

NOTES SUR LE COURS UMTS – André-Luc Beylot

Diapo 1 :

Le succès du réseau GSM n'était pas donné d'avance car les habitudes de communication dans des conditions de mobilité ne faisaient pas encore partie de nos vies quotidiennes. Jusque là, on avait simplement des « pagers » permettant d'envoyer des messages courts, des téléphones de voiture analogiques et très chers...

En revanche, une fois que l'habitude en a été prise, il était difficile de revenir en arrière. Cela a correspondu aux débuts de l'ADSL et les utilisateurs ont souhaité avoir les mêmes types de débit d'accès dans les contextes filaires et mobiles.

Il était donc temps de passer à la suite.

Désormais, on estime qu'une génération de réseaux mobiles dure 10ans ; c'est donc le cas de la 2G (GSM/GPRS/EDGE)

La dénomination UMTS est une dénomination européenne et dans une partie de l'Asie pour les solutions 3G

Diapo 2 :

On va tout d'abord motiver la création et décrire le contexte de standardisation pour les réseaux UMTS. Nous décrivons les architectures protocolaires et les interfaces qui ont été largement repensées dans ce nouveau contexte.

Les modifications principales portent sur le réseau d'accès intitulé UTRAN qui se substitue au réseau d'accès 2G (GSM et GERAN – GPRS Edge Radio Access Network). Le réseau de collecte (Core Network) qui venait d'être déployé par les opérateurs mobiles, qui leur avait coûté très cher et qui n'était pas encore saturé a surtout subi un « lifting » comme nous le verrons à la fin du cours. Attention, si l'on se centre uniquement sur le réseau mobile, cette partie du réseau semble être de cœur mais elle permet simplement de se raccorder à l'Internet – les paquets de données sont échangés (1^{er} bond pour eux) entre le terminal utilisateur et la passerelle entre ce CN et l'Internet. Cela justifie ma dénomination dans un contexte plus large des réseaux.

Les évolutions seront en grande partie vues dans le cours suivant portant sur les solutions 3G+.

Diapo 3 :

Le GSM a répondu à ce pour quoi il a été conçu : un réseau d'accès mobile pour les communications téléphoniques. Il fonctionne en mode circuit et semble calqué sur les principes du RNIS. Comme tous les réseaux fonctionnant en mode circuit, il fonctionne correctement pour transmettre des flux à débit constant. La seule exception notable (et réussie) est celle des SMS que l'on a traitée comme de la signalisation.

Le GPRS a été conçu comme un deuxième réseau logique permettant la transmission de données à débit relativement modéré. Ce réseau logique fonctionne en mode paquet sur des ressources du réseau GSM/GPRS mais avec une séparation logique complète. Les flux dans le GPRS sont d'une nature homogène, ce qui a permis de traiter la qualité de service de façon relativement simple (on en discutera dans le TD2 par exemple).

Cette solution simple ne permet pas la prise en charge facile de nouveaux flux applicatifs ayant des qualités de service hétérogènes. La réflexion sur l'UMTS a commencé justement au moment où les applications emblématiques de streaming, voix sur IP, P2P,... ont pris de plus en plus d'importance (avec le GPRS, c'était essentiellement du mail, de la navigation web et du transfert de fichiers).

Comme à chaque génération de réseaux mobiles, il est bien évidemment indispensable d'augmenter les débits utilisateurs. Ici les débits visés devaient aller jusqu'à 2Mb/s (dans un contexte de faible mobilité).

Dans la fin des années 90, l'ITU a décidé de lancer un nouveau projet à l'échelle mondiale pour la création de réseaux mobiles de 3^{ème} génération intitulé IMT-2000. Le 2000 fait à la fois référence à la date cible de l'arrivée de ces nouveaux réseaux et à la bande de fréquence utilisée celle des 2 GHz. L'objectif était qu'une ou des propositions émanent des différentes instances de standardisation télécom nationales, continentales.

Le GSM/GPRS est un grand succès européen de l'ETSI. En revanche, le reste du monde a adopté d'autres standards de réseaux mobiles 2G. (Le GSM a fini par être déployé dans presque toutes les régions du monde – parfois sur d'autres bandes de fréquences que les réseaux européens.) Pour éviter de retomber dans le piège d'un standard continental et pas mondial, l'ETSI a cherché des alliés et en a trouvé en Asie.

A l'instar de ce que l'on a vu dans les cours précédents de réseaux de télécommunications, un forum de travail s'est créé instantanément pour accélérer le travail de standardisation (cf. FR-Forum, ATM-Forum, ADSL-Forum ; ce dernier est devenu le Broadband-Forum).

Ce groupe s'intitule le 3GPP (Third Generation Partnership Project). Contrairement à l'ITU où les représentations sont très officielles, tout le monde peut contribuer à ces forums. De nombreux anciens élèves de la formation ont contribué au 3GPP (et aussi à l'IEEE et à l'IETF). Son fonctionnement est classique, il est divisé en sous-groupes (Radio, Services, Réseaux d'accès, Core Network, Interconnexion/Interopérabilité) ; des réunions plénières ont lieu une à plusieurs fois par an. Il fournit des *Releases*. Ces Releases étaient taguées initialement par l'année de la parution, mais comme la Release-2000 a tardé à voir le jour, c'est désormais incrémental. On en est à la R-15. La R-16 doit sortir en 2020.

Le 3GPP est une instance particulièrement productive car la liste des propositions de standards fait plusieurs dizaines de pages. Chacune de ces propositions faisant à son tour entre qq pages et qq centaines de pages. Les documents sont publics et sont ensuite entérinés par l'ITU. Ils ne sont en revanche pas forcément très facilement lisibles car, pour des standards qui évoluent presque chaque année, les versions sont incrémentales. On indique les nouveautés et les différences par rapport à la version précédente en renvoyant à la version précédente. Personne à l'heure actuelle ne peut prétendre avoir une connaissance fine de tous ces standards.

Le 3GPP a commencé par s'occuper de l'UMTS (seul) dans ces toutes premières versions puis a intégré l'évolution des réseaux 2G (GSM/GPRS/EDGE) puis a continué avec les solutions 3G+, puis 4G et maintenant 5G en conservant le même nom. Le standard est donc particulièrement complet (ce qui permet d'assurer la transition, l'interopérabilité... et l'évolutivité – c'est ce qui a permis finalement de se débarrasser au besoin du Frame Relay dans les réseaux GPRS aux alentours de 2010).

Malheureusement, très peu de temps après, les nord-américains et une partie des asiatiques ont créé un forum concurrent : le 3GPP2. Ce dernier a fourni les standards 3G intitulés CDMA-2000 qui, vus de loin, reposent sur les mêmes principes que l'UMTS mais sont complètement incompatibles. L'ITU-T a entériné les deux propositions CDMA-2000 et UMTS comme les solutions du projet IMT-2000.

Les principaux choix fondamentaux de l'UMTS ont porté sur la technique utilisée dans le réseau d'accès. Un choix unique s'impose pour faciliter la gestion d'ensemble et éviter d'avoir des équipements qui fonctionnent à la fois en mode paquet pour les données et en mode circuit pour la voix. L'unicité du réseau d'accès est gage de gains substantiels en termes de coûts d'équipement et de maintenance. Le choix s'est naturellement porté vers une solution paquet – exactement pour la même raison que 10 ans avant c'était l'ATM qui avait été choisi. Le mode circuit facilite largement la gestion des flux car une fois la communication établie, les ressources sont garanties – débit et délai constant ; en revanche, cela se traduit par une perte de ressources pour les flux à débit variable qui sont majoritaires en nombre et surtout en débit induit. La contrepartie avec le mode paquet qui a été retenu est la complexité de la gestion des flux. Complexité largement accrue en raison de la prise en charge de tous les trafics, dont les trafics de voix que l'on va envoyer vers le réseau téléphonique commuté. Pour ces derniers, il s'agira d'émuler un circuit sur un réseau paquet.

En effet, l'UMTS permet de se raccorder, comme pour le RNIS et le GSM/GPRS, indifféremment à un réseau paquet et à un réseau circuit.

Il a donc fallu redéfinir complètement l'interface radio, mais aussi l'ensemble du réseau d'accès (ni le GSM, ni le GPRS ne convenaient pour ce contexte multiservice et à différenciation de qualité de service).

Un autre point essentiel a été de réfléchir dès la création du standard à une solution évolutive. Il s'agit de ne pas figer prématurément les solutions protocolaires pour permettre de faire évoluer à moindre coût les équipements. L'équipement le plus sensible est le terminal utilisateur. La moindre modification impose potentiellement de changer tous les terminaux (ou de prévoir une compatibilité ascendante qui permette de prendre en charge de nouveaux terminaux et des anciens).

La dernière caractéristique est celle avouée d' « améliorations » des solutions protocolaires. Je le mets volontairement entre guillemets car le résultat est pour le moins surprenant comme vous le verrez... La seule simplification provient de la fusion des couches LLC et RLC du GPRS.

Diapo 4 :

Comme nous l'avons vu dans les cours GSM/GPRS, la notion de qualité de service n'était pas centrale dans les architectures du GSM/GPRS en tout cas pas au niveau des réflexions menées en parallèle dans les réseaux filaires par exemple. Les 4 niveaux de qualité de service du GPRS permettent sensiblement d'activer les mécanismes LLC ou RLC de fiabilisation. Les premiers travaux qui ont été menés ont commencé par offrir la possibilité aux utilisateurs d'avoir plusieurs contextes PDP de transmission de données leur permettant d'avoir plusieurs flux avec des niveaux de qualité de service hétérogènes.

La réflexion qui a été menée sur la différenciation de qualité de service s'est largement inspirée des travaux qui ont été menés les années précédentes avec la proposition d'ATM et par les travaux de l'IETF plus modestes sur la différenciation de qualité de service et bien sûr sur MPLS. La volonté des opérateurs était de proposer une solution qui permette en particulier de préserver les flux de voix ! Mais aussi de permettre d'ajouter facilement de nouveaux services/applications.

Diapo 5 :

Le premier travail qui a été mené par le 3GPP a été de s'interroger sur les services que l'on voulait proposer aux utilisateurs. Cette réflexion a été plus compliquée que dans le

GSM/GPRS : pour le GSM on voulait un service de voix à partir de mobiles ; pour le GPRS, on voulait se resserrer des équipements déployés pour offrir un service de transmission de données qui soit plus efficace que le GSM (et sa proposition) en mode circuit.

Cette réflexion sur les applications fait désormais partie intégrante de tous les travaux préparatoires à la création de nouvelles générations de réseaux mobiles. Notons que cela avait également été le cas pour ATM.

D'ailleurs la classification pour ATM avait abouti à 4 classes de service. C'est de nouveau le cas. En revanche en ATM, plus de critères avaient prévalu à la classification : débit constant/variable ; contrainte de délai (O/N), mode connecté de l' « application utilisatrice » (O/N). On le voit ici ce sera essentiellement la contrainte de délai qui apparaîtra.

Conversationnel : contrainte de « temps réel » (au sens réseaux du terme – ce n'est pas le temps réel dur des systèmes embarqués) – voix, visiophonie – le débit peut être constant ou pas ; la voix sur IP en fait partie ;

Streaming : là la contrainte de délai est moindre. Il n'y a pas de dialogue entre extrémités ;

Interactif : de type navigation web – la contrainte de délai est faible. Les dialogues sont en mode client-serveur donc elle n'est pas nulle sinon les utilisateurs se lassent

Trafic de fond : Transfert de fichiers, SMS, mail

Diapo 6 :

Le transparent est très moche (j'aurai dû citer mes sources – les précédents sont issus du site du 3GPP). Ce qu'il faut retenir, c'est la grande diversité des paramètres de qualité de service entre les différents flux. La version GPRS est maigrelette ; dans l'UMTS, il y a un grand nombre de paramètres. Attention, tous les critères ne s'appliquent pas à tous les types de flux. C'est dans le même esprit que ce qui a été fait pour ATM. Ce qui est un peu décevant, c'est tout de même qu'en ATM, on avait distingué par classe de service la description du trafic d'une part et les besoins en qualité de service d'autre part ; là les critères et les descripteurs sont un peu mélangés.

Diapo 7 :

La vision de l'ITU de ce que devait être la 3G était : des cellules de la plus grande à la plus petite taille – dans les campagnes des cellules de grande taille ; dans les villes des cellules de plus en plus petites (micro, pico). Quelques années après, la notion de femto-cellules est également apparue. L'objectif était de permettre aux utilisateurs d'utiliser leur équipement 3G chez eux et d'avoir une box qui fasse point d'accès 3G en se raccordant à l'ADSL. Cette solution a connu un certain succès commercial répondant aux besoins de PME. Dans les systèmes 4G, les opérateurs ont menées les études pour proposer l'équivalent. En revanche, le besoin est moindre. En effet, généralement le débit de la 4G est plus grand que l'ADSL (et souvent comparable à la fibre). C'est même plutôt l'inverse qui sera proposé et qui fera que l'on a du Wifi à la maison et le point d'accès sert lui potentiellement de passerelle vers la 4G (cela fait partie des offres des opérateurs).

Outre la taille des cellules, les réseaux 3G doivent permettre la prise en charge d'une mobilité plus rapide. Enfin, un complément par satellite au travers du S-UMTS a été normalisé. Il n'a pas été déployé (le monde du satellite doit souvent justifier son existence par rapport aux standards terrestres ; c'est encore le cas en 4G et en 5G où un groupe de travail s'est créé pour tous les types d'accès où les temps de propagation ne sont pas négligeables – ballons, satellites à orbite basse, à orbite géostationnaire.

Diapo 8 :

L'architecture système des réseaux 3G ressemble à celle des réseaux d'accès 2G. On a un réseau d'accès composé des terminaux, des stations de base, des contrôleurs de stations de base qui permettent de se raccorder au RTC ou à l'Internet via un réseau de collecte. Malheureusement, pour montrer l'évolution par rapport à la 2G et pour faire plaisir aux nouveaux participants, les noms de tous les équipements ont été redéfinis (cf. figure). Pour l'essentiel, la nouveauté est le lien direct entre contrôleurs de stations de base. Celui servira en particulier dans les phases de handover pour en accélérer/améliorer le fonctionnement. Notons que les équipements 3G-SGSN, 3G-GGSN et 3G-MSC sont apparus, la modification est surtout vis-à-vis des équipements côté réseaux d'accès.

Diapo 9 :

Dans cette diapo, sont recensés d'un côté le vocabulaire 2G, de l'autre le vocabulaire 3G. Pour des raisons pédagogiques, je continuerai à utiliser le vocabulaire 2G pour parler de station de base et de contrôleur de station de base dont les équivalents 3G (node-B et RNC) sont moins parlants. La seule différence est l'apparition du lien entre contrôleurs de stations de base et donc l'apparition de l'interface Iu-r.

BSS = ensemble composé de la station de base et de son contrôleur.

Diapo 10 :

La création du GSM avait été menée au travers de la définition de fonctions-réseaux : Gestion des Appels ; Gestion de la Mobilité ; Gestion des Ressources Radio. Instantanément, un protocole applicatif dans le plan de contrôle a été créé et les piles de protocoles associées définies. Cette solution est rapide en soi mais est l'une des sources de l'absence d'évolutivité des architectures des systèmes 2G. Disons qu'il ne faut tout de même pas refaire l'histoire, c'est facile en 2020 de dire que l'on aurait dû faire différemment en ne figeant pas trop vite les protocoles alors qu'en 1992, les concepteurs portaient d'une page blanche pour la création d'un système dont ils ne pouvaient pas prévoir le succès !

La conception de l'UMTS est passée par une définition fonctionnelle – attention ces fonctions seront tout de même relativement proches de celles du GSM. Pour chacune de ces fonctions, on a défini une « strate ». Une strate va recenser l'ensemble des équipements et des interfaces qui s'occuperont de la fonction.

La strate « applicative » concerne les communications des utilisateurs. Les extrémités sont le terminal utilisateur d'une part et un terminal/un serveur qui est situé dans un réseau extérieur. Attention, l'UMTS ne pourra pas standardiser ce qui se passe dans le réseau extérieur et s'arrêtera sur une passerelle vers le fameux « réseau extérieur » que ce soit téléphonique ou Internet. Tous les équipements sont concernés.

La strate « personnelle » correspond à l'utilisateur : son abonnement, ses droits, sa protection, son nomadisme. Les échanges se déroulent entre l'utilisateur et des équipements qui sont situés dans le réseau de son opérateur mobile (par ex. la HLR). Il y a aussi les échanges entre HLR et VLR...

La strate de « service » fait référence au fait que l'on a un réseau à intégration de service avec le même sens que le RNIS. L'utilisateur va en fonction de ses besoins activer des services. Cette signalisation se déroule entre le terminal utilisateur et le point d'entrée du CN avec lequel il va dialoguer pour dire ce qu'il veut faire (échanges terminal avec MSC ou SGSN)

La strate d' « accès radio » correspond à la gestion des ressources radio : allocation en fonction des besoins, gestion lors des handovers.

On observe donc que ces fonctions sont presque les mêmes que dans le GSM mais sans figer instantanément les protocoles.

Diapo 11 :

La couche physique de l'interface radio est sans doute celle qui a été la plus profondément modifiée sur l'interface radio. Plusieurs solutions ont été en discussion ; une amélioration du MF-TDMA du GSM/GPRS et le CDMA étaient en concurrence. Les européens étaient majoritairement en faveur du MF-TDMA ; c'est néanmoins le CDMA qui a été retenu - Accès Multiple à division par code. On attribue des codes orthogonaux aux utilisateurs, en jouant sur la longueur du code et la puissance d'émission. Cette orthogonalité permet d'effectuer le décodage.

Pour les parcours R & T, je les renvoie au cours complet qu'ils ont eu sur le CDMA. Pour les A, je crois qu'ils pourront se contenter de ces explications !

Le CDMA avait déjà été utilisé dans des systèmes 2G américains ; il réapparaît de temps en temps même si son succès fut extrêmement éphémère.

Il est à la base de l'UMTS et du CDMA-2000.

Dans les systèmes 2G, on avait parlé de la notion de canal physique – un intervalle de temps sur une fréquence porteuse donnée qui étaient ensuite partagé entre plusieurs canaux logiques : statiquement dans le contexte du GSM – les canaux logiques sont parfaitement périodiques (c'est une philosophie de réseau circuit) et dynamiquement dans le contexte du GPRS – le partage du canal physique est choisi par le sous-système station de base entre les différents canaux logiques (de données, de contrôle...).

Dans les systèmes 3G, on a mieux maîtrisé/utilisé la variabilité inhérente du canal de communication. On aura donc des canaux physiques de communication (émission sur le support de communication) et des canaux logiques qui vont correspondre aux flux de données et de contrôle des utilisateurs. On intercale entre ces deux canaux, la notion de canal de transport qui sera là pour masquer aux canaux logiques la variabilité de la qualité du canal de transmission. On va multiplexer les canaux logiques sur les canaux de transport (le canal de transport pourra être utilisé par plusieurs flux de données par exemple pour un utilisateur) mais ensuite, le réseau doit se débrouiller pour trouver le « bon » canal physique. Pour le reste, on a comme en GSM, des canaux uniquement physiques communs pour diffuser les infos systèmes, des canaux dédiés et des canaux communs.

DIAPO 12 :

La couche physique a été largement améliorée par rapport au GPRS : code d'erreur, codage canal, entrelacement... Je renvoie au cours de Benoît Escrig !

DIAPO 13 :

La gestion du handover en GSM/GPRS reposait sur la notion de « hard handover » ou bien « break before make ». On enlève les ressources radio dans l'ancienne cellule puis on attribue des ressources dans la nouvelle. Les décisions sont prises par le réseau. Le choix de l'instant de déclenchement du handover et de la cellule cible répond à des algorithmes qui ne sont pas normalisés.

Dans le contexte UMTS, les choix algorithmiques sont bien évidemment encore du ressort des opérateurs et le déclenchement du handover et l'allocation des ressources sont gérées côté réseau. L'utilisateur n'en a pas la décision.

Avec l'UMTS, on a vu apparaître la possibilité du soft-handover. La philosophie est alors de type « make before break ». Cela revient à dire, cf. schéma qu'un utilisateur sera raccordé en même temps à deux cellules. L'intérêt sera alors de ne pas avoir à se préoccuper de mécanismes compliqués de retransmission de données qui seraient en souffrance quelque part dans le réseau d'accès. En revanche, cela va compliquer la donne globale et consommer des ressources. Si l'on prend le cas où l'on change de contrôleur de station de base, pendant toute la durée du handover, on sera rattaché à deux stations de base, elles-mêmes à leur contrôleur de station de base. Pendant cette phase, le contrôleur de station de base initial va continuer à servir de passerelle vers le Core Network (serving RNC). Le nouveau contrôleur est appelé Drift RNC. Les « données » (attention il peut y avoir de la signalisation dedans, de la voix, ...) vont donc alors être envoyées sur les deux chemins disponibles. Plusieurs solutions sont alors possibles quand on reçoit les données : on ne conserve que le signal reçu de meilleur qualité ; on peut essayer de combiner... En UMTS, on s'est contenté de conserver le meilleur des deux signaux. C'est dans ce contexte-là que le lien entre contrôleur de stations de base est utile pour ne pas avoir à faire remonter les informations jusqu'au SGSN ou au MSC. Cette technique qui consiste à utiliser plusieurs chemins s'appelle de la macro-diversité (parcours T de 3A).

DIAPO 14 :

A l'instar de ce qui avait été retenu dans le réseau GPRS (et un peu dans la même philosophie que pour les réseaux locaux), l'accès et le partage du support est une fonction clé des réseaux pour lesquels les supports de communication sont partagés entre plusieurs utilisateurs. On distinguera donc une couche MAC qui s'occupera de ce partage de ressources et d'une couche RLC qui s'occupera du contrôle et des retransmissions. La couche MAC va traiter les canaux logiques et les mettre en correspondance avec les canaux de transport (qui ont sont proposés par la couche physique). On retrouvera des canaux logiques de données (trafic) en point-à-point ou en point à multipoint (sens descendant ; pour faire du multicast – transmission d'un même flux à plusieurs terminaux) et des canaux de contrôle.

La couche MAC gérera des niveaux de priorité entre les différents flux et remontera des informations. Plusieurs entités MAC sont implantées selon le type de canal. La couche MAC est située sur le contrôleur de stations de base sauf pour les canaux de diffusion (infos systèmes) qui elle est implantée sur la station de base. Ces protocoles MAC sont aussi implantés sur les terminaux utilisateurs !

DIAPO 15 :

La couche RLC est sans doute la seule vraie simplification par rapport au GPRS. On a fusionné la couche RLC et la couche LLC du GPRS. Elle se déroule entre le contrôleur de station de base et le terminal utilisateur. Les fonctions sont l'union des fonctions qui étaient en GPRS proposées par la couche LLC ou la couche RLC : segmentation, concaténation, reprise sur erreur/perte, chiffrement. Plusieurs services sont proposés, comme dans la couche LLC du GPRS (transparent, sans accusé de réception, juste détection d'erreur/perte, avec retransmission – mécanisme de retransmission du même type que dans le LLC).

DIAPO 16 :

L'ensemble des protocoles PHY/MAC/RLC s'applique à tous les flux : du plan de données et du plan de contrôle y compris à la parole téléphonique que l'on va envoyer vers le réseau téléphonique commuté et pour laquelle on va émuler un circuit mais qui est prise en charge en mode paquet (RLC, MAC – on est bien en mode paquet).

Au-dessus de la couche RLC, cela va commencer à différer.

Pour la parole téléphonique que l'on va envoyer vers le RTC, il n'y a plus rien (à part le codage source – le codec de voix de l'UMTS).

Pour les données utilisateur, paquets IP, on les fait passer par une couche de compression sans perte, à l'instar du SNDCP du GPRS. On compresse séparément les entêtes et les données. La différence importante avec SNDCP, c'est qu'entre temps, l'IETF s'est penchée sur les techniques de compression sans perte des paquets IP – l'en tête où l'on gagne beaucoup et les données – où l'on gagne assez peu. Il s'agit à la fois de techniques algorithmiques avec un petit peu de protocoles (au moins pour échanger les algorithmes et les paramètres des algorithmes). Le plus emblématique s'appelle ROHC (Robust Header Compression).

Pour le plan de contrôle, un nouveau protocole a été créé, il s'appelle RRC – Radio Resource Controller. Ici se situe sans doute l'essentiel de la force de l'UMTS en termes de gestion de la qualité de service. Ce protocole RRC va diriger l'ensemble du fonctionnement du réseau radio : tous les autres protocoles lui remontent des informations et il prend les décisions. C'est lui qui va s'occuper d'ouvrir les « tuyaux » radio. Le terme tuyau est la traduction du mot « bearer » anglais. Pas de traduction satisfaisante ; on pourrait parler de connexion mais cela va au-delà car on passe plusieurs liens avec des protocoles très variés et pour lesquels la notion de ressource n'est pas la même (sans fil, filaire). La couche RRC configure ce tuyau en fonction de la qualité de service requise par le flux, pilote la gestion des priorités, la mise en correspondance entre canaux de transport et canaux physiques.

Au-dessus de la couche RRC, on retrouvera la signalisation CM et MM du GSM à destination du réseau circuit d'une part et la signalisation GMM du GPRS à destination du réseau paquet.

Les protocoles PDCP et RRC se déroulent entre le contrôleur de station de base et le terminal utilisateur.

Comme on le voit, on est bien dans un monde télécom avec une fonction centralisée et un pilotage complet par l'opérateur !

Diapo 17 :

Voici donc l'architecture complète de l'interface Usager-Réseau Uu de l'UMTS.

Les plans données et contrôle sont communs de la couche RLC à la couche PHY ; contrairement au GPRS, les couches RLC et MAC sont bien empilées l'une sur l'autre ; tout passe en mode paquet. On voit que la couche RRC est liée à tous les protocoles, ce qui lui permet de les piloter.

Les ellipses correspondent à des points d'accès au service. On observe que ce schéma n'est pas conforme au modèle de référence OSI. En effet, il y a des points d'accès au service entre des couches non adjacentes (PHY et RRC par exemple, ou MAC et RRC). L'inconvénient est qu'il est plus difficile d'enlever une couche et de la remplacer par une autre. Mais comme il s'agit des terminaux utilisateurs, cela n'a pas vocation à changer très souvent. En revanche, l'avantage fondamental, sera qu'il est beaucoup plus rapide

avec une telle configuration d'échanger des informations entre RRC et PHY ou MAC par exemple. En effet, avec une architecture classique, la couche PHY qui veut remonter une mesure à la couche RRC est obligé de remonter à MAC qui remonte à RLC qui remonte à RRC. Ces primitives de service sont émises de manière asynchrone ; le délai et l'overhead sont grands.

Ce type d'architecture protocolaire est qualifiée de « cross-layer » (les traductions intercouches, transcouches, multicouches ne sont pas satisfaisantes). Ce courant de pensée a commencé à émerger avec les réseaux mobiles et sans fil pour essayer de tirer profit rapidement d'informations entre des niveaux protocolaires non adjacents. Par exemple pour que la couche transport tire profit d'informations de la couche MAC pour éviter de prendre un support de communication dégradé avec une congestion. La littérature a été particulièrement prolifique mais ce sont surtout les réseaux télécoms qui en ont tiré profit – celles du domaine sans fil ont surtout connu un succès d'estime en particulier parce que l'on a du mal à toucher à TCP par exemple. Cette réflexion sur la non indépendance entre les couches n'est pas complètement isolée – les commutateurs Ethernet regardent parfois les paquets IP qu'ils transportent.

Le succès vient du fait que les opérateurs télécoms font bien ce qu'ils veulent sur ces niveaux protocolaires et qu'une entité centrale dans le contrôleur de station de base se justifie pour piloter l'intégralité du réseau UTRAN.

Une autre façon de procéder aurait pu être à l'instar de ce que l'on fait en gestion de réseau (cf. cours ATM par exemple ; ou cours de gestion de réseau qui doit être en 3A ? avec le protocole SNMP) d'avoir un protocole transverse (le plan de gestion n'est pas structuré en couches) qui communique avec des points d'accès au service avec tous les protocoles de la pile de protocoles. Dans ce type de configuration, les différents niveaux protocolaires auraient pu envoyer les informations dans le plan de contrôle et la couche RRC venir ensuite les recueillir. Cela aurait été plus propre car sensiblement conforme au modèle OSI mais cela aurait tout de même deux primitives de service, cela aurait été donc plus lent en particulier dans le sens descendant de pilotage + ce n'est pas la philosophie d'un plan de gestion qui est là pour travailler sur le long terme (configurations d'équipements, collectes de mesures générales) et pas sur les communications elles-mêmes.

Dans le plan de données, on voit apparaître le protocole BMC comme Broadcast et Multicast. Le Multicast consiste à permettre la diffusion d'un même flux à plusieurs utilisateurs avec une gestion d'arbre de diffusion pour mutualiser les transmissions. La gestion protocolaire et algorithmique du Broadcast est en 3A (parcours IBDIoT). La question qui s'est posée est celle de la diffusion des flux de télévision dans les réseaux 3G. La solution Broadcast est à proscrire car sinon, on occuperait toutes les ressources des réseaux 3G pour diffuser la télévision (il y a des réseaux pour cela). La solution suivante est celle de l'Unicast. Chaque utilisateur qui veut voir un flux de télévision le demande et le reçoit. La solution intermédiaire était la solution de Multicast grâce à ce protocole BMC. L'intérêt est d'être beaucoup moins consommateur en ressources radio que la solution Unicast (et aussi Broadcast). On diffuse le flux une seule fois sous réserve qu'il y ait au moins un abonné à ce flux multicast dans la cellule. Le souci, c'est que l'on est obligé de diffuser en utilisant les conditions (modulation et codage) de l'utilisateur qui est dans les pires conditions de réception. Le service a été lancé par les opérateurs Orange et T-Mobile mais s'est vite arrêté devant le manque de succès. Des services équivalents de Broadcast et Multicast réapparaîtront avec la 4G et la 5G... (à titre personnel, j'ai surtout vu des travaux de recherche sur ces services dans des thèses de

doctorat par exemple, des articles, c'est présent dans les standards et c'est assez compliqué à gérer).

Diapo 18 :

Voici la version avec les équipements associés des piles de protocoles du réseau UMTS plan donnée et plan de contrôle. Pour ces flux, la couche PHY de l'interface Uu se déroule entre le terminal mobile et la station de base alors que les couches RLC, MAC se déroulent entre le terminal et le contrôleur de station de base. La difficulté va venir dans le réseau de la différence de localisation de ces couches dans le réseau. Comment faire pour rapatrier les informations de la station de base à son contrôleur. Dans le GPRS, dans la pile de protocole, j'avais un peu caché ce problème en ne représentant qu'un équipement le BSS et pas la BTS et le BSC. En fait, je l'avais dit à l'oral, de façon un peu décevante, le choix avait été de choisir un mode circuit entre les deux (comme pour la voix GSM). Ici le choix s'est naturellement porté sur un mode paquet. On va donc récupérer des PHY-SDU au-dessus de la couche PHY qu'il faudra renvoyer vers la couche MAC située sur le contrôleur de station de base.

Diapo 19

ATTENTION C'EST LE MOMENT DIFFICILE DE CE COURS

Pour éviter de tomber dans les pièges du GPRS où les protocoles ont été figés trop vite et où du coup, les opérateurs/équipementiers ont dû vivre pendant 10 ans avec du Frame Relay entre les contrôleurs de station de base et les SGSN, la standardisation 3GPP a essayé de rationaliser la conception des interfaces entre les différents équipements du réseau d'accès UTRAN. Ces interfaces concernent des équipements du réseau (stations de base, contrôleur de station de base, MSC, SGSN) et pas les terminaux utilisateurs pour lesquels il faut toucher le moins possible les piles de protocole (en particulier les couches basses) car sinon, il faut changer des millions de terminaux.

L'idée va donc être d'identifier sur chaque interface, les flux qui vont être véhiculés qui sont des flux de « données » utilisateur qui devront donc être envoyés ensuite sur l'interface radio (ou qui y ont été collectées) et des flux de contrôle qui vont permettre la configuration et la gestion des différents équipements du réseau radio. C'est la partie haute du schéma. Celle-ci, on peut la fixer. En revanche la façon avec laquelle ces flux vont être véhiculés sur chacun des liens peut évoluer au cours du temps. C'est la partie basse du schéma. On a donc une pile de protocoles pour véhiculer les flux de données et une pile de protocoles pour véhiculer le contrôle. On est en mode paquet donc la couche physique sera la même et l'on aura au moins un protocole qui fonctionne en mode paquet qui sera également commun. Attention, à ce niveau, on ne dit pas lequel.

Pour piloter le plan de données, on peut être amené à mettre en place une pile de protocoles de plan de contrôle qui gèrera le plan de données sur le lien considéré ! C'est là que c'est compliqué car on a des flux de commande (à gauche) qui correspondent à des flux de signalisation permettant de piloter les équipements de l'UTRAN (le contrôleur de station de base contrôle sa station de base) et un deuxième plan de contrôle au milieu qui pilote les flux de données. Mais les flux de commande de gauche sont vis-à-vis de l'interface traversée des données.

Bon ce n'est pas la première fois que l'on voit cela, les messages du protocole RRC passe aussi par la pile de droite (le plan de contrôle de l'interface Uu).

La signalisation téléphonique à destination du réseau téléphonique par exemple sera considérée dans l'UMTS comme des flux de données dans l'UTRAN !

(ce n'est ni du pilotage du réseau radio, ni de la signalisation de transfert des données pour le lien considéré).

DIAPO 20 :

On va commencer par l'interface entre la station de base et le contrôleur de station de base. Côté station de base, on n'a que la couche PHY et l'on récupère les messages envoyés dans les canaux de transport (PHY-SDU). On veut les envoyer vers la couche MAC qui est située sur le contrôleur de station de base. Il y a là la voix, la signalisation téléphoniques, les flux de données... Le choix qui a été fait a été de mettre un protocole intitulé Frame Protocol qui va récupérer ses messages pour les envoyer vers le contrôleur de stations de base. En fait, ce n'est pas un mais plusieurs protocoles qui ont été normalisés : les Frame Protocols. Un seul protocole n'aurait pas permis de faire face à l'ensemble des canaux présents sur l'interface radio (RACH, DSCH, PCH...). Il y a donc un protocole FP par type de canal.

La question suivante est de déterminer la pile de protocoles à utiliser entre station de base et contrôleur. La couche PHY dépend du support utilisé. Pour l'UMTS on aura majoritairement de la fibre optique donc ce sera de la SDH et minoritairement des faisceaux hertziens avec de la PDH. Là on est encore en mode circuit !

Les solutions au-dessus auraient pu être :

- X.25 – trop lent ; FR : pas de qualité de service différenciée propre ;
- Ethernet ; pas vu encore comme une technique de réseau d'opérateurs ;
- IP
- ATM.

Les réflexions ont donc porté sur une solution ATM ou une solution IP. Dans les faits la première solution implantée a été ATM puis dans un deuxième temps IP. Mais le standard permet aussi bien l'une que l'autre.

Le débat a porté essentiellement sur l'overhead et la qualité de service. Et là ATM l'a emporté nettement en particulier dans un contexte où ce qui faisait peur aux opérateurs c'était les flux de voix (la même peur est revenue 10 ans plus tard avec LTE). En effet, même si les flux de voix n'engendrent pas un débit colossal (individuellement et même de façon agrégée), ils sont pénibles en termes de qualité de service (latence très courte, peu de gigue que l'on rattrape éventuellement au niveau du MSC) mais aussi d'overhead (les mettre dans une cellule ATM est moins coûteux que dans un paquet IP – attention on parle bien de la voix que l'on envoie vers un réseau circuit ; il n'y a pas ici le PDCP du plan de donnée qui lui se déroule pour les paquets IP sur le terminal).

Si on prend de l'ATM, il faut définir une couche d'adaptation. A la fin de la standardisation ATM, seule l'ATM AAL-5 avait sensiblement subsisté : AAL-1 pour la voix à débit constant, AAL-2 pas finie – flux à débit variable et contraintes temporellement, AAL-3/4 pour transporter des paquets – chère et complexe + AAL-5.

Les choix possibles auraient été soit de considérer plusieurs AAL en parallèle une par FP par exemple soit de n'en prendre qu'une. Si l'on regarde les AAL, celle qui doit traiter les flux complexes est l'AAL-2 qui peut traiter les flux à débit variable contraintes temporellement. Le 3GPP s'est alors retourné vers l'ATM-Forum en demandant de spécifier une nouvelle AAL-2.

Cette nouvelle AAL-2 va donc un peu à l'instar de l'AAL-5 être à géométrie variable (paramétrable sur la partie haute pour inclure des fonctionnalités en fonction des types de flux). On a aussi imposé à cette nouvelle AAL-2 de permettre de faire du multiplexage : plusieurs flux de données sur la même connexion ATM-AAL2 et de la

concaténation. Là c'est bien les flux de voix que l'on vise pour permettre de remplir au mieux les cellules ATM avec des bribes de voix de plusieurs communications téléphoniques en même temps ! Ce sont ces fonctions de multiplexage et de concaténation qui ont imposé cette nouvelle AAL-2 car l'AAL-5 était déjà multi-usage mais ne permettait pas cela.

Il a donc fallu aussi renormaliser le plan de contrôle de l'ATM et là c'est la colonne du milieu où l'on a la signalisation pour les connexions ATM-AAL2. L'AAL utilisée pour la signalisation est une variante de l'AAL-5. Elle permet d'envoyer de façon fiable des messages de signalisation. C'est bien toujours le cas ici ; on n'a pas la contrainte temporelle ni la présence de mini-messages à transmettre. C'est la SAAL qui est réutilisée ici. A contrario, on est ici à l'accès au réseau ATM et le protocole qui permettait de gérer les connexions ATM – Q.2931 ne convient pas car il ne permet pas de faire le multiplexage. Il a fallu redéfinir un nouveau protocole, ce sera Q.2630.1.

Si maintenant on regarde la pile de gauche. C'est toujours de la signalisation et pas des flux de données donc pas besoin d'ATM-AAL2 ; on utilise donc de l'ATM-AAL5. Attention, on considérera des connexions permanentes entre la station de base et son contrôleur (pas besoin de signalisation supplémentaire pour cela). Les types de fonction prises en charge par NBAP : gestion de la configuration de la cellule, supervision et gestion du lien radio, gestion des canaux de transport communs, mesures sur les ressources communes et dédiées.

Le choix que l'on aurait pu envisager aurait été d'avoir des AAL par type de trafic : AAL1 pour la voix, AAL2 (?) pour la vidéo, AAL5 pour le reste. Cela aurait encore complexifié le système car on aurait eu une multitude de protocoles dans la colonne de droite... et aussi potentiellement dans la colonne du milieu car la signalisation de cette pile de droite aurait donné lieu à plusieurs piles de protocoles.

Notons encore que par exemple pour l'AAL1 pour la voix n'aurait pas été aussi simple que de l'AAL1 dans un réseau ATM classique. En effet, cette AAL1 était prévue pour fonctionner directement en dessous des Codecs de voix... et là ce ne sont pas les mêmes codec, on est passé par la couche RLC, MAC et PHY sur le terminal puis par le lien radio ! Les sources de gigue sont donc nombreuses dans cet ensemble !

Après cette première solution qui a été déployée, la solution IP a également été proposée par le 3GPP. Pour des raisons symétriques, on a besoin d'une couche 4 et d'une couche 2 (la couche 1 restant SDH ou PDH). En termes de couche 2, plutôt pas de l'ATM et donc plutôt du PPP. En termes de couche 4 : TCP, UDP ou TCP/UDP selon le type de flux. Dans ce cas naturellement, il est préférable de faire un choix. Le seul raisonnable : UDP. Attention, quel que soit le choix, la pile du milieu est vide.

Pour la pile de gauche, on mettra de l'IP/PPP naturellement, on ne va pas conserver de l'ATM à gauche après l'avoir enlevé ! Là, en revanche, on mettrait du TCP pour la fiabilisation (dans les faits c'est SCTP qui a été standardisé dans le groupe de travail SIGTRAN de l'IETF cf. pour les groupes R et A, le cours d'interconnexion de réseau).

DIAPO 21 :

Il s'agit cette fois de l'interface entre contrôleurs de stations de base utilisée lors des soft handovers. On voit cette fois de très nombreuses similitudes avec la diapo précédente. Ce sont en effet les mêmes raisonnements qui peuvent être menés. La seule différence est que cette fois-ci, on n'est plus à l'accès à un réseau ATM (c'était la diapo précédente) ;

la pile du milieu est donc légèrement modifiée SSCF-NNI au lieu de SSCF-UNI ; Q.2150.1 + MTP3-b au lieu de Q.2150.2 – du même type que l'on avait Q.2931 à l'accès et B-ISUP+MTP3-b ensuite.

RNSAP s'occupe encore une fois de la gestion/supervision du lien radio, du transfert de la signalisation sur les canaux de contrôle communs (CCCH), du paging et l'exécution de la relocalisation

DIAPO 22 :

Là on est sur le lien entre le contrôleur de station de base et le commutateur téléphonique de raccordement. On est donc repassé par les couches RLC et MAC dans le contrôleur de station de base. On a récupéré à la fois la parole téléphonique dans le plan de données et la signalisation (CM et MM) dans le plan de contrôle de l'interface Uu. Deux grandes solutions auraient alors été envisageables : en s'inspirant de ce qui a été fait dans le GSM/RNIS – ie laisser la signalisation en mode paquet et faire passer la voix en mode circuit. Pour la SIG, pourquoi pas du LAP-D ou ce que l'on veut d'ailleurs (ATM ou IP...) et pour la voix soit faire un transcodage applicatif, soit la laisser au format des codec UMTS.

Le choix qui a été fait est de rester sur une philosophie de réseau d'accès en mode paquet pour éviter par exemple que le contrôleur de station de base ait à gérer du mode paquet sur le lien avec ses stations de base, du mode paquet encore sur le lien avec le SGSN et du mode circuit avec le MSC. Dans le même ordre d'idée, lui imposer de faire en plus du transcodage de la voix était compliqué.

On est donc resté à une philosophie de mode paquet et du coup si on reste avec de l'ATM, on réutilise de l'AAL-2 et la signalisation associée.

Attention, encore une fois les couches CM et MM ne se terminent pas là, elles iront jusqu'au MSC ; cette signalisation passe par la pile de droite.

DIAPO 23 :

On est cette fois sur l'interface entre le contrôleur de station de base et le SGSN. On s'est donc débarrassé des flux de voix à envoyer dans le réseau téléphonique. On n'a plus que des applications sur IP. On est repassé par les couches MAC, RLC et PDCP. Le choix de l'AAL-2 ne s'impose plus. On peut alors penser à faire de l'AAL-5, on le voit la pile de protocoles standardisée a retenu de l'IP. Le choix retenu repose du GTP-U sur de l'UDP sur de l'IP. Le protocole GTP-U est celui du réseau de collecte des opérateurs mobiles qui permet de gérer les déplacements des utilisateurs. C'est donc lui qui servira encore à gérer la mobilité au travers de la mise en place d'un tunnel entre le SGSN et le contrôleur de station de base. On remarque par exemple que ce choix n'a pas été présenté sur les diapo précédentes car on gérait aussi de la voix et donc on ne pouvait pas se permettre la lourdeur de cette solution – ces tunnels permettent de fiabiliser et de faire suivre les données mais justement pour la voix que l'on envoie sur le RTC, on n'en veut surtout pas. UDP toujours car c'est le moindre mal (par exemple pour de la voix sur IP).

On voit ici dans la proposition de l'AAL-5. C'est une suite logique si sur les autres interfaces on fait de l'ATM/AAL-2.

En revanche, on constate ici qu'il n'y a pas de piles au milieu. Cela revient à dire que l'on ne gère pas la mise en place des connexions ATM du plan de données. On a donc considéré (comme pour le Frame Relay du GPRS) des connexions permanentes.

Si l'on passe à des solutions IP (sans ATM), on remplacera l'AAL-5/ATM par du PPP par exemple.

Pour la pile de gauche, là on ne transporte pas des paquets IP, c'est simplement du contrôle entre le SGSN et le contrôleur de station de base. Donc si on met de l'ATM/AAL-5 à droite, on en met à gauche aussi. Si on passe à de l'IP, pas de GTP-U ici, simplement TCP/IP/PPP/SDH.

Si l'on pense par exemple au service de voix sur IP. Les opérateurs ont fait longtemps courir le bruit que ce service allait complètement perturber le fonctionnement du réseau UMTS, qu'un seul utilisateur de voix sur IP dans une cellule allait occuper toute la ressource radio... bref, inciter les utilisateurs à continuer à utiliser la téléphonie classique.

Pour la voix sur IP, on a la voix numérisée qui passe (le plus souvent) sur une pile RTP/UDP/IP sur le terminal utilisateur. D'autre part, on a la signalisation qui passe par exemple par une pile SIP/UDP/IP. Sur le terminal utilisateur, on met tout cela au-dessus de PDCP. PDCP se déroulera sur le contrôleur de station de base. Les paquets IP sont alors relayés par un premier tunnel GTP entre le contrôleur de station de base et le SGSN puis par un second entre le SGSN et le GGSN. Si l'on s'intéresse par exemple à la gigue, le rattrapage de la gigue sera fait aux extrémités. Donc sur les terminaux utilisateur dans le cas d'utilisateurs de voix sur IP (mobile ou pas) ou sur la passerelle vers le réseau téléphonique pour un appel vers un utilisateur fixe. Attention cette passerelle est loin... puisqu'on va passer par Internet d'abord.

Néanmoins, on a un flux (de voix) qui est conversationnel et par conséquent, on en tient compte dans la configuration des bearers, dans les couches RLC et MAC mais aussi au niveau de l'AAL-2/ATM où l'on peut jouer sur les ordonnanceurs.

Pour la voix téléphonique classique, c'est moins compliqué. La gigue sera traitée au niveau du MSC. Cela ne veut pas dire qu'elle n'existe pas !

DIAPO 24 :

Il est difficile de rassembler tous ces équipements sur un seul schéma. Dans cette diapo 24, j'ai essayé de recenser le traitement de la voix que l'on envoie dans le réseau circuit et les données que l'on doit envoyer dans le réseau paquet. Ce schéma est incorrect car je n'ai mis qu'une pile de protocoles pour le terminal et la station de base, il manque le lien entre les deux. La partie haute de cette pile correspond à ce qui se passe sur le terminal utilisateur et la partie basse sur la station de base (à partir d'Iu-FP). On constate donc que la couche RLC se déroule entre le terminal et le Serving-RNC, que sur le drift RNC on s'arrête à la couche MAC (l'allocation des ressources sur la nouvelle cellule, ne sera pas prise en charge par le contrôleur de station de base de l'ancienne cellule). C'est la version RLC sans fiabilisation qui sera utilisée pour la voix à envoyer vers le réseau paquet (argh : il manque le PDCP pour la partie Data)

DIAPO 25 :

On va désormais s'intéresser à la structure de la nouvelle ATM-AAL2. Les AAL des standards ATM sont structurées en une partie basse de Segmentation et Réassemblage (SAR) et d'une partie haute de Convergence (Convergence Sublayer). Attention, il n'y a pas une SAR en tout mais une SAR par AAL (c'est d'ailleurs là que l'ancienne AAL-2 s'était échouée définitivement). Ici la partie basse fait le contraire, c'est une sous-couche

qui permettra de faire de la concaténation pour créer des ATM-SDU ie. des morceaux de 48 octets.

La partie haute a, elle-aussi, était redéfinie un peu dans la même veine que l'AAL-5 précédentes ie. elle va proposer des services qui dépendent de l'utilisation que l'on va en faire. Dans l'AAL-5 la sous-couche de convergence était composée d'une partie basse intitulée CPCS comme Common Part Convergence Sublayer qui servait à aligner sur un multiple de 48 octets et à faire de la détection d'erreur. Au-dessus, on avait une sous-couche SSCS – Service Specific Convergence Sublayer qui était à géométrie variable. De quasi-vide pour l'envoi de paquet IP (juste une encapsulation de type LLC-SNAP cf. cours interconnexion de réseau logiquement dans le cours d'Emmanuel Chaput) à une version plus complète pour la signalisation (cf. transparent précédent avec des mécanismes de reprise sur erreur et de contrôle de flux avec SSCOP).

Ici elle va être décomposer fonctionnellement: la partie basse sert à faire de la segmentation et du réassemblage. Cela semble antinomique avec la couche inférieure qui fait de la concaténation. On retombe dans le débat : fallait-il utiliser une seule AAL ou plusieurs. On a choisi ici de n'en mettre qu'une. Si les messages reçus sur les canaux de transport sont trop gros (données à transmettre), on est bien obligé de les couper en morceaux.

Au-dessus, on a un bout de protocole qui fera de la détection d'erreur et encore au-dessus, au choix, un mécanisme de retransmission.

DIAPO 26 :

Sur ce transparent sont illustrés les mécanismes de segmentation et de concaténation. Attention, on est au sein d'une seule couche de protocoles avec plusieurs sous-couches. Il n'y a donc pas le comportement asynchrone de deux couches protocolaires avec un passage par un point d'accès au service entre.

Ici est illustré le principal intérêt (et la nouveauté) de l'AAL-2 – en particulier si on la compare à une solution sur IP. Attention, on ne parle pas ici de l'IP de la voix sur IP. Cette dernière aura une encapsulation de type RTP/UDP/IP/PDCCP/RLC/MAC/PHY sur le terminal. La PHY-SDU récupérée sur la station de base passerait alors sur UDP/IP. Il y a bien deux niveaux IP.

Sur ce schéma, on illustre donc les deux mécanismes de segmentation et de concaténation. L'objectif pour des PHY-SDU de toute petite taille qui contiennent de la voix de remplir au mieux la partie données des cellules ATM. L'inconvénient sera le délai engendré. S'il n'y avait pas de multiplexage, on serait obligé d'attendre d'avoir collecté suffisamment d'échantillons de voix (pour faire simple) pour envoyer une cellule ATM bien pleine ou bien si l'on ne veut pas trop attendre, envoyer des cellules ATM presque vides. Cela ferait perdre une grande partie de l'analyse d'économie d'overhead cité précédemment. Pour que cela fonctionne, on sera donc obligé d'indiquer dans les cellules ATM résultantes (ATM-SDU) leur composition avec un format de mini-cellule qui contient un champ de numéro de communication et un champ de données.

Le problème du délai se pose encore. Doit-on attendre que la cellule soit complètement pleine ou pas ? L'idée qui vient alors est celle de l'utilisation de temporisateurs. Au bout d'un certain temps, on va envoyer la cellule, pleine ou pas.

Les valeurs de ces temporisateurs vont dépendre du type de trafic véhiculé. Pour la voix, il vaut mieux prendre des valeurs faibles. Une fausse bonne idée serait de faire dépendre la temporisation du nombre de connexions téléphoniques se partageant la même connexion ATM/AAL-2 car dans ce cas, la variation du nombre de ces connexions (on

peut en ajouter et en enlever en cours de route) induirait naturellement de la gigue. C'est bien sûr un joli problème de performance !

DIAPO 27 :

Cette diapo résume le positionnement de l'ATM/AAL-2. Comme il y a plusieurs variantes, on va l'attaquer par plusieurs points d'accès au service séparés. Ce sont bien les flux récupérés sur les canaux de transport qui vont passer par cette ATM/AAL-2. Les Frame Protocols sont des protocoles de niveau liaison de données et l'AAL-2 du niveau transport !

DIAPO 28 :

Encore une diapo pour essayer de résumer le fonctionnement du plan de données en s'abstrayant au maximum de l'UTRAN. En haut le plan de données pour la parole téléphonique à envoyer vers le réseau téléphonique. On remarque le passage en mode paquet sur l'UTRAN (RLC/MAC) et de nouveau en mode paquet entre le contrôleur de station de base et le 3G-MSC (ici avec de l'ATM)

En bas, ce sont les paquets de données et l'on observe que les piles de protocoles du GPRS n'ont pas été modifiées sur le réseau de collecte de l'opérateur mobiles GTP/UDP/IP et même que cette philosophie de tunnel GTP s'est généralisée sur le lien entre le SGSN et le contrôleur de station de base (en GPRS, on avait là LLC qui prenait la relève). Notons que le soft handover gère à sa manière les envois de données lors des phases de handover !

DIAPO 29 :

La qualité de service a été un des sujets centraux de l'UMTS car il fallait être bien sûr que l'on arrive à maîtriser cette qualité de service différenciée. Elle est décomposée en plusieurs morceaux.

Il y a d'abord le lien radio. La couche PHY a été largement repensée ; la présence d'un niveau intermédiaire avec des canaux de transport s'intercalant entre canaux logiques et canaux physiques permet d'adapter les ressources attribuées à la qualité du support. On peut encore recensés les efforts faits par la couche RRC pour gérer les priorités entre les flux au niveau MAC et une couche RLC à géométrie variable selon les besoins des flux.

Sur l'UTRAN, ce sera cette fois-ci l'ATM AAL-2 qui permettra par des mécanismes AAL et par de l'ordonnancement au niveau ATM permettre de rendre un service adapté. Les FPs permettront encore de matérialiser plusieurs niveaux de QoS.

Sur le réseau de collecte de l'opérateur mobile, l'UMTS a bénéficié des techniques de QoS du monde IP au travers de la différenciation de service (tagging des paquets) ou de MPLS et de l'ingénierie de trafic (cf. cours d'interconnexion d'Emmanuel Chaput).

En revanche attention, ce qui se passe au-delà du SGSN est en dehors du périmètre du 3GPP !

DIAPO 30 :

Le cours présenté jusque là a montré l'UMTS tout seul. Le déploiement d'un réseau mobile ne peut pas se faire du jour au lendemain. Il doit donc coexister avec les réseaux pré-existants. En l'occurrence, il y avait déjà les réseaux GSM/GPRS/EDGE. Il faut donc assurer l'interopérabilité. C'est ce qui est présent dans la partie basse du transparent. Les cœurs de réseaux sont communs aux deux réseaux (et une bonne partie des infrastructures de réseaux d'accès aussi – exemple fibre optique). Les nouveautés qui sont apparus, c'est la possibilité de faire passer la signalisation dans les réseaux de

transport sur IP (cf. remarque précédente) et c'est aussi la continuité de service au travers d'IMS – IP Multimedia Subsystem (à droite). C'est avec l'UMTS que les opérateurs ont commencé à prévoir que les utilisateurs pouvaient se raccorder au réseau au travers de plusieurs types de réseaux d'accès (ADSL, FTTH, Mobiles) et l'idée est alors qu'ils aient accès aux mêmes services quelque soit le réseau qu'ils utilisent à un moment donné. Je renvoie aux cours de 3A (parcours IBDIOT et TSFOC – cours de Julien Fasson).

DIAPO 31 : Backup

Sur cette diapo, j'ai montré comment la solution ATM présentée n'est pas la seule candidate possible, ici on change les piles de signalisation en les faisant passer sur IP.