position lorsqu'il se déplace (procédure *LA update*). La sous-couche MM est également en charge des procédures de sécurisation des échanges entre l'UE et le réseau par le biais de la procédure d'authentification qui font l'objet d'une analyse plus détaillée dans le chapitre 9.

La sous-couche CM est en charge de la gestion des appels : elle les établit, les modifie et les libère. Elle gère également les services supplémentaires et le service de transmission de messages courts (SMS).



a) Réseau GSM. Echange de signalisation entre le réseau cœur GSM et le MS



b) Réseau UMTS. Plan de contrôle : échange de signalisation entre le domaine CS et l'UE

Figure 4.5. Protocoles utilisés dans l'échange de signalisation entre le domaine CS et l'UE. Ceux utilisés dans le même objectif dans un réseau GSM sont présentés à titre comparatif

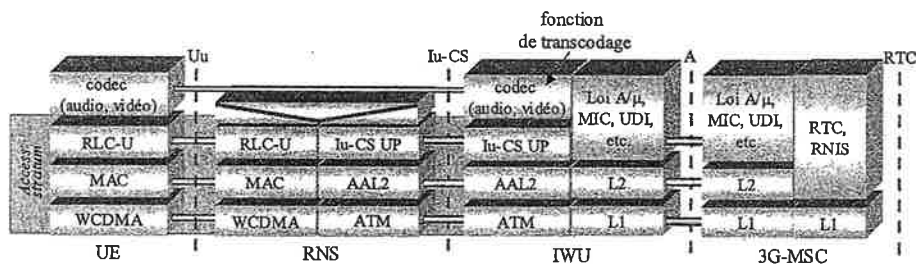


Figure 4.6. Protocoles utilisés dans le plan usager pour l'échange de données entre le domaine CS et l'UE. A titre d'exemple, un codec est supposé constituer l'application

Plan usager : échange de données usager entre le domaine CS et le mobile

La figure 4.6 illustre les piles protocolaires qui interviennent à la matérialisation des services support (RAB) qui convoient les données usager depuis l'UE jusqu'au domaine CS et vice versa. Ces piles sont assez semblables à celles utilisées dans le plan de contrôle. Bien entendu, les protocoles de contrôle du *non-access stratum* sont remplacés par l'application qui, dans la figure 4.6; est représentée, à titre d'exemple, par un *codec* (audio et/ou vidéo).

4.3.2.2. Exemple de routage d'un appel entrant dans le domaine CS

La façon dont les entités qui composent le domaine CS interagissent est présentée dans la figure 4.7. Cet exemple illustre certaines des étapes qui ponctuent l'arrivée d'un appel entrant provenant d'un abonné situé dans le réseau téléphonique fixe (RTC).

Le RTC établit une connexion avec le GMSC du réseau concerné (point 1). Puis, l'abonné fixe compose le MSISDN, le numéro qui identifie l'abonné dans le réseau UMTS. Le MSISDN répond aux caractéristiques du plan international de numération E.164. Il inclut le code du pays et un identifiant de l'opérateur avec lequel l'utilisateur du terminal mobile est abonné.

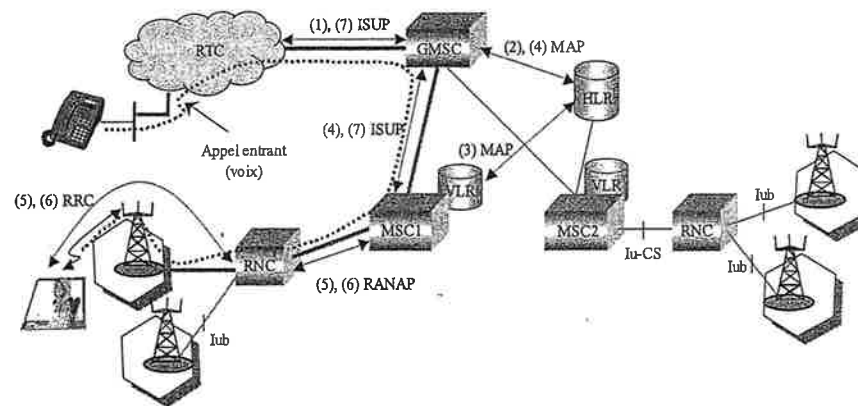


Figure 4.7. Entités et protocoles impliqués dans l'établissement d'un appel entrant dans le domaine CS. Le mobile est inscrit au réseau et en état de veille.

Le GMSC ne sait pas dans quel MSC le mobile peut être contacté. Il ne sait pas non-plus si le mobile destinataire de l'appel est occupé ou tout simplement s'il est joignable. Pour pallier ce problème, les cellules couvertes par le réseau d'accès radio sont regroupées en zones dites de localisation (LA). Lorsque le terminal mobile est mis sous tension ou lorsqu'il passe d'une LA à une autre, une procédure d'inscription (attachement) doit être établie afin d'enregistrer ces changements dans la base de données HLR. De cette manière, le HLR connaît, à tout moment, le MSC courant qui dessert la LA en question (le MSC1 dans cet exemple). Cette information est également mise à jour dans la base de données VLR associée à la nouvelle LA dans laquelle le terminal mobile est localisé.

L'MSISDN contient également des informations permettant de connaître le HLR dans le réseau nominal où les informations liées à la souscription de l'abonné mobile sont enregistrées. Le GMSC va ainsi interroger, suivant le numéro MSISDN, le

HLR qui correspond au destinataire de l'appel dans le PLMN (point 2). Le HLR transforme le MSISDN en IMSI. L'IMSI représente l'identité internationale de l'abonné qui est unique pour tous les réseaux. La valeur de l'IMSI ne varie pas dans le temps. Le HLR se sert de l'IMSI pour interroger le VLR qui gère la LA où le mobile s'est inscrit pour signaler sa position (point 3).

Le VLR attribue un numéro MSRN (*Mobile Station Roaming Number*) à l'abonné mobile et le transmet au HLR, qui le renvoie à son tour au GMSC (point 4). Le MSRN permet le routage des appels entrants depuis le GMSC jusqu'au MSC dans le réseau où l'abonné mobile se situe. Soulignons que le MSRN n'est pas visible par ce dernier et qu'il est attribué de façon temporaire et uniquement lors de l'établissement d'un appel entrant.

Le MSC1 consulte le VLR pour connaître les cellules associées à la LA où le mobile se localise au moment de l'appel. Puis, il demande à l'UTRAN d'envoyer des messages de notification d'appel (*paging*) au mobile en question (point 5). A ce stade, la station mobile est identifiée par son TMSI, identité temporaire attribuée par le VLR. Une fois le message de *paging* acquitté par le mobile, le MSC1 établit une voie avec le RNC (*Iu bearer*) et demande à l'UTRAN d'en établir une entre le RNC et l'UE (*radio bearer*) afin que l'appel puisse avoir lieu (points 5 et 6). Enfin, après avoir reçu un acquittement (point 7), le RTC à l'aide du GMSC route l'appel vers le MSC1 et la communication entre l'abonné mobile et son correspondant dans le RTC, est finalement établie.

4.3.3. Placement des transcodeurs dans le domaine CS

En GSM et en UMTS, le débit « utile » de la parole une fois codée varie entre 4 kbps et 13 kbps. Afin d'acheminer la parole par un réseau fixe externe qui gère des circuits de parole à un débit de 64 kbps, il faut effectuer, quelque part dans le réseau mobile, une opération de transcodage (TRAU *Transcoder and Rate Adapter Unit*) permettant le passage de 4-13 kbps à 64 kbps. Il est plus judicieux d'effectuer cette opération en étant au plus près du point de jonction avec le réseau externe dans le but de consommer moins de bande passante en amont du transcodeur. En GSM, le transcodeur fait partie du réseau d'accès radio BSS, alors qu'en UMTS il fait partie du réseau cœur [TR 23.930] (voir figure 4.8). En UMTS, ce choix se justifie par la nécessité de gérer des situations où l'UE est en état de macrodiversité, un concept qui est inexistant en GSM (voir aussi annexe 3). En pratique, que ce soit dans des réseaux GSM ou UMTS la fonction de transcodage est localisée dans le MSC, ce qui veut dire que le gain en termes de bande passante est équivalent dans les deux systèmes. On verra plus loin dans ce chapitre que ce gain devient significatif dans les réseaux UMTS bâtis sur la *Release 4* en raison de la définition d'une toute nouvelle architecture du domaine CS.

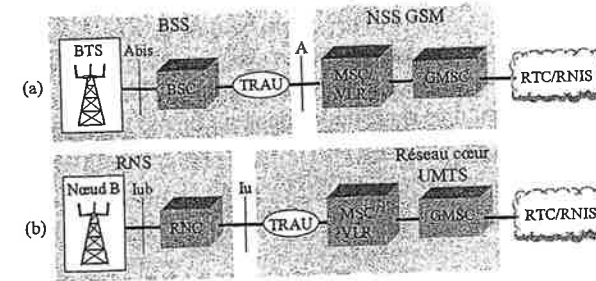


Figure 4.8. Positionnement du transcodeur dans a) un réseau GSM, b) un réseau UMTS Release 99

4.4. Domaine à commutation de paquets

Le domaine à commutation de paquets utilise tout naturellement l'architecture GPRS définie pour la phase 2+ du GSM [LAG 00]. Il assure la connexion aux réseaux utilisant le protocole IP (Internet, Intranet, WAP) et supporte des services de type interactif, *streaming* et *background*. Des services conversationnels peuvent aussi être gérés par le domaine PS. Sans perte de généralité, les réseaux qui gèrent des connexions et des services en mode paquets autres que l'Internet, seront référencés par le terme « réseaux PDP » (PDP pour *Packet Data Protocol*).

A la différence du domaine CS qui a fait ses preuves en GSM pour offrir des services à commutation de circuits, le domaine PS est encore à tester et à valider, car les premiers réseaux GPRS viennent seulement d'être ouverts commercialement. Le succès éventuel du GPRS ne manquera pas d'avoir un impact sur l'UMTS, en accélérant ou en retardant son déploiement.

4.4.1. Eléments du domaine PS

La figure 4.9 illustre les entités qui composent le domaine PS dans le réseau cœur UMTS ainsi que les protocoles de signalisation mis en place. Remarquons que certains de ces éléments sont communs aux domaines CS et PS.

Le nœud de service GPRS (SGSN pour *Serving GPRS Support Node*) peut être comparé, du point de vue fonctionnel, à l'ensemble MSC/VLR dans le domaine CS. Le SGSN est en charge de l'acheminement des paquets de données depuis et vers l'UE située dans la zone qu'il dessert. Parmi ses tâches principales, on peut mentionner : les procédures de routage et de transfert de données, la gestion de la mobilité (procédures d'attachement/détachement et de localisation) et les procédures d'authentification.

Le nœud passerelle du GPRS (GGSN pour *Gateway GPRS Support Node*) joue le rôle d'interface entre le réseau fédérateur GPRS intra-PLMN et les réseaux à commutation de paquets externes (Internet, Intranet, X.25...). Les fonctions du GGSN et du SGSN peuvent être regroupées dans un même équipement.

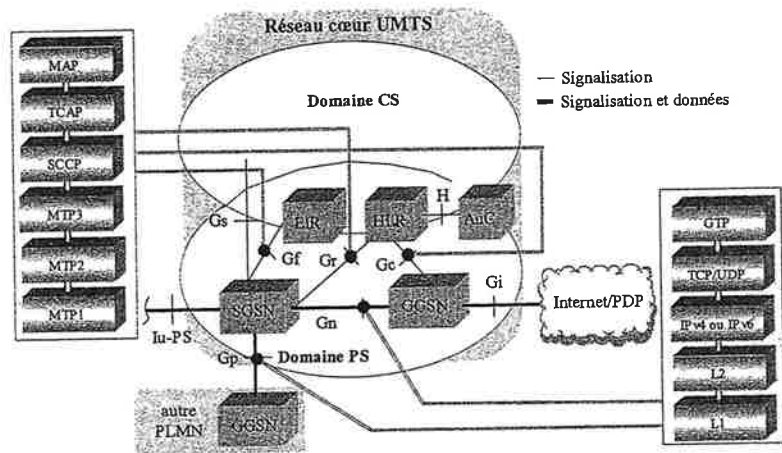


Figure 4.9. Eléments et protocoles de signalisation du domaine PS

Les nœuds de service et passerelle GPRS sont interconnectés via un réseau fédérateur fondé sur le protocole IP. Le réseau fédérateur intra-PLMN (*Intra-PLMN GPRS backbone*) interconnecte le SGSN et le GGSN du même PLMN et peut être considéré comme un réseau IP privé dont le propriétaire est l'opérateur du réseau. Il existe également un réseau fédérateur inter-PLMN (*Inter-PLMN GPRS backbone*) qui connecte entre eux les SGSN et les GGSN de différents PLMN.

4.4.2. Echanges de signalisation à l'intérieur du domaine PS

A l'intérieur du domaine PS, on a conservé pour la plupart les mêmes interfaces utilisées dans un réseau GPRS Phase 2+. Ces interfaces sont identifiées par le préfixe « G » [LAG 00]. Comme on peut le constater dans la figure 4.9, les échanges d'information entre le SGSN et les bases de données HLR (interface « Gr ») et EIR (interface « Gf ») conservent globalement les mêmes protocoles utilisés par le MSC dans le domaine CS pour communiquer avec ces bases de données, c'est-à-dire le protocole MAP et l'architecture de signalisation SS7. C'est aussi valable pour l'interface « Gc » qui gère les échanges d'information entré le GGSN et le HLR.

Le protocole GTP (*GPRS Tunnel Protocol*) fait partie à la fois de la pile protocolaire du plan usager et du plan de contrôle. Dans le plan usager UMTS, il est désigné par « GTP-U ». Pour le transport des paquets, GTP s'appuie sur les

protocoles TCP (*Transport Control Protocol*) pour un transport fiable ou UDP (*User Datagram Protocol*) pour un transport non fiable, et sur le protocole IP pour le routage des paquets (IPv4 ou IPv6). Ces protocoles sont présents dans l'interface « Gn » qui interconnecte le SGSN au GGSN d'un même PLMN et dans l'interface « Gp » par laquelle communiquent le SGSN et le GGSN appartenant à différents PLMN. Dans les interfaces « Gn » et « Gp », GTP joue un rôle semblable à celui de MAP dans le domaine CS.

Plan de contrôle : échange de signalisation entre le domaine PS et le mobile

On peut apprécier dans la figure 4.10 les différences entre les protocoles mis en place dans le plan de contrôle du GPRS et dans celui du domaine PS de l'UMTS. Par exemple, le protocole LLC (LLC pour *Logic Link Control*) qui est chargé de fiabiliser les échanges entre l'UE et le SGSN dans un réseau GPRS (voir par exemple [LAG00]), ne fait plus partie de la pile protocolaire du domaine PS UMTS : ces fonctions ont été regroupées dans le protocole RLC. Les mêmes protocoles de l'*access stratum* présents dans le domaine CS, sont utilisés dans le domaine PS pour gérer l'acheminement des messages de signalisation entre l'UE et l'UTRAN (protocole RRC) et entre l'UTRAN et le SGSN (protocole RANAP).

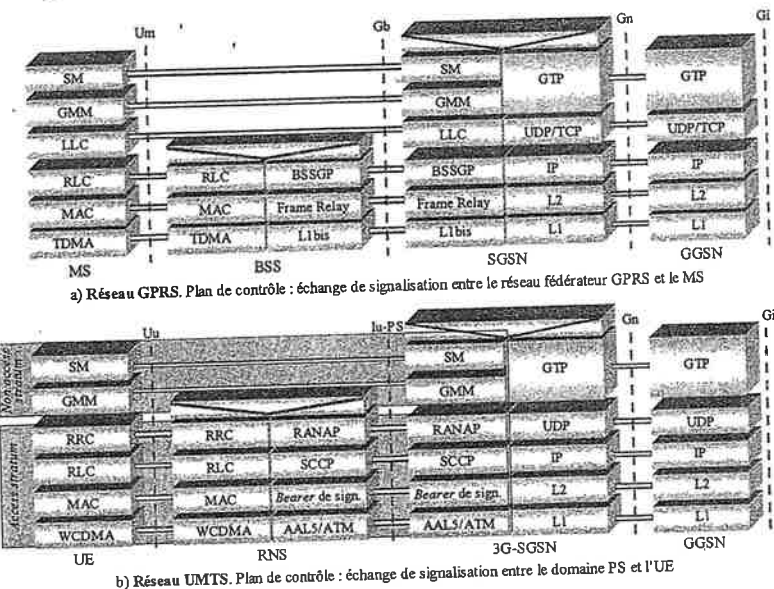


Figure 4.10. Protocoles utilisés dans l'échange de signalisation entre le domaine PS et l'UE. Ceux utilisés dans le même but dans un réseau GPRS sont présentés à titre comparatif

Toujours dans le plan de contrôle de l'interface Iu-PS, au dessus de RANAP, les protocoles SM (*Session Management*) et GMM (*GPRS Mobility Management*) sont

chargés, comme en GPRS, de l'allocation des ressources du réseau et de la gestion de la mobilité. Ils participent aux procédures d'« attachement » et de « détachement », à l'activation d'un « contexte PDP », aux fonctions de mise à jour des zones de routage (RA pour *Routing Area*) et aux fonctions liées à la sécurisation des appels dans le réseau. Le protocole SM et GMM équivalent, du point de vue fonctionnel, aux protocoles CM et MM utilisés dans le domaine CS.

Plan usager : échange de données usager entre le domaine PS et le mobile

Dans le réseau fédérateur GPRS, les données usager se présentent sous forme de datagrammes (IP ou X.25 par exemple) et elles sont toujours encapsulées en datagrammes IP pour être acheminées entre le domaine PS et l'UE suivant la notion de « tunnel » (voir figure 4.11). L'« encapsulation » consiste à transférer de manière transparente chaque unité de données PDU (*Protocol Data Unit*) du protocole situé au niveau de la couche réseau (des datagrammes IP par exemple) utilisé par les équipements en communication, dans une autre PDU du protocole IP sans que l'équipement concerné se soucie de connaître le contenu ou le format des données qu'il transporte [LAG 00]. Les paquets d'information, après être encapsulés dans le domaine PS, sont routés vers le destinataire final.

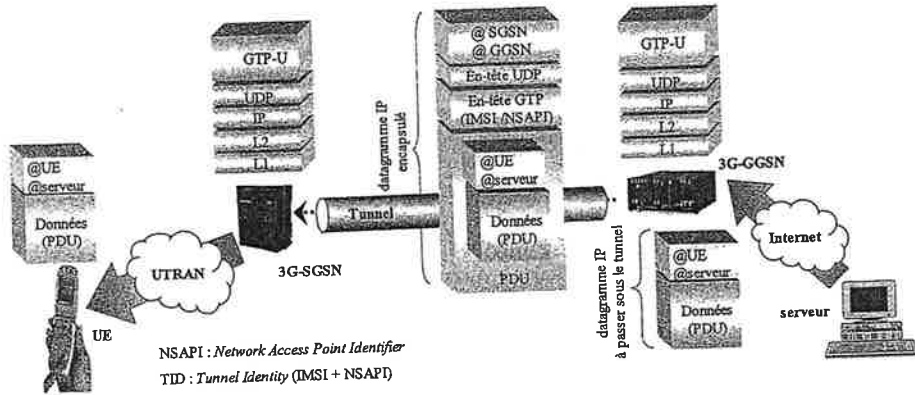


Figure 4.11. Encapsulation des datagrammes IP à transférer dans le « tunnel » crée par GTP

En GPRS, le protocole GTP crée un tunnel virtuel entre le SGSN et le GGSN alors que le protocole SNDCP (*SubNetwork Dependent Convergence Protocol*) en fait de même entre le SGSN et l'UE avec la possibilité de compresser les en-têtes IP (voir figure 4.12a). Dans le domaine PS du réseau cœur, le protocole SNDCP a été remplacé par le protocole PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*) sachant que ce dernier n'effectue que la compression d'en-têtes IP et non pas les données mêmes comme peut le faire SNDCP. Par ailleurs, comme cela est le cas dans le plan de contrôle, les fonctions de la couche LLC du GPRS ont été regroupées dans la couche RLC (voir figure 4.12b). Ces fonctions comprennent, entre autres, des techniques de

détection d'erreurs et de retransmission et d'acquiescement de trames. Les principes de la couche PDCP sont étudiés dans le chapitre 8 alors que les protocoles mis en place dans le plan usager de l'interface Iu-PS sont étudiés dans le chapitre 5.

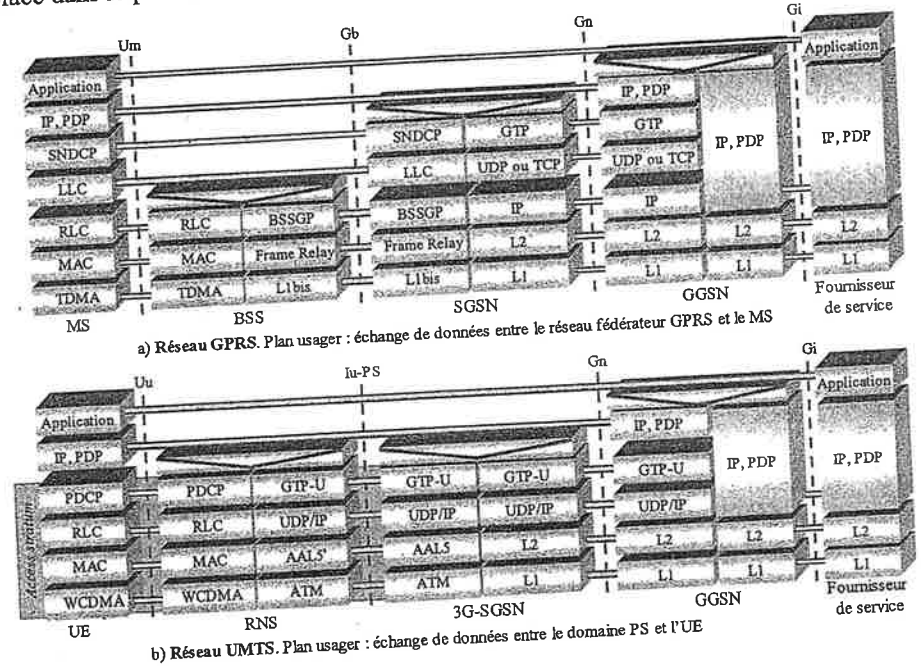


Figure 4.12. Protocoles utilisés dans l'échange de données usager entre le domaine PS et l'UE. Ceux utilisés dans le même objectif en GPRS sont présentés à titre comparatif

4.4.2.1. Contexte PDP

Pour pouvoir accéder aux services offerts par le domaine PS, l'UE doit s'inscrire auprès du SGSN du réseau cœur (procédure *GPRS attach*). Le réseau doit vérifier que l'utilisateur est autorisé à accéder aux services du réseau, puis transférer une copie de son profil logé dans le HLR vers le SGSN et attribuer à l'utilisateur un identificateur temporaire pour les services à commutation de paquets (P-TMSI).

Une fois que le mobile est inscrit au domaine PS, il peut établir une communication pour échanger des données en mode paquet suivant les services souscrit. Pour ce faire, un « contexte PDP » doit être créé afin de spécifier les caractéristiques de la session [TS 23.060] : le type de réseau PDP (IPv4, IPv6, PPP, X.25), l'adresse PDP de l'UE (IP; X.121...), le point d'accès au service réseau utilisé (NSAPI pour *Network layer Service Access Point Identifier*), la QoS du service demandé, l'APN (*Access Point Name*), etc.

L'APN comprend l'identité du réseau PDP auquel on veut se connecter pour accéder aux services souscrits et permet aussi de distinguer les différents services dans un même réseau. L'APN est composé de l'identité du réseau (obligatoire) à laquelle on peut accoler l'identité de l'opérateur (optionnelle) qui est de la forme MNC«mnc».MCC«mcc».GPRS [TS 23.003]. La liste des APN que l'on peut accéder fait partie des conditions d'abonnement et elle est stockée dans l'HLR.

Le contexte PDP est sauvegardé dans l'UE, le SGSN et le GGSN. Il peut être vu comme un « tunnel » logique entre l'UE et le GGSN. Après sa création, les réseaux PDP externes sont capables de déterminer le réseau où l'abonné se trouve et de lui donner ainsi la possibilité d'envoyer ou de recevoir des messages. A l'aide de l'adresse PDP et de l'identité de l'abonné IMSI, le GGSN peut transférer les paquets de données entre un réseau PDP fixe et un UE itinérant dans un PLMN. Enfin, l'UE peut posséder plusieurs contextes PDP actifs de façon simultanée (11 maximum) chacun associé à un service différent. Lorsqu'ils sont établis vers le même GGSN, les adresses PDP utilisées peuvent être ou non identiques (voir figure 4.13).

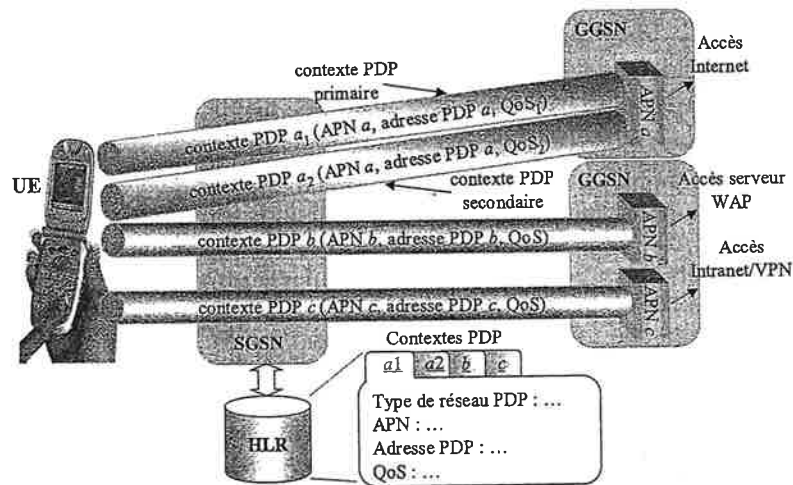


Figure 4.13. Exemples illustrant la notion de contexte PDP

Allocation des adresses dans le domaine PS

Comme en GPRS, l'allocation des adresses PDP à un terminal UMTS est effectuée par le GGSN du réseau nominal, par le GGSN du réseau d'itinérance ou par le réseau PDP lui-même [TS 23.060]. L'adresse peut être temporaire (dynamique) ou permanente (statique), publique (Internet) ou privée (Intranet).

Relation entre NSAPI, RAB et contexte PDP

Lors de la demande d'activation d'un contexte PDP, l'UE sélectionne l'une des identités NSAPI dont il dispose. Cette identité sera utilisée par la suite par l'UE pour associer de manière unique les données usager générées par une application spécifique à l'un des contextes PDP actifs.

Le contexte PDP se matérialise par la création d'un tunnel GTP qui s'étend entre le GGSN et le SGSN (cf. figure 4.11). Ce tunnel est identifié par le couple NSAPI/IMSI qui est appelé TEID (*Tunnel Endpoint Identifier*). Pour l'acheminement des données usager depuis le SGSN jusqu'à l'UE, le SGSN initie l'activation d'un *radio access bearer* (voir chapitre 5) dont l'identité (RAB ID) est la même que celle du NSAPI. Un RAB se compose à son tour d'un « tuyau » physique entre le SGSN et le RNC (lu *bearer*) et d'un autre entre le RNC et l'UE. Le premier est également un tunnel GTP identifié par le couple RAB ID/IMSI. Le second est appelé *bearer radio* et il n'est établi par le RNC que lorsque l'on a effectivement des données usager à transmettre par l'interface radio. Une fois créé, un *bearer radio* se voit allouer une identité (*radio bearer identity*) associée à l'identité RAB ID.

Il existe une relation un à un entre l'identité NSAPI, un RAB, un *bearer radio* et un contexte PDP comme illustré par la figure 4.14.

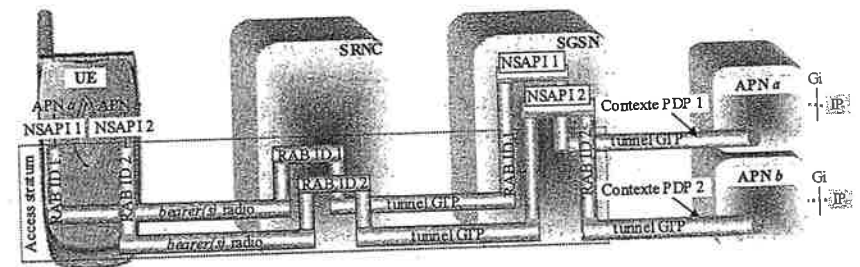


Figure 4.14. Exemple illustrant la relation entre NSAPI, RAB, bearer radio et contexte PDP

4.4.2.2. Exemples d'établissement de contexte PDP et de routage des paquets

Accès transparent à Internet

Considérons le cas où l'UE demande l'établissement d'un contexte PDP avec les caractéristiques suivantes :

⇒ Type de réseau PDP : IP ; APN : non indiqué ; adresse PDP : non indiquée

A la réception de cette requête, le SGSN vérifie si l'abonnement de l'UE comprend l'accès à des réseaux IP. Si tout est en règle et puisque l'UE n'a pas spécifié l'APN, le SGSN en déduit qu'il s'agit d'une demande d'accès à Internet. Il

vérifie donc quel est le GGSN par défaut dans le PLMN qui rend possible l'interconnexion avec le fournisseur d'accès à Internet, sachant que dans la plupart des cas, c'est l'opérateur lui-même qui offre ce service. Le GGSN alloue aussi une adresse dynamique à l'UE. Si l'UE n'indique le besoin d'être authentifié par le réseau externe dans sa demande d'activation de contexte PDP, on en déduit qu'il s'agit d'un accès de type transparent. Dans ce cas, les échanges de bout en bout entre l'UE et le serveur Internet ne pourront pas être sécurisés que si l'UE met en place une application qui effectue cette opération (protocole IPsec, par exemple).

Accès transparent à un serveur WAP

Dans cet exemple, l'UE demande d'établir un contexte PDP avec les caractéristiques suivantes :

⇒ Type de réseau PDP : IP ; APN : WAP.com ; adresse PDP : non indiquée

A la réception de cette requête, le SGSN vérifie les conditions d'abonnement de l'UE ainsi que la validité de l'APN indiqué. En interrogeant une base de données de type DNS (*Domain Name Server*), le SGSN détermine l'adresse IP du GGSN dont le nom logique est WAP.com. Une fois identifié, le GGSN alloue une adresse dynamique à l'UE.

Accès non transparent à un VPN

L'abonné UMTS peut également accéder à un réseau Intranet privé de type VPN (*Virtual Private Network*). Il s'agit ici d'un accès « non transparent » et il faudra qu'un processus d'authentification entre l'UE et le VPN ait lieu avant de permettre l'accès. Le protocole RADIUS (*Remote Authentication Dial-In User Service*) peut être utilisé dans ce processus auquel le GGSN doit participer.

Accès non transparent à un réseau PPP

Dans sa demande d'établissement de contexte PDP, l'UE peut indiquer que le réseau PDP que l'on veut accéder est du type PPP (*Point-to-Point Protocol*), ce qui requiert que le GGSN supporte le protocole L2TP (*Layer 2 Tunneling Protocol*). L'utilisation du protocole PPP se place typiquement dans le contexte d'un accès sécurisé à un VPN à partir d'un équipement externe (un PC par exemple) connecté au terminal UMTS.

Transmission de paquets du mobile vers un serveur Internet

Lorsque l'UE envoie des paquets de données vers un réseau PDP fixe tel qu'Internet, le SGSN avec lequel il s'est enregistré encapsule les paquets IP provenant du mobile, examine le contexte PDP et le route à travers le réseau fédérateur intra-PLMN vers le GGSN associé au fournisseur d'accès Internet

correspondant. Le GGSN décapsule les paquets et les envoie vers le réseau Internet. Enfin, ce dernier délivre les paquets au serveur Internet destinataire (cf. figure 4.15).

Transmission de paquets d'un serveur Internet vers le mobile en cas d'itinérance

On suppose ici que le réseau nominal du mobile est le PLMN 1 et que le GGSN du PLMN 1 lui a assigné une adresse IP. De cette manière, l'adresse IP du mobile possède le même préfixe que l'adresse IP du GGSN du PLMN 1. On suppose également que le mobile est itinérant dans le PLMN 2 auprès duquel il s'est inscrit. Un serveur envoie donc les paquets vers le réseau Internet qui va les router jusqu'au GGSN du PLMN 1, qui n'est autre que le réseau nominal du mobile. En interrogeant le HLR, le GGSN est informé que l'UE est actuellement itinérant dans le PLMN 2. Le GGSN encapsule les paquets et les envoie, à travers le réseau fédérateur inter-PLMN, vers le SGSN 2 du PLMN 2. Le SGSN 2 décapsule les paquets et les envoie vers l'UE destinataire par l'intermédiaire de l'UTRAN qui enverra des messages de paging pour prévenir l'UE (cf. figure 4.15).

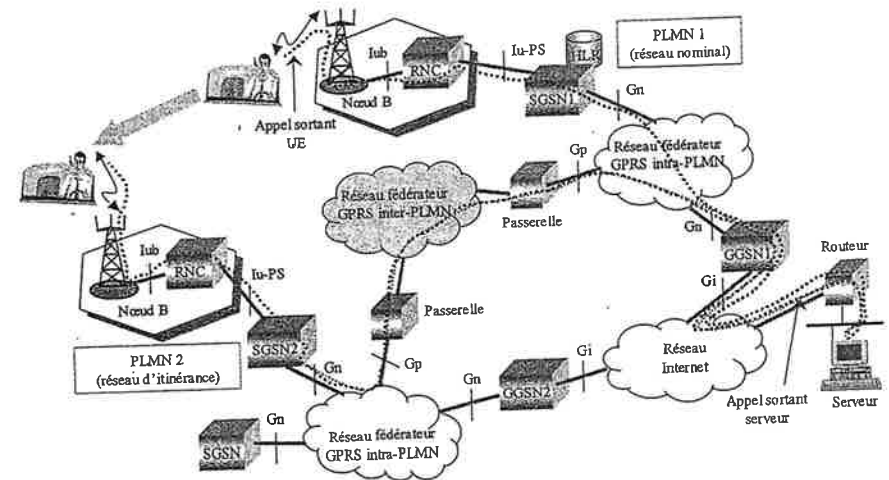


Figure 4.15. Exemples du routage d'un appel en mode paquet sortant de l'UE vers un serveur connecté à Internet et d'un appel entrant du serveur vers l'UE

4.4.3. Réseau cœur UMTS intégré

Le SGSN du domaine PS et le MSC du domaine CS peuvent être intégrés dans une même entité physique que l'on appelle « UMTS MSC » ou « UMSC ». Le réseau cœur qui en résulte, dit « intégré », permet d'optimiser des procédures où les deux entités doivent échanger des informations comme, par exemple, lorsque le terminal mobile utilise simultanément des services dans chaque domaine. Les tâches

liées à la maintenance et à la gestion du réseau peuvent aussi être optimisées. Notons que l'interface « Gs » devient obsolète dans un réseau cœur intégré UMSC.

4.5. Éléments du réseau cœur UMTS non inclus dans l'architecture de référence

Les éléments du réseau cœur, selon la configuration présentée dans la figure 4.1, font partie de l'architecture de « référence » de l'UMTS. Il existe cependant d'autres entités fonctionnelles qui peuvent être greffées sur cette architecture de référence sans pour autant modifier le fonctionnement des entités déjà existantes [TS 23.002]. Ces entités sont optionnelles et sont dédiées à l'offre d'un ensemble de télé-services dont certains ont été présentés dans le chapitre 3.

– *fonction d'interconnexion.* L'IWF (*InterWorking Fonction*) est une fonction généralement localisée dans le MSC qui permet l'interconnexion du réseau cœur UMTS à un réseau fixe (RNIS, RTC...). Elle effectue la conversion entre le format de transmission du réseau UMTS et le format de transmission, par exemple, du réseau téléphonique RTC lorsque ces deux formats sont différents [TS 29.004] ;

– *éléments pour l'offre du service des messages courts.* L'offre de service des messages courts point à point (SMS) nécessite, comme dans un réseau GSM/GPRS, un ou plusieurs serveurs spécifiques nommés *Service Centre* (SC). Ce serveur a pour rôle de transmettre les messages courts à un UE ou bien de les stocker puis de les transmettre lorsque celui est indisponible – par exemple, lorsqu'il est éteint. L'acheminement des messages courts depuis le SC jusqu'à l'UE destinataire requiert une fonction passerelle (SMS-GMSC) qui agit en tant qu'interface entre le SC et le MSC et/ou le SGSN qui dessert le mobile. Dans le même cadre d'idées, les messages courts générés par l'UE sont routés depuis le MSC/SGSN courant jusqu'au SC grâce à la fonction d'interconnexion SMS-IW MSC (SMS-*Interworking MSC*) [TS 23.040] ;

– *serveur de gestion des messages en diffusion.* La gestion de l'envoi des messages en diffusion (CBS pour *Cell Broadcast Service*) requiert un serveur dédié appelé CBC (*Cell Broadcast Center*). Ce télé-service permet de diffuser un même message dans une zone spécifique dans laquelle plusieurs terminaux mobiles sont localisés (cf. chapitre 3). Le CBC est situé dans le réseau cœur UMTS et est connecté à l'UTRAN via l'interface normalisée Iu-BC [TS 23.041] ;

– *gestion des appels groupés.* Il s'agit d'une base de données désignée par le terme GCR (*Group Call Register*) qui contient les caractéristiques spécifiques aux télé-services d'appel groupé VGCS (*Voice Group Call Service*) et VBS (*Voice Broadcast Service*) étudiés dans le chapitre 3 ;

– *éléments associés à l'offre des services de localisation.* Il s'agit des éléments permettant d'offrir un service fondé sur la position géographique d'un terminal mobile dans un réseau UMTS (ou GSM/GPRS). Un tel service reçoit l'appellation

générique de « service de localisation » (LCS pour *Location Service*). Les techniques et les éléments du réseau qui ont trait à l'offre des services LCS sont décrits en détail dans l'annexe 2 à la fin de cet ouvrage ;

– *éléments associés à CAMEL.* Il s'agit d'un ensemble d'entités qui matérialisent le concept de réseau intelligent (IN pour *Intelligent Network*). CAMEL (*Customised Application for Mobile network Enhanced Logic*) est particulièrement approprié pour l'offre de services de pré-paiement, de numéros courts, de réseau virtuel et de filtrage des appels entrants. Il rend possible l'accès à ces services indépendamment du réseau qui l'accueille (pourvu que ce dernier soit fondé sur la technologie CAMEL). C'est le cas par exemple lorsque l'abonné se déplace à l'étranger [LAG 00]. CAMEL se situe dans l'évolution du GSM Phase 2+ vers l'introduction du concept VHE de l'UMTS en facilitant la création de nouveaux services non-standardisés sans perturber l'offre des services déjà existants [TS 22.078].

La figure 4.16 donne une vue plus complète de l'architecture d'un réseau UMTS intégrant certains des éléments décrits ci-dessus. On observe sur la figure la présence de la passerelle CGF (*Charging Gateway Function*) dans le domaine PS dont le rôle est de collecter les informations liées à la facturation fournies par le SGSN et le GGSN avant de les transmettre vers le centre où elles seront traitées.

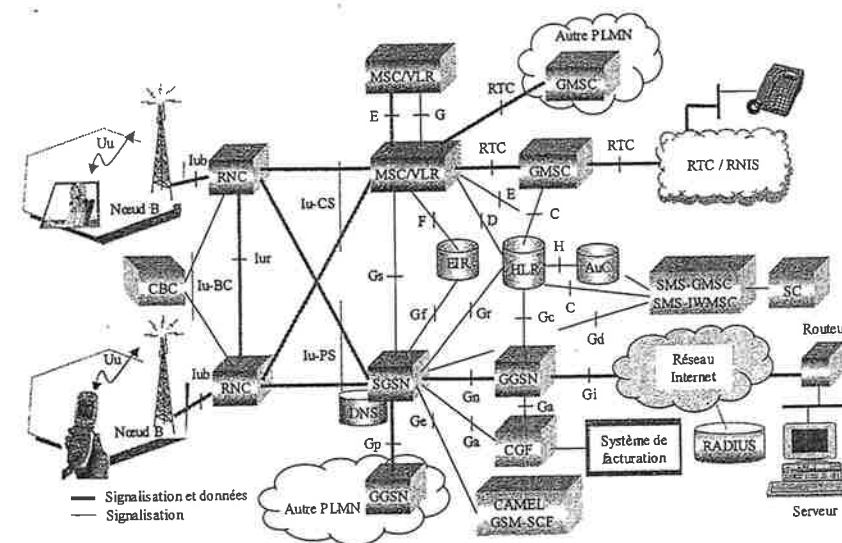


Figure 4.16. Vue globale d'un réseau UMTS Release 99 avec des éléments optionnels

4.6. Evolutions du réseau cœur UMTS Release 99 vers le « tout IP »

La solution envisagée pour les phases futures de l'UMTS consiste à faire évoluer son architecture pour développer, à terme, un réseau s'appuyant entièrement sur le protocole IP. Dans cette architecture, plus besoin de réaliser la distinction des domaines circuit et paquet : les services temps réel et non temps réel seront traités simultanément en tant que « services multimédias IP ».

4.6.1. Réseau cœur UMTS suivant la Release 4

La Release 4 de l'UMTS introduit le concept dénoté BICC (*Bearer Independent Call Control*) dans le domaine CS [TS 23.205 R4]. Son principe repose sur la séparation des protocoles associés au contrôle des appels de ceux associés au transport des données. Ainsi, le MSC de la Release 99 disparaît pour laisser la place au « MSC serveur » (SMSC pour *Serving MSC*) qui récupère les fonctions associées à la gestion des appels et à la gestion de la mobilité. Seuls des messages de signalisation générés dans le plan de contrôle transitent par le SMSC, messages qui sont routés vers ou depuis les réseaux externes via le SGMSC (*Serving GMSC*). Par ailleurs, les flots de données générés dans le plan usager sont pris en charge par des passerelles multimédias (MGW pour *Media Gateway*).

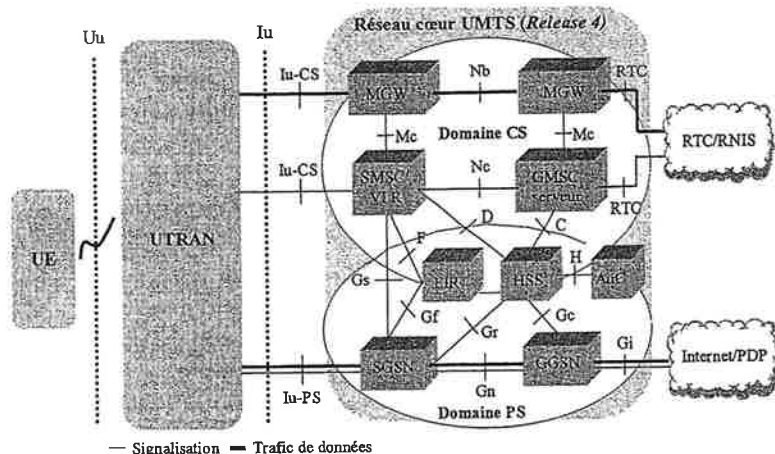


Figure 4.17. Réseau cœur UMTS suivant la Release 4

Dans l'architecture présentée dans la figure 4.17, les échanges de signalisation entre le MGW et le SMSC via l'interface « Mc » sont gérés par le protocole H.248 (MEGACO) alors que la signalisation échangée entre le SMSC et le SGMSC via l'interface « Nc » utilise le protocole BICC. Enfin, l'interface « Nb » conserve le

protocole ISUP pour la mise en place des circuits qui transporteront les données usager entre deux MGW. L'avantage de cette nouvelle architecture est double :

- possibilité d'utiliser une technologie autre que des circuits TDM/64 kbps pour le transport des flots de données usager entre le domaine CS et l'UTRAN. Cela est aussi valable pour le transport de la signalisation dans les interfaces « Mc », « Nc » et « Nb ». Par ailleurs, la Release 4 offre l'opportunité d'utiliser le protocole IP sur ATM ou IP seul pour le transport des messages MAP dans les interfaces « F », « D » et « C » [TS 29.202 R4]. Suivant ce principe, un transport complètement fondé sur IP/ATM peut être mis en place dans le domaine CS ;

- avec un réseau de transport fondé sur IP/ATM, il est possible de placer les codecs (de parole et multimédias) dans le point d'accès au réseau UMTS le plus externe. Cela permet d'optimiser la bande passante à l'intérieur du réseau cœur UMTS pour le transport de la parole. La figure 4.18 illustre cet avantage dans le dialogue entre deux réseaux UMTS qui se servent d'un réseau de transit pour communiquer. On peut noter que, en absence du réseau de transit, deux réseaux mobiles bâtis sur une architecture BICC peuvent transporter des messages de parole compressée, à bas débit, de bout en bout. Outre l'économie de bande passante à l'intérieur des deux réseaux, cette approche permet de n'effectuer qu'une seule et unique opération d'encodage/décodage de parole dans la communication entre deux interlocuteurs – la qualité de la parole étant ainsi préservée (principe appelé *Transcoder Free Operation*).

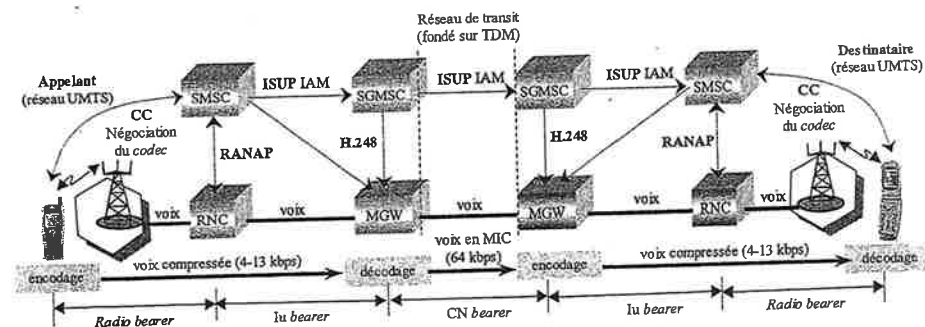


Figure 4.18. Exemple qu'illustre le placement des fonctions de transcoding dans l'extrémité d'un réseau UMTS Release 4

4.6.2. Réseau cœur UMTS suivant la Release 5

La principale innovation de la Release 5 apportée à l'architecture du réseau cœur UMTS de la Release 99 et de la Release 4 repose sur l'introduction d'un nouveau sous-système permettant de connecter le domaine PS à des réseaux IP proposant des services multimédias. Ce sous-système ou domaine est appelé « sous-système

multimédia IP » (IMS pour *IP multimedia sub-system*) [TS 23.228, R5]. L'IMS représente un pas décisif vers un réseau cœur « tout IP », car même le service de téléphonie, traditionnellement desservi par le domaine CS, peut être offert par ce sous-système suivant l'approche VoIP (voix sur IP). Soulignons cependant, que les services ne sont pas standardisés dans l'IMS, mais plutôt les outils pour les développer.

Dans l'IMS, l'appelant signale à son correspondant son souhait d'établir un appel multimédia, avec ou sans contraintes temps réel, à l'aide de SIP (*Session Initiation Protocol*), qui est un protocole IP de signalisation proposé par l'IETF (cf. www.ietf.org, [RFC 2543]).

Les équipements qui composent l'IMS sont représentés dans la figure 4.19. Ils permettent de faire la distinction entre les flots transportés en mode paquet (voix, données...). Cela se traduit par une gestion plus efficace des fonctions liées à la facturation, à la gestion de la QoS, à la confidentialité et à l'interconnexion des services multimédias. Les entités décrites ci-dessous composent l'architecture IMS :

– *Call State Control Function (CSCF)*. Entité chargée entre autres du routage des appels/sessions multimédias et des fonctions liées à leur gestion. Elle peut jouer trois rôles fonctionnels : P-CSCF (*Proxy-CSCF*), I-CSCF (*Interrogating-CSCF*) et S-CSCF (*Session-CSCF*). Le premier transfère les messages SIP reçus, venant d'un UE, vers un serveur SIP localisé dans son réseau nominal (et vice versa) lorsque l'UE est itinérant. L'I-CSCF est le point de contact du réseau nominal de l'UE pour des réseaux externes où l'UE est itinérant. Enfin, le S-CSCF gère à proprement parler les appels/sessions multimédias de l'UE ainsi que leur routage vers des réseaux externes ;

– *Media Gateway Control Function (MGCF)*. Fonction d'interconnexion permettant l'échange de trafic de signalisation lié aux services IP entre le réseau UMTS et un réseau à commutation de circuits (par exemple, RTC, RNIS) ;

– *Breakout Gateway Control Function (BGCF)*. Fonction qui sélectionne le réseau avec lequel l'IMS doit s'interconnecter. S'il s'agit du réseau nominal, BGCF sélectionne un MGCF. Dans le cas contraire, il sélectionne un autre BGCF ou un autre MGCF ;

– *Media Gateway Function (IM-MGW)*. Fonction d'interconnexion permettant l'échange de trafic de données lié aux services IP (par exemple de la vidéo ou de la voix) entre le réseau UMTS et un réseau à commutation de circuits (par exemple, RTC, RNIS) ;

– *Multimedia Resource Function (MRF)*. Fonction nécessaire pour établir des appels multimédias avec plusieurs intervenants et de manière simultanée. Du point de vue fonctionnel, elle se décompose en MRFC (*MRF Control*) et MRFP (*MRF Processing*) ;

– *Signalling Gateway Function (SGW)*. Entité qui convertit les messages de signalisation. Ainsi, la signalisation SS7 utilisée par un réseau téléphonique ou un PLMN est convertie en une signalisation propre au protocole IP ;

– *Home Subscriber Server (HSS)*. Le HSS peut être considéré comme une version évoluée du HLR. Il reprend les mêmes fonctionnalités que ce dernier telles que les procédures d'identification de l'utilisateur, les procédures d'authentification et d'autorisation, les procédures d'inscription, etc.

Comme c'est le cas dans le domaine CS du réseau cœur de la *Release 4*, le protocole H.248 est utilisé dans l'interface « Mc » alors que les interfaces « Mg », « Mi », « Mj », « Mm », « Mr », « Mw » font appel à SIP. A la différence du domaine PS de la *Release 99*, l'utilisation du protocole IPv6 est obligatoire au niveau de la couche applicative. L'UE doit néanmoins être en mesure de communiquer avec des réseaux externes qui utilisent IPv6 ou IPv4. Le transport à l'intérieur de l'IMS est aussi fondé sur IP et il peut faire appel à IPv6 ou à IPv4.

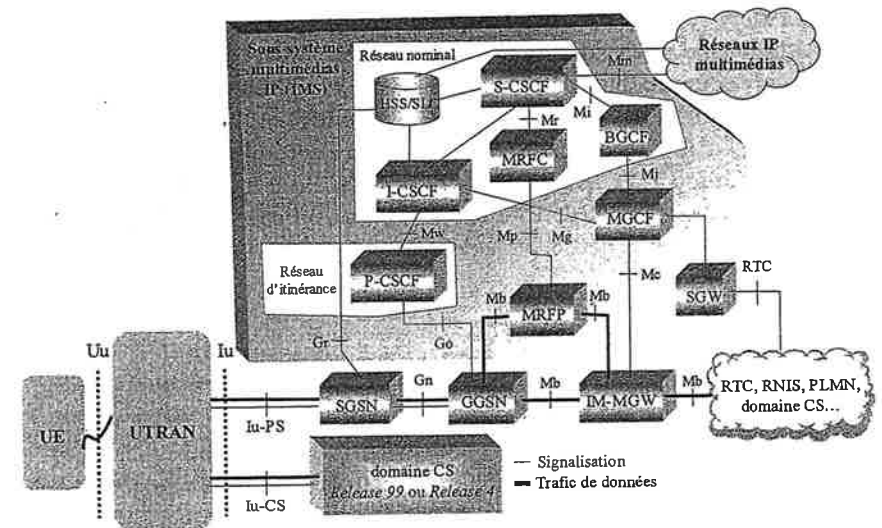


Figure 4.19. Sous-système permettant l'offre des services multimédias IP dans le domaine PS du réseau cœur UMTS Release 5

4.7. Interopérabilité entre réseaux cœur UMTS et GSM

Dans un contexte où cohabitent des réseaux UMTS et GSM, on peut prévoir que dans la première phase de l'UMTS, des « îlots » UTRAN seront déployés dans un océan de cellules GERAN. Les opérateurs GSM qui auront acquis une licence UMTS pourront tirer parti de leur position et offrir dès les débuts commerciaux de

l'UMTS, une couverture globale du territoire, sachant que la couverture « pure UMTS » sera limitée à des zones urbaines à forte densité. Qui plus est, cette situation leur permettra de rentabiliser les investissements effectués dans la phase 2 et dans la phase 2+ du GSM/GPRS tout en familiarisant leurs abonnés avec les nouveaux services apportés par l'UMTS. Cela n'empêche pas, bien entendu, que des opérateurs qui ne possèdent pas des réseaux GSM/GPRS et qui ont acquis une licence UMTS déploient uniquement des réseaux UMTS. Ces opérateurs, dits « nouveaux entrants », qui sont très peu nombreux en Europe, peuvent ainsi déployer leur réseau UMTS proche des réseaux GSM existants afin d'offrir des services complémentaires en termes de débit et/ou de couverture.

Un opérateur possédant une licence UMTS, qui exploite déjà un réseau GSM/GPRS et qui souhaite faire évoluer son réseau vers l'UMTS peut envisager deux cas de figure :

Réseau cœur commun GSM/UMTS. La figure 4.20 illustre une des possibilités d'interconnexion du réseau d'accès radio GERAN et d'un réseau d'accès radio UTRAN à un même réseau cœur aux fonctionnalités GSM et UMTS. Dans un tel contexte, l'opérateur sera mené à redimensionner le réseau cœur GSM existant pour qu'il puisse supporter les nouveaux services offerts en UMTS ainsi que les nouveaux abonnés. Le MSC et le SGSN devront être dotés des nouvelles interfaces pour interagir à la fois avec le GERAN et l'UTRAN. Cette architecture commune a le mérite d'optimiser les procédures d'itinérance intersystème (GSM vers UMTS et vice versa) et de faciliter la gestion et la maintenance du réseau cœur.

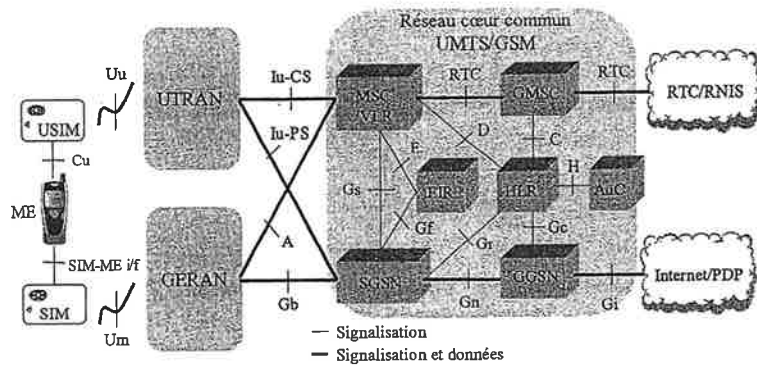


Figure 4.20. Architecture d'un réseau cœur commun UMTS et GSM

Réseaux cœur GSM/UMTS indépendants. Dans cette architecture, illustrée par la figure 4.21, les réseaux cœur UMTS et GSM évoluent de manière indépendante. Le réseau cœur UMTS interagit avec un réseau d'accès radio UTRAN tandis que le réseau cœur GSM gère indépendamment un réseau d'accès radio GERAN. Les deux

réseaux cœur n'ont en commun que le partage des bases de données HLR, EIR et AuC. Cette architecture offre l'avantage de minimiser l'impact de l'introduction des services UMTS sur l'architecture existante d'un réseau GSM. Comparée à l'architecture fondée sur un réseau cœur commun, la maintenance et les procédures d'itinérance intersystème sont plus complexes.

Dans les architectures représentées dans les figures 4.20 et 4.21, peuvent cohabiter des terminaux bimodes capables par exemple de supporter la technologie UTRA/FDD fondée sur le CDMA et la technologie radio du GSM fondée sur le TDMA. Les terminaux peuvent, bien entendu, ne supporter que l'un de ces deux modes. Notons qu'un environnement bimode rendra plus complexes et plus onéreuses l'infrastructure et les terminaux mobiles qui devront être de Type 1 ou de Type 2 (cf. chapitre 3).

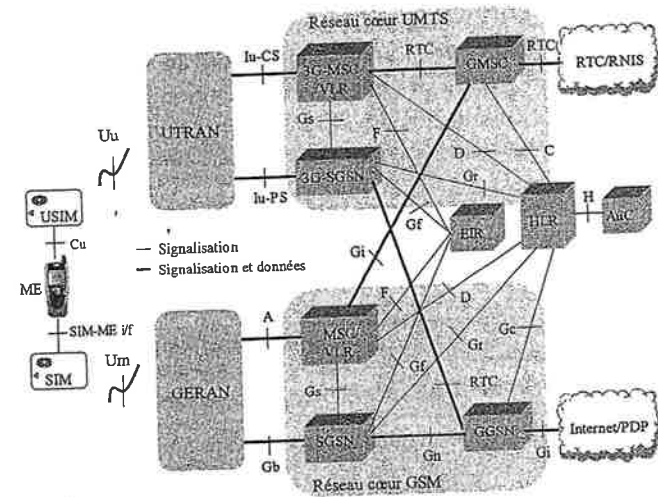


Figure 4.21. Architecture d'un réseau cœur indépendant UMTS et GSM

Continuité du service lors d'un handover intersystème GSM/UMTS

Un opérateur qui exploite à la fois un réseau GSM et UMTS doit être capable d'offrir, dans la mesure du possible, la continuité du service lorsque l'un de ses abonnés, muni d'un terminal bimode, passe d'une cellule contrôlée par GERAN à une cellule contrôlée par UTRAN et vice versa. La procédure qui permet aux stations de base d'assurer la continuité du service courant lorsque l'utilisateur traverse tour à tour les cellules qu'elles contrôlent, est appelée « handover ».

Dans la pratique, la continuité du service ne peut pas être totalement garantie, car cela dépendra des capacités techniques du terminal et du réseau pour supporter tel

5.2. Architecture de l'UTRAN

Comme le montre la figure 5.1, l'UTRAN est le trait d'union entre l'UE et le réseau cœur. Il est relié à ces deux domaines par les interfaces «Uu» et «Iu», respectivement. L'UE a déjà été étudié dans le chapitre 3, tandis que les éléments qui constituent le réseau cœur ont été présentés dans le chapitre 4. Ce chapitre se focalise par conséquent sur l'UTRAN, ses composants et ses interfaces.

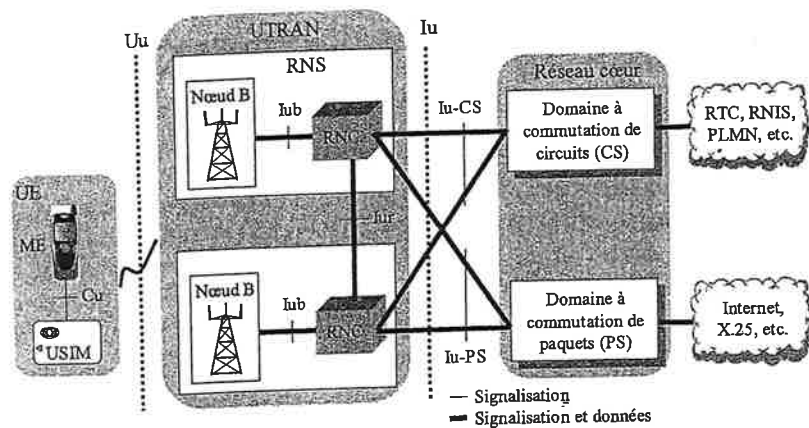


Figure 5.1. Architecture de l'UTRAN

Lorsque l'UTRAN est comparé au réseau d'accès radio du GSM, on y relève les innovations suivantes :

- la définition de quatre nouvelles interfaces : «Uu», «Iu», «Iur» et «Iub». L'interface «Iu» se décline, du point de vue fonctionnel, en deux interfaces «Iu-CS» et «Iu-PS». Ces quatre interfaces, présentées dans le tableau 5.1, sont ouvertes et permettent par conséquent de faire dialoguer entre elles des équipements fournis par des constructeurs différents. Ceci offre aux opérateurs des degrés de liberté supplémentaires dans le choix de leurs fournisseurs d'équipements de réseau ;

- l'utilisation du CDMA. Au niveau de l'UTRAN et dans le cas du mode d'accès UTRA/FDD, l'utilisation du CDMA comme méthode d'accès permet de faire appel à une procédure dite de «macrodiversité», qui n'existe pas dans les systèmes fondés sur le TDMA. Cela rend nécessaire des adaptations sur le plan fonctionnel des éléments qui constituent le réseau radio et l'introduction de nouvelles procédures ;

- l'utilisation de l'ATM (Asynchronous Transfer Mode) dans la couche de transport des interfaces «Iu», «Iub» et «Iur». Ce mode de transfert est particulièrement approprié pour le transport à l'intérieur du réseau de flots

de transmission spécifié par la QoS soit respecté ;

- gestion de la mobilité indépendamment du réseau cœur. L'UTRAN gère la mobilité des terminaux au niveau cellule et introduit le concept d'URA (UTRAN Registration Area). Cela rend plus efficace la gestion des ressources radio et minimise les échanges de signalisation entre le mobile et le réseau cœur.

Interface	Localisation	Description en bref	Equivalent GSM
Uu	UE-UTRAN	Interface radio qui permet au mobile de communiquer avec l'UTRAN. La technologie UTRA est utilisée par cette interface dont le principe repose sur le CDMA large bande	Um
Iu	UTRAN-réseau cœur	Interface Iu-CS. Elle permet au RNC de communiquer avec le MSC/VLR (services en mode circuit)	A
		Interface Iu-PS. Elle permet au RNC de communiquer avec le SGSN (services en mode paquet)	Gb
Iur	RNC-RNC	Elle permet à deux RNC de communiquer. Cette interface est nécessaire en CDMA pour effectuer, entre autres, la procédure de macrodiversité (soft-handover)	Pas d'équivalent
Iub	Nœud B-RNC	C'est par cette interface que communiquent le nœud B et le RNC	Abis

Tableau 5.1. Description des interfaces de l'UTRAN et leur équivalence fonctionnelle avec les interfaces du BSS GSM

5.2.1. Sous-système du réseau radio (RNS)

L'UTRAN est composé d'un ensemble de sous-systèmes du réseau radio nommés RNS pour *Radio Network Subsystem*. L'équivalent fonctionnel du RNS en GSM est le sous-système radio BSS (*Base Station Sub-system*). Un RNS est constitué d'un contrôleur du réseau radio (RNC pour *Radio Network Controller*) et d'un ou plusieurs nœuds B (stations de base) qu'il contrôle via l'interface «Iub».

ou un tel service (de la vidéo, de la voix, du *streaming*, des données...). Cependant, dans les spécifications 3GPP ont été prévues une série de recommandations pour les opérateurs qui souhaiteraient gérer au mieux une situation de *handover* intersystème [TS 22.129].

Il paraît naturel que le « service phare » actuel du GSM qui est la transmission de la voix, soit maintenu lors du passage d'une cellule GERAN vers une cellule UTRAN et vice versa (voir tableau 4.1). Pour ce faire, l'opérateur doit installer dans son réseau un ou plusieurs codecs de parole utilisés actuellement en GSM : le FR (*full-rate*), le HR (*half-rate*), l'EFR (*enhanced full-rate*), ou encore l'AMR (*adaptive-modulation rate*) qui est le codeur par défaut en UMTS.

Si la continuité d'un service de voix paraît simple à gérer, il n'en est pas de même pour un service de transmission de données qui fait appel à un service support configuré en mode circuit (CS) ou en mode paquet (PS). Par exemple, un utilisateur qui fait de la vidéo en mode circuit en s'appuyant sur un service support UMTS à 64 kbps (visiophonie), ne pourra pas conserver ce service lorsqu'il basculera d'une cellule UTRAN vers une cellule GERAN. Ceci est aussi valable pour des services en mode circuit impliquant plusieurs services supports (*bearers*).

Dans le cas d'une session en mode paquet, les caractéristiques du service support en termes de QoS peuvent être renégociées en fonction des capacités radio du réseau hôte. Là encore, la continuité du service n'est pas toujours garantie.

Service en cours avant le <i>handover</i>	Sens du <i>handover</i> intersystème	
	GSM/GPRS vers UMTS	UMTS vers GSM/GPRS
Service de voix	Oui. L'opérateur doit assurer la correspondance entre les <i>codecs</i> supportés par le réseau GSM et le <i>codec</i> AMR	Oui. L'opérateur doit assurer la correspondance entre le <i>codec</i> AMR et les <i>codecs</i> supportés par le réseau GSM
Service de données en mode circuit	Oui	Oui, pour des services CS dont le débit est inférieur à 9,6 kbps
Service de données en mode paquet	Oui, avec la possibilité de renégocier la QoS	Oui, avec renégociation de la QoS (si elle aboutit avec succès)
Service impliquant plusieurs services supports CS et PS	Oui, pour des MS GPRS classe A	Oui, pour des MS GPRS classe A et si la renégociation de la QoS aboutit

Tableau 4.1. Recommandations visant à préserver la continuité d'un service lors d'un *handover* intersystème pour un terminal bimode aux technologies radio GSM et UMTS

Chapitre 5

Le réseau d'accès UTRAN

5.1. Introduction

Lorsque l'on compare un réseau GSM avec un réseau UMTS, le réseau d'accès radio « universel » – désigné par le sigle UTRAN – représente la principale innovation. L'UTRAN est en charge du contrôle et de la gestion des ressources radio et permet l'échange d'informations (trafic de données et trafic de signalisation) entre le terminal mobile et le réseau cœur. C'est l'UTRAN qui alloue ou retire les *radio bearers* nécessaires au transport de données usager sur l'interface radio, et qui contrôle certaines fonctions liées à la mobilité et à l'accès au réseau.

Les technologies UTRA/FDD et UTRA/TDD imposent une définition toute particulière des éléments qui constituent le réseau d'accès radio UMTS, ce en raison, notamment, de l'utilisation du CDMA comme méthode d'accès. Ainsi, on verra dans ce chapitre que l'UTRAN doit prendre en charge une partie de la gestion de la mobilité pour faire face à la technique dite de « macrodiversité ».

Ce chapitre s'intéresse également aux protocoles mis en place lors de l'échange d'informations entre l'UTRAN et le réseau cœur d'une part, et entre les éléments internes qui composent l'UTRAN d'autre part. Enfin, le principe de l'ATM, qui est le mode de transfert retenu pour le transport des données à travers les interfaces internes et externes de l'UTRAN, sera analysé.

Du point de vue de l'UE, le nœud B¹ (de l'anglais *node B*) représente le nœud d'accès à l'UTRAN : c'est la « passerelle » de communication entre l'UE et le RNC.

Le nœud B assure la transmission et la réception radio entre l'UTRAN et les équipements usager qui se trouvent dans la cellule ou les secteurs qu'il couvre. Chaque cellule est gérée par un seul Nœud B. Cependant, si l'on utilise dans le nœud B des antennes sectorielles, plusieurs secteurs peuvent être desservis par un même nœud B apte à supporter la technologie UTRA/FDD ou UTRA/TDD.

Les fonctions du nœud B concernent principalement des tâches de niveau couche physique. Parmi celles-ci, on peut citer l'adaptation des données usager et des messages de signalisation, de telle sorte qu'ils puissent être acheminés par l'interface radio « Uu ». Ainsi, le nœud B doit appliquer des procédures telles que l'entrelacement, le codage et le décodage canal pour la correction d'erreurs, l'adaptation de débit, l'étalement de spectre, la modulation QPSK, etc. Les fonctions de la couche physique de l'UTRA/FDD et de l'UTRA/TDD feront l'objet d'une étude plus approfondie dans les chapitres 10, 11, 12 et 13.

Le nœud B et le contrôle de puissance

La puissance d'émission de l'UE est contrôlée systématiquement afin de lui assurer la même qualité de service indépendamment de sa position dans le réseau. Cela permet également d'accroître l'autonomie de la batterie tout en évitant d'augmenter inutilement le niveau d'interférence dans la cellule. Ce dernier point est particulièrement important en CDMA, car la capacité du réseau y est directement liée (cf. chapitre 7).

Après avoir prélevé des mesures sur le signal reçu, le nœud B participe activement au contrôle de puissance dans une cellule ou un secteur en transmettant une commande à l'UE afin qu'il ajuste sa puissance d'émission. L'UE fait de même et envoie à son tour une commande vers le nœud B suivant des mesures que lui-même effectue. Ce mécanisme de contrôle de puissance où l'UE et le nœud B ajustent mutuellement leur puissance d'émission est connu en CDMA sous le nom de « boucle interne de contrôle de puissance » (*inner-loop power control*).

Les commandes échangées entre le nœud B et l'UE, qui décident d'accroître ou de diminuer leur puissance d'émission, reposent sur un seuil de qualité établi par le RNC. La mise à jour de ce seuil est effectuée suivant une procédure dénommée « boucle externe de contrôle de puissance » (voir chapitre 11).

1. Tout au long de cet ouvrage, on utilisera, sans perte de généralité, les termes « nœud B » et « station de base » pour parler de la même chose.

Le nœud B et le handover

Le *handover* est un mécanisme qui implique le changement du canal physique² dans lequel l'UE est en cours de communication. C'est le cas, par exemple, lorsque l'UE se déplace à travers différents cellules ou secteurs où les stations de base qui desservent ces derniers prennent en charge les unes après les autres la communication. Par principe, quand un *handover* a lieu, la qualité de la communication ne doit pas être affectée.

Le nœud B joue un rôle tout particulier dans une procédure de *handover* car il est responsable du prélèvement des mesures radio. Ces mesures permettront d'évaluer la qualité de la liaison en cours et de donner des éléments au RNC pour déclencher ou non une procédure de *handover* (voir chapitre 13).

Le nœud B et la macrodiversité

En GSM, le *handover* implique généralement un changement de la fréquence porteuse sur laquelle l'UE reçoit des informations et de la fréquence porteuse sur laquelle il émet. Dans ce cas, on parle de *hard-handover*, car l'UE doit interrompre la communication pendant une très courte période pour quitter le canal radio courant et commuter vers le nouveau canal qui lui a été alloué (cf. figure 5.2). En UTRAN, il est possible que l'UE n'ait pas besoin de relâcher le canal radio courant. En effet, en CDMA, plusieurs cellules adjacentes peuvent utiliser la même fréquence porteuse pour transmettre. La possibilité pour un UE de communiquer simultanément avec plusieurs nœuds B pour améliorer les performances globales de la liaison est le fondement du concept de « macrodiversité ». La macrodiversité désigne l'état de l'UE où, pour un même service, celui-ci possède simultanément plusieurs canaux physiques de communication dans la voie descendante avec des nœuds B différents.

On appelle *soft-handover* la situation dans laquelle le terminal mobile se sert de la macrodiversité pour accomplir un *handover* sans jamais abandonner la liaison radio en cours avant d'en établir une autre (voir figure 5.2). Très souvent, les termes macrodiversité et *soft-handover* sont considérés comme synonymes. Mais tel n'est pas le cas. La macrodiversité revient à supporter plusieurs liens simultanés pour un même service. A l'inverse, le *soft-handover* est la procédure de mise à jour (ajout, retrait, substitution) de ces liens en assurant qu'il y en ait toujours au moins un d'actif. Pendant le *soft-handover*, un ou plusieurs nœuds B peuvent être impliqués, sachant qu'il y a deux cas de figure :

Premier cas de figure : l'UE traverse des secteurs contrôlés par le même nœud B. Si la transmission d'informations s'opère dans la voie descendante, la macrodiversité

2. En UTRA, un canal physique est associé à une fréquence porteuse et à deux types de code d'étalement (voir chapitres 8, 10 et 12).

requiert une condition : un même signal doit être transmis vers les secteurs où l'UE est itinérant en utilisant la même fréquence porteuse mais en appliquant un code d'étalement spécifique à chaque secteur. Ce signal est en fait distribué vers plusieurs secteurs. L'UE reçoit alors les signaux et les combine afin d'améliorer les performances de la liaison en cours. Pour la combinaison des signaux CDMA, on peut faire appel à la technique dite de « combinaison à rapport maximal » (MRC pour *Maximal Ratio Combining*) décrite dans le chapitre 7.

Si, en revanche, la transmission d'informations a lieu dans la voie montante, c'est au tour du nœud B de combiner le signal et ses répliques qui sont captées par les antennes orientées vers chaque secteur en utilisant la technique MRC. Le signal combiné est ensuite acheminé vers le RNC via l'interface « Iub ».

Deuxième cas de figure : l'UE traverse des cellules couvertes par des nœuds B distincts. Ce cas est traité dans le paragraphe suivant.

REMARQUE.— Soulignons que la procédure de *soft-handover* n'est mise en œuvre que lorsque la technologie UTRA/FDD est utilisée par l'UTRAN – elle est inexistante en UTRA/TDD.

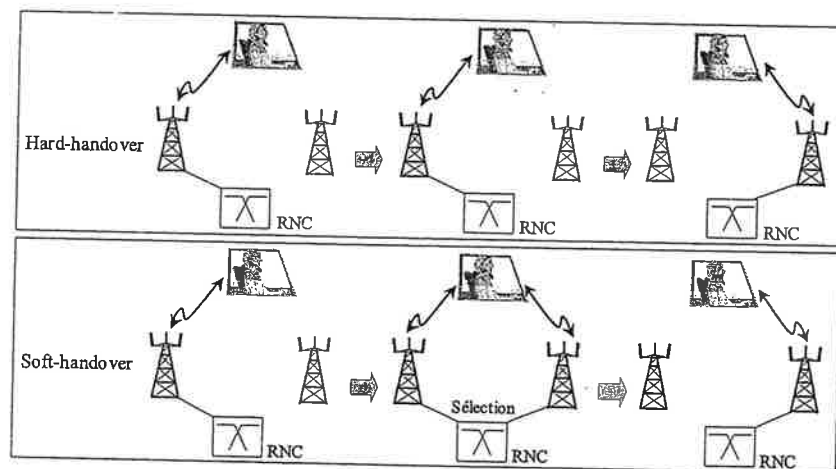


Figure 5.2. Différences entre le hard-handover et le soft-handover. Lors d'un soft-handover, le RNC sélectionne le signal binaire qui offre la meilleure qualité dans la voie montante

5.2.1.2. Contrôleur du réseau radio (RNC)

Le RNC (*Radio Network Controller*) équivaut au contrôleur de stations de base utilisé en GSM (BSC pour *Base Station Controller*). Il loge des fonctionnalités de niveau 2 et 3 du modèle OSI. Parmi ses rôles principaux, on peut citer :

- le contrôle de puissance en boucle externe ;

- le contrôle du *handover* ;
- le contrôle de l'admission des mobiles au réseau et la gestion de la charge ;
- l'allocation des codes CDMA ;
- le séquençement de la transmission de données en mode paquet ;
- la combinaison/distribution des signaux provenant ou allant vers différents nœuds B dans une situation de macrodiversité.

Selon son rôle fonctionnel, le RNC est dénommé CRNC (*Controlling RNC*), SRNC (*Serving RNC*) ou DRNC (*Drift RNC*). Un même équipement RNC est en général capable de tenir ces trois rôles.

Le RNC de contrôle (CRNC) réalise une fonction statique assurée par tout RNC indépendamment de l'existence d'une connexion entre l'UE et l'UTRAN. Le CRNC gère les ressources radio de l'ensemble des nœuds B sous son contrôle, sachant que chaque nœud B ne peut être associé qu'à un seul CRNC. Celui-ci contrôle les procédures liées à l'admission ou le refus d'un nouvel utilisateur dans une cellule ainsi que les ressources radio demandées lors, par exemple, d'une procédure de *handover*. Le CRNC doit veiller à ce que le réseau n'atteigne soudainement la saturation et éviter ainsi un blocage partiel ou total des communications en cours.

Le SRNC désigne le RNC serveur qui gère individuellement les ressources de chaque UE après que ce dernier a établi une connexion RRC (cf. chapitre 8). Le SRNC gère ainsi la connexion radio avec l'UE et certaines procédures qui lui sont associées telles que le *handover*, l'allocation et la résiliation des *bearers* radio impliqués dans une communication, la procédure de « relocalisation de SRNS » et le mécanisme de contrôle de puissance en boucle externe. Le SRNC effectue aussi la sélection des trames provenant des différents nœuds B associés à un même UE en état de macrodiversité.

On désigne par RNC en dérivation (DRNC) tout RNC différent du SRNC impliqué dans une connexion entre un UE et l'UTRAN. Le DRNC est relié au SRNC par l'interface « Iur ». Si les ressources radio d'un RNS commencent à s'épuiser ou si un processus de *soft-handover* a lieu, le SRNC peut demander, de manière explicite, à un autre RNC appartenant à un RNS différent de lui apporter un support en termes de ressources radio (des codes d'étalement par exemple). Le RNC en question agit alors en tant que RNC en dérivation. Dans ce cas, le RNS qui contient le RNC serveur est désigné par le sigle SRNS (*Serving RNS*), tandis que le RNS qui contient le RNC en dérivation est désigné par le sigle DRNS (*Drift RNS*).

Le DRNC et sa spécificité par rapport au SRNC

Pour des cellules couvertes par différents nœuds B associés à un même RNS, la macrodiversité implique, dans la voie descendante, la transmission du même signal

par les nœuds B qui couvrent les cellules où l'UE est présent. Dans la voie montante, le signal transmis par l'UE est traité à deux niveaux. D'abord, chaque nœud B combine le signal et ses différentes copies captées par leurs antennes respectives suivant la technique MRC. Ensuite, chaque nœud B envoie le signal combiné et démodulé vers le SRNC associé à l'UE en question. Le SRNC reçoit le signal démodulé par chaque nœud B et ne retient que le signal dont le taux d'erreur binaire est le plus faible (cf. figure 5.2).

C'est précisément dans le cas où les cellules sont gérées par des nœuds B différents, appartenant à des RNS différents, que l'un des RNC peut jouer le rôle de DRNC (cf. figure 5.3).

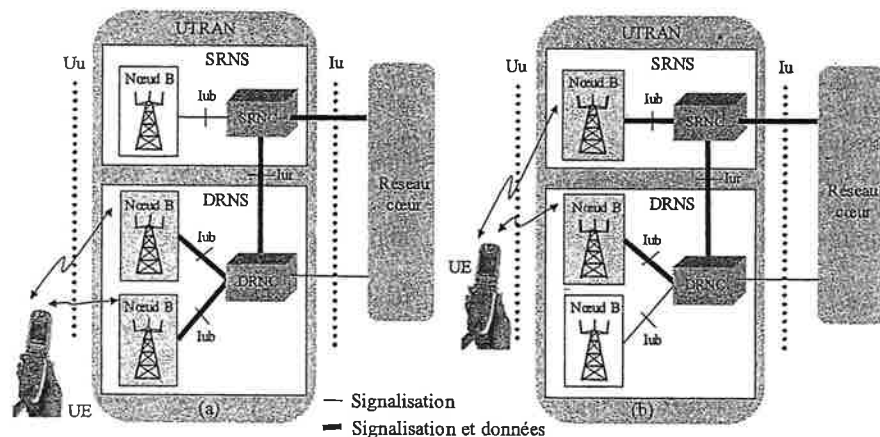


Figure 5.3. Exemples qu'illustrent le rôle du SRNC et du DRNC dans deux situations de macrodiversité

Dans les échanges entre un DRNC et un SRNC, le processus de macrodiversité est traité différemment suivant qu'il s'agit de la voie montante ou de la voie descendante.

Dans la *voie montante*, le DRNC se sert de l'interface « Iur » pour acheminer vers le SRNC courant, associé à l'UE, le signal reçu par le nœud B après que ce signal a été combiné et démodulé. Si plusieurs nœuds B dépendant d'un même DRNC reçoivent le signal, le DRNC peut sélectionner lui-même le signal dont le taux d'erreur binaire est le plus faible. Le signal est ensuite transmis au SRNC courant, associé à l'UE. Le transfert de l'information du DRNC vers le SRNC se fait de manière transparente, c'est-à-dire que le DRNC n'analyse pas le contenu de l'information.

Dans la *voie descendante*, le SRNC envoie le signal à tous les nœuds B du DRNC, le DRNC qui doit le distribuer vers les nœuds B qu'il contrôle et qui sont impliqués dans la macrodiversité. Ces derniers transmettent à leur tour l'information vers l'UE concerné. Ces situations sont illustrées par les figures 5.3a et 5.3b.

REMARQUE.— Les exemples de la figure 5.3 ne s'appliquent que lorsque l'UTRAN alloue au mobile un canal physique dédié et que lorsque l'interface « Iur » supporte le transport de trafic de données usager ; cette interface étant optionnelle.

5.2.2. Gestion de la mobilité dans l'UTRAN

Une fois établie une connexion radio entre l'UE et l'UTRAN (connexion RRC), la gestion de la mobilité du terminal n'est plus sous la responsabilité du réseau cœur car c'est le SRNC qui la prend en charge (voir chapitre 9). Les déplacements de l'UE sont suivis à la cellule près par le SRNC dans les états CELL_DCH, CELL_FACH et CELL_PCH. Cependant, lorsque les notifications de changement de cellule déclenchées par l'UE dans les états CELL_FACH et CELL_PCH deviennent trop fréquentes, le SRNC peut décider de le placer dans un autre état radio où sa mobilité est gérée à l'« URA » près (*UTRAN Registration Area*). Dans cet état, appelé URA_PCH, l'UE ne signale sa position au SRNC qu'après avoir passé d'une « URA » à une autre. Une « URA » représente ainsi une zone de localisation composée d'un ensemble de cellules qui n'est pas connue par le réseau cœur. La gestion de la mobilité dans l'UTRAN a rendu nécessaire la définition des identificateurs temporaires et la création d'une nouvelle procédure appelée « relocalisation du RNS serveur ». L'interface « Iur » joue également un rôle majeur comme cela est décrit plus loin dans ce chapitre.

5.2.2.1. Identificateurs temporaires de l'UE dans l'UTRAN

A l'instar des identificateurs temporaires P-TMSI et TMSI alloués au mobile par le réseau cœur, il existe un ensemble d'identificateurs équivalents utilisés par l'UTRAN pour identifier les données générées par un UE et gérer sa mobilité au niveau cellulaire et URA. Ces identificateurs sont alloués de façon temporaire et sont désignés par le sigle RNTI pour *Radio Network Temporary Identifier*. On pourra distinguer les quatre identificateurs suivants (voir aussi chapitre 8) :

- le S-RNTI (pour *-serving RNC RNTI*) qui permet d'associer un UE à un SRNC de façon unique. Cet identificateur est alloué par le SRNC à un UE lors de l'établissement d'une connexion RRC ;

- le D-RNTI (pour *drift RNC RNTI*) est assigné à l'UE par un RNC en dérivation (DRNC). Un même UE peut posséder un identificateur S-RNTI et D-RNTI. Le DRNC et le SRNC impliqués, doivent être capables d'associer et de gérer ces deux

identificateurs. A la différence des autres identificateurs, le D-RNTI n'est jamais utilisé dans l'interface radio et l'UE n'en a jamais connaissance ;

- le C-RNTI (pour *cell RNTI*) est alloué par le CRNC à l'UE lorsque ce dernier rentre dans l'une des cellules qui sont sous le contrôle du CNRC ;

- l'U-RNTI (pour *UTRAN RNTI*) qui permet d'identifier un UE de manière unique dans l'UTRAN. L'U-RNTI est constitué de deux parties : l'identificateur du SRNC (SRNC-id) et le S-RNTI décrit précédemment.

5.2.2.2. Relocalisation du RNS serveur

Comme illustré par la figure 5.4, même si le mobile n'est plus en liaison avec aucune des cellules du SRNC, on continue à utiliser des ressources dans l'interface « Iur ». Il paraît donc légitime de changer de SRNC et permettre d'économiser la bande passante sur cette interface. La procédure qui consiste à faire basculer l'UE d'un RNS à un autre est appelée « relocalisation de SRNS ». Ainsi, le rôle du RNS serveur est repris par le DRNS, comme le schématise la figure 5.4. Une fois encore, cette procédure doit rester transparente pour l'utilisateur. La relocalisation de ressources est associée au concept de « rationalisation de ressources » ou *streamlining*. La procédure de relocalisation de SRNS en présence et en absence de l'interface « Iur » est décrite en détail dans le chapitre 9.

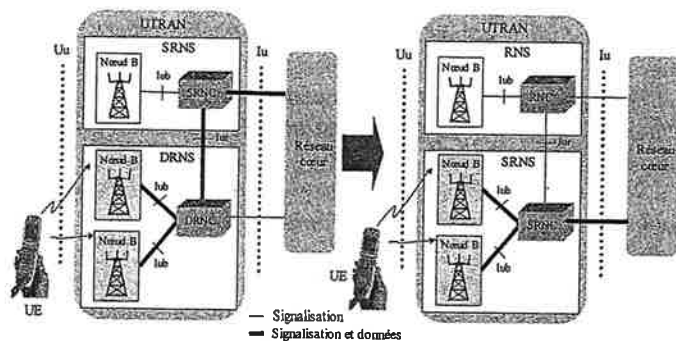


Figure 5.4. Illustration de la procédure de relocalisation du RNS serveur

5.2.3. Résumé des fonctions effectuées par l'UTRAN

Les fonctions principales de l'UTRAN sont résumées dans la liste non exhaustive dressée ci-dessous :

- *transfert des données générées par l'utilisateur*. Il s'agit là de la fonction principale de l'UTRAN : servir de passerelle entre l'UE et le réseau cœur par l'intermédiaire des interfaces radio « Uu » et « Iur » ;

- *fonctions liées à l'accès au réseau*. Il s'agit de la gestion de l'admission au réseau, du contrôle de la congestion du réseau et de la diffusion des informations système. L'UTRAN représente la porte d'entrée des terminaux dans le réseau. Il peut en effet permettre ou empêcher l'accès à de nouveaux utilisateurs et l'allocation des ressources radio correspondantes. Par ailleurs, l'UTRAN doit veiller à ce que le niveau de charge du réseau en termes de nombre d'utilisateurs déjà desservis n'augmente pas de manière excessive afin d'éviter la saturation. Enfin, l'UTRAN est responsable de la diffusion des informations système dans chaque cellule lesquelles sont vitales pour tout UE qui souhaite accéder au réseau (cf. chapitre 8) ;

- *fonctions liées à la sécurité*. L'UTRAN gère la protection et la confidentialité des informations transmises par l'interface radio en appliquant, au même titre que l'UE, les algorithmes de chiffrement et d'intégrité étudiés dans le chapitre 8 ;

- *fonctions liées à la mobilité*. Ces fonctions regroupent le *handover*, la relocalisation du SRNS, la transmission des messages de notification d'appel (*paging*) et l'estimation de la position géographique du terminal mobile, dans le cas où un service LCS est offert (cf. annexe 2) ;

- *fonctions liées à la gestion des ressources radio*. On regroupe ici les fonctions qui ont trait à l'allocation et au maintien des ressources permettant la communication radio. Ces fonctions concernent, par exemple, le prélèvement de mesures sur les canaux radio en service pour évaluer leur qualité en fonction du taux d'erreur, du niveau de puissance du signal reçu, du niveau d'interférence dans la cellule, etc. On retrouve également parmi ces fonctions l'allocation et la désallocation des *bearers* radio à la demande du réseau cœur, les procédures liées au contrôle de puissance, le codage et le décodage canal, etc. ;

- *synchronisation*. L'UTRAN est en charge du maintien de la base de temps de référence dans chaque cellule sur laquelle tout terminal mobile doit s'aligner pour transmettre et recevoir des informations. Lorsque la technologie UTRA/TDD est utilisée, l'UTRAN doit également garantir une synchronisation temporelle entre les différents nœuds B qui composent le réseau. Enfin, l'UTRAN doit gérer la synchronisation lors de l'échange d'information entre les nœuds B et le RNC d'une part, et entre les RNC et le réseau cœur d'autre part.

5.3. Modèle générique des protocoles utilisés par les interfaces de l'UTRAN

Jusqu'ici, on s'est attaché à décrire les équipements qui constituent l'UTRAN. Il reste à montrer comment ces éléments échangent des messages de signalisation ainsi que les données utiles générées par les mobiles ou destinées à ceux-ci. Ces échanges s'effectuent à l'aide des interfaces dont les caractéristiques sont normalisées.

Les interfaces de l'UTRAN dites « externes » (interfaces Iu-CS et Iu-PS) ou « internes » (Iur, Iub et Uu) sont toutes « ouvertes ». En effet, les recommandations de l'UMTS précisent l'ensemble de leurs caractéristiques fonctionnelles au même titre que les piles protocolaires qui les composent. Il n'y a donc pas d'ambiguïté possible. En conséquence, un opérateur a la possibilité d'interconnecter des équipements de fournisseurs différents avec ces interfaces (pourvu que les spécifications techniques du 3GPP soient complètement respectées !).

Le modèle générique pour la description des protocoles utilisés par les interfaces de l'UTRAN est présenté dans la figure 5.5 [TS 25.401]. Ce modèle est inspiré du modèle OSI et du modèle protocolaire de référence utilisé dans les réseaux type RNIS.

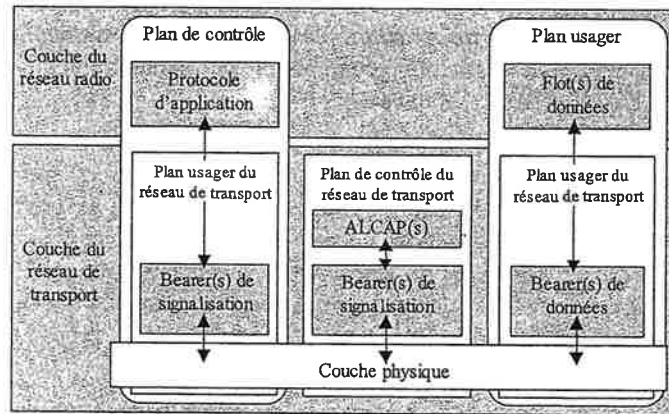


Figure 5.5. Modèle générique de l'architecture protocolaire des interfaces de l'UTRAN

Indépendance entre le réseau de transport et le réseau d'accès

On observe sur la figure 5.5, que l'architecture protocolaire des interfaces de l'UTRAN est constituée de couches horizontales et de plans verticaux qui sont indépendants du point de vue logique. Cela offre une certaine flexibilité dans l'évolution de chaque interface. Ainsi, par exemple, des éléments de la pile protocolaire qui composent l'un des deux plans verticaux peuvent être modifiés sans affecter les éléments de la pile protocolaire qui composent l'autre plan.

5.3.1. Couches horizontales

Les couches horizontales séparent les fonctionnalités propres au réseau d'accès radio de celles qui correspondent à la technologie utilisée pour le transport du trafic

de signalisation et de données. La couche du réseau radio (*radio network layer*) est associée aux protocoles du réseau d'accès radio UTRAN, ce sachant que d'autres réseaux d'accès pourraient être implantés en théorie (GERAN, HIPERLAN/2...) sans modifier l'autre couche horizontale, c'est-à-dire la couche du réseau de transport (*transport network layer*).

La couche du réseau de transport comprend les supports (*bearers*) mis en place pour véhiculer la signalisation et les données générées par la couche du réseau radio. Elle comprend également la couche physique qui contient les protocoles permettant l'interconnexion avec le milieu physique de transport choisi par l'opérateur du réseau : fibre optique, liaison hertzienne, câble en cuivre, etc.

5.3.2. Plans verticaux

Le trafic des données générées par un utilisateur est généralement accompagné d'informations de signalisation ou de contrôle nécessaires à la gestion du service courant. Dans la figure 5.5, la distinction est faite entre le plan correspondant aux procédures de signalisation dit « plan de contrôle » (*control plane*) et le plan qui gère l'acheminement des données de l'utilisateur dit « plan usager » (*user plane*).

5.3.2.1. Plan de contrôle

Le plan de contrôle³ comprend le protocole d'application (*application protocol*) qui est en charge de l'allocation et de la gestion des *radio access bearers* (RAB) alloués à l'UE pour pouvoir accéder au réseau cœur et donc aux services qu'il a souscrit. Les messages de signalisation générés par le protocole d'application sont transportés par un ou plusieurs *bearers* de signalisation (*signalling bearer(s)*).

Chaque interface comprend un protocole d'application particulier :

- RANAP (*Radio Access Network Application Part*) associé à l'interface Iu ;
- RNSAP (*Radio Network Subsystem Application Part*) associé à l'interface Iur ;
- NBAP (*Node B Application Part*) associé à l'interface Iub.

La figure 5.6 montre une vue d'ensemble qui schématise le mode d'interaction des protocoles d'application lors des échanges entre l'UE, le nœud B, le RNC et le réseau cœur. Dans le chapitre 8 sont présentés et étudiés les protocoles de l'interface radio dans le plan de contrôle : RRC, RLC, MAC et couche physique. Les protocoles d'application seront quant à eux analysés plus loin dans ce chapitre.

3. Le plan de contrôle est aussi appelé plan de signalisation et plan de commande.

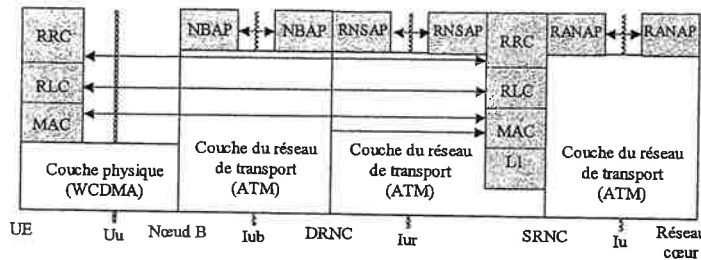


Figure 5.6. Schématisation du rôle des protocoles d'application et des protocoles radio dans les échanges entre l'UE, l'UTRAN et le réseau cœur dans le plan de contrôle

5.3.2.2. Plan usager

C'est par le plan usager que transite le trafic de données associé au service de l'utilisateur (voix, vidéo, données...), que ce soit en mode circuit ou en mode paquet. On verra plus loin que dans certaines interfaces, du trafic différent des données générées par l'utilisateur peut également être acheminé par ce plan – comme par exemple du trafic de signalisation.

Le plan usager comprend, dans la couche du réseau radio, des protocoles dits *frame protocols*. Il s'agit des protocoles du niveau de la couche physique qui organisent dans le temps la transmission des flots de données provenant des couches supérieures. Ces flots seront ensuite véhiculés dans la couche du réseau de transport par le ou les services support, appelés *data bearer(s)*.

5.3.3. Plan de contrôle du réseau de transport

Le plan de contrôle du réseau de transport ne contient pas d'informations liées à la technologie radio utilisée. C'est dans ce plan que réside le ou les protocoles ALCAP (*Access Link Control Application Protocol*). ALCAP est un nom générique qui regroupe le ou les protocoles de signalisation nécessaires à l'établissement, au maintien et à la libération des *bearers* qui seront utilisés dans le plan usager pour le transport des flots de données, c'est-à-dire les *data bearers*.

Comme le montre la figure 5.7, ALCAP agit sous la demande du protocole d'application et comprend aussi un *bearer* de signalisation (*signalling bearer*). Ce dernier peut être différent de celui qui transporte la signalisation générée par le protocole d'application. ALCAP est présent dans les interfaces Iu-CS, Iur et Iub. Dans l'interface Iu-PS, où le plan de contrôle du réseau de transport est absent, les caractéristiques du *bearer* de transport des données (*data bearers*) sont préétablies. On retrouve bien là l'esprit des spécifications UMTS qui visent à rendre indépendantes les piles protocolaires du plan de contrôle de celles du plan usager, sachant que ces piles interagissent par l'intermédiaire d'un troisième plan, celui de

contrôle du réseau de transport. Cela permet de définir les *bearers* qui convoient la signalisation indépendamment de ceux mis en place pour le transport des données de l'utilisateur. Ces deux *bearers* possèdent généralement des QoS différentes.

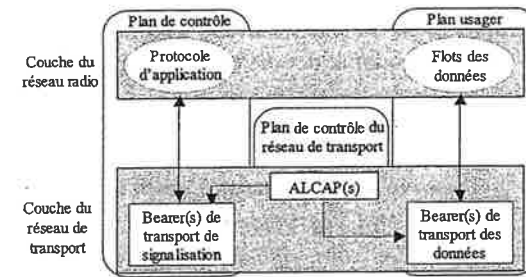


Figure 5.7. Interaction entre le plan de contrôle et le plan usager par l'intermédiaire d'ALCAP situé dans le plan de contrôle du réseau de transport

5.3.4. Plan usager du réseau de transport

Le plan usager du réseau de transport est présent à la fois dans le plan de contrôle et dans le plan usager, mais il joue un rôle différent dans l'un et l'autre cas de figure.

Dans le premier cas (plan de contrôle), le plan usager du réseau de transport recouvre les *bearers* mis en œuvre pour le transport de la signalisation (*signalling bearers*). Dans le second cas de figure (plan usager), le plan usager du réseau de transport recouvre les *bearers* mis en œuvre pour le transport des flots de données générés par l'utilisateur (*data bearers*).

5.4. Utilisation de l'ATM dans le réseau de transport de l'UTRAN

L'ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) est un mode de transfert qui se caractérise par la transmission des données sous forme de paquets suivant un multiplexage par répartition dans le temps asynchrone [PUJ 00]. L'unité de transmission en ATM est la « cellule » qui est de taille fixe et égale à 53 octets.

Par asynchrone, on entend le fait qu'une cellule ATM n'est pas affectée de manière statique à un flux d'informations d'un service donné – les cellules n'étant utilisées que pour les flux pour lesquels des informations sont disponibles afin d'être transmises. Ce mode de transfert est à comparer avec celui utilisé en GSM qui est synchrone. En effet, le transport en GSM à l'intérieur du réseau s'effectue par assignation de *slots* de temps dans une trame (technique appelée TDM pour *Time*

aux services à débit constant. Mais, il gaspille les ressources en matière de bande passante pour des services à débit variable. Par ailleurs, on peut mentionner que le transport ATM achemine bien les informations avec contrainte de temps. C'est pourquoi il offre une meilleure qualité de service que le transport IP.

Dans le réseau UMTS, l'ATM est utilisé dans la couche du réseau de transport des interfaces Iu (Iu-CS et Iu-PS), Iur et Iub. Ce choix répond à deux propriétés clés de l'ATM :

- possibilité de transporter du trafic avec des débits variables, que ce soit pour des services à commutation de paquets ou à commutation de circuits. C'est particulièrement utile en UMTS, étant donnée la grande variété des services offerts. Le transport de la parole à l'intérieur du réseau avec des cellules ATM est également optimisé, surtout pendant les périodes de silence qui apparaissent au cours d'une communication ;

- possibilité de préserver la qualité de service des médias véhiculés. En effet, l'utilisation de l'ATM modifie peu la QoS établie pour chaque type de service et, plus particulièrement, pour des services très sensibles aux délais requis pour la transmission des données, à l'instar de la téléphonie et la visiophonie.

Soulignons que l'ATM a été adopté par l'UIT comme mode de transfert dans les réseaux RNIS large bande (B-ISDN pour *Broadband Integrated Services Digital Network*). Ce choix s'appuie sur la nature même de l'ATM qui permet de transmettre simultanément des services de voix, de données et de vidéo dans un même canal physique (paire de cuivre, fibre optique, liaison hertzienne...).

5.4.1. Structure d'une cellule ATM

Une cellule ATM est constituée, comme dans les datagrammes IP, d'un en-tête suivi de l'information « utile » à transférer – que ce soit de la signalisation ou des données (cf. figure 5.8). Les cellules sont assignées à la demande selon l'activité de la source et en fonction des ressources disponibles.

Il existe deux en-têtes différents suivant que la cellule provient de l'extérieur (cas d'une interface utilisateur-réseau ou UNI pour *User-to-Network Interface*), ou passe d'un nœud de commutation à un autre nœud à l'intérieur du réseau (cas d'une interface NNI pour *Network-Node Interface*). L'en-tête compte 5 octets et commence par le champ VPI (*Virtual Path Identifier*). Le VPI peut comprendre 8 bits (cas d'une interface UNI) ou 12 bits (cas d'une interface NNI). A l'inverse, le VCI (*Virtual Channel Identifier*) est de taille fixe et égale à 16 bits.

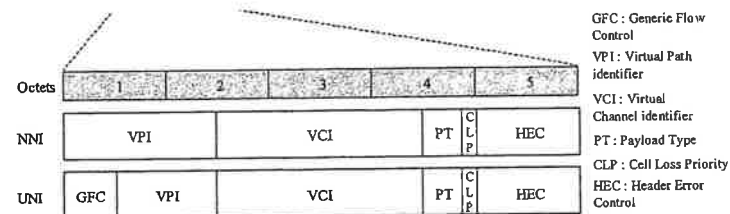


Figure 5.8. Structure d'une cellule ATM

Le champ GFC (*Generic Flow Control*) n'est présent que dans des en-têtes UNI et permet d'identifier plusieurs stations qui partagent une même interface ATM. Le champ PT (*Payload Type*) indique le type d'information véhiculée. On trouve ensuite un bit appelé CLP (*Cell Loss Priority*) qui identifie les cellules ATM de faible importance que le réseau peut supprimer lorsque les ressources du réseau sont congestionnées. Enfin, on retrouve le champ qui contient l'information utile et occupe 48 octets.

Lors de la transmission d'une cellule ATM, aucune procédure de détection d'erreurs dans le champ de données n'est effectuée. Qui plus est, la retransmission automatique des cellules, lorsque le récepteur des cellules ATM détecte que celles-ci sont erronées, ne s'applique pas. Par contre, l'en-tête comprend un champ de contrôle d'erreurs dits HEC (*Header Error Control*), composé d'un octet qui repère et corrige un bit erroné, ou indique la présence de plusieurs erreurs survenues lors du transfert dans la cellule ATM.

5.4.2. Utilisation des connexions virtuelles en ATM

L'ATM utilise un mode de transfert qui nécessite qu'une connexion logique (ou virtuelle) entre la source et le destinataire soit établie avant toute transmission de données : les cellules ATM ne convoient pas d'identificateurs de la source ou du destinataire comme dans le cas des datagrammes IP. A la place, les cellules contiennent les champs VCI et VPI, dont le rôle est précisément de réaliser la connexion [PUJ 00]. Ainsi, une cellule ATM n'est transmise qu'après ouverture d'un circuit virtuel dessiné à l'intérieur du réseau par des marques laissées dans chaque nœud traversé. L'association d'un identificateur à sa destination est établie à chaque commutateur ou *switch* le long du chemin avant l'envoi des données utiles. Il existe donc une phase d'établissement d'appel préalable à la phase de transmission des données. Un circuit virtuel est mis en place par le routage d'une cellule de supervision qui va déterminer pour chaque nœud l'association entre le port d'entrée et le port de

sortie donnant lieu à une table de commutation. Le routage de la cellule de supervision se déroule suivant des tables de routage qui déterminent vers quel nœud est envoyé la cellule de supervision avec l'adresse du destinataire final [PUJ 00].

5.4.3. Modèle de référence ATM

Le modèle de référence ATM est assez semblable, du point de vue fonctionnel, au modèle générique des interfaces de l'UTRAN décrit précédemment. Outre les plans de contrôle et usager, le plan de gestion supervise et contrôle les fonctionnements des couches comme des plans qui composent l'ensemble des protocoles du système (voir figure 5.9).

La *couche physique ATM*, comme dans le modèle OSI, régit les procédures nécessaires pour la transmission de l'information selon le milieu physique choisi : fibre optique, câble en cuivre, liaison radio, etc. C'est cette couche qui construit les cellules ATM à partir des bits à transmettre et qui effectue le contrôle des bits en réception.

La *couche ATM* se veut indépendante du milieu physique de transport. Dans cette couche est effectué le multiplexage des cellules ATM qui permettent de transmettre simultanément différents médias. Cette fonctionnalité peut néanmoins se traduire par un délai dans la connexion. La couche ATM et la couche physique interviennent exclusivement au niveau de l'en-tête de la cellule ATM.

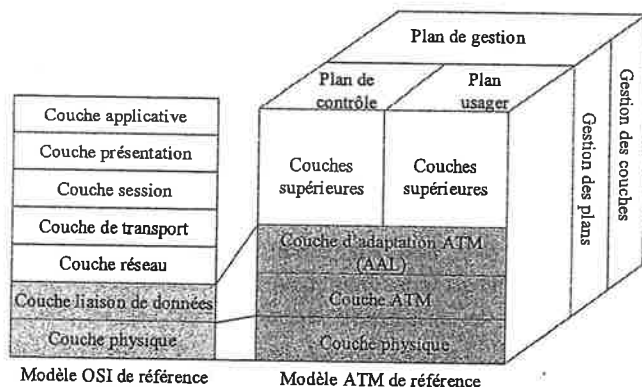


Figure 5.9. Modèle de référence des couches ATM et sa relation avec le modèle OSI

La combinaison de la *couche d'adaptation ATM* (AAL pour *ATM Adaptation Layer*) et de la *couche ATM*, peut être comparée à la couche liaison de données du modèle OSI. Cette couche marque la frontière entre les procédures des couches supérieures et celles propres à l'ATM. C'est AAL qui génère la signalisation ATM

en fonction de la QoS requise par l'application. Il existe donc différents types de couches d'adaptation ATM – chacune étant associée à un service ou à une application spécifique (cf. tableau 5.2). On s'intéresse ici à AAL type 2 (AAL2) et à AAL type 5 (AAL5) qui sont utilisés par les interfaces de l'UTRAN.

AAL2 a été conçu pour le transport de données compressées et pour des flots d'information censés être transmis en temps réel et à un faible débit (inférieur à 64 kbps). Il permet d'accueillir plusieurs « microcellules » d'information dans une cellule ATM. Les caractéristiques d'AAL2 le rendent particulièrement approprié pour le transport de la voix compressée à l'intérieur du réseau : plusieurs communications de phonie peuvent être acheminées au cours d'une seule communication ATM, avec les économies en termes de largeur de bande que cela implique.

	AAL-1	AAL-2	AAL-3/4	AAL-5
Utilisation par l'UTRAN	Non	Oui, Iu-CS, Iur et Iub	Non	Oui, Iu-CS, Iu-PS, Iur et Iub
Contraintes temps-réel	Temps réel		Non temps réel	
Débit binaire de transmission	Constant	Variable		
Mode de connexion	Orienté connexion		Sans connexion et orienté connexion	Sans connexion

Tableau 5.2. Caractéristiques des différentes couches d'adaptation ATM

AAL5 est employé dans des services utilisant aussi bien les modes de communication « orienté connexion » et « sans connexion » au niveau de la couche réseau. Il est mieux adapté pour le transport de paquets d'information longs qui peuvent être segmentés et véhiculés dans le champ « information utile » d'une cellule ATM. AAL5 est employé pour le transport de trafic IP et pour le transport de la signalisation échangée entre les éléments du réseau cellulaire.

5.5. Protocoles de l'interface UTRAN-réseau cœur : interface Iu

L'interface Iu assure la connexion d'un point d'accès de l'UTRAN avec un point d'accès du réseau cœur. Si Iu est l'interface qui connecte un RNC au domaine à commutation de circuits, elle est alors dénommée Iu-CS. Si le RNC est connecté au domaine à commutation de paquets, elle est dénommée Iu-PS. Il existe une autre interface, non étudiée ici, dénommée Iu-BC laquelle relie le RNC au domaine du réseau cœur qui procure le service CBS introduit dans le chapitre 3 et 4 (voir aussi [TS 25.410]).

La figure 5.10a décrit l'architecture des protocoles impliqués dans l'interface Iu-CS alors que celle de l'interface Iu-PS est montrée dans la figure 5.10b. On remarque sur ces figures que les interfaces Iu-CS et Iu-PS sont assez semblables. La principale différence se situe au niveau du plan de contrôle du réseau de transport.

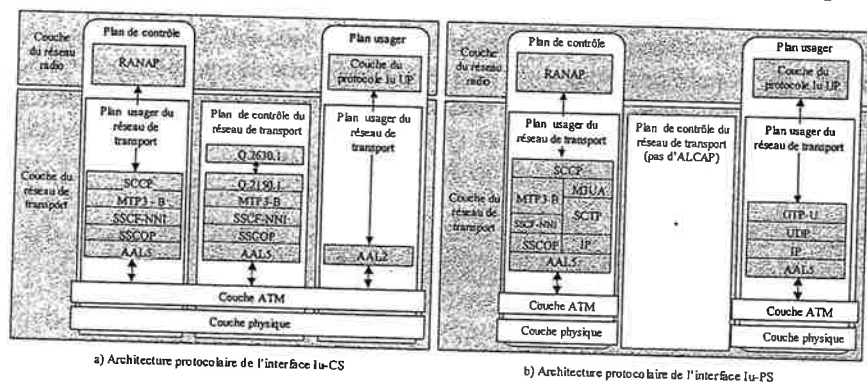


Figure 5.10. Architecture protocolaire des interfaces Iu-CS et Iu-PS

5.5.1.1. Pile protocolaire du plan de contrôle des interfaces Iu-CS et Iu-PS

Dans la pile protocolaire du plan de contrôle des interfaces Iu-CS et Iu-PS, on retrouve le protocole d'application du réseau d'accès radio RANAP qui utilise comme *bearer* de signalisation le système de signalisation sémaphore numéro 7 large bande (BB-SS7) pour *Broadband Signalling System #7*.

Comparé au SS7 « bande étroite » utilisé dans le réseau cœur de la *Release 99* (voir figure 5.11), le sous-système de transfert de messages MTP3 (*Message Transfer Part Level 3*) qui fiabilise le routage des messages de signalisation est remplacé par le MTP3-B (*Broadband MTP Level 3*). De même, le protocole MTP2 est remplacé par le protocole SAAL-NNI (*Signalling ATM Adaptation Layer for Network-Node Interface*). Ce dernier se décompose en deux couches protocolaires : SSCF (*Service Specific Coordination Function*) et SSCOP (*Service Specific Connection Oriented Protocol*). SSCF coordonne les échanges entre MTP3-B et SSCOP alors que cette dernière fournit les mécanismes nécessaires à l'établissement et à la libération d'une connexion.

La couche SCCP est commune aux systèmes SS7 large bande et SS7 bande étroite. SCCP représente le sous-système de commande des connexions sémaphores qui offre deux services supplémentaires par rapport au MTP3-B : l'échange de signalisation au niveau international et le service orienté connexion. Le mode « sans

pour la diffusion des messages de *paging* alors que le mode « orienté connexion » est plus approprié pour le routage de plusieurs messages transmis à la même adresse ou de messages assez longs (allocation/libération de ressources radio, exécution du *handover*...). Notons qu'à la différence de l'interface Iu-CS, les spécifications permettent aux opérateurs d'opter pour une approche IP sur ATM pour le transport des messages de signalisation dans l'interface Iu-PS. Pour ce faire, on fait appel aux protocoles M3UA (*MTP3-user adaptation*) et SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*). Ces deux protocoles ont été développés par le groupe de travail SIGTRAM de l'IETF (voir www.ietf.org). La sous-couche M3UA permet d'adapter les messages de signalisation SS7 aux messages de signalisation sur un réseau IP et *vice versa*. Pour sa part, la sous-couche SCTP est chargée de rendre plus fiable l'acheminement des paquets qui contiennent la signalisation générée dans le plan de contrôle. SCTP a été préféré à TCP, entre autres, par le fait que le délai dans le transfert des messages de signalisation est moindre.

REMARQUE.— Il est intéressant de souligner que dans la *Release 5*, il est envisagé d'opter pour un réseau de transport dans l'UTRAN fondé complètement sur IP comme une alternative à l'ATM [TR 25.933]. Cela est valable pour les plans de contrôle et usager.

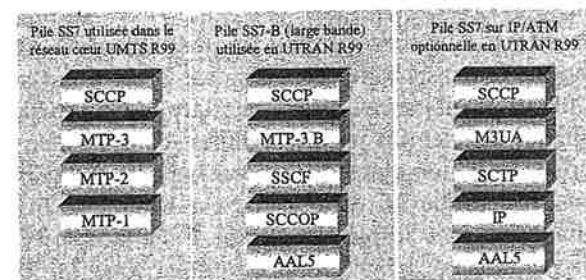


Figure 5.11. Comparaison de différentes variantes du système SS7 dans l'UMTS

5.5.1.2. Pile protocolaire du plan de contrôle du réseau de transport des interfaces Iu-CS et Iu-PS

Dans le cas de l'interface Iu-CS, cette pile suit la recommandation technique [ITU Rec. Q.2630.1] dont le rôle est de gérer les connexions AAL2 dans le plan usager. On observe sur la figure 5.10b que le plan de contrôle du réseau de transport est inexistant dans l'interface Iu-PS. C'est pourquoi le protocole de signalisation ALCAP utilisé pour activer le(s) *bearer(s)* de données dans le plan usager n'est pas nécessaire. Les caractéristiques de ce dernier sont en effet préétablies par l'opérateur.

La pile protocolaire du plan usager des interfaces Iu-CS et Iu-PS contient, dans la couche du réseau radio, le protocole dit « Iu UP » (UP pour *User Plane*). Le protocole Iu UP assure le transport de l'information associée à un RAB, information qui est générée par l'utilisateur (voix, vidéo, datagrammes IP, etc.). Le trafic de données est convoyé par un ou plusieurs *bearers Iu* alloués à l'utilisateur (cf. chapitre 2). Chaque protocole est associé à un seul RAB. Si plusieurs RAB sont impliqués dans une communication (multimédias), plusieurs protocoles Iu UP devront être utilisés. Deux modes d'opération sont possibles pour ce protocole : le mode transparent et le mode support. Le réseau cœur choisit le mode en question lorsqu'il définit les caractéristiques du RAB suivant les besoins du service ou de l'application de l'UE.

En *mode transparent*, l'information est transmise de l'UTRAN vers le réseau cœur sans que la couche Iu UP n'apporte aucune autre contribution que le transfert de l'information elle-même. En *mode support*, le RAB utilisé pour acheminer l'information peut nécessiter que le protocole Iu UP segmente l'information transportée suivant un format prédéfini et qu'il effectue des fonctions associées à cette procédure comme, par exemple, la gestion d'erreurs. La taille des segments SDU⁴ qui en résulte équivaut à celle d'une trame de parole du codec AMR ou, d'une manière plus générale, à la taille d'une trame des données échangées lors de l'établissement d'un service à commutation de circuits.

En ce qui concerne le transport des données dans le plan usager, les interfaces Iu-CS et Iu-PS diffèrent sensiblement. Dans l'interface Iu-CS, les blocs de données usager sont transportés directement par des cellules ATM à l'aide de AAL2. Par contre dans l'interface Iu-PS, on reprend les mêmes principes de l'interface « Gn » qui connecte, dans le domaine PS du réseau cœur UMTS, le SGSN au GGSN (cf. chapitre 4). En effet, dans le plan usager de l'interface Iu-PS, on utilise le protocole GTP (appelé GTP-U pour *GPRS Tunneling Protocol User-plane*) qui permet l'encapsulation des paquets d'information générés par l'utilisateur dans des datagrammes IP (cf. chapitre 4). GTP utilise UDP (*User Datagram Protocol*) comme protocole de transport. Celui-ci s'appuie sur le mode de transmission « sans connexion » et « sans acquittement ». AAL5 est alors employé pour effectuer la procédure d'adaptation ATM. Dans la *Release 5*, il est possible qu'on évolue vers du transport IP seul sans l'apport de l'ATM [TS 25.410 R5].

5.5.2. Description de RANAP

Comme cela a été souligné dans les paragraphes précédents, RANAP est le protocole d'application chargé de la signalisation entre l'UTRAN et le réseau cœur,

4. Une SDU (*Service Data Unit*) est le nom générique que l'on donne aux unités de données échangées entre deux couches adjacentes.

que ce soit par l'interface Iu-CS ou par l'interface Iu-PS. Le point de point de point fonctionnel, RANAP équivaut à son homologue dans le GSM qui est le BSSMAP (*Base Station Subsystem Management Application Part*).

Les fonctions de RANAP sont définies dans [TS 25.413]. Parmi ces fonctions, on peut citer :

- la relocalisation du SRNS qui consiste à assigner des tâches effectuées par un RNC serveur (SRNC) à un autre sans que les flots d'information véhiculés lors d'une communication ne soient interrompus ou modifiés ;
- le transport en mode transparent des messages de signalisation de la strate de nonaccès (NAS), entre l'UE et le réseau cœur ;
- la maîtrise totale des tâches d'établissement, de résiliation et de modification des RAB ;
- la libération des ressources mises en œuvre lors d'une connexion sur l'interface Iu, dans le plan usager comme dans le plan de contrôle ;
- le transport des messages de notification d'appel (*paging*) entre le réseau cœur et UTRAN. Ce dernier sera chargé de diffuser ces messages vers les terminaux mobiles concernés ;
- la transmission des commandes vers l'UTRAN pour activer ou désactiver les procédures de chiffrement et d'intégrité. Ces commandes incluent les clés utilisées par le RNC et par l'UE pour sécuriser leur communication sur la liaison radio ;
- l'échange d'information entre le RNC et le réseau cœur concernant la position géographique de l'UE.

Transport transparent des messages de signalisation entre l'UE et le réseau cœur

L'échange de messages de signalisation générés au niveau du *non-access stratum* nécessite l'établissement de deux connexions : une connexion RRC et une connexion Iu. Le but ultime est de mettre en place des « tuyaux » de transport non pas de données usager, mais de signalisation (*signalling bearers*) entre l'UE et le réseau cœur. Au niveau de l'interface radio, le transport des messages de signalisation entre l'UE et le RNC se négocie lors de l'établissement d'une connexion RRC dont la procédure est décrite amplement dans le chapitre 8. Puis, c'est au tour de RANAP de déclencher l'établissement d'une connexion Iu pour compléter le chemin de transport de la signalisation entre le RNC et le réseau cœur. Avec le message RANAP *Initial UE message*, le RNC demande au réseau cœur la mise en place des ressources pour le transport des messages de signalisation du *non access stratum* provenant de l'UE [TS 25.413]. Ce message déclenche l'établissement de la connexion Iu grâce aux commandes *SCCP connection request* et *SCCP connection confirm* comme illustré dans la figure 5.12 [TS 25.410].

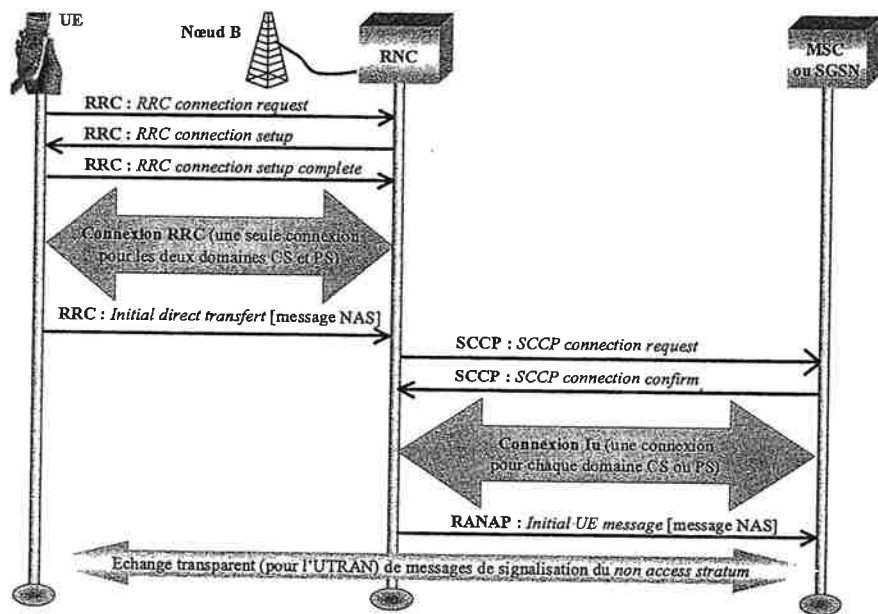


Figure 5.12. Signalisation utilisée pour l'établissement d'un chemin complet pour le transport de messages de signalisation du non access stratum entre l'UE et le réseau cœur. Les messages de signalisation entre le RNC et le nœud B ne sont pas montrés dans la figure

Etablissement d'un RAB

Un RAB est un service support offert par le réseau UMTS permettant d'acheminer les données générées dans le plan usager entre l'UE et le réseau cœur. Il peut être considéré comme un « tuyau » avec des caractéristiques de QoS bien définies. Ces dernières sont fonction de l'abonnement souscrit par l'abonné et de ce fait, l'ordre pour établir le RAB est toujours placé sous la responsabilité du réseau cœur. Le message RANAP généré par ce dernier pour l'établissement d'un RAB est *RAB assignment request* (cf. figure 5.13). Il contient une identité unique du RAB à établir (RAB ID) ainsi que ses paramètres de QoS : classe de trafic, débit, taux d'erreur, contraintes temps réel, etc. Le réseau cœur indique également la manière dont le plan usager et la couche de transport de l'interface Iu concernée doivent être configurés. Cet ordre est acquitté par le RNC avec le message RANAP *RAB assignment complete* dans le cas où l'établissement du RAB se passe sans problème [TS 25.413]. Par la suite, le RNC négociera avec l'UE, l'établissement d'un ou de plusieurs *bearer* radio de sorte à matérialiser un « tuyau » complet entre l'UE et le réseau cœur. L'établissement d'un *bearer* radio est étudié dans le chapitre 8.

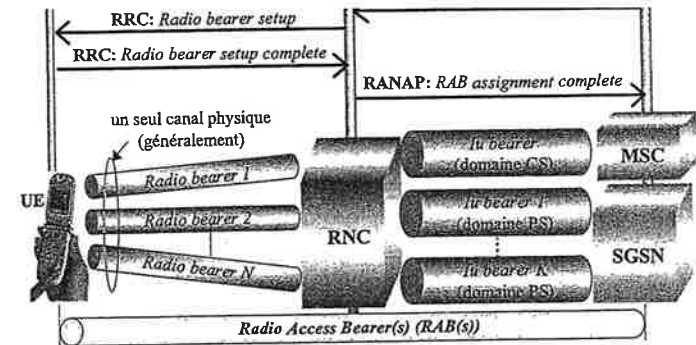


Figure 5.13. Signalisation utilisée pour l'établissement d'un chemin complet pour le transport de données usager entre l'UE et le réseau cœur (établissement d'un RAB). Les messages de signalisation entre le RNC et le nœud B ne sont pas montrés dans la figure

5.6. Protocoles des interfaces internes de l'UTRAN

5.6.1. Protocoles de l'interface RNC-RNC : interface Iur

L'interface Iur, qui n'a pas d'équivalent en GSM, gère les échanges d'information entre deux RNC dans l'UTRAN lorsque l'un agit en tant que RNC serveur (SRNC) et l'autre en tant que RNC en dérivation (DRNC). Quelques-unes des spécificités techniques de cette architecture seront décrites dans ce paragraphe. Pour ce faire, on utilisera l'architecture de référence de la figure 5.14 où sont représentées les architectures protocolaires des interfaces Iur et Iub.

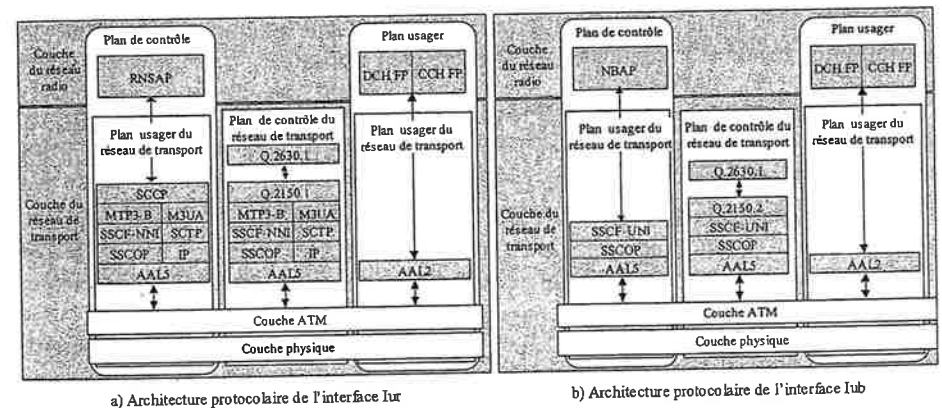


Figure 5.14. Architecture protocolaire des interfaces Iur et Iub

5.6.1.1. Pile protocolaire du plan de contrôle de l'interface Iur

Le protocole d'application chargé de la génération de la signalisation dans l'interface Iur est RNSAP. Il s'appuie sur SCCP pour échanger des messages de signalisation entre deux RNC. Pour assurer le transport de la signalisation, on a le choix, comme pour l'interface Iu-PS, entre deux piles protocolaires : la première emploie le système de signalisation SS7 large bande et la seconde s'appuie sur une pile IP. AAL5 est utilisé pour effectuer l'adaptation sur la couche ATM.

5.6.1.2. Procédures effectuées par RNSAP

Le protocole d'application RNSAP régit l'échange de signalisation entre deux RNC [TS 25 423]. Il est divisé, sur le plan fonctionnel, en quatre modules : le module de base qui permet la gestion de la mobilité ; celui qui gère les canaux de transport dédiés ; celui qui gère les canaux de transport communs ; et enfin le module qui regroupe l'ensemble des procédures dites « globales ». L'opérateur de télécommunications peut implanter tous ces modules ou seulement une partie d'entre eux, en fonction de ses besoins. Par exemple, pour supporter la macrodiversité, il est nécessaire de supporter le module qui gère les canaux de transport dédiés. Autrement dit, la macrodiversité requiert que le plan usager soit présent. A comparer avec la mise à jour des zones de localisation URA qui ne fait intervenir que des messages de signalisation du plan de contrôle.

Module de base pour la gestion de la mobilité

Le premier module est le module de base. En son absence, l'interface Iur n'existerait pas. Il met en œuvre des procédures qui permettent à un DRNC et à un SRNS d'échanger des messages de signalisation provenant d'un UE (voie montante) ou se dirigeant vers un UE (voie descendante). Avec le module de base, le type d'information échangé à travers l'interface Iur concerne uniquement le trafic de signalisation et non le trafic de données généré par l'utilisateur.

Parmi les procédures qu'effectue le module de base dans la voie descendante, il y a notamment la notification d'appel (*paging*). Au terme de cette procédure, le SRNC demande au CRNC de diffuser un message vers un UE dont la position est connue dans une cellule ou dans une URA placée sous son contrôle comme montré sur la figure 5.15. De plus, grâce à ce module, deux RNC pourront échanger des messages de signalisation permettant au mobile de signaler des changements d'URA ou de cellule suivant son état RRC courant (cf. chapitre 8).

Etant donné qu'avec le module de base, aucun échange de trafic de données n'est effectué sur l'interface Iur, le plan usager et le plan de contrôle de la couche du réseau de transport ne sont pas nécessaires.

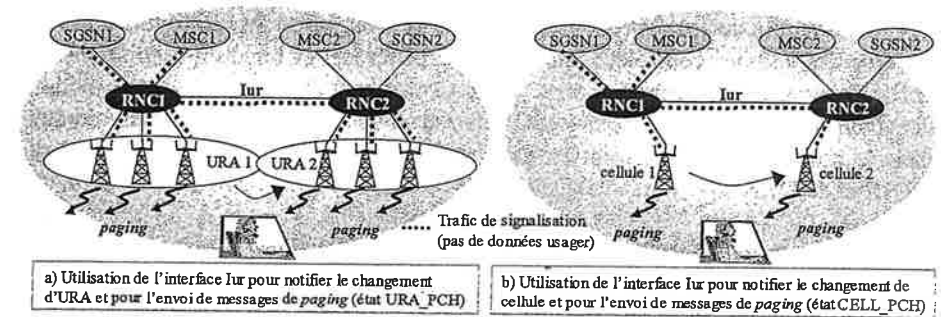


Figure 5.15. Exemples d'utilisation de l'interface Iur lorsque le module de base est implanté

Module permettant la gestion des canaux de transport dédiés

Un canal de transport se trouve au niveau de la couche physique et regroupe un ensemble de caractéristiques qui détermine la manière dont l'information transportée via l'interface radio sera traitée (par exemple, le type de codage canal appliqué, la manière dont l'information des couches supérieures est multiplexée, etc.). On distingue les canaux de transport dédiés et les canaux de transport communs. Un canal de transport dédié n'existe que le temps d'une communication entre l'UTRAN et un UE en particulier, alors que les canaux communs sont des canaux permanents, spécifiques à une cellule et sont ainsi partagés entre plusieurs terminaux mobiles.

L'ensemble des procédures dites « DCH » (DCH pour *Dedicated transport Channel*) gère l'échange, entre deux RNS, des informations propres aux canaux de transport dédiés DCH, DSCH et USCH (mode TDD) que le DRNC prend en charge pour le compte du SRNC. Elles permettent l'établissement, la modification et la libération de ces canaux entre le DRNS et l'UE. La description détaillée de ces canaux est donnée dans le chapitre 8. C'est grâce à ce module que l'UTRAN peut gérer une situation de macrodiversité où des RNC différents sont impliqués.

Le SRNS peut également demander au DRNS l'envoi des rapports de mesures effectuées sur les canaux impliqués dans les liaisons radio que ce dernier contrôle. Dans la voie descendante, le DRNS participe aussi, à la demande du SRNS, au contrôle de puissance d'un UE (mode FDD). Enfin, lors d'une connexion entre l'UE et l'UTRAN, le SRNS peut demander au DRNS d'activer ou de désactiver le mode compressé propre à la technologie UTRA/FDD (cf. chapitre 13).

Module permettant la gestion des canaux de transport communs

Ce troisième module permet l'échange d'information via les canaux de transport communs. Il coordonne l'établissement et la libération des canaux communs de transport situés dans le plan usager et impliqués dans une connexion entre le DRNC et l'UE (trafic sur les canaux RACH et FACH par exemple). Dans l'absence de ce

module, il faudra déclencher une procédure de relocalisation du SRNS lorsque l'UE traverse des cellules contrôlées par des RNC différents et lorsqu'il reçoit/transmet du trafic usager par exemple, dans l'état CELL_FACH. Le support de ce module demande une plus grande complexité dans la couche protocolaire MAC, étudiée dans le chapitre 8. Celle-ci doit en effet faire la distinction entre les fonctions du SRNC et du DRNC.

Module qui regroupe les procédures globales de signalisation

Le quatrième module regroupe les procédures dites globales de signalisation, en l'occurrence celles qui ne concernent pas un UE en particulier. Par exemple, si l'un des deux RNC qui sont en communication reçoit un message erroné, il le fait savoir au RNC source via l'interface Iur.

5.6.1.3. Pile protocolaire du plan de contrôle du réseau de transport de l'interface Iur

La pile protocolaire du plan de contrôle du réseau de transport de l'interface Iur n'est utilisée que lorsque les modules qui permettent la gestion des canaux de transport dédiés et des canaux de transport communs sont intégrés dans le protocole d'application RNSAP.

Cette restriction étant faite, cette pile suit la recommandation technique [ITU Rec. Q.2630.1] dont le rôle est de gérer les connexions AAL2 dans le plan usager. Dans cette pile, il est possible d'opter pour un *bearer* de signalisation fondé sur la pile SS7 large bande, ou bien sur une pile IP (cf. figure 5.14a).

5.6.1.4. Pile protocolaire du plan usager de l'interface Iur

Dans ce plan réside le « protocole trame » ou *frame protocol* des canaux dédiés dits DCH-FP et des canaux communs dits CCH-FP. La fonction de ces protocoles est équivalente dans les interfaces Iur et Iub. Ils sont décrits dans la section suivante.

5.6.2. Protocoles de l'interface RNC-nœud B : interface Iub

L'interface Iub permet à un nœud B et à un seul et unique RNC (CRNC) de communiquer. Par exemple, par cette interface, le RNC peut demander à un nœud B de prendre en charge ou de relâcher un lien radio établi avec un UE dans sa zone ou dans son secteur de couverture. La figure 5.14b introduite précédemment représente la structure des piles protocolaires de cette interface.

5.6.2.1. Pile protocolaire du plan de contrôle de l'interface Iub

Dans le plan de contrôle de l'interface Iub, c'est le protocole d'application NBAP qui gère la signalisation. La pile chargée du transport de la signalisation ne garde que la partie SAAL-UNI (UNI pour *User-to-Network Interface*) avec ses composantes SSCF-UNI et SSCOP. Cette dernière permet l'interconnexion avec AAL5.

5.6.2.2. Procédures effectuées par le protocole d'application NBAP

Le protocole d'application NBAP consiste en une série de procédures de signalisation regroupées en deux grandes familles [TS 25.433]. La première comprend les procédures associées aux canaux de transport communs et la seconde regroupe les procédures associées aux canaux de transport dédiés.

Dans la première famille, NBAP met en place des procédures dites *communes*, qui ont trait à l'établissement, à la modification et à la libération des canaux communs de transport et/ou physiques. Ces canaux concernent le RACH, le CPCH, le FACH, le PCH, l'USCH (mode TDD) et le DSCH (cf. chapitre 8). Des mesures effectuées par le nœud B sur certains de ces canaux font également partie des procédures de cette famille.

Dans la deuxième famille, ce sont des procédures *dédiées* qui gèrent individuellement les liaisons radio établies entre un UE et un nœud B. Elles concernent l'établissement, la modification et la libération des canaux dédiés (DCH), de transport et physiques, ainsi que les procédures de mesures et de contrôle de puissance qui leur sont associées. L'activation ou la désactivation du mode compressé propre à la technologie UTRA/FDD (cf. chapitre 13) est également commandée par les procédures dédiées du NBAP.

5.6.2.3. Pile protocolaire du plan de contrôle du réseau de transport de l'interface Iub

La pile protocolaire du plan de contrôle du réseau de transport de l'interface Iub est assez semblable à la pile protocolaire du plan de contrôle du réseau de transport de l'interface Iur (cf. figure 5.14). On remarque néanmoins que l'option SCTP/IP est inexistante dans l'interface Iub.

5.6.2.4. Pile protocolaire du plan usager de l'interface Iub : les « frame protocols »

Comme c'est le cas de l'interface Iur, cette pile est composée des *frame protocols* (FP) de niveau L1 (couche physique). Que ce soit dans l'interface Iur et Iub, les données qui parviennent au plan usager dans le lien descendant ont déjà été traitées par le RNC au niveau des couches RLC et MAC comme l'illustre la figure

5.16. Ces flots de données sont prêts à être agencés dans des trames radio par des traitements propres à la couche 1 dans le nœud B. Le FP effectue donc une fonction de synchronisation dans les interfaces Iur et Iub entre les protocoles radio des couches supérieures (RLC/MAC) et la couche physique de l'interface radio. En effet, l'information ne peut être transmise dans cette interface que dans des périodes de temps préétablies de 10, 20, 40 ou 80 ms.

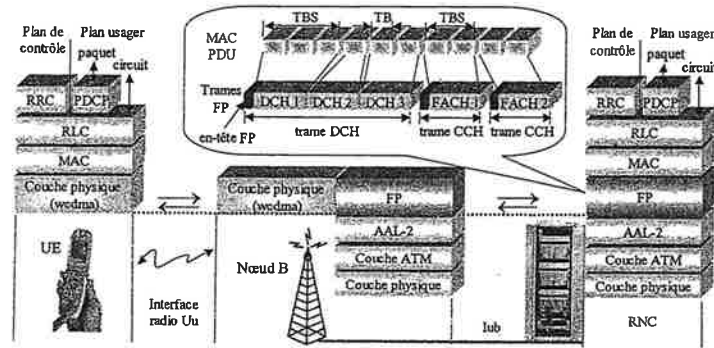


Figure 5.16. Exemple qu'illustre le rôle d'un « frame protocol » (FP) dans les échanges d'information entre le RNC et l'UE. TBS : ensemble de blocs de transport

Les DCH-FP sont en charge du transport des PDU MAC, appelées aussi TB (*Transport Blocks*) entre le nœud B et le SRNC dans les sens montant et descendant. Ces blocs sont associés aux canaux de transport dédiés (DCH) et contiennent [TS 25.427] : des données usager générées ou destinées à l'abonné ; des informations liées au contrôle de puissance en boucle ouverte ; des paramètres permettant la synchronisation entre le nœud B et le RNC, etc.

Les CCH-FP sont en charge du transport des PDU MAC entre le nœud B et le CRNC dans les sens montant et descendant pour le compte des canaux de transport communs RACH, CPCH, FACH, PCH, DSCH et USCH (mode TDD). Ces blocs contiennent [TS 25.435] : des données usager générées ou destinées à l'abonné ; des résultats de mesure ; des paramètres permettant la synchronisation entre le nœud B et le RNC, etc.

5.7. Exemples d'échanges dans l'UTRAN : établissement d'un appel

Cette section présente la façon dont les protocoles des interfaces de l'UTRAN – introduits précédemment – interagissent. On suppose que l'UE est en mode veille ; qu'il est déjà inscrit dans le réseau ; et qu'il souhaite échanger des données usager en mode paquet ou circuit avec un autre utilisateur. Pour ce faire, l'UE doit effectuer les trois étapes suivantes (voir figure 5.17) :

1. établir une connexion RRC ;
2. demander l'établissement d'une connexion Iu pour pouvoir échanger de messages NAS de signalisation avec le réseau cœur ;
3. établir un « tuyau » pour le transfert des données usager entre l'UE et le réseau cœur, c'est-à-dire un RAB.

Etablissement d'une connexion RRC

Pour pouvoir communiquer avec le réseau cœur, l'UE nécessite des ressources radio dédiées (des canaux physiques) pour pouvoir envoyer les messages NAS correspondants. Il le fait savoir au RNC à travers le message *RRC Connection Request*. A la réception de ce message, le RNC prend le rôle de SRNC et demande au nœud B via des messages NBAP, de mettre en place une voie de communication dédiée DCH entre le nœud B et le SRNC, et entre le nœud B et l'UE. Au niveau de l'interface Iub, cela est effectué par ALCAP qui établit une connexion ATM associée à l'UE en question. Avant d'initier toute transmission par l'interface radio, le SRNC et le nœud B échangent des messages afin de se synchroniser à l'aide des *frames* protocoles DCH-FP.

Le message *RRC Connection Setup* est envoyé à l'UE pour acquiescer sa demande. Dans ce message, le SRNC assigne à l'UE une identité U-RNTI (si elle n'existe déjà) et des paramètres pour programmer les couches de niveau 1 et 2 du mobile. Ces paramètres sont décrits plus en détail dans le chapitre 8.

Etablissement d'une connexion avec le réseau cœur et échange de messages de signalisation NAS

Après l'établissement de la connexion RRC, l'UE est placé, suivant cet exemple, dans l'état CELL_DCH (cf. chapitre 8). Même si l'UE dispose des ressources radio nécessaires pour communiquer avec le SRNC, il lui faut faire une demande au SRNC pour établir une voie complète de signalisation avec le réseau cœur (domaine CS et/ou PS). C'est possible à l'aide du message *RRC Initial Direct Transfer* auquel est accolé le message NAS qui peut être, par exemple, la demande d'un service de parole (*CM Service Request*). Dans ce cas, il faudra indiquer dans le message que ce dernier doit être transféré par le SRNC au domaine CS.

En se servant du message *RANAP Initial UE Message*, le SRNC signale au réseau cœur que le mobile a un message NAS à lui transmettre et qu'une connexion SCCP doit être établie. Après l'établissement de cette connexion, le message NAS du mobile (*CM Service Request* par exemple) est transféré vers le réseau cœur (MSC). Les messages NAS suivants utiliseront cette connexion et ils seront associés

à un message RANAP *Direct Transfer*. De la même manière, les messages NAS qui transiteront entre le SRNC et l'UE utiliseront la connexion RRC déjà établie et seront encapsulés dans des messages RRC *DL direct transfer* ou *UL direct transfer* suivant qu'il s'agit de la voie descendante ou de la voie montante, respectivement. Notons que ces messages ne seront plus analysés par l'UTRAN qui jouera un rôle de simple relais.

Etablissement d'un radio access bearer

Avec la connexion de signalisation établie entre l'UE et le réseau cœur (connexion RRC + connexion Iu), plusieurs messages NAS peuvent être échangés avant que le réseau cœur décide d'allouer les ressources nécessaires au transport de données usager de l'abonné. Les messages NAS en question sont étudiés en détail dans le chapitre 9. Suite à la demande de service de l'UE et après avoir vérifié que ce dernier possède un abonnement valide, le réseau cœur va demander à l'UTRAN de lui allouer un RAB, en fonction des conditions de son abonnement. La demande d'établissement d'un RAB s'effectue à partir du message RANAP *RAB Assignment Request*, généré par le réseau cœur. A la réception de ce message, le SRNC devra établir un premier « tuyau » entre le SRNC et le réseau cœur et un second entre le SRNC et l'UE. Le premier, appelé Iu *bearer*, est activé à l'aide de messages de signalisation ALCAP, et le second, appelé *bearer* radio, est établi par échange de messages de signalisation RRC. Rappelons que sur l'interface Iu-PS, l'Iu *bearer* est pré-établi par l'opérateur. La pile protocolaire ALCAP n'est donc pas nécessaire.

Le SRNC va demander au nœud B de reconfigurer les ressources dédiées déjà allouées à l'UE pour le transport de messages NAS de signalisation, de sorte à pouvoir transporter, cette fois, des données usager toujours dans un canal DCH. Une fois la voie ATM établie entre le nœud B et le SRNC et après la phase de synchronisation, le SRNC envoie le message RRC *Radio Bearer Setup* à l'UE. Dans ce message, il lui indique la manière dont la couche physique, la couche MAC et la couche RLC doivent être configurées suivant les consignes de QoS données par le réseau cœur. Lorsque tout est prêt, l'UE alerte le SRNC par le message RRC *Radio Bearer Setup Complete*. Le SRNC indique à son tour au réseau cœur qu'une voie complète pour le transport de données est prête. Ceci est effectué *via* le message RANAP *RAB Assignment Response*. Ce n'est qu'après la troisième étape que l'UE pourra (enfin !) commencer à transmettre et recevoir des données usager *via* le RAB établi.

5.8. Résumé des piles protocolaires mises en place par l'UTRAN

La figure 5.18 répertorie les piles protocolaires que le RNC doit gérer pour communiquer avec le réseau cœur, le nœud B, l'UE et d'autres RNC. Les protocoles radios seront présentés dans le chapitre 8.

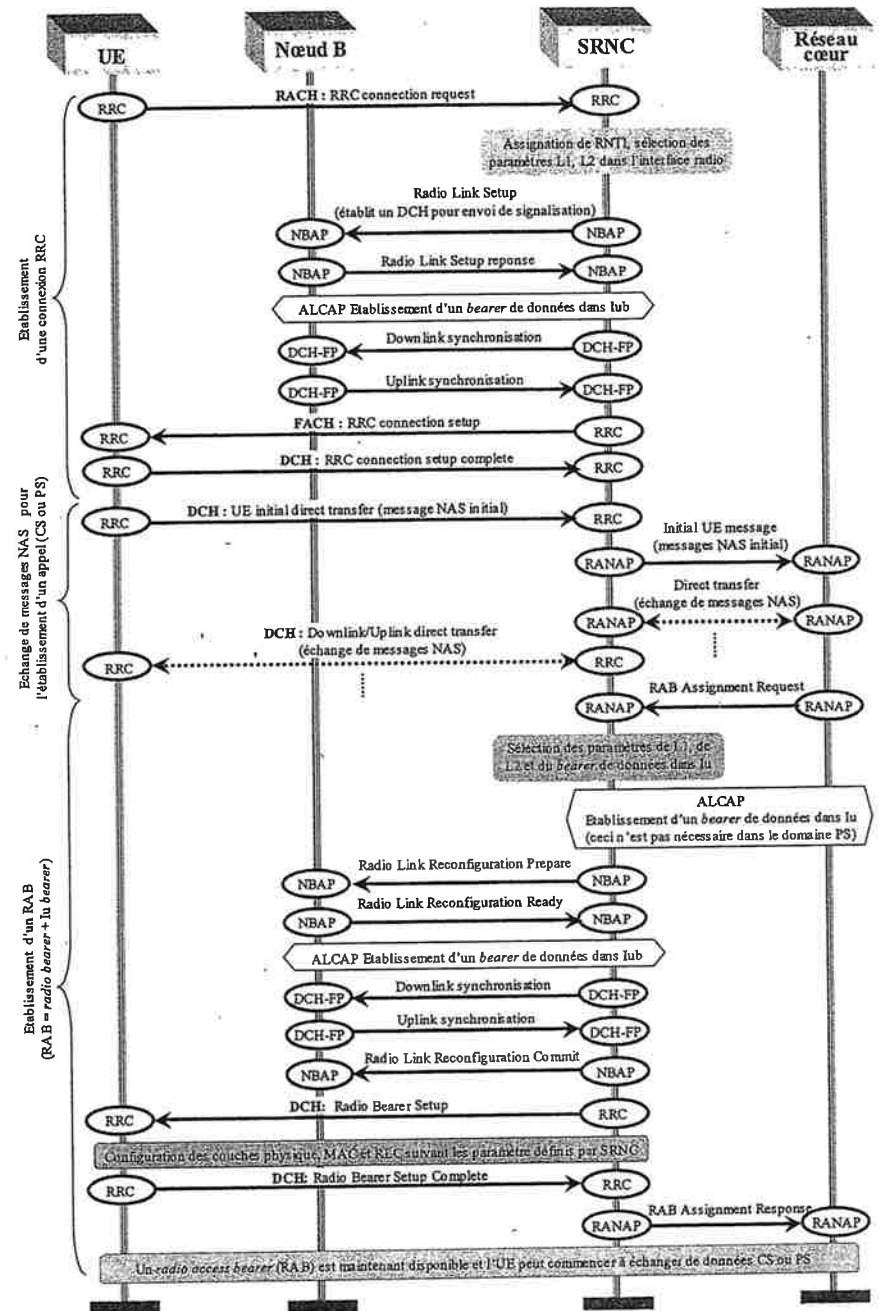


Figure 5.17. Exemple sur l'établissement d'une communication entre l'UE et le réseau cœur

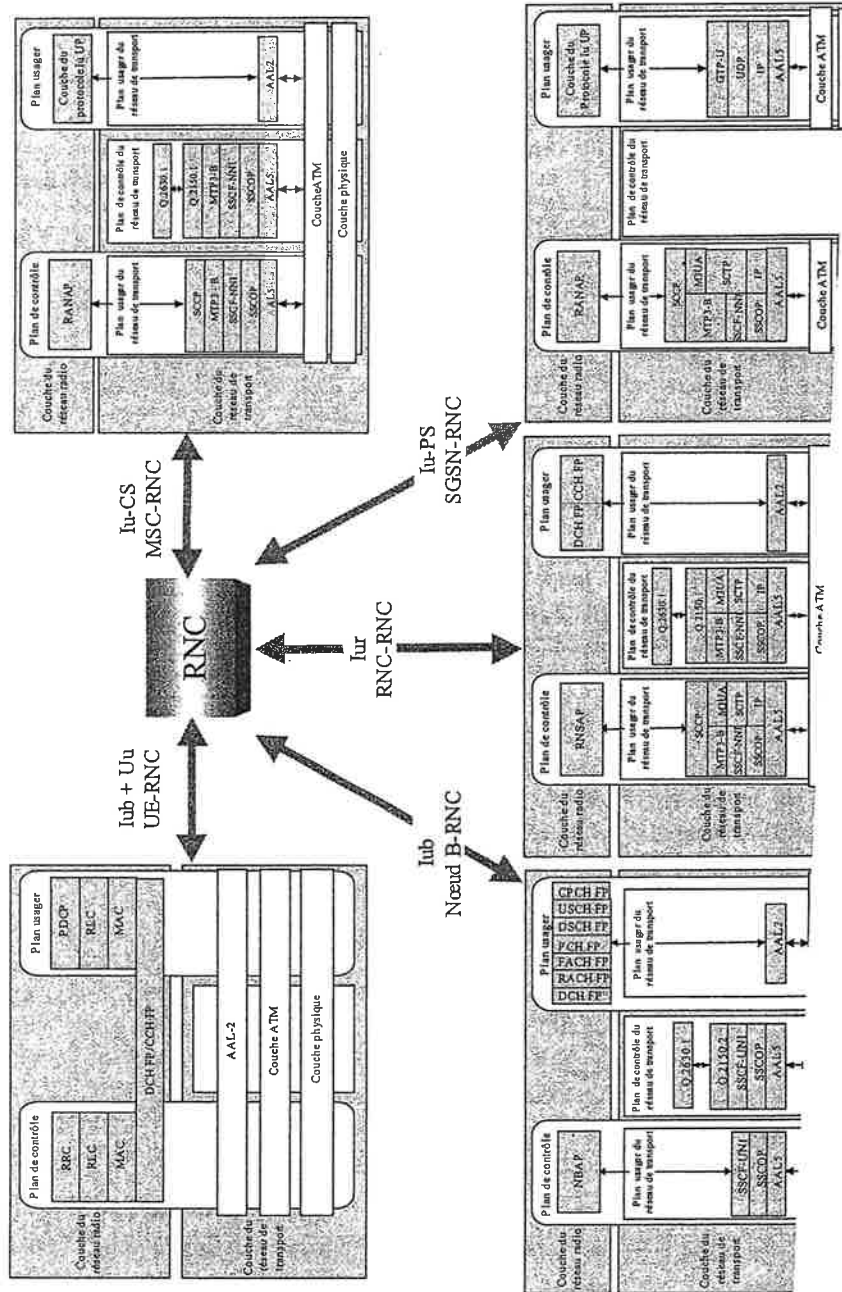


Figure 5.18. Résumé des piles protocolaires gérées par le RNC



Chapitre 8

Les protocoles radio

8.1. Introduction

Les différences les plus nettes entre le système UMTS et des systèmes de deuxième génération tels que le GSM se situent dans les protocoles de communication qui régissent l'interface d'accès. C'est pourquoi ce chapitre est consacré à la description des protocoles mis en œuvre au niveau de l'interface entre un terminal mobile et le réseau d'accès radio du système UMTS, l'UTRAN. Ces protocoles sont souvent référencés par le terme générique d'« *access stratum* ». On pourra distinguer en ce qui concerne cette interface radio trois couches principales de protocole :

- la couche physique (couche 1) ;
- la couche de liaison donnée (couche 2) ;
- la couche de contrôle de la ressource radio (RRC).

La couche 2 est composée de quatre sous-couches :

- la sous-couche MAC (*Medium Access Control*) ;
- la sous-couche RLC (*Radio Link Control*) ;
- la sous-couche PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*) ;
- la sous-couche BMC (*Broadcast / Multicast Control*).

La couche RRC est la sous-couche basse de la couche 3 du protocole UMTS. Les autres composantes de cette couche 3, MM (*Mobility Management*) pour la gestion de la mobilité et CM (*Connection Management*) pour la gestion des connexions, font

partie du *non access stratum* (NAS) et sont décrites au chapitre 9. La figure 8.1 présente l'architecture en couches des protocoles radio de l'UTRA.

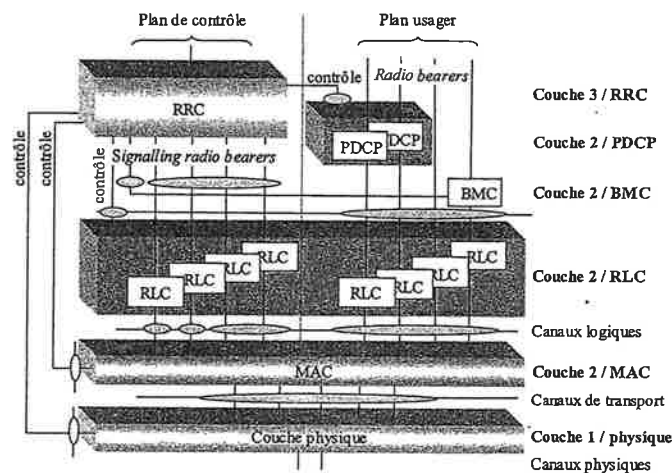


Figure 8.1. L'architecture en couches des protocoles sur l'interface radio de l'UTRA

Nous pouvons noter sur cette figure le découpage vertical en plan de contrôle ou de signalisation et en plan usager supportant respectivement le transfert des messages de signalisation entre le mobile et le réseau, et le transfert des données utilisateurs. La signalisation générée par la couche RRC ainsi que celle issue au niveau NAS sont transmises à l'aide des *bearers* radio de signalisation (*signalling radio bearers*). Quant aux données utilisateur, elles sont convoyées par un ou plusieurs *bearers* radio (*radio bearers*) avec une QoS négociée en fonction du type de service. Les lignes « contrôle » entre la couche RRC et chacune des autres couches matérialisent le fait que RRC assure le contrôle de la configuration de toutes les couches inférieures. Enfin, nous pouvons également remarquer les points d'accès aux services que sont les canaux de transport pour l'accès à la couche 1 et les canaux logiques pour l'accès à la couche MAC.

8.2. Typologie et description des canaux

Le concept de canal se décline sur l'interface radio UMTS en trois types :

- les canaux logiques ;
- les canaux de transport ;
- les canaux physiques.

Conformément à l'orientation adoptée dans cet ouvrage, seuls les canaux UTRA/FDD seront présentés dans ce chapitre, sachant que l'on peut retrouver ces canaux en UTRA/TDD moyennant quelques différences.

8.2.1. Les canaux logiques

Un canal logique est défini par le type d'information transportée. On peut distinguer deux classes de canaux logiques : les canaux de contrôle et de trafic.

Les canaux logiques de contrôle

Les canaux logiques de contrôle sont utilisés pour le transfert des informations dans le plan de contrôle. Il existe quatre types de canaux logiques de contrôle :

- **BCCH** (*Broadcast Control Channel*) : canal unidirectionnel sur la voie descendante transportant les informations système diffusées dans une cellule. Ces informations concernent les paramètres nécessaires aux mobiles dans la cellule pour accéder au réseau pour la première fois ou en mode veille ; l'identité et le type de PLMN ; les informations de contrôle des mesures à effectuer par l'UE ; des paramètres nécessaires au mobile pour la sélection et la resélection de cellule, etc. ;
- **PCCH** (*Paging Control Channel*) : canal unidirectionnel sur la voie descendante transportant les informations de *paging* diffusées dans la cellule ;
- **CCCH** (*Common Control Channel*) : canal commun bidirectionnel transportant des informations de signalisation. CCCH est utilisé par l'UE pour l'établissement de la connexion RRC, mais aussi pour transmettre les messages associés à la mise à jour de la zone de localisation URA (*UTRAN Routing Area*) ou à la mise à jour de la cellule courante du mobile ;
- **DCCH** (*Dedicated Control Channel*) : canal bidirectionnel transportant des informations de signalisation dédiées à un UE en particulier. Les échanges de signalisation ont lieu par ce canal une fois qu'une connexion RRC a été établie. Ladite signalisation peut être générée par la couche RRC elle-même. Elle peut aussi être issue des échanges entre l'UE et le réseau cœur – auquel cas la signalisation est générée au niveau de NAS dans le plan de contrôle.

Les canaux logiques de trafic

Les canaux logiques de trafic sont utilisés pour le transfert des informations dans le plan usager. Deux types de canaux logiques de trafic sont spécifiés pour la *Release 99* du protocole :

- **DTCH** (*Dedicated Traffic Channel*) : canal dédié transportant les données utilisateur une fois établie une communication entre l'UE et le réseau,
- **CTCH** (*Common Traffic Channel*) : canal commun de trafic qui transporte dans la voie descendante des messages destinés à un ou à plusieurs utilisateurs et traités par la couche BMC.

8.2.2. Les canaux de transport

Un canal de transport est un service offert par la couche physique à la couche MAC pour le transfert d'information. Il est défini par la manière et les caractéristiques selon lesquelles les données sont transférées sur l'interface radio. Les canaux de transport peuvent être classés en trois catégories : les canaux communs, les canaux partagés et les canaux dédiés. Avant de décrire les différentes catégories de canaux de transport, il est important de définir quelques concepts de base utilisés pour caractériser les canaux de transport [TS 25.302].

Les attributs de transfert sur un canal de transport

Le format de transport (*Transport Format*) est le format d'échange de données entre les couches physique et MAC sur un canal de transport donné pendant un intervalle de temps appelé TTI (*Transmission Time Interval*). Il comprend une partie dynamique modifiable de manière autonome par l'émetteur au rythme des TTI et une partie semi-statique qui ne peut être changée que par reconfiguration du canal via des messages de signalisation RRC.

Partie dynamique. Elle se compose des attributs suivants :

- la taille du bloc de transport TB (*Transport Block*) qui représente la plus petite unité d'échange sur le canal de transport ;
- la taille du nombre total de blocs de transport TBS (*Transport Block Set*) pouvant être transféré pendant un TTI sur le canal de transport. Tous les blocs de transport d'un TBS ont la même taille.

Partie semi-statique. Elle se compose des attributs suivants :

- la valeur du TTI (10, 20, 40 ou 80 ms) ;
- le type de codage canal (codage convolutionnel ou turbo) ;
- le taux de redondance appliqué pour le codage canal (1/2 pour le codage turbo, 1/2 ou 1/3 pour le convolutionnel) ;
- le paramètre d'adaptation de débit statique (RM pour *Rate Matching*) ;
- la taille du CRC (*Cyclic Redundancy Check*).

Un ensemble de formats de transport TFS (*Transport Format Set*) peut être associé à un canal de transport. Pour un TFS donné, les parties semi-statiques des différents formats de transport sont identiques, tandis que les parties dynamiques sont différentes. Sur chaque TTI, l'un des formats de transport associé au canal de transport est sélectionné selon des règles définies, ce qui permet une adaptation rapide du débit de transfert du canal à la variation du débit de la source de données.

Lorsque plusieurs canaux de transport d'un utilisateur sont actifs simultanément, une combinaison de formats de transport TFC (*Transport Format Combination*) est sélectionnée sur chaque TTI dans un ensemble de TFC autorisé TFCS (*Transport Format Combination Set*). Dans le cas où les TTI des différents canaux de transport sont différents, la sélection de TFC se fait sur le plus petit des TTI. La sélection de TFC se fait selon des critères bien définis : privilégier la transmission des données issues des canaux logiques les plus prioritaires ; assurer la qualité de service requise pour des applications sensibles lorsque, par exemple, la puissance maximum de transmission est atteinte ; s'adapter à la configuration de la couche RLC, etc.

Canaux de transport	TFS	Partie dynamique		Partie semi-statique			
		TB (bits)	TBS (bits)	TTI (ms)	Codage canal	RM	CRC
DCH1	TF0 ₁	20	20	10	convolutionnel	1	16
	TF1 ₁	40	40				
	TF2 ₁	160	160				
DCH2	TF0 ₂	320	320	10	convolutionnel	1	8
	TF1 ₂	320	1280				
DCH3	TF0 ₃	320	320	20	turbo	2	0
Les TF ci-dessus sont regroupés dans les TFC ci-dessous. Le TFC courant à utiliser est indiqué au récepteur par des bits TFCI							
TFC possibles (TFCS)		DCH1		DCH2		DCH3	
TFC1		TF0 ₁		TF0 ₂		TF0 ₃	
TFC2		TF1 ₁		TF0 ₂		TF0 ₃	
TFC3		TF2 ₁		TF1 ₂		TF0 ₃	

Tableau 8.1. Exemple de TFS et de TFCS

Le tableau 8.1 représente un exemple de TFS et de TFCS sur une configuration avec trois canaux dédiés de transport utilisés simultanément. Ce tableau liste les valeurs de paramètres dynamiques et semi-statiques définissant trois canaux de transport suivant leur format de transport (TF). Le premier canal de transport DCH1 utilise trois formats de transport (TF0₁, TF1₁ et TF2₁) correspondant à trois différentes tailles de bloc de transport (20, 40 et 160 bits). La partie semi-statique est identique pour les trois formats de transport. Pour le deuxième canal de transport DCH2, la taille du TFS est égale à deux (TF0₂ et TF1₂), et le deuxième format de transport comprend un TBS constitué de quatre blocs de taille 320 bits, contrairement aux autres formats de transport pour lesquels TB et TBS sont de même taille. Quant au troisième canal de transport DCH3, le TFS qui lui est associé

n'est constitué que d'un seul format de transport TF0₃ avec un TTI de 20 ms. Dans le même tableau, on illustre un TFCS possible de taille trois (TFC1, TFC2 ou TFC3). Sur chaque 10 ms représentant le plus petit TTI, la couche MAC peut sélectionner l'une de ces trois combinaisons autorisées.

Les canaux de transport communs

Un canal commun est un canal point à multipoint ou point à point unidirectionnel utilisé pour le transfert d'information d'un ou de plusieurs UE :

- BCH (*Broadcast Control Channel*). Ce canal est utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport des informations système diffusées dans une cellule ;

- PCH (*Paging Channel*). Ce canal est utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport des messages de *paging* dans une ou plusieurs cellules ;

- RACH (*Random Access Channel*). C'est un canal à accès aléatoire utilisé uniquement sur la voie montante. Une des différences fonctionnelles majeures avec le canal RACH du GSM réside dans le fait qu'en plus du transport de la demande d'accès initial au réseau, il est aussi utilisé pour le transport de paquets de signalisation ou de trafic sans contrainte d'acheminement en temps réel ;

- CPCH (*Common Packet Channel*). Canal à accès aléatoire utilisé uniquement sur la voie montante et presque similaire au canal RACH. Les principales différences résident dans le fait que le CPCH ne peut être utilisé qu'en mode connecté RRC et permet le transfert de quantités de données plus importantes. Il est peu probable que ce canal sera utilisé lors des premiers déploiements de l'UMTS en raison de la complexité que représente sa mise en œuvre ;

- FACH (*Forward Access Channel*). Ce canal est utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport de messages de signalisation et de paquets de données usager de petite taille. Comme il s'agit d'un canal commun, il doit porter l'identité de l'utilisateur auquel les données envoyées sont adressées.

Les canaux de transport partagés

Le DSCH (*Downlink Shared Channel*) est un canal utilisé uniquement sur la voie descendante en association avec un ou plusieurs canaux dédiés. Il est partagé dynamiquement par différents utilisateurs et transporte des données de contrôle ou de trafic.

Les canaux de transport dédiés

Un canal dédié DCH (*Dedicated Channel*) est un canal point à point dédié à un seul UE. Ce type de canal existe dans les deux sens de la liaison et transporte des données de contrôle ou de trafic. L'accès à un canal DCH sur la voie montante peut être contrôlé par une fonction optionnelle appelée DRAC (*Dynamic Resource*

Allocation Control). L'utilisation de cette fonction permet d'attribuer un canal dédié à un mobile tout en contrôlant dynamiquement l'accès au canal. Lorsque l'accès est autorisé, le fonctionnement d'un DCH contrôlé par une fonction DRAC est similaire au fonctionnement d'un DCH quelconque.

Le tableau 8.2 donne les paramètres possibles des formats de transport de chacun des canaux de transport de l'UTRA/FDD décrits précédemment.

	BCH	PCH	FACH, DCH, DSCH, CPCH	RACH
Taille des TB (en bits)	246	1 à 5 000	0 à 5 000	0 à 5 000
Taille des TBS (en bits)	246	1 à 200 000	0 à 200 000	0 à 200 000
TTI (en ms)	20	10	10, 20, 40, 80	10, 20
Type de codage de canal	convolutionnel	convolutionnel	turbo, convolutionnel	convolutionnel
Taux de redondance	1/2	1/2	1/2, 1/3	1/2
Taille du CRC	16	0, 8, 12, 16, 24	0, 8, 12, 16, 24	0, 8, 12, 16, 24

Tableau 8.2. Paramètres possibles des formats de transport des canaux UTRA/FDD

8.2.3. Les canaux physiques

Sur l'interface radio UTRA/FDD, un canal physique est défini par une fréquence porteuse, un code de canalisation (*chanalisation code*), un code d'embrouillage (*scrambling code*) et une phase relative pour la voie montante. Le code de canalisation permet de différencier les utilisateurs situés dans la voie descendante au sein d'une même station de base. Quant au code d'embrouillage, il permet à une station de base de différencier dans la voie montante les utilisateurs sous son contrôle et aux utilisateurs d'identifier les stations de base dans la voie descendante. Dans ce chapitre, seront décrits uniquement les différents canaux physiques supportant les canaux de transport. La description détaillée de la structure de tous les canaux physiques sera réalisée dans le chapitre 10.

Les canaux physiques sur la voie montante

Dans la voie montante de l'UTRA/FDD, nous pouvons distinguer quatre types de canaux physiques :

- PRACH (*Physical Random Access Channel*). C'est le canal physique supportant le canal de transport RACH. Puisqu'il n'est pas dédié à un utilisateur, le

n'est constitué que d'un seul format de transport TF0₃ avec un TTI de 20 ms. Dans le même tableau, on illustre un TFCS possible de taille trois (TFC1, TFC2 ou TFC3). Sur chaque 10 ms représentant le plus petit TTI, la couche MAC peut sélectionner l'une de ces trois combinaisons autorisées.

Les canaux de transport communs

Un canal commun est un canal point à multipoint ou point à point unidirectionnel utilisé pour le transfert d'information d'un ou de plusieurs UE :

– BCH (*Broadcast Control Channel*). Ce canal est utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport des informations système diffusées dans une cellule ;

– PCH (*Paging Channel*). Ce canal est utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport des messages de *paging* dans une ou plusieurs cellules ;

– RACH (*Random Access Channel*). C'est un canal à accès aléatoire utilisé uniquement sur la voie montante. Une des différences fonctionnelles majeures avec le canal RACH du GSM réside dans le fait qu'en plus du transport de la demande d'accès initial au réseau, il est aussi utilisé pour le transport de paquets de signalisation ou de trafic sans contrainte d'acheminement en temps réel ;

– CPCH (*Common Packet Channel*). Canal à accès aléatoire utilisé uniquement sur la voie montante et presque similaire au canal RACH. Les principales différences résident dans le fait que le CPCH ne peut être utilisé qu'en mode connecté RRC et permet le transfert de quantités de données plus importantes. Il est peu probable que ce canal sera utilisé lors des premiers déploiements de l'UMTS en raison de la complexité que représente sa mise en œuvre ;

– FACH (*Forward Access Channel*). Ce canal est utilisé uniquement sur la voie descendante pour le transport de messages de signalisation et de paquets de données usager de petite taille. Comme il s'agit d'un canal commun, il doit porter l'identité de l'utilisateur auquel les données convoyées sont adressées.

Les canaux de transport partagés

Le DSCH (*Downlink Shared Channel*) est un canal utilisé uniquement sur la voie descendante en association avec un ou plusieurs canaux dédiés. Il est partagé dynamiquement par différents utilisateurs et transporte des données de contrôle ou de trafic.

Les canaux de transport dédiés

Un canal dédié DCH (*Dedicated Channel*) est un canal point à point dédié à un seul UE. Ce type de canal existe dans les deux sens de la liaison et transporte des données de contrôle ou de trafic. L'accès à un canal DCH sur la voie montante peut être contrôlé par une fonction optionnelle appelée DRAC (*Dynamic Resource*

Allocation Control). L'utilisation de cette fonction permet d'attribuer un canal dédié à un mobile tout en contrôlant dynamiquement l'accès au canal. Lorsque l'accès est autorisé, le fonctionnement d'un DCH contrôlé par une fonction DRAC est similaire au fonctionnement d'un DCH quelconque.

Le tableau 8.2 donne les paramètres possibles des formats de transport de chacun des canaux de transport de l'UTRA/FDD décrits précédemment.

	BCH	PCH	FACH, DCH, DSCH, CPCH	RACH
Taille des TB (en bits)	246	1 à 5 000	0 à 5 000	0 à 5 000
Taille des TBS (en bits)	246	1 à 200 000	0 à 200 000	0 à 200 000
TTI (en ms)	20	10	10, 20, 40, 80	10, 20
Type de codage de canal	convolutionnel	convolutionnel	turbo, convolutionnel	convolutionnel
Taux de redondance	1/2	1/2	1/2, 1/3	1/2
Taille du CRC	16	0, 8, 12, 16, 24	0, 8, 12, 16, 24	0, 8, 12, 16, 24

Tableau 8.2. Paramètres possibles des formats de transport des canaux UTRA/FDD

8.2.3. Les canaux physiques

Sur l'interface radio UTRA/FDD, un canal physique est défini par une fréquence porteuse, un code de canalisation (*chanalisation code*), un code d'embrouillage (*scrambling code*) et une phase relative pour la voie montante. Le code de canalisation permet de différencier les utilisateurs situés dans la voie descendante au sein d'une même station de base. Quant au code d'embrouillage, il permet à une station de base de différencier dans la voie montante les utilisateurs sous son contrôle et aux utilisateurs d'identifier les stations de base dans la voie descendante. Dans ce chapitre, seront décrits uniquement les différents canaux physiques supportant les canaux de transport. La description détaillée de la structure de tous les canaux physiques sera réalisée dans le chapitre 10.

Les canaux physiques sur la voie montante

Dans la voie montante de l'UTRA/FDD, nous pouvons distinguer quatre types de canaux physiques :

– PRACH (*Physical Random Access Channel*). C'est le canal physique supportant le canal de transport RACH. Puisqu'il n'est pas dédié à un utilisateur, le

PRACH doit faire appel à une procédure d'accès aléatoire pour être pris en compte par l'UTRAN (cf. chapitre 11) ;

- PCPCH (*Physical Common Packet Channel*). C'est le canal physique supportant le canal de transport CPCH. Le PCPCH utilise un mode d'accès aléatoire avec détection de collisions (cf. chapitre 11) ;

- DPDCH (*Dedicated Physical Data Channel*). Ce type de canal physique convoie l'information binaire des canaux de transport de type DCH sur la voie montante. Plusieurs canaux DPDCH peuvent être utilisés simultanément sur une seule liaison physique et pour un même utilisateur. Dans ce cas, le débit global est réparti sur les différents DPDCH ;

- DPCCH (*Dedicated Physical Control Channel*). Ce type de canal physique est utilisé pour transporter les informations de contrôle générées par la couche physique et associées à un ou plusieurs canaux de type DPDCH sur la voie montante. Un seul DPCCH est utilisé quel que soit le nombre de canaux de type DPDCH avec lesquels il est combiné.

Les canaux physiques sur la voie descendante

Dans ce paragraphe, nous présentons les principaux canaux physiques sur la voie descendante. Si certains de ces canaux supportent les canaux de transport décrits précédemment, d'autres ne transportent que des informations de signalisations internes de la couche physique :

- DPCH (*Dedicated Physical Channel*). C'est un canal physique dédié supportant les canaux de transport de type dédié (DCH). Les informations de contrôle (DPCCH) sont multiplexées en temps avec les données utilisateur (DPDCH). Il est structurellement différent du canal dédié sur la voie montante pour lequel le DPCCH et le DPDCH sont en réalité deux canaux physiques différents ;

- SCH (*Synchronisation Channel*). Ce type de canal consiste en la transmission en parallèle de deux codes de synchronisation : le code de synchronisation primaire PSC (*Primary Synchronisation Code*) et le secondaire SSC (*Secondary Synchronisation Code*). Il permet aux terminaux dans une cellule de se synchroniser en temps avec celle-ci afin de pouvoir décoder les informations des autres canaux physiques de la voie descendante et de pouvoir effectuer des mesures de puissance ;

- CPICH (*Common Pilot Channel*). C'est un canal transportant un train de bits pilotes prédéfini. Il peut être considéré comme un canal balise qui sert de référence pour l'estimation des conditions du canal de propagation et pour le prélèvement de mesures dans la cellule active et dans les cellules voisines (cf. chapitre 13) ;

- P-CCPCH (*Primary Common Control Physical Channel*). C'est un canal physique utilisé pour supporter le canal de transport BCH. Un seul canal P-CCPCH est associé à chaque cellule ;

physique supporte un canal de transport de type PCH et/ou un ou plusieurs canaux de transport de type FACH ;

- PICH (*Paging Indicator Channel*). C'est un canal toujours associé à un canal S-CCPCH supportant un canal de transport PCH. Il transporte les bits d'indication de paging PI (*Paging Indicator*). Le mécanisme de surveillance du canal PICH est étudié dans le chapitre 11 ;

- PDSCH (*Physical Downlink Shared Channel*). Un canal PDSCH supporte les canaux de transport de type DSCH. Il est toujours associé à un canal dédié DPCH qui transporte dans son sous-canal DPCCH les informations de contrôle du PDSCH. Le partage du canal se fait par multiplexage temporel et par allocation de codes. L'attribution du PDSCH se fait trame par trame ;

- AICH (*Acquisition Indicator Channel*). C'est un canal associé au PRACH pour transporter les indicateurs d'acquisition AI. Un indicateur d'acquisition est utilisé pour acquiescer positivement ou négativement la réception d'un préambule d'accès sur le canal PRACH ;

- AP-AICH (*CPCH Access Preamble Acquisition Indicator Channel*). Ce canal identique au AICH est associé au PCPCH lorsqu'il faut s'assurer qu'un préambule d'accès a bien été reçu par le réseau ;

- CD/CA-ICH (*CPCH Collision Detection/Channel Assignment Indicator Channel*). Ce canal est également associé au PCPCH. Il transporte les informations de détection de collision CDI (*Collision Detection Indicator*) et d'attribution de canal CAI (*Channel Assignment Indicator*). Ces informations sont communiquées par le nœud B pour acquiescer la réception d'un préambule de détection de collision (*CD preamble*) envoyé sur le PCPCH ;

- CSICH (*CPCH Status Indicator Channel*). Le CSICH est plutôt un sous-canal multiplexé en temps avec un AICH, un AP-AICH ou un CD/CA-ICH. Il transporte les indicateurs d'état de disponibilité des canaux PCPCH dans une cellule.

8.3. La couche physique

La couche physique fournit le service de transfert d'information à la couche MAC au travers des canaux de transport comme illustré par la figure 8.2. En émission, les données fournies par la couche MAC font l'objet d'un codage canal avant d'être transmises sur le médium physique. Chaque bloc de transport est accompagné d'un indicateur de format de transport (TFI pour *Transport Format Indicator*) choisi par la couche MAC parmi un ensemble TFS. La couche physique combine les différentes valeurs de TFI associées aux canaux de transport courants pour créer un indicateur unique de la combinaison des formats de transport (TFCI pour *Transport Format Combination Indicator*). Le TFCI est utilisé pour indiquer au récepteur le TFC courant qui lui permettra de décoder et de démultiplexer

l'information convoyée. Lorsque plusieurs canaux de transport de même type sont portés simultanément par un seul canal physique, la chaîne de codage est suivie d'une chaîne de multiplexage et la chaîne de décodage est précédée d'une chaîne de démultiplexage. Les opérations effectuées dans les chaînes de codage/décodage et de multiplexage/démultiplexage sont décrites au chapitre 10.

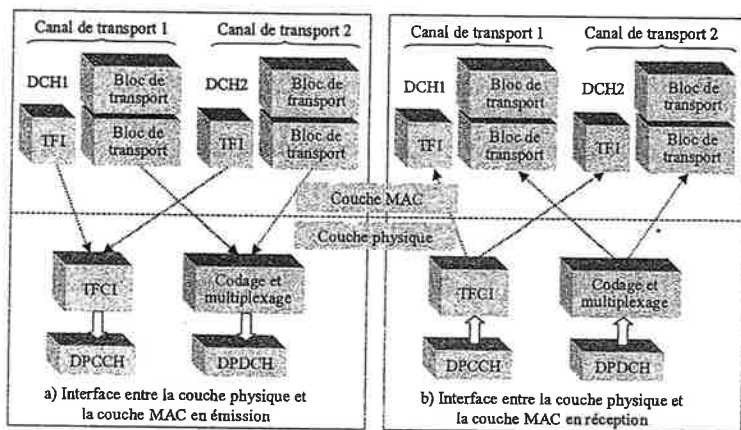


Figure 8.2. Exemple des échanges entre la couche physique et la couche MAC côté UE

8.3.1. Les fonctions de la couche physique

La couche physique assure les fonctions suivantes :

- le codage/décodage canal pour la protection contre les erreurs sur les canaux de transport ;
- le multiplexage de plusieurs canaux de transport en un bloc composite CCTrCH (*Code Composite Transport Channel*) et la répartition de ce CCTrCH sur un ou plusieurs canaux physiques. En réception, le CCTrCH est démultiplexé sur les canaux de transport ;
- l'adaptation de débit (*rate matching*) qui consiste à rajouter ou à retirer des bits de protection pour ajuster la taille des données à la capacité du canal physique ;
- la modulation et l'étalement de spectre ainsi que leur fonction inverse ;
- la synchronisation en fréquence et en temps ;
- le contrôle de puissance en boucle fermée ; ce contrôle rapide s'effectue au niveau *slot* au moyen des bits de contrôle de puissance TPC (*Transmit Power Control*) transmis sur les canaux physiques dédiés de contrôle ;
- l'exécution des mesures et l'indication des résultats de mesures aux couches supérieures ;

- le support de la macrodiversité ; il s'agit du côté du réseau d'assurer la transmission et la réception sur les différents liens supportant un service en situation de *soft-handover* ; du côté du terminal, il s'agit de la combinaison des données reçues sur les différents liens.

8.3.2. Le mapping des canaux de transport sur les canaux physiques

La figure 8.3 récapitule la correspondance entre canaux de transport et canaux physiques. Par la suite, nous introduirons les modèles de *mapping* des différents canaux de transport sur les canaux physiques. La description détaillée des procédures internes de la couche physique est réalisée dans les chapitres 10 et 11.

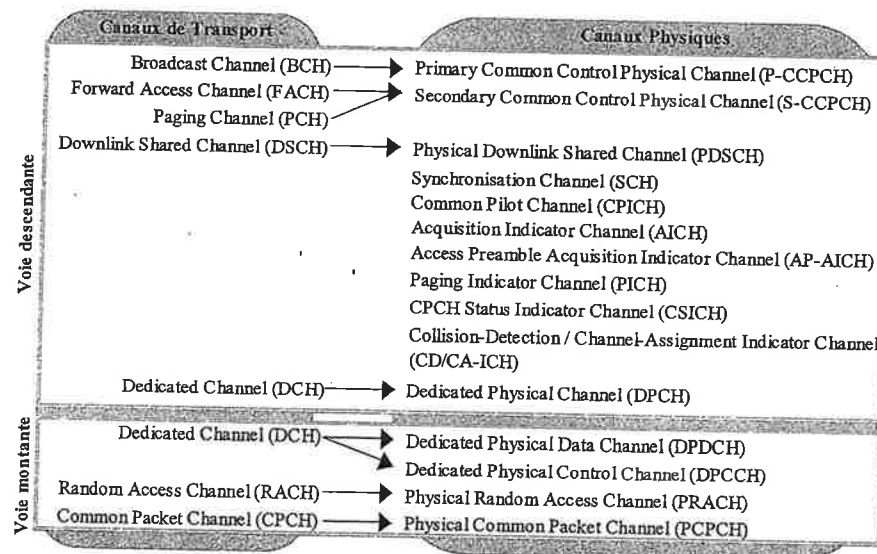


Figure 8.3. Correspondance entre les canaux de transport et les canaux physiques de l'UTRA FDD

Le modèle de la couche physique pour les canaux RACH et CPCH

Les canaux RACH et CPCH sont assez proches du point de vue de leur fonctionnement et du modèle de la couche physique (voir figures 8.4a et 8.4b). Pour l'un comme pour l'autre, un seul canal de transport est porté par un canal physique spécifique qui lui est associé : le PRACH pour le RACH et le PCPCH pour le CPCH. Lorsque plusieurs sources de données sont multiplexées sur le RACH ou sur le CPCH, le multiplexage est effectué au niveau de la couche MAC.

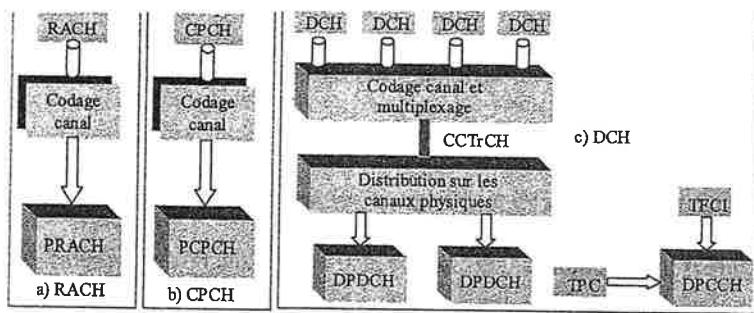


Figure 8.4. Modèle de la couche physique pour les canaux de transport de la voie montante côté UE : RACH, CPCH et DCH

Le modèle de la couche physique pour le canal DCH sur la voie montante

Comme le montre la figure 8.4c, plusieurs canaux de transport dédiés peuvent être actifs simultanément et multiplexés dans la couche physique. Chacun des canaux est introduit dans une chaîne de codage de canal puis les résultats sont multiplexés pour former un code composite CCTrCH, qui à son tour peut être supporté par un seul canal physique dédié DPCH ou réparti sur plusieurs canaux physiques dédiés (transmission en multicode). A ces canaux physiques transportant les données utilisateur est associé un canal physique de contrôle contenant les bits d'apprentissage (bits pilotes), l'identificateur du TFC utilisé dans le TTI, les bits de contrôle de la diversité de transmission sur la voie descendante FBI (*Feedback Information*) et les bits de contrôle de puissance TPC.

Le modèle de la couche physique pour le canal BCH

Le canal de transport BCH est supporté de manière exclusive par le canal physique P-CCPCH (cf. figure 8.5a). Le BCH est caractérisé par des attributs de transfert constants résumés dans le tableau 8.2.

Le modèle de la couche physique pour les canaux PCH et FACH

Un canal de transport de type PCH et un ou plusieurs canaux de transport de type FACH peuvent être multiplexés en un code composite CCTrCH supporté par un seul canal physique de type S-CCPCH (cf. figure 8.5b). Lorsque des données usager sont transmises via le FACH, le S-CCPCH peut également transporter un TFCI et des bits pilotes. Un canal physique de type PICH transportant les bits d'indication de paging (PI) est associé à tout S-CCPCH supportant un canal PCH.

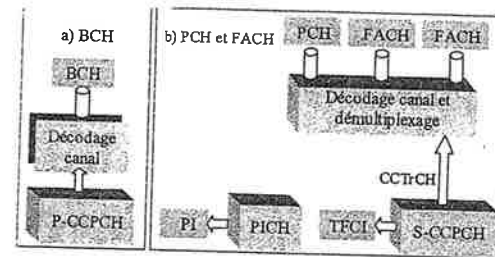


Figure 8.5. Modèle de la couche physique pour les canaux communs de la voie descendante côté UE : BCH, PCH et FACH

Le modèle de la couche physique pour le canal DCH sur la voie descendante

Comme dans le cas de la voie montante, plusieurs canaux de transport dédiés peuvent être codés et multiplexés en un code composite CCTrCH, qui à son tour est supporté par un canal physique dédié DPCH ou réparti sur plusieurs canaux physiques dédiés. Cependant, dans une situation de macrodiversité (voir chapitre 5), comme c'est le cas dans la figure 8.6, les canaux physiques dédiés sur la voie descendante sont supportés sur autant de liens qu'il y a de cellules impliquées.

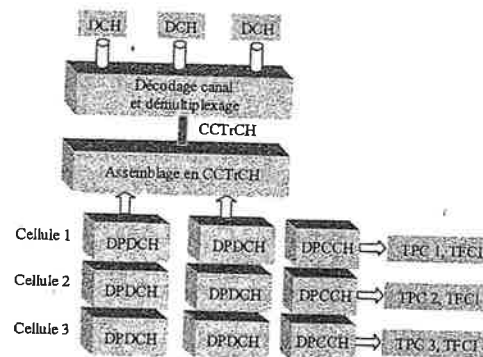


Figure 8.6. Modèle de la couche physique pour le canal DCH sur la voie descendante côté UE. Dans cet exemple, trois canaux DCH sont multiplexés et le CCTrCH est supporté par deux canaux DPCH, avec une macrodiversité impliquant trois cellules

Le modèle de la couche physique pour l'association de canaux DCH et DSCH sur la voie descendante

Plusieurs canaux de transport de type DSCH peuvent être multiplexés en un code composite de CCTrCH supporté par un ou plusieurs canaux physiques de type PDSCH. Comme le montre la figure 8.7, à la différence du DPCH qui lui est associé, le PDSCH n'est supporté que sur une seule des cellules impliquées dans la macrodiversité. L'information de contrôle TFCI1 identifie le TFC associé aux canaux DCH, alors que TFCI2 identifie le TFC associé aux canaux DSCH et indique

également le code de canalisation utilisé pour le PDSCH. Le décalage temporel de la trame PDSCH de trois à dix-huit slots par rapport à la trame DPCH permet le décodage en avance des informations d'attribution du canal PDSCH.

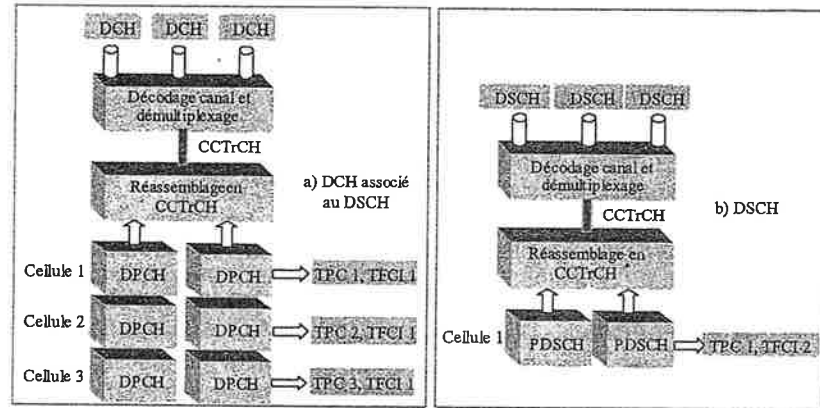


Figure 8.7. Modèle de la couche physique pour le canal DCH associé au canal DSCH sur la voie descendante côté UE qui est en état de macrodiversité

8.4. La couche MAC

Le modèle fonctionnel de la couche MAC est illustré par la figure 8.8. L'entité MAC-d contrôle l'accès aux canaux dédiés alors que l'entité MAC-c/sh s'occupe de l'accès aux canaux communs et partagés. Le rôle de l'entité MAC-b se limite au contrôle d'accès au BCH. Les entités MAC-d et MAC-c/sh se localisent dans le SRNC et dans l'UE alors que MAC-b est située dans le nœud B.

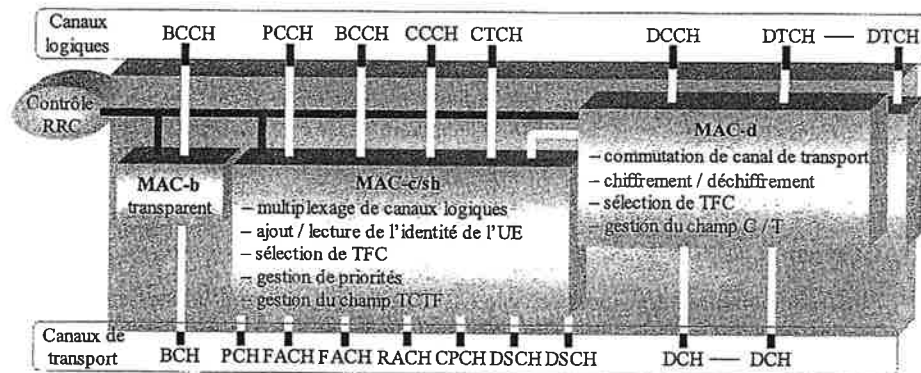


Figure 8.8. Modèle fonctionnel de la couche MAC côté UTRAN

8.4.1. Les principales fonctions de la couche MAC

La couche MAC gère l'accès au médium de transmission à travers un ensemble de fonctions [TS 25.321] :

- l'association (*mapping*) des canaux logiques avec les canaux de transport ; par cette fonction, MAC dissimule aux couches supérieures utilisant ces services le type de canal de transport supportant un canal logique ;
- la commutation sur ordre de RRC du type de canal de transport associé à un canal logique ; c'est une flexibilité offerte par l'UMTS permettant d'adapter dynamiquement les ressources mobilisées à l'activité de la source de trafic. Ainsi par exemple, un canal logique DTCH dans la voie montante peut être connecté à un canal de transport dédié DCH au début d'une session Internet ; puis, suite à la détection d'une inactivité temporaire, l'utilisateur étant en train d'exploiter en local des données déjà chargées, RRC peut retirer la ressource dédiée qui était allouée et demander à la couche MAC de commuter la connexion du DTCH du DCH vers le RACH ;

- le contrôle du volume de trafic sur chaque canal de transport actif à l'aide des informations fournies par la couche RLC sur l'état de ses *buffers* de transmission et, le cas échéant, de retransmission ; les résultats de ces mesures de trafic sont notifiés à la couche RRC, qui peut les utiliser dans la gestion de la reconfiguration des ressources. La couche MAC peut être configurée pour remonter les mesures périodiquement ou sur détection d'un seuil (haut ou bas) de remplissage des *buffers* ;

- la sélection de TFC à chaque TTI en fonction des priorités associées aux différents canaux logiques et du débit instantané sur chaque canal logique ; lorsque les valeurs de TTI sont différentes sur les canaux de transport actifs simultanément, la sélection de TFC se fait au rythme du TTI le plus court ;

- la gestion des priorités entre les différents flux de données d'un utilisateur et entre les différents utilisateurs sur les canaux communs et les canaux partagés par l'agencement de leurs trafics ;

- le multiplexage en émission des données de plusieurs canaux logiques sur un canal de transport et le démultiplexage en réception de plusieurs canaux logiques supportés par un seul canal de transport ;

- le chiffrement et le déchiffrement pour les données utilisant le mode transparent RLC ;

- l'identification des mobiles lorsqu'ils utilisent les canaux de transport communs sachant que l'identificateur du mobile est placé dans l'en-tête MAC.

8.4.2. Le mapping des canaux logiques sur les canaux de transport

La figure 8.9 présente les différentes associations possibles entre canaux logiques et canaux de transport. La correspondance entre les canaux de transport et

physiques est également rappelée. On peut constater que la possibilité d'association entre canaux logiques et canaux de transports est unique pour les canaux PCCH, CCCH et CTCH et multiple pour les canaux BCCH, DCCH et DTCH. Il faut cependant préciser que certaines possibilités d'association sont exclusives. En effet, le BCCH est associé au BCH ou au FACH en fonction de l'état de la connexion entre le mobile et l'UTRAN (connexion RRC). De même, les canaux DCCH et DTCH sont associés soit aux canaux communs de transport, soit aux canaux dédiés de transport, mais jamais simultanément aux deux types.

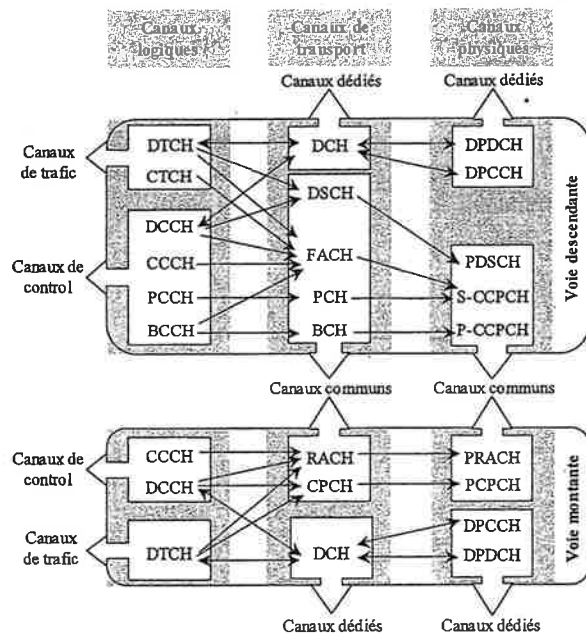


Figure 8.9. Mapping des canaux logiques sur les canaux de transport et sur les canaux physiques

8.4.3. Les unités de données du protocole MAC

L'unité de données PDU (*Protocol Data Unit*) du protocole MAC est composée de la donnée transportée SDU (*Service Data Unit*) et d'un en-tête optionnel, comme illustré par la figure 8.10. Le champ SDU représente la donnée soumise par (ou remise à) la couche utilisatrice des services de transmission MAC (RLC PDU). Le seul traitement possible sur cette donnée au niveau de la couche MAC est le chiffrement du côté émetteur et le déchiffrement du côté récepteur (cas où RLC opère en mode transparent). La couche MAC transfère les données sans segmentation ni concaténation.

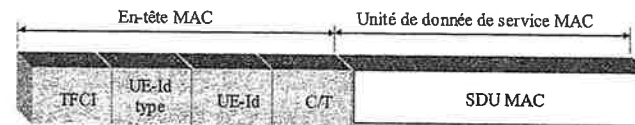


Figure 8.10. Unité de donnée du protocole MAC (PDU MAC) : structure générale

La présence des différents champs de l'en-tête est fonction du type de canal de transport utilisé et du multiplexage ou non de plusieurs canaux logiques sur un même canal de transport :

- le champ C/T (*Control/Traffic*) est utilisé lorsque plusieurs canaux logiques dédiés sont multiplexés sur un même canal de transport ; la dénomination adoptée pour ce champ peut laisser croire que ce champ n'indique que le type (contrôle ou trafic) du canal logique or il indique plutôt l'instance du canal logique ; il est codé sur quatre bits avec une valeur réservée et permet donc l'utilisation de quinze instances de canaux logiques dédiés supportés par un seul canal de transport ;

- le champ UE-Id est utilisé pour identifier le mobile sur les canaux de transport communs ; trois types d'identificateur sont utilisés :

- le C-RNTI (*Cell Radio Network Temporary Identity*) codé sur 16 bits et utilisé pour identifier le mobile, lorsqu'un DTCH ou un DCCH est supporté par un canal de transport commun (FACH, RACH ou CPCH) ; l'identification par C-RNTI se limite à la cellule ;

- le DSCH-RNTI (*DSCH Radio Network Temporary Identity*) codé sur 16 bits et utilisé pour identifier le mobile dans le canal de transport partagé DSCH ;

- l'U-RNTI (*UTRAN Radio Network Temporary Identity*) codé sur 32 bits et utilisé pour un canal DCCH supporté par un canal de transport commun, lorsque le C-RNTI ne permet pas d'identifier le mobile ; il est composé d'un identificateur du SRNC dans l'UTRAN S-RNCID (*Serving RNC Identity*) et d'un identificateur S-RNTI (SRNC RNTI) du mobile dans le SRNC et permet donc une identification du mobile à l'échelle de l'UTRAN ; il est utile dans les situations de changement de cellule dans lesquelles le C-RNTI ne suffit plus comme identificateur, puisqu'il est possible que la même valeur ait été attribuée à un autre mobile de la nouvelle cellule. L'identité U-RNTI est utilisée dans la voie descendante exclusivement ;

- le champ UE-Id Type indique le type d'identificateur utilisé et permet le décodage correct du champ UE-Id ;

- le champ TCTF (*Target Channel Type Field*) est utilisé pour indiquer le type de canal logique transporté par le FACH ou le RACH ; lorsque le canal logique est commun (BCCH, CCCH, CTCH), le champ TCTF identifie de manière unique le canal logique, alors que dans le cas des canaux logiques dédiés, l'ensemble est identifié par une seule valeur de TCTF, le démultiplexage se faisant à l'aide de l'identificateur d'instance C/T.

Le tableau 8.3 précise pour chaque canal logique, et en fonction de ses différentes associations avec les différents canaux de transport, la présence ou non de chacun des différents champs d'en-tête.

C/T	BCCH		PCCH	CCCH	CTCH	DCCH ou DTCH			
	BCH	FACH	PCH	RACH FACH	FACH	DCH	RACH FACH	DSCH	CPCH
C/T	N	N	N	N	N	N/O	O	N/O	N/O
UE-Id type et UE-Id	N	N	N	N	N	N	O	O	O
TCTF	N	O	N	O	O	N	O	O	O

Tableau 8.3. Présence des différents champs de l'en-tête MAC ; N : non présent, O : présent, N/O : présent si plusieurs canaux logiques sont multiplexés sur le canal de transport

8.5. La couche RLC

La couche RLC fournit le service de transfert des unités de données des couches supérieures (SDU RLC) selon trois modes de transfert [TS 25.322] :

- le *mode transparent* (TM pour *Transparent Mode*), dans lequel les données utilisateur sont transférées de manière transparente par la couche RLC sans rajout d'information de contrôle, ni contrôle d'erreur – seule la fonction de segmentation/assemblage pouvant leur être appliquée. Ce mode est utilisé pour des services conversationnels tels que des appels de voix et de visiophonie ;

- le *mode non acquitté* (UM pour *Unacknowledged Mode*) assurant le service de transfert de données sans garantie de la livraison à l'entité réceptrice ; dans ce mode, un en-tête est ajouté aux données à transférer et un contrôle d'erreurs de réception en séquence est appliqué. Ce mode est approprié pour des services paquet avec des contraintes d'acheminement en temps réel (de type *streaming* par exemple) ;

- le *mode acquitté* (AM pour *Acknowledged Mode*) assurant le service de transfert de données avec garantie de la livraison à l'entité réceptrice, ou dans le cas d'une livraison impossible, la notification de la non-livraison à la couche utilisatrice du service. Il est utilisé pour des services en mode paquet sans contrainte d'acheminement en temps réel.

Dans le cas du mode acquitté, RLC assure également la notification aux couches supérieures des erreurs non récupérables. Le tableau 8.4 présente les différents modes de transfert RLC applicables selon les types de canaux logiques utilisés.

Mode de transfert	BCCH	PCCH	CCCH	CTCH	DCCH	DTCH
Mode transparent	oui	oui	oui (VM)	non	oui	oui
Mode non acquitté	non	non	oui (VD)	oui	oui	oui
Mode acquitté	non	non	non	non	oui	oui

Tableau 8.4. Applicabilité des modes de transfert RLC aux différents canaux logiques (VM : Voie Montante, VD : Voie descendante)

8.5.1. Les principales fonctions de la couche RLC

En plus du transfert des données utilisateur, la couche RLC fournit les fonctions suivantes :

- la segmentation en plusieurs parties transmises les unes après les autres, de chaque donnée soumise par une couche supérieure (SDU) et dont la taille est supérieure à la taille maximale pouvant être transmise par l'entité RLC fournissant le service de transfert ; dans le cas du mode de transfert transparent, la façon dont la segmentation est gérée est définie lors de l'établissement de l'entité RLC ;

- l'assemblage au niveau d'une entité réceptrice de plusieurs segments reçus pour reconstituer l'unité de données SDU de la couche supérieure ; dans le cas du mode de transfert transparent, la façon dont la segmentation est gérée est définie lors de l'établissement de l'entité RLC ;

- la concaténation, lorsque les tailles relatives le permettent, de plusieurs unités de données SDU de couches supérieures en une unité de données PDU RLC ;

- le remplissage (*padding*) d'une PDU RLC lorsque la SDU reçue est de taille inférieure à la taille à transmettre et que la concaténation ne peut pas être effectuée ;

- la correction d'erreur par retransmission en mode acquitté ;

- la livraison en séquence des PDU de couches supérieures (cas du mode acquitté) ;

- la détection des PDU RLC reçues en double pour le mode acquitté ;

- le contrôle de flux par suspension et reprise de la transmission ;

- le contrôle des numéros de séquence de PDU RLC en mode non acquitté, avec mise au rebut des SDU RLC incomplètes ;

- la détection et la résolution des erreurs de protocole (numéro de séquence de PDU erronée, format de PDU invalide, etc.) en mode acquitté ;

- l'exécution du chiffrement/déchiffrement pour les modes de transmission non transparents ;

- la suspension et la reprise du transfert des données sur demande de la couche RRC pour les modes non transparents.

8.5.2. Les unités de données du protocole RLC

La couche RLC utilise deux types de PDU : les PDU de données contenant les données utilisateur et les PDU de contrôle utilisées en mode acquitté pour la gestion des acquittements des PDU RLC transmises.

Les PDU RLC de données

Pour le transfert des données utilisateur, la couche RLC utilise trois types de PDU correspondant aux trois modes de transfert. Dans le cas du mode transparent, la PDU RLC ne contient que les données utilisateur. Dans les modes non acquitté et acquitté, la PDU RLC contient également un champ d'en-tête de longueur variable et éventuellement un champ de rembourrage (*padding*) lorsque la PDU n'est pas complètement remplie par les données utiles. Au surplus, dans le cas du mode acquitté, la PDU RLC de données peut être utilisée pour transporter des PDU RLC de type *piggybacked Status*. Les figures 8.11a, 8.11b et 8.11c représentent les formats de PDU pour les trois modes de transfert RLC.

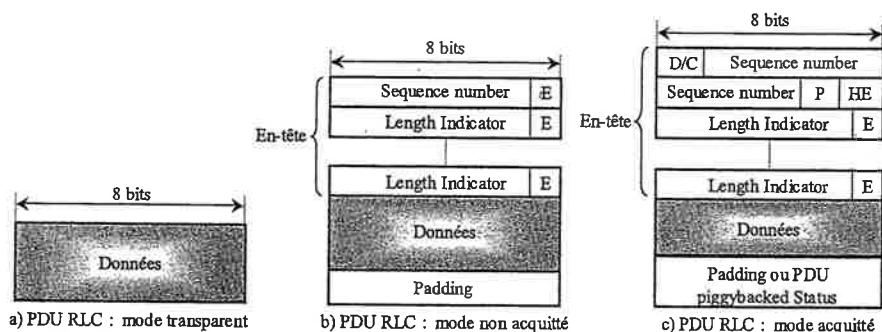


Figure 8.11. Différents formats d'une PDU RLC de données

La description de chaque champ est comme suit :

- le champ *Sequence Number* (numéro de séquence de la PDU) est codé sur sept bits pour le mode non acquitté ou sur douze dans le cas du mode acquitté ;
- le champ *Length Indicator* est codé sur sept ou quinze bits en fonction de la taille des PDU. Il est utilisé pour délimiter la fin d'une SDU ou indiquer un champ de type *padding* ou *Status PDU* ;
- le champ *E* (*Extension*) est un bit d'extension indiquant si l'octet qui suit est un octet de donnée ou d'en-tête ;
- le champ *HE* (*Header Extension*) est codé sur deux bits et joue le même rôle que le champ *E* ;
- le champ *P* (*Polling*) est un bit utilisé pour demander un acquittement à l'entité RLC réceptrice ;

- le champ *D/C* (*Data/Control*) est un bit positionné à 1 pour indiquer que la PDU est une PDU de données.

Les PDU RLC de contrôle utilisées en mode acquitté

Les PDU de contrôle ne sont utilisées qu'en mode acquitté pour le contrôle du mécanisme d'acquittement et de retransmission. On distingue quatre types de PDU de contrôle :

- la PDU de type *Status*, utilisée par une entité réceptrice pour informer l'entité émettrice sur les PDU manquantes ou sur la taille autorisée de la fenêtre de transmission, et par une entité émettrice pour demander à l'entité réceptrice de mettre à jour la fenêtre de réception ;
- la PDU de type *piggybacked Status*, il s'agit d'une PDU équivalente à la PDU *Status* mais qui peut être portée (*piggybacked*) par une PDU de données ;
- la PDU de type *Reset*, utilisée pour réinitialiser le protocole (état de l'entité, variables et temporisateurs) entre deux entités RLC pairs ;
- la PDU de type *Reset Ack*, utilisée pour acquitter la réception d'une PDU de type *Reset*.

Les différents formats de PDU de contrôle sont représentés par les figures 8.12a, 8.12b et 8.12c. Les champs impliqués sont décrits à continuation :

- le champ *D/C* (*Data/Control*) est un bit positionné à 0 pour indiquer que la PDU est une PDU de contrôle ;
- le champ *PDU Type* codé sur trois bits indique le type de PDU de contrôle (*Status*, *Reset* ou *Reset Ack*) ;
- le champ *SUFI* (*Super Field*) codé sous le format : type, longueur, valeur, utilise différents types de représentation pour transporter les informations de *Status*. Le détail sur les différents types de SUFI et leur codage peut être trouvé dans les spécifications du protocole RLC [TS 25.322] ;
- le champ *R2* (*Reserved 2*) est un bit réservé, toujours positionné à 0. Il n'est pas utilisé comme champ *D/C*, puisqu'une PDU de type *piggybacked Status* est toujours identifiée de manière non ambiguë dès lors qu'un champ *Length Indicator* indiquant sa présence est détecté dans une PDU de données ;
- le champ *R1* (*Reserved 1*) est constitué de trois bits réservés, toujours positionnés à 0, il est uniquement utilisé pour l'alignement octet ;
- le champ *RSN* (*Reset Sequence Number*) codé sur un bit est un numéro de séquence permettant de différencier la première transmission d'une PDU de type *Reset* de sa retransmission ;
- le champ *HFNI* (*Hyper Frame Number Indicator*) codé sur vingt bits est utilisé pour synchroniser les valeurs de HFN dans le mobile et le réseau. Le HFN est un paramètre d'entrée pour le chiffrement.

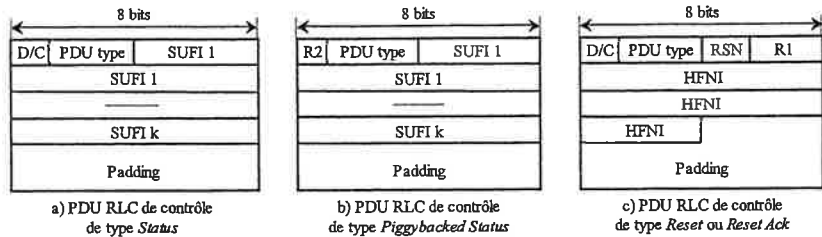


Figure 8.12. Différents formats de PDU RLC de contrôle (mode acquitté)

8.5.3. Les modèles associés aux modes d'opération de RLC

Mode transparent. Dans la figure 8.13a, l'entité RLC (TM) reçoit les SDU RLC des couches supérieures lesquelles sont segmentées lorsque cela est indiqué par RRC sans y ajouter d'en-têtes. Après segmentation, toutes les RLC PDU associées à la même SDU RLC sont soumises aux couches basses pour être transmises dans un même TTI. En réception, toutes les PDU RLC dans un TTI sont rassemblées pour reconstituer la SDU RLC dans le cas où cette dernière a été segmentée. Dans le cas contraire, chaque PDU RLC est traitée comme une SDU RLC. Les SDU RLC sont finalement remises aux couches supérieures.

Mode non acquitté. L'entité RLC (UM) reçoit les SDU RLC des couches supérieures lesquelles sont segmentées et/ou concaténées si nécessaire pour constituer la PDU RLC (voir figure 8.13b). Des bits de rembourrage sont éventuellement adjoints. Si la fonction de chiffrement est activée, la PDU RLC est chiffrée (à l'exception de l'en-tête) avant de la soumettre à MAC. En réception, les PDU RLC sont déchiffrées (à l'exception de leur en-tête) si cette fonction a été activée en émission. Après avoir retiré l'en-tête, les SDU RLC sont rassemblées dans le cas où une phase de segmentation et/ou concaténation s'est avérée nécessaire en émission. Les SDU RLC sont finalement remises aux couches supérieures. Le récepteur peut également effectuer un contrôle d'erreurs en vérifiant le numéro de séquence indiqué dans l'en-tête de chaque PDU RLC. Si l'on transmet par exemple les PDU numérotées 1, 2, 3 et 4 et seules les PDU 1, 2 et 4 sont reçues, on en déduit qu'une erreur s'est produite lors de leur acheminement et la SDU associée à ces PDU est considérée comme incomplète puis rejetées.

Mode avec acquittement. L'entité RLC (AM) reçoit les SDU RLC des couches supérieures lesquelles sont segmentées et/ou concaténées si nécessaires de sorte à avoir des PDU RLC de taille fixe (voir figure 8.13c). Un champ de rembourrage ou une PDU de type *piggybacked Status* peut aussi être adjoint à la PDU RLC. Cette dernière est ensuite placée dans le *buffer* de retransmission. Les PDU RLC ainsi temporisées peuvent être effacées ou retransmises selon les indications de l'entité RLC réceptrice qui se sert des PDU de type *Status* ou *piggybacked Status* pour

acquitter positivement ou négativement la réception des PDU. La fonction MUX se charge de multiplexer les PDU que l'on doit retransmettre avec les PDU que l'on vient de générer. Si le chiffrement est activé, les PDU RLC y compris les PDU de type *piggybacked Status* ou les bits de rembourrage (si présents) sont chiffrés à l'exception des en-têtes. Les PDU RLC sont finalement soumises à la couche MAC.

En réception, les PDU sont déchiffrées (si elles ont été chiffrées en émission), puis placées dans le *buffer* de réception jusqu'à ce qu'une SDU est reconstituée en entier. Pour les PDU qui ont été reçues correctement, le récepteur envoie un message d'acquiescement positif ou bien, lorsque certaines PDU sont manquantes, le récepteur demande à l'émetteur de les retransmettre à l'aide d'une PDU de contrôle de type *Status* ou *piggybacked Status*. Une fois que l'on a assemblé les PDU associées à une SDU, celle-ci est remise aux couches supérieures.

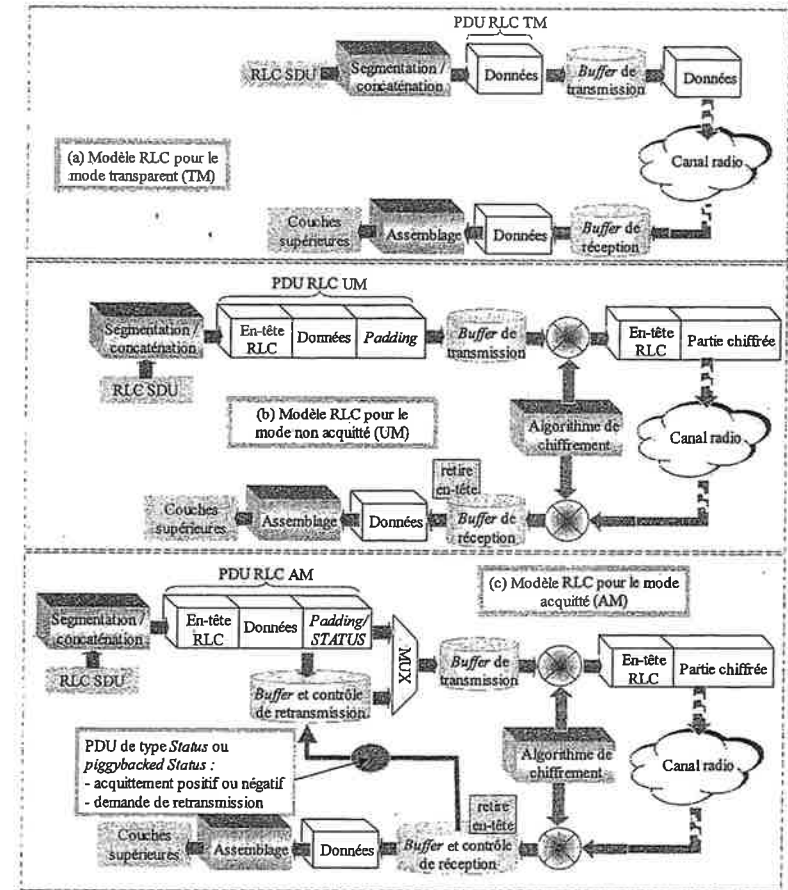


Figure 8.13. Différents formats de PDU RLC de contrôle

8.6. La couche PDCP

La couche PDCP n'existe que dans le plan usager et fournit le service de transfert des PDU des couches réseau (SDU PDCP) du domaine à commutation de paquets en s'appuyant sur les services de transfert offerts par la couche RLC [TS 25.323]. Les principales fonctions de la couche PDCP sont les suivantes :

– la compression et la décompression d'en-tête des trames de couches réseau, respectivement en transmission et en réception. La compression consiste *grosso modo* au retrait des informations de contrôle redondantes, c'est-à-dire ne variant pas d'une trame à une autre, comme par exemple les adresses IP source et destination, et l'utilisation d'un code plus compact (codage de l'écart entre valeurs successives au lieu des valeurs absolues) pour certains champs à valeur variable de l'en-tête. La compression d'en-tête permet d'optimiser l'utilisation de la ressource radio par la réduction de la taille de l'en-tête transmis d'un facteur d'environ 10 pour IPv4 et même plus pour IPv6. De manière générale, une entité PDCP peut supporter zéro, un ou plusieurs algorithmes de compression d'en-tête. La *Release 99* définit un seul algorithme de compression spécifié par l'IETF dans la recommandation RFC2507 pour la compression d'en-tête TCP/IP ;

– le transfert sans perte des SDU PDCP pour les services support configurés pour la relocalisation de SRNS sans perte (*Lossless SRNS relocation*) ; cette fonction n'est possible que lorsque l'entité PDCP s'appuie sur une entité RLC en mode acquitté assurant la livraison en séquence des SDU RLC. Le mécanisme utilisé pour la relocalisation de SRNS sans perte consiste à maintenir en local des numéros de séquence associés aux PDU PDCP en émission et en réception, et cela aussi bien dans l'UE que dans le SRNC : un numéro de séquence en émission est incrémenté à chaque fois qu'une PDU PDCP est soumise à RLC et un numéro de séquence en réception est incrémenté à chaque fois qu'une PDU PDCP est reçue de RLC.

Lors d'une relocalisation de SRNS (cf. chapitre 9) :

– le SRNC envoie au RNC cible le numéro de séquence de la prochaine SDU PDCP attendu en réception et le numéro de séquence de la prochaine SDU PDCP à émettre, ainsi que tous les prochaines SDU PDCP destinées au mobile ;

– le RNC cible envoie au mobile le numéro de séquence de la prochaine SDU PDCP attendue sur la voie montante ;

– le mobile envoie au RNC cible le numéro de séquence de la prochaine SDU PDCP attendue sur la voie descendante.

Ces échanges permettent de confirmer de part et d'autre les SDU PDCP transmises avec succès et d'éviter ainsi les pertes et doublons de SDU.

Les PDU PDCP

Le protocole PDCP utilise trois types de PDU comme illustré par la figure 8.14 :

– le type *No-Header* (cf. figure 8.14a) est utilisé lorsque la compression d'en-tête n'est pas appliquée ; cette PDU correspond exactement à la SDU PDCP qui est transférée telle qu'elle est reçue de la couche supérieure ;

– le type *Data* (cf. figure 8.14b) contient un en-tête et un champ de données correspondant à la SDU PDCP compressée ou non ou à des informations de signalisation en rapport avec la compression d'en-tête ;

– le type *SeqNum* (cf. figure 8.14c) contient un en-tête, un champ de numéro de séquence et un champ de données correspondant à la SDU PDCP compressée ou non ou à des informations de signalisation en rapport avec la compression d'en-tête ; ce type de PDU n'est utilisé que lors d'une relocalisation de SRNS.

Dans les figures 8.14b et 8.14c, le champ *PDU type* est codé sur 3 bits et indique le type de PDU (*Data* ou *SeqNum*) alors que le champ *PID* (*Packet Identifier*) est codé sur 5 bits et indique la compression d'en-tête utilisée et le type de paquet. Enfin, dans la figure 8.14c, le numéro de séquence (champ *Sequence number*) est codé sur 16 bits.

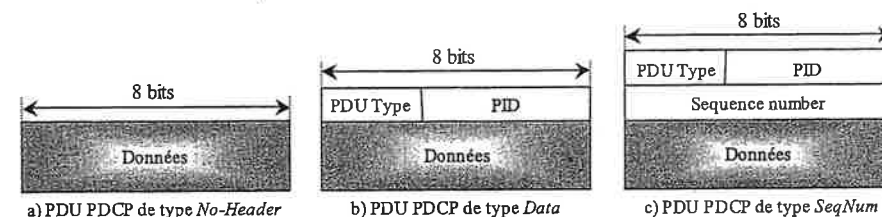


Figure 8.14. Différents formats de PDU PDCP

Exemple de la compression d'en-têtes IP par PDCP

La figure 8.15 présente un exemple où PDCP effectue la compression des en-têtes d'un datagramme IP. La PDU PDCP soumise à RLC est segmentée et un en-tête RLC est adjoint à chaque segment. MAC applique également un traitement aux PDU RLC (le multiplexage de canaux logiques par exemple) et insère un en-tête à son tour. Enfin, les PDU MAC (blocs de transport) sont traitées par la couche physique après leur avoir adjoint des bits de contrôle d'erreurs (CRC).

8.7. La couche BMC

La couche BMC assure du côté de l'UTRAN le service de diffusion de messages utilisateur sur l'interface radio pour le compte d'un centre de diffusion CBC (*Cell Broadcast Center*) externe à l'UTRAN et relié au RNC. Du côté de l'UE, elle assure

la livraison des messages diffusés à l'utilisateur de la couche. Elle n'existe que sur le plan usager et s'appuie sur une entité RLC en mode non acquitté, elle-même supportée par un canal de transport de type CTCH. Deux types de messages sont diffusés par BMC sur l'interface radio : les messages utilisateur et les messages d'information sur l'agencement de la diffusion des messages utilisateur. Pour la Release 99, seul le message utilisateur de type SMS-CB (*Short Message Service-Cell Broadcast*) est spécifié.

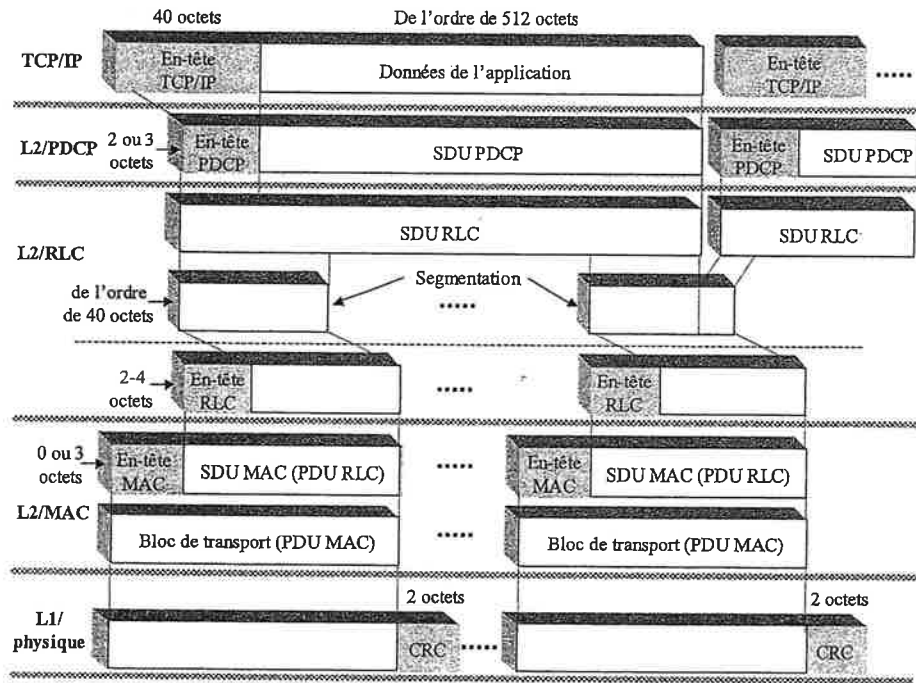


Figure 8.15. Exemple qu'illustre l'interaction entre PDCP et les autres couches du protocole radio dans le plan usager

Du côté de l'UTRAN, l'entité BMC assure les fonctions de réception et de stockage des informations d'agencement et des messages utilisateur reçus du centre de diffusion. Du côté de l'UE, lorsque la couche BMC reçoit un message d'agencement, elle l'analyse et fournit à la couche RRC les paramètres d'agencement. Ces paramètres sont utilisés par la couche RRC pour configurer les couches basses pour la réception discontinue. Quant aux messages utilisateur reçus par l'entité BMC de l'UE, ils sont remis à la couche utilisatrice dès lors qu'ils correspondent à des messages attendus. Il faut noter que c'est la couche utilisatrice qui déclenche la réception des messages de diffusion par une demande d'activation du service notification des identificateurs de messages attendus.

8.8. La couche RRC

La couche RRC est la « tour de contrôle » de l'interface d'accès du système UMTS. En tant que telle, elle gère la signalisation entre l'UTRAN et les mobiles, et la configuration des ressources pour les couches 1 et 2 de protocole sur l'interface radio [TS 25.331]. Elle fournit également le service de transfert des messages de signalisation au *non access stratum*.

La liste suivante, non exhaustive, de fonctions essentielles assurées par la couche RRC, permet de mieux appréhender l'appellation « tour de contrôle ». RRC assure en effet :

- la gestion de la connexion RRC ;
- la gestion des états de service de RRC ;
- la diffusion des informations système générées par l'UTRAN et par le réseau cœur ;
- la gestion du *paging* ;
- la sélection initiale et la resélection de cellule ;
- la gestion de la mobilité dans l'UTRAN ;
- la gestion des *bearers* radio ;
- le contrôle des mesures ;
- la configuration du chiffrement et l'application de la fonction d'intégrité ;
- le contrôle de puissance en boucle externe (*outer loop power control*).

8.8.1. La gestion de la connexion RRC

La *connexion RRC* est une connexion de signalisation entre l'UE et l'UTRAN. Elle est essentielle pour tout terminal souhaitant communiquer avec le réseau après sa mise sous tension. La connexion RRC est établie pour supporter les connexions de signalisation entre l'UE et les deux domaines de service du réseau cœur : le domaine CS et le domaine PS. Il faut noter ici la différence essentielle avec le système GSM/GPRS pour lequel la connexion RR ne supporte que la signalisation du domaine circuit, le domaine paquet fonctionnant en mode sans connexion.

L'établissement d'une connexion RRC est toujours réalisé à la demande de l'UE lorsque qu'aucune connexion RRC n'est déjà établie et que son entité RRC reçoit une demande d'émission de messages vers le réseau cœur générée au niveau NAS.

Comme le montre la figure 8.16, la demande de connexion est effectuée à l'aide du message *RRC connection request* en se servant de la procédure RACH décrite dans le chapitre 11. L'identité courante de l'UE est indiquée au RNC (IMSI, TMSI, P-TMSI, IMEI...) ainsi que la raison de l'établissement (appel entrant, appel sortant,