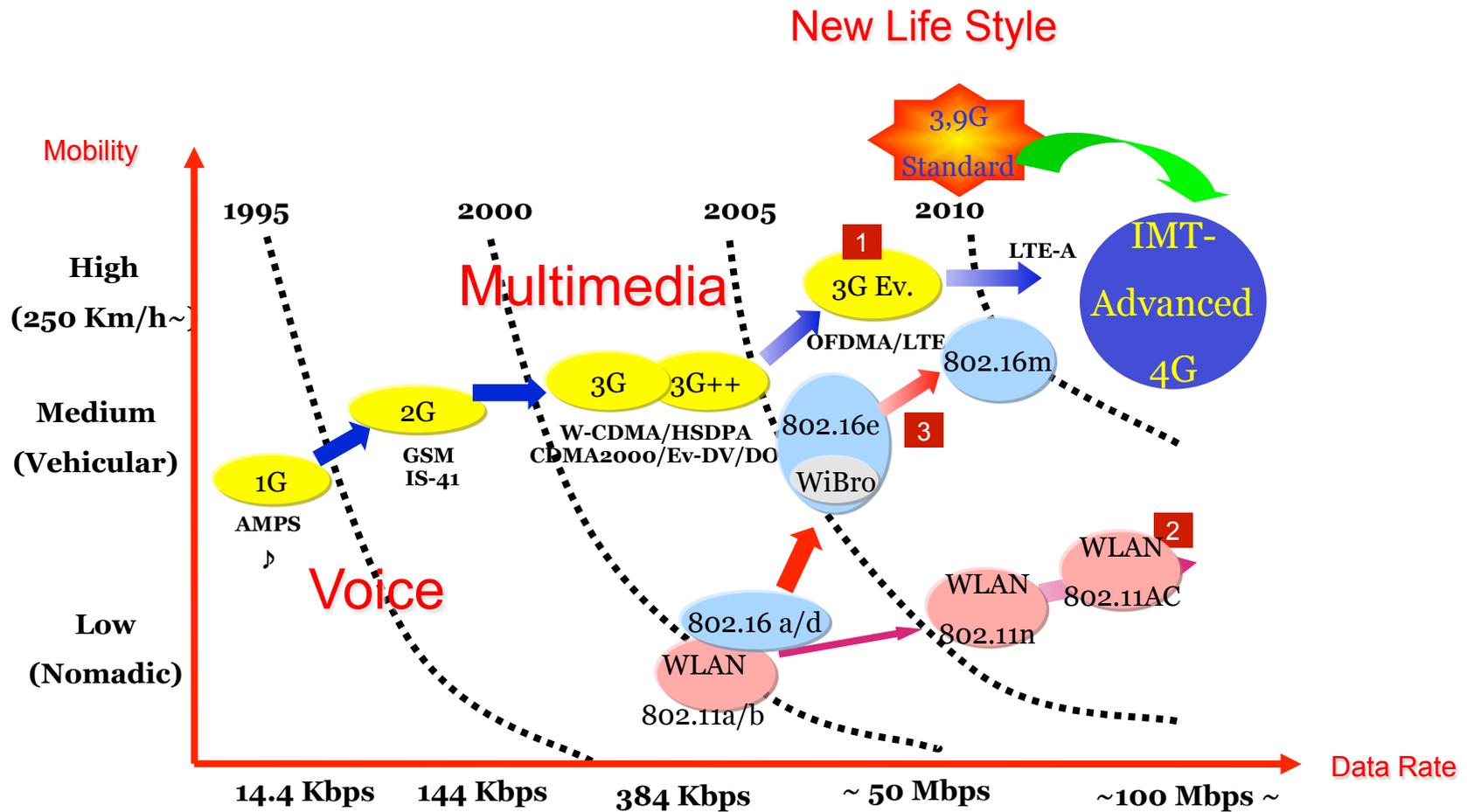


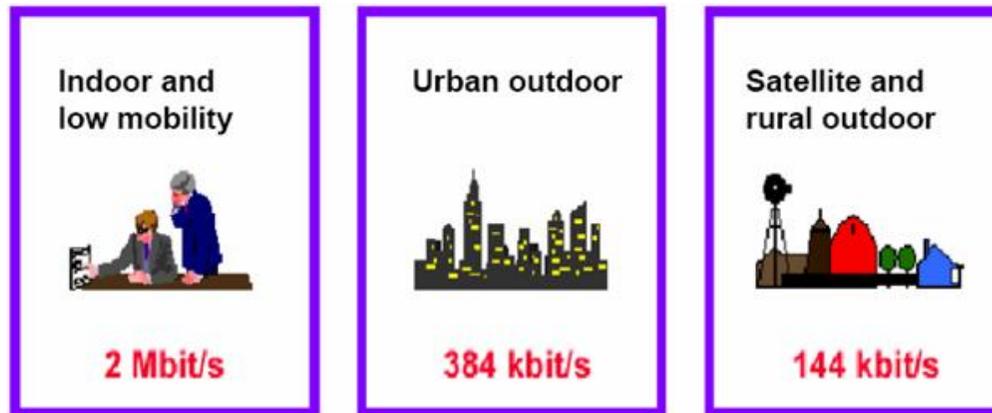
# Réseaux 3G

# Migration de la 1G à la 4G



# Caractéristiques

- ❑ Téléphonie numérique et transmission de données à haut débit
  - jusqu'à 144 kbit/s en rural (voire 384 kbit/s) à au plus 500 km/h
  - jusqu'à 384 kbit/s en extérieur urbain (voire 512 kbit/s) à au plus 120 km/h
  - jusqu'à 2 Mbit/s en extérieur avec faible portée ou en intérieur à au plus 10 km/h



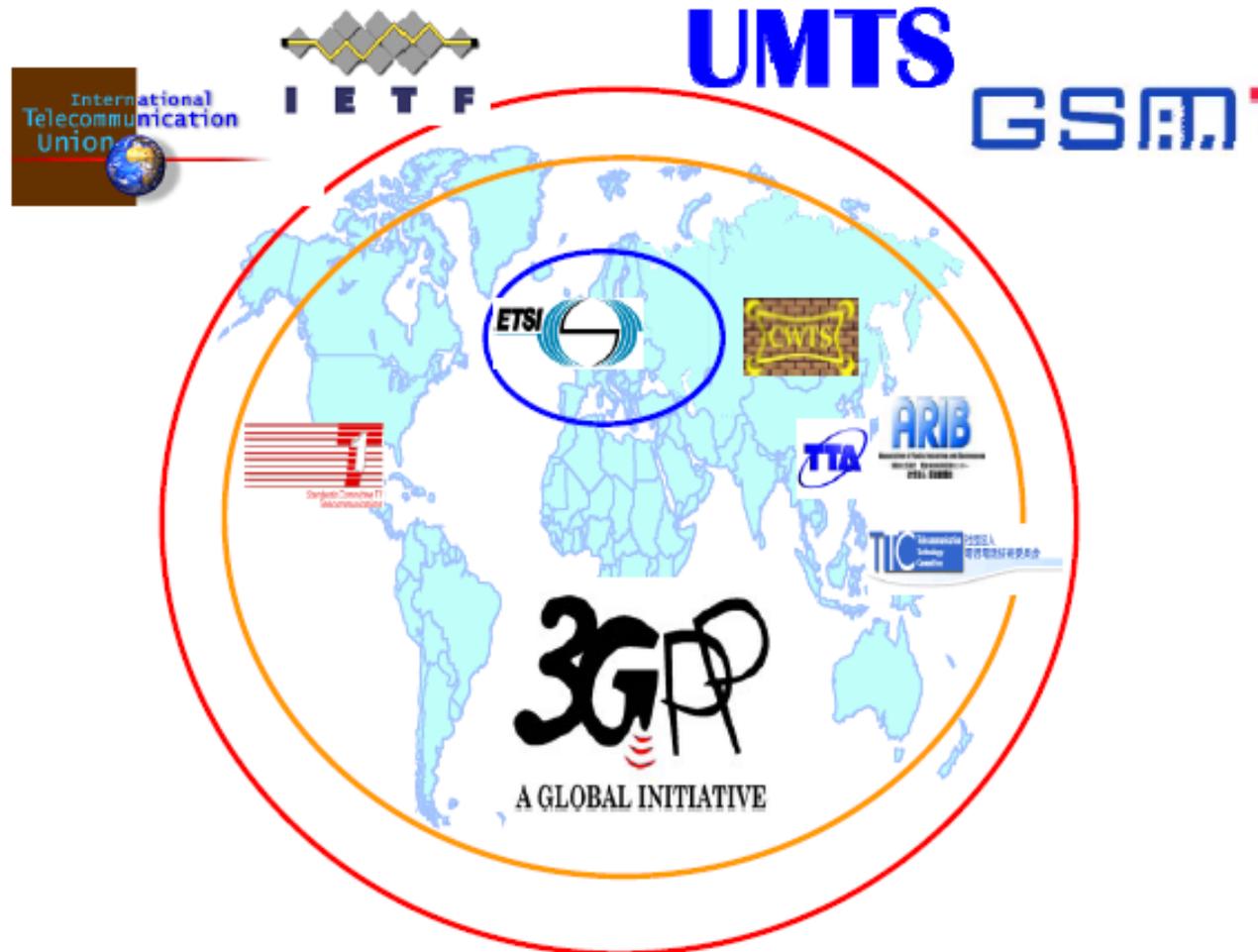
- ❑ Services paquet et circuit (y compris sur voie radio)
- ❑ Nouvelles plages de fréquences
- ❑ Plus de capacité

# 3GPP

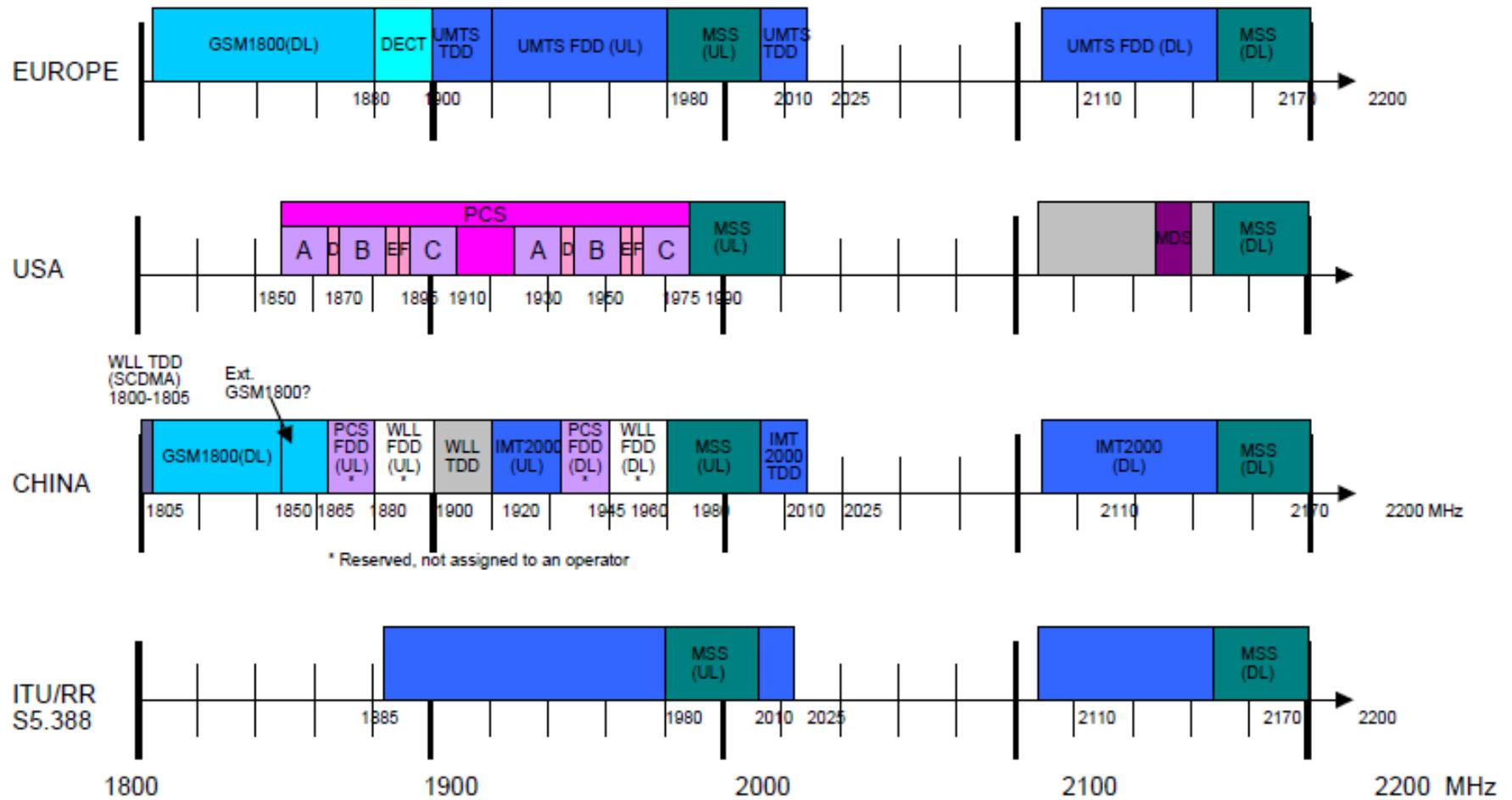
3GPP - Third Generation Partnership Project  
ARIB - Association of Radio Industries and Businesses  
CWTS - China Wireless Telecommunication Standard group  
ETSI - European Telecommunications Standards Institute  
T1 - Standards Committee T1 Telecommunications  
TTA - Telecommunications Technology Association  
TTC - Telecommunication Technology Committee

GSM - Global System for Mobile Communications  
UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

IETF - Internet Engineering Task Force  
ITU-R - International Telecommunication Union - Radio communication  
ITU-T - International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization

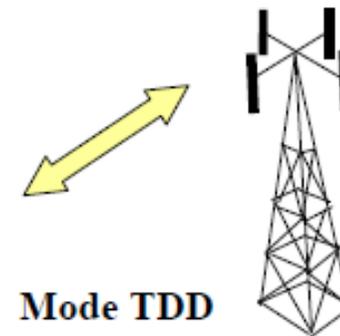
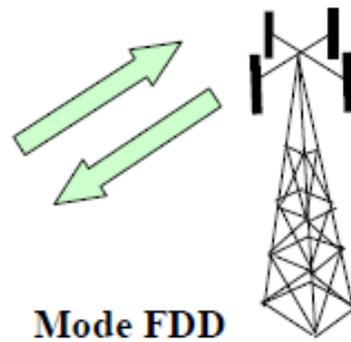
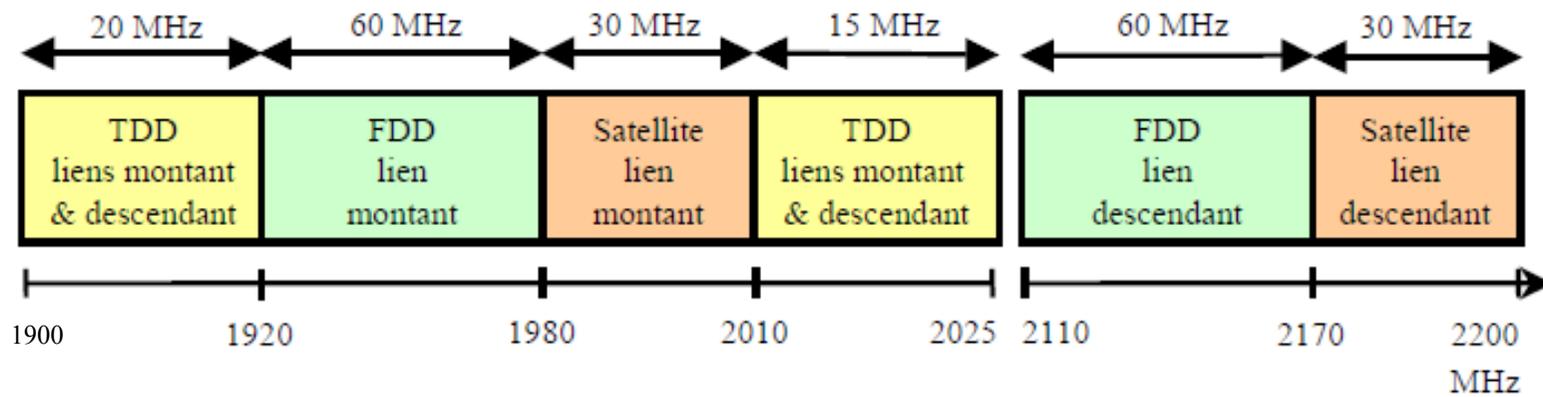


# Allocation de fréquences IMT



PCS: Personal Communication system

# Fréquences UMTS

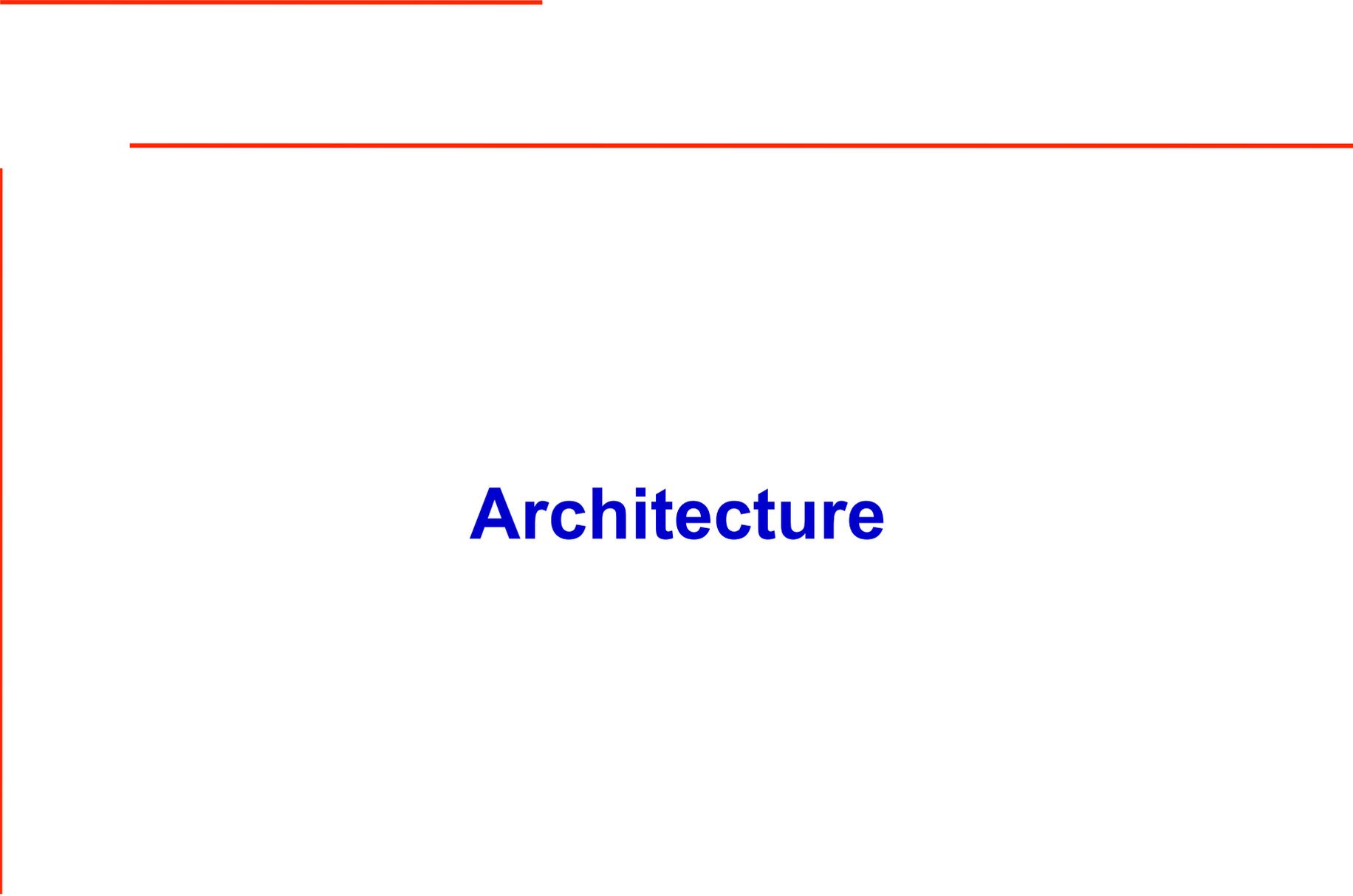


---

# Attribution de licences UMTS

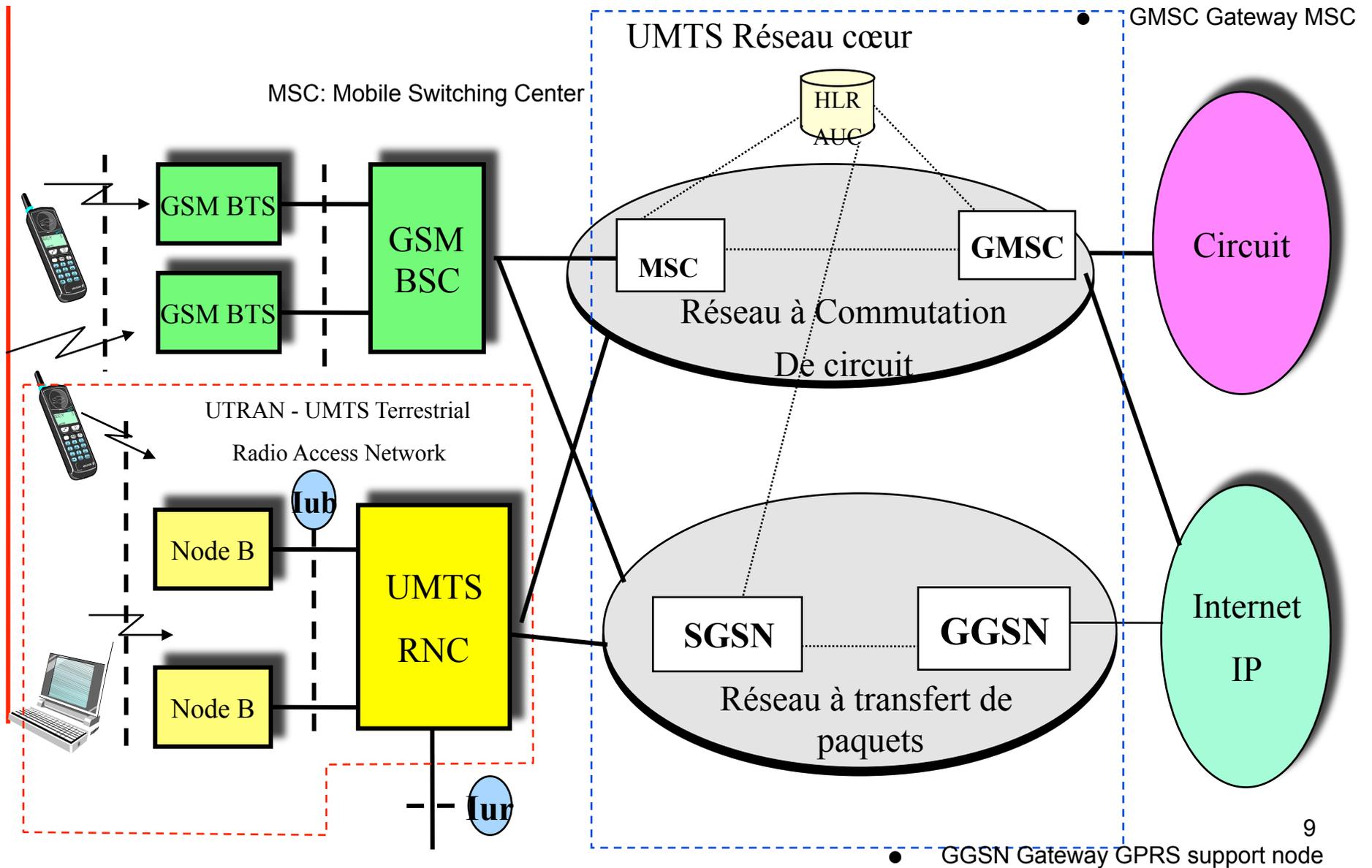
---

- Le système des enchères
  - Royaume-Uni (38,5 milliards d'euros pour l'attribution de quatre licences)
  - Allemagne (50 milliards d'euros pour l'attribution de six licences)
- La soumission comparative
  - Sélection des candidats sur un ensemble de critères et non sur le seul critère financier
    - Déploiement du réseau, couverture du territoire, date à laquelle les premiers services seront fournis aux consommateurs
  - Portugal, la Norvège, le Luxembourg, la France
- Les systèmes mixtes
  - Présélection des candidats sur dossier
  - Adjudication des licences avec possibilité de surenchères
  - Italie
- L'attribution gratuite
  - Suède, Finlande



# Architecture

# Transition 2G-3G



---

# Architectures GSM vs UMTS

---

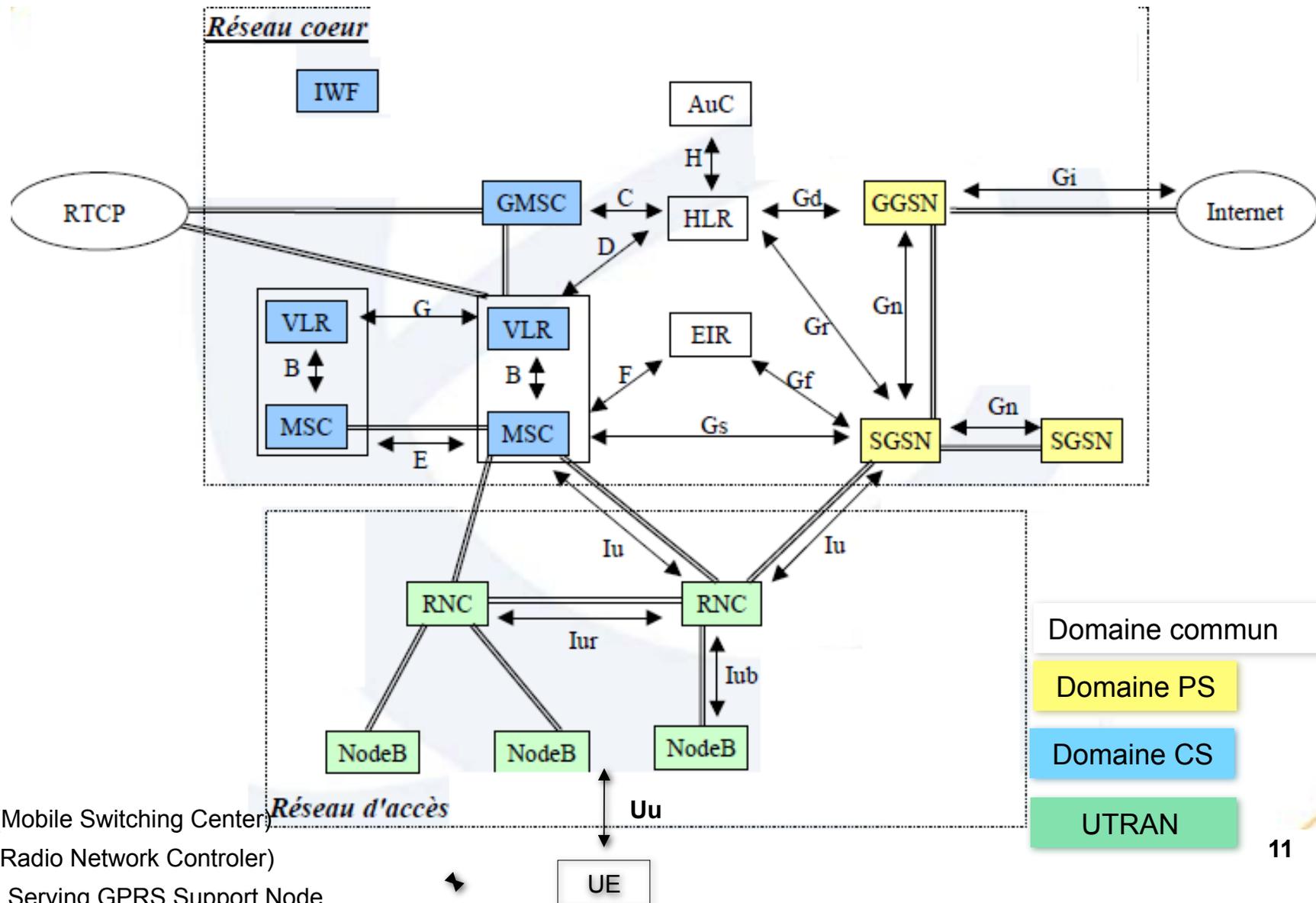
## GSM

- MS (Mobile Station)
- BTS (Base Transceiver Station)
  - Contrôle des ressources radio
  - Contrôle du lien radio
- BSC (Base Station Controller)
  - Allocation des ressources
  - Contrôle du lien radio
- MSC (Mobile Switching Center)
- BSS (Base Station Subsystem)

## UMTS

- UE (User Equipment)
- Node B
  - Contrôle partiel des ressources radio
- RNC (Radio Network Controller)
  - Allocation des ressources
  - Contrôle du lien radio
- UMSC (UMTS MSC)
- RNS (Radio Network Subsystem)
- GGSN (Gateway GPRS support node)

# Architecture UMTS



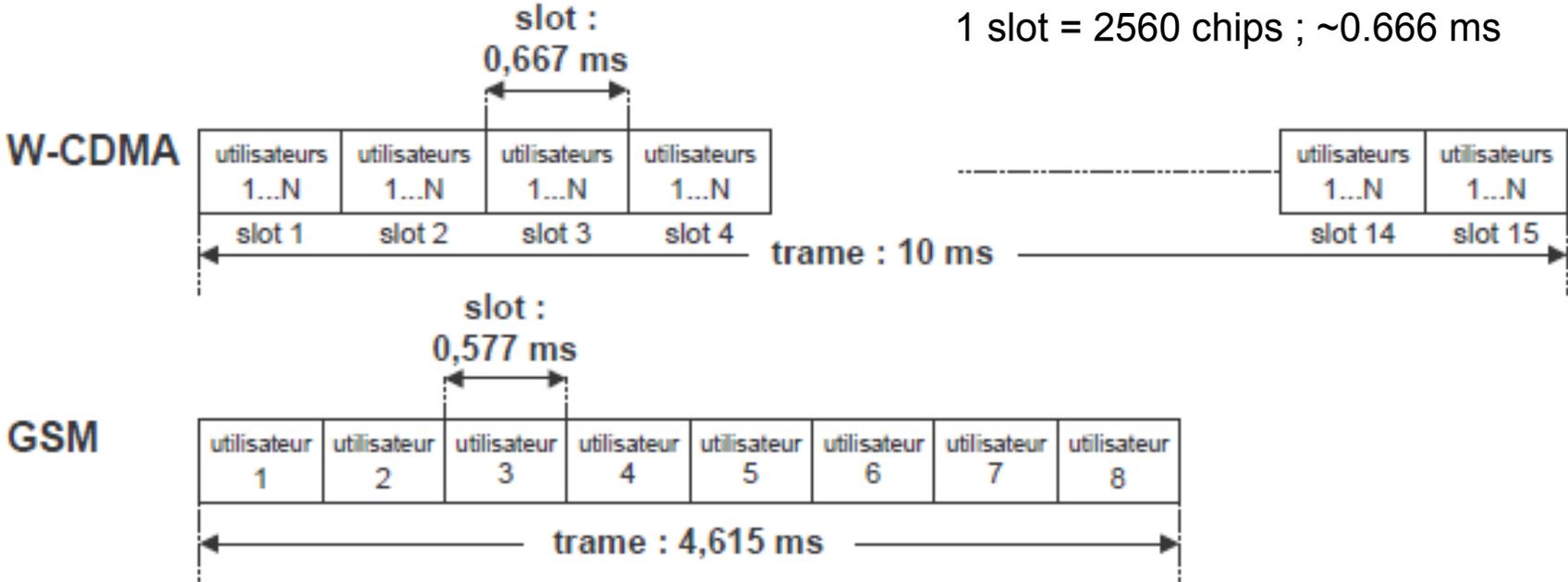
---

## Innovations UTRAN

---

- ❑ UTRAN Universal Terrestrial Radio Access Network
- ❑ Les mêmes fréquences peuvent être utilisées sur toutes les cellules : planification simple
- ❑ L'utilisation du CDMA permet d'éviter l'interruption d'appels lors de changement de cellules (soft handover)
- ❑ La définition de 4 nouvelles interfaces radio (compatibilité avec équipements de multiples constructeurs)

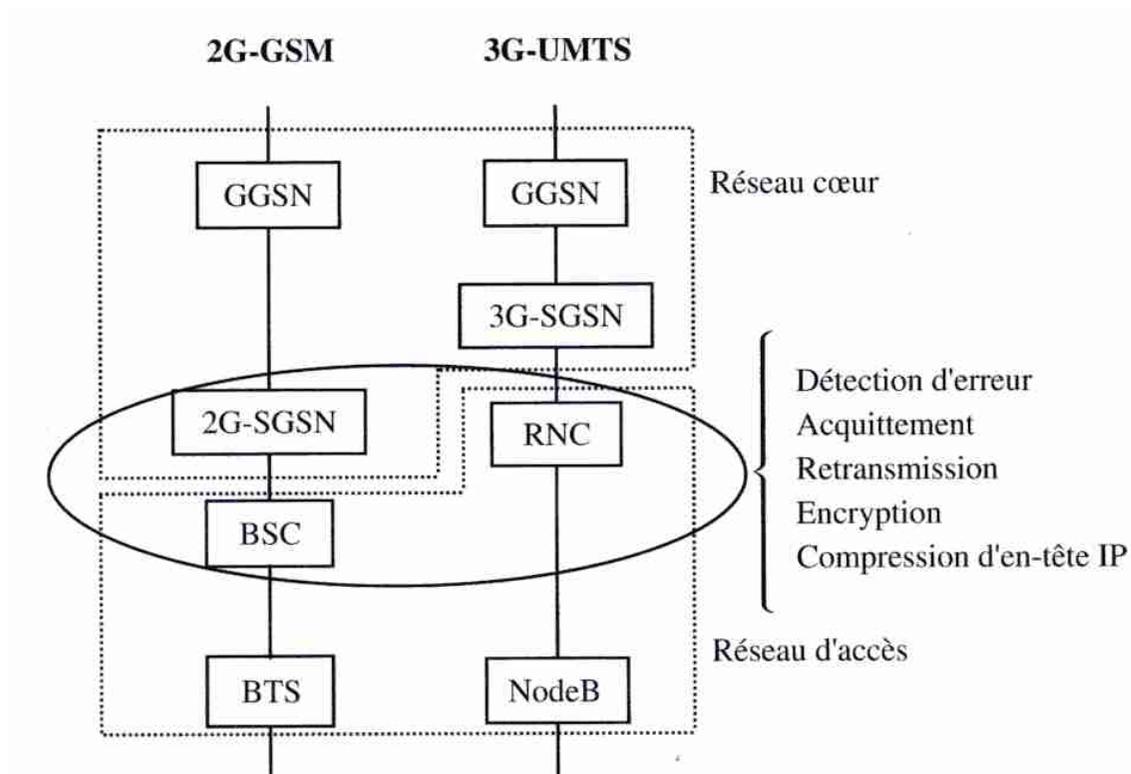
# Comparaison trames UMTS/GSM



*Structure comparée des trames W-CDMA et GSM*

# 3G-SGSN

- Déplacement des fonctions de niveau 2 vers le RNC



RNC (Radio Network Controller)

BSC (Base Station Controller)

---

# UTRAN

---

- a) Le nœud B assure la communication entre terminaux et UTRAN
- Effectue des tâches de niveau physique (entrelacement, codage et décodage canal pour la correction d'erreurs, adaptation du débit et modulation QPSK)
  - Contrôle de puissance pour une meilleure autonomie pour les terminaux et une limitation des interférences dans une même cellule
  - Intervient dans le handover via l'envoi des mesures nécessaires au RNC.
  -
- b) Le Contrôleur du réseau radio (RNC) regroupe les fonctionnalités de niveau 2 et 3 du modèle OSI. Il effectue
- Le contrôle de puissance
  - Le contrôle du handover
  - Le contrôle de l'admission des mobiles au réseau et la gestion de la charge
  - L'allocation de codes CDMA
  - La combinaison/distribution des signaux provenant ou allant vers différents nœuds B (situation de macro-diversité)

---

## Services offerts par l'UMTS

---

- ❑ téléservices : les mêmes qu'en GSM/GPRS (voix, fax, SMS, MMS...)
- ❑ services supplémentaires : les mêmes qu'en GSM/GPRS (renvoi d'appel, double appel, conférence...)
- ❑ services support ou RAB (Radio Access Bearer)
  - ❑ Principale différence avec le GSM/GPRS
  - ❑ L'opérateur va louer aux usagers de « tuyaux » avec une QoS UMTS à la demande.
  - ❑ Des tiers (des fournisseurs de service) pourront utiliser ces tuyaux pour développer eux-mêmes leurs propres services

---

---

# Illustration : comprendre le CDMA

---

# Accès CDMA

---

- ❑ Le CDMA remonte à la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale
- ❑ 1942 : Brevet « Secret Communications System » déposé
- ❑ 1948/1949 : L'intérêt de l'étalement de spectre démontré par Claude Shannon
- ❑ Le terme « étalement de spectre » employé vers 1960

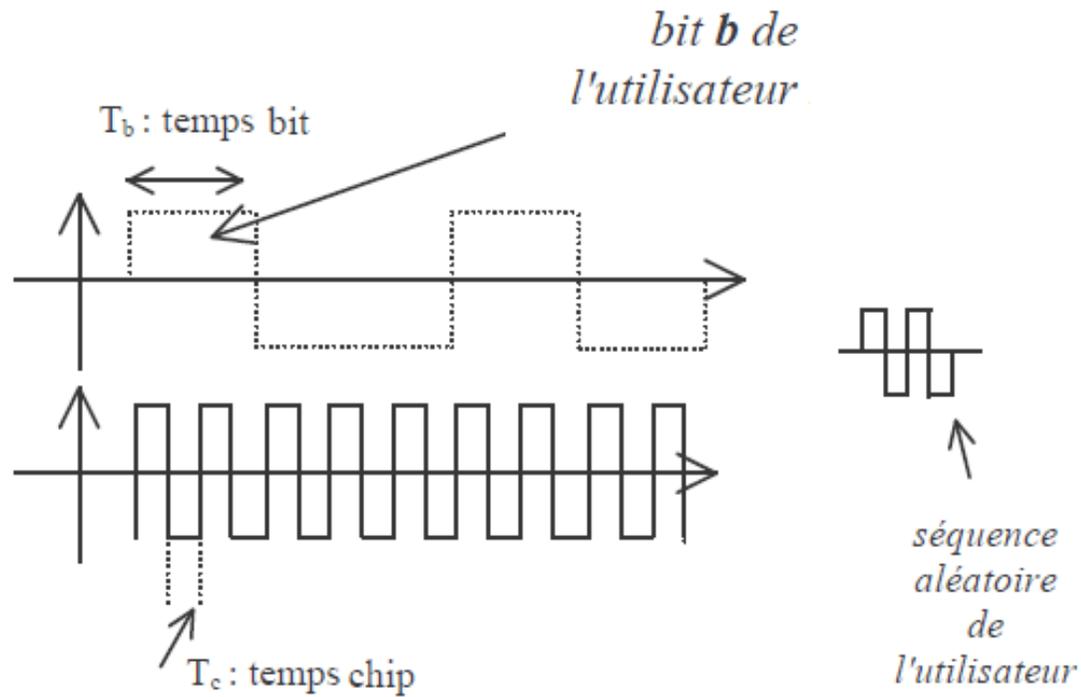
---

# Caractéristiques du CDMA

---

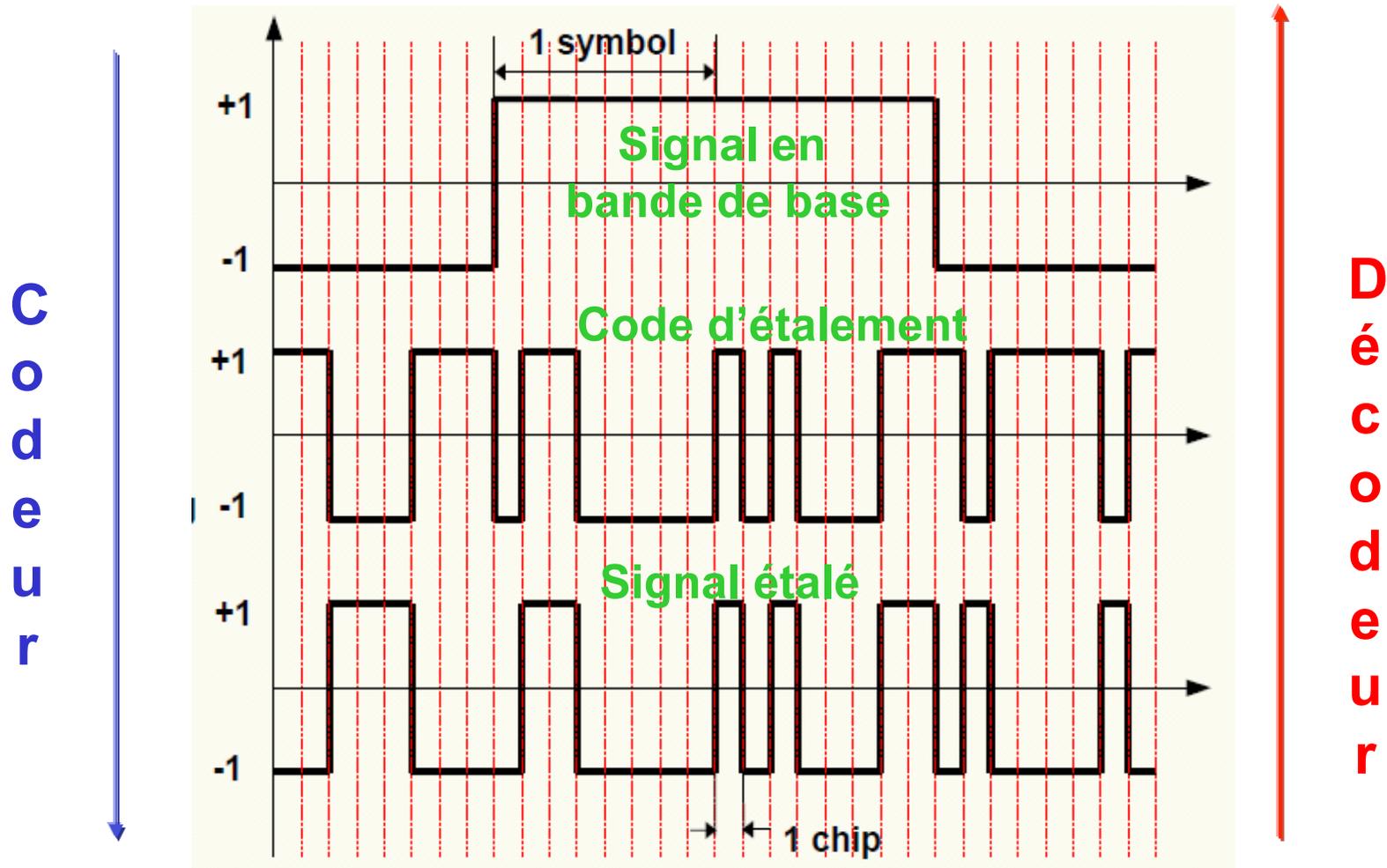
- ❑ Largeur de bande occupée par le signal plus importante qu'en TDMA ou FDMA
- ❑ Réalisé avant l'émission en utilisant un code d'étalement indépendant des données
- ❑ Le même code est utilisé pour retrouver le signal modulé à la réception en multipliant le signal reçu par la séquence d'étalement
- ❑ Avantages
  - Meilleure résistance au bruit car répartition de la puissance sur une plus grande plage de fréquence
  - Meilleure capacité
- ❑ Inconvénients
  - Complexité de traitement

# Etalement de spectre



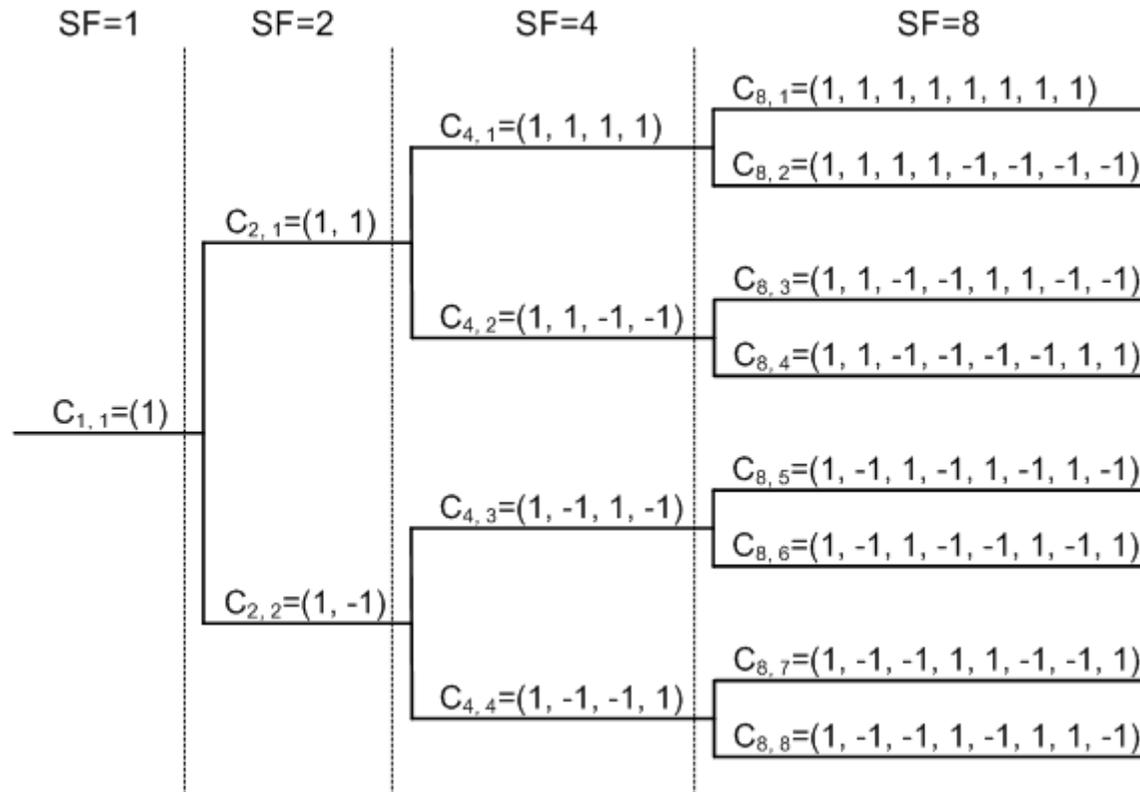
Les éléments des séquences d'étalement sont appelés des "chips"

# Étalement de spectre

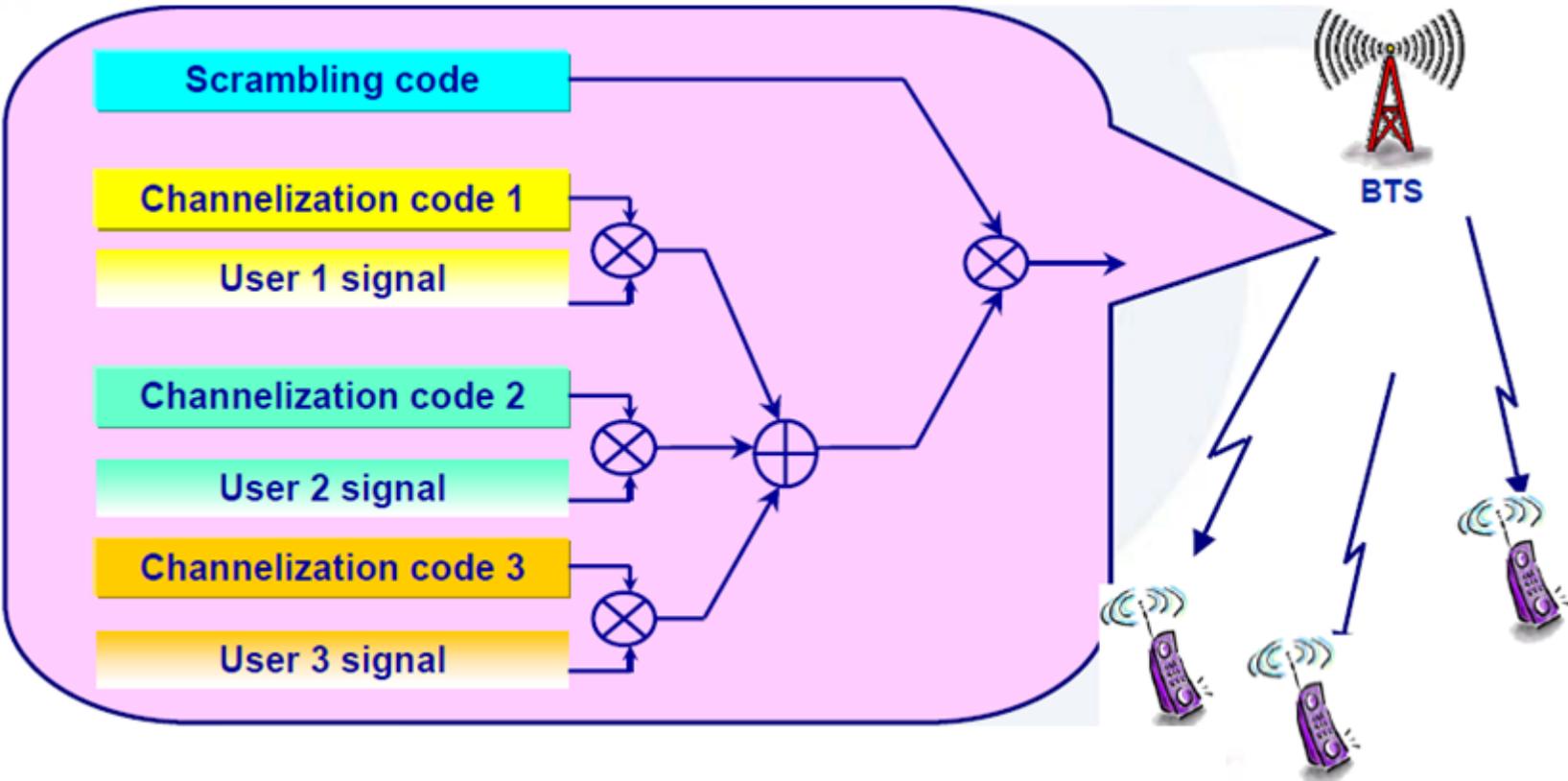


Facteur d'étalement  $SF = \frac{T_b}{T_c}$

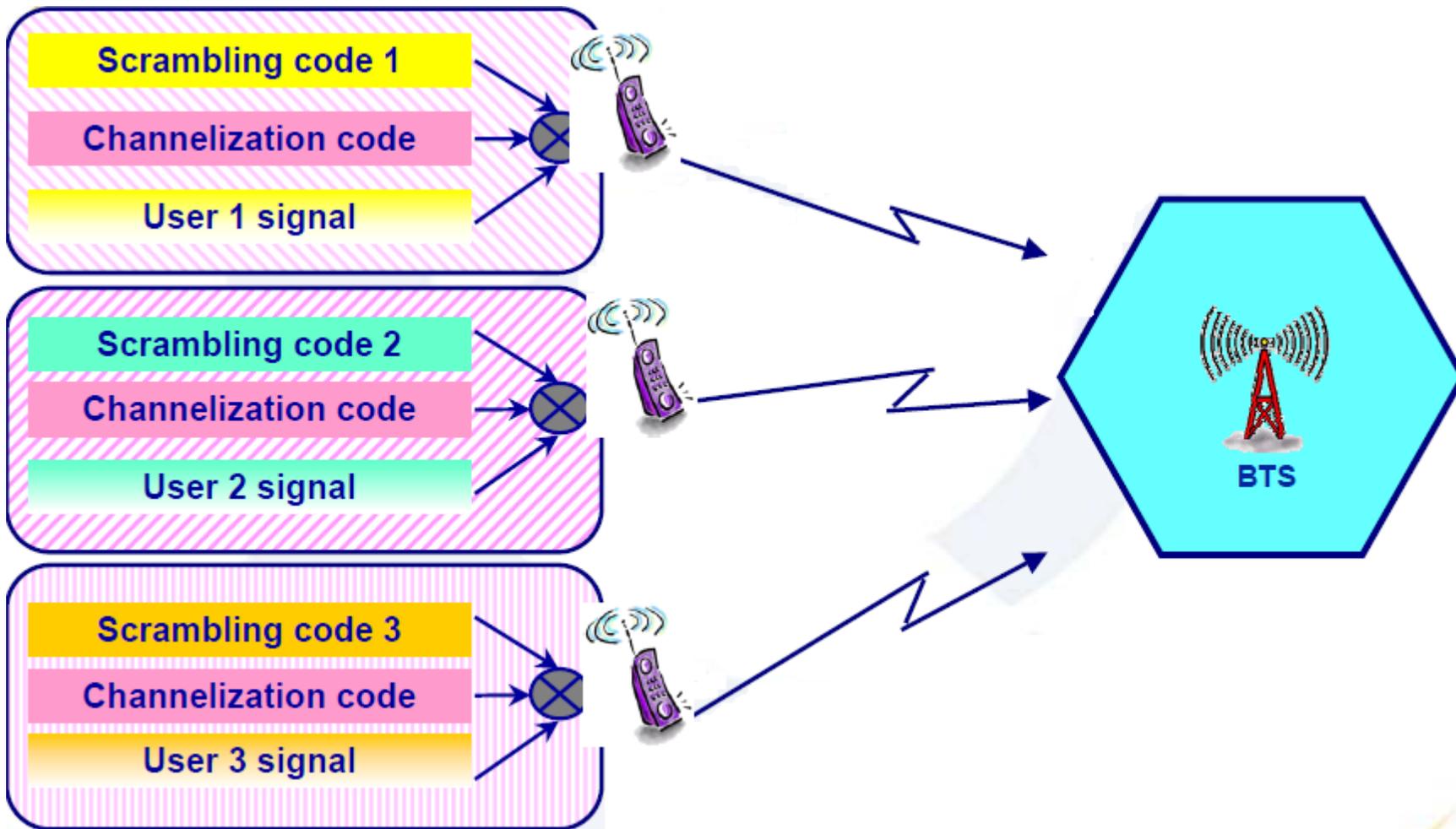
# Orthogonal variable spreading factor (OVSF)



# UMTS : Voie réseau vers mobile



# UMTS: Voie mobile vers réseau



---

---

# Mécanismes de la couche physique

---

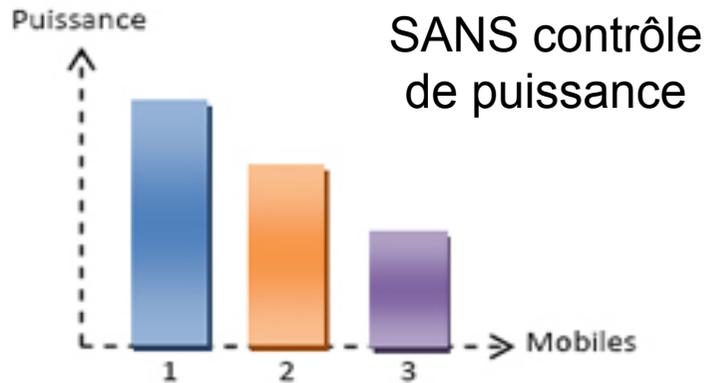
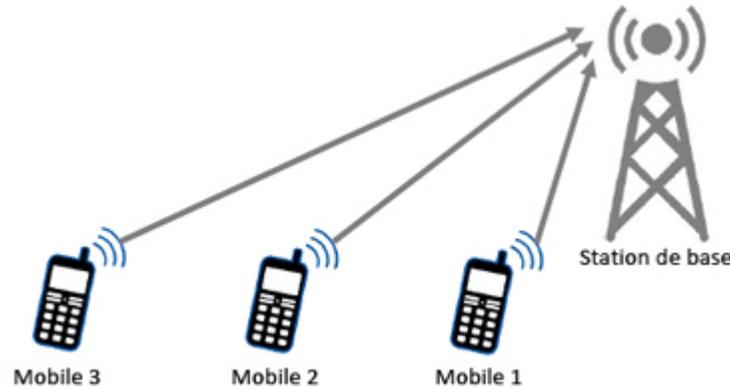
# Entrelacement

---

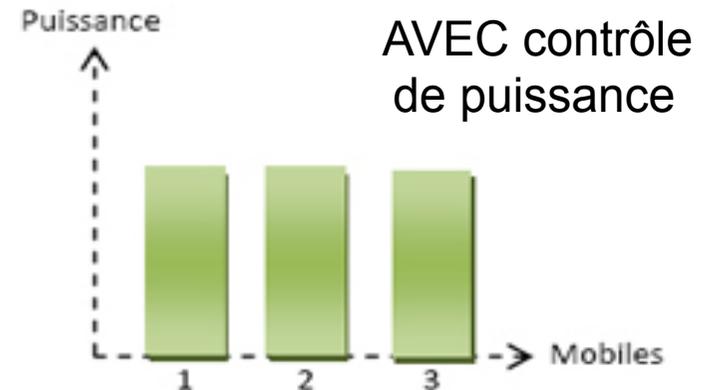
- ❑ L'opération d'entrelacement vise à optimiser les processus de correction d'erreurs en se basant sur la dispersion de celles-ci.
- ❑ Une opération de brassage des bits transmis est ainsi réalisée pour rendre la répartition des erreurs plus aléatoire.
- ❑ Il existe deux niveaux d'entrelacement :
  - au niveau des blocs de transport
  - au niveau des trames radio multiplexées

# Effet near-far : contrôle de puissance (UL)

- Tous les signaux doivent arriver à la station de base avec la même puissance : Effet Near-Far



*Puissance Mobile 1 > Puissance Mobile 2 > Puissance Mobile 3*

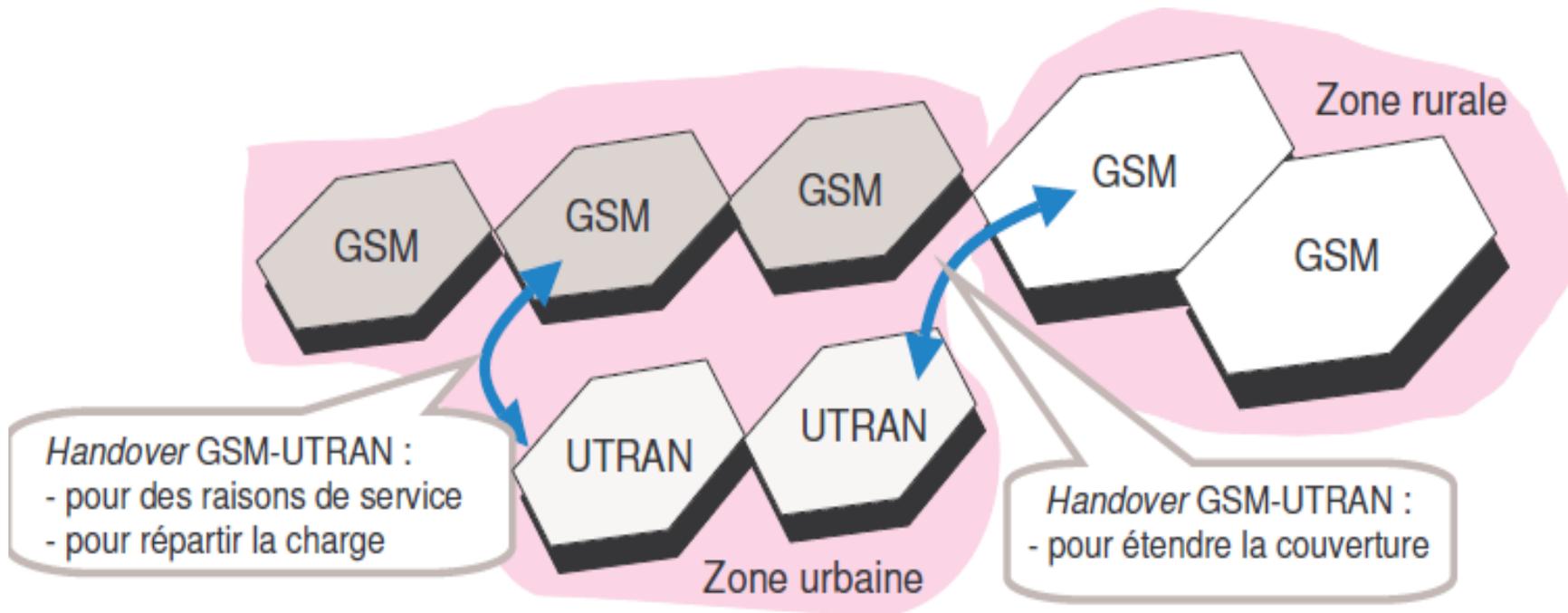


*Puissance Mobile 1 = Puissance Mobile 2 = Puissance Mobile 3*

# Interfaces radio GSM vs UTRA/FDD

	GSM	UTRA / FDD
Technique d'accès multiple	FDMA / TDMA	CDMA
Mode de duplexage	FDD	FDD
Spectre de fréquences (MHz)	925-960 (VD) 880-915 (VM) 1 805-1 880 (VD) 1 710-1 785 (VM) 1 850-1 910 (VD) 1 930-1 990 (VM)	Europe : 1 920-1 980 (VM) 2 110-2 170 (VD)
Séparation entre porteuses	200 kHz	5 MHz
Type de modulation des données	GMSK	BPSK (VM), QPSK (VD)
Périodicité du contrôle de puissance	2 Hz	1 500 Hz
Durée d'une trame	4,615 ms	10 ms
Durée d'un slot	4,615 / 8 ~ 0,577 ms	10 / 15 ~ 0,667 ms
Débit chip		3,84 Mcps

# Handover intersystème



---

---

# **Evolutions de la 3G**

# UMTS : évolutions dans 3GPP

	<b>Publication de la première version</b>	<b>Evolutions principales par rapport à la release 99 de référence</b>
Release 99	Mars 2000	Architecture de référence des premiers déploiements commerciaux RAN basé sur un transport ATM CN CS réutilise le GSM (eg.SS7) CN PS basé sur ATM
Release 4	Mars 2001	Nouveaux éléments dans le CN RAN basé sur un transport ATM CN Introduction de IP
Release 5	Mars 2002	RAN introduction de IP RAN introduction de HSDPA
Release 6	Décembre 2003	Introduction de services de diffusion

---

# HSDPA

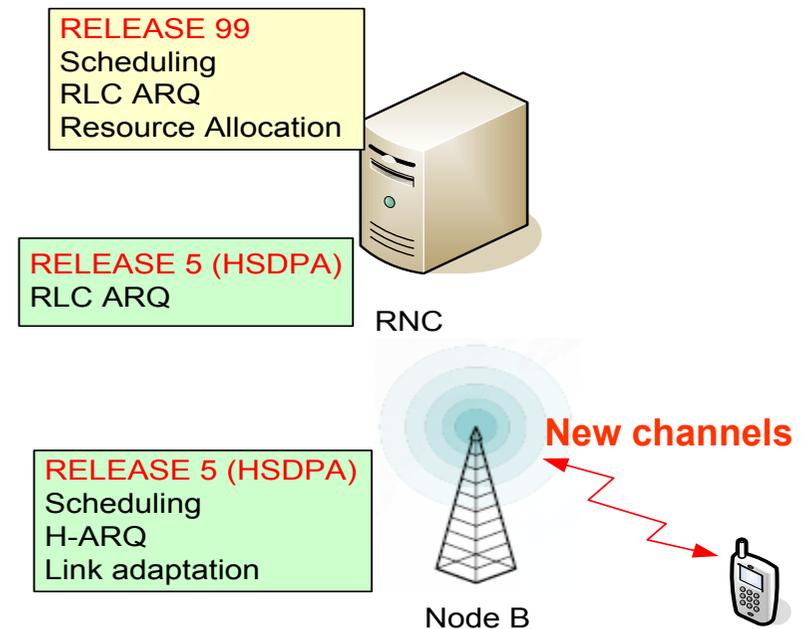
---

- High Speed Downlink Packet Access (3GPP Rel 5)
- Basé sur la transmission par paquet
- Extension de l'UMTS (3GPP Release 99) par une voie descendante à haut débit (jusqu'à 14 Mbps)
- Débits encore plus élevés grâce à la technique MIMO (Multiple Input Multiple Output)
- Modulation CDMA et accès TDMA (SF=16)
- TTI (Time Transmission Interval) plus court : 2ms vs 10/20/40/80ms
  - Probabilité d'erreur plus faible due à la variation de l'état du canal
  - Plus efficace si une retransmission est nécessaire
  - Taille de buffers réduite

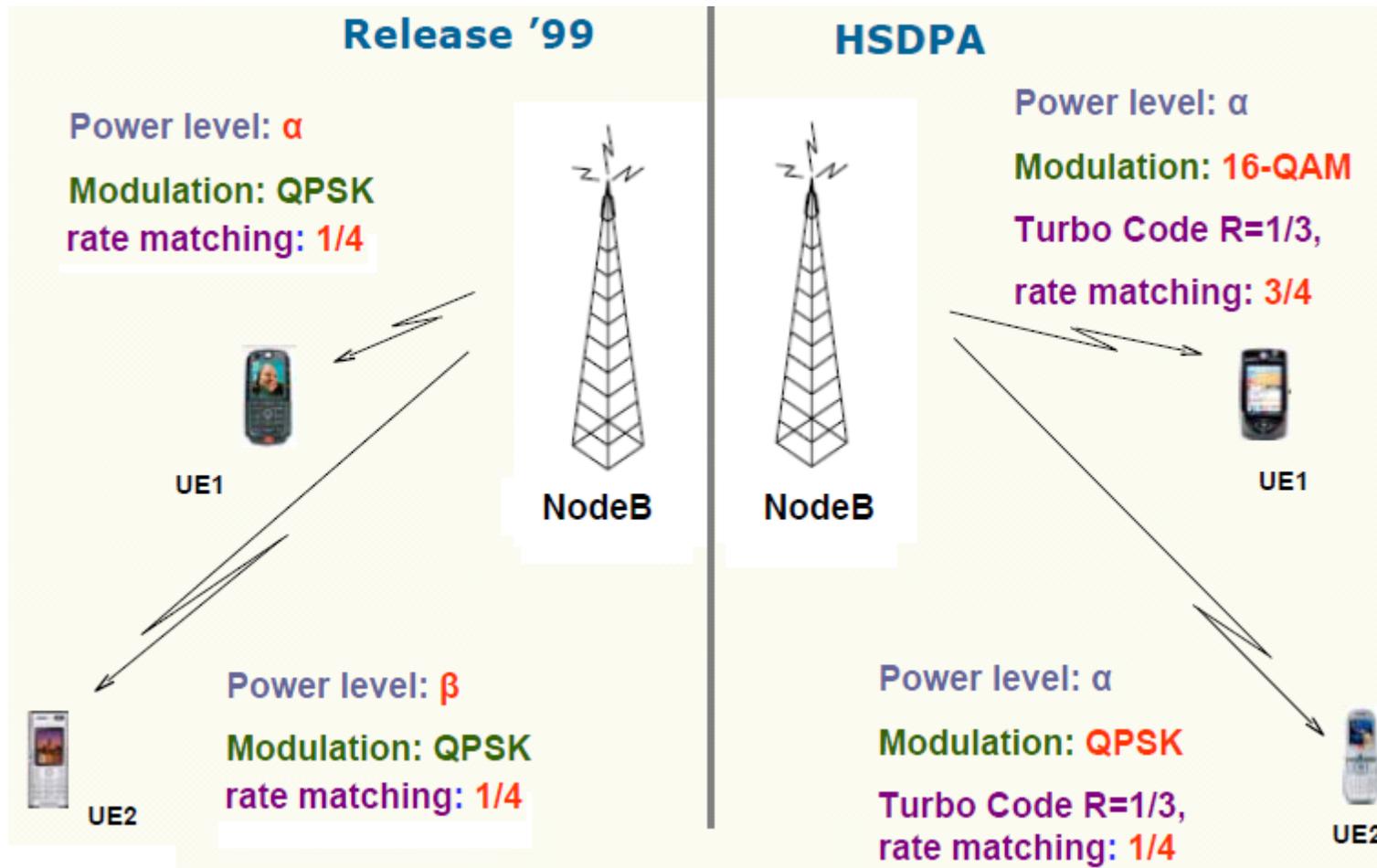
# HSDPA : caractéristiques

## □ Nouvelles techniques

- Ordonnancement rapide dans le Node B (Fast Packet Scheduling)
- Retransmissions H-ARQ : plus rapides que les retransmissions RLC
- Modulation et Codage Adaptatifs (AMC)
  - Support de 16-QAM
  - Contrôle de débit plus efficace que le contrôle de puissance
- CDMA uniquement pour l'étalement du spectre, le multiplexage est temporel dynamique



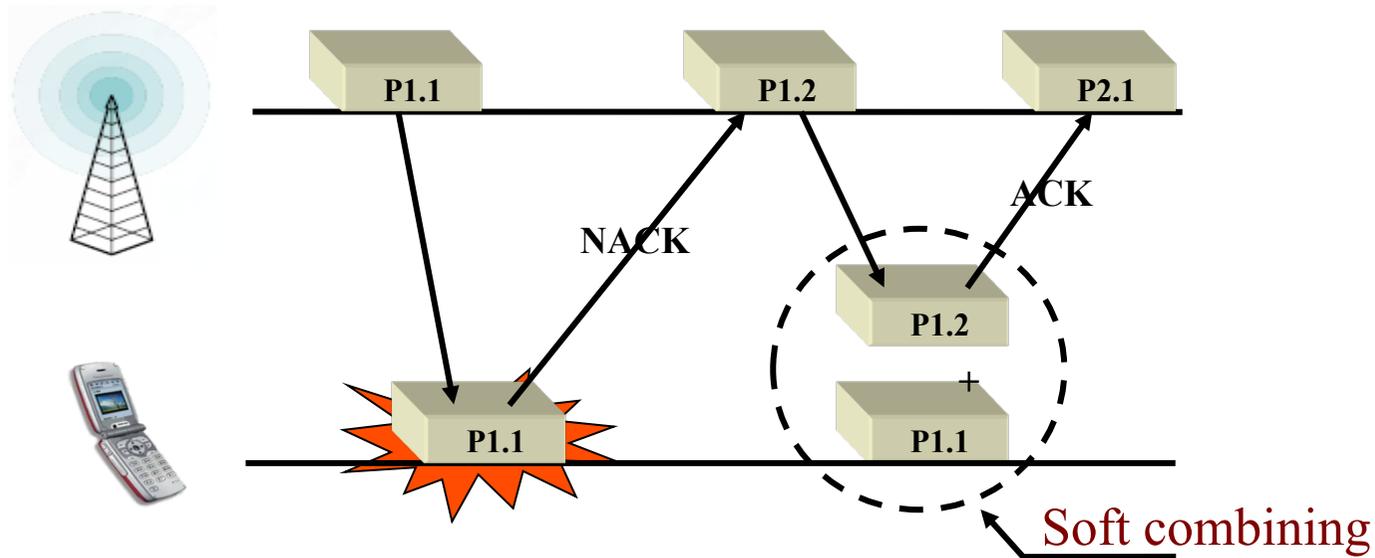
# AMC (Adaptive Modulation and Coding)



# H-ARQ

## Hybrid Automatic Repeat reQuest

Stockage d'une transmission erronée & combinaison avec la (les) retransmission(s)



$P_{i,j}$  : Paquet  $i$  transmission

---

# ARQ vs H-ARQ

---

## ❑ ARQ dans le RNC

- Inconvénient
  - Temps de latence supérieur à 100 ms!
- Solution
  - Le déplacer dans le node B => H-ARQ

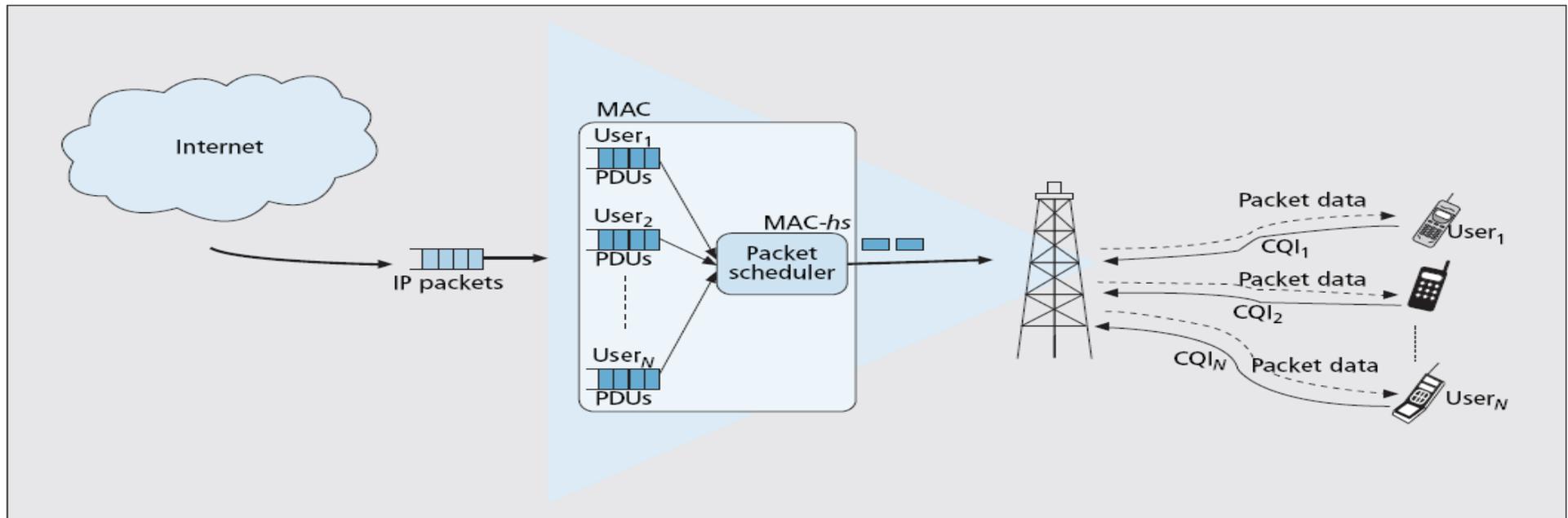
## ❑ H-ARQ dans le Node B

- Avantage : latence inférieure à 10 ms

## ❑ Versions de H-ARQ

- Algorithme de Chase : retransmissions identiques à la transmission originale
- Redondance incrémentale : retransmission avec redondance supplémentaire

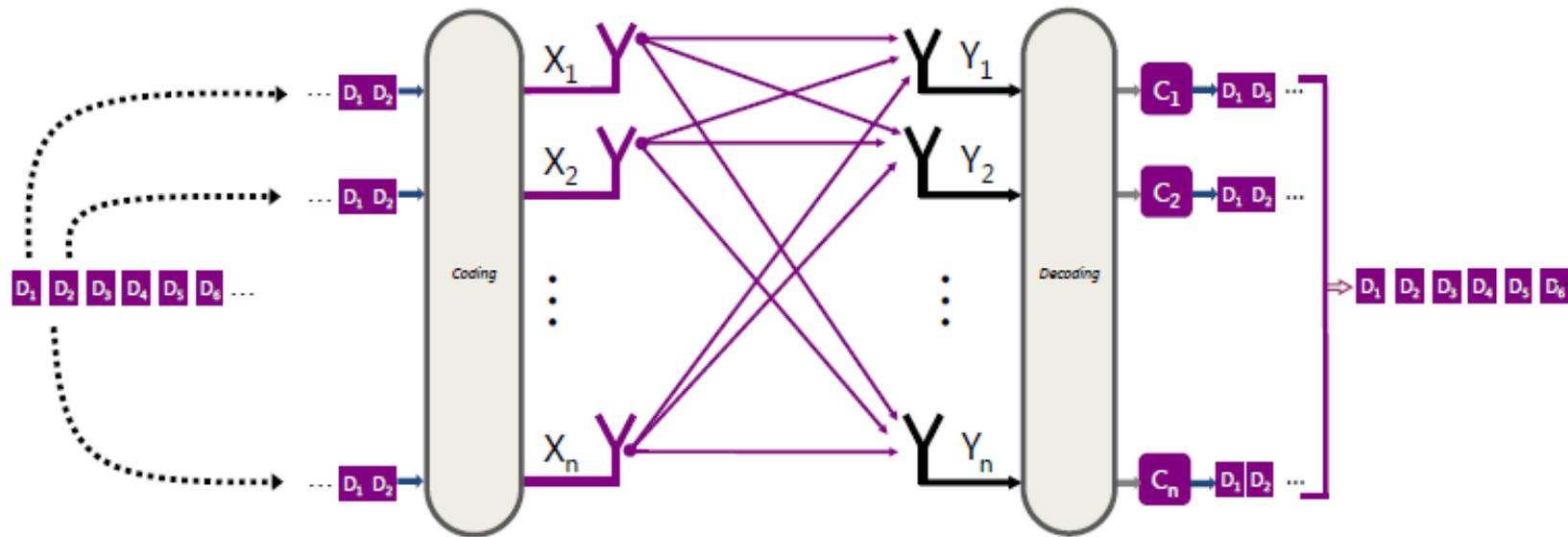
# Ordonnancement rapide



Les informations de feedback sont utilisées par l'ordonnanceur pour :

1. adapter la taille des paquets pour les utilisateurs sélectionnés pour les transmissions
2. décider quel utilisateur doit transmettre au cours d'un intervalle de temps donné

# MIMO A (Multiple In Multiple Out)



- L'information est envoyée en de multiples copies sur l'ensemble des antennes du système

- + : Diversité spatiale

- - : Vitesse de transmission : la même que pour un système mono antenne

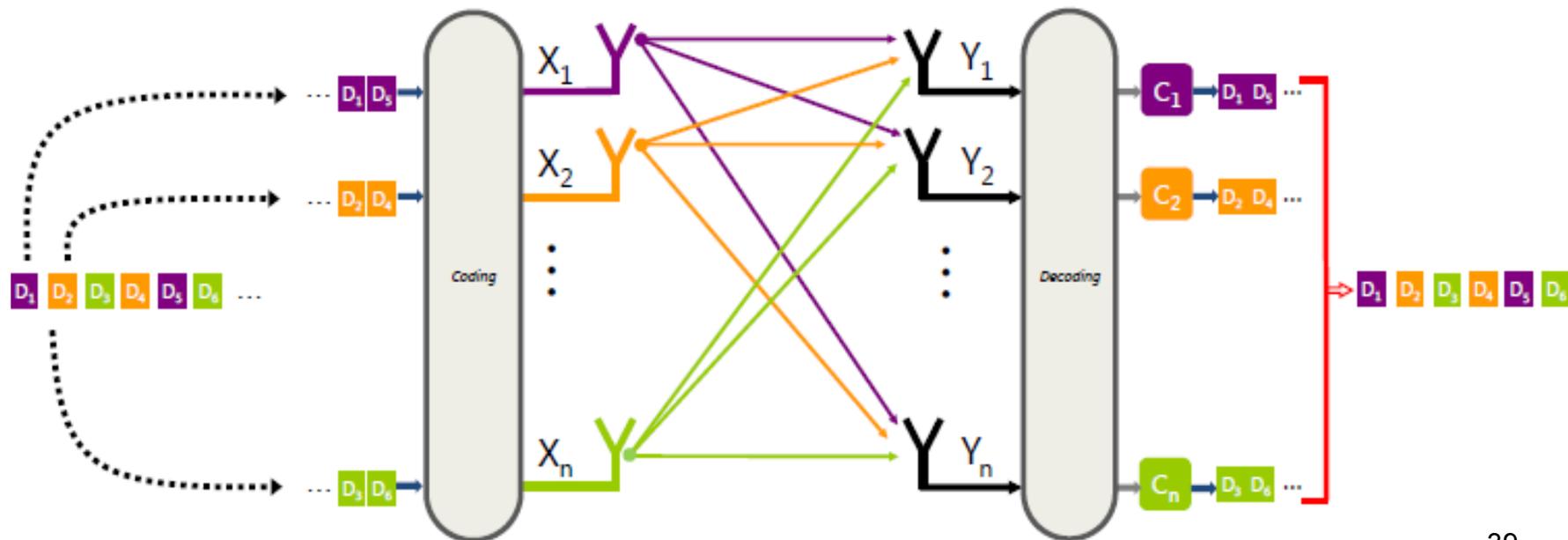
# MIMO B

Une information différente est envoyée par chaque antenne du système

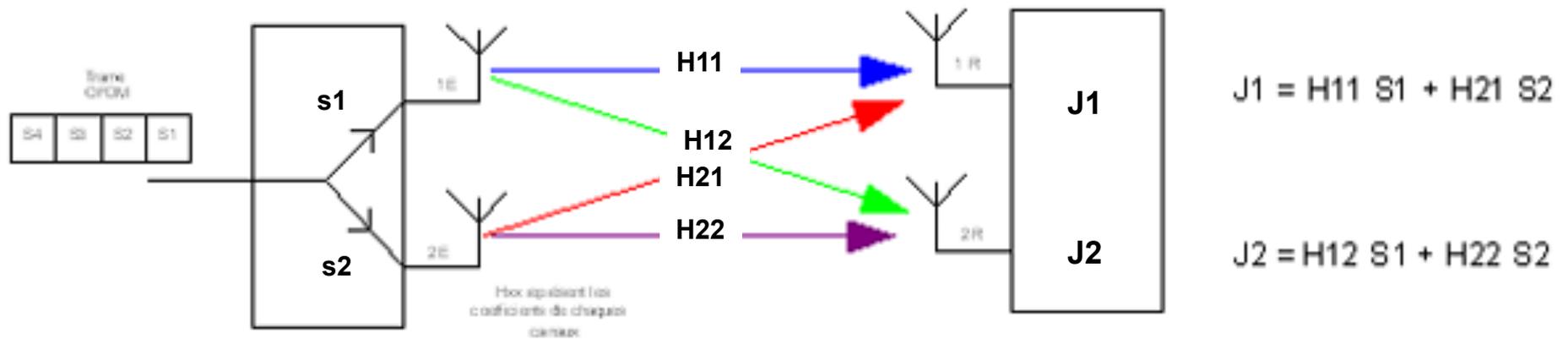
Multiplexage spatial

+ : Vitesse de transmission =  $f(Nb_{\text{antenne}})$

- : Diversité



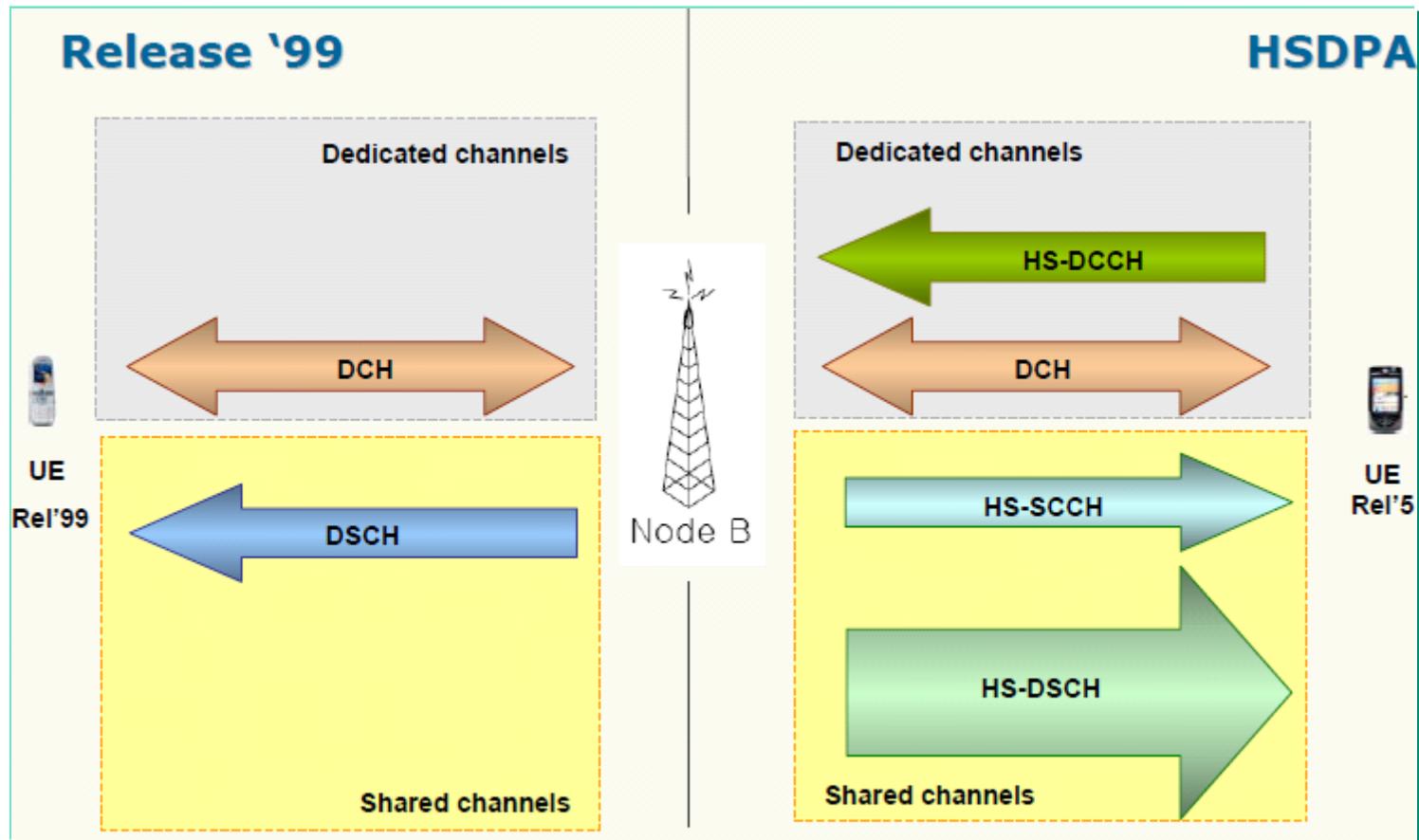
# MIMO B : exemple



Pour recomposer la trame :

- Résoudre un système de 2 équations à 2 inconnues afin d'isoler S1 et S2
- Coefficients complexes de chaque canal pour décoder la trame

# Nouveaux canaux HSDPA



HS-SCCH: HS Shared Control Channel → allows decoding the HS-PDSCH, UE Id
HS-PDSCH: HS Physical Downlink Shared Channel → U-plane traffic
HS-DPCCH: A Dedicated Physical Control Channel → CQI, (N)ACKs
DPCH: R'99 Dedicated Physical Channel → received power on the DPCH, RRC signalling, voice

---

# HSUPA

---

## High-Speed Uplink Packet Access

Envoi de contenus volumineux (photos, audio, vidéo) vers d'autres mobiles ou vers des plates-formes de partage sur Internet

Utilisation des mêmes améliorations que dans HSDPA mais dans le sens montant

- Objectif: Vitesse d'accès de 5,76 Mbit/s sur le lien montant

- Un protocole H-ARQ (Hybrid ARQ) qui effectue de la redondance incrémentale

- Un ordonnancement rapide de paquets en UL basé sur la qualité des communications et l'état des files d'attente du récepteur

- Des schémas de modulation supérieurs

---

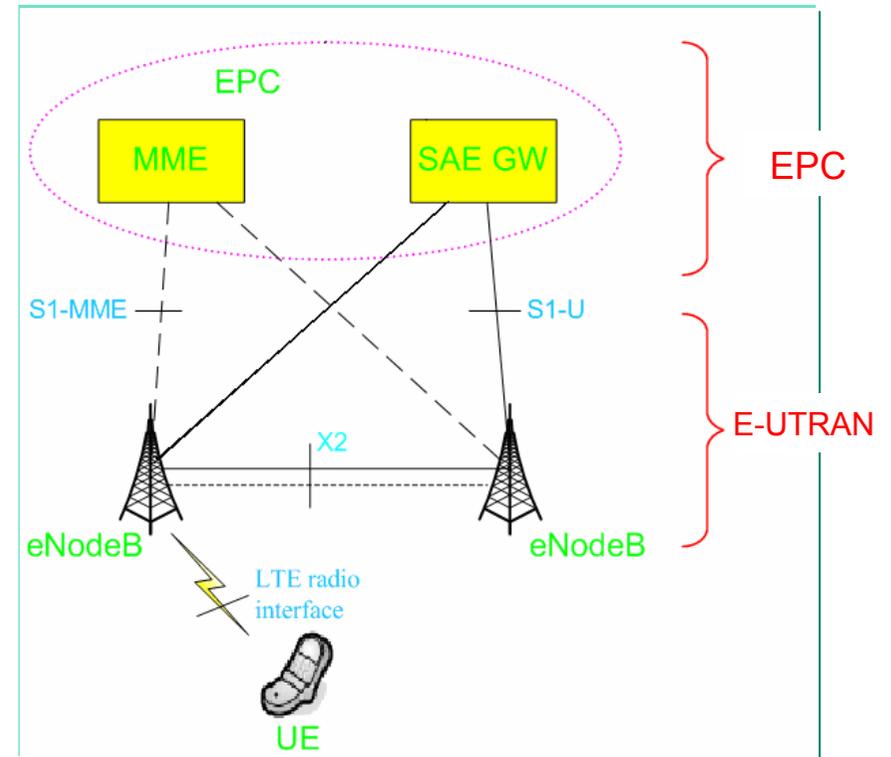
# LTE

---

- ❑ Long Term Evolution
- ❑ Normalisation au 3GPP (septembre 2007)
- ❑ Inter-opérabilité avec les standards actuels
- ❑ Amélioration des services de vidéo actuels, avec la vidéo à la demande
- ❑ Utilisation de l'OFDMA avec une largeur spectrale variable
  - 1,4 MHz à 20 MHz en LTE, 100 MHz en LTE Advanced
  - ❑ Large gamme de fréquences définie par ITU-R (International Telecommunication Union-Radio)
- ❑ Débits plus élevés: 100Mbps en DL et 50Mbps en UL
- ❑ Réduction de la latence au niveau RAN à 10ms
- ❑ Broadcast amélioré
  - ❑ Support des duplexages FDD et TDD

# LTE : architecture

- ▶ Accès : Evolved-UTRAN
  - Suppression du RNC - architecture plate
  - Fonctions supportées par le RNC réparties entre l'eNodeB et les entités du réseau coeur
- ▶ Cœur : SAE (System Architecture Evolution)
  - SAE est le nom du projet, le réseau s'appelle EPC (Evolved Packet Core)
  - MME : plan de contrôle
  - S-GW : plan de données
  - Architecture IP multi-accès (3GPP et des non-3GPP)



- ▶ eNodeB : evolved Node B
- ▶ MME (Mobility Management Entity)
- ▶ S-GW (Serving Gateway)

# Attribution des fréquences 4G autour de 2.6 GHz

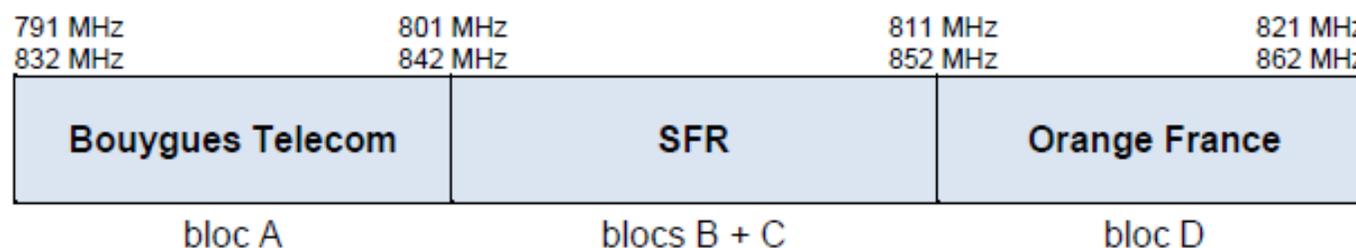
- ❑ Après avoir validé les dossiers des 4 opérateurs et révélé les montants consentis, dont la somme atteint 936 millions d'euros, l'Autorité officialise leur position sur le spectre de 2.6 GHz

2500 MHz 2620 MHz	2515 MHz 2635 MHz	2535 MHz 2655 MHz	2550 MHz 2670 MHz	2570 MHz 2690 MHz
SFR	Orange France	Bouygues Telecom	Free Mobile	
(150 000 000 €)	(287 118 501 €)	(228 011 012€)	(271 000 000 €)	

- ❑ Free Mobile pourra, de droit, bénéficier de l'itinérance dans la bande 800 MHz dès lors que son réseau à 2,6 GHz aura atteint une couverture de 25 % de la population

## Attribution des fréquences 4G autour de 800 MHz

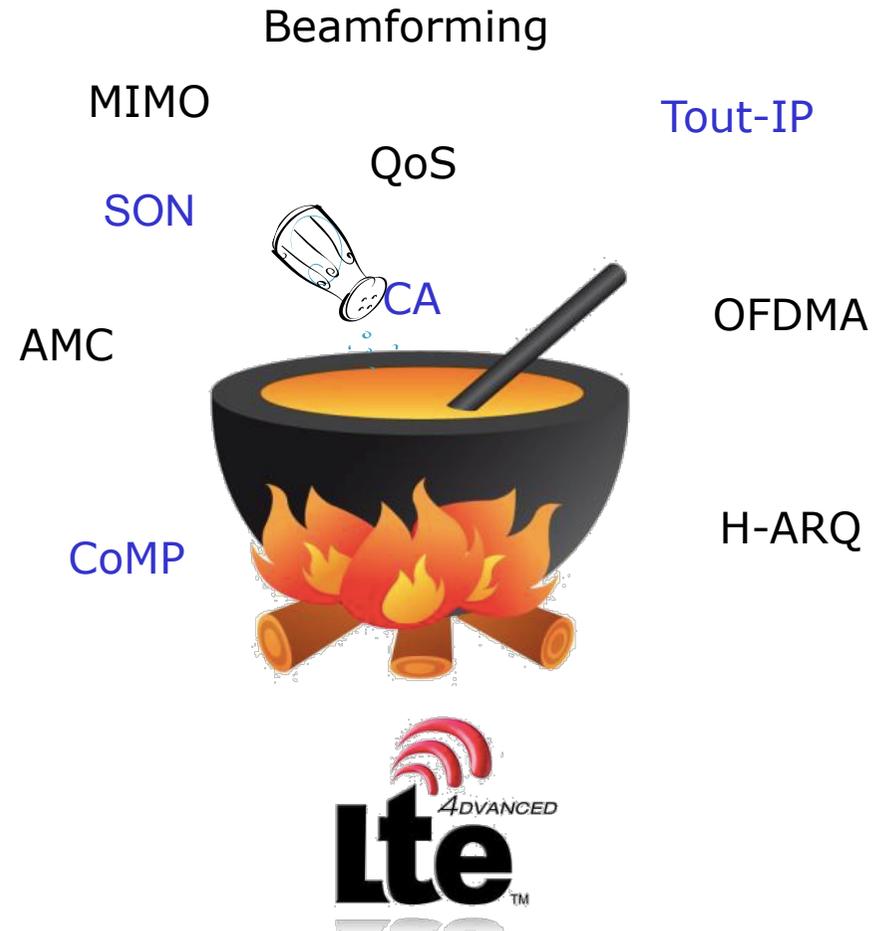
- ❑ Des licences sont attribuées (Janv. 2012) à Bouygues Telecom, Orange France et SFR dans la bande 800 MHz. Free Mobile bénéficiera d'un droit à l'itinérance en zone de déploiement prioritaire.
- ❑ Critères : engagement d'aménagement du territoire, engagement d'accueil des MVNO et montant financier proposé



Nom du lauréat	Lot de fréquences obtenu	Montant financier proposé	Engagement d'accueil des MVNO	Engagement d'aménagement du territoire
Bouygues Telecom	Bloc A (10 MHz duplex)	683 087 000 €	Oui	Oui
SFR	Blocs B+C (10 MHz duplex)	1 065 000 000 €	Oui	Oui
Orange France	Bloc D (10 MHz duplex)	891 000 005 €	Oui	Oui

# 4G : nouveautés

- ▶ CA (Carrier aggregation)
- ▶ CoMP (Coordinated Multipoint Transmission)
- ▶ Support de relais (ad hoc, mesh)
- ▶ SON (Self Organization Networks)
- ▶ Antennes intelligentes
- ▶ Radio cognitive
- ▶ Tout-IP



--- Nouveauté

--- Commun à LTE et WiMAX