

L'interface radio de l'UMTS et de HSPA

Marceau Coupechoux
Philippe Godlewski
Philippe Martins
Telecom ParisTech, Département Informatique et Réseaux

Plan du cours

- Introduction
- UMTS
- HSDPA
- HSUPA
- HSPA+
- Conclusion

2

Introduction



- Principales caractéristiques des Releases UMTS à l'accès :
 - Release R99&R4 : WCDMA
 - Release R5 (06/2002) : HSDPA
 - Release R6 (12/2004) : HSUPA (ou E-DCH), MBMS
 - Release R7/R8 : HSPA+
 - Release R8 : LTE (Long Term Evolution)



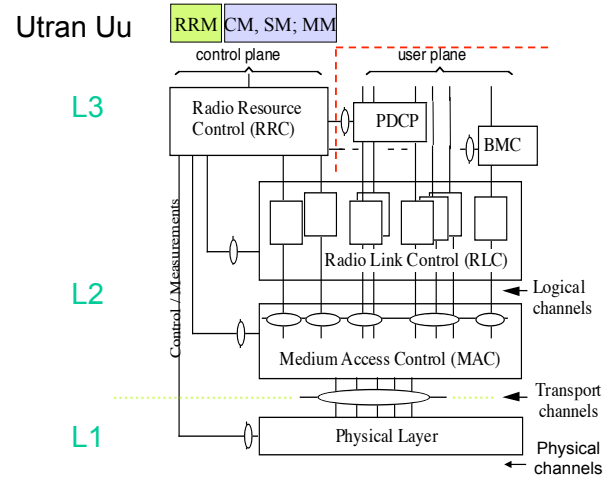
UMTS

Introduction
Étalement de spectre
Le CDMA cellulaire
La couche physique
Structure temporelle
Les canaux

3

Introduction

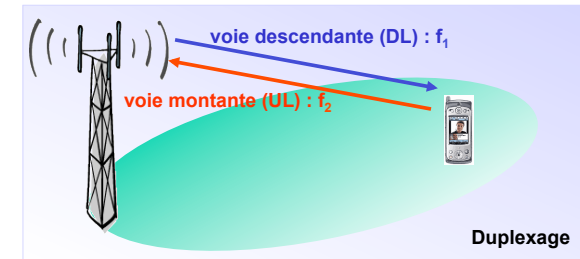
- Architecture protocolaire (couches 1, 2 et 3).



5

L'étalement de spectre

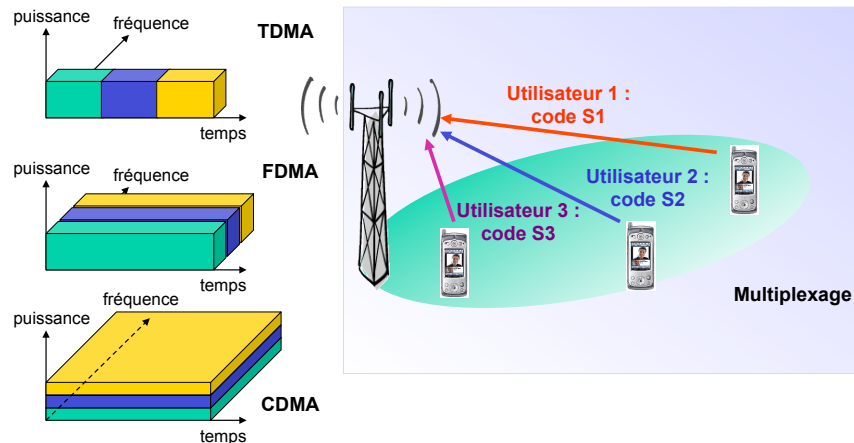
- En UMTS, le duplexage est FDD



6

L'étalement de spectre

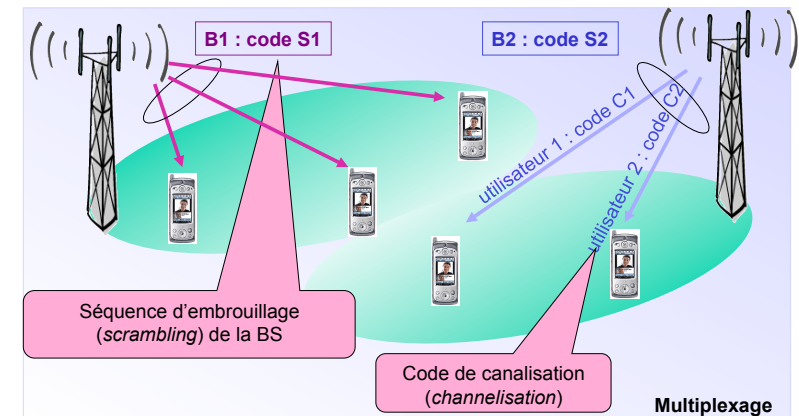
- En UMTS, le multiplexage est en codes (CDMA)
 - Voie montante :



7

L'étalement de spectre

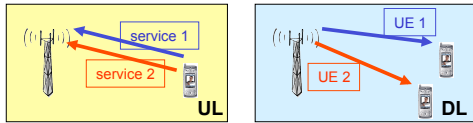
- En UMTS, le multiplexage est en codes (CDMA)
 - Voie descendante : motif à $K=1$



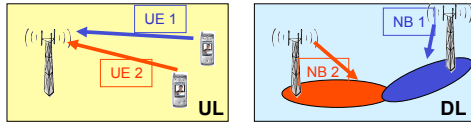
8

L'étalement de spectre

- **Codes d'étalement** (*spreading codes*) :
 - formés en combinant :
 - code de canalisation (*channelisation code*)



- séquence d'embrouillage (*scrambling*)



Le CDMA cellulaire

> Matrice d'Hadamard : définition

Notation +1, -1

On considère des éléments de signal correspondant à une modulation antipodale (ex. PSK ou QPSK) :
le chip "0" est représenté par +1 (ou plus simplement +)
le chip "1" est représenté par -1 (ou plus simplement -)

Définition :

La matrice d'Hadamard peut être construite récursivement :

$$H_{2N} = \begin{bmatrix} +H_N & +H_N \\ +H_N & -H_N \end{bmatrix}$$

avec $H_1 = [+1]$.

H_N est une matrice carrée de taille $N = 2^m$
Un calcul rapide de la transformée d'Hadamard est possible
en $N \times \log_2(N)$ additions

Le CDMA cellulaire

Exemples

$$H_2 = \begin{bmatrix} + & + \\ + & - \end{bmatrix} ; \quad H_4 = \begin{bmatrix} + & + & + & + \\ + & - & + & - \\ + & + & - & - \\ + & - & - & + \end{bmatrix} ; \quad H_8 = \begin{bmatrix} + & + & + & + & + & + & + & + \\ + & + & - & - & + & - & + & - \\ + & - & + & - & + & + & - & - \\ + & - & - & + & + & - & - & + \\ + & + & + & - & - & - & - & + \\ + & + & - & - & - & + & - & - \\ + & - & + & - & - & + & + & - \\ + & - & - & + & - & + & + & + \end{bmatrix}$$

...
 H_{32} utilisée dans les premières sondes Mariner
 H_{64} utilisée dans le système IS95
 H_{128} utilisée dans le système IS95B
 H_{256}, H_{512} considérée dans le système WCDMA
... (H_{16} considérée en TD-CDMA)

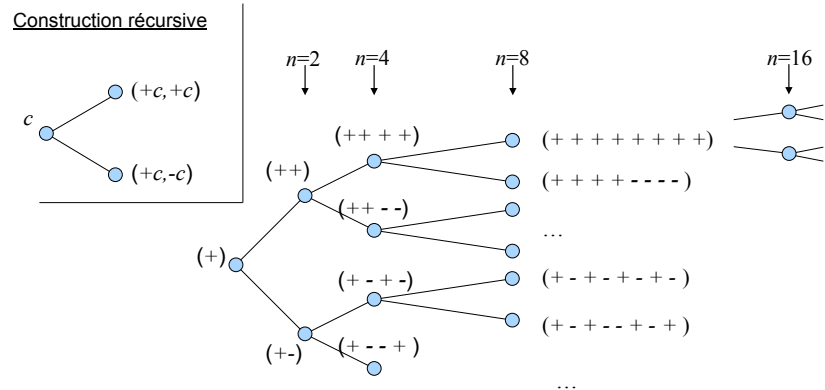
Construction récursive
de Sylvester

- Les lignes d'une matrices sont orthogonales.
- L'orthogonalité n'est pas conservée si on décale un code par rapport à l'autre.
- L'orthogonalité est conservée si on affecte des poids différents à chaque code.

Le CDMA cellulaire

> Une représentation graphique des matrices d'Hadamard

Construction récursive



Le CDMA cellulaire



> Schéma d'une chaîne de transmission

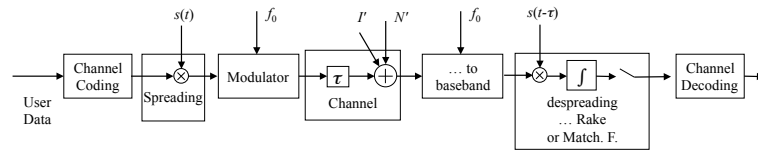


Schéma d'une transmission avec étalement par séquence directe

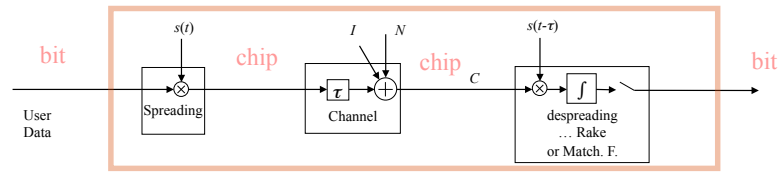


Schéma simplifié en bande de base

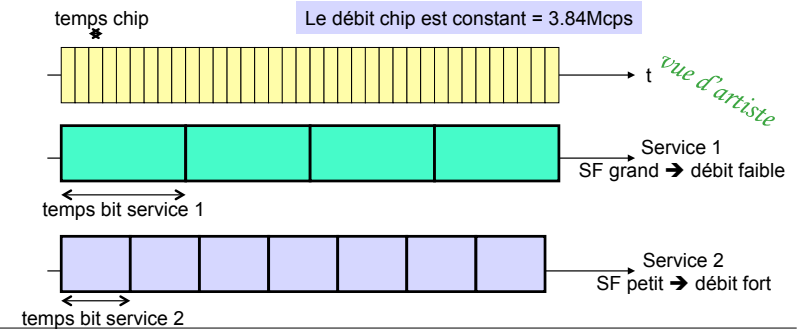
13

Le CDMA cellulaire



> Facteur d'étalement (SF) variable

- L'UMTS permet d'utiliser un facteur d'étalement ($n=SF$) variable suivant le débit nécessaire pour le service
« multi rate », « multi service »
- Orthogonal Variable Rate Spreading Factor Codes (OVSF)**

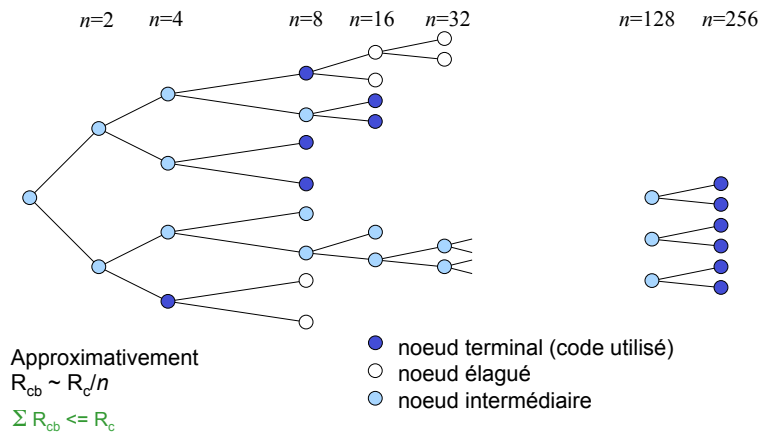


14

Le CDMA cellulaire



> Principe de l'OVSF



15

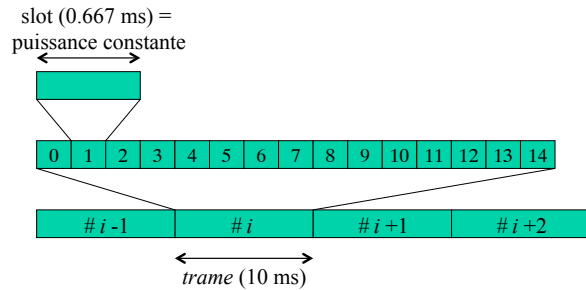
La couche physique



- L'UTRA-FDD se fonde sur du WCDMA à 3.84 Mcps. Les modulations BPSK et QPSK sont utilisées.
- Sur la voie descendante, les canaux sont séparés par des codes OVSF ; les cellules sont séparées par des codes d'embrouillage.
- Sur la voie montante, les émissions des mobiles sont séparées par des codes d'embrouillage ; les services d'un même mobile par des codes OVSF.
- Bandes de fréquences :
 - DL : 2110-2170 MHz
 - UL : 1920-1980 MHz
- Les bandes sont divisées en blocs de 5 MHz, chacun associé à une porteuse.

16

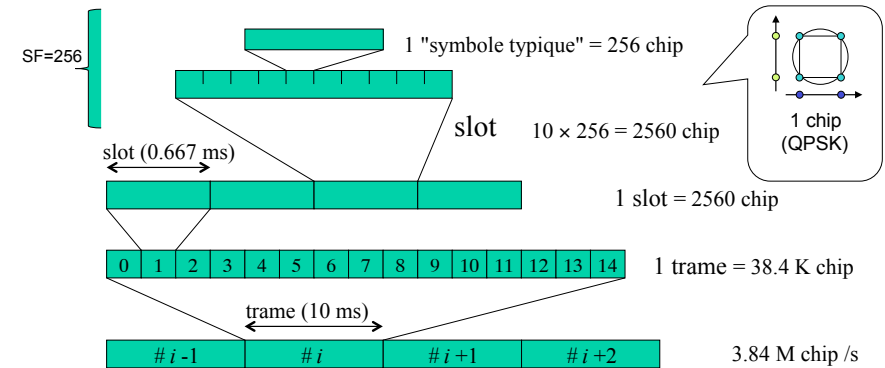
Structure temporelle



- slot = $10 \text{ ms} / 15 = 0,667 \text{ ms}$
(une simple unité temporelle = "slot TDMA")
- trame (frame) de 10ms (15 slots)
numérotée par SFN (System Frame Number) modulo 4096.

17

Structure temporelle : exemple



- A la réception, le désétalement peut se faire slot par slot
- Le décodage de canal peut se faire trame par trame (si TTI= 10ms)

18

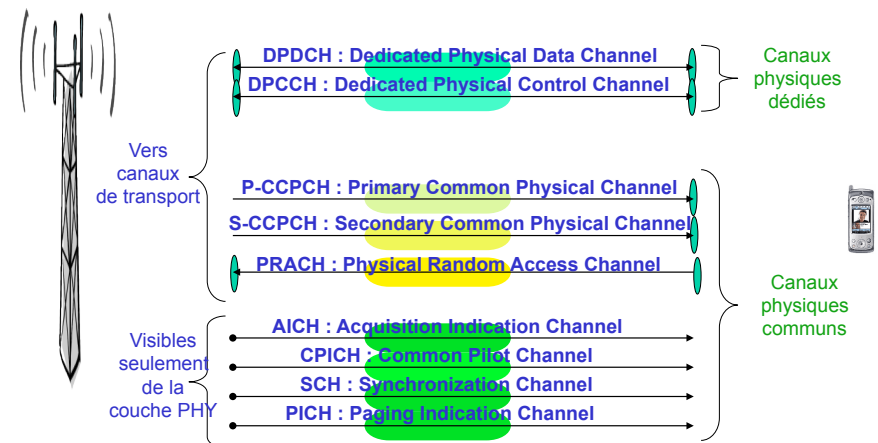
Canaux physiques, de transport et logiques

Canaux :

- Canaux logiques :
 - canaux offerts par le MAC au RLC,
 - spécifient le type d'information indépendamment de la manière dont elle est transmise, *Quoi ?*
 - canaux de contrôle et de trafic.
- Canaux de transport :
 - services offerts par la couche PHY aux couches supérieures,
 - définis par la manière dont les données sont transférées (essentiellement codage et délai, i.e. TTI), *Comment ?*
 - canaux dédiés ou communs.
- Canaux physiques :
 - définis par un code d'embrouillage, de canalisation (éventuellement), une structure temporelle.

19

Canaux physiques



20

Canaux physiques



- **DPDCH** : canal physique de données
- **DPCCH** : canal de contrôle physique (TFCI = comment décoder le DPDCH, commande de contrôle de puissance, signal pilote pour l'estimation de canal et la démodulation)
- **P-CCPCH** : voie balise (informations système : numéro de cellule, position du PRACH, paramètres de handover, etc)
- **S-CCPCH** : canal partagé pour les messages de paging et le canal FACH.
- **PRACH** : canal d'accès aléatoire
- **AICH** : canal de réponse à l'accès aléatoire
- **CPICH** : canal pilote pour l'estimation du canal
- **SCH** : canal de synchronisation permettant à l'UE de se synchroniser en temps et d'obtenir le code de la cellule
- **PICH** : canal d'indication de paging

21

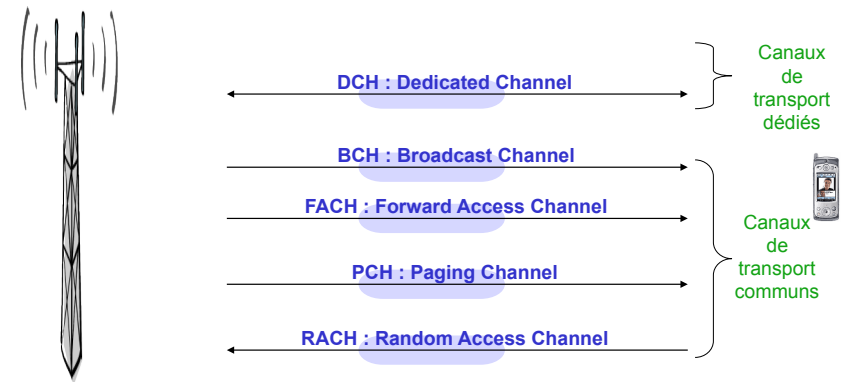
Canaux de transport



- **DCH (UL/DL)** : il transporte toutes les informations dédiées à un utilisateur (données utilisateurs pour le service et information de contrôle des couches supérieures).
 - On peut multiplexer plusieurs DCH sur un DPDCH.
 - Il supporte le contrôle de puissance rapide et le soft hand-over.
- **BCH (DL)** : il transporte les informations du réseau et de la cellule, e.g. codes et slots pour l'accès aléatoire.
- **FACH (DL)** : il transporte des informations de contrôle ou de petites quantités de données utilisateur. Pas de contrôle de puissance rapide.
- **PCH (DL)** : il transporte l'information nécessaire à l'initiation d'un appel par le réseau (*paging*).
- **RACH (UL)** : il est utilisé pour l'accès aléatoire. Il peut transporter de petites quantités d'informations utilisateur.

23

Canaux de transport



22

Canaux logiques



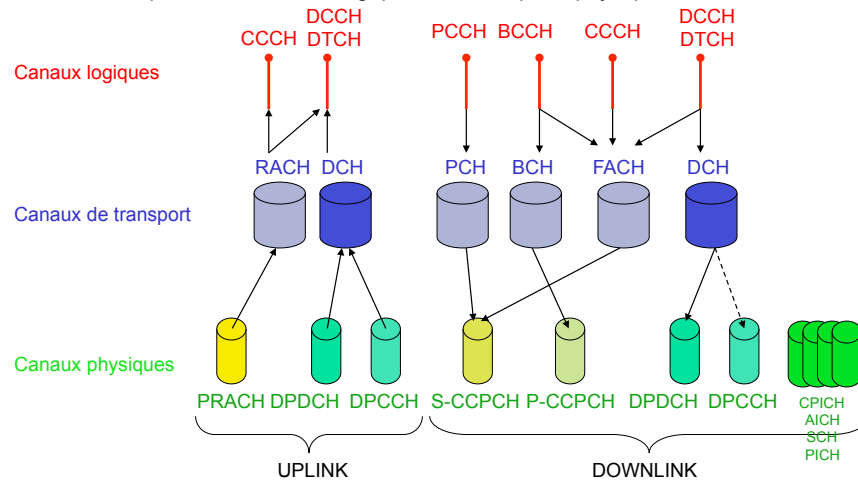
- **BCCH (DL)** : Broadcast Control Channel
Diffusion d'informations système (*system information*), e.g. informations permettant aux UE d'accéder au réseau.
- **PCCH (DL)** : Paging Control Channel
Envoi des informations de *paging*.
- **DCCH (UL/DL)** : Dedicated Control Channel
Transfert d'informations de contrôle entre l'UE connecté et le réseau, i.e. la signalisation UTRAN (RRC) et réseau coeur (MM, GMM, CM, SM).
- **CCCH (UL/DL)** : Common Control Channel
Transfert d'informations de contrôle entre l'UE non connecté et le réseau, e.g. signalisation à l'établissement de la connexion.
- **DTCH (UL/DL)** : Dedicated Traffic Channel
Transfert dédié d'informations utilisateur.

24

Relations entre canaux



- Correspondances canaux logiques / de transport / physiques :



25

HSDPA

Introduction



- HSDPA = une vraie rupture par rapport à la R99
 - Une modulation d'ordre supérieur la 16-QAM
 - Un facteur d'étalement fixe SF=16
 - La transmission multi-code
 - Un TTI raccourci à 2ms
 - Une partie du MAC dans le Node-B
 - Un accès partagé
 - L'introduction de l'HARQ
 - L'adaptation de lien rapide
 - L'ordonnancement rapide dans le Node-B
 - La suppression du soft handover sur le DL
- Augmentation des débits sur la voie descendante (~ 10Mbps)
- Une norme en grande partie simplifiée, plus lisible

27



HSPDA

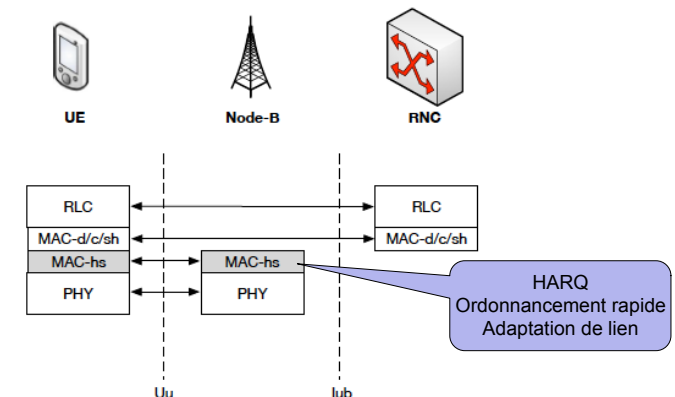
- Introduction
- Architecture
- Couche physique
- Canaux HSDPA
- HARQ
- Adaptation de lien
- Catégories de terminaux

HSDPA

Architecture



- HSDPA est compatible avec la R99
- Nouvelle entité MAC dans le Node-B : le MAC-hs



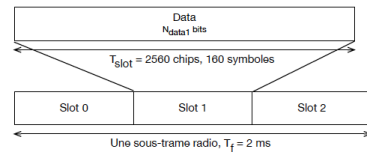
28

HSDPA

Couche physique



- Ce qui reste inchangé :
 - Bande de 5 MHz
 - Débit chip de 3,84 Mcps
 - Notions de trame radio, slot
 - Les procédures de synchronisation, accès aléatoire
 - La voie montante
- Ce qui change :
 - Sous trame radio de 2 ms
 - 16-QAM sur la voie descendante
 - Suppression du contrôle de puissance rapide
 - Nouveaux canaux physiques et de transport



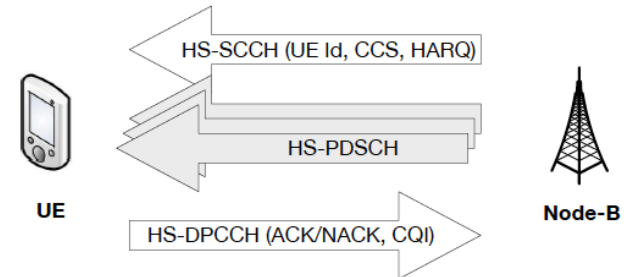
29

HSDPA

Canaux HSDPA



- Trois nouveaux canaux physiques
 - HS-PDSCH : canal physique partagé de données (≠DPDCH dédié)
 - HS-SCCH : canal de contrôle physique associé
 - HS-DPCCH : remontée des mesures et des ACK/NACK de l'HARQ



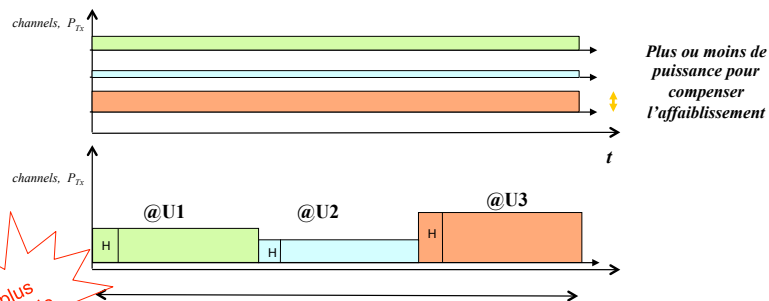
30

HSDPA

Canaux HSDPA



- Canaux dédiés vs. Canaux partagés :
- Avantage des canaux partagés : plus flexible, plus efficace
- Inconvénients : l'adresse doit être incluse dans l'en-tête, un utilisateur doit décoder tous les en-têtes, les en-têtes doivent être protégés pour le pire cas (plus mauvais canal).



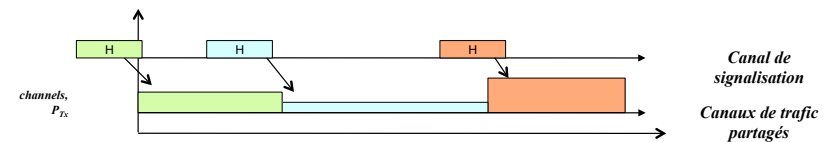
31

HSDPA

Canaux HSDPA



- Canaux dédiés vs. Canaux partagés : l'approche HSDPA pour les canaux partagés :



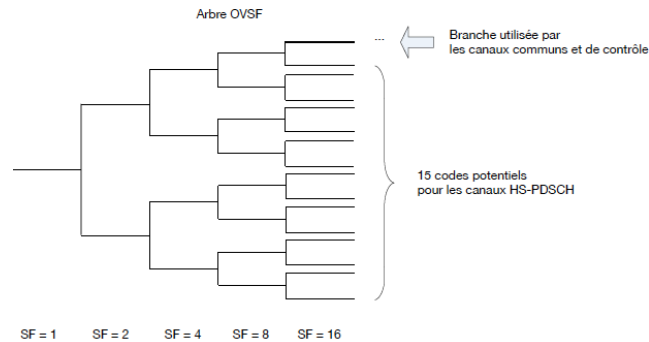
32

HSDPA

Canaux HSDPA



- **HS-PDSCH** : QPSK ou 16-QAM, TTI de 2 ms, SF=16
- Un slot transporte 2560 chips soit 160 symboles avec SF=16, il y a 4 bits par symbole en 16-QAM et donc 1920 bits par TTI
- Un UE peut utiliser 15 codes simultanément
- D'où un débit pic de $15 \times 1920 / 2\text{ms} = 14,4 \text{ Mbps}$



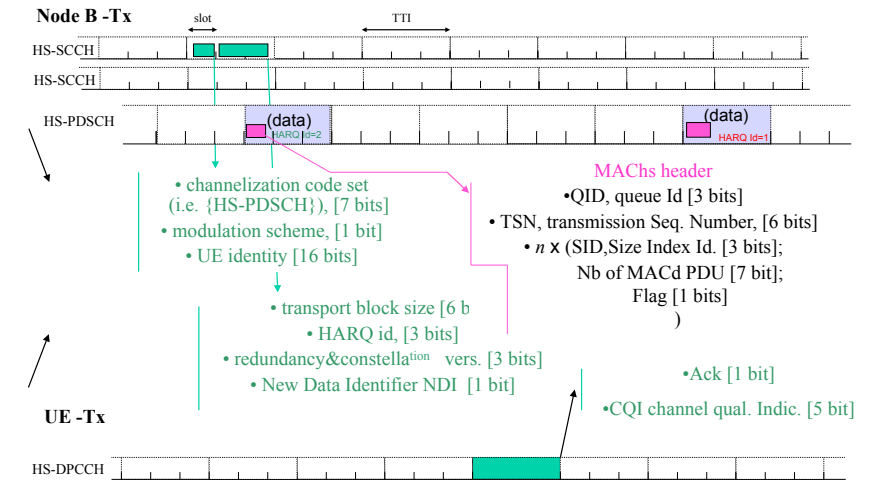
33

HSDPA

Canaux HSDPA



- **HS-SCCH** : le canal qui permet de decoder le HS-PDSCH



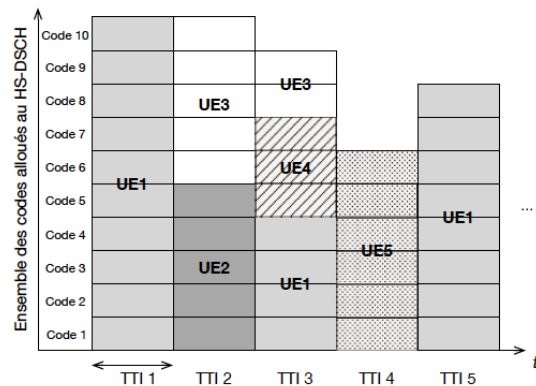
34

HSDPA

Canaux HSDPA



- Le canal de transport HS-DSCH :
- Multiplexage dans le domaine temporel et celui des codes
- Importance de l'**ordonnancement rapide et dynamique**



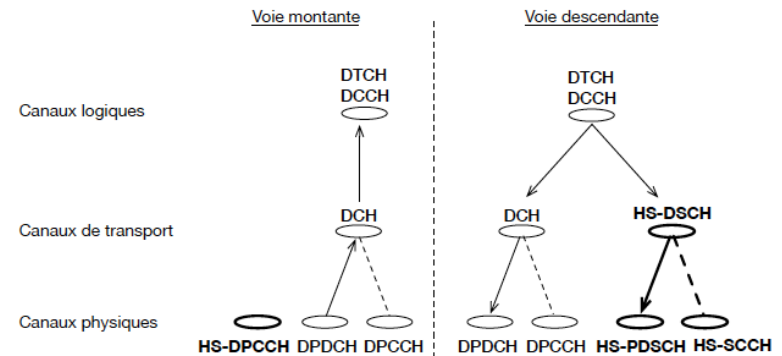
35

HSDPA

Canaux HSDPA



- Mise en correspondance des canaux

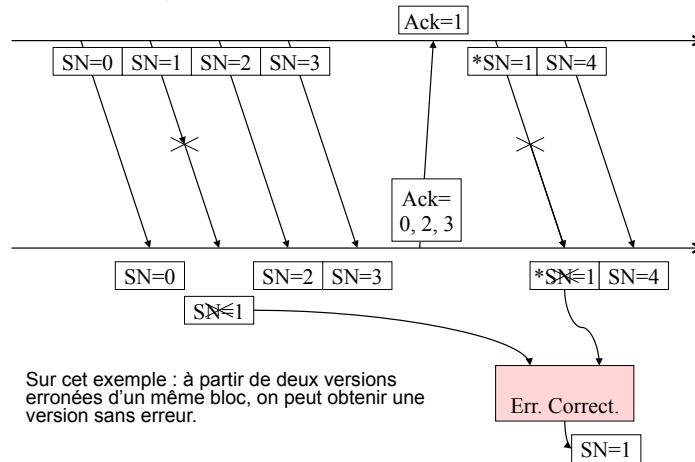


36

HSDPA HARQ



- Intérêt de l'HARQ :



37

HSDPA Adaptation de lien



- Adaptation de lien** = adapter le débit de transmission aux conditions du canal radio entre le Node-B et l'UE
- En R99, on vise un SINR constant en effectuant un contrôle de puissance rapide qui s'adapte aux variations rapides du canal
- En R5, on adapte le débit au SINR observé et la puissance est constante
- Le débit est adapté en jouant sur la modulation, le taux de codage effectif et le nombre de codes
- Ces informations sont déduites des champs du HS-SCCH

Modulation	Nombre de codes	Bits par TTI	Taux de codage	Débit (kbps)
QPSK	1	960	0,17	80,5
QPSK	1	960	0,98	469
QPSK	5	4800	0,33	780,5
QPSK	5	4800	0,98	2344
QPSK	10	9600	0,32	1557
QPSK	10	9600	0,98	4700,5
QPSK	15	14400	0,32	2302,5
QPSK	15	14400	0,97	6964
16-QAM	1	1920	0,33	314,5
16-QAM	1	1920	0,97	931
16-QAM	5	9600	0,33	1557
16-QAM	5	9600	0,98	4700,5
16-QAM	10	19200	0,32	3062,5
16-QAM	10	19200	0,97	9270,5
16-QAM	15	28800	0,32	4617
16-QAM	15	28800	0,97	13988

38

HSDPA Adaptation de lien



- L'adaptation de lien et l'ordonnancement ont besoin d'une remontée de mesures de la part des UE → champ CQI du HS-DPCCH
- CQI = taille maximale, le nombre maximum de codes et la modulation que l'UE peut recevoir en fonction de la qualité radio perçue
- Il y a 30 valeurs possibles de CQI
- Il y a dans la norme des tableaux de correspondance (pour chaque catégorie de terminal) entre le CQI et la taille de bloc maximale que l'UE peut recevoir
- Exemples pour les catégories 1 à 6.

CQI	Taille de bloc (bits)	Nombre de codes	Modulation	Δ (dB)
1	137	1	QPSK	0
2	173	1	QPSK	0
6	461	1	QPSK	0
22	7168	5	16-QAM	0
23	7168	5	16-QAM	-1
30	7168	5	16-QAM	-8

39

HSDPA Catégories de terminaux



Catégorie	Nombre max. de codes	Modulation	Min. inter-TTI	Taille de bloc max. (bits)	N_{IR}^{tot} (bits)	Débit crête (Mbps)
1	5	16-QAM	3	7298	19200	1,2
2	5	16-QAM	3	7298	28800	1,2
3	5	16-QAM	2	7298	19200	1,8
4	5	16-QAM	2	7298	38400	1,8
5	5	16-QAM	1	7298	57600	3,6
6	5	16-QAM	1	7298	67200	3,6
7	10	16-QAM	1	14411	115200	7,2
8	10	16-QAM	1	14411	134400	7,2
9	15	16-QAM	1	20251	172800	10,2
10	15	16-QAM	1	27952	172800	14,2
11	5	QPSK	2	3630	14400	0,9
12	5	QPSK	1	3630	28800	1,8

40

Références



- [1] M. Coupechoux, Ph. Martins, « Vers les systèmes radiomobiles de 4^e génération », Springer, 2012.
- [2] H. Holma, A. Toskala, « HSDPA/HSUPA for UMTS », Wiley, 2006

41



HSUPA

Introduction
Canaux physique
Canal de transport
Sous-couche MAC
Catégories de terminaux

HSUPA Introduction



- Buts :
 - Améliorer les débits sur la voie montante (jusqu'à 5,8 Mbps)
 - Réduire les délais
 - Adapter les capacités de la voie montante aux récentes évolutions sur la voie descendante
- En R6, HSUPA est un plus qui se superpose à la R99. Les fonctionnalités R99 restent inchangées :
 - Synchronisation, accès multiple, procédures de mobilité, etc.
 - Contrôle de puissance

43

HSUPA Introduction

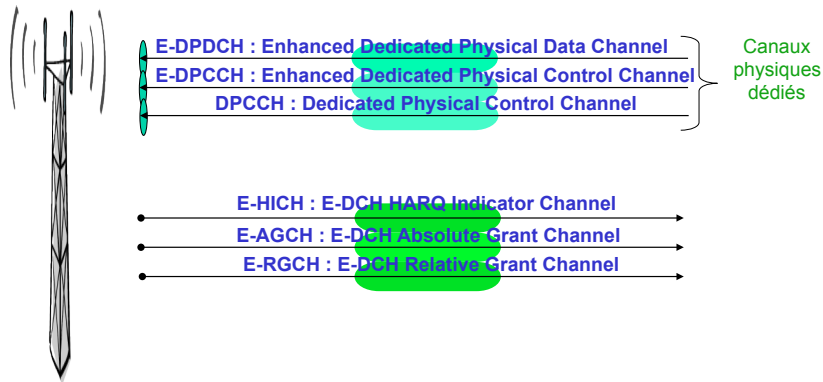


- Principales fonctionnalités :
 - HARQ (retransmissions rapides et recombinaisons) dans le Node-B
 - Ordonnancement rapide contrôlé par le Node-B
 - Une partie de la couche MAC dans le Node-B
 - Transmissions multi-codes
 - TTI courts (2 et 10ms)
- Mais : pas de modulation adaptative (AMC)

44

HSUPA

Canaux physiques



45

HSUPA

Canaux physiques



- **E-AGCH** : E-DCH Absolute Grant Channel, canal physique transportant les opportunités de transmission (service grant c-a-d la puissance qui peut être émise par l'UE) en termes absolus (SF=256).
- **E-RGCH** : E-DCH Relative Grant Channel, canal physique transportant les opportunités de transmission en termes relatifs (SF=128).
 - UP : le mobile peut accroître sa puissance,
 - DOWN : le mobile doit décroître sa puissance,
 - HOLD : puissance constante.

47

HSUPA

Canaux physiques



- **E-DPDCH** : Enhanced Dedicated Data Channel, canal physique dédié de données.
- **E-DPCCH** : Enhanced Dedicated Control Channel, canal dédié de contrôle physique (SF=256) transportant le E-TFCI (c-a-d comment décoder le E-DPDCH), le numéro de séquence RSN et le « Happy bit » (indique si l'UE est satisfait des ressources que le réseau lui a allouées).
- **E-HICH** : E-DCH HARQ Indicator Channel, canal physique transportant les acquittements positifs ou négatifs de l'HARQ (SF=128).

46

HSUPA

Canaux physiques



- Comparaison E-DPDCH, DPDCH :

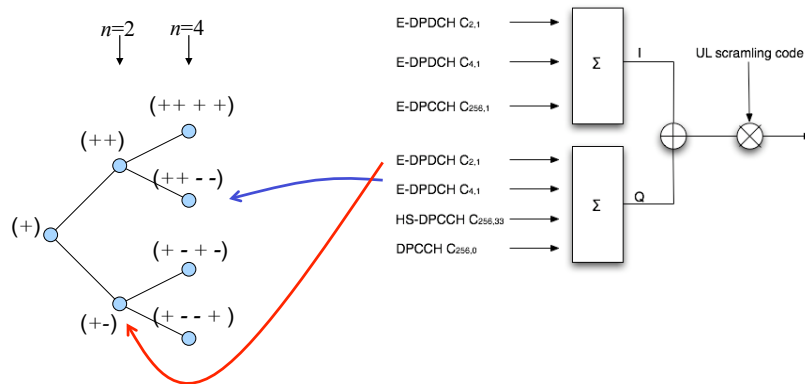
	DPDCH	E-DPDCH
SF min-max	4-256	2-256
Débit min-max	15-960 Kbps	15-1920 Kbps
Contrôle de puissance rapide	Oui	Oui
Soft Hand-over	Oui	Oui
Modulation	BPSK	BPSK
TTI (ms)	10, 20, 40, 80	2, 10
No. max de codes en parallèle	1 (en pratique)	4

48

HSUPA Canaux physiques



- Transmissions multi-codes : exemple 2xSF2+2xSF4



49

HSUPA Canaux physiques

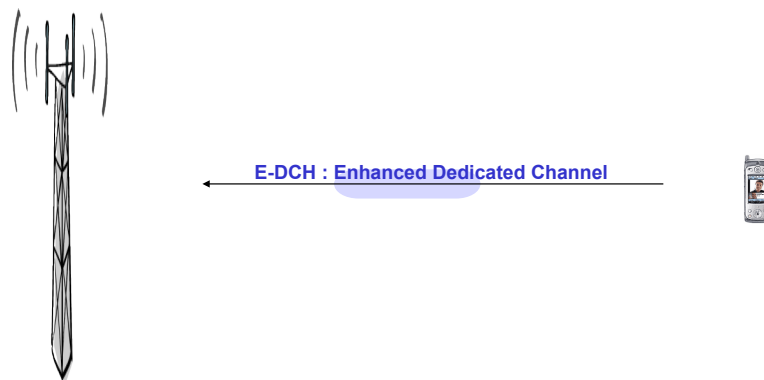


- Débits accessibles :

Nombre de E-DPDCH et facteurs d'étalement	Débit
1xSF256-4	15-960 Kbps
2xSF4	1920 Kbps
2xSF2	3840 Kbps
2xSF4+2xSF2	5760 Kbps

50

HSUPA Canal de transport



51

HSUPA Canal de transport



- Comparaisons

Caractéristique	DCH	HS-DSCH	E-DCH
Facteur d'étalement	variable	fixe ($SF = 16$)	variable
Modulation	QPSK	QPSK, 16-QAM	QPSK
Transmission multi-code	non	oui	oui
Contrôle de puissance rapide	oui	non	oui
Type de canal	dédié	partagé	dédié
HARQ	non	oui	oui
Ordonnancement dans le Node-B	non	oui	oui
TTI (ms)	10,20,40,80	2	2,10
Soft handover	oui	non	oui

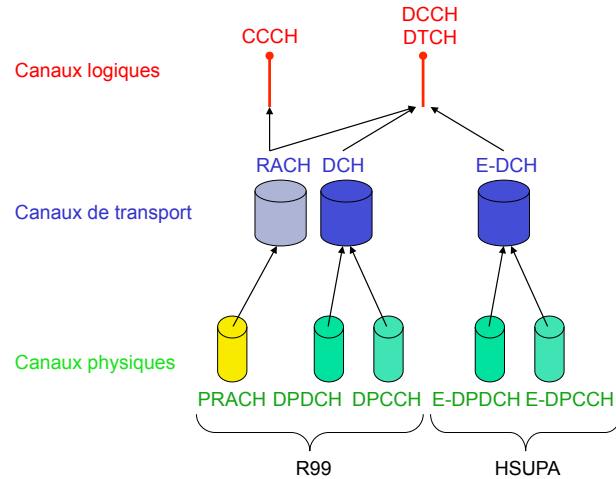
52

HSUPA

Canal de transport



- Correspondances canaux physiques, de transport et logiques :



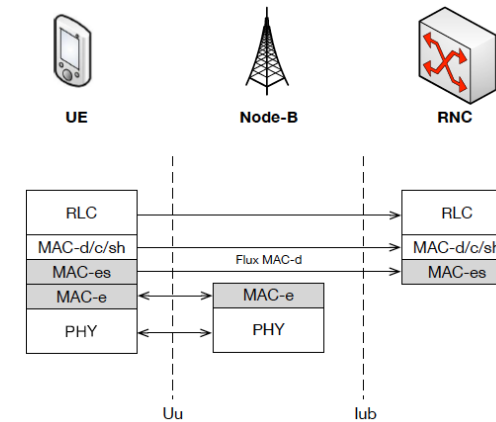
53

HSUPA

Sous-couche MAC



- MAC-e : HARQ et ordonnancement,
- MAC-es : macro-diversité, selection combining, re-séquencement.



54

HSUPA

Sous-couche MAC

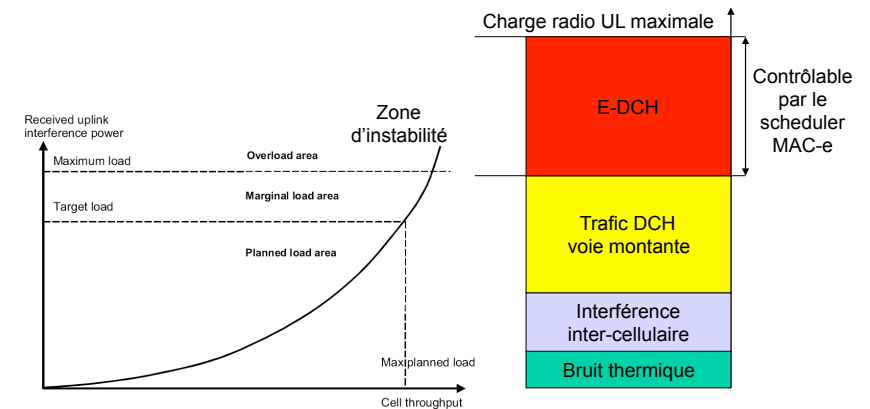


- La fonction d'ordonnancement est déplacée dans le Node-B (comme HSDPA)
- L'ordonnancement est de type « **many-to-one** » (en HSDPA, « one-to-many »). Conséquences :
 - Le Node-B ne connaît pas l'état de mémoires (*buffers*)
 - La puissance sur la voie montante est partagée entre les utilisateurs
 - Toute la puissance ne peut être dédiée à un UE comme en HSDPA
 - La puissance d'un UE ne peut être partagée
 - Nécessité de canaux dédiés (et non partagé comme en HSDPA)
- La ressource à partager est le « noise rise » (ou le niveau d'interférence ou la puissance maximale pouvant être reçue par le Node-B pour une interférence externe donnée).

55

HSUPA

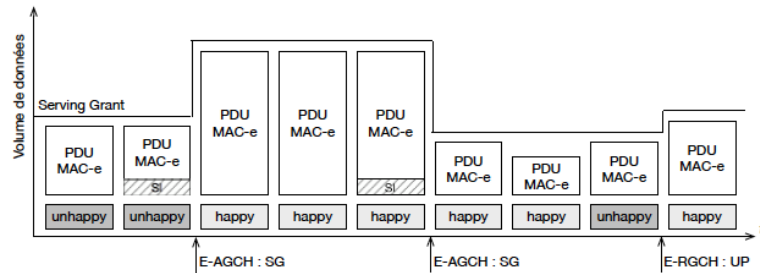
Sous-couche MAC



Tiré de [1]

56

Exemple d'ordonnancement



SI: Scheduling information: l'UE y indique l'état de ses mémoires

57

- L'UE informe le réseau de sa catégorie. Elle est déterminée par :
 - Le plus petit SF accessible,
 - Le TTI,
 - Le nombre max de E-DPDCH pouvant être utilisés simultanément.

Table 5.8 HSUPA terminal categories.

Category	Maximum number of E-DPDCHs and smallest spreading factor	Supported TTIs	Maximum data rate with a 10-ms TTI ¹	Maximum data rate with a 2-ms TTI ²
1	1 × SF4	10 ms	0.72 Mbps	N/A
2	2 × SF4	2 and 10 ms	1.45 Mbps	1.45 Mbps
3	2 × SF4	10 ms	1.45 Mbps	N/A
4	2 × SF2	2 and 10 ms	2 Mbps	2.91 Mbps
5	2 × SF2	10 ms	2 Mbps	N/A
6	2 × SF2 + 2 × SF4	2 and 10 ms	2 Mbps	5.76 Mbps

58

Références

- [1] Holma, Toskala, « HSDPA/HSUPA for UMTS », Wiley, 2006.
- [2] 3GPP TS 25.213 R6, Spreading and Modulation.
- [3] 3GPP TS 25.211 R6, Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels.
- [4] Stefan Blomeier, « HSUPA, Design details and system engineering », INACON, 2007.
- [5] M. Coupechoux, Ph. Martins, « Vers les systèmes radiomobiles de 4^e génération », Springer, 2012.

59

HSPA+

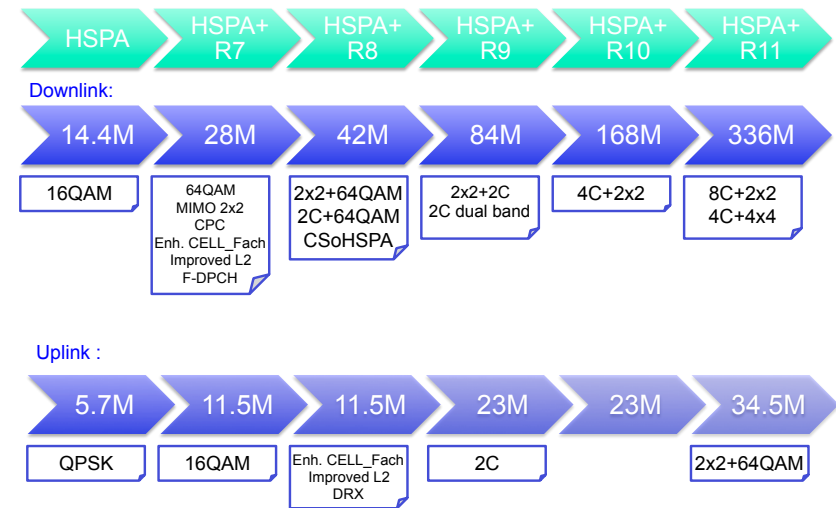
Introduction
 Couche physique
 CELL_FACH étendu
 Continuous Packet Continuity
 Double porteuse
 Couche liaison de données
 Voix sur HSPA
 Catégories de terminaux

HSPA+ Introduction



- HSPA+ est principalement conçu pour :
 - Améliorer le support de la VoIP
 - Réduire les surcharges protocolaires inutiles
- Augmenter le débit maximal en utilisant
 - des modulations plus denses,
 - la technique MIMO
 - l'aggrégation de porteuse
- Permettre une architecture simplifiée pour des services de type paquet uniquement. Grâce à l'intégration du RNC dans le NodeB, la "latence" du système peut être améliorée. Une architecture (centralisée) régulière est encore possible avec HSPA+ et mieux adaptée à des réseaux macro.

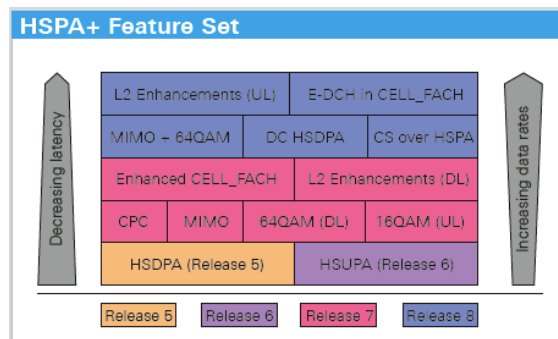
HSPA+ Performances (débits crête)



HSPA+ Introduction



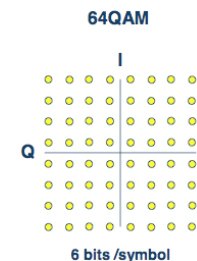
- HSPA+ est principalement conçu pour : permettre l'introduction de la VoIP et monter en débit sur les deux voies.
- Principales caractéristiques :



HSPA+ Couche physique



- Modulations
- Release R7:
 - 64-QAM (DL) et 16-QAM (UL)
 - 21 Mbps (DL) et 11,5 Mbps (UL)
 - La réception de la 64-QAM nécessite des récepteurs dits *avancés*
 - On ne peut pas utiliser la 64-QAM et les MIMO simultanément
- Release R8:
 - Utilisation possible de la 64-QAM avec les MIMO
 - 42 Mbps en DL



HSPA+ Couche physique

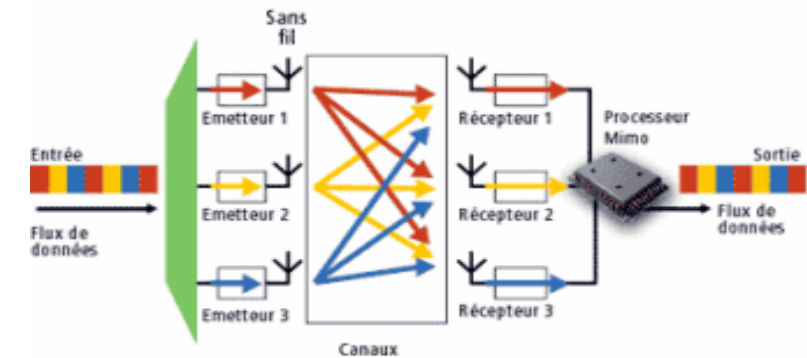


- La release R99 permet de faire de la diversité en transmission en boucle ouverte (STTD) ou en boucle fermée (CLTD), mais cette fonctionnalité n'a jamais été mise en œuvre.
- La release R7 permet un MIMO 2x2. Le mécanisme est nommé **D-TxAA (Double Transmit Antenna Array)**
- Avantages :
 - *Array gain* : 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.

HSPA+ Couche physique



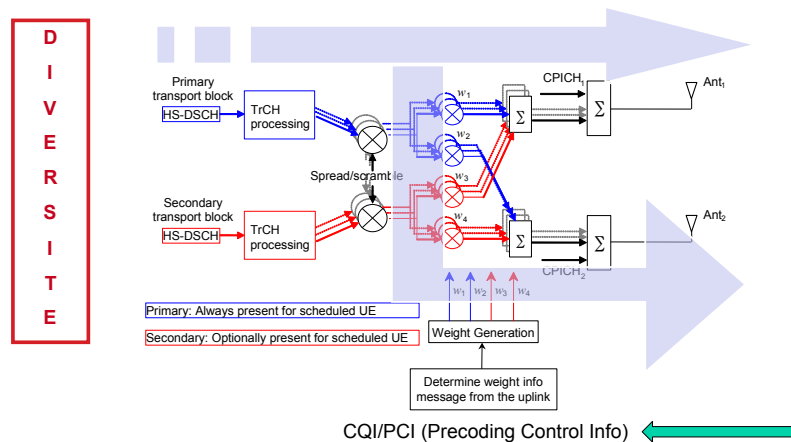
- MIMO



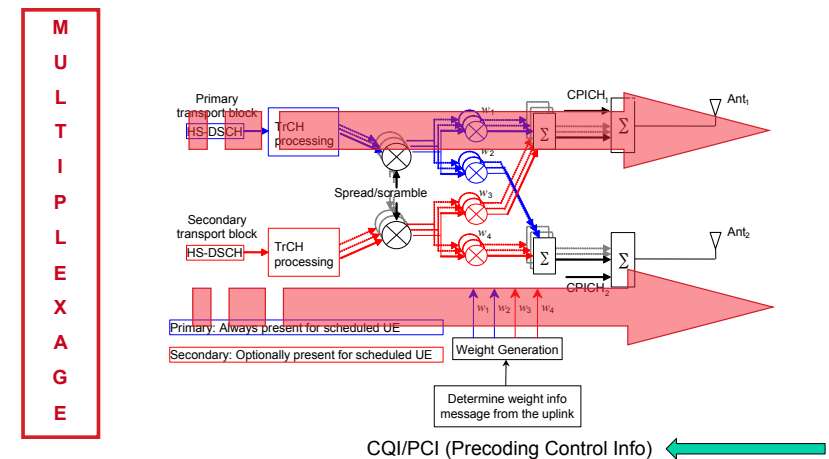
Technique MIMO "Entrées multiples - Sorties multiples"

Tiré de [5]

HSPA+ Couche physique



HSPA+ Couche physique



HSPA+

Couche physique



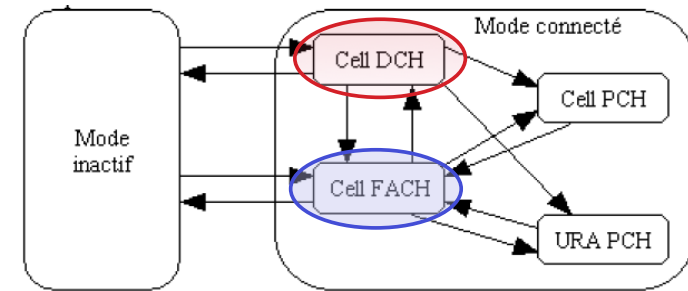
- Il est possible d'émettre 1 ou 2 flux simultanément sur le même code de canalisation.
- Une phase de « pre-coding » est nécessaire (poids w_1, w_2, w_3, w_4).
- Deux CPICH (Primary et Secondary) sont nécessaires pour l'estimation du canal sur chacune des antennes de transmission.
- **Signalisation :**
- 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

HSPA+

Autres fonctionnalités



- 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

HSPA+

Autres fonctionnalités : Cell_FACH étendu



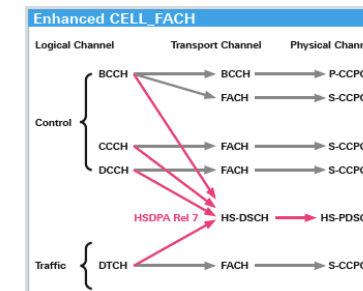
- En release R99, les délais de connexion (*setup delays*) ou de changement de canal (Cell_DCH/Cell_FACH) ont une grande importance sur l'expérience perçue par l'utilisateur.
 - Utilisation de HSPA pour le transport des messages de signalisation
- Le passage de Cell_FACH à Cell_DCH peut être coûteux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

HSPA+

Autres fonctionnalités : Cell_FACH étendu



- 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.



HSPA+

Autres fonctionnalités : Continuous Packet Connectivity



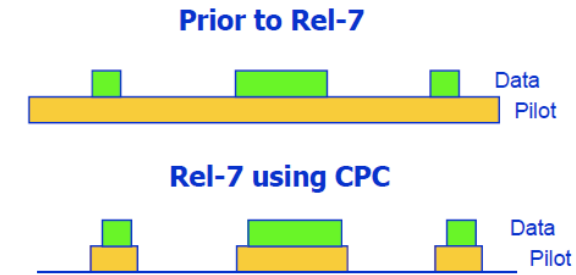
- **Objectifs du CPC :**
 - maintenir continûment cet état Cell DCH,
 - même pour des transmissions de paquets à taille réduite,
 - en réduire le coût en termes de contrôle,
 - Afin d'éviter que cette prolongation ne maintienne un ratio données de contrôle/données transmises exagérément élevé.
- Cette 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*)

HSPA+

Autres fonctionnalités



- 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.



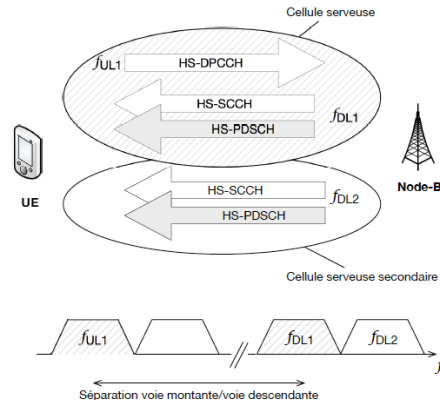
[4]

HSPA+

Double porteuse



- Introduite en R8
- Pour les UE ne pouvant utiliser les MIMO à cause de mauvaises conditions radio
- L'utilisation conjointe de la double porteuse et des MIMO est prévue pour les releases suivantes

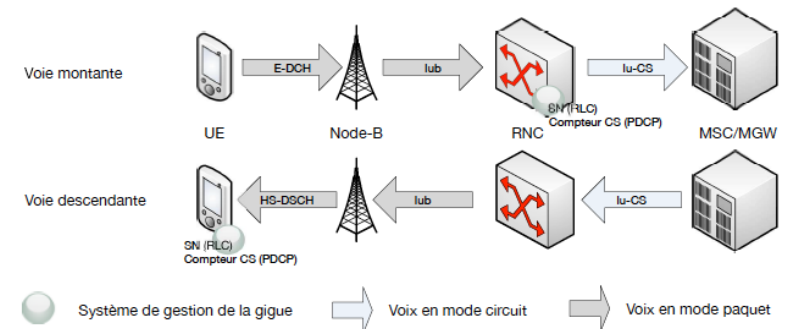


HSPA+

Voix sur HSPA



- « Voix circuit sur HSPA » (R8) : étape intermédiaire entre la voix circuit (GSM, R99) et la VoIP sur réseaux cellulaires (à venir avec l'IMS)
- Réseau cœur : on continue d'utiliser les circuit
- Réseau radio : on utilise HS-DSCH et E-DCH au lieu du DCH
- Gestion de la gigue dans l'UE et dans le RNC



HSPA+

Catégories de terminaux (voie descendante)



Release	Cat.	Features	Max data rate (Mbps)
R5	10	15 codes, 16QAM	14.4
R7	13	64QAM	17,6
R7	14	64QAM	21
R7	15	MIMO+16QAM	23
R7	16	MIMO+16QAM	28
R7	17	64QAM ou MIMO+16QAM	17.6/23
R7	18	64QAM ou MIMO+16QAM	21/28
R8	19	64QAM+MIMO (no 2C)	35
R8	20	64QAM+MIMO (no 2C)	42
R8	21	16QAM+2C (no MIMO)	23
R8	22	16QAM+2C (no MIMO)	28
R8	23	64QAM+2C (no MIMO)	35
R8	24	64QAM+2C (no MIMO)	42

M. Coupechoux - Titre

77

HSPA+

Catégories de terminaux (voie descendante)



Release	Cat.	Features	Max data rate (Mbps)
R9	25	2C+MIMO+16QAM	46.7
R9	26	2C+MIMO+16QAM	56
R9	27	2C+MIMO+64QAM	70.5
R9	28	2C+MIMO+64QAM	84.4
R10	29	3C+64QAM	63.2
R10	30	3C+MIMO+64QAM	126.6
R10	31	4C+64QAM	84.4
R10	32	4C+MIMO+64QAM	168
R11	33	6C+64QAM	126.6
R11	34	6C+MIMO+64QAM	253.2
R11	35	8C+64QAM	168.8
R11	36	8C+MIMO+64QAM	337.5
R11	37	2C+MIMO4x4+64QAM	168.8
R11	38	4C+MIMO4x4+64QAM	337.5

M. Coupechoux - Titre

78

HSPA+

Catégories de terminaux (voie montante)



Release	Cat.	Features	Max data rate (Mbps)
R6	6	QPSK	5.7
R7	7	16QAM	11.5
R9	8	QPSK+2C	11.5
R9	9	16QAM+2C	23

M. Coupechoux - Titre

79

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.
- Les performances de HSPA+ devraient 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).

80

- [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 Samoff Symposium, 2008.
- [8] M. Coupechoux, Ph. Martins, « Vers les systèmes radiomobiles de 4^e génération », Springer, 2012.