

Regional Forum for ARAB Region: IMTSystems
TEchnology, Evolution and Implementation
Tunis, Tunisia, 7 - 9 May 2013

4G LTE (Long Term Evolution)

Imen BEN CHAABANE
Direction gestion des fréquences



Agence Nationale des Fréquences

Committed to connecting the world



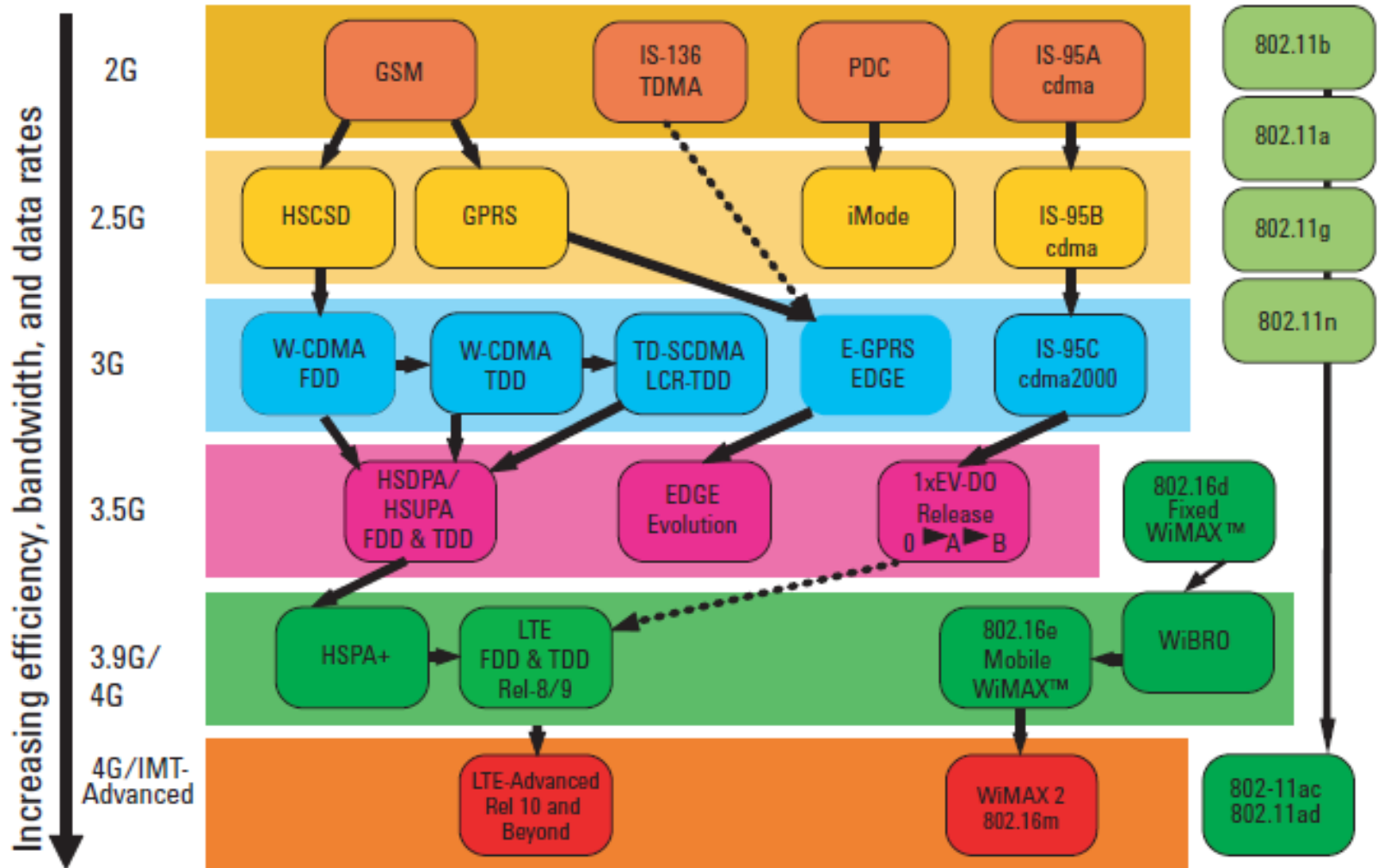
PLAN

- Introduction
- Historique
- Bandes Candidates
- Au-delà de la Release 8
- Conclusion et perspectives

Introduction

- Les réseaux mobiles pour le grand public :
 - Les réseaux mobiles sont les réseaux cellulaires analogiques en 1970
 - En 1979, AMPS (Advanced Mobile Phone Service) est Installé à Chicago
 - En 1980, HCMTS (High Capacity Mobile Telephone System) à Tokyo
 - En 1985, Radiocom2000 en France
 - En 1986, TACS(Total Access Communications System) en Angleterre

Historique



Historique

- Une Release correspond à un ensemble de nouvelles fonctionnalités introduites dans la norme par les groupes du 3GPP dans une période de temps donnée et représente un palier significatif dans l'évolution des systèmes.
- Le 3GPP a défini neuf Releases entre 1998 et 2011 :
 - Release 97 : définition du GPRS ;
 - Release 99 : introduction de l'UMTS ;
 - Release 4 : ajout de fonctionnalités au sein du réseau coeur, notamment la séparation des couches média et contrôle pour le réseau coeur circuit ;
 - Release 5 : introduction de l'évolution HSDPA pour le réseau d'accès UMTS
 - Release 6 : introduction de l'évolution HSUPA pour le réseau d'accès UMTS
 - Release 7 : introduction du HSPA+ MIMO ;

Historique

- **Release 8** : introduction des évolutions HSPA+ CPC et DC-HSDPA, et première Release du réseau d'accès LTE et du réseau cœur EPC ;
- **Release 9** : évolutions du DC-HSDPA, notamment en combinaison avec le MIMO, et introduction du DC-HSUPA ; seconde Release du LTE ;
- **Release 10** : évolution multiporteuse du HSDPA (jusqu'à 4 porteuses, soit 20 MHz) et introduction de l'évolution du LTE appelée LTE-Advanced.
- **La Release 11**: « Overview of 3 GPP Release 11 » V0.0.8 en 2011 (septembre) définit la réalisation de la LTE
- **La Release 12**: « Overview of 3 GPP Release 12 » V0.0.5 en 2012 (septembre) concerne les récentes extensions

Historique

- Les réseaux sans fil pour le grand public
 - En 1994, Bluetooth crée par Ericsson comme WPAN
 - En 1997, Wifi (IEEE 802.11) est normalisé comme WLAN par IEEE
 - En 2003, Zigbee (IEEE 802.15.4-2003) est normalisé comme WPAN par IEEE
 - En 2004 WiMax - *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (IEEE 802.16) est normalisé comme WAN par IEEE
 -

Comparaison des technologies GSM, UMTS Release 99, HSPA et HSPA+ Release 8 [UMTS forum, 2010]

	GSM/GPRS/EDGE	UMTS Release 99	HSPA	HSPA+ Release 8
Débit maximal UL	118 Kbit/s	384 Kbit/s	5,8 Mbit/s	11,5 Mbit/s
Débit maximal DL	236 Kbit/s	384 Kbit/s	14,4 Mbit/s	42 Mbit/s
Latence	300 ms	250 ms	70 ms	30 ms
Largeur de canal	200 kHz	5 MHz	5 MHz	5 MHz avec possibilité de deux canaux simultanés
Technique d'accès multiples	FDMA/TDMA	CDMA	CDMA/TDMA	CDMA/TDMA
Modulation DL Modulation UL	GMSK 8PSK	QPSK BPSK	QPSK, 16QAM BPSK, QPSK	QPSK, 16QAM, 64QAM BPSK, QPSK, 16QAM
Bandes de fréquences usuelles (MHz)	900/1800	900/2100	900/2100	900/2100

Pourquoi la technologie LTE?

- Plusieurs raisons ont poussé le groupe 3GPP à élaborer la norme LTE parmi lesquelles on peut citer :
 - La demande croissante de débit et de qualité de service.
 - La nécessité d'assurer la continuité de la compétitivité du système 3G vis-à-vis des technologies concurrentes (**WiMAX**).
 - L'optimisation des systèmes à commutation de paquets.
 - La réduction de la complexité.

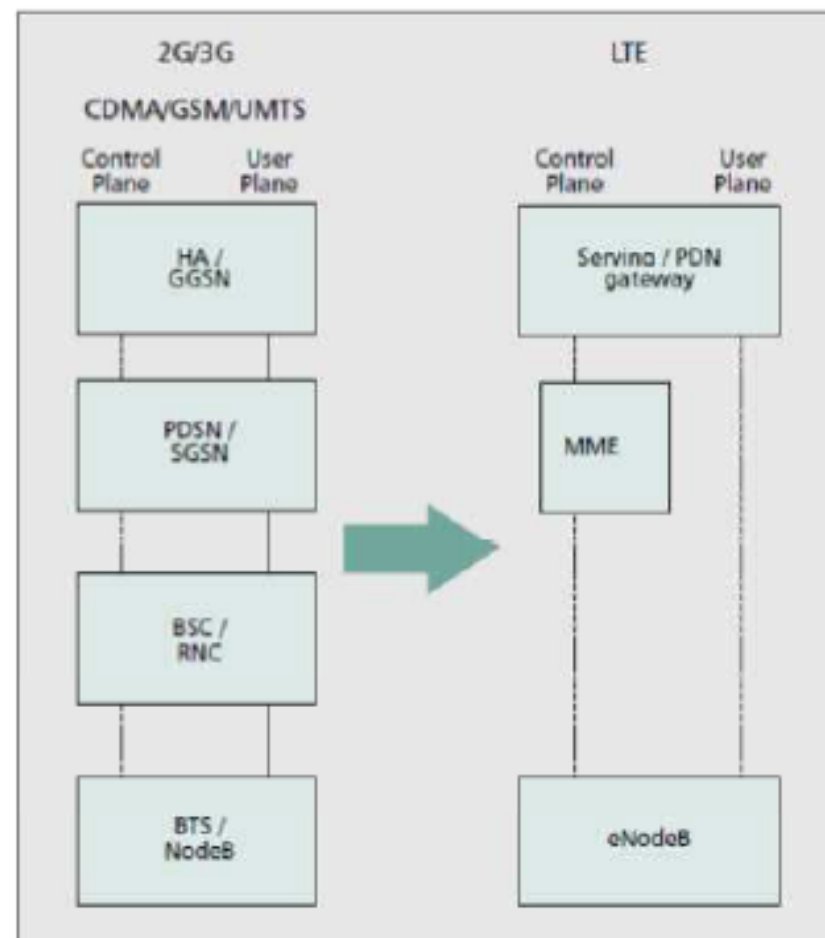
Les caractéristiques du LTE

- Il offre un débit de donnée crête sur la **voix montante** de 50 Mbits/s
- un débit pic théorique de 100 Mbits/s à 300 sur la **voix descendante** et un temps d'aller-retour de moins de 10 ms sur l'interface radio (RAN).
- Le LTE utilise une **largeur de bande** de 2x20 MHz et supporte le duplexage temporel (**TDD**) ou fréquentiel (**FDD**) ;
- la taille des cellules est de 5 km pour des performances optimales.
- Ces performances sont possibles grâce à l'utilisation d'antennes **MIMO** (Multiple Input Multiple Output) avec les techniques de transmission **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), d'accès multiples : **OFDMA** (OFDM Multiple Access) sur la voie descendante et la technique **SC-FDMA** (Single-Carrier FDMA) sur la voie montante → réduire le problème du canal

Les caractéristiques du LTE

- LTE répond à des nouveaux besoins (délai court, débit élevé, nouveaux services à l'aide souvent par l'interconnexion)
- Architecture générale simplifiée
- Piles protocolaires reposent sur le protocole IP
- Qualité de Service est principalement garantie par EPS bearers de bout en bout
- Amélioration de performance par méthode « inter-couche »
- WiMax (IEEE 802.16) est un concurrent de la LTE

- Architecture simplifiée
- **MME** (*Mobility Management Entity*) remplace les dispositifs PDSN/SGSN et BSC/RNC
- **PDSN**: *Packet Data Serving Node* de CDMA2000
- **SGSN**: *Serving GPRS Support Node*
- **BSC**: *Base Station Controller*
- **RNC**: *Radio Network Control*



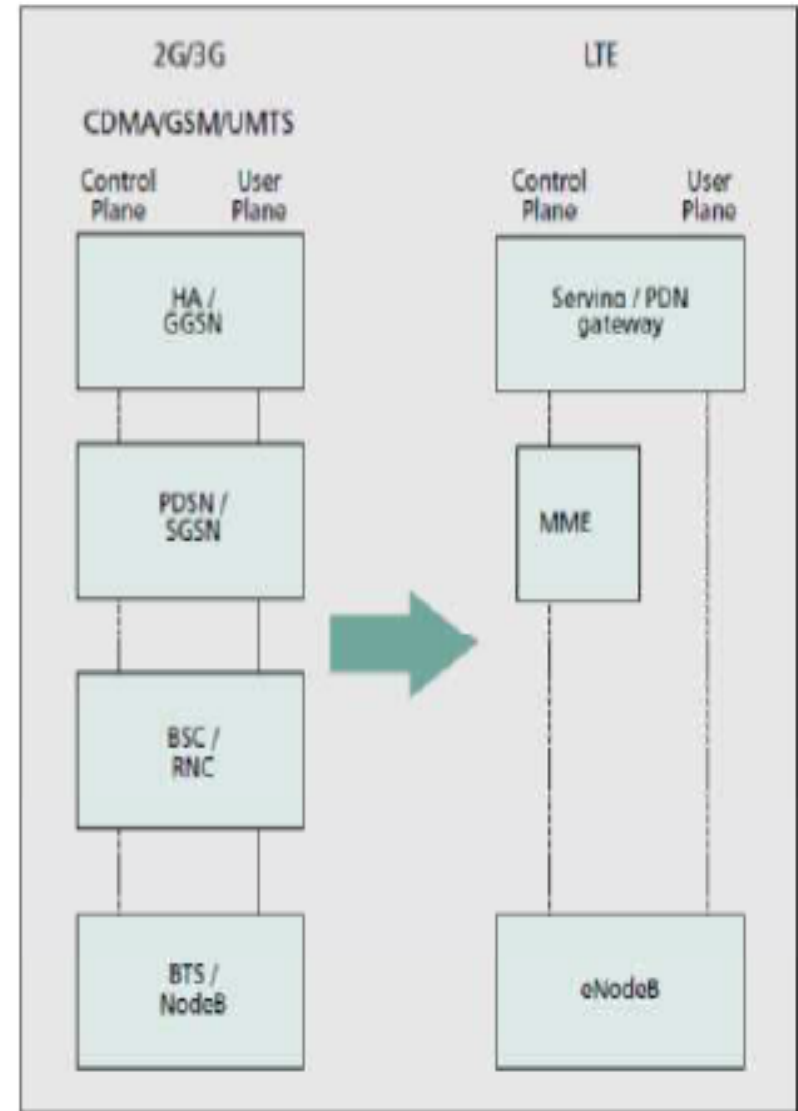
Réduction du temps de traitement (latence)

Committed to connecting the world

- eNodeB remplace BTS/NodeB
- Serving/PDN (*Packet Data Network*) gateway remplace HA/GGSN

- **BTS/NodeB**: *Base transceiver Station*
- **HA/GGSN**: *Home Agent/ Gateway GPRS Support Node*

Source: publications d'IEEE



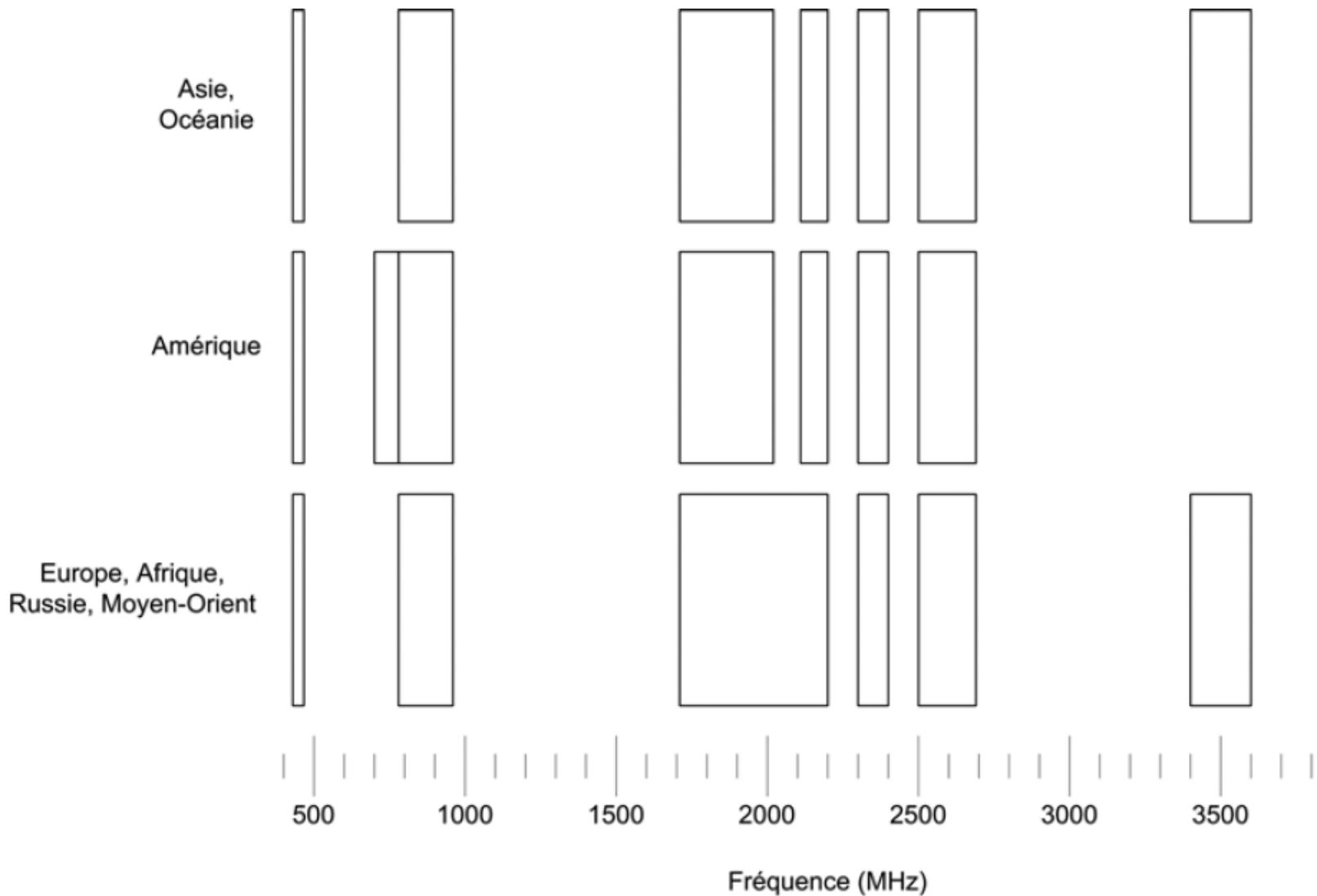
L'allocation spectrale au niveau mondial

- La WRC-07 a permis d'identifier du spectre additionnel inférieur à 1 GHz et supérieur à 2 GHz :
 - 450 – 470 MHz ;
 - 790 – 960 MHz, incluant la bande que nous appellerons plus tard la bande de fréquences
 - 800 MHz ;
 - 1 710 – 2 025 MHz ;
 - 2 110 – 2 200 MHz ;
 - 2 300 – 2 400 MHz ;
 - 2 500 – 2 690 MHz ou bande de fréquences 2,6 GHz.

- Les bandes de fréquences suivantes ont également été identifiées au niveau régional :
 - 610 – 790 MHz pour le Bangladesh, la Chine, la Corée du Sud, l'Inde, le Japon, la Nouvelle-
 - Zélande, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Philippines et Singapour ;
 - 698 – 790 MHz pour le continent américain ;
 - 3 400 – 3 600 MHz sans allocation globale mais acceptée par un grand nombre de pays d'Asie, d'Océanie, d'Europe, d'Afrique, du Moyen-Orient et la Russie.

L'allocation spectrale au niveau régional

- en Europe, par exemple, DL 2620-2690 MHz, UL 2500-2570 MHz, la séparation de fréquences (*50 MHz*) entre DL et UL, **FDD**
- au Japon: DL 2110-2170 MHz, UL 1920-1980 MHz, la séparation de fréquences (*130 MHz*) entre DL et UL, **FDD**
- aux USA: par exemple, DL 746-756 MHz, UL 777-787 MHz, la séparation de fréquences (*21 MHz*) entre DL et UL, **FDD**
- en Chine: par exemple, DL 2570-2620 MHz, UL 2570-2620 MHz, **TDD**



Item	Subcategory	LTE-		
		LTE (3.9G) target [9]	Advanced (4G) target [10]	IMT-Advanced (4G) target [11]
Peak spectral efficiency (b/s/Hz)	Downlink	16.3 (4x4 MIMO)	30 (up to 8x8 MIMO)	15 (4x4 MIMO)
	Uplink	4.32 (64 QAM SISO)	15 (up to 4x4 MIMO)	6.75 (2x4 MIMO)
Downlink cell spectral efficiency (b/s/Hz), 3 km/h, 500 m ISD	2x2 MIMO	1.69	2.4	
	4.2 MIMO	1.87	2.6	2.6
	4x4 MIMO	2.67	3.7	
Downlink cell- edge user spectral efficiency (b/s/ Hz) 5 percentile, 10 users, 500 m ISD	2x2 MIMO	0.05	0.07	
	4x2 MIMO	0.06	0.09	0.075
	4x4 MIMO	0.08	0.12	

*Note: ISD = Inter-site distance

➔ Le LTE n'est pas formellement une norme **4G** car elle n'est pas entièrement conforme aux exigences de l'IMT Advanced 4G défini par l'UIT, mais elle est une étape vers la norme de 4^e génération : **LTE Advanced**.

Committed to connecting the world



Au-delà de la Release 8

La Release 9

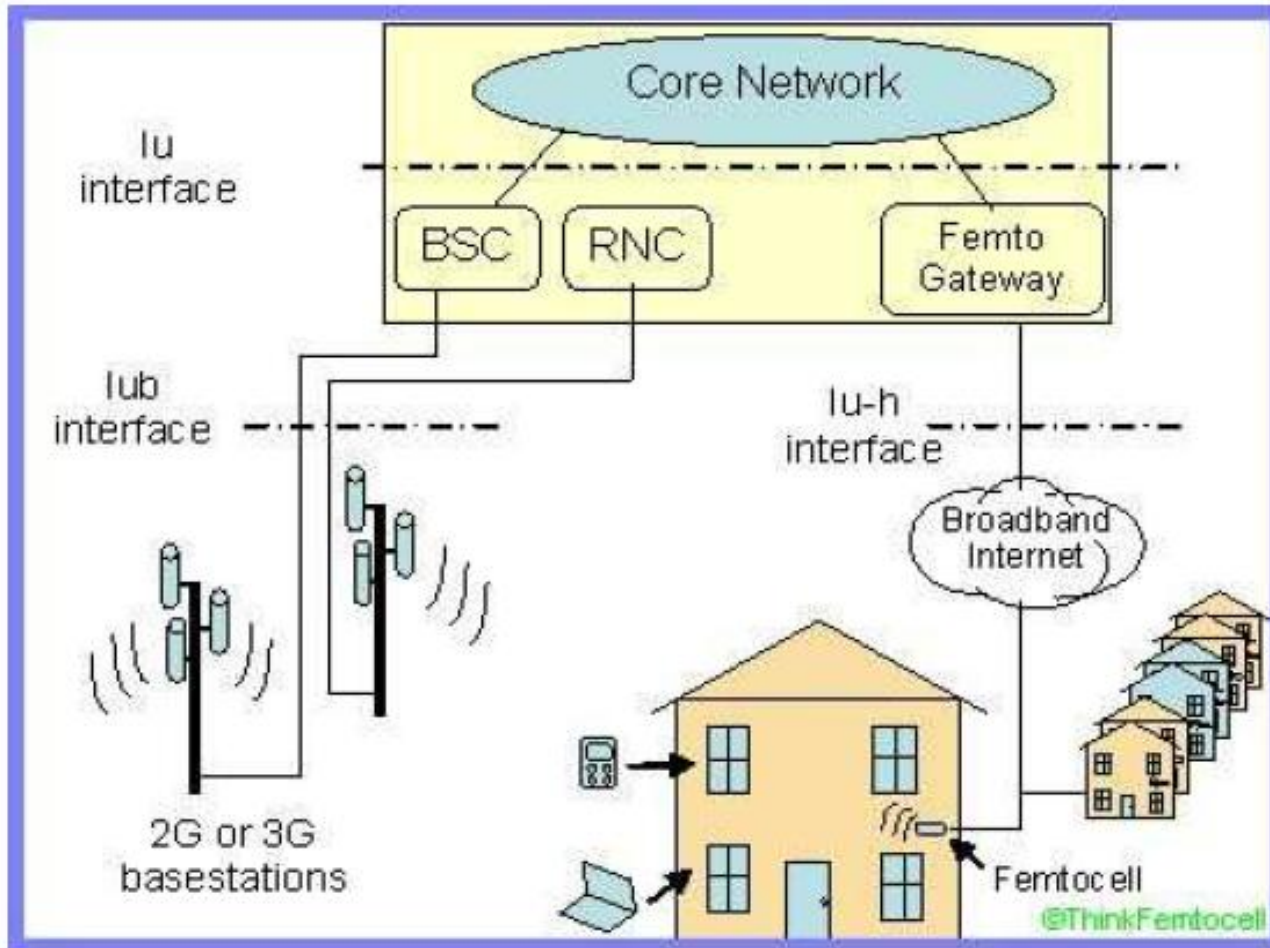
- La Release 9 a essentiellement consisté à :
 - compléter les fonctionnalités de base introduites en Release 8
 - intégrer un certain nombre de corrections de la Release 8 profitant de l'expérience acquise par les constructeurs dans le cadre des premières implémentations matérielles
- Les évolutions principales sont:
 - extension des techniques de transmission multi-antennes pour le TDD afin de permettre la transmission simultanée de deux blocs de données pour 8 antennes d'émission (*beamforming doublecouches*)
 - définition de protocoles de localisation, notamment motivés par la législation des États-Unis qui impose de localiser les appels d'urgence ;
 - définition d'une architecture et de protocoles autorisant des services de diffusion et d'envois multiples, aussi appelés MBMS (*Multimedia Broadcast Multicast Service*). Ces services permettent d'optimiser l'efficacité spectrale lors de la transmission d'un contenu commun à un groupe d'utilisateurs, comme de la télévision ;

Au-delà de la Release 8

La Release 9

- Les évolutions principales sont aussi :
 - définition de nouvelles fonctionnalités d'*auto-optimisation* ;
 - approfondissement des spécifications techniques des HeNB (*Home eNodeB*) notamment dans les domaines de la mobilité, de la sécurité et de l'architecture

Femtocell



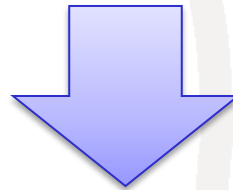
Ils sont associés à des puissances de l'ordre d'une centaine de mW(20 dBm)

Committed to connecting the world

Perspectives : LTE-A Release 10



La Release 10 est principalement marquée par l'adaptation du LTE afin de garantir l'atteinte des exigences de la norme IMT-Advanced définie par l'UIT.

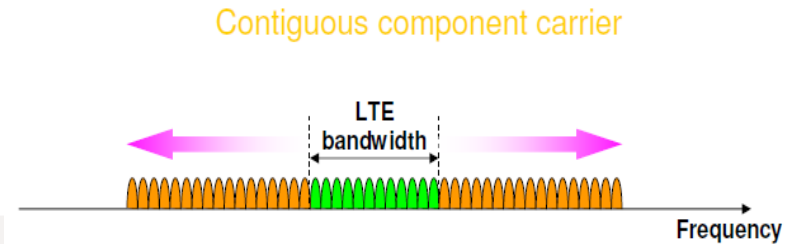
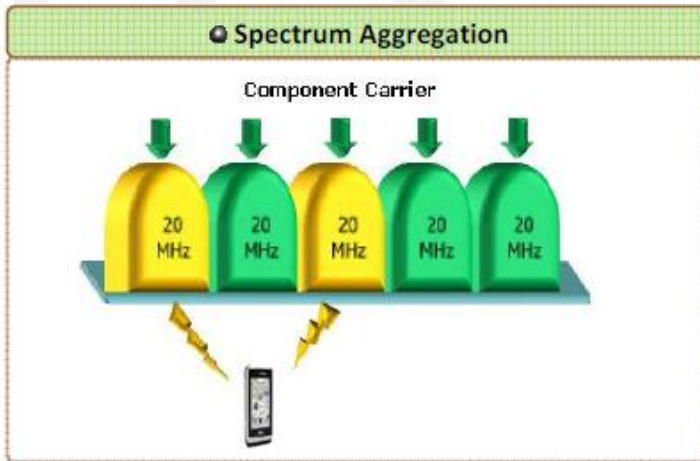


La version du LTE définie en Release 10 est ainsi connue sous l'appellation LTE-Advanced

Perspectives : LTE-A Release 10

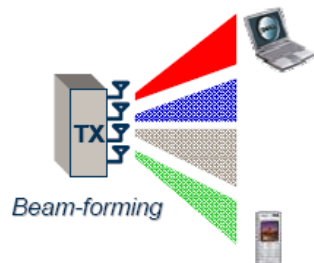
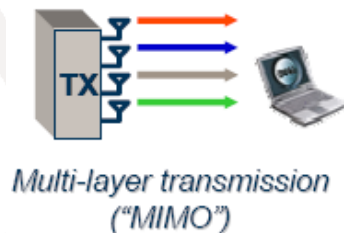
- En complément des évolutions propres au LTE-Advanced, des développements ont été effectués en Release 10 pour :
 - améliorer la mobilité entre cellules femto ;
 - permettre d'utiliser les mesures des UE afin de
 - évaluer automatiquement la qualité du réseau,
 - déterminer ainsi le besoin éventuel d'optimisation ou de résolution de problèmes,
 - en réduisant le besoin de tests manuels par les opérateurs ;
 - améliorer la prise en charge des communications de machine à machine, en introduisant des mécanismes destinés à protéger le réseau de surcharges éventuelles dans le cas où un très grand nombre de machines chercheraient à accéder au réseau simultanément.

- Accès à une large bande passante (aggrégation de porteuses)
 - Etendre la bande jusqu'à 100 MHz
- Amélioration du débit



Perspectives : LTE-A Release 10

- ❑ Techniques avancées d'antennes MIMO :
 - ❑ Extension de transmission jusqu'à 8 couches en liaison descendante (REL-8: 4 couches en liaison descendante)
 - ❑ Introduction des single-user MIMO avec un maximum de transmission à 4 couches en liaison montante
 - ❑ Améliorations de multi-user MIMO
- ➔ Amélioration des débits et des capacités

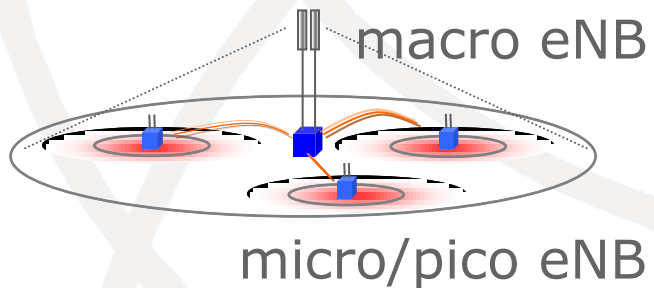


Perspectives : LTE-A Release 10

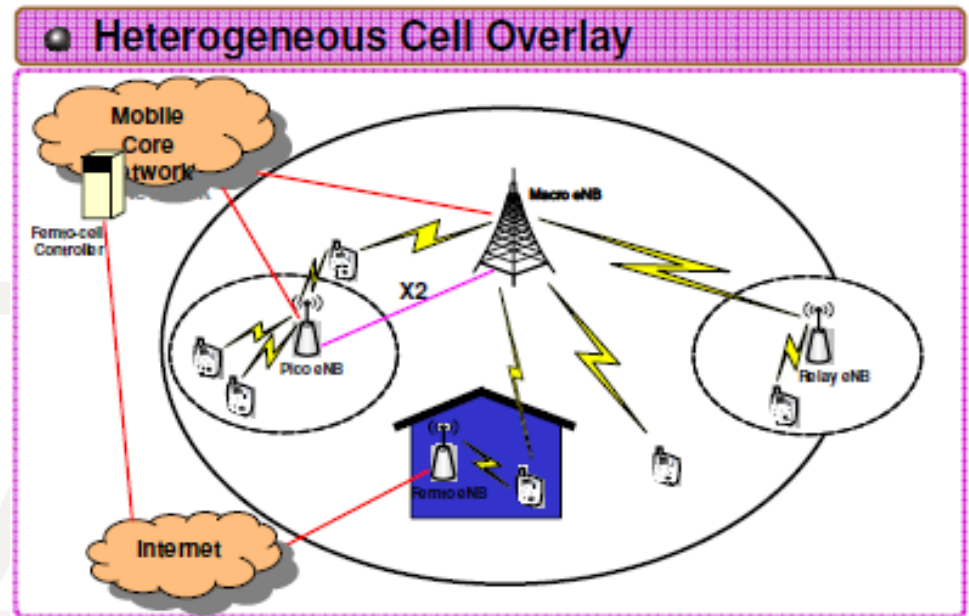
❑ Réseau hétérogène et eICIC (renforcement de la coordination de l'interférence inter-cellulaire)

- Coordination d'interférence pour le déploiement de superposition de cellules avec une puissance de transmission différente

➔ Amélioration du débit cellulaire de pointe et de la couverture



1. Macro → 40W (46 dBm)
2. micro → 10W (40 dBm)
3. pico → entre 0.25 à 5W (24 à 37 dBm)
4. femto → qq centaine de mW (20 dBm)

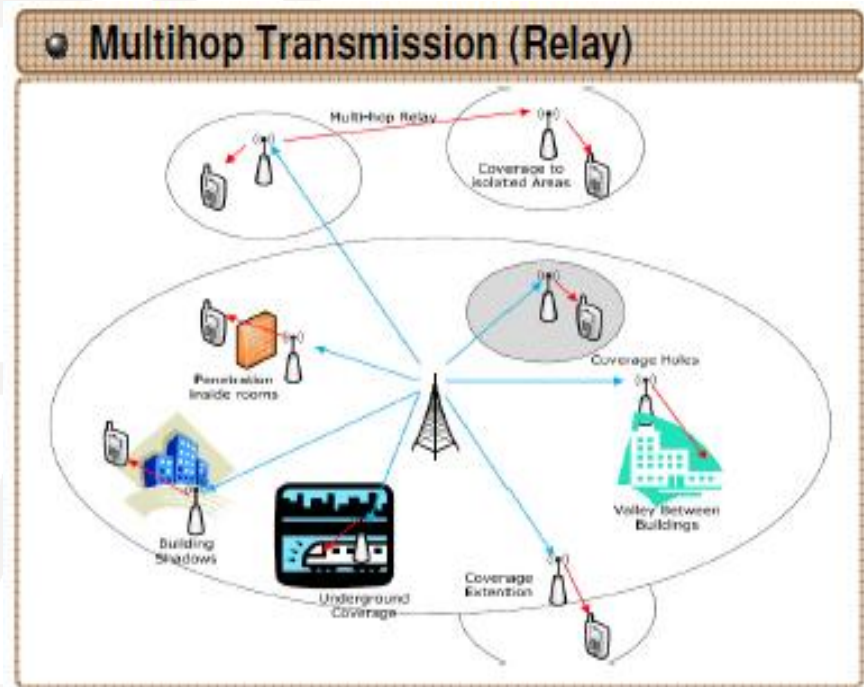
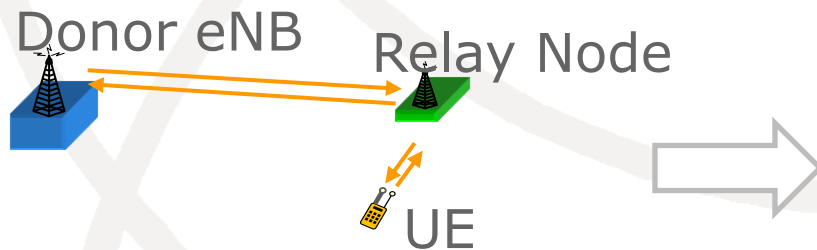


Perspectives : LTE-A Release 10

□ Relai

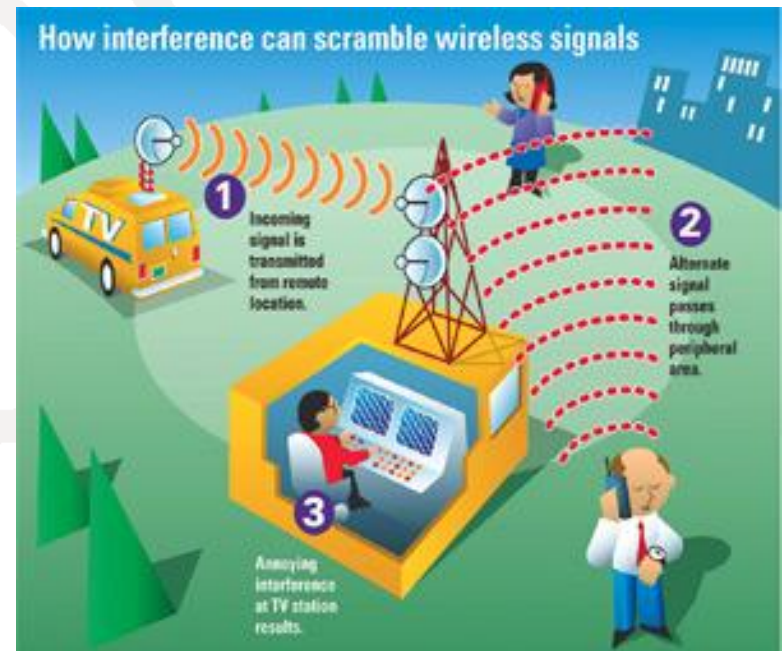
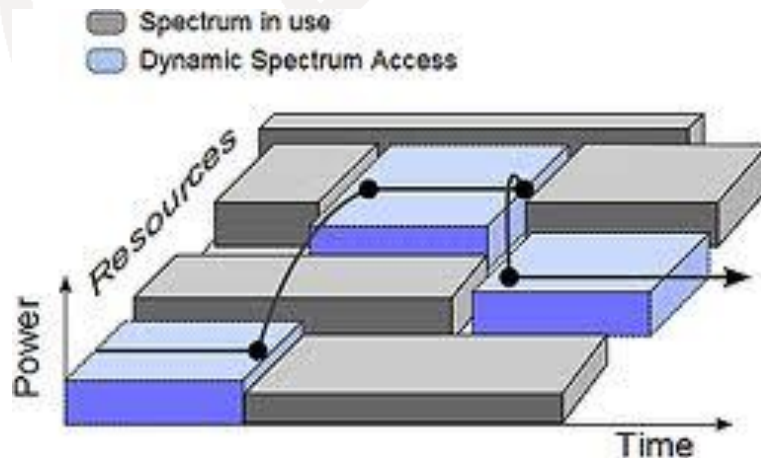
- Nœud de raccordement entre le eNB et le UE et crée une cellule séparée

→ Amélioration de la couverture et de la flexibilité d'étendre la zone de service



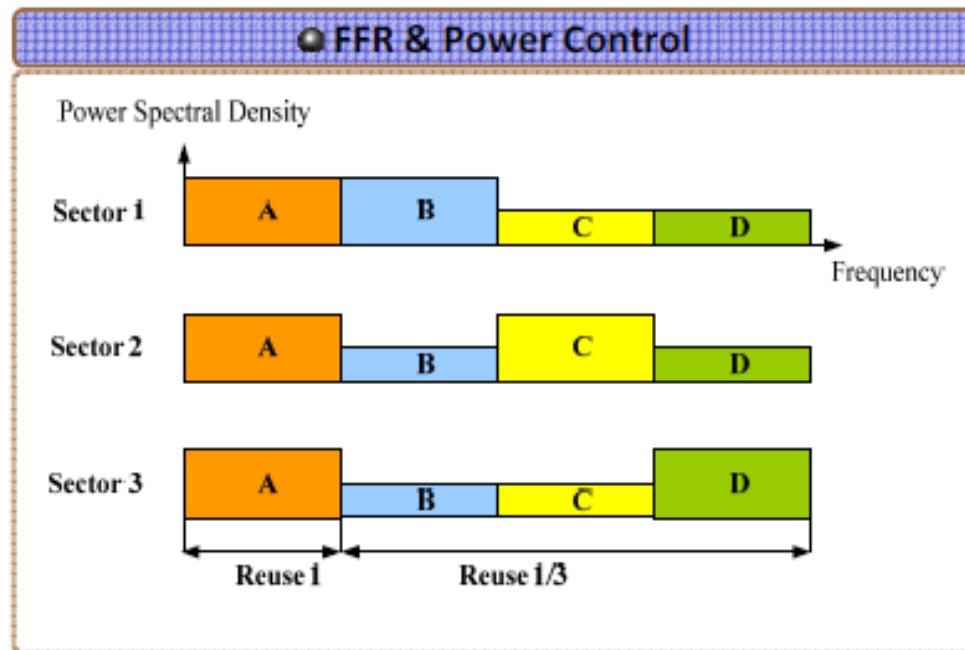
Perspectives : LTE-A Release 10

- Introduction de :
 - la Radio cognitive
 - la Radio logicielle



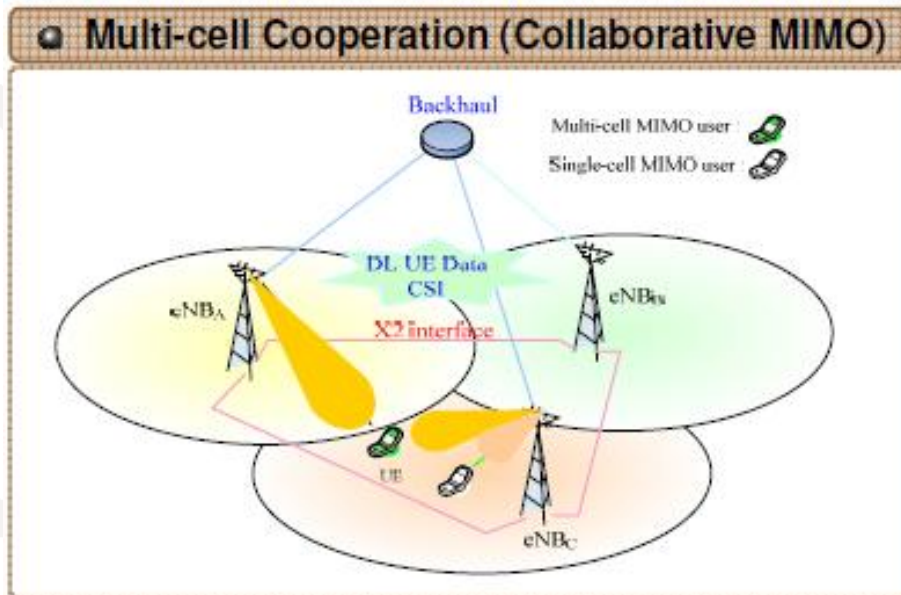
Perspectives : LTE-A Release 10

- Contrôle de puissance
- Réutilisation des fréquences



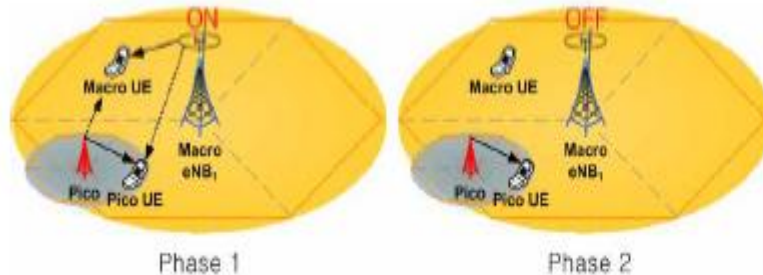
Perspectives :REL-11

- La coordination multi-point (CoMP) :
 - C'est une nouvelle technique de transmission en cours de spécification dans le cadre du LTE-A.
 - Elle consiste en une coopération entre BSs pour combattre l'interférence multi-cellulaire et atteindre de meilleures performances notamment en termes de débit des utilisateurs en bordure de cellule.

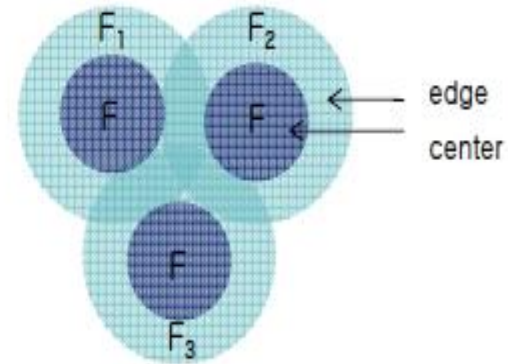


Perspectives :REL-11

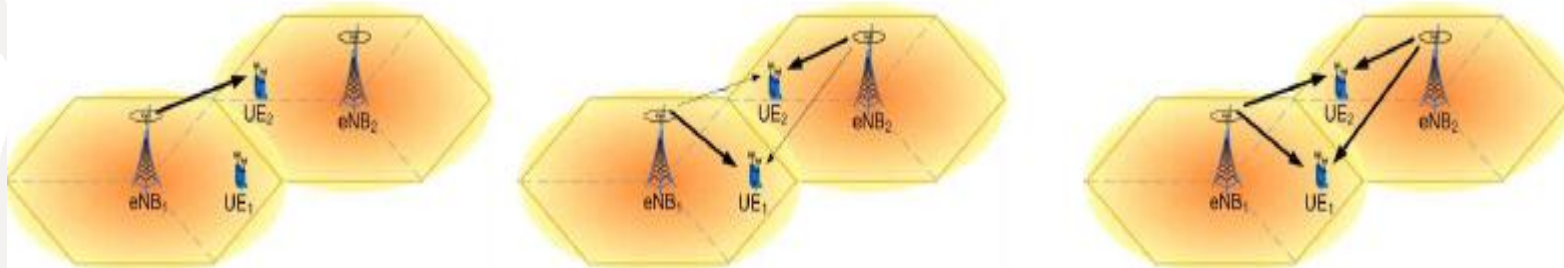
TDMA: Almost Blank Subframe (ABS)



FDMA: Fractional Frequency reuse (FFR)



SDMA: CoMP



Dynamic point selection

Coordinated scheduling/beamforming

Joint transmission

Committed to connecting the world

Perspectives :REL-11

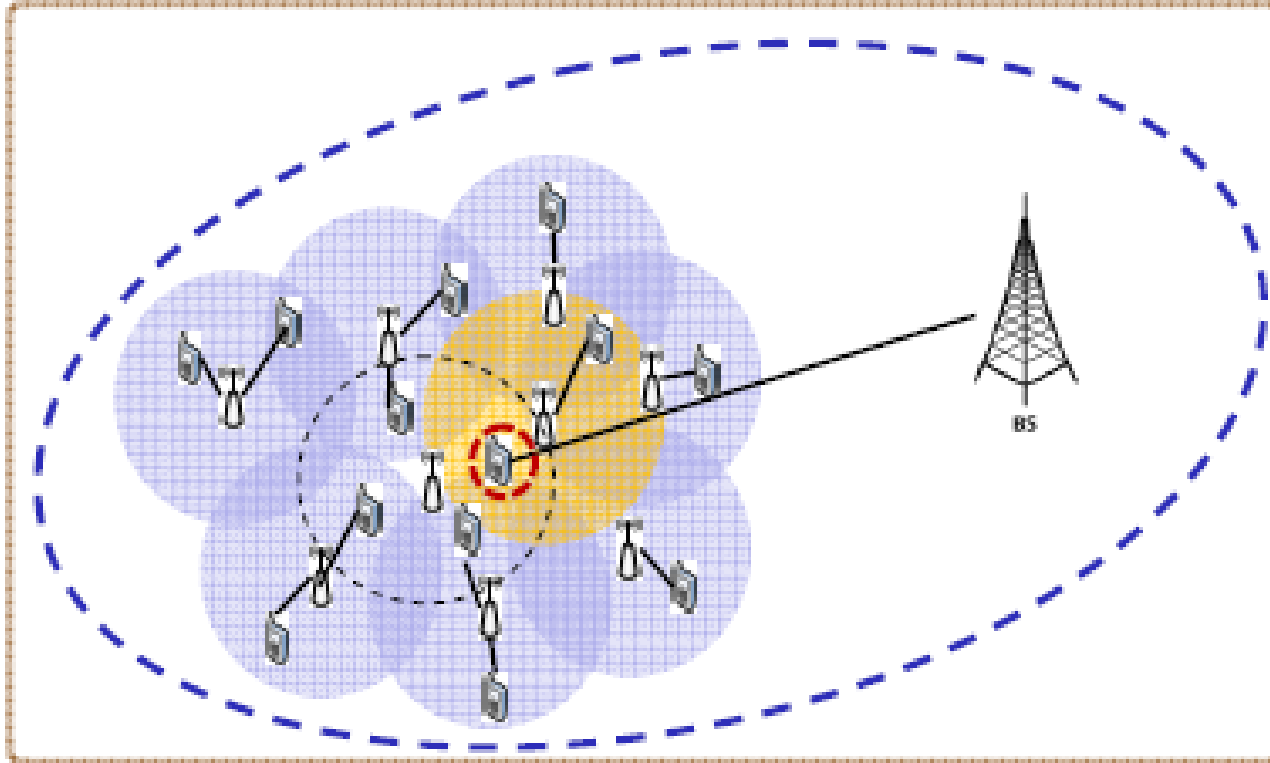
Le **Self Organizing Networks** (S.O.N.) :

1. une technologie conçue pour permettre l'auto-configuration, l'auto-exploitation et l'auto-optimisation des équipements des réseaux cellulaires de téléphonie mobile.
2. Il permettra un déploiement rapide de nouvelles BTS ou d' **eNode B** sans nécessiter l'intervention de spécialistes pour modifier les équipements pré-existants.
3. Dans les réseaux cellulaires 2G et 3G actuels, de nombreux paramètres de réseau sont configurés manuellement:
 - i. La planification,
 - ii. la mise en service,
 - iii. la configuration,
 - iv. l'intégration et la gestion de ces paramètres sont efficaces et fiables pour l'exploitation du réseau→ ces interventions manuelles sont souvent sources d'erreurs et relativement lentes+ leur coût est très élevé pour les opérateurs

⇒ SON : flexibilité et amélioration des performances du réseau tout en réduisant les coûts et les délais.

Perspectives :REL-11

● Self Organizing Network (SON)



Auto-configuration

1. La mise en place de nouveaux équipements dans le réseau cellulaire présente un coût élevé pour les opérateurs.
2. En plus du prix du matériel, il faut tenir compte des coûts dus à la configuration et à la reconfiguration des **stations de base** adjacentes qui nécessitent la présence d'un ou de plusieurs experts sur le terrain.

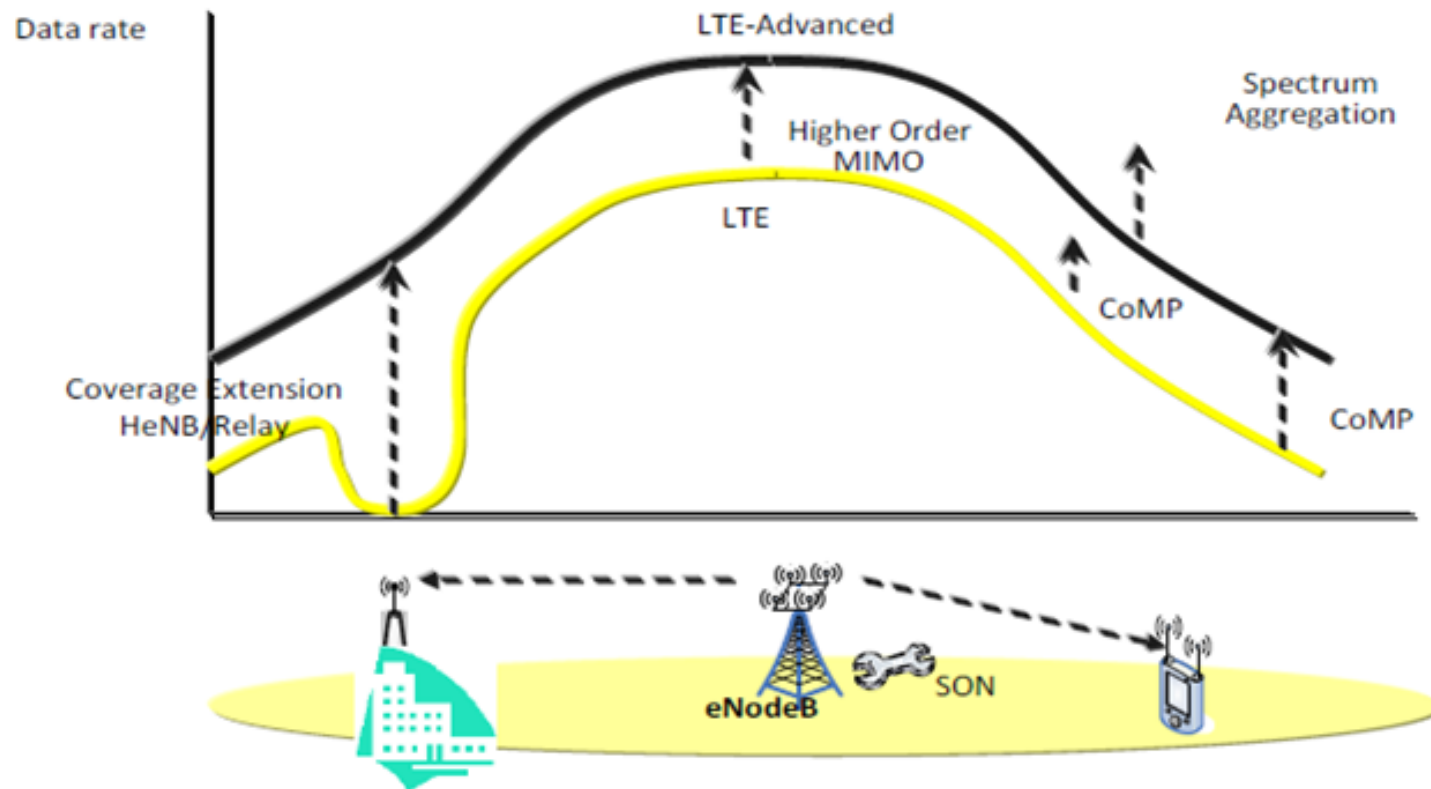


- L'auto-configuration a pour but de réduire les coûts de l'intervention humaine en introduisant des fonctionnalités "plug & play" dans les eNode B. Elle comprend toutes les tâches nécessaires pour automatiser le déploiement et la mise en service de réseaux ainsi que la configuration des paramètres.
- Lors de la première mise sous-tension du eNode B, il devrait :
 - détecter la liaison de transport et établir une connexion avec les éléments du réseau cœur ;
 - télécharger et mettre à jour la version du logiciel correspondant ;
 - installer les paramètres de configuration initiale, y compris les relations de voisinage ;
 - effectuer un auto-test et se mettre en mode opérationnel.

Auto-optimisation

- L'auto-optimisation se déroule en mode opérationnel et permet aux opérateurs de bénéficier d'une optimisation dynamique (équilibrage de charges, économie d'énergie...).
- Un "Self Organizing Network" :
 - automatise les tâches en effectuant des mesures sur les équipements de réseau ;
 - détecte les problèmes de qualité de service,
 - identifie la cause,
 - et prend automatiquement des mesures correctives sur la base de la statistiques de mesures de performance de l'OMC (Operation and Maintenance Center).
- Cette optimisation autonome permet de traiter plus rapidement les problèmes et d'améliorer les performances du réseau.

Perspectives :REL-11



LTE-Advanced testé sur le terrain

- Au Japon, l'opérateur **NTT DoCoMo** a obtenu en 2012, le feu vert du bureau des télécommunications rattaché au ministère de l'Intérieur japonais pour mener des expérimentations LTE-Advanced sur le terrain via une pré-licence qui lui permet d'exploiter des fréquences dans les villes de **Yokosuka** et **Sagamihara**.
- Ce pilote permet de tester des équipements LTE-Advanced en intérieur comme en extérieur. NTT DoCoMo a déjà réalisé une série d'expérimentations en simulant un environnement radio perturbé par des obstacles, modélisant des configurations telles qu'on peut les trouver dans les villes, mais dans ses centres de R&D (recherche et développement), où il a réussi à obtenir des débits descendants de 1 Gb/s et montants de 200 Mb/s.
- Une introduction progressive des nouvelles fonctions apportées par le LTE Advanced sera possible grâce à la compatibilité ascendante avec le LTE. Toutefois, il ne faut pas espérer, avant 2014-15 au plus tôt, des terminaux commerciaux (Smartphones) et des équipements de réseau (eNode B) exploitant les débits les plus rapides (1 Gb/s) prévus par la norme.

WiMAX IEEE 802.16m

- Accepté par le 3GPP en tant que membre de la famille 4G
- très similaire à la 4G :
 - disponible aujourd'hui : 4 Mbps lien montant et 46 Mbps descendant
 - 2012 : descendant : 10 Mbps en mobile et 1 Gbps en fixe

Exigences relatives à la REL-12

- Augmentation de la capacité pour faire face à l'explosion du trafic • • •
- Les économies d'énergie
- Rentabilité
- Prise en charge diverses applications et types de trafic
- L'amélioration de la Backhaul • • •

2010 => 2020: 500x
Plus de smart phones
& tablets;

consommation de
puissance eNB/UE

Nouvelle apps,
MTC(Machine type
communications),
device to device,
interworking, public
safety

Potentiel technologies identifiées pour la REL-12

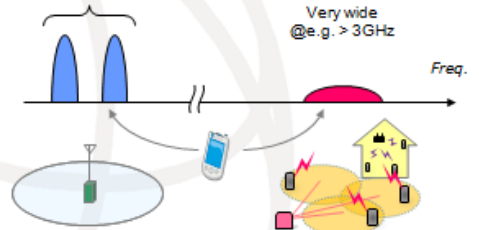
➤ Dynamique mode TDD

dynamic UL/DL
timeslot allocation TR
36.828

➤ Separation en fréquences entre les cellules macro et micro Frequency separation between macro and small , e.g. bande 3.5 GHz pour les micro cellules

Existing cellular bands
(high power density
for coverage)

Higher frequency bands
(wider bandwidth
for high data rate)

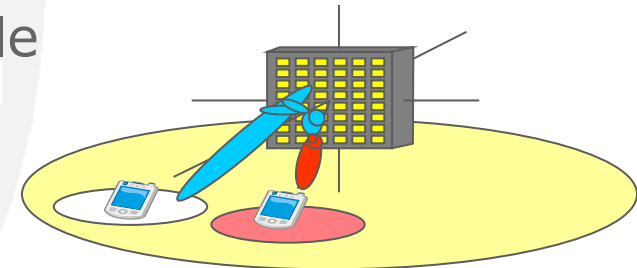


➤ MIMO/beamforming :

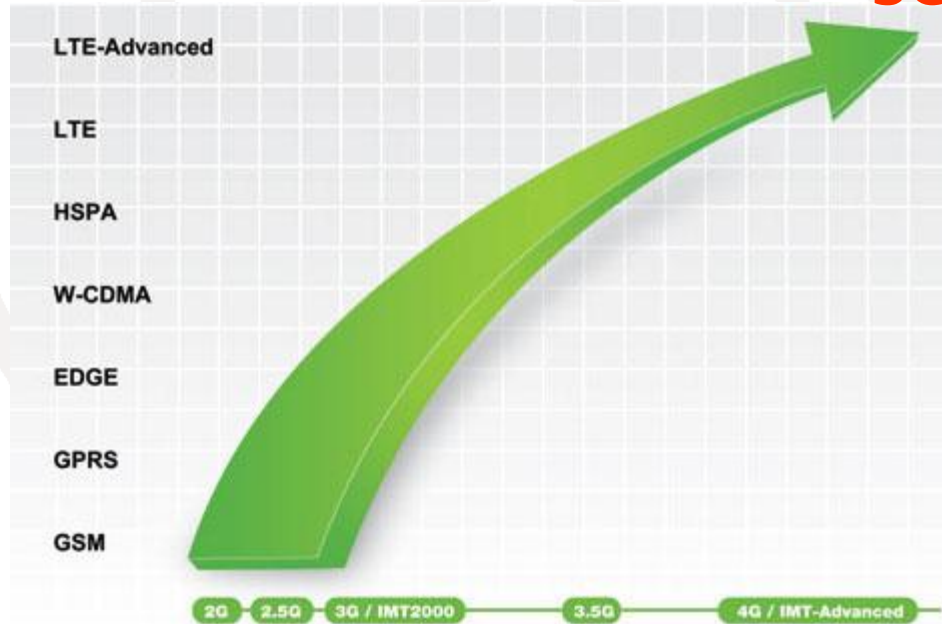
- pour permettre le contrôle du faisceau dans les deux directions horizontale et verticale

➤ L'interfonctionnement avec WiFi

e.g. déchargement
Wifi



Conclusion



5G: ?

- ❑ trop tôt pour être un sujet de la normalisation,
- ❑ de nouvelles améliorations 4G sont plutôt attendus avant
- ❑ dictés par les exigences des clients et des opérateurs de réseaux
- ❑ restreinte par les limites du spectre souvent influencé par les nouvelles technologies / applications

Regional Forum for ARAB Region: IMTSystems
TEchnology, Evolution and Implementation
Tunis, Tunisia, 7 - 9 May 2013

Merci pour Votre Attention



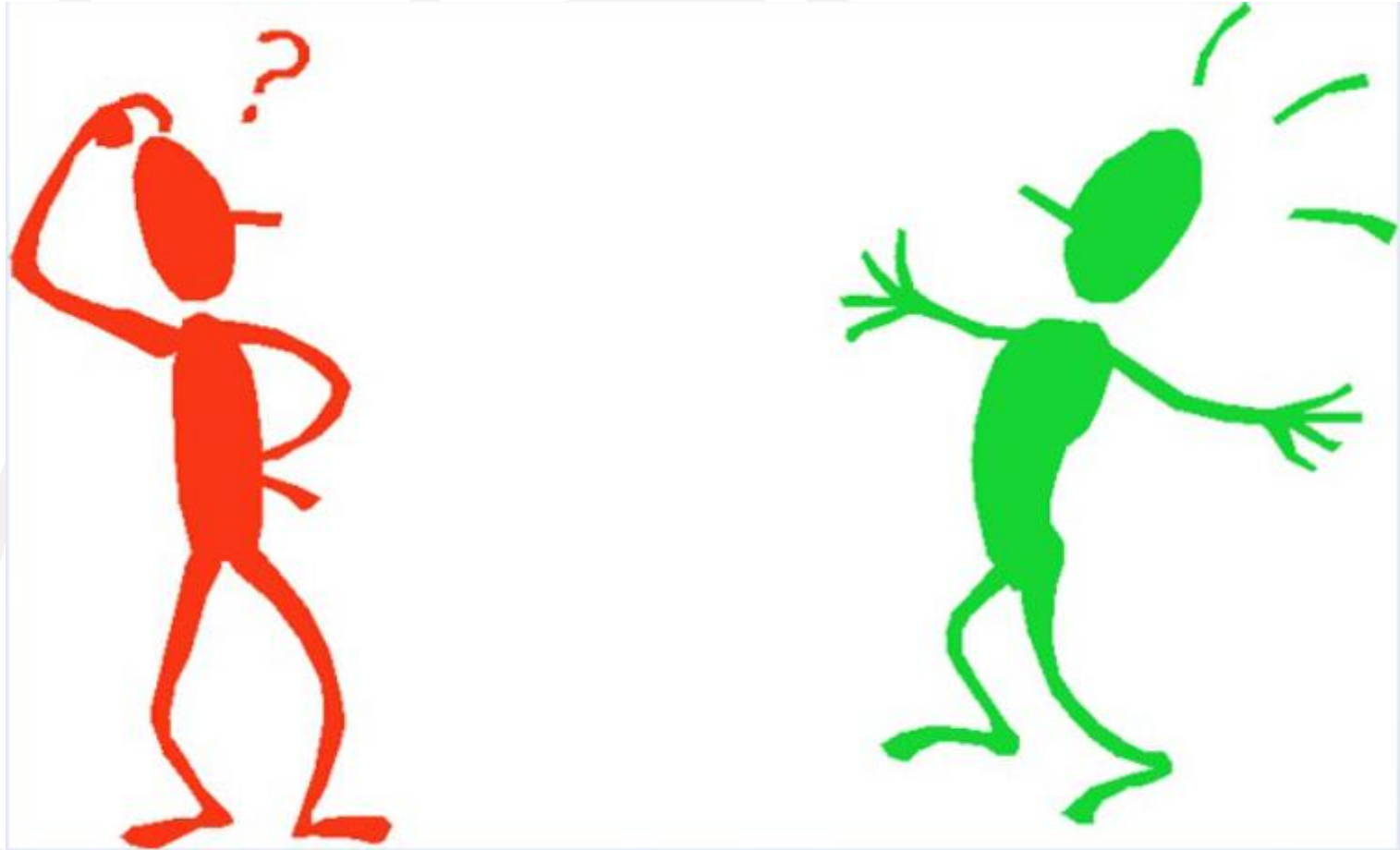
Agence Nationale des Fréquences

Imen BEN CHAABANE
imen.benchaabane@anf.tn

Committed to connecting the world



Question?



Committed to connecting the world