

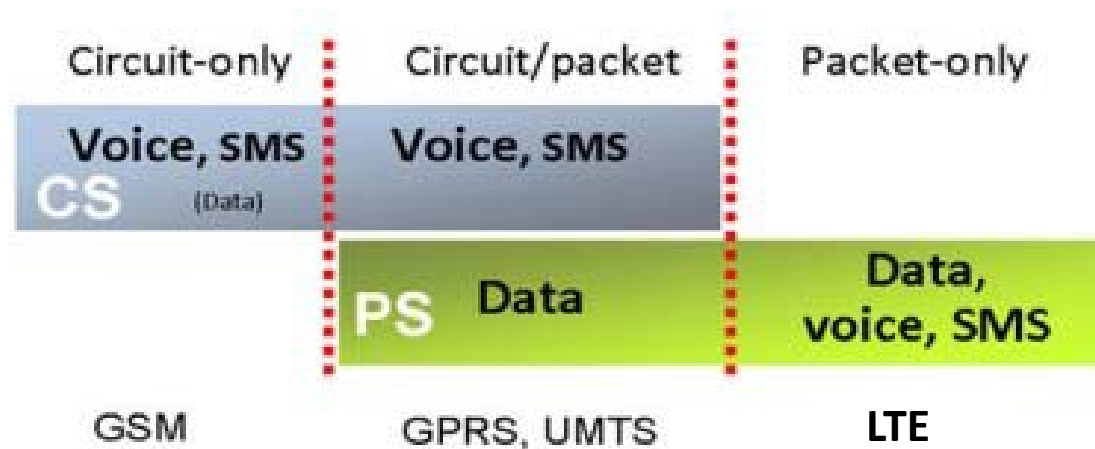
LTE , E-UTRAN

(Long Term Evolution - Evolved Universal Terrestrial
Access Network)

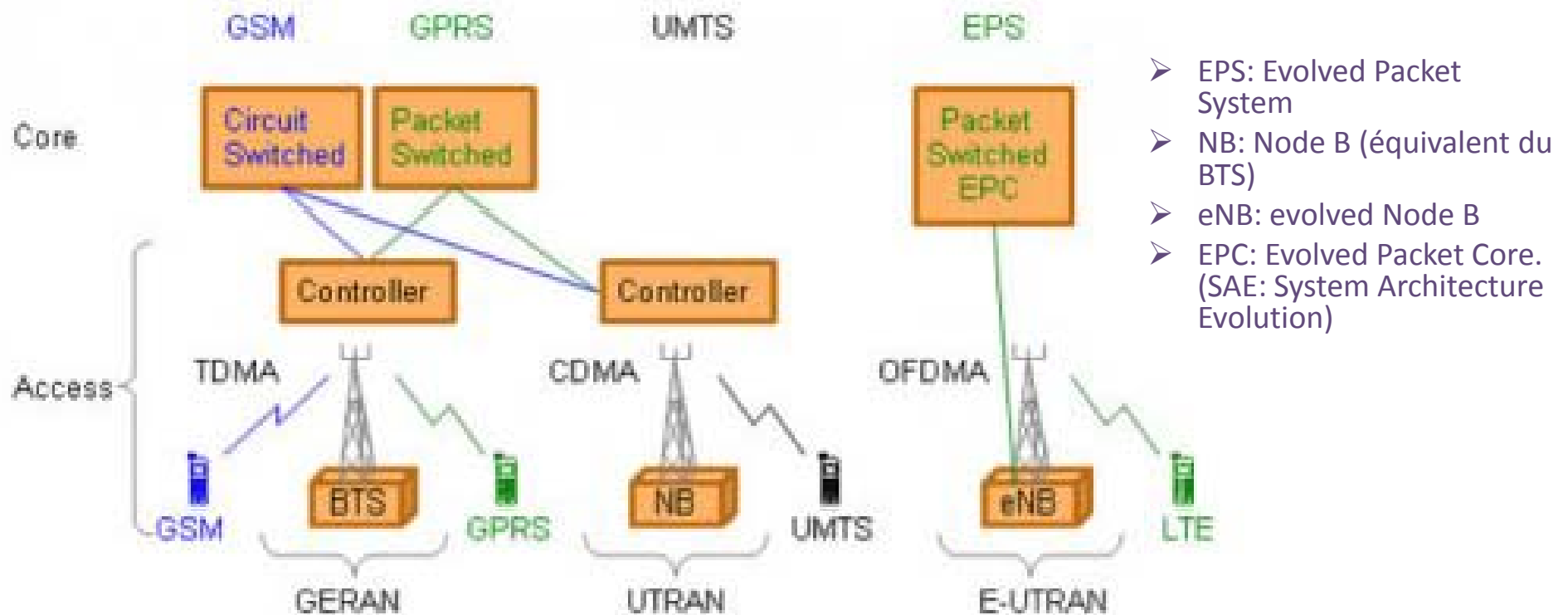
Introduction

■ LTE (Long Term Evolution)

- Evolution des deux parties radio et **core network**
- LTE version 8 finalisée en december 2008
- **Tout est basé sur IP**
 - Les services temps réel (voix, SMS...) et les services de communication de données sont transportés par IP



Network Solutions from GSM to LTE

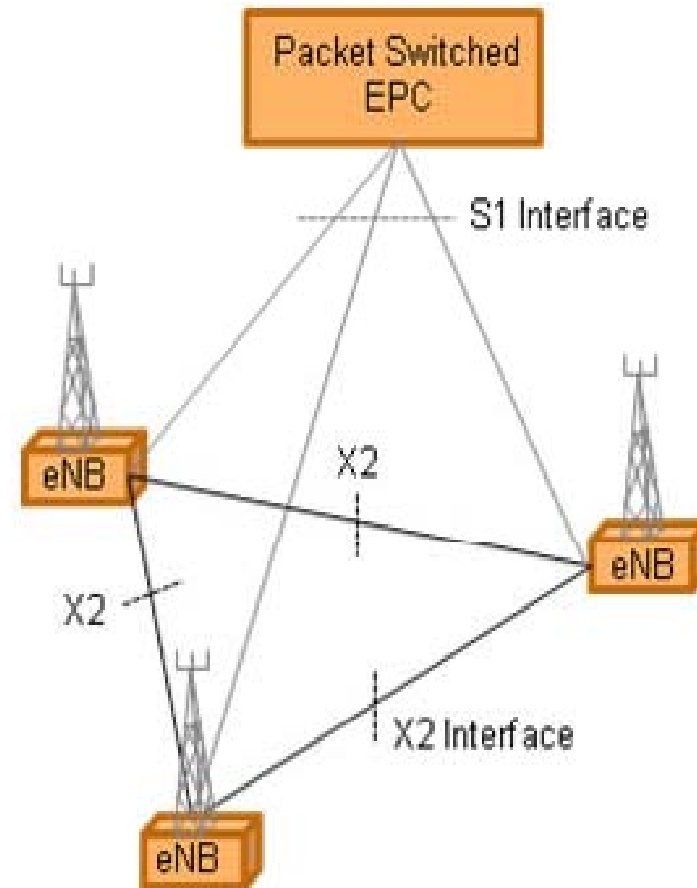


■ Que nécessite LTE?

- Haut débit, faible RTT (round trip time), flexibilité des fréquences et haute efficacité spectrale

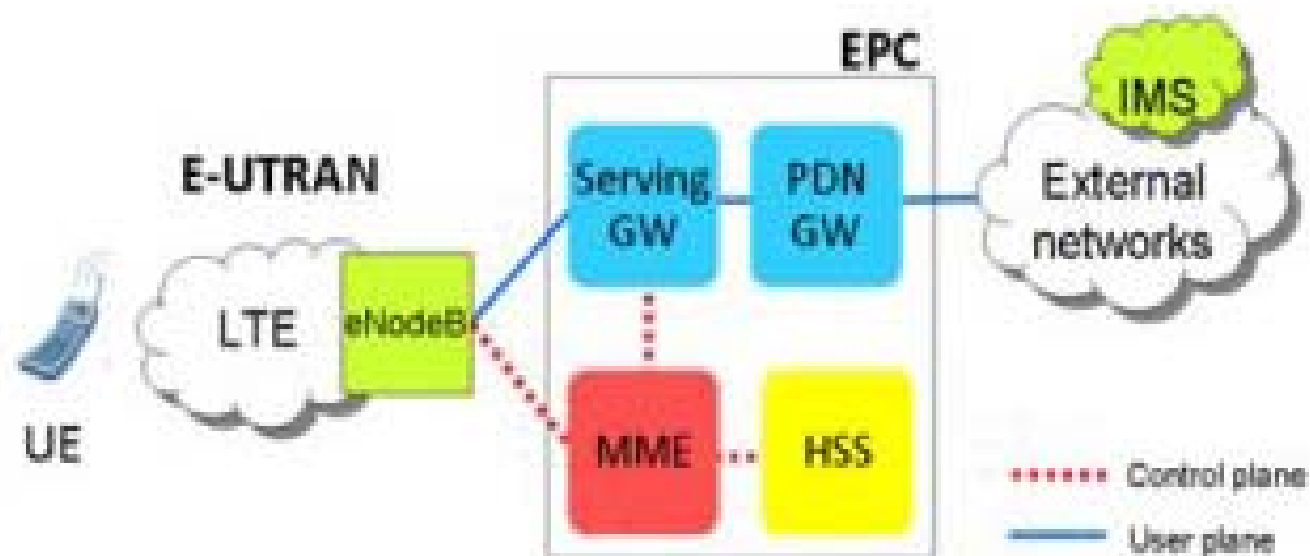
Le réseau d'accès de LTE

- Le réseau d'accès de LTE
 - Un réseau plat de stations de base appelé "evolved NodeB" (eNB)
 - Pas de contrôle centralisé. L'intelligence est distribuée sur les eNB
 - Pour augmenter la vitesse de connexion et réduire le temps de handover
 - Ordonnancement distribué (exécuté entre l'utilisateur et le eNB) → pour des communications rapides
 - Le "The Core network" (EPC) peut communiquer avec d'autres réseaux d'accès tel que WiMAX et WiFi.



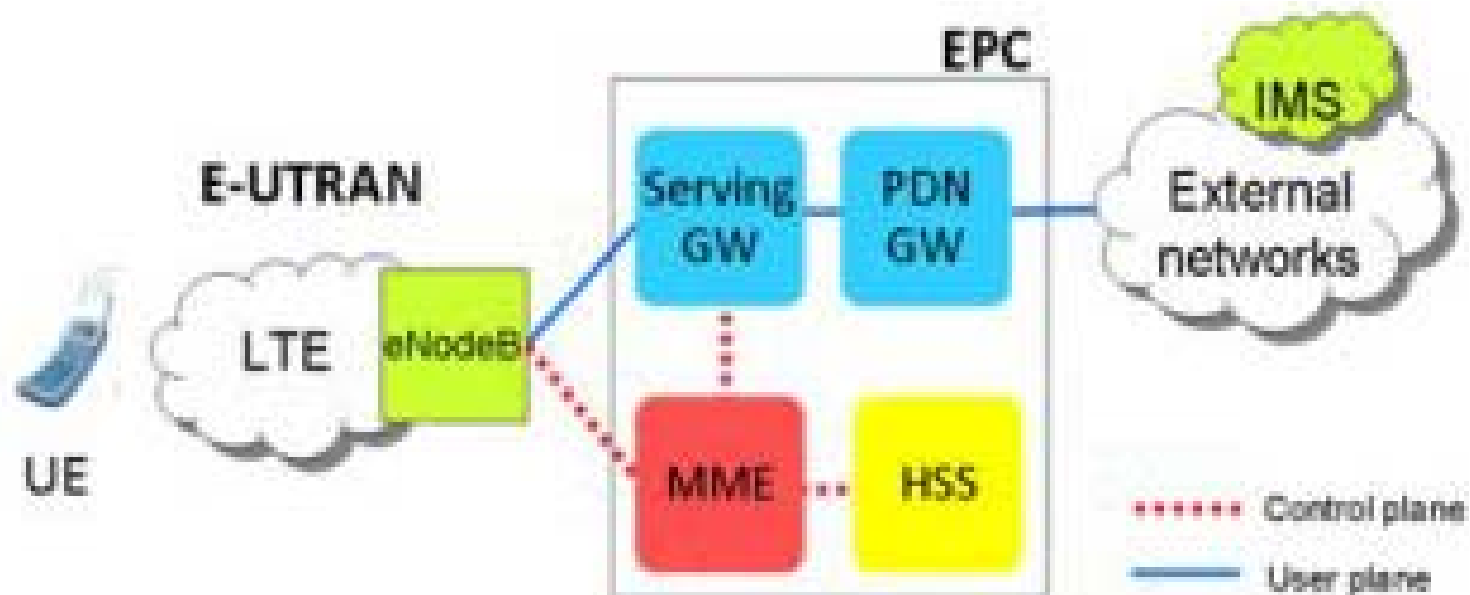
LTE – EPC (Evolved Packet Core)

- Conception de EPC
 - Séparer les données utilisateur (**user plane**) de la signalisation (**control plane**)
- HSS: Home Subscriber Server
 - BD qui contient des informations sur les utilisateurs
 - Fournit la gestion de la mobilité, l'établissement de session et l'authentification des utilisateurs.
 - Basé sur le "**Home Location Register**" (HLR) et l'**Authentication Centre** (AuC).
- MME (Mobility Management Entity)
 - Manipule la signalisation se rapportant à la mobilité et la sécurité
 - Poursuite des utilisateurs (user equipment: UE)

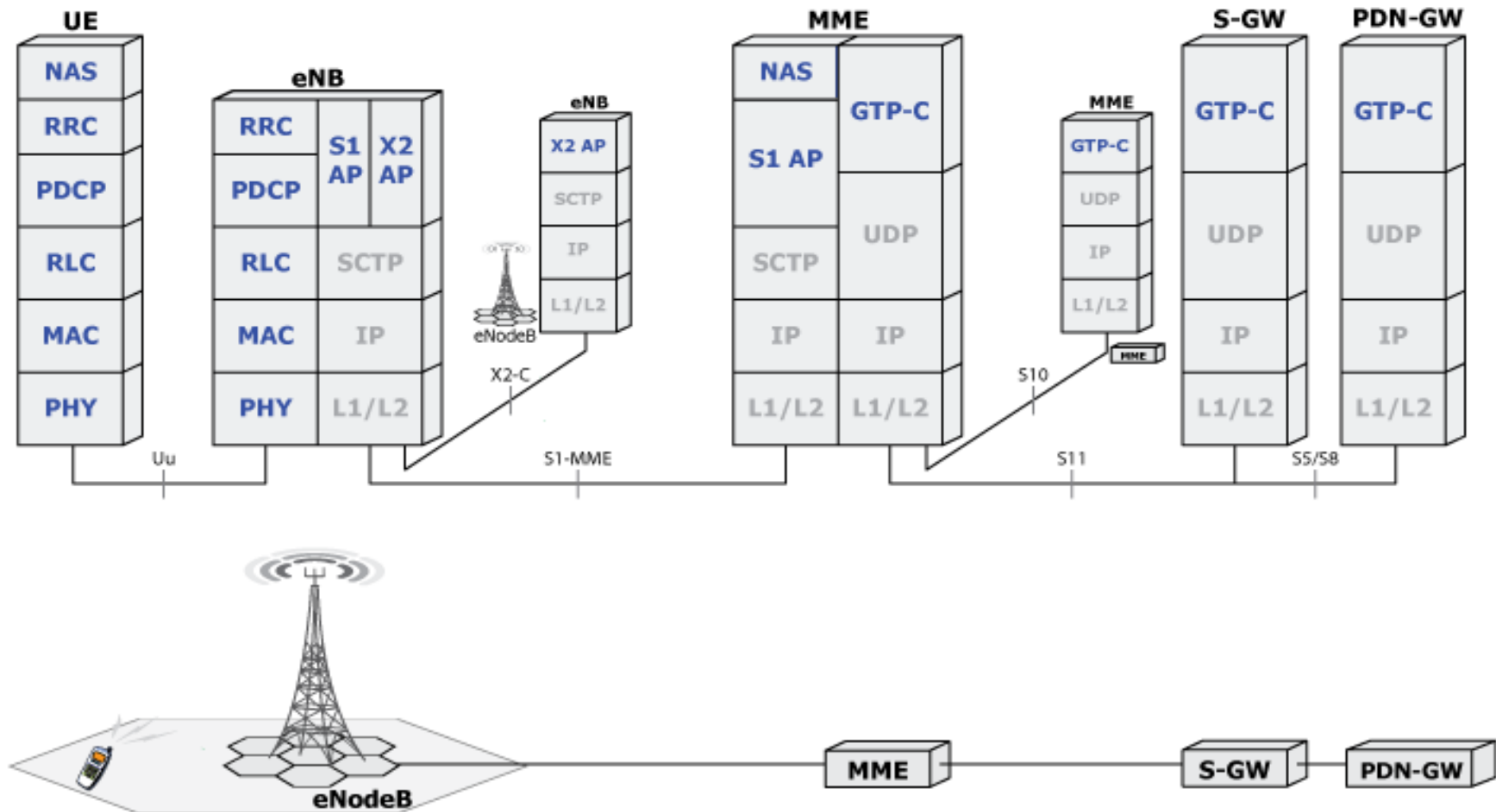


LTE – EPC (Evolved Packet Core)

- **Serving and Packet Data Network (PDN) Gateways**
 - transport des données IP utilisateur (UE) et les réseaux externes.
 - En pratique, ils peuvent être combinés en un seul gateway
- **Serving Gateway**
 - Interconnecte le réseau radio et l'EPC.
 - Sert les utilisateurs (UE) en routant les paquets IP entrants et sortants.
- **PDN Gateway**
 - Interconnecte l'EPC et les réseaux IP externes
 - Responsable de la distribution d'adresses IP pour les utilisateur

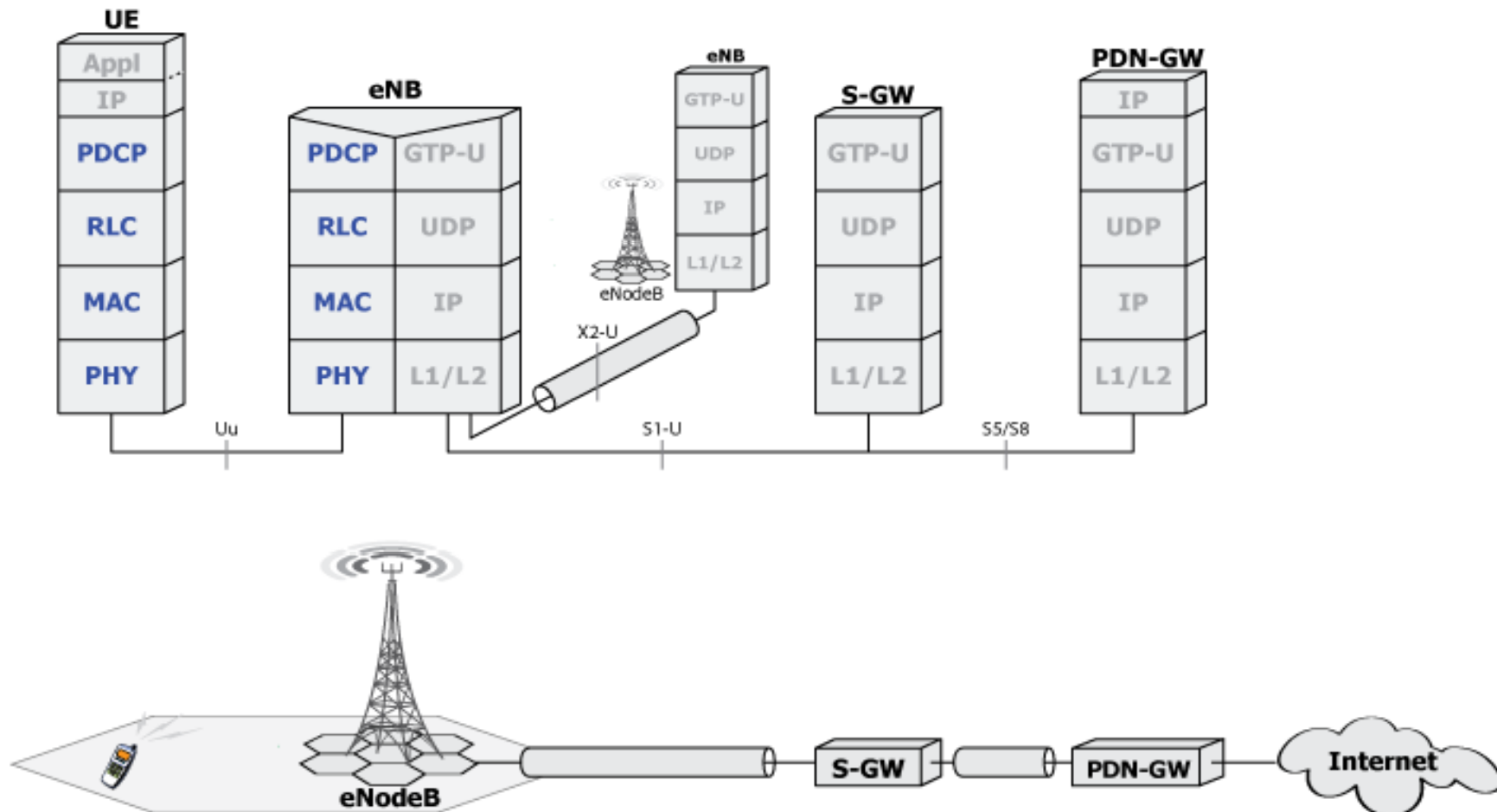


LTE protocols: control plane



Source: <http://www.mastertelecomfaster.com/lte/controlplane.php>

LTE protocols: user plane

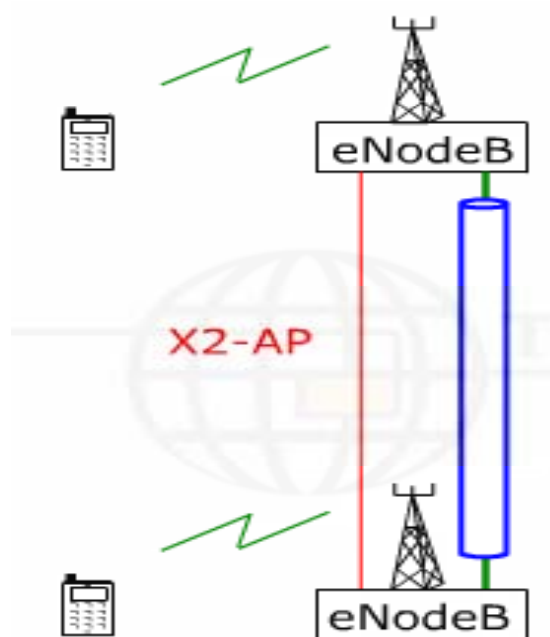


Source: <http://www.mastertelecomfaster.com/lte/controlplane.php>

LTE protocols: X2-AP

■ Protocol Optionnel

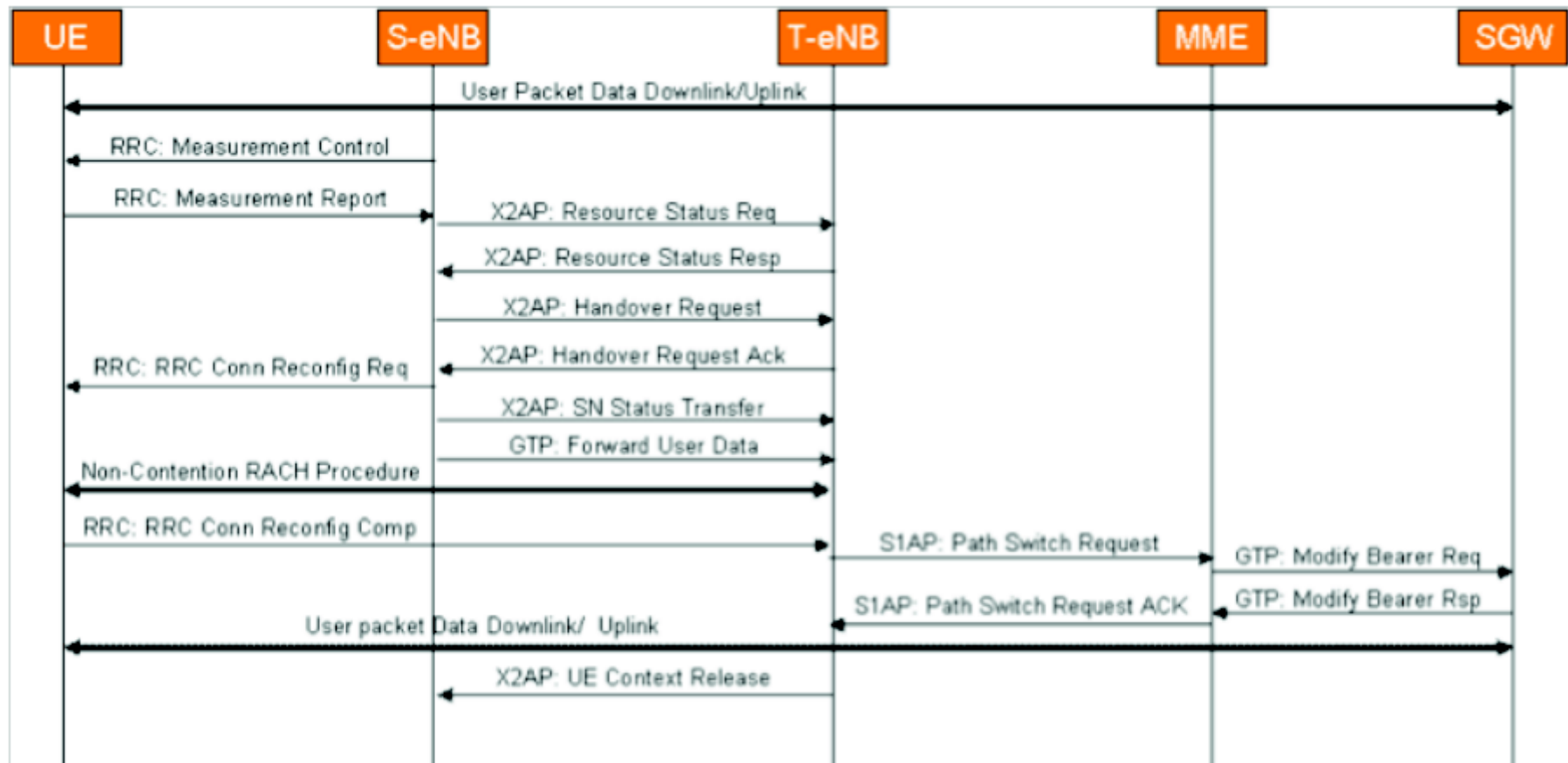
- Utilisé pour établir un tunnel temporaire entre deux eNB durant les handover
- Transporter le contenu UE entre deux eNBs



LTE protocols: X2-AP

Intra-LTE (Intra -MME/SGW Handover Using the X2)

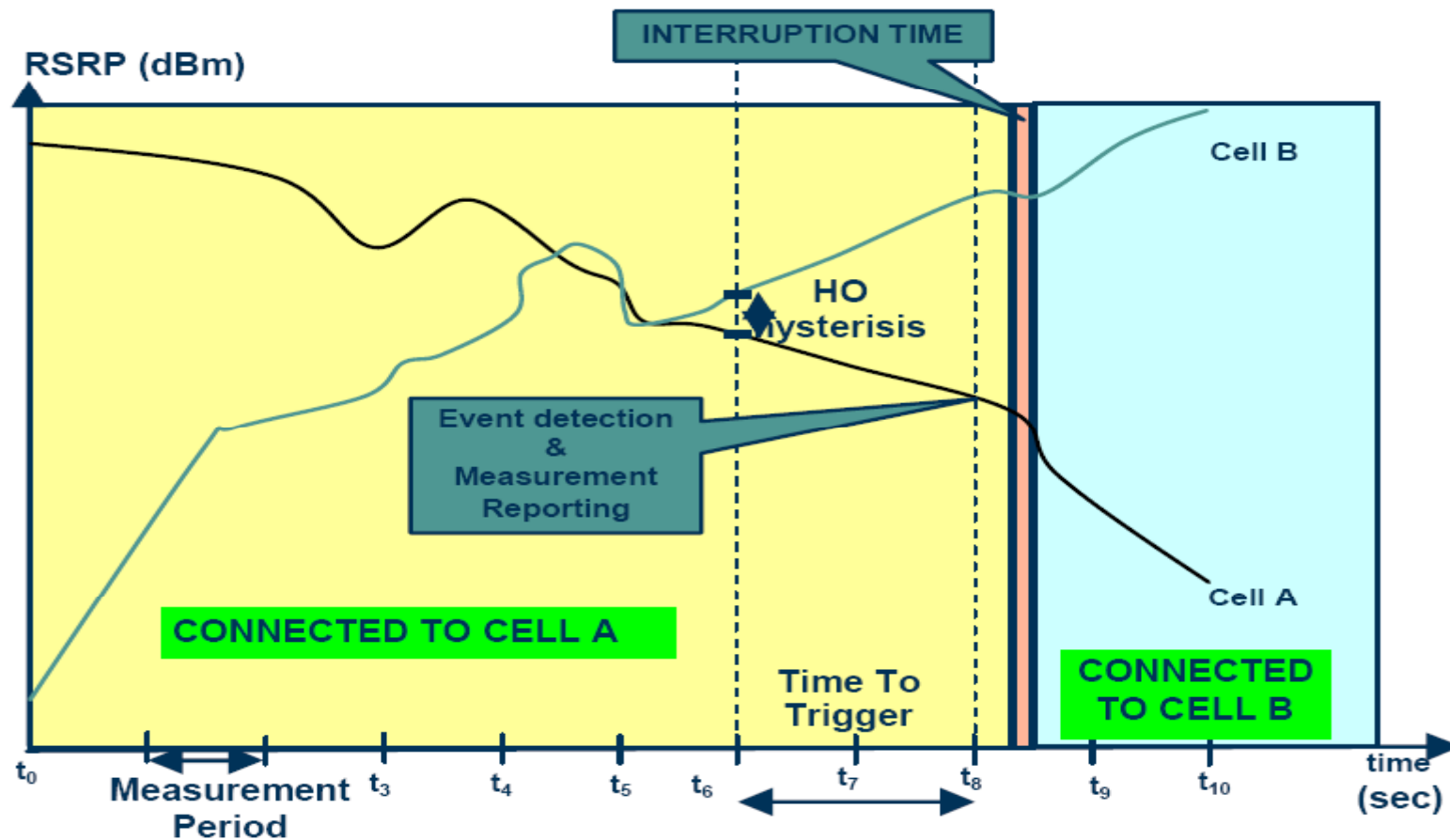
- Measures:
 - Mesurer la puissance RSRP et la qualité RSRQ des symboles de référence reçus à partir des eNBs voisins



LTE protocols: X2-AP (handover example)

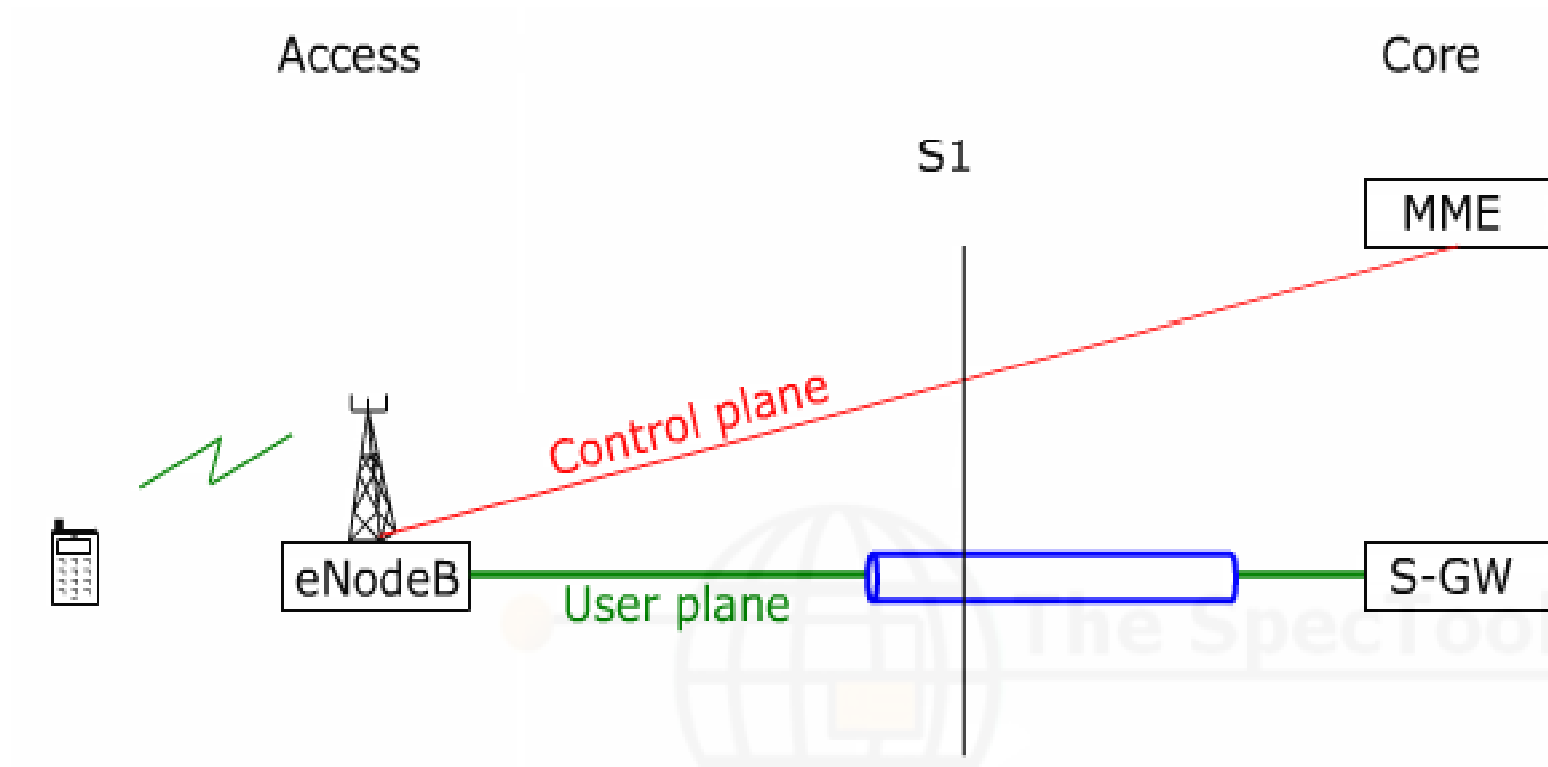
Measurements

- RSRP: Reference Symbol Received Power
- RSRQ: Reference Symbol Received Quality



LTE protocols: S1-AP

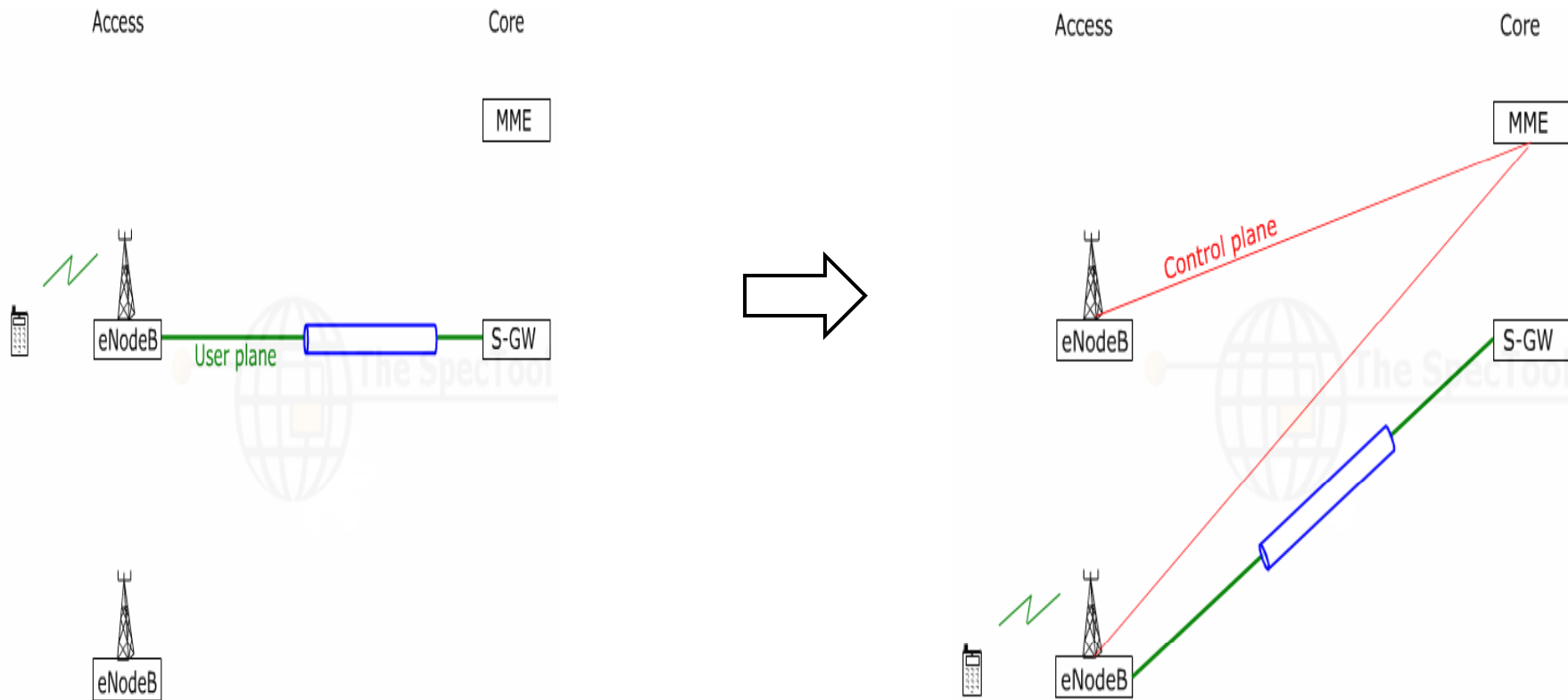
- Interface entre le réseau radio et le core network
 - Signalisation: **control plane** → communication avec les MME
 - Envoyer des paquets IP utilisateur: **user plane** → communication avec le S-GW



LTE protocols: S1-AP

Intra-LTE (Intra-MME/SGW) Handover Using the S1 Interface

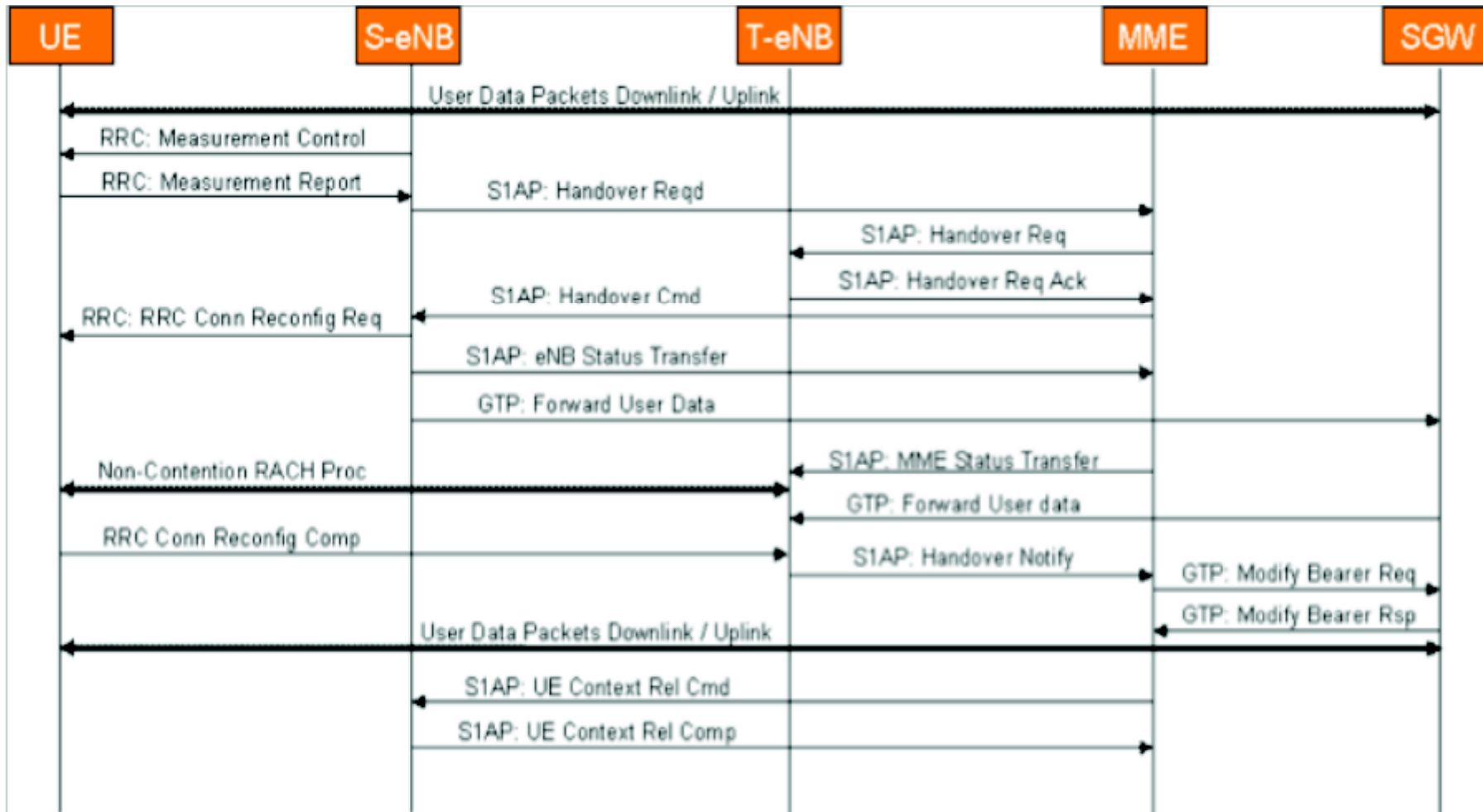
- Handover (sans interface X2)
 - La signalisation passe à travers le core network (**control plane**) via l'interface S1



LTE protocols: S1-AP

Intra-LTE (Intra-MME/SGW) Handover Using the S1 Interface

- S1- Handover (sans interface X2)



LTE protocols: S1-AP

Intra-LTE (Intra-MME/SGW) Handover Using the S1 Interface

- S1- Handover (sans interface X2)
 - similaire au Handover Intra-LTE en utilisant l'interface x2, sauf l'incorporation du MME pour router la signalisation du handover entre le S-eNB le T-eNB.

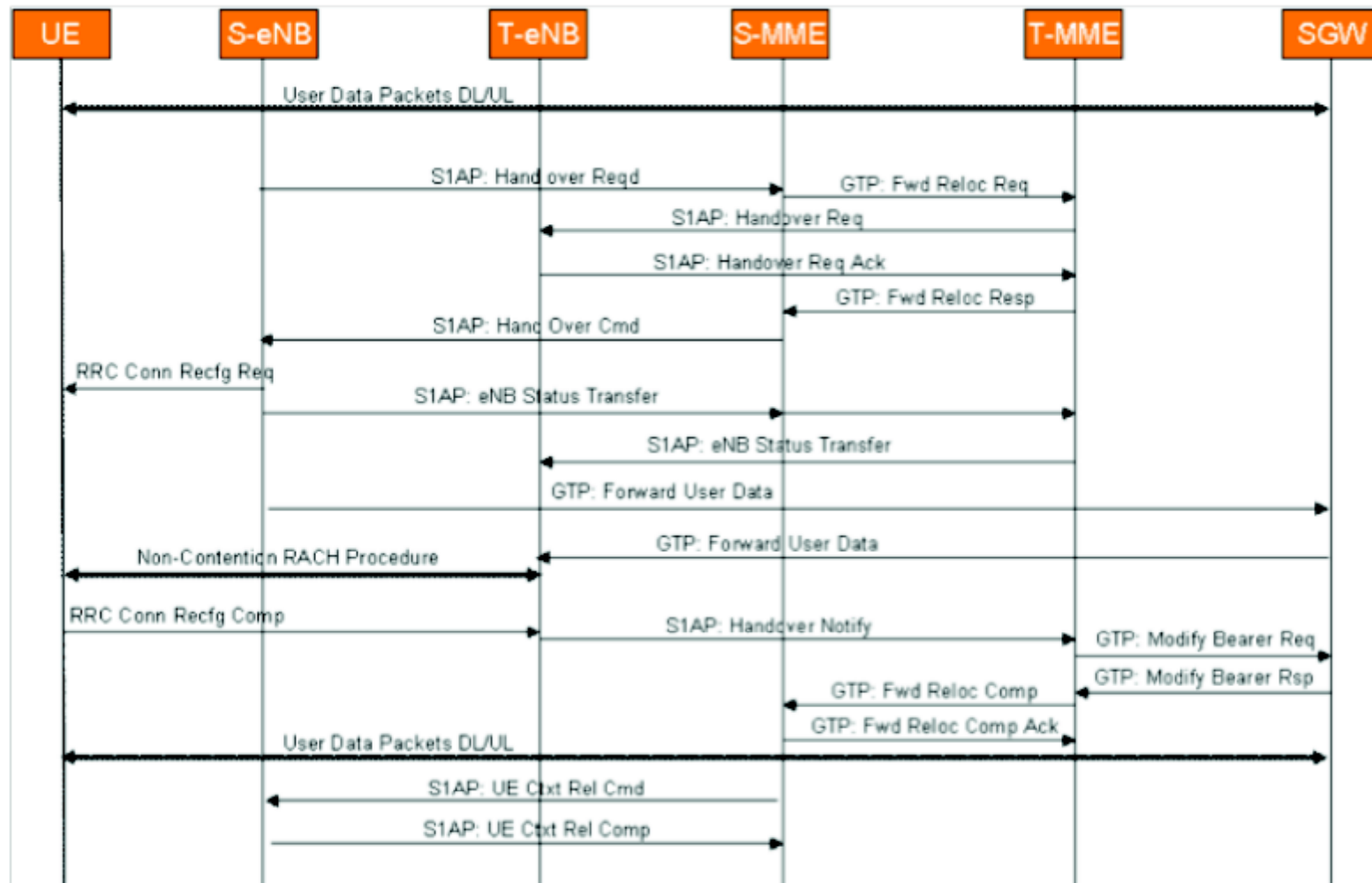
 - Differences:
 - PA de nécessité de procédure de changement de chemin entre le T-eNB et le MME car ce dernier connaît qu'il y a un Handover.

 - Le SGW est impliqué dans le routage des données DL s'il n'y a pas un chemin direct entre le S-eNB et le T-eNB.

LTE protocols: S1-AP

Inter-MME (Intra SGW) Handover Using the S1 Interface

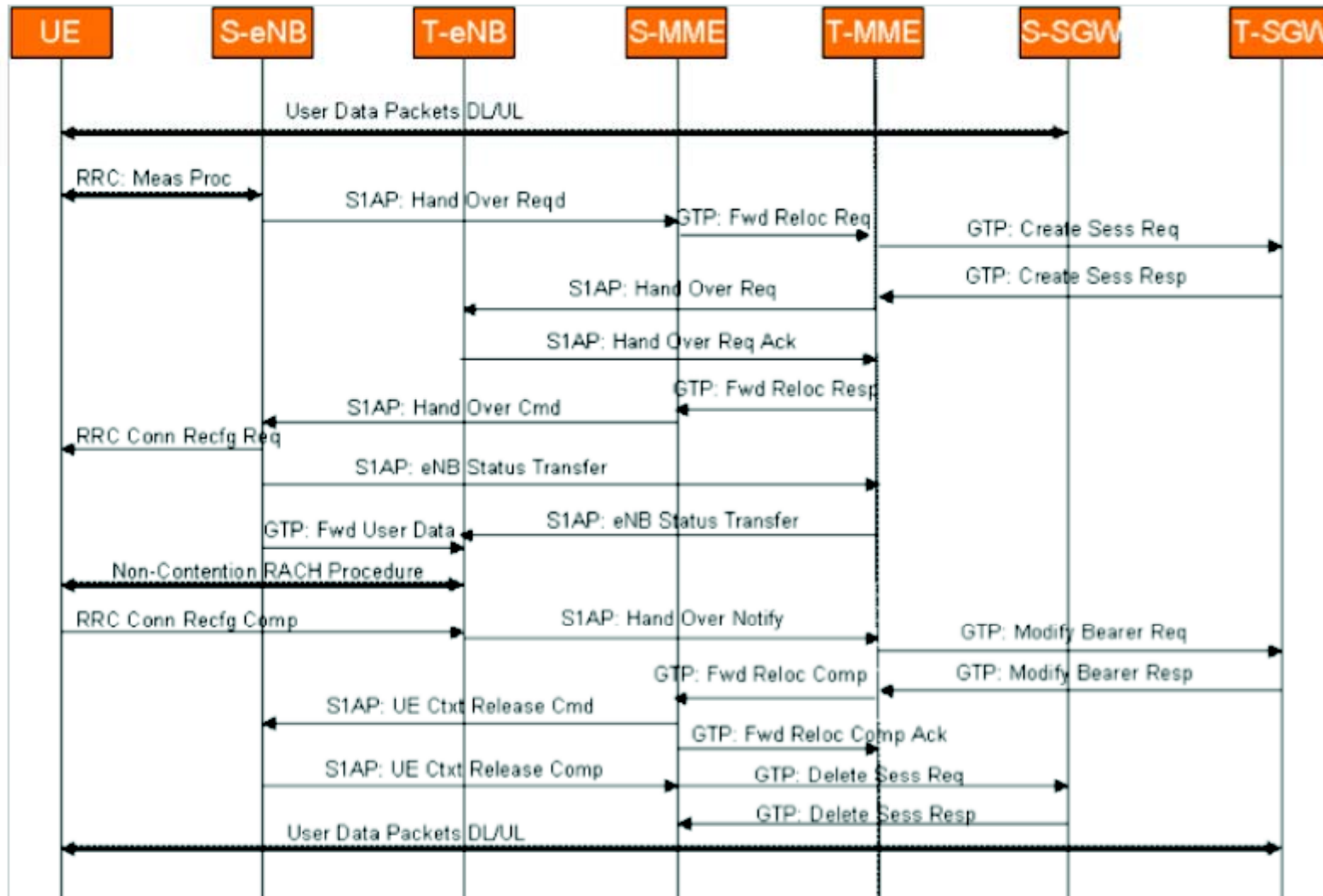
- S1- Handover (sans interface X2)



LTE protocols: S1-AP

Inter-MME /SGW Handover Using the S1 Interface

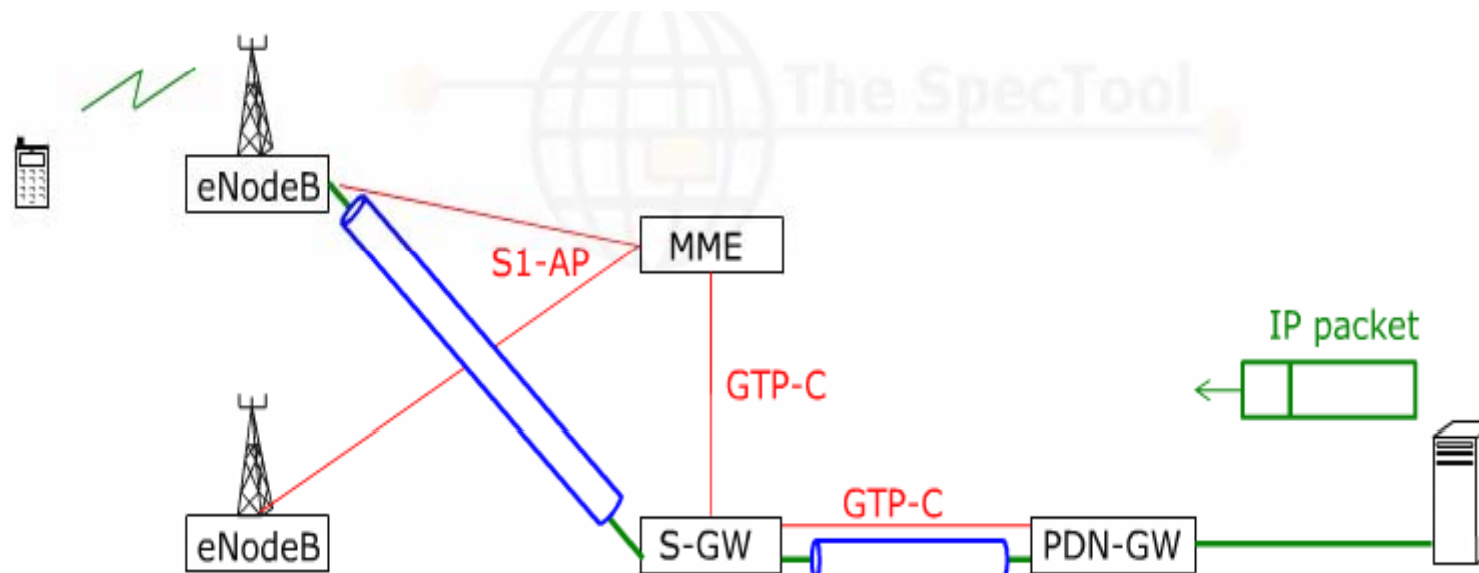
- S1- Handover (sans interface X2)



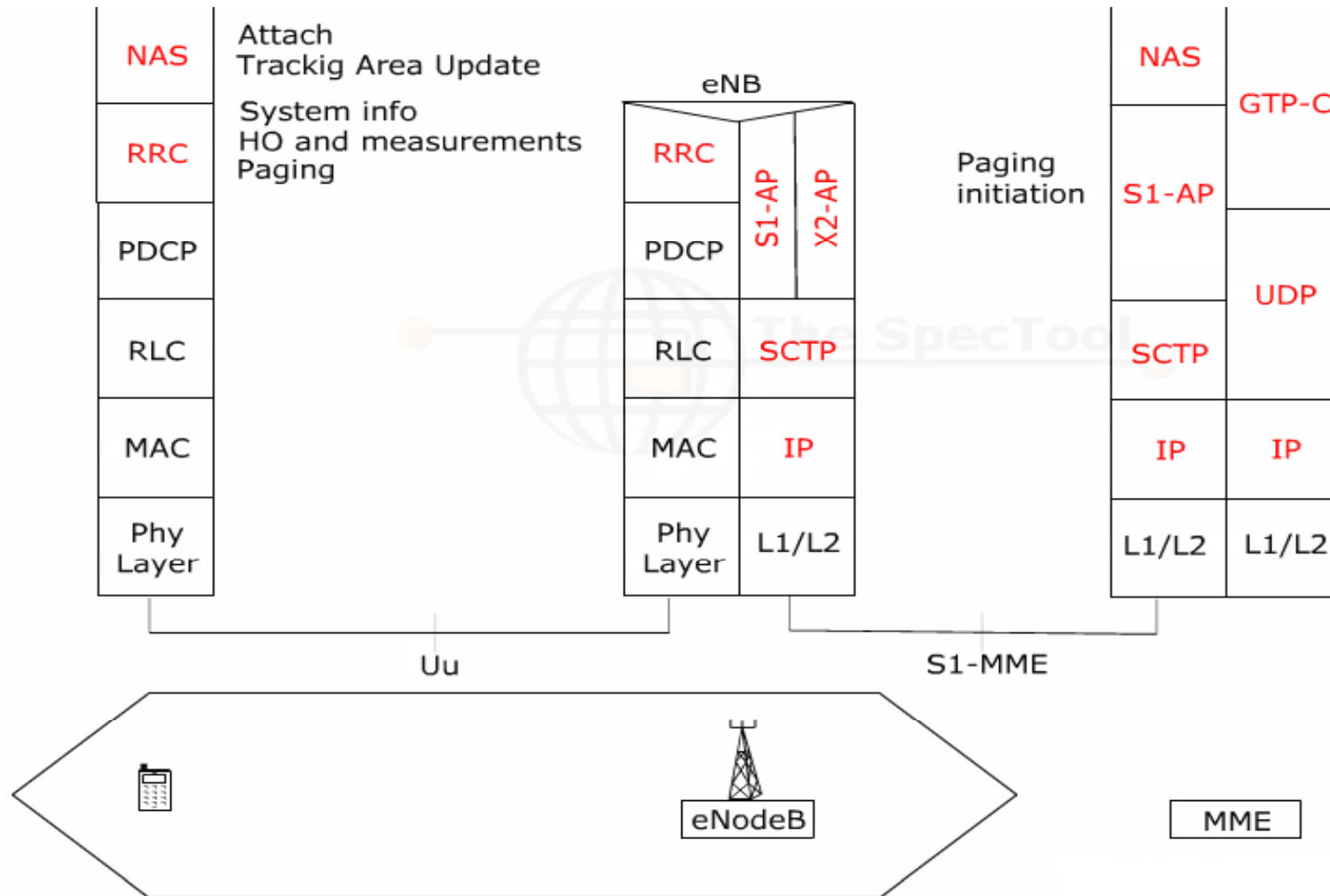
LTE protocols: GTP-C

■ GTP-C

- Protocole de contrôle utilisé pour établir, modifier et router les tunnel utilisateurs dans le core network
- Après la mobilité d'un nœud, le MME doit être changé en utilisant la signalisation GTP-C pour transférer le contexte du nœud au à son nouveau MME



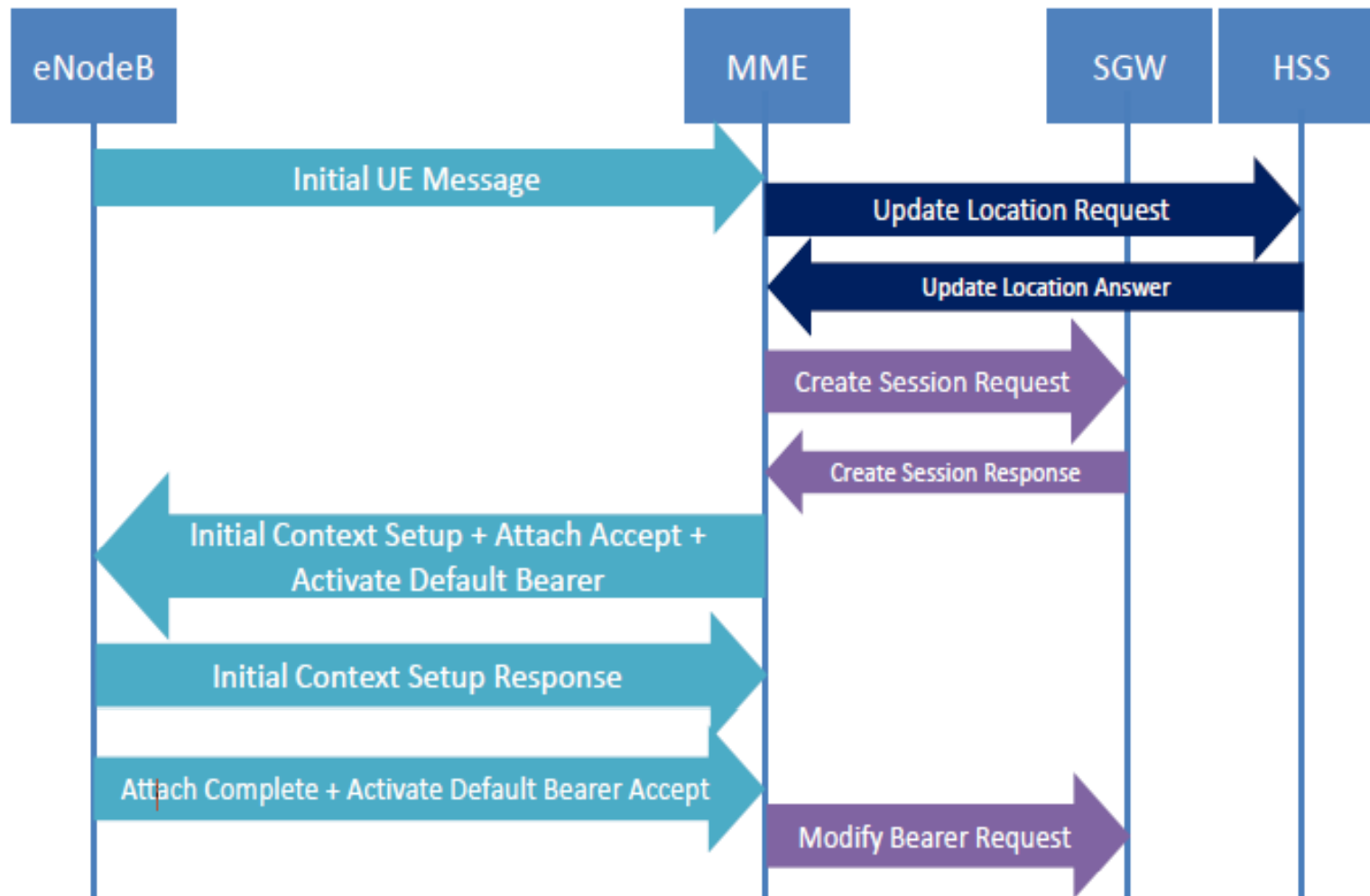
LTE protocols: NAS and RRC



LTE protocols: NAS and RRC

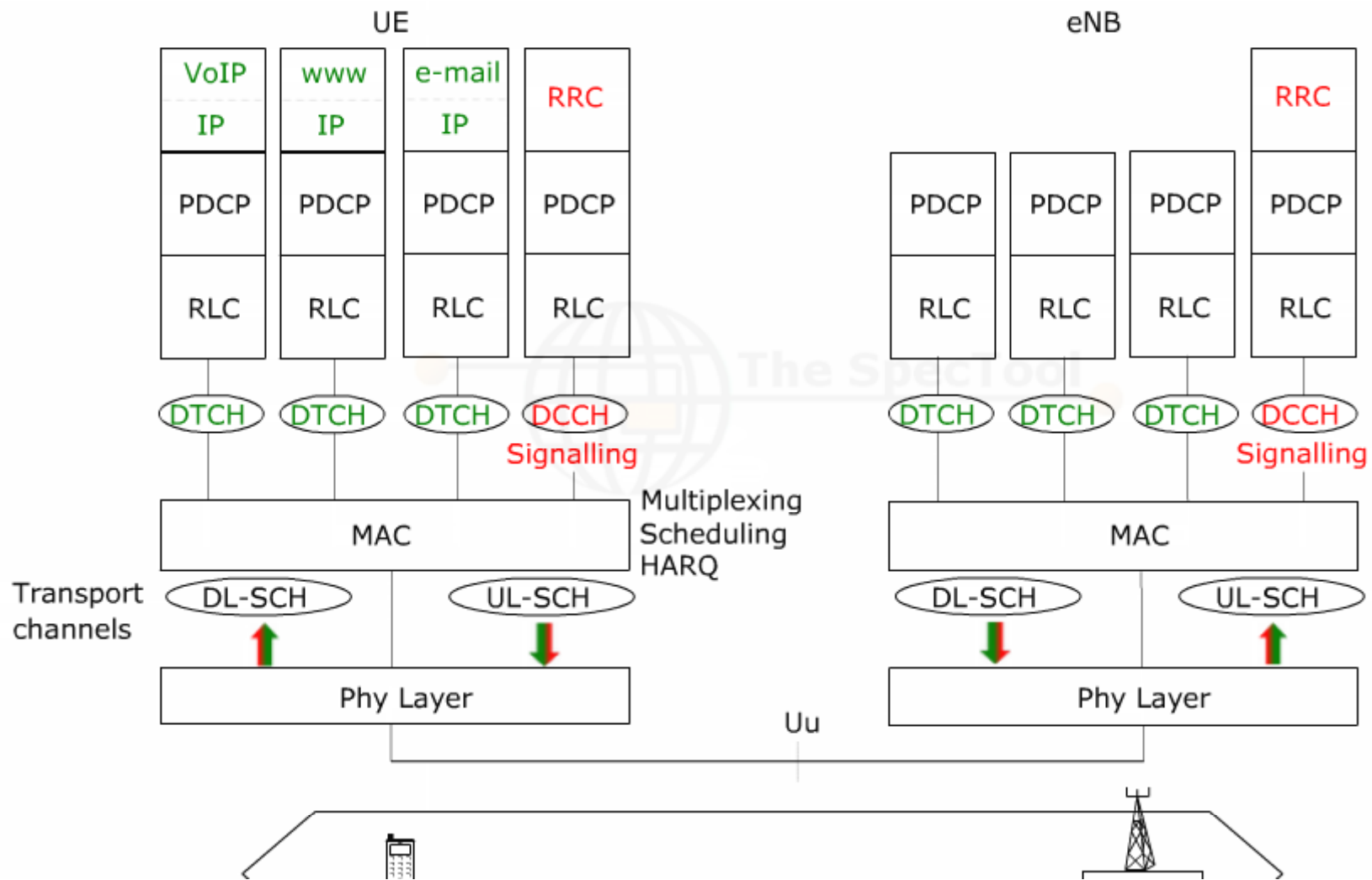
- RRC: communications entre UE et le réseau d'accès
- NAS: Non-Access-Stratum
 - Communications entre l'UE et le Core Network
 - Procédures:
 - Attach procedure: quand un UE est activé. Utilisé pour enregistrer l'UE dans le core Network
 - Tracking area update (mise à jour de la zone de poursuite): quand un nœud change de position
 - Un UE se rend compte qu'il se trouve dans une nouvelle zone en écoutant les informations diffusées par les eNB (RRC protocol)
 - Paging: le MME se rend compte de la zone de localisation de l'UE (un ensemble de cellules)
 - Utilise S1-AP pour communiquer avec les eNBs et extraire les eNB pertinent pour « pager » l'UE (using RRC protocol)

Attach Procedure



Source: <http://www.eventhelix.com/lte/lte-tutorials.htm>

LTE protocols: MAC



eNB scheduler

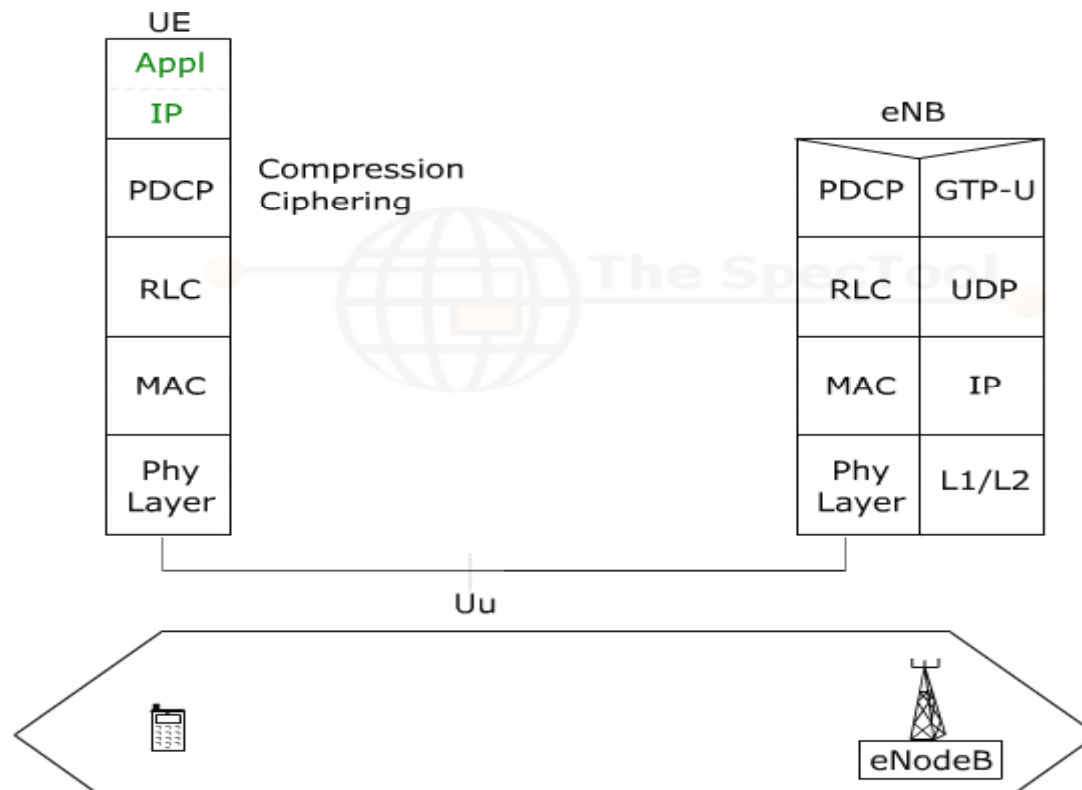
- Durant chaque TTI (=1ms), l'ordonnanceur eNB doit:
 - Consider l'environnement radio par UE.
 - Les UE reportent la qualité radio qu'il mesurent à l'eNB pour décider de la modulation et du système de codage à utiliser

 - Classer les exigences de QoS des UEs.

 - Informer les UEs des ressources radio allouées
 - En théorie, on peut scheduler jusqu'à 440 UE s en 1 ms

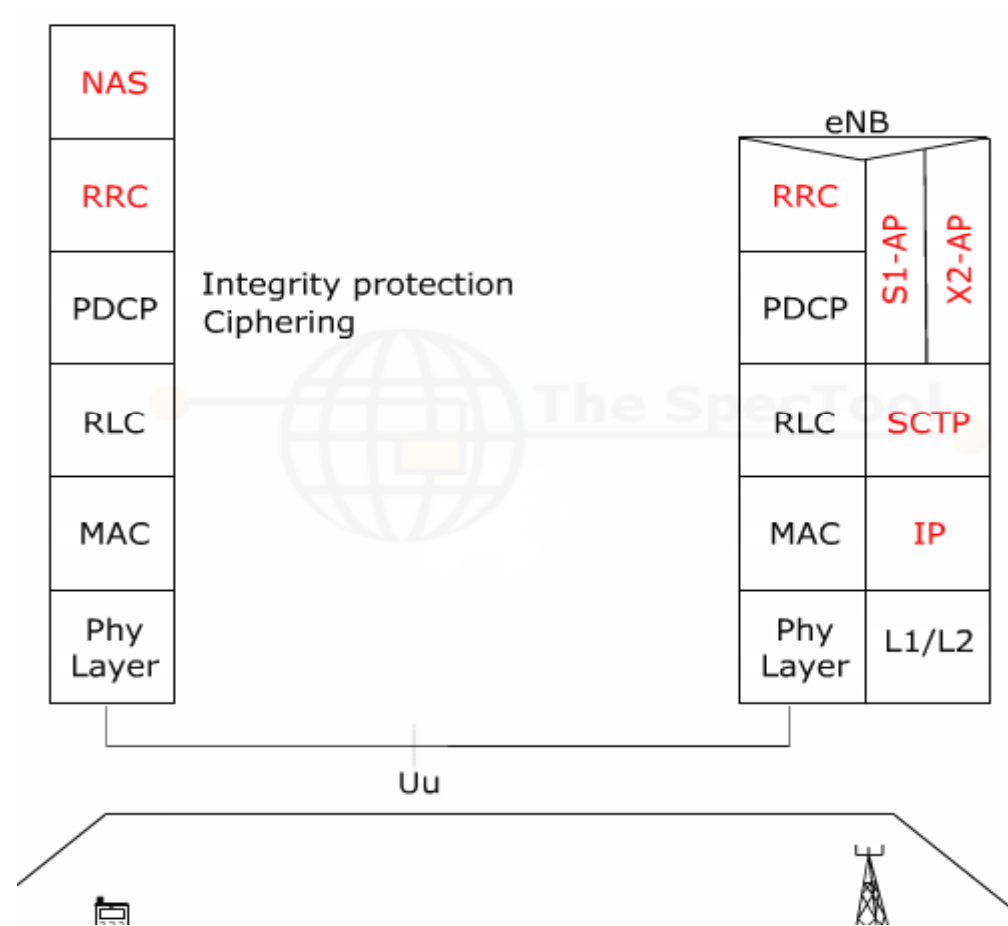
LTE protocols: PDCP

- PDCP: Packet Data Convergence Protocol
 - User plane



LTE protocols: PDCP

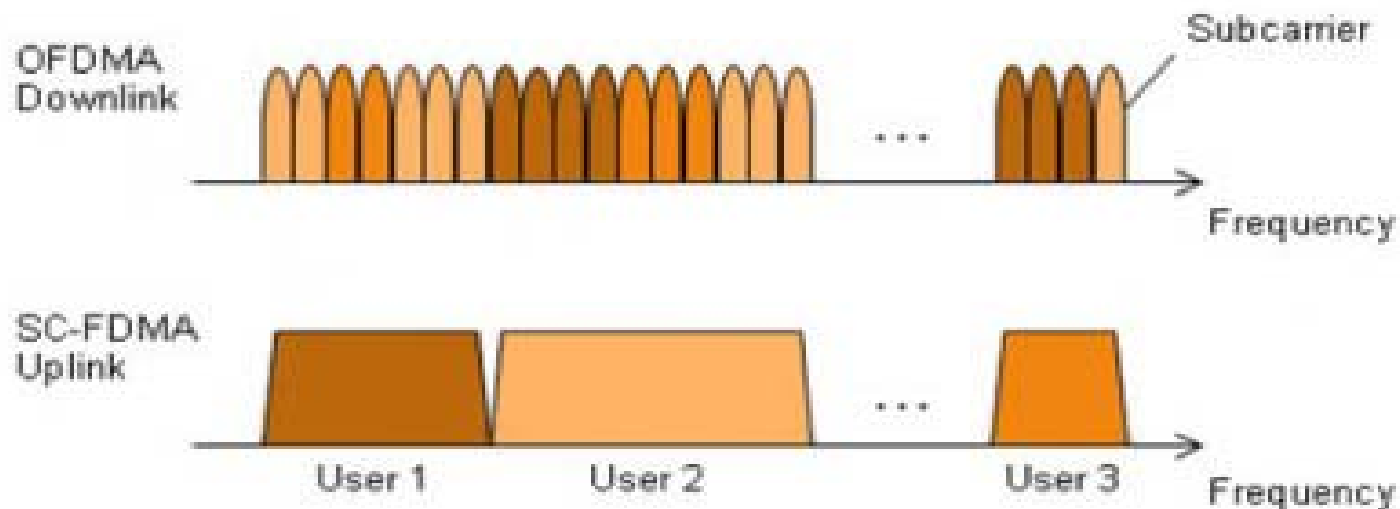
- PDCP: Packet Data Convergence Protocol
 - Control plane



LTE multiple access

■ Approche multi-porteuse

- Downlink: OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)
 - La bande passante disponible est divisé en plusieurs sous-porteuses orthogonale à bande étroite
 - ces sous-porteuses sont partagées entre plusieurs utilisateurs
- Uplink: SC-FDMA (Single Carrier - Frequency Division Multiple Access)

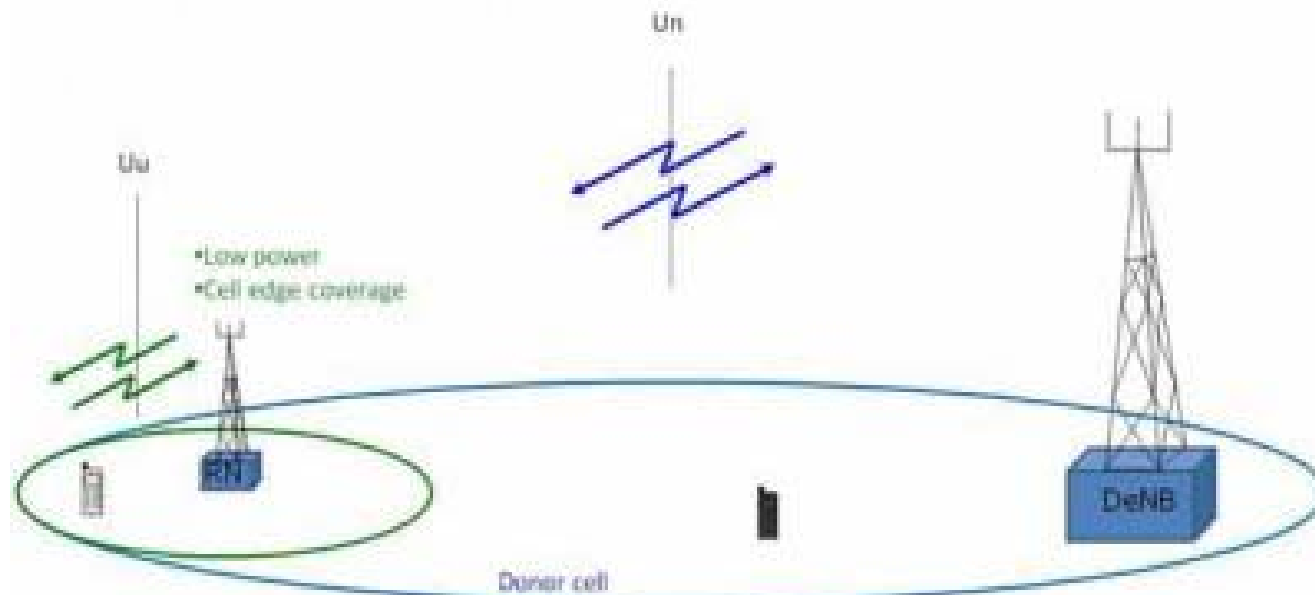


LTE Advanced

- **LTE-Advanced vise une haute capacité**
 - Haut débit, DL 3 Gbps, UL 1.5 Gbps
 - Augmentation du nombre de sous porteuse actives en même temps
- **Principales nouvelles fonctionnalités new functionalities**
 - Support des noeuds relais (Relay Nodes:RN).
 - Carrier Aggregation (CA),
 - Utilisation avancée des techniques multi-antennes

Advanced LTE - relay nodes

- Les noeuds relais sont des eNB à basse puissance qui vont améliorer la couverture et la capacité aux extrémité des cellules
 - Les ressources radio sont partagées entre les UEs servis par l'eNB et les noeud relais.
 - Quand l'Uu et l'Un utilise différents frequences, le noeud relais est appelé Type 1a RN, sinon il est appelé Type 1 RN

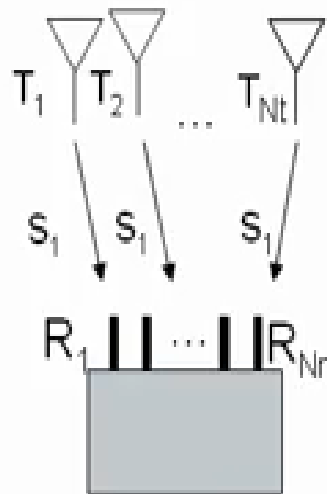


$f = f$, inband, type 1 Relay Node – risk for self interference

$f \neq f$, outband, type 1a Relay Node

MIMO: Introduction

gains to exploit from multiple antenna usage



I **Transmit diversity (TxD)**

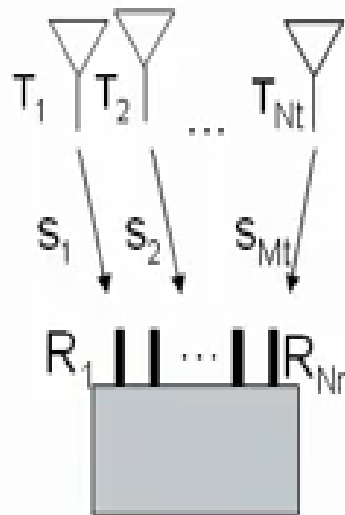
- I Combat fading
- I Replicas of the same signal sent on several Tx antennas
- I Get a higher SNR at the Rx

I **Spatial multiplexing (SM)**

- I Different data streams sent simultaneously on different antennas
- I Higher data rate
- I No diversity gain
- I Limitation due to path correlation

MIMO: Introduction

gains to exploit from multiple antenna usage



I **Transmit diversity (TxD)**

- I Combat fading
- I Replicas of the same signal sent on several Tx antennas
- I Get a higher SNR at the Rx

I **Spatial multiplexing (SM)**

- I Different data streams sent simultaneously on different antennas
- I Higher data rate
- I No diversity gain
- I Limitation due to path correlation

LTE MIMO

downlink modes

I **Transmit diversity:**

- ❖ Space Frequency Block Coding (SFBC)
- ❖ Increasing robustness of transmission

I **Spatial multiplexing:**

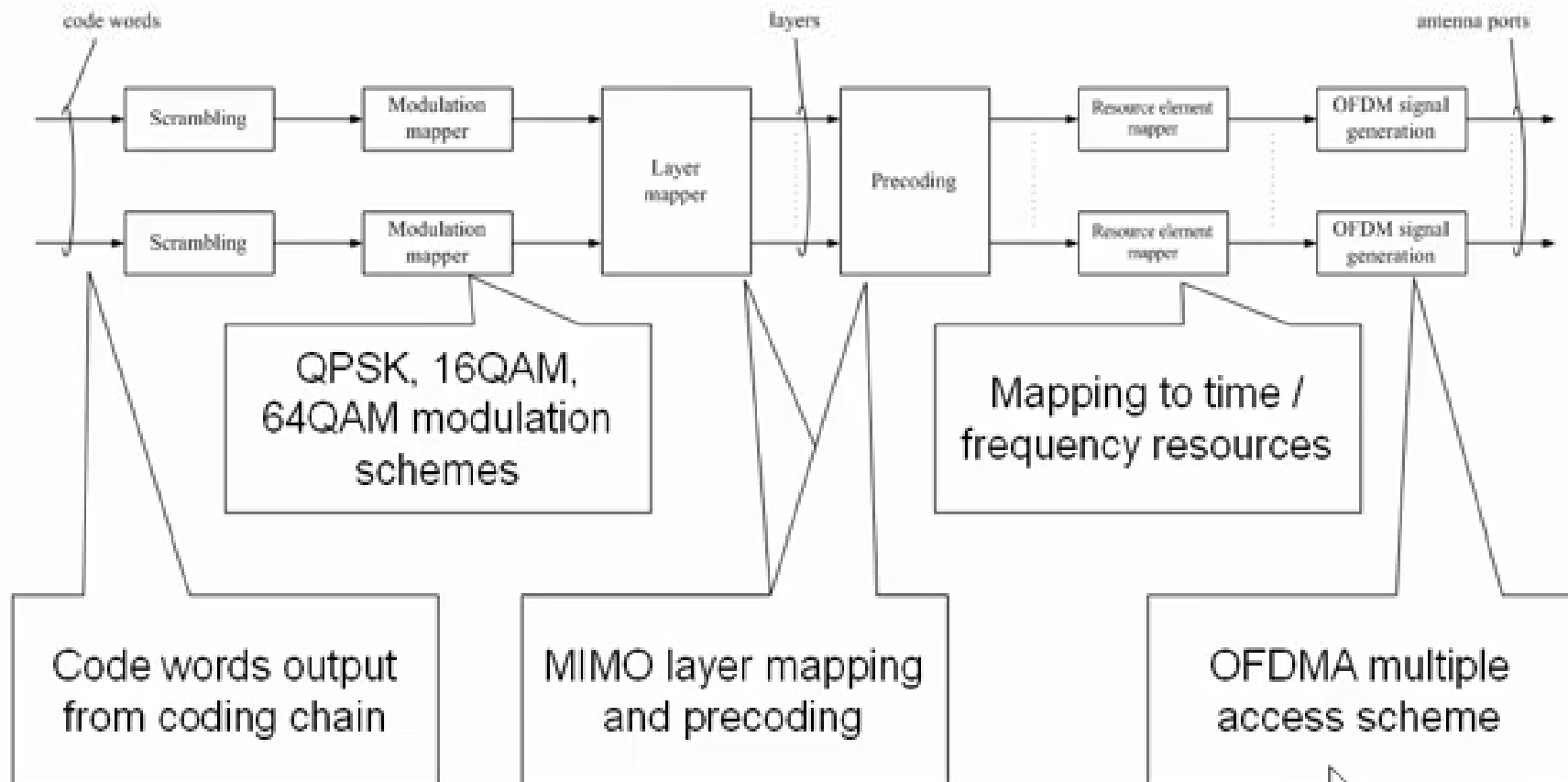
- ❖ Transmission of different data streams simultaneously over multiple spatial layers
- ❖ Codebook based precoding
- ❖ Open loop mode for high mobile speeds possible

I **Cyclic delay diversity (CDD):**

- ❖ Addition of antenna specific cyclic shifts
- ❖ Results in additional multipath / increased frequency diversity

LTE MIMO

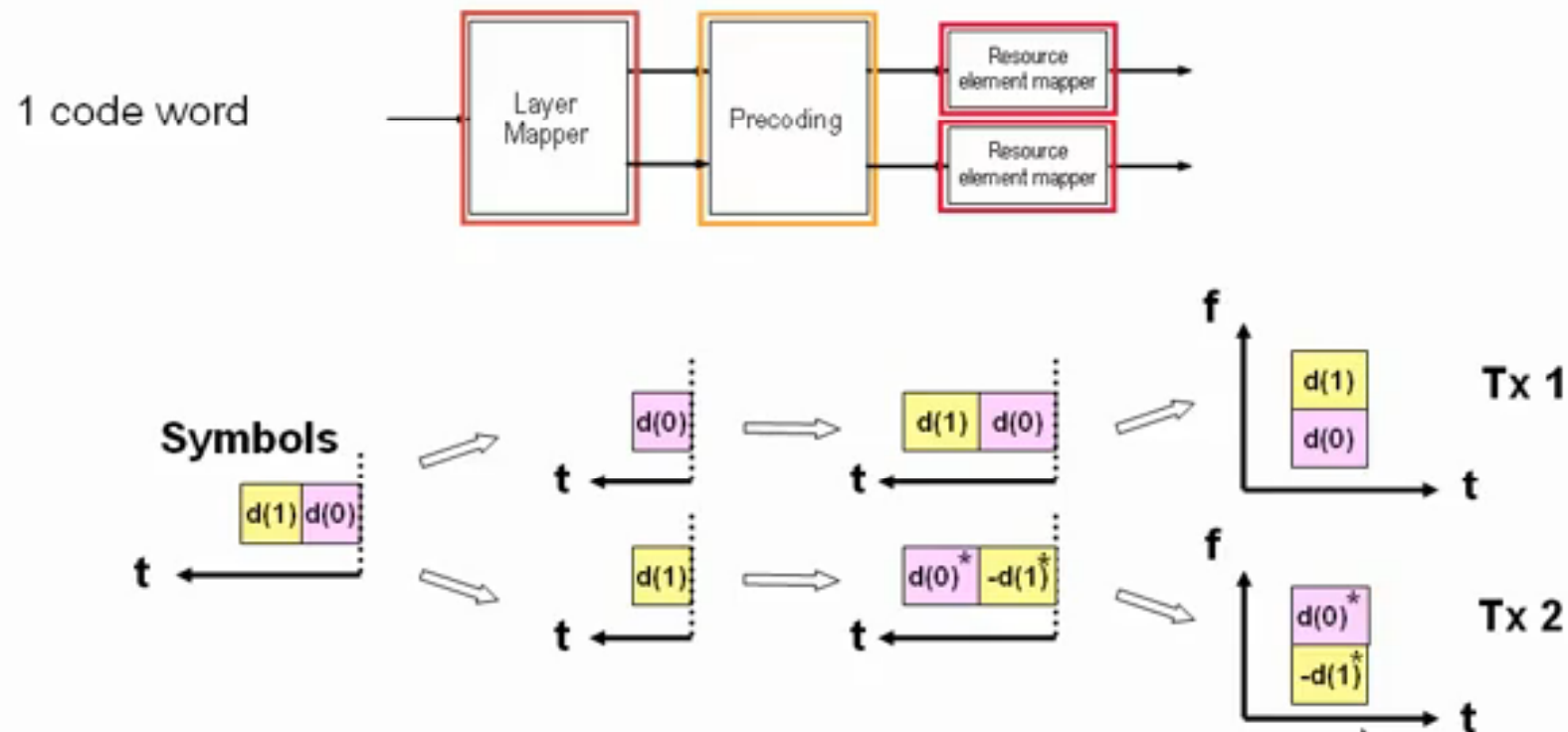
LTE downlink transmitter chain



LTE MIMO

Downlink transmit diversity

Space-Frequency Block Coding (2 Tx antenna case)



LTE MIMO

Downlink spatial multiplexing codebook based precoding

- The signal is “pre-coded” (i.e. multiplied with a precoding matrix) at eNodeB side before transmission**

Codebook of precoding matrices for 2x2 MIMO:

Codebook index	Number of layers ν	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-



Regular UE feedback:

PMI = Precoding Matrix Indicator

RI = Rank Indication

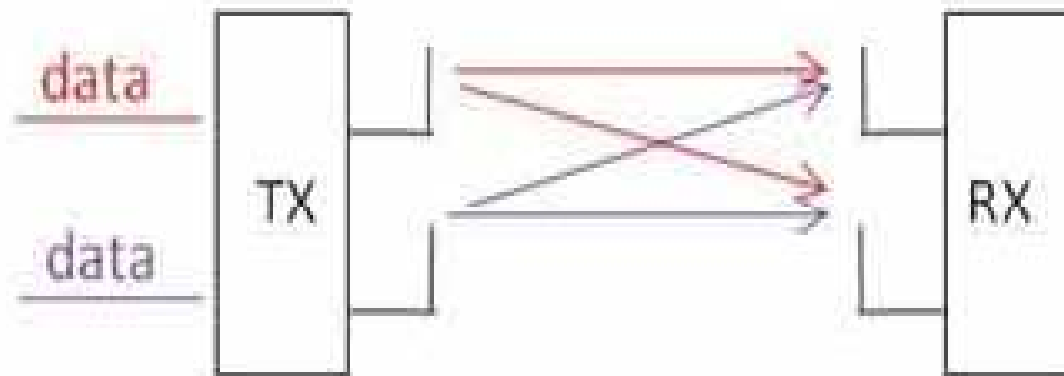
CQI = Channel Quality Indication

- Optimum precoding matrix is selected from predefined “codebook” known at eNode B and UE side**
- Selection is based on UE feedback**

Advanced LTE - multi antenna techniques

- MIMO (Multiple Input Multiple Output)
 - used to increase the overall bitrate through transmission of two (or more) different data streams on two (or more) different antennas - **using the same resources in both frequency and time**, separated only through use of different reference signals - to be received by two or more antennas.

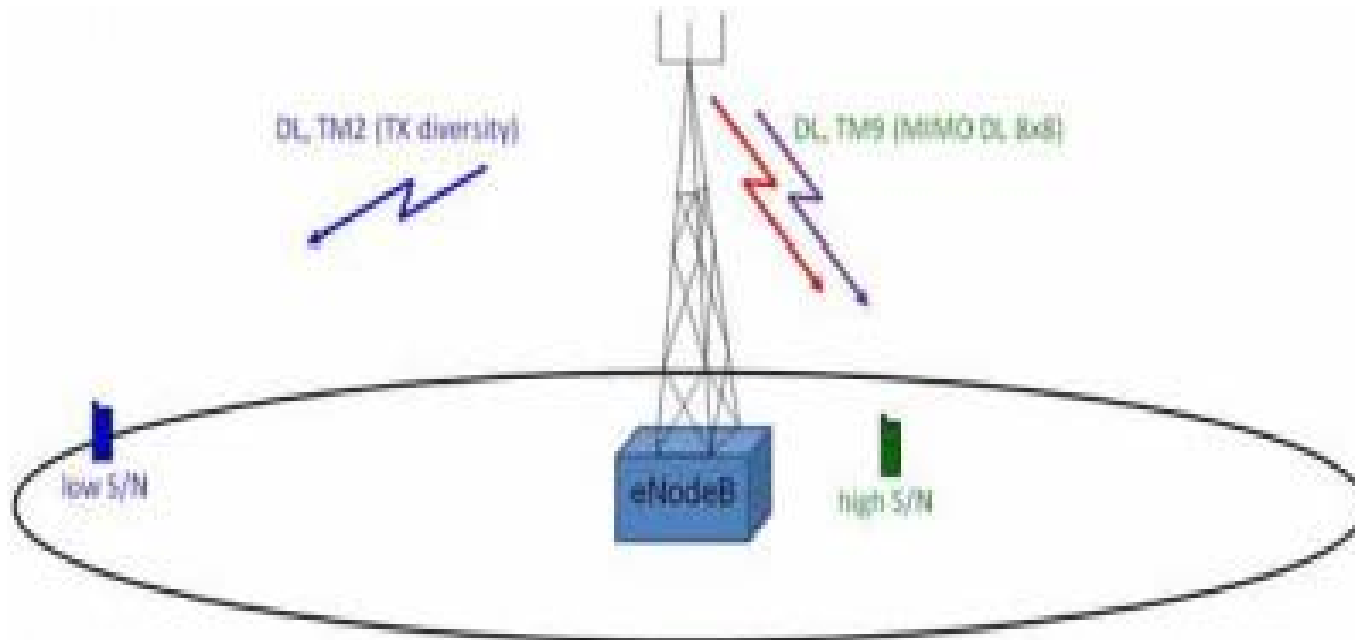
MIMO – Spatial Multiplexing (2x2)



Advanced LTE - multi antenna techniques

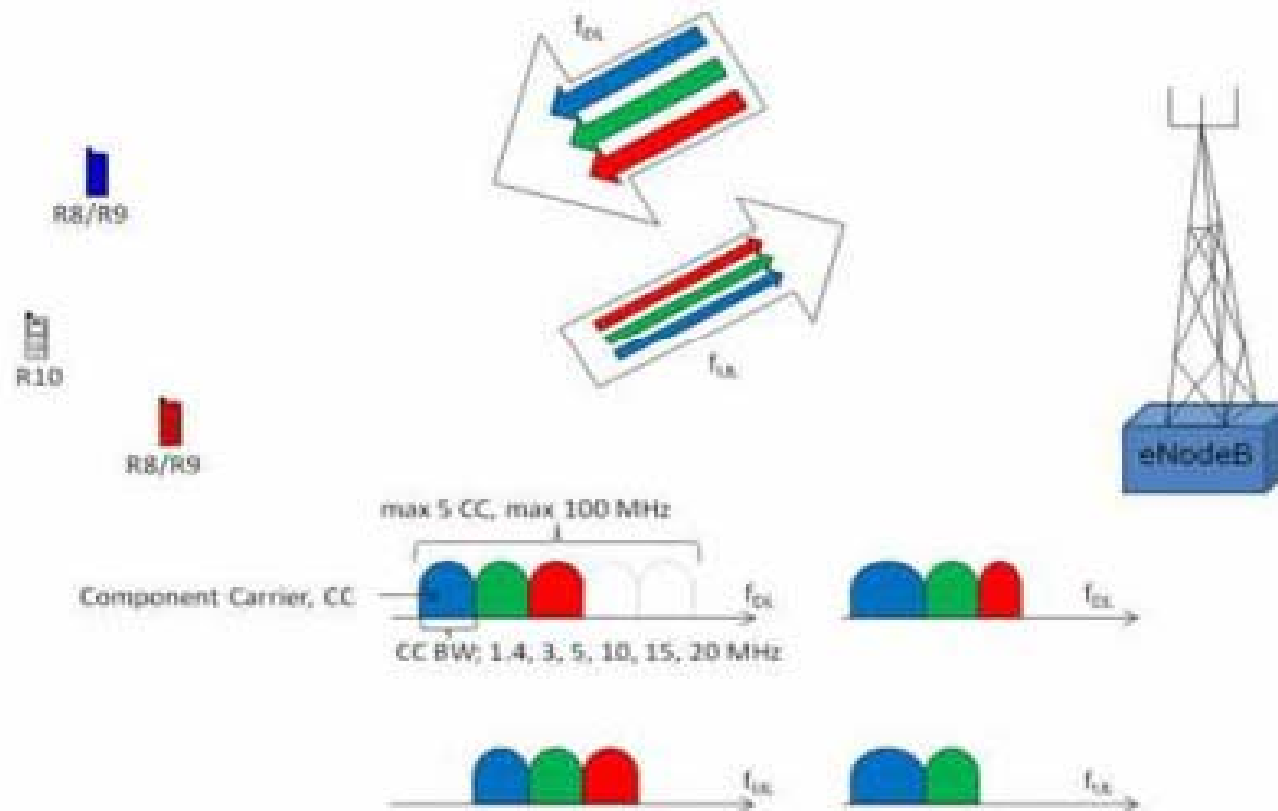
■ MIMO in LTE advanced

- introduction of higher order MIMO;
 - 8x8 in the DL and
 - 4x4 in the UL.
- MIMO is recommended for high S/N (TX diversity is preferably used for low S/N scenarios)

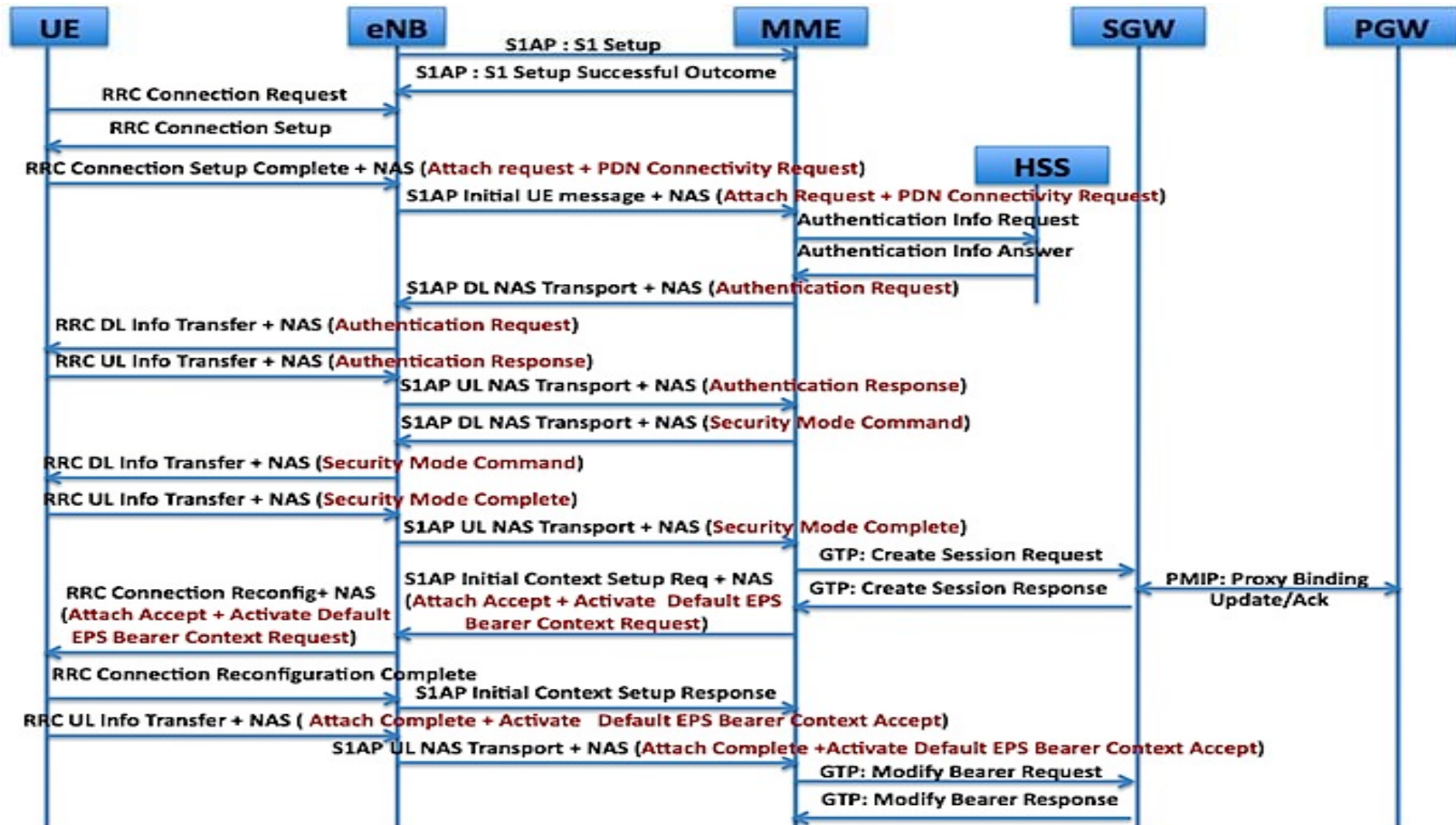


Carrier Aggregation

- Carrier aggregation → bandwidth increase
 - Aggregation of R8/R9 carriers to keep compatibility (for r10) with R8/R9 mobiles
 - Each aggregated carrier can have a bandwidth of 1.4, 3, 5, 10, 15 or 20 MHz
 - A maximum of five carriers can be aggregated → max bandwidth= 100 MHz



LTE Call Flow Diagram



LTE MIMO uplink schemes

- I **Uplink transmit antenna selection:**
 - I 1 RF chain, 2 TX antennas at UE side
 - I Closed loop selection of transmit antenna
 - I eNodeB signals antenna selection to UE
 - I Optional for UE to support
- I **Multi-user MIMO / collaborative MIMO:**
 - I Simultaneous transmission from 2 UEs on same time/frequency resource
 - I Each UE with single transmit antenna
 - I eNodeB selects UEs with close-to-orthogonal radio channels

