

Notes sur le cours GPRS

DIAPO 1 :

Nous allons poursuivre notre description des solutions 2G par la solution GPRS.

DIAPO 2 :

Le plan que l'on va suivre est le suivant. Nous allons commencer par présenter les principes de la création et du fonctionnement du GPRS. Nous poursuivrons par les architectures protocolaires et les principales étapes du déroulement. Nous continuerons par un zoom sur la partie radio et on conclura.

DIAPO 3 :

Le principe de la création du GPRS provient tout d'abord du succès plus ou moins inattendu du GSM. L'adoption a été en effet plus rapide que prévu ! Le service de transmission de données proposée par le GSM ne convenait absolument pas en revanche. Le débit à 10 Kbit/s en mode circuit sur les canaux TCH ne convenait pas. C'est un tout : le mode circuit – comme en RNIS – mais en plus avec des débits extrêmement faibles. Là où le débit convenait bien pour la voix, il en était tout autrement pour la transmission de données.

En revanche, les opérateurs avaient dépensé des sommes très importantes en termes d'infrastructures qu'ils souhaitaient amortir.

Très rapidement est donc venu à l'idée de l'ETSI de repenser son système pour permettre d'ajouter sur l'infrastructure du réseau GSM une solution pour faire de la transmission de données en mode paquet. Quand on parle d'infrastructure, il s'agira de tous les équipements mais aussi des bandes de fréquences. Il va s'agir de faire coexister les deux – il ne s'est pas agi de repenser le GSM. C'est bien pour cela que l'on reste dans la même génération de réseaux mobiles. L'idée va donc être d'augmenter les débits fournis aux utilisateurs, de permettre de prendre en charge de manière (plus) efficace les trafics sporadiques, d'améliorer la rapidité du raccordement – il faut ne pas attendre plusieurs secondes à chaque fin d'une activité ; et permettre un raccordement à Internet (et à X.25). Là en revanche, et on en reparlera ensuite, on ne voulait pas retomber dans le travers du RNIS où pour atteindre Internet, il fallait passer par le réseau téléphonique commuté.

Comme on commence à le comprendre, il y aura beaucoup de similarités avec le RNIS dans le sens raccordement numérique unique à plusieurs types de réseaux mais en évitant certains travers de type allocation de ressources fixes pour la transmission de données ou passage par un réseau circuit si la passerelle vers le réseau paquet n'est pas si facilement accessible. Attention, on est sensiblement dans les années de déploiement de l'ADSL et clairement les opérateurs ont regardé aussi un peu de ce côté-là.

DIAPO 4 :

Il y a tout d'abord un lien important avec le GSM dans le sens que les équipements étaient là : Station de Base, Contrôleur de Station de base. Idem pour la HLR, la VLR, les SMS...

En revanche, les opérateurs ont déployés un réseau de transmission de données permettant de se raccorder à Internet. Les points de raccordement à Internet ou X.25 n'est donc pas présent dès la partie accès, mais on va se raccorder à un réseau paquet pour l'atteindre. Le choix qui a été retenu est que ce réseau fonctionne sur IP. Son point d'entrée, côté réseau d'accès s'appelle le SGSN ; son point de sortie côté Internet (ou X.25) s'appelle GGSN.

L'idée sera que les flux de données seront véhiculés dans des tunnels entre le SGSN et le GGSN. Les SGSN sont donc du même nombre que les MSC du GSM, les GGSN sont très

peu nombreux – quelques passerelles pour un opérateur tel qu'Orange. La sécurité est assurée au niveau du SGSN.

DIAPO 5 :

Sur la diapo 5 sont référencés les différents équipements et les interfaces associées. Attention de nouvelles interfaces apparaissent entre certains nœuds qui ne pouvaient pas être les mêmes que celles utilisées dans le GSM. Comme on commence à le comprendre, il y aura plutôt coexistence qu'intégration entre GSM et GPRS. On voit aussi apparaître les nouveaux équipements que sont les SGSN et le GGSN qui vont dialoguer entre eux mais aussi dialoguer avec la HLR – sécurité, abonnement, comptabilité.

DIAPO 6 :

La diapo 6 montre essentiellement les différentes parties du réseau et le fait que l'on puisse se déplacer (il ne faut pas trop s'arrêter à l'impression que l'on communique entre utilisateurs GPRS même si ce n'est pas complètement impossible).

DIAPO 7

On va maintenant passer à la pile de protocoles et en premier lieu la transmission de données. Enfin, on commence par des piles de protocoles de transmission de données. En effet, dans le GSM on a passé l'essentiel du temps sur la description des protocoles de signalisation. Cette fois-ci, ce qui passe en premier c'est la transmission de données.

On va découper en plusieurs morceaux. Tout d'abord la partie haute : le réseau GPRS et ce sera pareil pour tous ses successeurs transporte des paquets entre le terminal mobile et la passerelle de sortie qu'est le GGSN. Pour GPRS ce sont des paquets IP ou X.25. Par la suite, ce ne seront que des paquets IP. Cela n'est absolument pas indifférent car cela signifie que l'utilisateur va pouvoir bouger mais que le point de sortie ne bougera pas en cours de communication. Cela a un impact fort en termes d'adresse car vu d'IP tout cela n'est qu'un seul bond et donc l'adresse IPv4 ou IPv6 (pour IP) sera relative au GGSN. Tout le reste pourra bouger et/ou changer en cours de communication mais cet ancrage ne bougera pas.

Regardons d'abord ce qui se passe entre le SGSN et le GGSN. Le principe est que les opérateurs ont déployé pour l'occasion un réseau de transmission de données pour relier leur SGSN à leur (très peu nombreux) GGSN. C'est un réseau IP qui transportera des paquets IP ou X.25 dans des tunnels IP. Ces tunnels sont établis au début de la communication. En cours de route, on pourra changer de SGSN et donc on sera amené à changer le tunnel. On en reparlera plus loin. On va donc se servir d'une pile de protocole du monde de l'Internet. GTP est le protocole qui se charge de l'encapsulation et de la gestion des tunnels. Ce protocole GTP est encore largement utilisé (il est en gros découpé en deux parties ; l'une pour mettre en place et rétablir les tunnels GTP-C et l'autre pour encapsuler les données GTP-U). Il fonctionne sur UDP (dans la version 0, possibilité de TCP pour le transport de paquets X.25), et donc sur IP. Les couches 2 et 1 ne sont pas spécifiées.

Les paquets IP (ou X.25) sont transférés sur le réseau d'accès jusqu'au SGSN puis relayés par ce dernier dans le tunnel jusqu'au GGSN. Le SGSN relaye mais ne route pas.

Entre le terminal mobile et le SGSN, on voit apparaître sous le protocole Réseau le protocole SNDCP. Ce protocole vise à faire de la compression (sans perte) des données. Il compresse séparément les en-têtes et les données. C'est sur les en-têtes que l'on peut le plus gagner car entre un paquet (X.25 ou IP) et le suivant, il y a peu de différence d'en-tête. Il y a donc 2 algo séparés et le protocole sert à dire ceux qui sont utilisés. Bon là c'était avant que l'IETF s'empare du problème et ça a été modernisé (quand on a aussi décidé de transporter des paquets X.25) à partir de la 3G mais sur les mêmes principes.

La couche LLC qui est en dessous se déroule entre le terminal et le SGSN. L'idée va être de fiabiliser les échanges entre ces nœuds. Attention, c'est bien le même nom que le protocole des réseaux locaux mais c'est bien un nouveau protocole qui a été inventé – c'est un cousin d'HDLC comme il se doit. C'est ce protocole qui gèrera une grande partie de la fiabilité en cas de handover en cours de communication.

Entre le contrôleur de station de base et le SGSN, on utilise BSSGP qui fait du contrôle de flux (et de la QoS). En dessous, il y a Frame Relay ☹.

En fait, comme on le voit ici il n'y a pas la pile de plan de contrôle de Frame Relay (Q.933) qui aurait permis de gérer les ouvertures et fermetures des connexions FR. Donc cela signifie que l'on utilise des connexions Frame Relay permanentes. Bon là le choix est historique. On est sur du point à point donc on aurait pu faire bien d'autres choix. Le support est en général de bonne qualité, beaucoup de fibres. On aurait pu mettre de l'IP (lourd en encapsulation car il aurait fallu remettre de l'UDP), ATM n'était pas assez mur, les opérateurs ne voulaient pas d'Ethernet... on a choisi FR qui a survécu pendant très longtemps ici. Il a fallu attendre 15 ans pour que le standard autorise autre chose à ce niveau.

C'est encore une des faiblesses du monde GSM/GPRS qui a figé très tôt et de manière définitive les protocoles.

Côté utilisateur vers sous-système station de base, on utilise la pile SDNCP/LLC. En-dessous, on a défini deux nouvelles couches : RLC qui va fiabiliser entre le terminal et le sous-système station de base et MAC qui va attribuer dynamiquement les ressources radio.

On voit un peu des doublons apparaître avec RLC et LLC. La fiabilisation est potentiellement au niveau terminal <-> SGSN et terminal <-> sous-système station de base.

On observe aussi que dans le sous-système station de base, on n'a pas détaillé station de base <-> contrôleur de station. Le choix a été de faire des communications en mode circuit. Pas d'intelligence sur la station de base. Des propositions ont été faites pour le faire en mode paquet avec un peu d'intelligence (par ex de la QoS et de l'ordonnancement sur ce lien) ; cela n'a pas été entériné.

DIAPO 8 : Plan de contrôle

Si l'on regarde maintenant le plan de contrôle, on se rend compte que sur la partie réseau d'accès, c'est très similaire à ce que l'on vient de voir apparaître dans la diapo précédente sur le plan de données – U. Le niveau de convergence est LLC qui est commun à tout ça. On est bien en mode paquet.

Ce qui change c'est au-dessus de LLC. Dans GSM, on avait RR, CM et MM. RR n'est plus géré à un niveau aussi haut, c'est la couche MAC qui s'en occupe pour aller des ressources aux utilisateurs. La couche CM disparaît en tant que telle car ce ne sont plus des communications téléphoniques. On ne garde que les SMS. MM perdure mais doit gérer en plus la mobilité. MM+gestion de la mobilité ont donné lieu au nouveau protocole GMM.

La gestion de la mobilité prend deux aspects. Les principes protocolaires sont traités par GMM sur la partie accès et par GTP sur la partie SGSN-GGSN.

Ce qui change, ce sera sur la partie transmission de données. Contrairement à GSM où l'on se moque des échantillons de voix en souffrance dans le réseau. Dans le contexte GPRS, on ne peut pas rester indifférent. Sur la partie accès ce sera LLC qui s'en occupera. Tant qu'on ne change pas de SGSN, ça suffira et LLC réagira à la HDLC pour rattraper les trames manquants.

Si on change de SGSN, on purge l'ancien tunnel dans les deux sens, on établit en parallèle le nouveau. Dans la purge, on distingue le sens montant, où l'on termine d'envoyer les paquets entre le SGSN et le GGSN. Dans le sens descendant, on termine de recevoir les paquets et on

les fait suivre de l'ancien SGSN vers le nouveau. Une fois que c'est fini, on utilise le nouveau tunnel. Les SGSN et GGSN savaient où ils en étaient et c'est donc rendu possible par GTP.

On voit ensuite les communications rendues nécessaires dans le plan de contrôle entre le SGSN et la VLR (sécu, abonnement), SGSN et HLR (mise à jour localisation), GGSN et HLR (savoir où est l'utilisateur). Là on est globalement dans le monde SS7 pour les équipements du réseau « GSM » classique. Donc tout sauf le GGSN qui lui n'est pas équipé d'une pile du réseau sémaphore. Dans ce cas, on est obligé de mettre en place une passerelle applicative entre ce que sait faire le GGSN et la HLR par exemple qui est purement dans le réseau sémaphore.

DIAPO 9 et 10 : Acheminement des données

Le GGSN qui va vous servir de point d'ancrage vers Internet est un GGSN de votre opérateur. Par conséquent, quand on est couvert par le réseau de son opérateur, on va avoir un tunnel entre le SGSN courant et le GGSN retenu. Attention, si l'on est dans le réseau d'un autre opérateur, le SGSN appartiendra à cet opérateur courant alors que le GGSN est un de ceux de votre opérateur, d'où la traversée longue... On voit ici l'encapsulation des paquets dans le tunnel. Idem dans l'autre sens.

DIAPO 11 : Contexte de transmission de données

Quand l'utilisateur va se raccorder au réseau GPRS, il va activer un contexte de transmission de données qui sera caractérisé par des adresses du terminal, du SGSN, un niveau de QoS. Bon là avec le GPRS, c'était balbutiant. Un seul contexte de transmission de données à la fois, et donc un seul niveau de QoS. Pour la QoS, quatre catégories liées au délai et à la perte... bon ce n'est qu'un début de la QoS. Toutes les réflexions ATM, MPLS... n'étaient pas encore passées par là.

DIAPO 12 : Automate caractérisant l'activité d'un terminal

En GSM, l'application principale visée est la téléphonie pour laquelle l'activité est simple : en communication, on a un canal TCH et on parle ; une fois la communication finie, on ferme le canal TCH.

Pour le GPRS, cela ne peut pas être pareil. On va ajouter un niveau d'activité intermédiaire où le terminal est repéré mais n'est pas exactement en train de transmettre ou recevoir. L'idée est que si tout d'un coup, il veut transmettre, on ne repasse pas toutes les étapes d'authentification et d'établissement de toutes les phases d'établissement de tunnel qui sont longues. C'est ce qui est décrit par la diapo 12.

Idem, on a défini une zone plus petite que la zone de localisation qui permet de gagner du temps encore une fois...

DIAPO 13 et 14 : Attachement du réseau au réseau GPRS

Les échanges protocolaires sont retracés... assez semblable à ce que l'on a vu dans GSM. Je vous laisse les lire.

DIAPO 15 : Fonctionnement général sur l'interface radio

On va maintenant s'intéresser à la partie la plus importante du réseau d'accès GPRS qui va se matérialiser par les échanges sur l'interface radio.

Sur la diapo 15 est illustré la pile de protocole qui se déroule sur le terminal utilisateur.

On y voit le plan de données et le plan de contrôle. Les deux plans de communication se rassemblent au niveau de la couche LLC et toute la partie basse est commune.

Si on part de la couche physique, les canaux GPRS sont des canaux communs au système GSM (un intervalle de temps sur une fréquence porteuse donnée). L'allocation de ressources ne se fera pas sur un seul slot comme en GSM mais sur 4 slots consécutifs du même canal. Cela permet d'avoir des messages plus grand.

En GPRS, plusieurs taux de codage sont possibles, ce qui signifie que le volume utile que l'on pourra envoyer sur les 4 slots qui seront alloués dépendra du taux de codage ; mais pour un taux de codage donné, on aura un volume utile constant. Dans le GPRS, le choix du taux de codage se fera à l'échelle d'un flux (on en reparlera plus tard). Pour un flux donné, on n'aura donc que des messages des couches RLC/MAC qui seront de taille constante.

Cette taille est encore faible vis-à-vis des paquets IP. La couche RLC pourra donc concaténer des messages, segmenter des messages pour remplir au mieux.

EDGE qui constitue une amélioration du GPRS et appelé 2,75G ne change que très peu par rapport à GPRS. Les améliorations portent justement sur cette partie. Plusieurs ordres de modulation et de codage sont possibles – ce qui se traduit par un nombre de bits par symbole plus grand et donc un débit plus grand. C'est aussi avec EDGE que l'on a vu apparaître une technique qui est présente partout dans les réseaux sans fil et mobiles et qui consiste à faire évoluer dynamiquement ce couple (modulation, codage) de façon à s'adapter à l'état courant du support de communication. En fonction de la qualité de réception du signal, la station de base calcule ce couple et le renvoie au terminal. Dans le GPRS comme cela est fait à l'échelle du flux, ce calcul se doit d'être prudent en prenant de la marge. Dans EDGE cela pourra changer à l'échelle des trames et donc on a moins de prudence à avoir.

Nous n'irons pas plus loin dans ce cours réseau sur la description de ces mécanismes. En revanche, on verra les impacts sur les protocoles. Les terminaux doivent être modifiés !

La couche LLC ressemble à HDLC et plusieurs variantes seront possibles en fonction du protocole qui l'utilise. 4 niveaux de qualité de service sont prévus dans le plan de données liées à la perte et au délai. Dans le plan de contrôle on retrouve les protocoles GMM (gestion du nomadisme et de la mobilité) et SM (envoi de SMS).

Au-dessus des points d'accès au service dans le plan de données, on trouve le protocole SDCP et au-dessus la couche réseau (IP ou X.25).

DIAPO 16 : SDCP

On en a déjà beaucoup parlé...

DIAPO 17 : LLC

C'est un protocole à la HDLC.

3 types de fonctionnement ont été proposé en fonction des besoins des couches supérieures :

- un mode de fonctionnement sans connexion avec contrôle d'erreur sur l'ensemble de la trame. On n'envoie que des trames UI. C'est le mode de fonctionnement qui a été retenu par le plan de contrôle, non pas parcequ'on ne veut pas de fiabilité mais que les protocoles des niveaux supérieurs ont déjà des mécanismes de fiabilisation (voir le cours GSM) et que vu les volumes échangés, la fiabilisation coûterait aussi cher que l'envoi de données ;
- un mode de fonctionnement sans connexion avec contrôle d'erreur sur l'en-tête seule, c'est le mode de fonctionnement qui a été pensé pour les flux avec contraintes temporelles, typiquement Voix sur IP, vidéo... en gros quand on a UDP par exemple
- un mode de fonctionnement avec connexion, contrôle de flux, reprise sur erreur – du grand classique avec des trames I.

Par rapport à HDLC, beaucoup de points communs. Les principaux progrès reposent sur les trames de supervision. Dans les versions précédentes, on faisait de la

retransmission continue où l'on retransmettait tout à partir de la première erreur ou de la retransmission sélective dans lesquelles on ne pouvait rejeter qu'une seule trame à la fois. Enfin, on a repris HDLC avec de la retransmission sélective. Il y a donc 4 trames S : RR, RNR (idem HDLC), mais on ACK qui permet de rejeter une seule trame (on a reçu correctement, $(n-2)(n-1) \text{ pas } n(n+1)$), à la réception de $(n+1)$ on demande de la renvoyer et rien qu'elle – et enfin SACK où l'on va préciser dans la fenêtre d'émission les trames qui auront été reçues correctement et celles que l'on peut deviner comme étant manquantes donc en erreur sur le récepteur. La différence avec HDLC est que cette fois, le champ de commande est agrandi. On envoie un bitmap de ce qui a été reçu correctement.

Dernière modification, le piggybacking. Dans HDLC, on fait du piggybacking mais qui ne peut envoyer que des bonnes nouvelles ie des accusés de réception positifs. Dans LLC, on peut accoler n'importe laquelle des 4 trames S.

DIAPO 18 : on rentre dans le dur !

On va arriver au point central qui est l'allocation et le partage des ressources en GPRS. Sur la diapo, j'ai représenté les slots successifs d'un canal GPRS (un slot sur une bande de fréquence). Le canal physique GPRS sera caractérisé par un intervalle sur une fréquence porteuse. L'opérateur configure son système en choisissant les canaux qu'il dédie au GSM et ceux qu'il dédie au GPRS. Certains canaux (paging, systèmes...) peuvent être partagés entre les deux. L'opérateur pourra reconfigurer ces nombres de canaux respectifs en fonction des besoins (c'est un joli problème d'évaluation de performances). Contrairement au réseau GSM où tous les canaux logiques ont un débit constant (cf. cours GSM), cette fois, le partage des canaux physiques vont être fait dynamiquement en fonction des besoins. Pour optimiser les ressources, le canal physique sera partagé entre plusieurs utilisateurs et plusieurs utilisations. Ces utilisations seront des transmissions de données utiles, des accusés de réception, de la signalisation, des informations systèmes. La granularité de l'allocation est de 4 slots consécutifs qui vont former des **blocs**. Les informations systèmes passeront sur quelques slots prédéterminés.

Les décisions de l'utilisation des blocs sont faites par le contrôleur de stations de base – ce n'est pas une grande surprise. On a un système dissymétrique dans la mesure où l'on a dans le sens montant N émetteurs et 1 récepteur et dans le sens descendant 1 émetteur et N récepteurs ; il n'y a pas de dialogues directs entre les terminaux.

Dans le sens descendant, on va donc avoir un problème d'ordonnancement. Le contrôleur de station de base va choisir l'ordre dans lequel il va envoyer les messages vers les différents utilisateurs. Attention, les problèmes d'ordonnancement rentrent dans la catégorie des problèmes NP-complet... On peut néanmoins dire que le problème est plus simple que dans l'autre. La raison profonde est qu'il n'y a pas une grande disparité dans les applications visées... on reprendra cette thématique de façon plus longue dans les cours 3G et surtout 4G.

Dans le sens montant, on a un problème qui est plus compliqué car l'entité qui prend les décisions n'est pas l'entité qui émet.

Donc on voit que l'on retombe sur un problème de décision d'allocations. L'idée dans ces réseaux va être d'éviter de gaspiller des ressources en mettant en place une méthode d'accès aléatoire... Là encore on va retomber sur une configuration que l'on a déjà vu par exemple avec le FTTH – mais ce dernier est un peu plus récent plutôt contemporain de la 3G. Comme on le comprend on a donc en plus de la partie allocation MF-TDMA de partage du support en canaux un deuxième niveau de partage entre les utilisateurs. La première est traitée au niveau de la couche physique, la seconde dans le domaine réseau au travers de la couche MAC.

Attention des canaux sont présents encore de type paging, accès aléatoire... pour permettre par exemple aux utilisateurs de rentrer dans le réseau !

Ce sont des canaux communs avec le GSM ou dédiés...

DIAPO 19 : Format

Sur cette diapo sont présentés les formats des messages. Ces messages sont ceux des couches RLC et MAC. On forme des blocs qui serviront indifféremment pour les deux couches protocolaires. Elles ne s'empilent donc pas complètement l'une sur l'autre mais cohabitent. Un élément binaire de l'en-tête permet de voir s'il s'agit d'une RLC-PDU ou d'une MAC-PDU. Il y aura une partie d'en-tête et des données. La partie contrôle d'erreur sera traité par la couche PHY. L'ensemble va être émis sur une durée constant ; celle correspondant à 4 slots. En GPRS, pour un taux de codage donné, le volume d'information utile sera constant. Le volume émis sur le support sera constant.

En EDGE, pour un taux de codage donné et une modulation donnée, le volume utile sera constant. La durée d'émission sera constante mais le volume y compris le code d'erreur n'est pas constant car cela dépend de la modulation.

Les informations sont chiffrées.

Le champ USF sera expliqué plus loin.

DIAPO 20 : Principes de fonctionnement

La couche RLC fonctionne en mode connecté. Les connexions sont unidirectionnelles et on va ouvrir des flux. L'idée de l'unidirectionnalité provient de la volonté de ne pas vouloir conserver des flux ouverts alors qu'ils ne sont plus actifs. A une échelle de temps faible, de nombreux trafics sont unidirectionnels.

Quand la couche LLC veut émettre une LLC-PDU, elle regarde s'il y a un flux ouvert et s'il convient (QoS). Si tel est le cas, on se sert du flux ouvert. Sinon on ouvre un nouveau flux. A la fin de la transmission de la LLC-PDU (RLC-SDU), on ferme la connexion à moins qu'une nouvelle demande de transmission de LLC-PDU soit arrivée entre temps.

Deux types de connexions sont possibles, avec ou sans fiabilisation par accusés de réception.

Les trames LLC sont potentiellement grandes et donc peuvent ne pas rentrer dans un seul RLC-PDU. RLC fera la segmentation et le réassemblage. Les RLC-PDU sont numérotées + indication de fin.

La mise en place des flux est très différente dans le sens montant et descendant. Attention, là les terminaux sont supposés enregistrés, authentifiés, localisés (là au besoin on peut le faire)...

Dans le sens descendant c'est simple. La station de base (en fait le contrôleur) envoie un message sur le canal PAGCH pour dire à l'utilisateur le numéro de canal GPRS sur lequel les messages seront envoyés. On donne un numéro au flux TFI et un numéro d'USF relatif au canal GPRS. Et c'est fini !

Dans le sens montant c'est plus compliqué car l'utilisateur n'a pas de ressources qui lui soient attribués par défaut. Par conséquent, le terminal fait une requête sur le canal en accès aléatoire (PRACH). Le réseau lui indique le canal sur lequel la communication va se dérouler et lui donne une ressource (un bloc dans le sens montant) pour que le terminal puisse le faire.

Si volume très court, on pourra se contenter de ce bloc pour envoyer la donnée.

Sinon (c'est le plus commun), le terminal va indiquer le volume qu'il veut envoyer (couche MAC). La station de base détermine le taux de codage que l'utilisateur doit utiliser et en déduit le nombre de blocs dont il aura besoin pour le faire. Elle va alors ordonnancer cette requête pour déterminer les blocs jusque là libres qu'elle attribue à l'utilisateur. En retour, elle précise au terminal les blocs qui lui sont attribués pour transmettre ces données (couche MAC).

On voit donc qu'il y a un algorithme d'ordonnancement qui se déroule pour déterminer les allocations dans le sens montant et un deuxième pour le sens descendant. Tout cela est calculé au niveau du contrôleur de station de base.

DIAPO 21, 22 et 23 : Déroulement de l'envoi des données – utilisations des blocs

Si l'on regarde l'utilisation des blocs dans le sens montant et descendant, on voit qu'il va y avoir des blocs de données et des blocs de contrôle (MAC pour l'allocation et RLC pour les accusés de réception).

Dans le sens descendant, il n'y a qu'un émetteur. Il faudra donc ordonnancer sur un canal GPRS l'ensemble de ces messages – données et contrôle et cela est laissé à l'appréciation du contrôleur de station de base.

Le plus compliqué est le sens montant. Dans le sens montant le terminal enverra des requêtes initiales de demandes de ressources sur des blocs qui lui ont été explicitement fournis.

Il enverra ensuite ses données sur les blocs qui lui ont été fournis.

Attention, peuvent se produire des erreurs de transmission. Là ce n'est pas trop compliqué. La station de base sait les blocs qu'elle a attribués au terminal. Elle éliminera les blocs en erreur et saura exactement le nombre de blocs qu'il faudra réattribuer au terminal pour qu'il refasse ses transmissions. La station de base les calcule et effectuera une nouvelle attribution quand elle enverra ses accusés de réception. On a des communications unidirectionnelles – il n'y a donc pas de piggybacking.

Maintenant il y a les accusés de réception que doit remonter le terminal pour les données envoyées dans le sens descendant. Là encore ce n'est pas trop compliqué. On prévient l'utilisateur dans les blocs de données dans le sens descendant du bloc qui sera attribué dans le sens montant pour que le terminal puisse dire ce qu'il a reçu et ce qu'il n'a pas reçu correctement.

Il ne reste qu'un cas non traité qui est le cas de figure où en cours de transmission des blocs qui ont été nécessaires pour transporter une LLC-PDU une nouvelle LLC-PDU survient. On aurait pu refermer le flux.

Ce qui a été décidé c'est que dans son ordonnancement des blocs dans le sens montant sur un canal GPRS, certains blocs soient laissés en accès aléatoire dans le sens montant pour demander de nouveaux blocs (dans les faits un volume et on retombe sur la même configuration que lors de l'ouverture du flux).

C'est là qu'intervient l'USF.

L'USF est utilisé uniquement dans le sens descendant et il est envoyé en clair. Il n'est pas lié à ce que contient le bloc à suivre.

Il y a 6 USF disponibles pour avoir jusqu'à 6 terminaux sur le même canal GPRS. Pour USF compris entre 1 et 6, cela signifie que le prochain bloc dans le sens montant est dédié au terminal qui possède cet USF.

USF=0 signifie que le bloc est déjà réservé pour qu'un utilisateur qui a été prévenu à l'avance (cf. illustrations protocolaires qui suivent) envoie un bloc RLC pour dire ce qu'il a reçu et pas reçu correctement

USF=7 signifie que le bloc suivant dans le sens montant est laissé en accès aléatoire.

Bon franchement, ce n'est pas le plus beau du GPRS ! Il aurait été beaucoup plus efficace comme on l'a par exemple vu en FTTH de permettre de mettre la requête dans l'envoi de données (ie dans l'envoi du dernier bloc par exemple).

Pour finir on en vient à EDGE. La difficulté vient cette fois de la modulation et du codage adaptatif. En effet, les blocs sont numérotés et le problème que l'on a est que justement on aura tendance à changer la modulation et le codage quand on commence à recevoir des messages erronés. Dans GPRS, pas de souci, on doit réallouer le même nombre de blocs. En

EDGE non car il faut recalculer le nombre de blocs avec le nouveau couple codage/modulation. Mais de plus la numérotation ne convient plus. Si l'on suppose que le bloc 1 était erroné et le bloc 2 correct. On change modulation/codage et il faut maintenant deux blocs pour renvoyer l'ancienne RLC-PDU numéro 1. On peut faire des 1.1 et 1.2 ; mais il peut y avoir de nouvelles erreurs...

Le choix qui a été fait a été de découper les blocs en mini-blocs. Ce sont les mini-blocs qui seront numérotés. Le changement de modulation/codage va se traduire par un nouveau nombre de blocs. Mais plus de souci pour la numérotation.

DIAPO 24 : Illustration sens descendant

On commence par une illustration RLC dans le sens descendant. La station de base envoie 4 messages mais deux seront erronés. La station de base prévoit un bloc dans le sens montant pour que le terminal a bien reçu ou pas. Dès que ce calcul est fait, la station de base va prévenir dans chacun des messages dans le sens descendant du bloc qui sera réservé dans le sens montant.

Il suffira que l'un des blocs qui porte cette information soit reçu pour que le terminal puisse renvoyer son accusé de réception. En l'occurrence, on constate ici que le premier et le dernier bloc sont erronés. Cela va se traduire par le fait que le terminal qui essaye de décoder tous les blocs reçus dans le sens descendant, n'aura rien réussi à en faire et les aura donc supprimés. La réception des deux blocs intermédiaires permet de constater que le premier est manquant. En revanche on ne pourra rien dire du dernier.

La station de base est informée que 2 et 3 ont été reçus correctement mais pas 1. Elle renvoie 1 et 4 et c'est fini.

DIAPO 25 : Illustration sens montant

Le terminal envoie ses blocs. Quand elle en aura envie la station de base enverra des informations sur ce qu'elle a reçu correctement. Attention, ici c'est plus simple car c'est elle qui a procédé à l'ordonnancement et elle sait très bien le nombre de blocs qu'elle a reçus correctement et donc aussi ceux qui ont été reçus en erreur.

Elle calcule le nombre de blocs qu'elle devra réattribuer à l'utilisateur pour cela et donne toutes ces informations dans le sens descendant.

Voilà, on a presque fini. Attention l'ordonnancement que ce soit dans le sens montant ou descendant ne sont pas normalisés !

DIAPO 26 : Où est le truc ?

On vient d'expliquer comment partager les canaux GPRS en sens montant et descendant mais on a dit que le débit était supérieur en GPRS par rapport à GSM et encore plus en EDGE. Effectivement, l'évolution de la modulation et du codage a permis une partie de cette augmentation.

L'autre point marquant est que les terminaux pourront avoir plusieurs canaux GPRS en même temps : jusqu'à 4 dans chacun des deux sens qui leur permettra d'augmenter cette fois sensiblement les débits en profitant des silences des terminaux.

Attention, un flux pourra être sur plusieurs canaux mais un bloc n'est envoyé que sur un canal (ie on aura bien toujours 4 slots sur le même canal GPRS pour envoyer le bloc et pas 4 slots sur 4 canaux différents envoyés dans la même trame physique). Attention, on n'utilise qu'un canal pour le contrôle.