

Introduction à HSPA+ (3GPP Release 7)

Marceau Coupechoux
Philippe Godlewski
ENST, Département Informatique et Réseaux

Jean-Marc Kélif
Orange Labs

Plan

- Introduction
- Couche PHY : Modulation, MIMO
- Couche MAC/RLC : MAC-ehs, RLC
- Couche RRC : CPC, Enhanced Cell_FACH
- Catégories UE
- Architecture
- Conclusion

Introduction

- HSPA+ est principalement conçu pour :
 - Améliorer le support de la VoIP
 - Augmenter le débit maximal en utilisant des modulations de canal plus élevées dans les liaisons montante (uplink) et descendante (downlink) et la technique MIMO.
- Permettre une architecture simplifiée pour des services de type paquet uniquement.
- Grâce à l'intégration du RNC dans le noeud B, la "latence" du système peut être améliorée.
- Une architecture (centralisée) régulière est encore possible avec HSPA+ et mieux adaptée à des réseaux macro.

Introduction

- Performances en termes de débits pics [4] :

Release	UMTS R99	HSDPA	HSUPA	HSPA+	LTE (20MHz)
Downlink	2 Mbps	14 Mbps	14 Mbps	28.8 Mbps	100 Mbps
Uplink	384 Kbps	384 Kbps	5.74 Mbps	11.5 Mbps	50 Mbps

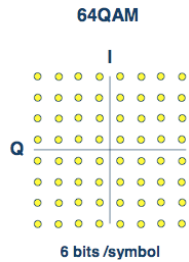
- Performances attendues en termes de délais [3] :

Release	UMTS R99	HSDPA/HSUPA	HSPA+	LTE (20 MHz)
RTT	150 ms	100 ms	<50 ms	<10 ms

Couche PHY Modulations



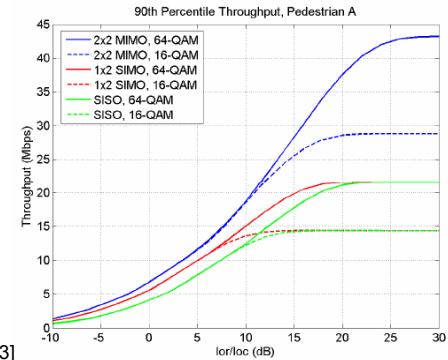
- La release R6 permet d'utiliser la 16QAM, la release R7 permet d'utiliser la modulation **64QAM sur la voie descendante**.
- Ce schéma permet d'atteindre des débits d'environ 21.6 Mbps mais
 - Il nécessite des récepteurs de bonne qualité afin de lutter efficacement contre les interférences.
 - Il ne peut être utilisé que dans de bonnes conditions radio (faible charge ou distance BS-UE faible).



Couche PHY Modulations



- La 64QAM ne peut être utilisée en conjonction avec les MIMO : cela permet de limiter la complexité d'implémentation des récepteurs et ainsi de réduire le délai d'introduction sur le marché.
- L'utilisation conjointe 64QAM-MIMO est possible en release R8.



MIMO+64QAM = 43,2 Mbps

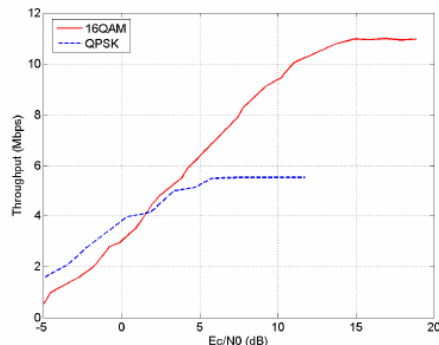
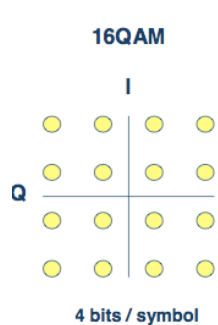
MIMO+16QAM = 28.8 Mbps

Tiré de [3]

Couche PHY Modulations



- La release R6 utilise la QPSK, la release R7 permet d'utiliser la modulation **16QAM sur la voie montante**.
- Comme sur la voie descendante, cette modulation n'est utilisable que dans de très bonnes conditions radio (faible charge ou proche de la BS).



MIMO+16QAM = 11,5 Mbps

Tiré de [3]

Couche PHY Modulations



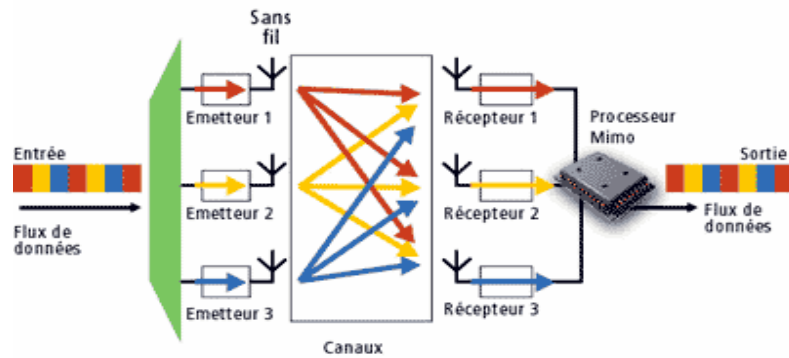
- La 16QAM et la transmission multi-code permettent d'atteindre un débit de 11,5 Mbps sur la voie montante.

E-DCH Category	Max. num. Codes	Min SF	EDCH TTI	Maximum MAC-e TB size	Theoretical maximum PHY data rate (Mbit/s)
Category 1	1	SF4	10 msec	7110	0.71
Category 2	2	SF4	10 msec/ 2 msec	14484/ 2798	1.45/ 1.4
Category 3	2	SF4	10 msec	14484	1.45
Category 4	2	SF2	10 msec/ 2 msec	20000/ 5772	2.0/ 2.89
Category 5	2	SF2	10 msec	20000	2.0
Category 6	4	SF2	10 msec/ 2 msec	20000/ 11484	2.0/ 5.74
Category 7 (Rel.7)	4	SF2	10 msec/ 2 msec	20000/ 22996	2.0/ 11.5

Tiré de [4]

Couche PHY MIMO

- Principe :



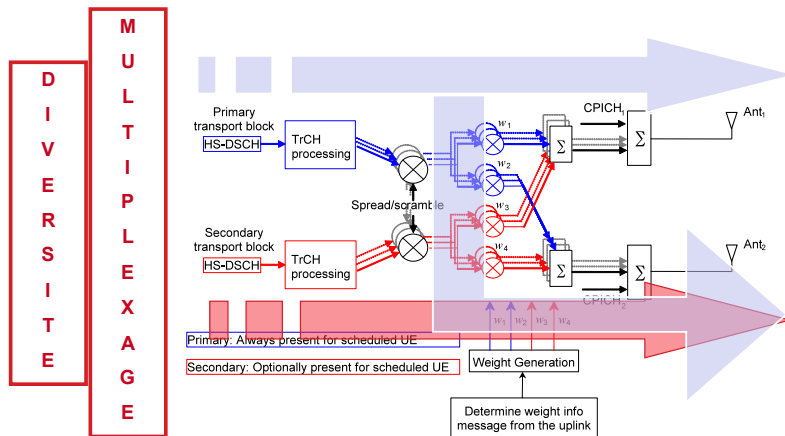
Technique MIMO "Entrées multiples - Sorties multiples"

Tiré de [5]

Couche PHY MIMO

- La release R99 permet de faire de la diversité en transmission en boucle ouverte (STTD) ou en boucle fermée (CLTD), mais cette fonctionnalité n'a jamais été mise en œuvre.
- La release R7 permet un MIMO 2x2. Le mécanisme est nommé **D-TxAA (Double Transmit Antenna Array)**
- Avantages :
 - Array gain* : le récepteur capte plus de puissance grâce à ses antennes multiples.
 - Gain de diversité : le récepteur reçoit le même signal empruntant différents chemins indépendants.
 - Gain de multiplexage : plusieurs flux sont envoyés simultanément.
- Inconvénient :
 - Complexité d'implémentation.

Couche PHY MIMO

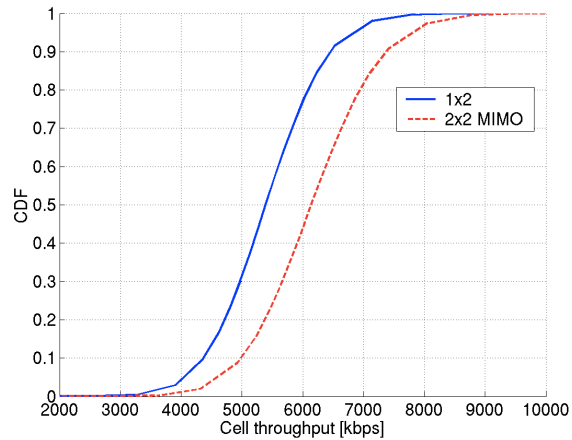


Couche PHY MIMO

- Il est possible d'émettre 1 ou 2 flux simultanément sur le même code de canalisation.
- Une phase de « pre-coding » est nécessaire (poids w_1, w_2, w_3, w_4).
- Deux CPICH (Primary et Secondary) sont nécessaires pour l'estimation du canal sur chacune des antennes de transmission.
- Signalisation :**
- Voie montante : sur le HS-DPCCH
 - un CQI pour chacun des flux
 - le PCI (Precoding Control Info.)
 - un ACK/NACK pour chacun des flux
- Voie descendante : sur le HS-SCCH
 - Le nombre de flux actifs
 - La modulation
 - Le vecteur de pre-coding utilisé

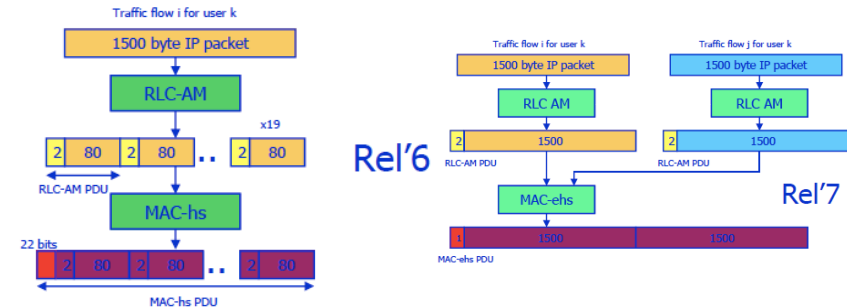
Couche PHY MIMO

- Débit cellulaire : (VehA3, $\sigma=8\text{dB}$) [7]



Couche MAC/RLC MAC-ehs

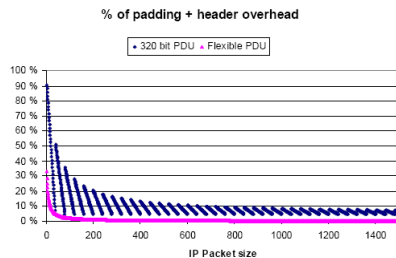
- La couche MAC-ehs remplace la couche MAC-hs afin de :
 - Permettre la segmentation des SDU MAC
 - Permettre le multiplexage de plusieurs blocs radio sur un TTI
 - Prendre en compte la transmission double flux MIMO



[4]

Couche MAC/RLC RLC

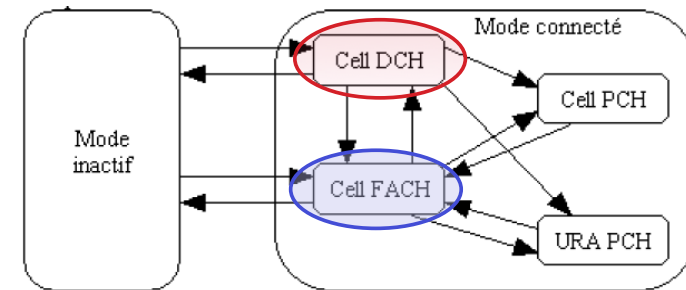
- La taille fixe des PDU RLC et la taille de la fenêtre ARQ (en mode AM) limite en pratique le débit à environ 13 Mbps [4].
- PDU RLC à taille variable**
 - Le développement de HSPA a montré que la taille fixe du PDU (*Protocol Data Unit*) RLC, le RLC *round trip time* (RTT) et la taille de la fenêtre RLC limitent les débits sur la voie descendante.
 - un PDU à taille variable est introduit par la norme qui s'adapte à la taille des SDU (*Service Data Unit*) (par exemple des paquets IP).



[3]

Couche RRC CPC (Continuous Packet Connectivity)

- Etat Cell_DCH : trafic de contrôle important, surtout lorsque la quantité de données échangées est faible
- Etat Cell_FACH : trafic de contrôle faible mais reconnexion plus complexe sur le RACH.
- Mécanisme peu adapté à la VoIP ou à des applications intermittentes (*push mail* par exemple).



Modes de l'UE et états RRC en mode connecté

Couche RRC CPC

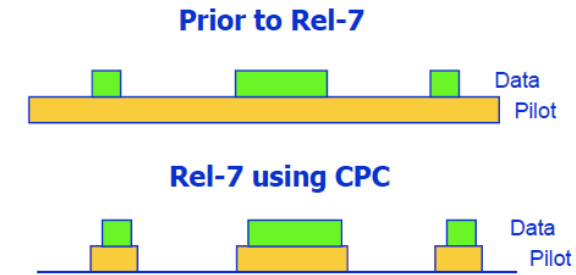


- **Objectifs du CPC**
 - maintenir continûment cet état Cell DCH,
 - même pour des transmissions de paquets à taille réduite,
 - en réduire le coût en termes de contrôle,
 - Afin d'éviter que cette prolongation ne maintienne un ratio données de contrôle/données transmises exagérément élevé.
- Cette recherche de continuité est à l'origine du nom « connectivité paquet continue » (*Continuous Packet Connectivity – CPC*)
 - Transmission et réception discontinue (UE DTX/DRX)
 - Opération sans HS-SCCH (*HS-SCCH-less operation*)

Couche RRC CPC



- Sur la voie descendante : l'UE peut éteindre son modem et ne recevoir qu'à des instants prédéfinis (économie de batterie) (UE DRX)
- Sur la voie montante : l'UE réduit le nombre de rapports CQI lorsqu'il y a peu de trafic (DPCCH) → réduction des interférences et augmentation de la capacité (UE DTX)
- Transmission sans HS-SCCH : décodage aveugle de 4 formats différents sur le HS-DSCH → réduction du trafic de contrôle sur la voie descendante.



[4]

Couche RRC CPC



- UE DTX

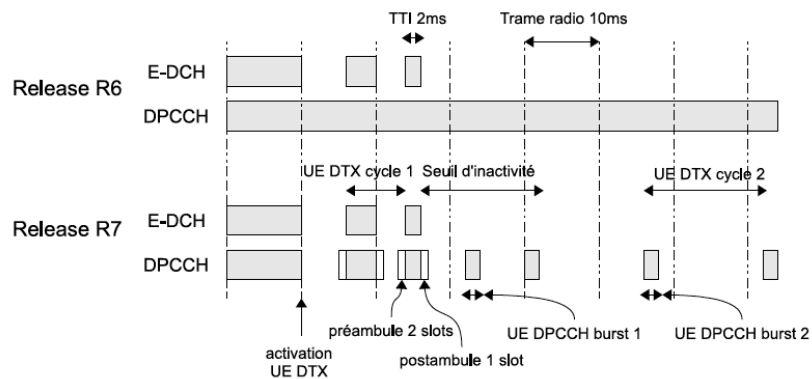


Figure 5.6 – Principe de la transmission discontinue (UE DTX) en release R7.

Couche RRC CPC



- *HS-SCCH-less operation*

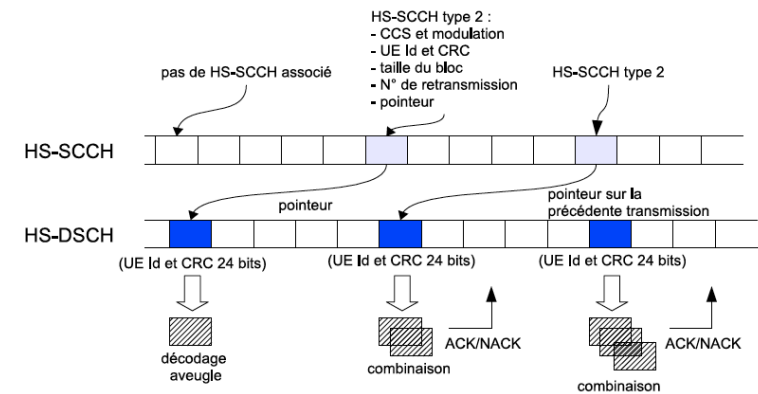


Figure 5.7 – Réception sans HS-SCCH en release R7.

Couche RRC Enhanced Cell_FACH

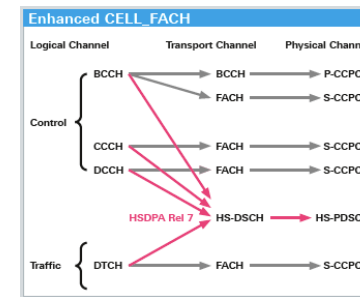


- En release R99, les délais de connexion (*setup delays*) ou de changement de canal (Cell_DCH/Cell_FACH) ont une grande importance sur l'expérience perçue par l'utilisateur.
 - Utilisation de HSPA pour le transport des messages de signalisation
- Le passage de Cell_FACH à Cell_DCH peut être coûteux en terme de délais et de surcharge protocolaire
 - Utilisation de HSPA en état Cell_FACH

Couche RRC Enhanced Cell_FACH



- Solutions :
 - le HSPA+ autorise le mobile dans l'état Cell FACH à utiliser les canaux partagés à haut débit descendants,
 - et remplace le CQI par une mesure de qualité simplifiée utilisant le canal montant partagé RACH.
 - La procédure de fiabilisation H-ARQ est, quant à elle, remplacée par une répétition aveugle qui ne nécessite pas d'acquiescement.



[Rohde&Schwartz]

Catégories d'UE



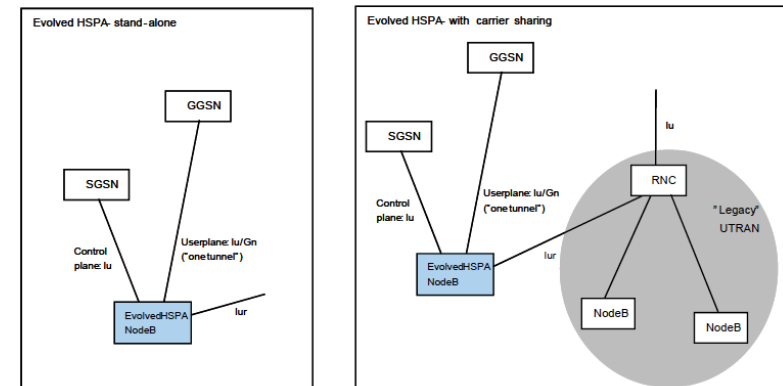
HS-DSCH Category	Maximum number of HS-DSCH multi-codes	Supported Modulation Formats	Minimum inter-TTI interval	Maximum MAC-hs TB size	Total number of soft channel bits	Theoretical maximum data rate (Mbit/s)
Category 1	5	QPSK, 16QAM	3	7298	19200	1.2
Category 2	5	QPSK, 16QAM	3	7298	28800	1.2
Category 3	5	QPSK, 16QAM	2	7298	28800	1.8
Category 4	5	QPSK, 16QAM	2	7298	38400	1.8
Category 5	5	QPSK, 16QAM	1	7298	57600	3.6
Category 6	5	QPSK, 16QAM	1	7298	67200	3.6
Category 7	10	QPSK, 16QAM	1	14411	115200	7.2
Category 8	10	QPSK, 16QAM	1	14411	134400	7.2
Category 9	15	QPSK, 16QAM	1	20251	172800	10.1
Category 10	15	QPSK, 16QAM	1	27952	172800	14.0
Category 11	5	QPSK	2	3630	14400	0.9
Category 12	5	QPSK	1	3630	28800	1.8
Category 13	15	QPSK, 16QAM, 64QAM	1	35280	259200	17.6
Category 14	15	QPSK, 16QAM, 64QAM	1	42192	259200	23.3
Category 15	15	QPSK, 16QAM	1	23370	345600	21.1
Category 16	15	QPSK, 16QAM	1	27952	345600	28.0
Category 17	15	QPSK, 16QAM, 64QAM/MIMO: QPSK, 16QAM	1	35280/23370	259200/345600	17.6/23.3
Category 18	15	QPSK, 16QAM, 64QAM/MIMO: QPSK, 16QAM	1	42192/27952	259200/345600	21.1/28.0
Category 19	15	QPSK, 16QAM, 64QAM	1	35280	518400	35.2
Category 20	15	QPSK, 16QAM, 64QAM	1	42192	518400	42.2

[4]

Architecture



- Les fonctions du RNC peuvent être intégrées dans le Node-B.
- La solution « *flat architecture* », engendre des synergies en vue de l'introduction de l'EUTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) pour LTE.



[4]

Architecture



- **L'architecture centralisée** (très probablement appliquée sur un réseau macro), ne fournit pas de gain sur les latences.
- **Avec l'architecture plate, le HSPA+**
 - permet des **temps de latences** inférieures, uniquement pour l'IP
 - cette architecture peut typiquement être utilisée pour remplacer un lien radio WiFi, selon le concept de 'Femto'.

Conclusion



- **HSPA+** apparaît comme une solution technologique réaliste,
 - permettant d'assurer la transition entre HSPA (*High Speed Packet Access*) et LTE (*Long Term Evolution*),
 - en répondant au besoin grandissant de débit pour les paquets,
 - sans pour autant impliquer de coûteux changements d'infrastructure.

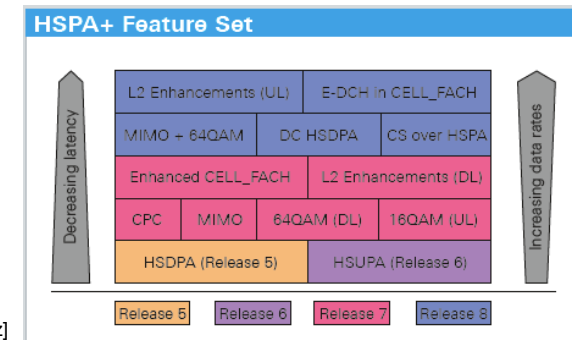
Performances

- Les performances de HSPA+ doivent tendre vers celles de LTE.
- Il y a cependant deux différences majeures :
 - pour HSPA+, la bande passante est limitée à 5 MHz (20 Mhz pour LTE)
 - et le TTI est de 2 ms (1 ms pour LTE, avec possibilité d'utiliser un demi-TTI pour la transmission de petites quantités de données).
- Les conséquences de ces deux différences devraient être les suivantes :
 - les débits maximum envisageables pour HSPA+ devraient être de 25 Mbps (100 Mbps pour LTE) sur la voie descendante et de 11,5 Mbps (50 Mbps pour LTE) sur voie montante.
 - En outre, une cible de 10 ms pour le trajet UE (*User Equipment*) – RAN (*Radio Access Network*) semble plus réaliste (5 ms pour LTE).

HSPA+ Release 8



- Combinaison 64QAM+MIMO
- Dual-cell HSDPA
- Amélioration couche 2 sur la voie montante
- Utilisation de E-DCH en Cell_FACH
- Services CS (circuit switch) sur HSPA



[Rohde&Schwartz]

Références



- [1] O. Coquet, E. Lagane, « HSPA+, la release 7 du 3GPP », Rapport de projet ENST, février 2008.
- [2] 3GPP TR 25.299
- [3] J. Peisa, S. Wagner, et al., « High Speed Packet Access Evolution – Concept and Technologies », Proc. Of IEEE VTC, 2007.
- [4] Andreas Mitschele-Thiel, Jens Mückenheim, « Enhanced High-Speed Packet Access HSPA+ », 2008.
- [5] H. Benrich, G. Cognard, « La norme 802.11 », Université de Lille 1, 2006.
- [6] T. Lamblot et T. Dezeure, « Etude du mécanisme MIMO dans HSPA+ », Rapport de projet ENST, 2009.
- [7] Timo Nihtila and Ville Haikola, « HSDPA MIMO System Performance in Macro Cell Network », Proc. Of IEEE Sarnoff Symposium, 2008.