

NOTES SUR LE COURS HSPA – André-Luc Beylot

Diapo 1 :

Les générations des réseaux mobiles durent environ 10 ans. C'est le temps nécessaire pour amortir les investissements pour les opérateurs. En revanche, le monde télécoms ne peut plus se contenter d'évoluer à ce rythme. Pour le GSM, le succès n'était pas connu à l'avance et c'est seulement devant l'ampleur du succès finalement très rapide, que l'ETSI s'était penché sur la solution GPRS. Ces technologies étaient toutefois sans réelle concurrence pour ce type de services.

A partir de la 3G, les opérateurs/équipementiers se sont faits à l'idée que les standards allaient évoluer sur une base quasi annuelle – quelques aménagements – et tous les 4/5 ans de vraies évolutions.

C'est donc le cas avec HSPA : High Speed Packet Access qui rentre dans les standards 3G+.

Diapo 2 :

L'introduction justifiera les motivations profondes de ces évolutions. Elles ont commencé sur le downlink au travers de la solution HSDPA puis sur l'uplink avec HSUPA puis quelques nouvelles améliorations.

Diapo 3 :

Cette diapo rappelle l'évolution : déploiement de l'UMTS en 2002 en France et HSDPA en 2005. Attention entre les *Release* et les déploiements est d'environ 3 ans (fabrication des équipements, tests...).

Diapo 4 :

Les attentes sur les réseaux UMTS ont un peu été déçues. Le débit annoncé était rarement atteint ; les réseaux EDGE n'étaient pas franchement dépassés par l'UMTS (on rappelle que dans EDGE, la voix passe par le réseau GSM). Les utilisateurs avaient désormais l'habitude du streaming et c'est le moment où ces services ont commencé à occuper une grande partie des supports.

D'autre part, l'IEEE fort de son succès avec le WiFi (IEEE 802.11) s'est lancé dans l'aventure de la création de réseaux d'infrastructure avec accès sans fil avec la proposition des réseaux WiMax (IEEE 802.16) : avec une solution fixe 802.16d et une solution mobile 802.16e. Le monde télécoms a pris peur avec cette nouvelle concurrence inattendue. Les solutions WiMax ont connu un certain succès en Asie et aux Etats-Unis ; très peu en Europe où les opérateurs ont peu investi dans cette solution.

Rétrospectivement, la peur était sans doute peu fondée car le monde IEEE était sans doute allé au-delà de ce qu'il savait faire. L'IEEE sait proposer des solutions simples pour des réseaux sans fil monosaut (WiFi, Bluetooth...) mais un vrai réseau d'infrastructure est un autre métier (nombreux acteurs, abonnements...). En France, les licences avaient été accordées aux collectivités territoriales et à des opérateurs peu connus. Certains équipementiers y ont laissé des plumes (Alcatel en France).

L'intérêt a tout de même été d'accélérer l'évolution des réseaux 3G.

Les premiers trafics pour lesquels on avait besoin d'une amélioration étaient les flux de streaming (nombreux et débit important). Ces trafics sont des trafics descendants et donc il a été nécessaire d'améliorer en premier lieu le downlink (on retombe sur les mêmes réflexions que sur les réseaux d'accès filaires ADSL). Cela s'est traduit par la

solution HSDPA – pour les trafics non temps réel puis on s’est ensuite attaqué au sens montant au travers du HSUPA. HSPA englobe les deux.

Diapo 5 :

Si l’on considère les principales caractéristiques des solutions HSPA, il y a des mécanismes de niveau couche physique et des mécanismes des couches supérieures. Sur la couche physique, on peut utiliser des ordres de modulation plus élevés et des taux de codage plus favorables. C’est aussi le moment où les solutions MIMO (Multiple Input Multiple Output) ont été déployées (plusieurs antennes en émission et en réception). Pour les couches supérieures, il s’agira d’améliorer les techniques d’ordonnancement. Jusque là, l’ordonnancement était effectué au niveau de la couche MAC sur le contrôleur de station de base. On a donc décidé de faire cet ordonnancement au niveau de la station de base et donc de déplacer la couche MAC vers la station de base pour ces flux. L’objectif sera de tenir rapidement de l’état du canal.

Diapo 6 :

Sur la partie couche physique, il s’agit de généraliser les techniques de modulation et de codage adaptatif – si l’on prend ces décisions plus rapidement, on peut être moins prudent sur le choix retenu car il aura une durée de vie plus faible et s’adaptera plus vite en fonction de la variation de la qualité du canal.

De la même façon, on introduit un nouveau mécanisme de fiabilisation intitulé HARQ. Au niveau de la couche PHY, il y a déjà du FEC pour essayer de corriger automatiquement – se déroule sur le terminal et sur la station de base. On ajoute aussi un mécanisme ARQ sur la couche PHY qui se déroule donc entre le terminal et la station de base. C’est de type *send and wait*. Au bout d’un certain nombre de tentatives, on arrête ; ce sera alors le mécanisme ARQ de la couche RLC qui prendra le relais (cette fois entre le terminal et le contrôleur de station de base). Cela ajoute un délai faible mais permet de traiter une bonne partie des erreurs de transmission.

Le point suivant concerne la taille des trames de la couche qui ont été très nettement réduites. Les décisions sont prises plus rapidement à l’échelle des TTI.

Diapo 7 :

Dans l’UMTS coexistaient des canaux de données dédiés et des canaux communs (sens descendant – pour faire du multicast). Ces derniers ont été peu utilisés (cf. cours UMTS). L’idée a alors consisté encore une fois à trouver des solutions pour partager des ressources. Dans le sens descendant, on introduit la notion de canal partagé à haut débit. L’idée va être de partager ce canal entre les utilisateurs. C’est bien évidemment plus simple dans ce sens là (un émetteur plusieurs destinataires).

Diapo 8 :

Améliorations dues à la présence de la couche PHY et MAC sur la station de base ainsi que par des tailles de trames PHY plus petites. Le soft handover n’est plus possible car la couche MAC est maintenant sur la station de base (et des décisions y sont prises donc pas possible de prendre des décisions concertées entre les contrôleurs de station de base comme en UMTS).

Diapo 9 :

Là ça devient un peu technique. Dans un premier temps les canaux de signalisation, les canaux destinés au réseau téléphonique et les canaux montants sont restés des DCH et

seuls les canaux de données dans le sens descendant pour les trafics non temps réel sont passés sur ces fameux canaux partagés. Dans un deuxième temps, les canaux de signalisation sont aussi passés sur des canaux partagés.

L'idée sous-jacente est que pour des trafics temps réel et destinés au réseau à commutation de circuit, c'est là que l'on a le moins à gagner à partager des ressources. Tenir compte de la qualité instantanée du canal pour savoir quelle communication faire passer en premier peut permettre de gagner en efficacité spectrale mais va surtout se traduire par de la gigue !

DIAPO 10 : Canaux (suite)

A partir de HSUPA, de nouveaux canaux de données seront utilisés dans le sens montant mais ne pourront pas être partagés (qui parle et quand ?) ; le CDMA permettait de faire ce partage.

Donc en HSDPA (descendant) des canaux de contrôle communs et des canaux de données également partagés.

DIAPO 11 à 15 : je saute – y sont illustrés le codage et la modulation adaptative en fonction des remontées de mesure et le mécanisme HARQ (combiné avec ARQ).

DIAPO 16 : Ordonnancement

Pour la première fois, une vraie réflexion a été menée sur l'ordonnancement sur le lien descendant. En effet, en UMTS, on jouait sur les codes et le contrôle de puissance mais les utilisateurs avec des canaux dédiés. Cette fois le réseau va jouer sur l'ordonnancement dans ce canal de données partagé.

Plusieurs métriques, potentiellement contradictoires, peuvent apparaître :

- qualité du support de communication
- équité entre les utilisateurs et/ou les flux
- qualité de service des flux.

Les spécialistes de couche physique sont souvent concentrés sur l'optimisation de l'efficacité spectrale. Cela revient à dire qu'à tout moment, on choisirait la trame à émettre qui correspond à l'utilisateur qui est dans les meilleures conditions de réception car pour lui, on pourra choisir les ordres de modulation et les taux de codage les plus favorables. Le problème de cette technique est qu'elle est inéquitable entre les utilisateurs (ceux qui sont dans de mauvaises conditions de réception seront durablement pénalisés – on comprend bien que les flux de voix en provenance du RTC ne pouvaient pas être traités ainsi par exemple).

L'équité entre les utilisateurs peut se traduire par exemple par un Round Robin. Bon tout le monde ne reçoit pas le même débit utile car les taux de modulation et de codage dépendent des conditions de réception. On peut aussi essayer de donner le même débit à tout le monde... Toutes ces solutions visant l'équité risquent de conduire à une forte détérioration de l'utilisation du support.

La prise en charge de la qualité de service peut également être prise en compte en favorisant les trafics dans l'ordre décroissant des contraintes de délai.

DIAPO 17 : Round Robin est simple

DIAPO 18 à 20 : Proportional Fairness

Une famille d'algorithmes a commencé à voir le jour qui vise à trouver un compromis entre utilisation des ressources et équité. L'idée va être de comparer les conditions

instantanées du récepteur par rapport à ses conditions moyennes de réception (rapport entre le débit utile instantané auquel on peut lui envoyer des données par rapport à son débit moyen). Les conditions moyennes peuvent être faire comme une moyenne des dernières conditions de réception, des moyennes glissantes (filtre)...

L'idée est la suivante. La qualité du canal varie pour tout le monde et on va envoyer les données vers l'utilisateur dont le rapport entre les conditions instantanées et les conditions moyennes sont les meilleures. L'espoir est que du coup tout le monde sera servi... Plein de variantes sont possibles pour tenir compte des ressources que l'on a déjà attribuées.

Attention, ce n'est toujours pas une prise en compte des paramètres de qualité de service.

La littérature a été particulièrement abondante en la matière pour essayer de tenir compte de ces critères potentiellement antagonistes.

Attention encore, ces algorithmes ne sont pas normalisés !

DIAPO 21-23 : Gestion de la mobilité en HSDPA

La gestion des handovers en HSDPA comme dans les réseaux précédents va viser à permettre la continuité de la communication lorsque l'utilisateur se déplace ou lorsque ses conditions de réception se détériorent. La différence fondamentale avec l'UMTS, c'est que la couche MAC est désormais située sur la station de base et donc tout changement de cellule ne peut plus être traité à la mode de ce que l'on faisait en UMTS avec le soft handover (duplication du chemin et transmission des messages sur les deux chemins). On fait du hard handover ; un utilisateur n'est connecté qu'à une station de base à la fois. Les retransmissions sont prises en charge par la couche RLC située sur le contrôleur de station de base.

Pour les canaux DCH, attention, on peut toujours utiliser les soft handover : attention, les canaux montants sont de type DCH et les canaux de signalisation dans le sens descendant l'ont aussi été pendant un certain temps....

Du coup, il faut bien regarder au cas par cas pour chaque type de canal...

DIAPO 24-31 : HSUPA

Le sens montant était moins vital que le sens descendant. Les trafics ne sont symétriques que pour les applications conversationnelles qui n'ont pas été visées dans un premier temps par HSDPA.

Dans le sens montant, attention c'est comme toujours plus compliqué à gérer que dans le sens descendant car c'est celui où il y a N émetteurs et 1 récepteur + c'est le réseau qui attribue les ressources car on veut toujours éviter l'accès aléatoire sur les données utilisateur.

On a donc repris les mécanismes HSDPA pour voir ceux qui étaient possibles en HSUPA. On a gardé l'HARQ et l'ordonnancement au niveau de la station de base en remplacement du contrôleur de stations de base ainsi que des trames couche PHY plus courtes pour recalculer plus fréquemment les allocations de ressources.

En revanche, les ressources, ce sont des codes CDMA et des niveaux de puissance et pas un découpage temporel qui diraient qui, parmi les terminaux, parle et quand. Donc le partage et le gain seront moins efficaces que dans HSDPA.

Il y a des canaux de contrôle dans le sens montant pour remonter l'état des buffers et des canaux dans le sens descendants pour faire le HARQ et allouer les ressources (puissance, débit). Ces calculs sont effectués en fonction de la qualité du support, du niveau de bruit et de l'état du buffer d'émission. On peut réduire cette signalisation en

attribuant un débit minimal (par le contrôleur et pas par la station de base). Pas d'« ordonnancement » pour ces flux.

Ce qui est difficile, c'est que contrairement au sens descendant où l'on émet à la puissance que l'on veut pour un utilisateur puis on passe à un autre, ici chaque terminal a une puissance mais elle n'est pas partagée entre les utilisateurs.

DIAPOS 32 et 33 – Mobilité en HSUPA

Les canaux étant dédiés, on continue à pouvoir faire du soft handover. Gestion un peu spéciale du HARQ – il suffira que ce soit validé sur l'un des deux liens pour que la couche MAC en soit informée (sur le terminal utilisateur). La couche RLC située sur le RNC recevra donc une des copies et ne lancera pas la reprise potentielle ultérieurement.

DIAPOS 34-44 – Améliorations supplémentaires et conclusions

Ces diapos montrent :

- comment HSDPA et HSUPA peuvent servir aussi pour des flux conversationnels de type voix sur IP (attention pas pour la voix à envoyer vers le réseau à commutation de circuits ;
- comment on peut simplifier et réduire les délais pour des accès Internet – c'est un peu la philosophie qui prévaudra pour LTE
- Il y a aussi des HSPA+ où l'on a commencé à implanter des solutions MIMO...

Toutes ces améliorations ont permis d'atteindre des débits supérieurs (20Mb/s dans le sens descendant par exemple avec HSPA+) et un fonctionnement sur le lien radio permettant de mieux partager dynamiquement les ressources (et si le problème de la 3G avait été ce choix originel du CDMA ?)