

## Introduction à HSUPA

Marceau Coupechoux  
Philippe Godlewski  
Philippe Martins  
ENST, Département Informatique et Réseaux  
Juin 2008

## Plan

- Introduction
- Principales fonctionnalités
- Canaux physiques, de transport, logiques
- Couche MAC
  - Pile protocolaire
  - Ordonnancement
  - HARQ
  - Soft Hand-over
- Catégories de mobiles
- Comparaisons avec HSDPA et R'99

## Introduction

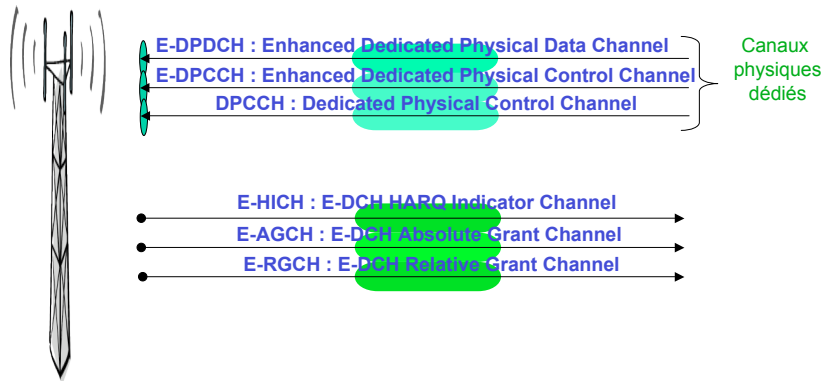
- Buts :
  - Améliorer les débits sur la voie montante (jusqu'à 5,8 Mbps)
  - Réduire les délais
  - Adapter les capacités de la voie montante aux récentes évolutions sur la voie descendante
- Principales caractéristiques des Releases UMTS à l'accès :
  - Release R99&R4 : WCDMA
  - Release R5 (06/2002) : HSDPA
  - Release R6 (12/2004) : HSUPA (ou E-DCH), MBMS
  - Release R7 : HSPA+
  - Release R8 : LTE (Long Term Evolution)
- 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

## 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)

## Canaux physiques, de transport, logiques

### Canaux physiques



## Canaux physiques, de transport, logiques

### 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, le numéro de séquence RSN et le « Happy bit ».
- **E-HICH** : E-DCH HARQ Indicator Channel, canal physique transportant les acquittements positifs ou négatifs de l'HARQ (SF=128).
  - ACK/NACK : acquittement positif / négatif
  - DTX : pas de transmission = TTI non détecté
  - Jusqu'à 40 E-HICH/E-RGCH peuvent être multiplexés sur un code de canalisation.

## Canaux physiques, de transport, logiques

### Canaux physiques



- **E-AGCH** : E-DCH Absolute Grant Channel, canal physique transportant les opportunités de transmission (service grant) en termes absolus (SF=256).
  - Indique la puissance exacte qui peut être émise par le mobile (service grant),
  - Identité de l'UE à qui la commande s'adresse,
  - Un ou plusieurs E-AGCH par cellule.
- **E-RGCH** : E-DCH Relative Grant Channel, canal physique transportant les opportunités de transmission en termes relatifs (SF=128, plusieurs E-HICH et E-RGCH peuvent être multiplexés sur un seul code de canalisation).
  - Canal dédié,
  - UP : le mobile peut accroître sa puissance,
  - DOWN : le mobile doit décroître sa puissance,
  - HOLD : puissance constante.

## Canaux physiques, de transport, logiques

### E-DPDCH

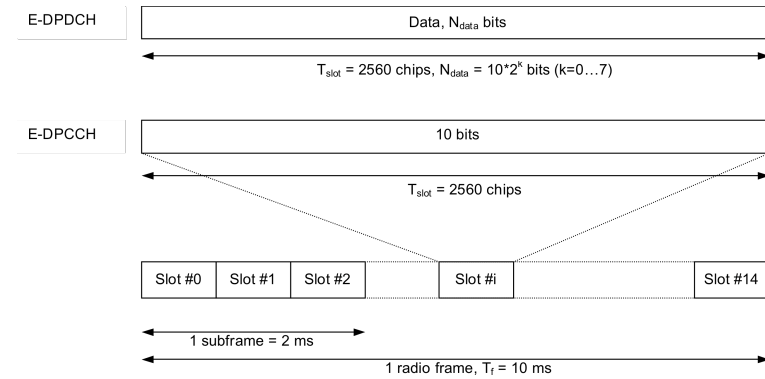


- Principales caractéristiques :
  - Utilisation des OVSF (comme DPDCH)
  - Modulation BPSK (comme DPDCH)
  - Transmission multi-code (pas implémenté en pratique en R99)
  - Contrôle de puissance rapide (comme DPDCH)
  - Couplé à un DPCCH (pour l'estimation de canal et les commandes de contrôle de puissance voie descendante) et à un E-DPCCH
  - Soft Hand-over (comme DPDCH)
  - Facteur d'étalement minimal SF=2 (DPDCH, min SF=4)
  - Possibilité de transmission  $2 \times SF2 + 2 \times SF4$  pour atteindre 5,76 Mbps
  - TTI = 2 ou 10ms (DPDCH, min TTI=10ms)
  - HARQ
- Remarque : jusqu'à 5 types de canaux dédiés peuvent être utilisés simultanément (DPDCH, E-DPDCH, DPCCH, E-DPCCH, HS-DPCCH).

- Comparaison E-DPDCH, DPDCH :

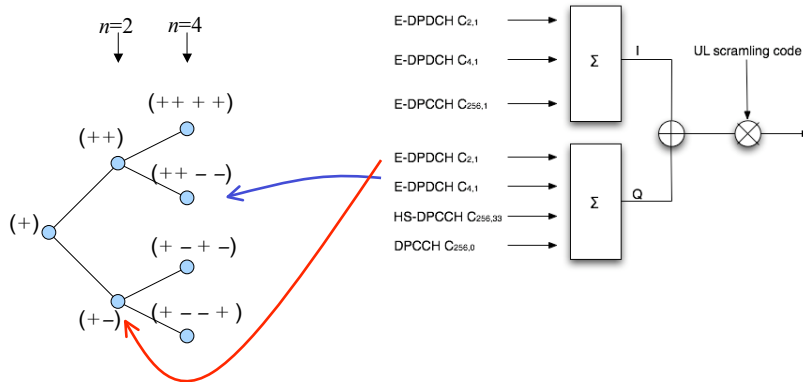
	DPDCH	E-DPDCH
SF min-max	4-256	2-256
Débit min-max	15-960 Kbps	15-1920 Kbps
Contrôle de puissance rapide	Oui	Oui
Soft Hand-over	Oui	Oui
Modulation	BPSK	BPSK
TTI (ms)	10, 20, 40, 80	2, 10
No. max de codes en parallèle	1 (en pratique)	4

- Structure de trame :



Tiré de [3]

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



- Débits accessibles :

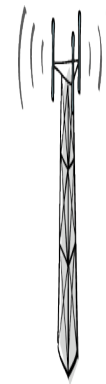
Nombre de E-DPDCH et facteurs d'étalement	Débit
1xSF256-4	15-960 Kbps
2xSF4	1920 Kbps
2xSF2	3840 Kbps
2xSF4+2xSF2	5760 Kbps

## Canaux physiques, de transport, logiques E-DPCCH



- Le E-DPCCH est nécessaire pour pouvoir décoder le E-DPDCH.
- Ses champs :
  - **E-TFCI** : indique le format de transport utilisé sur le E-DPDCH (essentiellement la taille du Transport Block, le facteur d'étalement, le nombre de E-DPDCH).
  - **RSN** (Retransmission Sequence Number) : numéro de séquence de retransmission du bloc de transport qui est transmis sur le E-DPDCH.
  - **Happy Bit** : indique au Node-B si l'UE est satisfait de l'allocation de ressources qu'il a reçu ou non. Cette information doit aider le Node-B à ordonnancer les UE sur la voie montante.

## Canaux physiques, de transport, logiques Canal de transport dédié



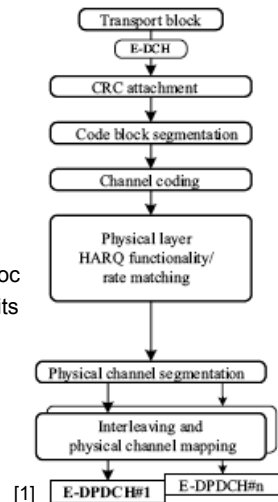
← E-DCH : Enhanced Dedicated Channel



## Canaux physiques, de transport, logiques E-DCH



- Chaîne de transmission E-DCH :
  - Il n'y a qu'un seul E-DCH par UE
  - E-DCH et DCH peuvent coexister
  - Un seul TB par TTI
  - CRC 24 bits tout le temps présent
  - Code block segmentation : < 5114 bits
  - Turbo code 1/3
  - HARQ : produit les différentes versions d'un bloc
  - PHY channel segmentation : distribution des bits entre les E-DPDCH
  - Un E-DCH est associé à un ou plusieurs E-DPDCH

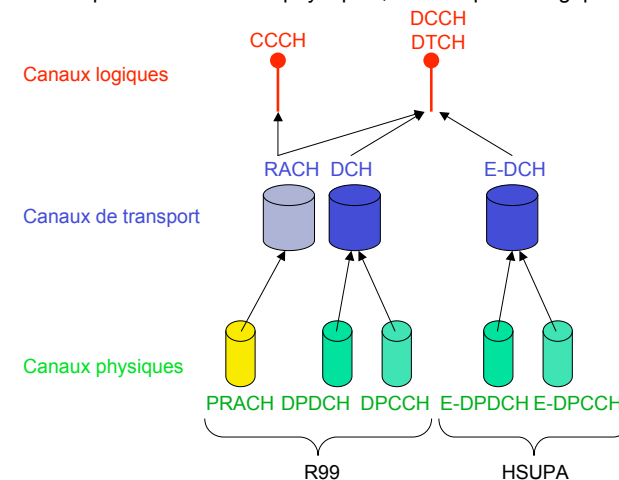


[1]

## Canaux physiques, de transport, logiques Correspondance avec les canaux logiques



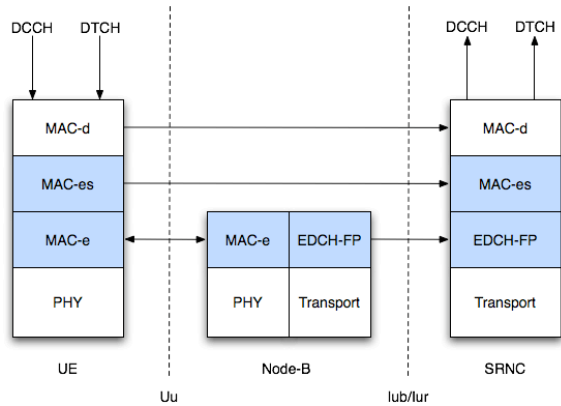
- Correspondances canaux physiques, de transport et logiques :



## Couche MAC Pile protocolaire



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



M. Coupechoux - HSUPA

17

## Couche MAC Ordonnancement

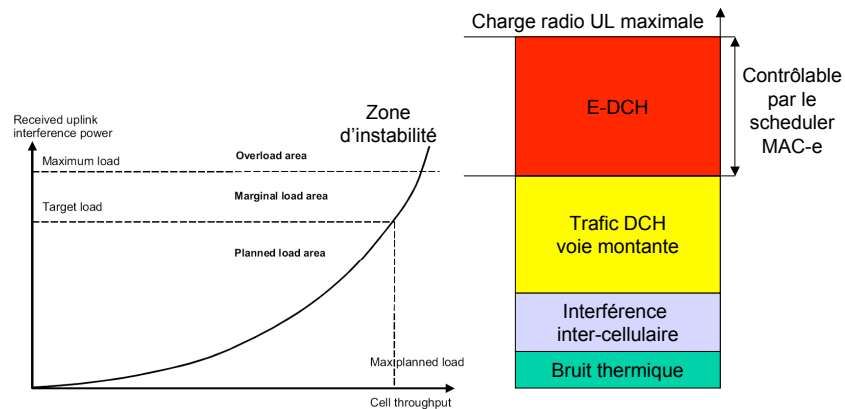


- La fonction d'ordonnancement est déplacée dans le Node-B (comme HSDPA)
- L'ordonnancement est de type « many-to-one » (en HSDPA, « one-to-many »)  
Conséquences :
  - Le Node-B ne connaît pas l'état de mémoires (*buffers*)
  - La puissance sur la voie montante est partagée entre les utilisateurs
  - 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).

M. Coupechoux - HSUPA

18

## Couche MAC Ordonnancement



Tiré de [1]

M. Coupechoux - HSUPA

19

## Couche MAC Ordonnancement



- Notion de Serving Grant :
  - Le Node-B et l'UE maintiennent un « **Serving Grant** » (SG) qui représente le rapport de puissance E-DPDCH/DCCH maximum que l'UE peut utiliser à la prochaine transmission.
  - Le SG est utilisé par l'UE pour sélectionner l'E-TFC (E-DCH Transport Format Combination) et ainsi le débit de transmission.
  - Dans la limite donnée par le SG, l'UE peut limiter la probabilité de retransmission (i.e., le délai) ou augmenter le débit.
  - Le Node-B contrôle le SG de l'UE grâce aux E-AGCH (valeur absolue) et E-RGCH (valeur relative par rapport à la dernière valeur).

M. Coupechoux - HSUPA

20

## Couche MAC Ordonnancement



### Requêtes de l'UE :

#### Scheduling Information (SI) :

- Transmis sur le E-DCH (en-tête MAC-e, « in-band »), éventuellement de manière périodique, au moment des changements de cellule, si un bloc arrive dans une mémoire vide avec SG=0,
- Contient : une priorité, l'occupation de la mémoire, la puissance disponible.

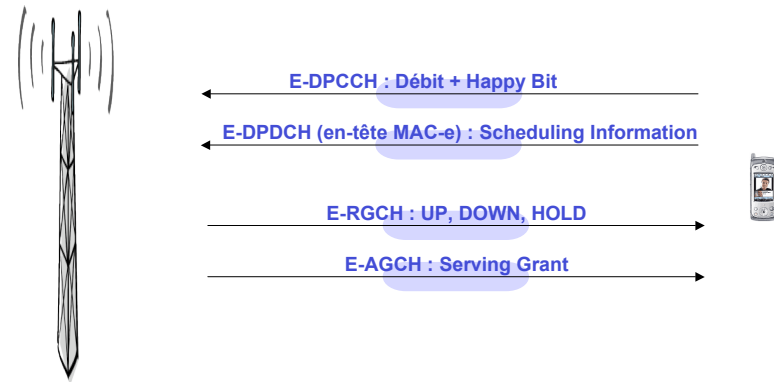
#### Happy Bit :

- Transmis sur le E-DPCCH (« out-of-band »),
- Si l'UE veut émettre à un débit supérieur (condition de délai pour vider la mémoire), il fixe le bit à « unhappy ».

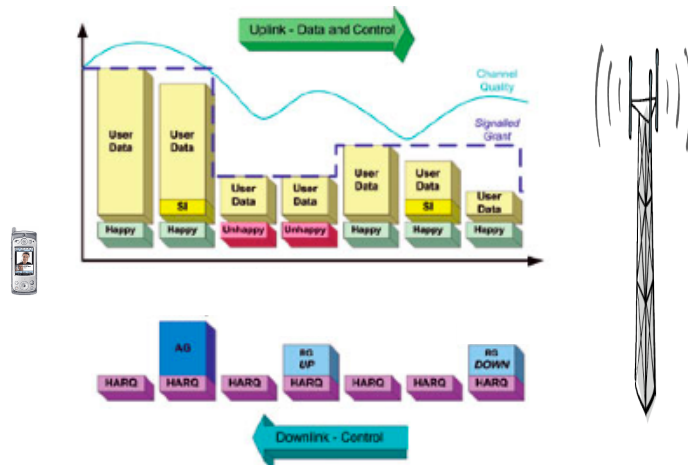
## Couche MAC Ordonnancement



### Signalisation lié à l'ordonnancement



## Couche MAC Ordonnancement



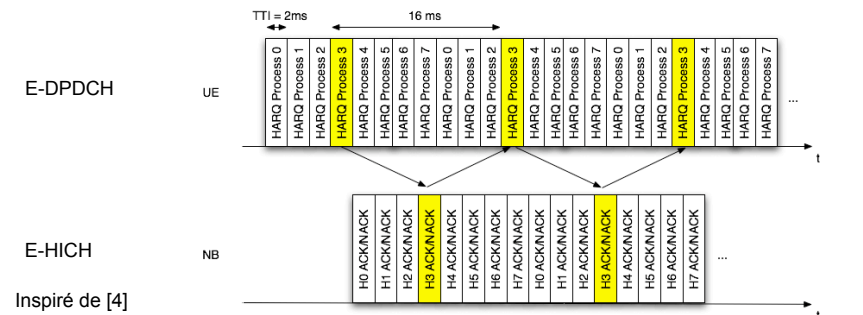
Tiré de [4]

## Couche MAC HARQ



### Principe :

- Après chaque TTI, le Node-B acquitte (ou non) la transmission,
- En cas d'échec, l'UE retransmet le paquet,
- Deux possibilités : Chase Combining et Incremental Redundancy,
- La synchronisation permet de s'affranchir de numéros de séquence,
- Le Node-B a juste besoin de savoir s'il s'agit d'une retransmission (RSN).



Inspiré de [4]

- HARQ et soft hand-over :
  - En softer hand-over, les cellules du Node-B serveur envoient la même information d’acquiescement sur le E-HICH.
  - Une cellule non serveuse ne transmet que les ACK sur le E-HICH afin d’économiser de la puissance sur la voie descendante.
  
- Scheduling et soft hand-over :
  - En softer hand-over, les cellules du Node-B serveur envoient la même commande sur le E-RGCH.
  - Une cellule non serveuse ne transmet que les DOWN (indication de surcharge radio).
  - Si l’une des cellules de l’Active Set envoie DOWN, l’UE doit décroître sa puissance.
  - Les commandes E-AGCH ne sont envoyées que par la cellule serveuse.

## Comparaisons avec HSDPA et DCH

**Table 5.1** HSDPA, HSUPA and DCH comparison table.

Feature	DCH	HSDPA (HS-DSCH)	HSUPA (E-DCH)
Variable spreading factor	Yes	No	Yes
Fast power control	Yes	No	Yes
Adaptive modulation	No	Yes	No
BTS based scheduling	No	Yes	Yes
Fast L1 HARQ	No	Yes	Yes
Soft handover	Yes	No	Yes
TTI length [ms]	80, 40, 20, 10	2	10, 2

Tiré de [1]

## Catégories de mobiles

- 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 <sup>1</sup>	Maximum data rate with a 2-ms TTI <sup>2</sup>
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

## 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.