

Architecture Protocolaire LTE et Ordonnanceur "scheduler"

Module: Réseaux Cellulaires

Introduction:

Les strates représentent les procédures d'échanges d'information à la fois des informations de signalisations et des informations usagers entre l'UE et le cœur réseau

□ AS : Access Stratum

- La strate d'accès fait références aux protocoles relatifs à l'accès radio qui permettent de gérer l'échange d'information entre l'UE et le cœur réseau de l'opérateur.
- L'AS fait référence aux couches basses de la pile protocolaire OSI.

Introduction:

□ NAS : Non Acces Stratum

- Le NAS représente un ensemble de protocoles qui s'établit entre l'UE et le réseau coeur.
- Le NAS permet l'échange d'information de contrôle ou de données quelque soit l'accès radio.
- Le NAS s'appuie donc sur l'AS pour transporter ses données.
- les fonctionnalités du NAS sont indépendantes de la couches d'accès, donc de l'accès radio et par conséquent le NAS permet l'échange d'information de signalisation entre l'UE et le MME.

Introduction:

□ Les rôles de l'AS

La strate d'accès regroupe donc les couches basses : RRC, PDCP, RLC, MAC et Physique.

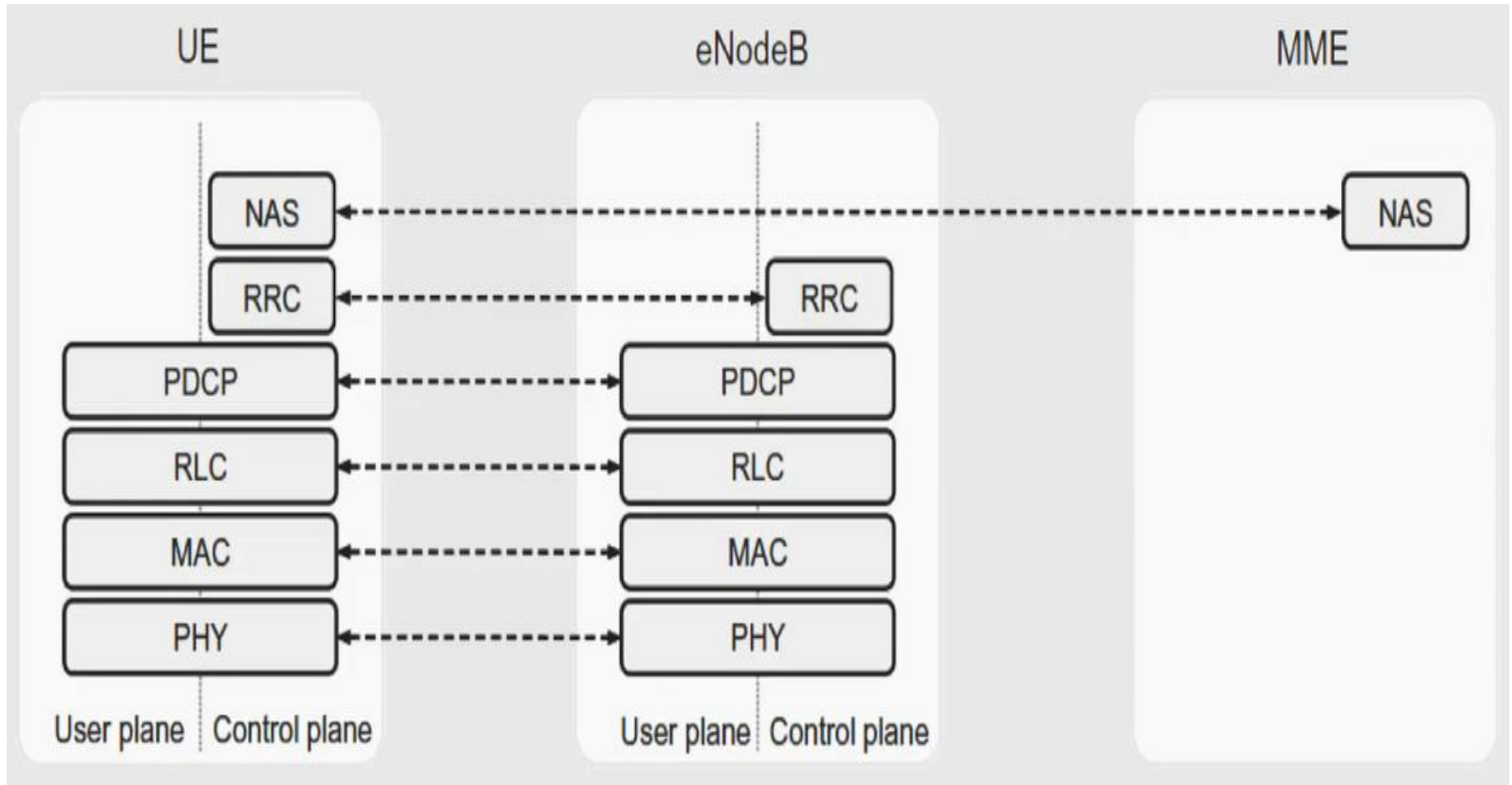
Les messages NAS, entre l'UE et le Nb ou eNb sont encapsulés dans les messages RRC.

□ Le NAS a pour rôle de permettre :

- l'enregistrement de l'UE au réseau
- l'authentification de l'UE
- la mise à jour de la localisation
- la gestion des appels.

Architecture globale des couches RAN:

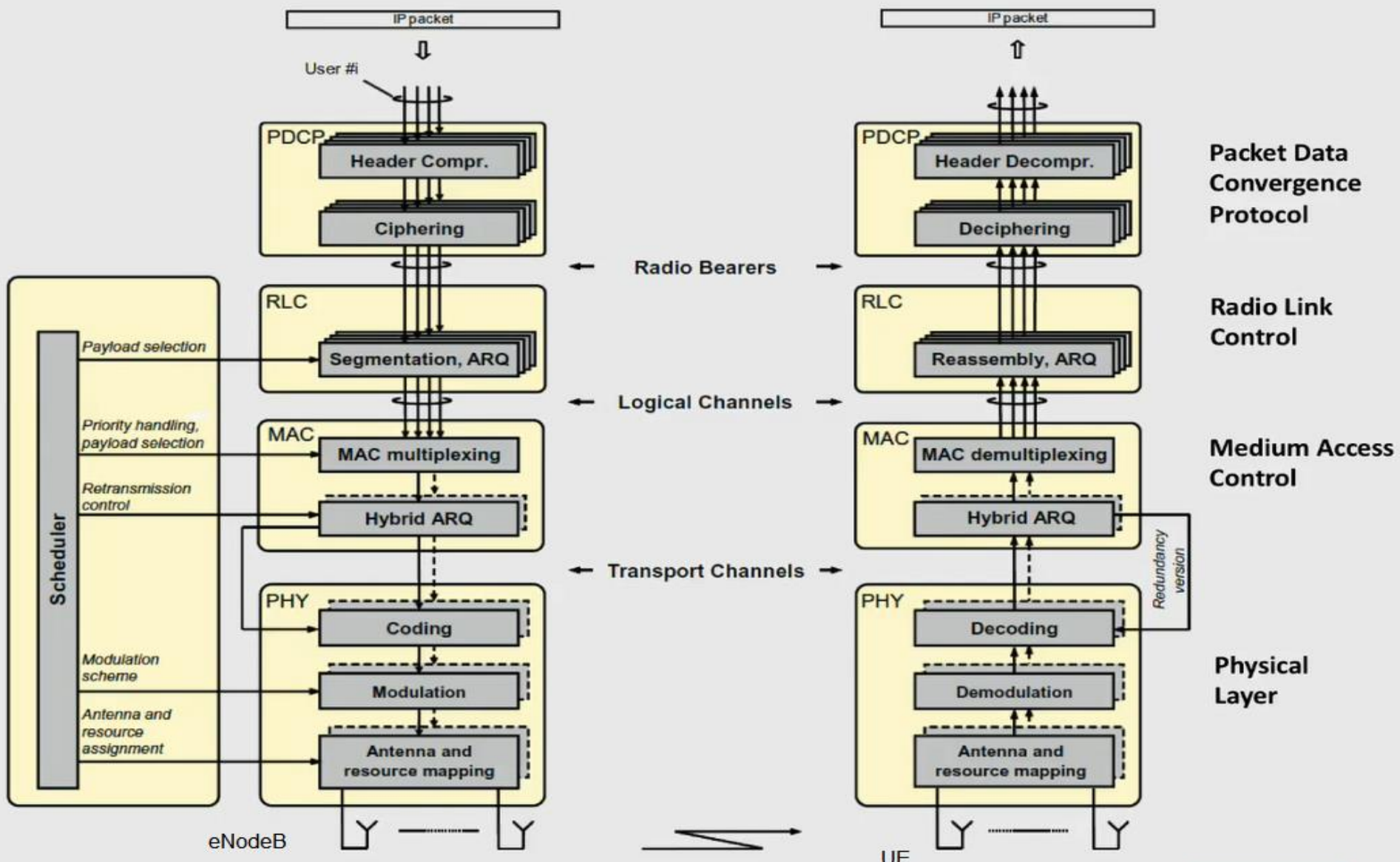
- ❑ Les couches RAN du plan usager et du plan contrôle:



Couche RRC

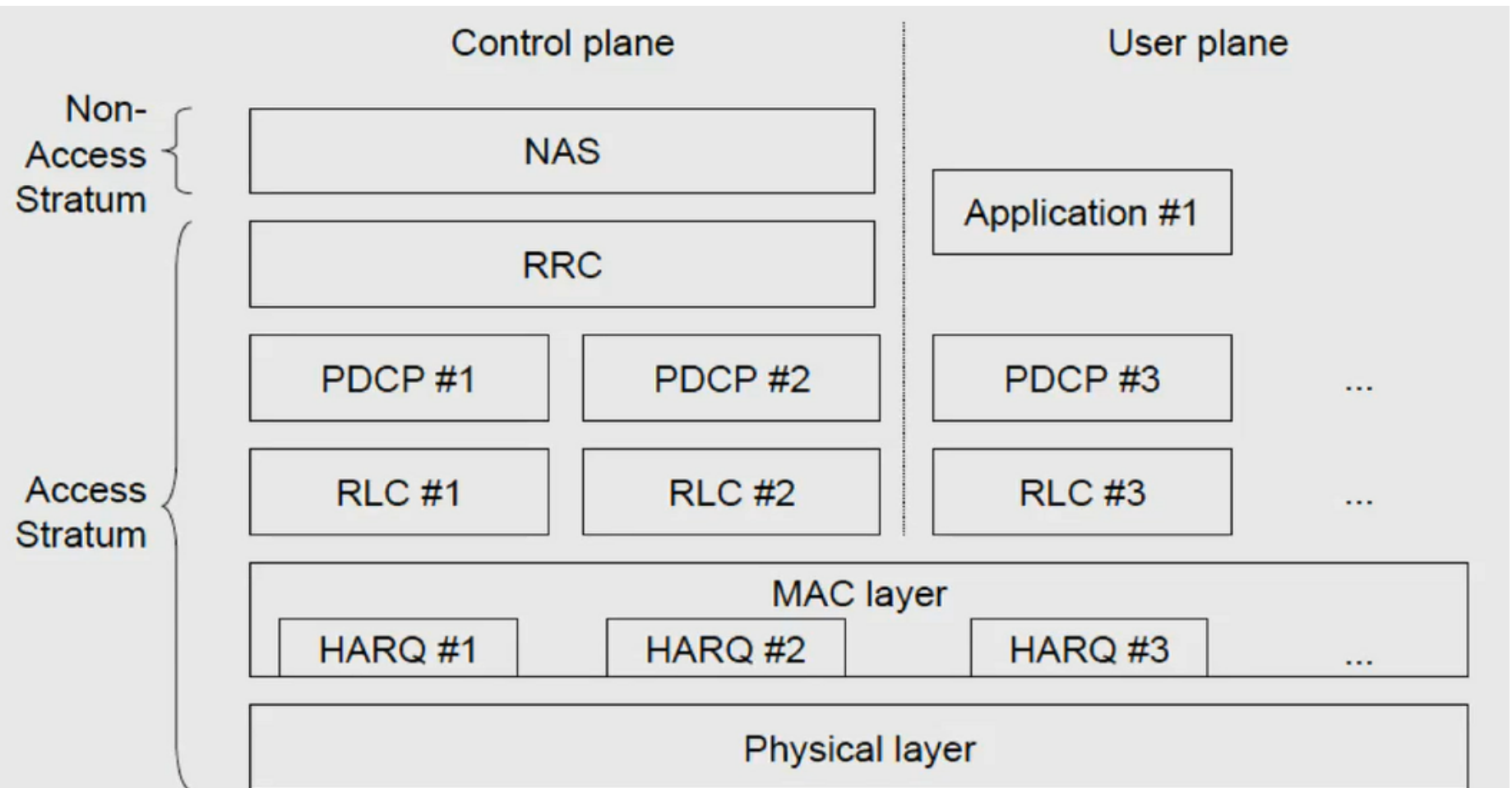
- ❑ le protocole RRC permet à l'UE et à l'eNb d'échanger de la signalisation appelé: messages RRC.
- ❑ Le protocole RRC a pour but de transférer les informations de signalisation entre l'UE et la station de base.
- ❑ Remarque : Bien différencier entre les protocoles et les interfaces.
Exemple: L'interface S1-MME et le protocole S1-AP.(eNB –MME)
- ❑ Pour le LTE, les protocoles se nomment:
 - ESM : EPS Session Management
 - EMM : EPS Mobility Management.

Fonctionnalités des couches RAN en LTE:



Pile Protocolaire RAN en LTE :

□ Plusieurs sessions peuvent exister en parallèle sur la même couche



Couche PDCP

□ Fonctionnalités de la couche PDCP:

■ PDCP: Packet Data Convergence Protocol

- Une instance de PDCP pour chaque instance de RLC (sauf TM)

■ Compression d'entêtes

- ROHC: RObust Header Compression (protocole de l'IETF)
- Point à point => entêtes varient peu => compression possible
- résistance aux pertes de paquets (donc adapté à radio, surtout en RLC UM)

■ Prévention des pertes dues aux Handovers

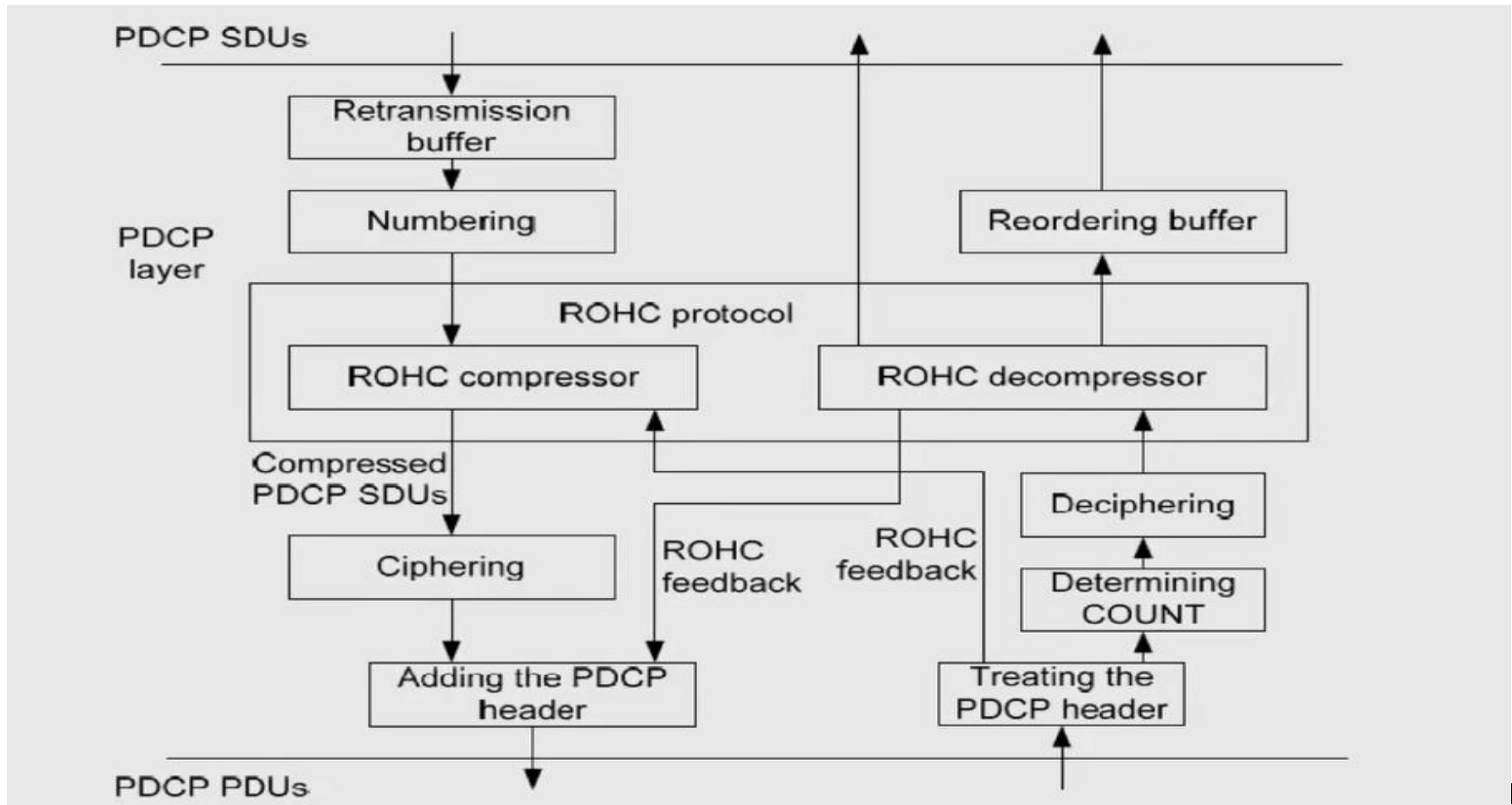
- Communication entre l'ancien et le nouvel eNB
- Synchronisation des paquets reçus, en attente d'ack, dé-séquencés...
- Perte / duplication de paquets (plan de données uniquement)
- Remise en séquence

■ Sécurisation

- Chiffrement
- Contrôle d'intégrité

Couche PDCP

La couche PDCP comprend deux opérations importantes:
Comp-Décompression et Cryptage/Decryptage de l'entête



Couche PDCP

☐ Fonctionnalités de la couche PDCP:

on a dit que les paquets RRC travail avec le mode TM mais dans ce slide indique qu'on peut trouver les msg RRC en mode AM et UM

	Plan de contrôle (RRC)		Plan de données (IP)	
	UM	AM	UM	AM
Compression entête (ROHC)	NON (pas IP)	NON (pas IP)	OUI	OUI
Prévention pertes (Handover)	NON	OUI	NON	OUI
Chiffrement	OUI (optionnel)	OUI (optionnel)	OUI (optionnel)	OUI (optionnel)
Contrôle d'intégrité	OUI	OUI	NON	NON

Couche RLC

□ Notion de QoS “Quality of Service”:

■ Limites de la couche MAC

- Arrêt des retransmissions au bout d'un certain temps
- Dé-séquencement des messages
- Pas de segmentation

■ Qualité de service

- Les applications ont des besoins variables
- La QoS propose différents compromis en termes de latence, fiabilité et remise en séquence

■ Couche RLC (Radio Link Control) propose des services optionnels

- Fiabilisation par un nouvel étage de re-transmission
- Remise en séquence
- Segmentation

Couche RLC

☐ Trois modes de fonctionnement existent en RLC:

■ Mode Transparent (TM: Transparent Mode)

- Aucune intervention (à part bufferisation)
- Pas de segmentation => messages courts
- Transport de messages courts de signalisation (RRC)

■ Mode non acquitté (UM: Unacknowledge Mode)

- Re-séquencement des blocs reçus
- Segmentation et concaténation suivant besoins de la couche MAC
- Latence faible mais peu fiable -> VoIP, vidéo temps réel...

■ Mode acquitté (AM: Acknowledge Mode)

- Comme UM plus:
- Ré-émission des paquets perdus avec redécoupage si nécessaire
- Fiabilité -> Web, emails, transfert de fichiers...

■ Plusieurs instances peuvent fonctionner en //

Le mode TM est utilisé en RRC.

Couche RLC

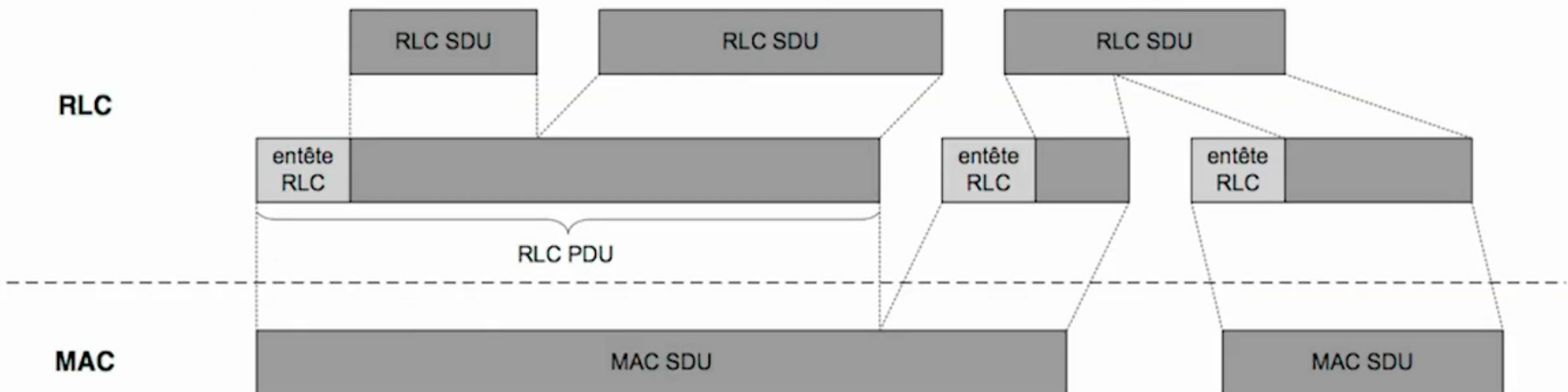
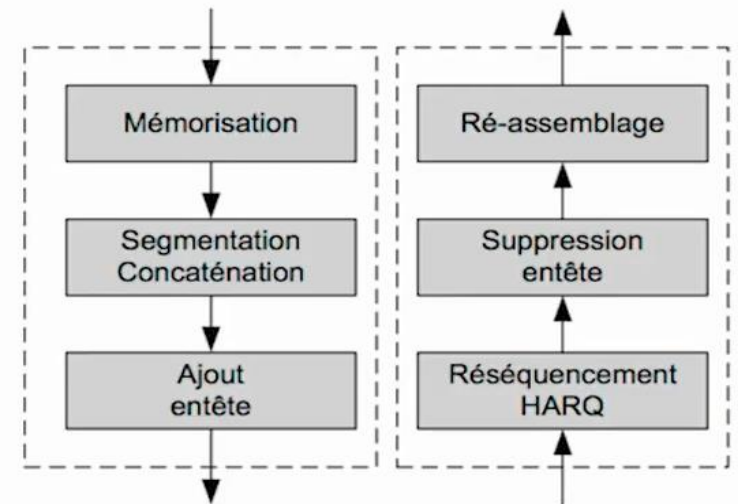
❑ Mode non Acquité (UM mode):

■ Segmentation / concaténation

- Ajustement à la taille du MAC-SDU

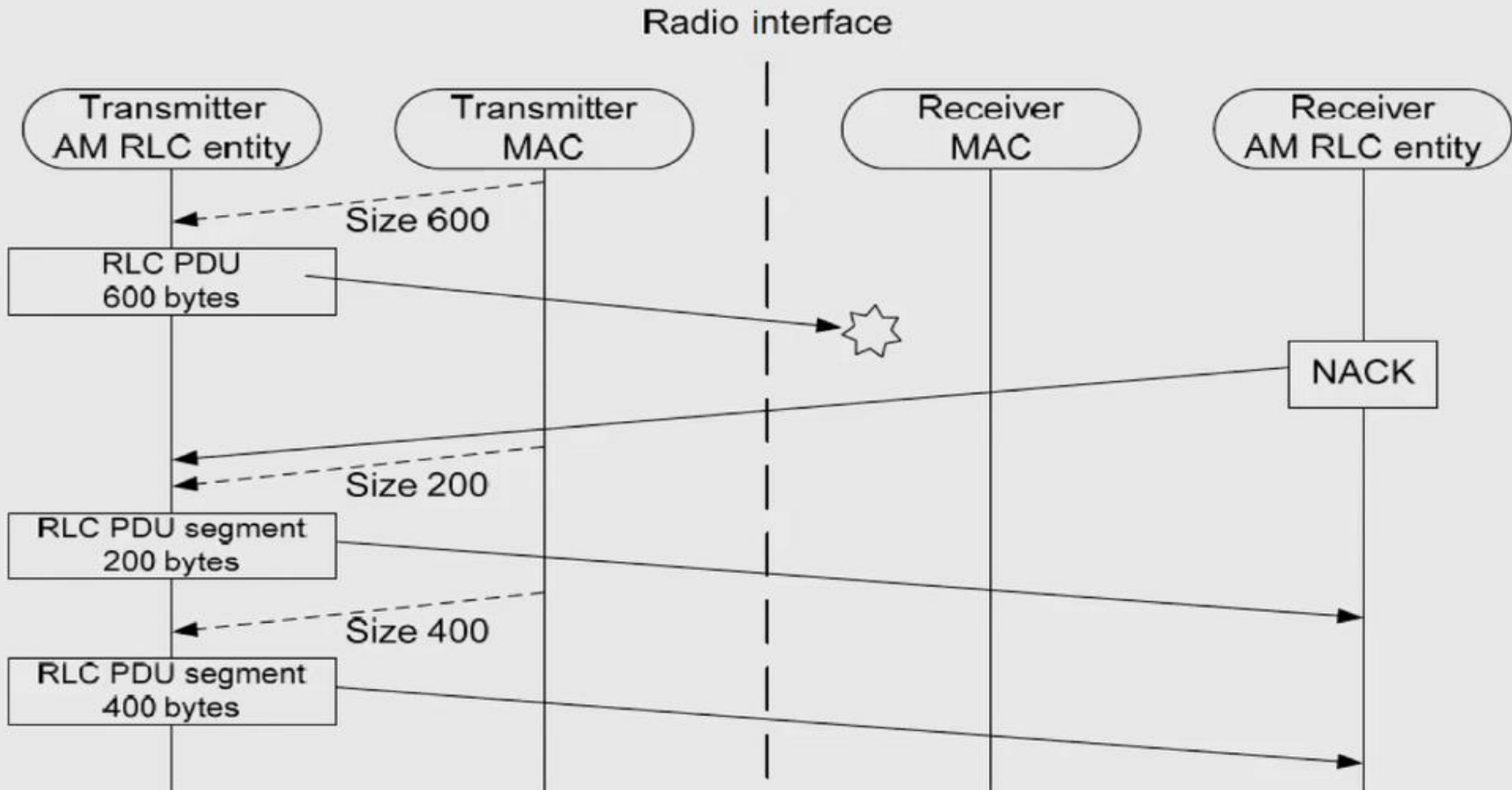
■ Entête

- Identification de la frontière des messages
- N° de séquence (pour re-séquencement)



Couche RLC

□ Re-segmentation de la couche RLC



Couche RLC

□ Mode Acquité (AM mode) :

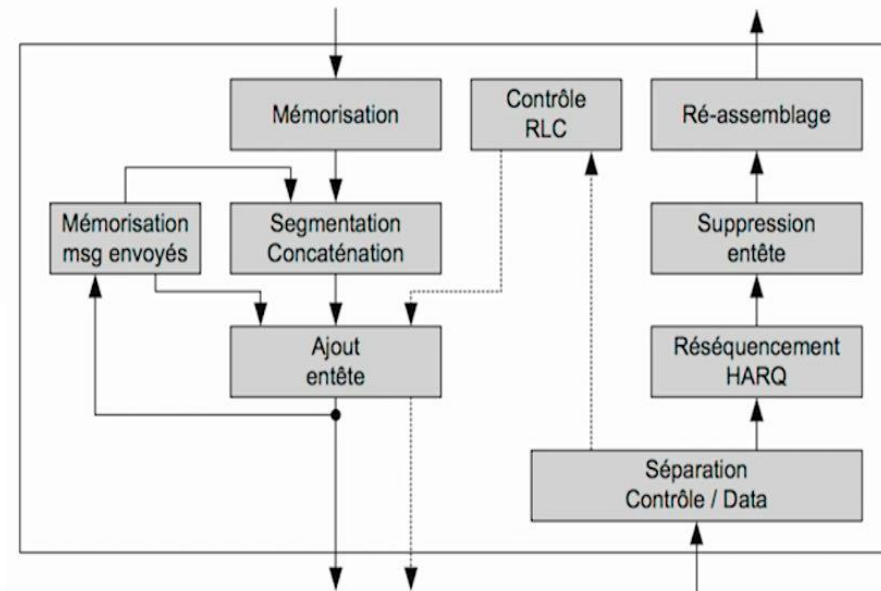
Même fonctions que UM plus: ➔

■ Réémission des données perdues

- Mémorisation des messages émis

■ Protocole

- L'émetteur demande le statut au destinataire (bit « pooling »)
- Réponse par message RLC (liste des PDU reçus/attendus)
- Libération de la mémoire (message reçus) ou réémission des messages perdus



Couche MAC:

□ Couche MAC intègre les blocs suivants:

(voir figure planche suivante)

➤ Bloc de contrôle principal

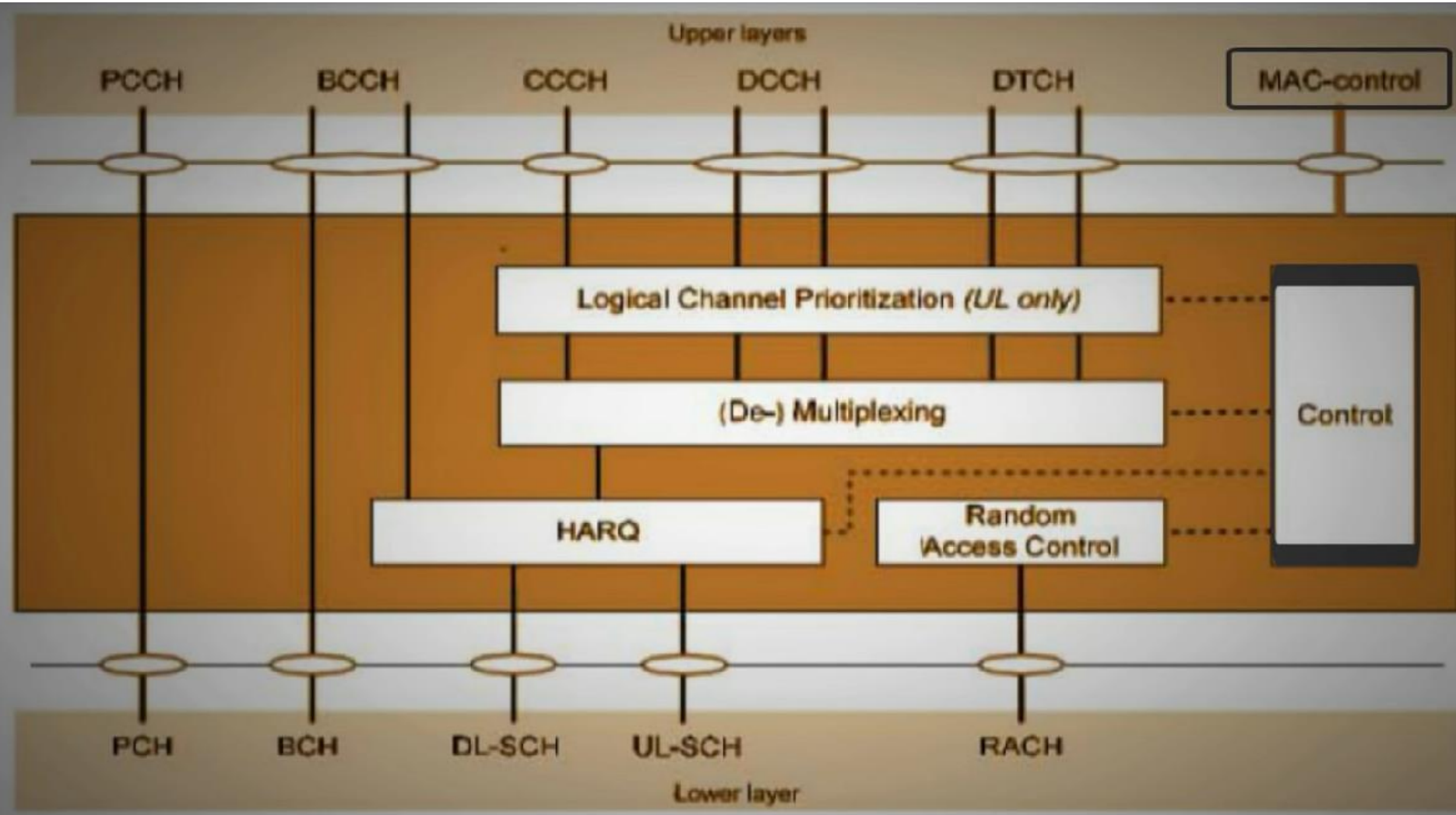
➤ Bloc Mux/De-Mux

➤ Bloc de priorisation des canaux logiques

➤ Bloc de Hybrid ARQ

➤ Bloc de RACH

Fonctionnalités de la couche MAC:



Fonctionnalités de la couche MAC:

1) MUX/DEMUX des canaux logiques

La couche MAC assure le mappage des canaux logiques aux canaux de transport.

2) Prioritisation des canaux logiques

La MAC est chargée de donner des priorités aux canaux logiques et de leur affecter les ressources.

3) Fiabilisation des données par le HARQ

Elle gère le HARQ qui consiste en la retransmission en cas d'échec (NACK: Negative Acknowledgement)

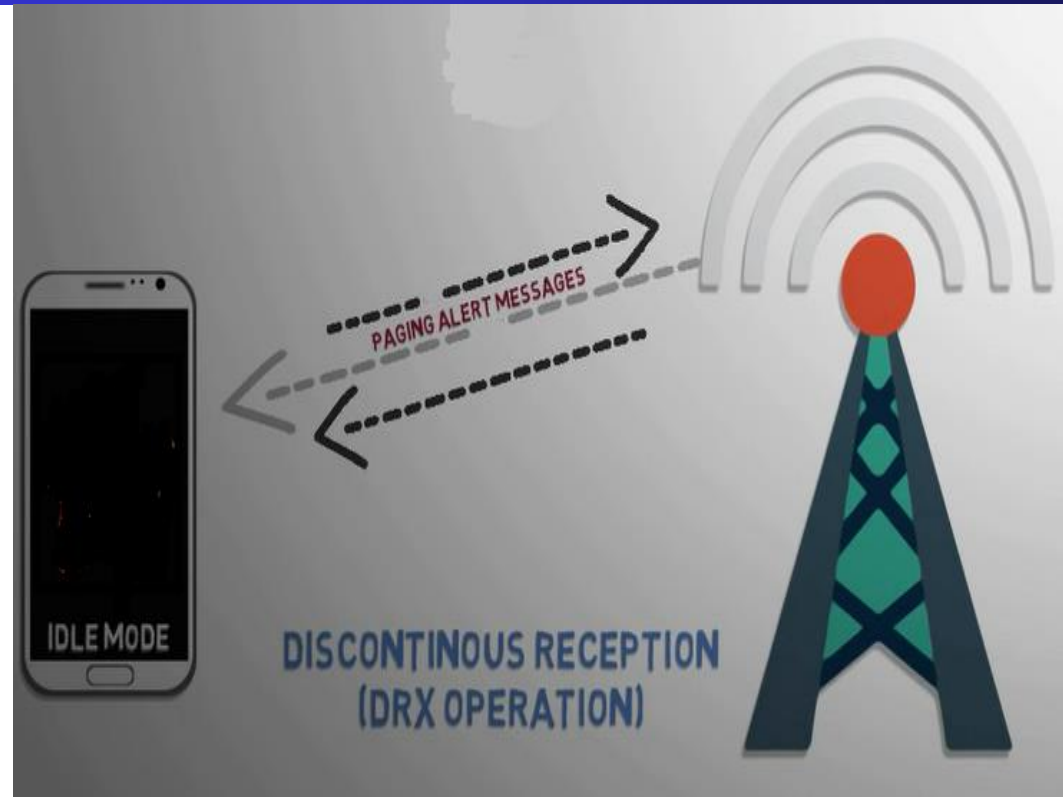
4) Contrôle le RACH « *Random Access Channel* »

Fonctionnalités de la couche MAC:

1. En plus, la couche MAC intègre un bloc de contrôle qui exécute les opérations suivantes:
 - ❑ Durant l'émission et la réception beaucoup d'énergie est consommée par l'UE pour cela il reste en mode veille (Idle mode).
 - ❑ L'UE se réveille à des instants bien précis pour recevoir des messages d'alerte de paging ceci est appelé réception discontinue en Anglais DRX : "*Discontinuous Reception Operation*"
 - ❑ Cette opération est gérée par la couche MAC.

Fonctionnalités de la couche MAC:

- ❑ Les signaux de paging sont transmis sur des intervalles fixes, basés sur une réception discontinue suivants (DRX Inactivity Timer)



Fonctionnalités de la couche MAC:

2. Alignement du timing de l'UE et rapport sur la Headroom power (puissance max).
3. la fonction importante de l'eNB est d'allouer dynamiquement les ressources aux UE de la cellule. Cette fonctionnalité est assurée par l'ordonnanceur "scheduler" Au niveau de la couche MAC.

Fonctionnalités de la couche MAC:

□ Multiplexage

■ **MAC-SDU (Service Data Unit)**

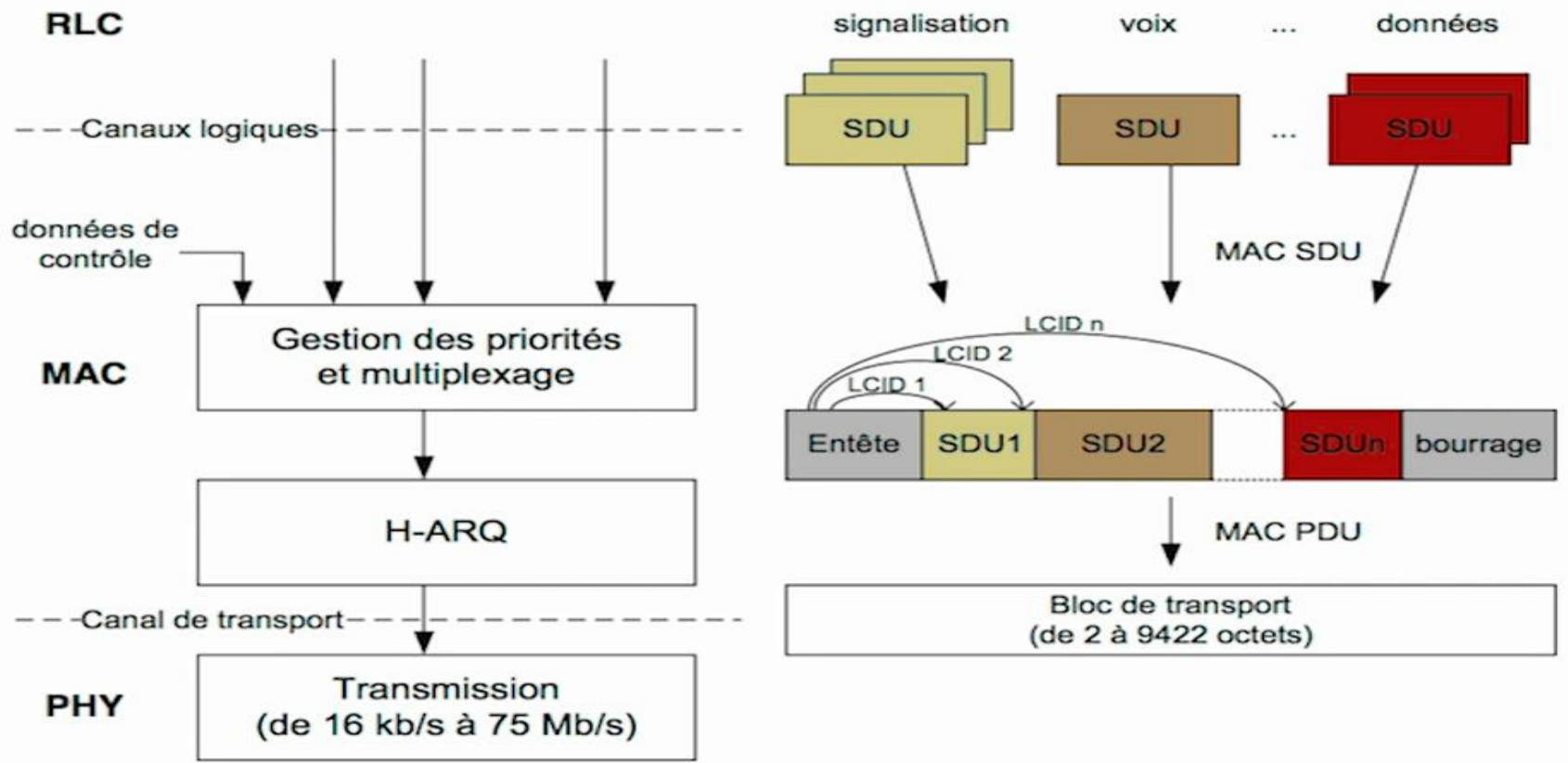
- Données à transmettre
- Provenant de la couche supérieure
- Plusieurs sources = « canaux logiques » (niveaux de QoS différents)

■ **MAC-PDU (Protocol Data Unit)**

- Sortie de la couche MAC
- => Transport Bloc

Fonctionnalités de la couche MAC:

□ Multiplexage



Fonctionnalités de la couche MAC:

□ HARQ Hybrid ARQ:

➤ Principe de base de l'ARQ *“Automatic Repeat Request”*

■ Détection des erreurs à la réception

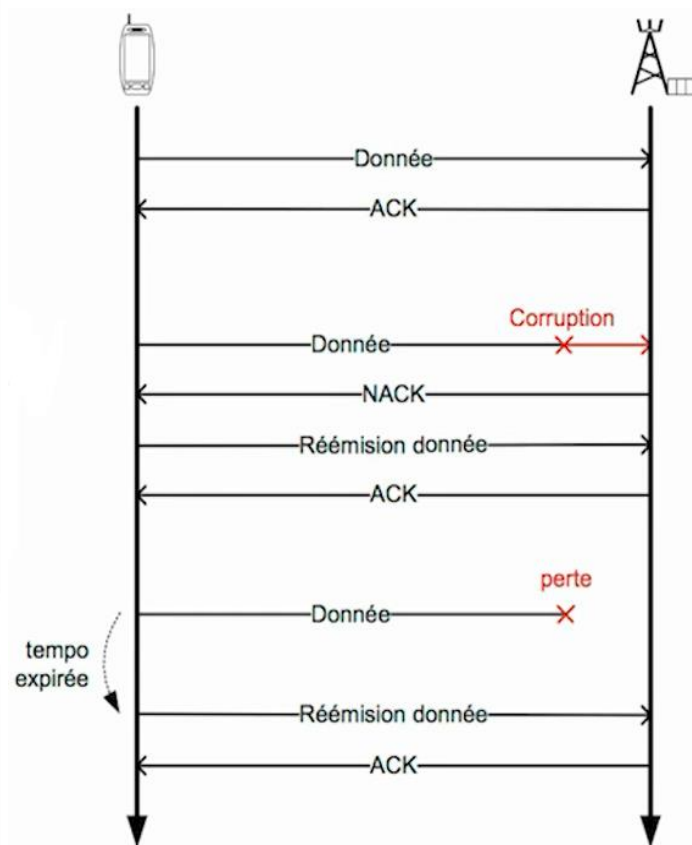
- Couche MAC (Media Access Control)
- Codes détecteurs d'erreur (CRC: Cyclic Redundancy Check)

■ Acquittement de type « Send and Wait ARQ »

- ARQ: Automatic Repeat reQuest
- Si donnée OK: retour d'un acquittement (ACK)
- Si donnée corrompue: émission d'un NonACK
- Si donnée perdue: pas d'ACK (info implicite)

■ Si problème de transmission

- Réémission
- Si trop de réémissions => abandon (aux couches supérieures)



Fonctionnalités de la couche MAC:

□ HARQ Hybrid ARQ:

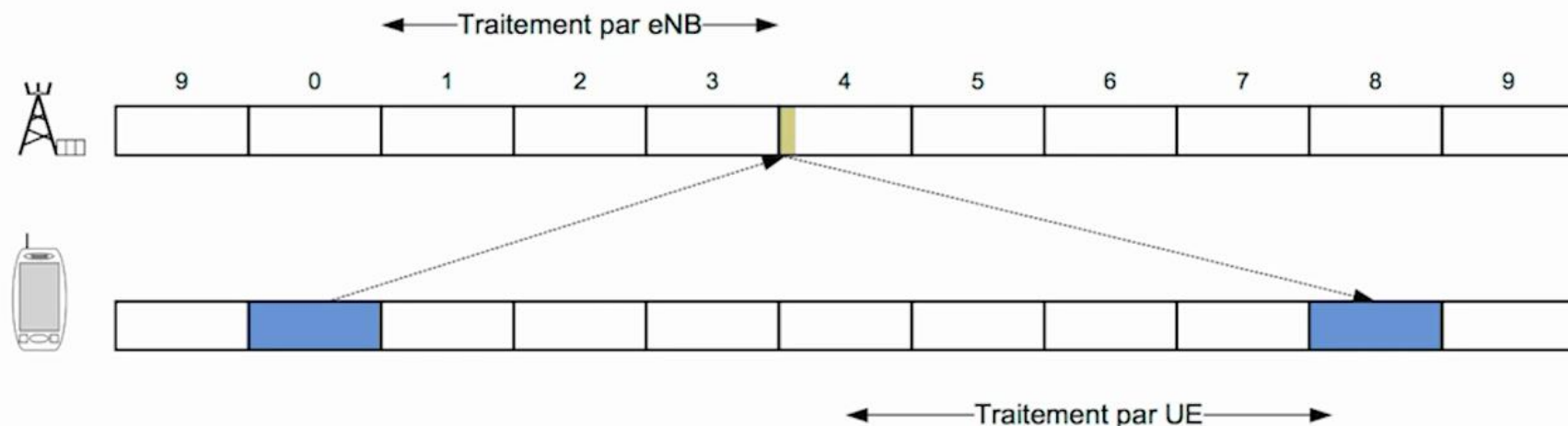
➤ Aquittements parallèles

■ Temps de traitement: 8 sous trames pour un cycle

- Donnée – ACK – Nouvelle donnée
- Donnée – NACK – Répétition

■ Délai fixe de 8ms (en FDD)

- 4 ms pour récepteur + 4 ms pour émetteur



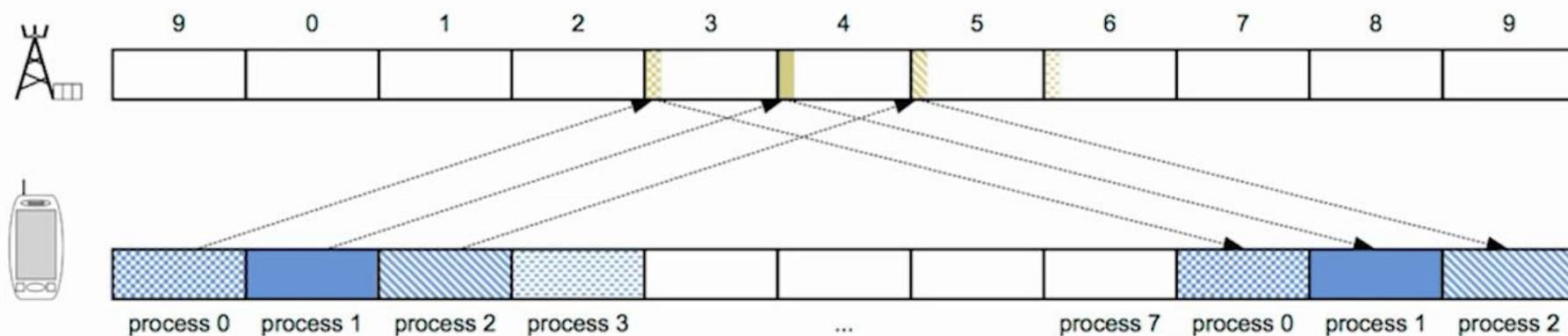
Fonctionnalités de la couche MAC:

□ HARQ Hybrid ARQ:

➤ Aquittements parallèles

■ Optimisation: « Send And Wait » parallélisé

- 8 cycles en parallèle
- Pour chaque couple eNB-UE



Fonctionnalités de la couche MAC:

□ HARQ Hybrid ARQ:

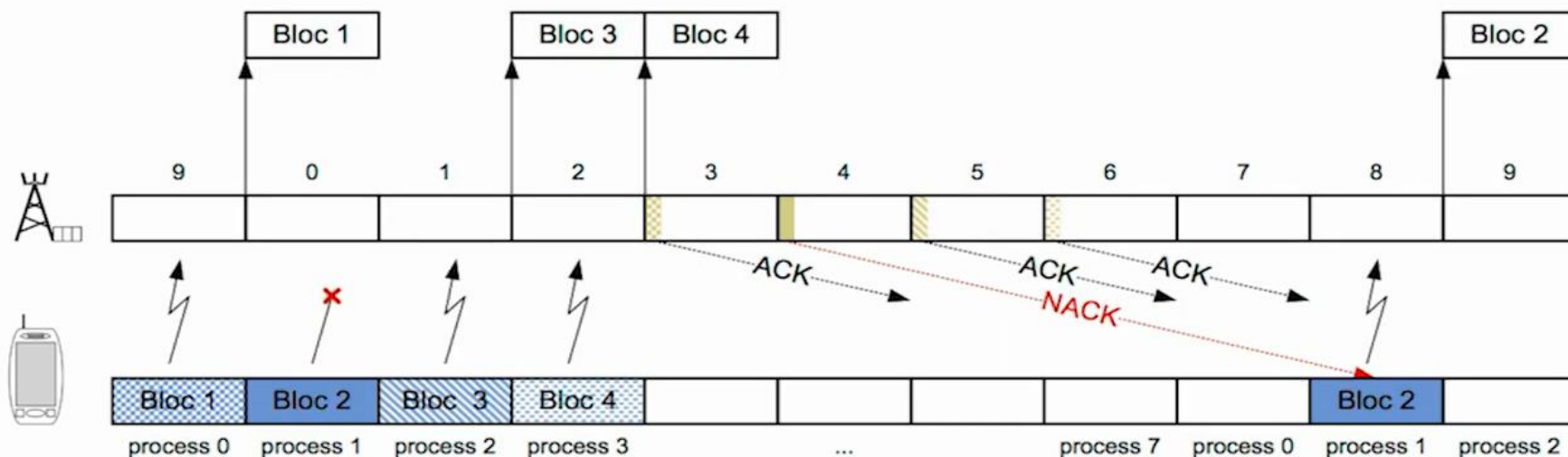
➤ Aquittements parallèles

■ Dé-séquencement

- Les pertes sont indépendantes sur chaque processus //

■ Numérotation des blocs de transport

- Assuré par le protocole de niveau supérieur: RLC

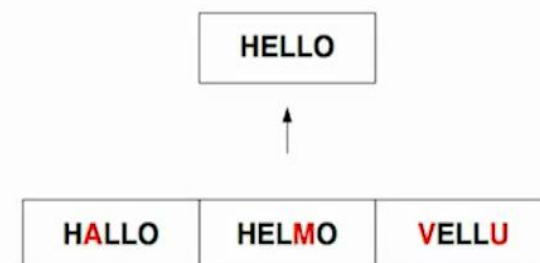
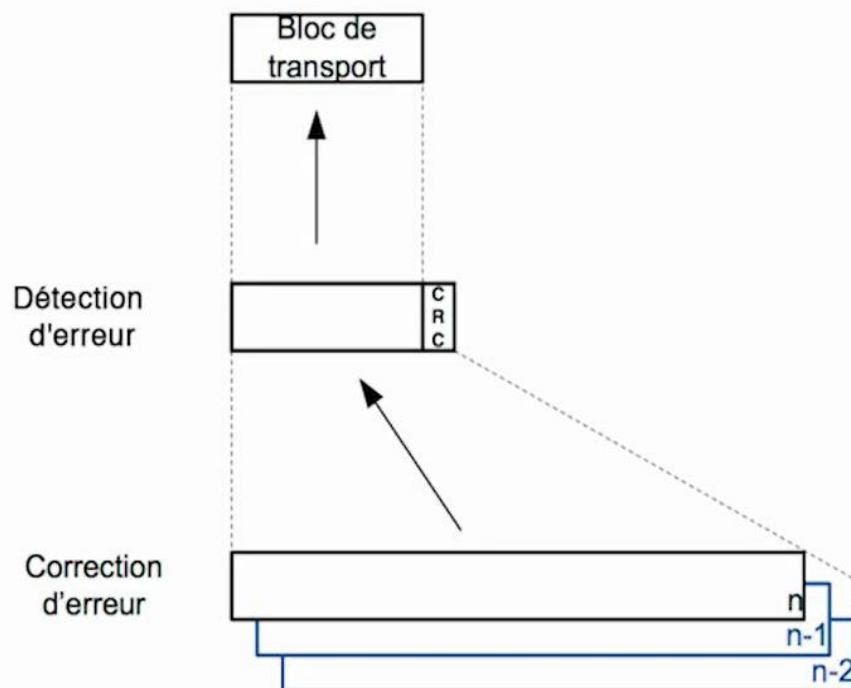


Fonctionnalités de la couche MAC:

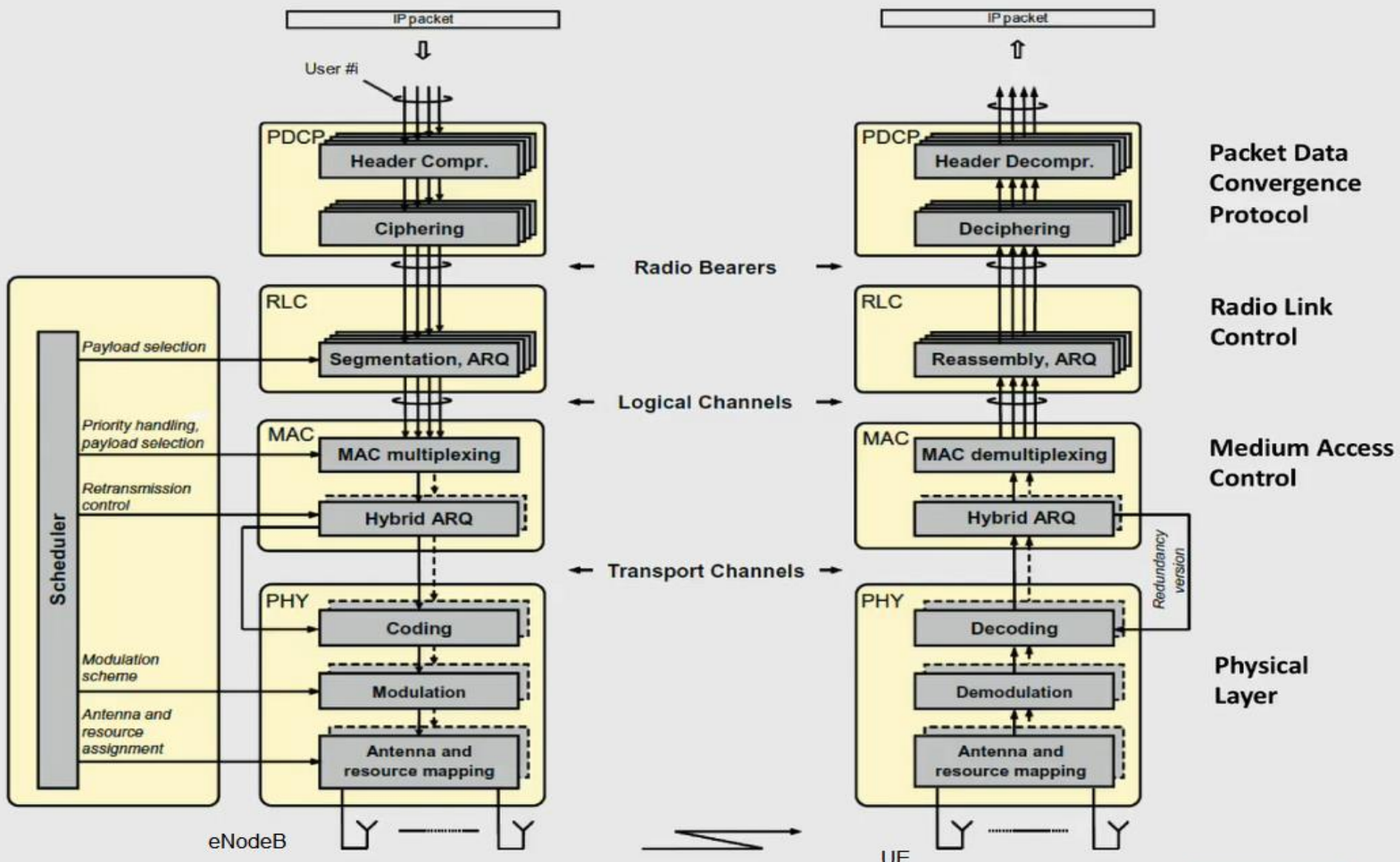
□ HARQ Hybrid ARQ:

■ Retransmission = Redondance

- Redondance augmente les performances de la correction d'erreur



Fonctionnalités des couches RAN en LTE:



Ordonnanceur “Scheduler”

□ Le scheduler est **“le cerveau de la LTE”**, il permet de contrôler les opérations des couche Physique, MAC et RLC. Il assure les fonctionnalités suivantes:

1. Au niveau RLC, Il permet une sélection physique c.à.d (Segmentation et ARQ)
2. Au niveau MAC, Il permet:
 - Contrôle de la retransmission HARQ
 - Mux/Demux de canaux logiques et la gestion de priorités
 - Décide dynamiquement sur le MCS

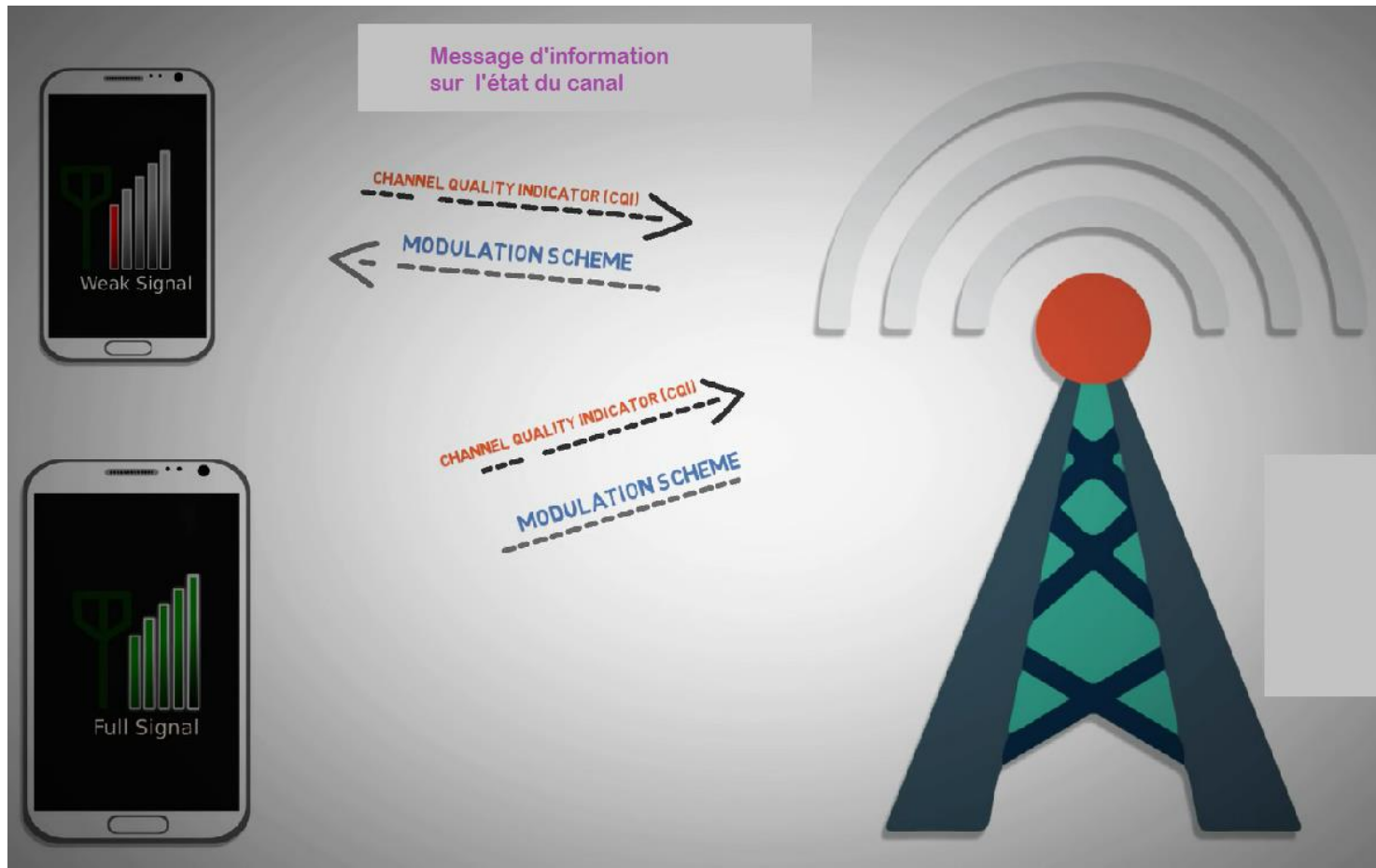
Ordonnanceur “Scheduler”

3. Au niveau physique, les opérations suivantes sont exécutées par la couche physique:
- Décider lequel des terminaux doit émettre.
 - Transmet en DL un ensemble de RB aux différents terminaux pour les données à transmettre.
 - Sélectionne la taille du bloc de transport .

Remarque: Le module ordonnanceur MAC ou “MAC scheduler” prend toutes les décisions et le reste suit en conséquence.

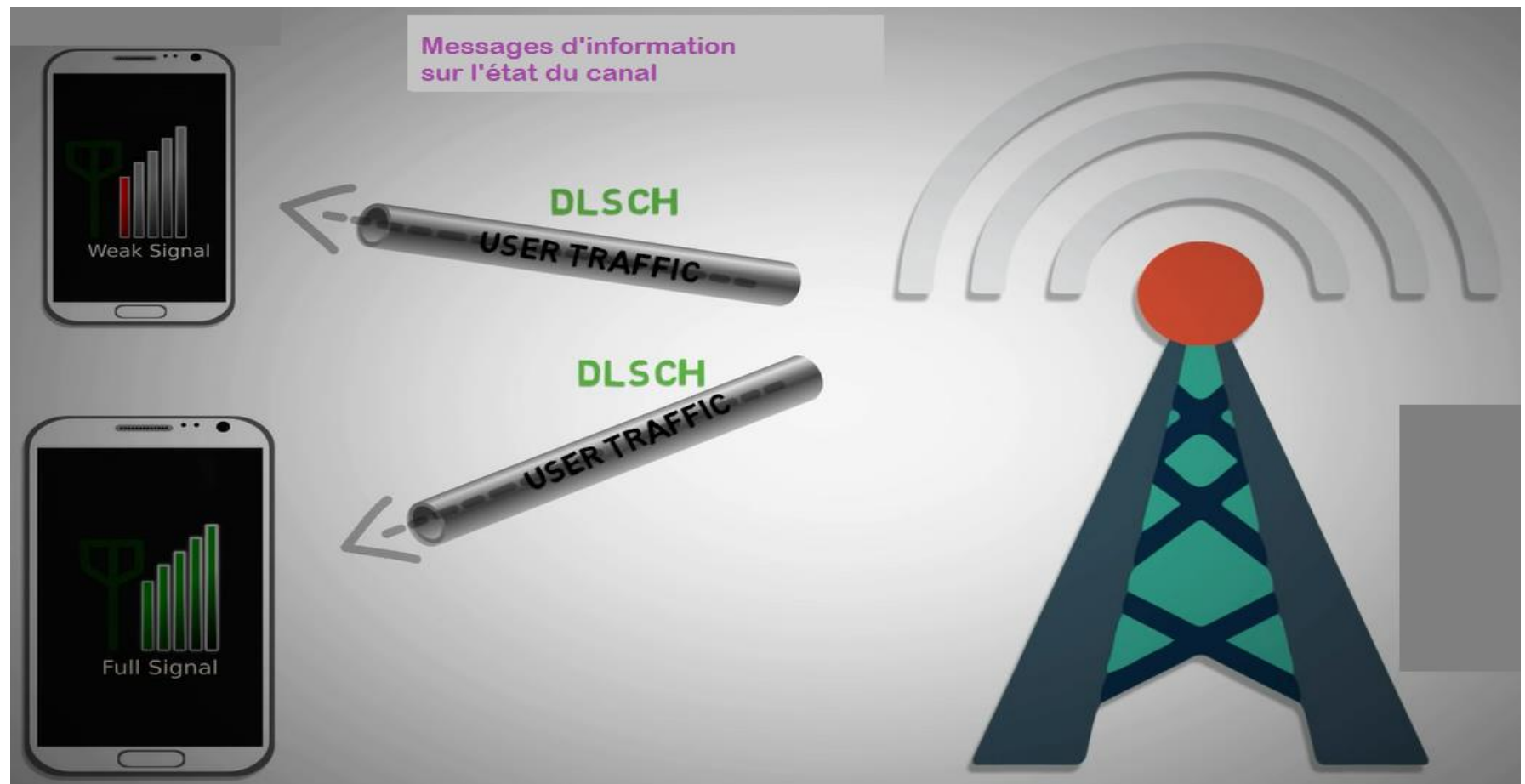
Décision sur le MCS :

Le scheduler décide dynamiquement sur le MCS après réception des informations sur l'état du canal CQI "*Cell Quality Indicator*"



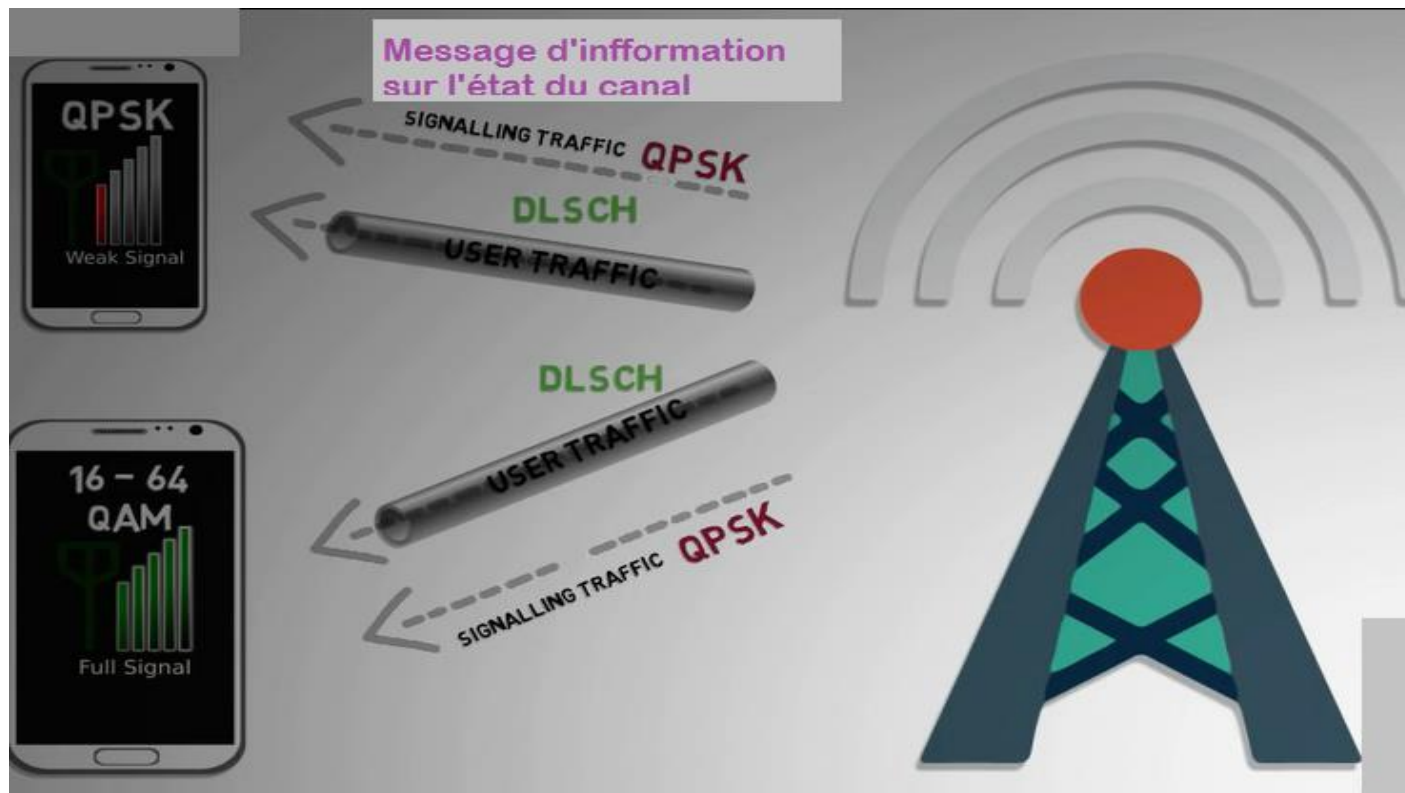
Décision sur le MCS :

- ❑ En DL, l'UE utilise le DL-SCH pour recevoir le MCS le type de modulation et codage à utiliser.



Décision sur le MCS :

- ❑ Une fois le MCS est connu par l'UE on lui attribue la modulation qui convient. Suivant le CQI indicateur de qualité du canal
- ❑ Pour la signalisation on lui attribue la modulation QPSK car elle est la plus robuste.



Ordonnancement “Scheduling”:

□ Principes généraux sur l’allocation:

■ L’allocation

- Est réalisée par l’eNB (en UL comme en DL)
- Quand un besoin de transmission se présente
- Des « canaux contrôle » sont réservés pour les échanges liés à l’allocation: par ex.: tables d’allocation (DL et UL), demandes d’émission...

■ Voie descendante (downlink = DL)

- Allocation dès que besoin de transmission

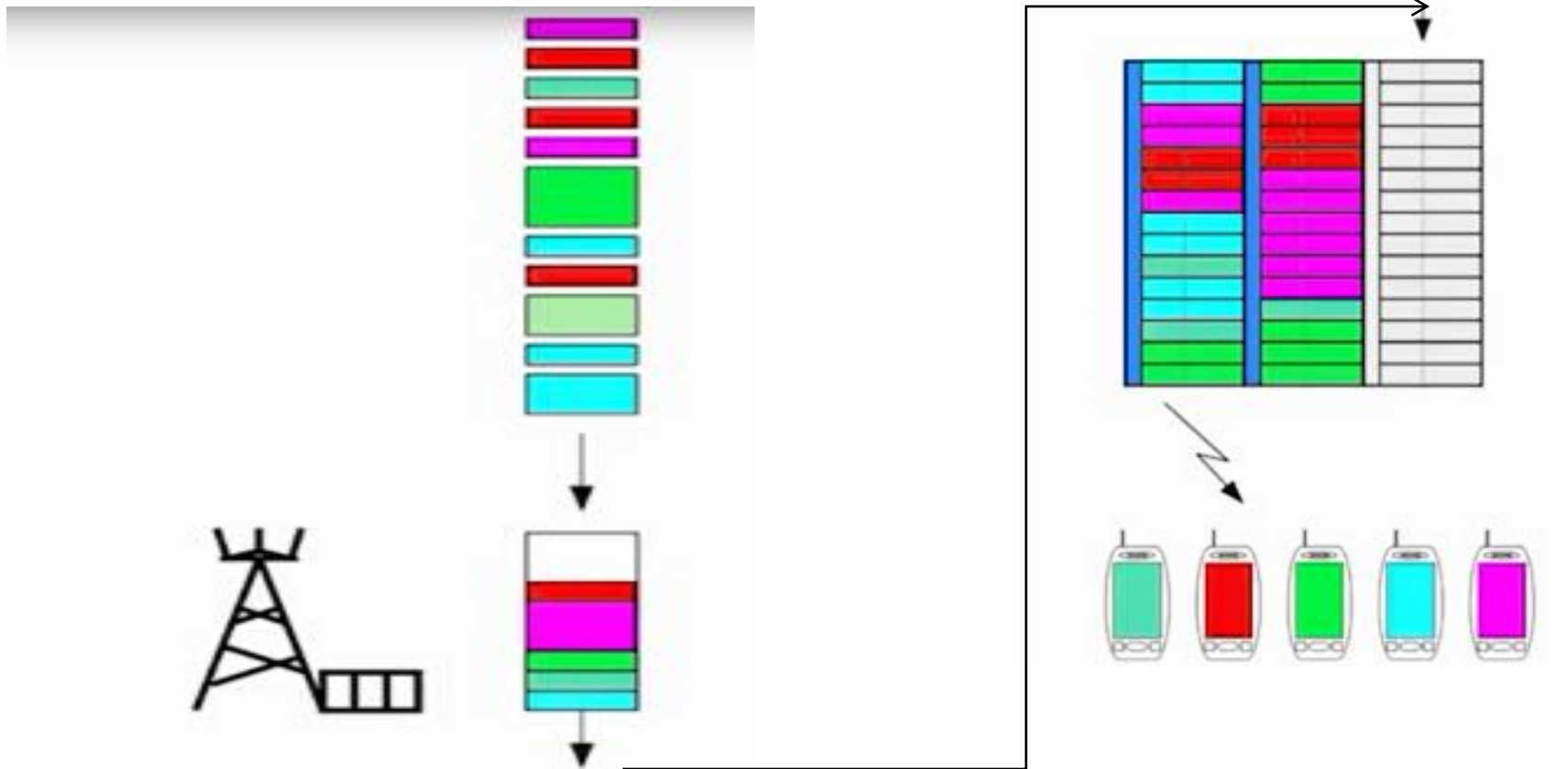
■ Voie montante (uplink = UL)

- Demande du mobile sur un canal dédié
- Allocation d’une ressource
- Transmission

■ L’eNB publie des tables d’allocation pour le DL et le UL

Ordonnancement "Scheduling":

❑ Opération de l'allocation des ressources réalisée par l'eNodeB:



Ordonnancement “Scheduling”:

□ Adressage des mobiles sur voie Radio/RNTI:

■ Besoin d’adressage

- Identification des terminaux destinataires
- Adresse courte car fréquemment utilisée

■ RNTI: Radio Network Temporary Identifier

- Permet d’identifier chaque mobile au sein d’une cellule donnée
- Alloué par l’eNB dès qu’un nouveau terminal arrive
- Unicité limitée à la cellule

■ Taille de 16 bits

- Codage entre 0x3D et 0xFFF3 (61 à 65523)
- Valeurs réservées pour broadcast, paging, accès aléatoire...

Ordonnancement "Scheduling":

Allocation sur voie DL

Allocation des ressources par l'eNB

- Pas forcément adjacentes

Identification courte des UE

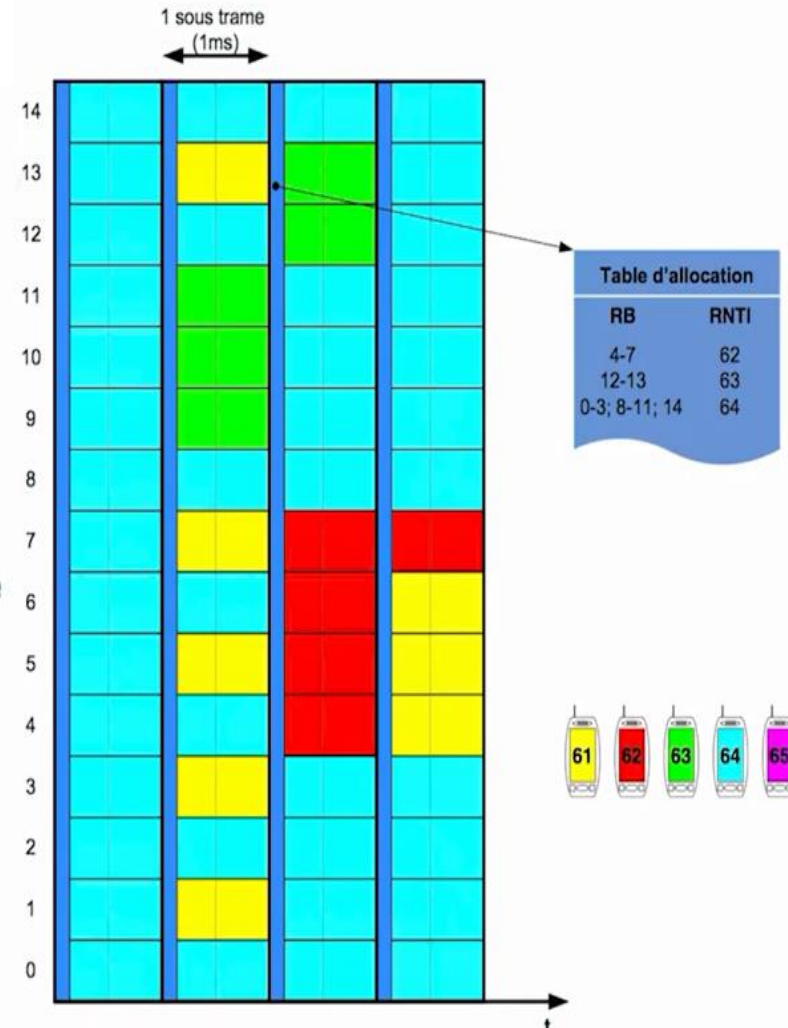
- RNTI: Radio Network Temporary Identifier
- Le RNTI ne fait pas partie du bloc de transport

Transmission de la table d'allocation

- Indique le destinataire de chaque RB de la sous trame
- Transmis au début de la sous trame (1 à 3 RE)
- DCI : Downlink Control Information
- Compromis: volume de signalisation / flexibilité

Décodage par les UE

- L'UE ne décode que ce qui le concerne
- => économie d'énergie (veille)



Ordonnancement “Scheduling”:

□ Allocation sur Voie UL:

■ Principe identique mais...

■ L'UE doit d'abord faire une demande

- Problème de l'œuf et de la poule

■ L'eNB alloue une ressource

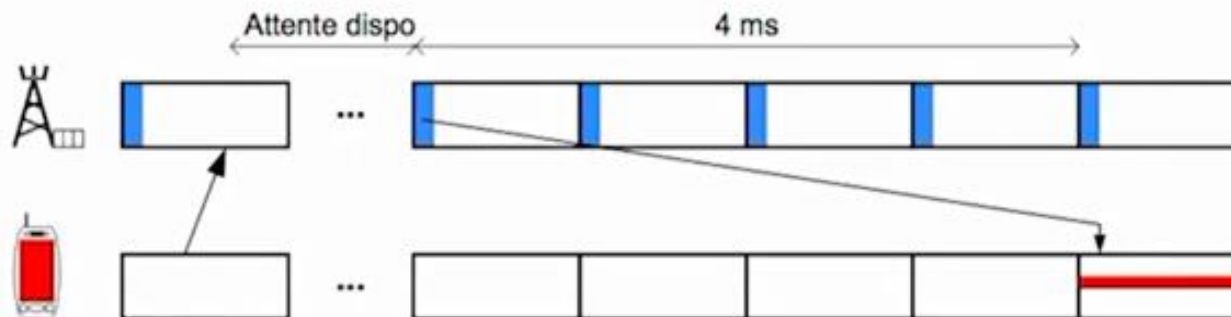
- Publication via la table d'allocation

■ Temps de réaction du terminal

- Allocation 4 sous-trames à l'avance (4ms)

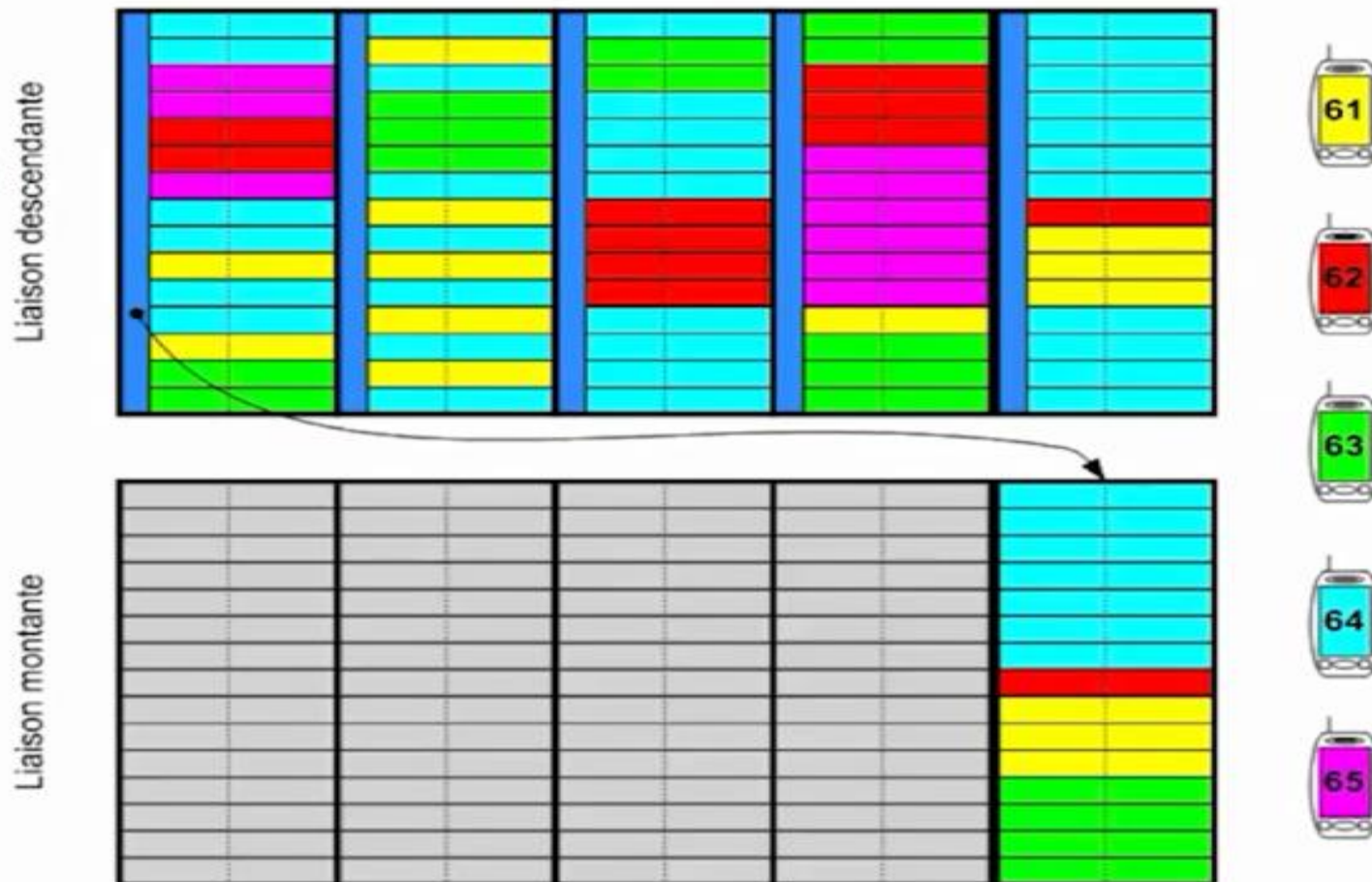
■ Allocation de RB contigus

- Car FC-TDMA en UL (simplicité du terminal)



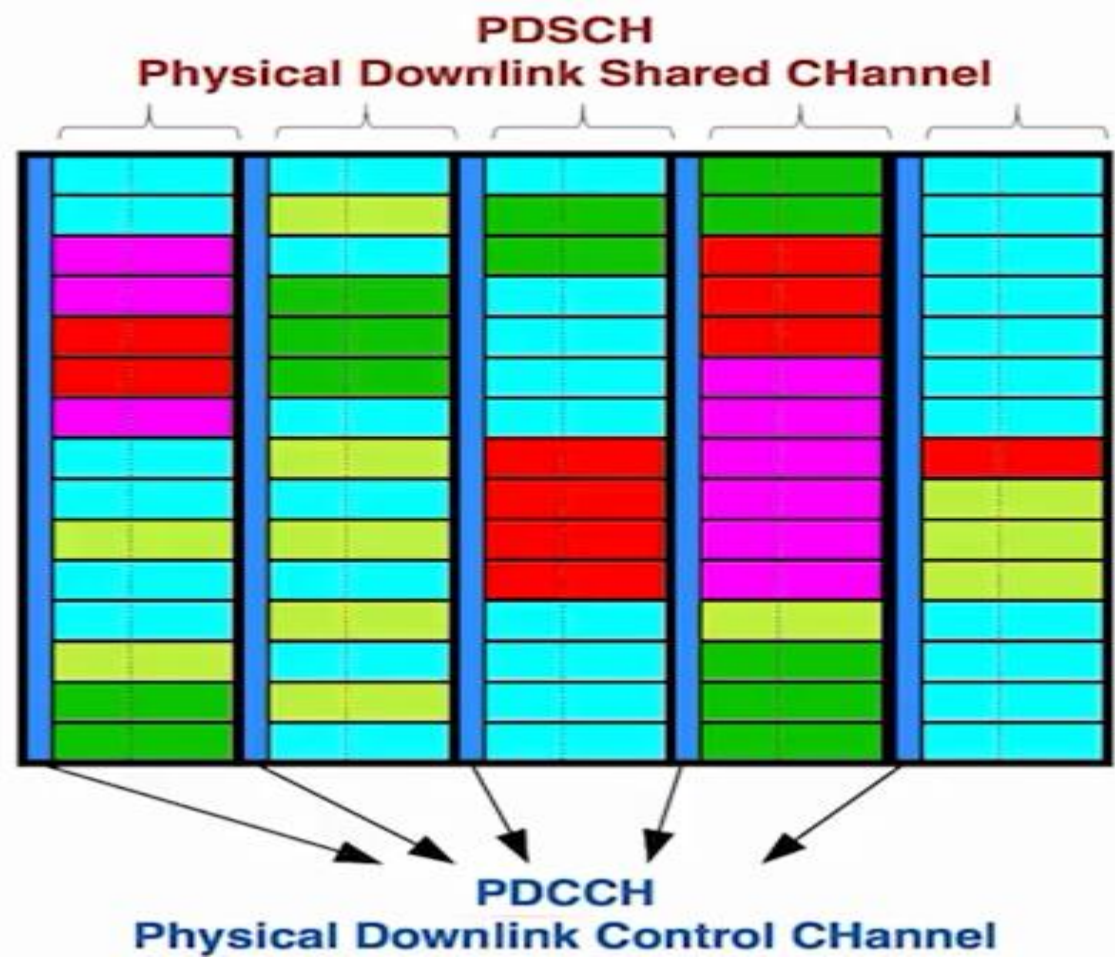
Ordonnancement "Scheduling":

Allocation sur Voie UL:

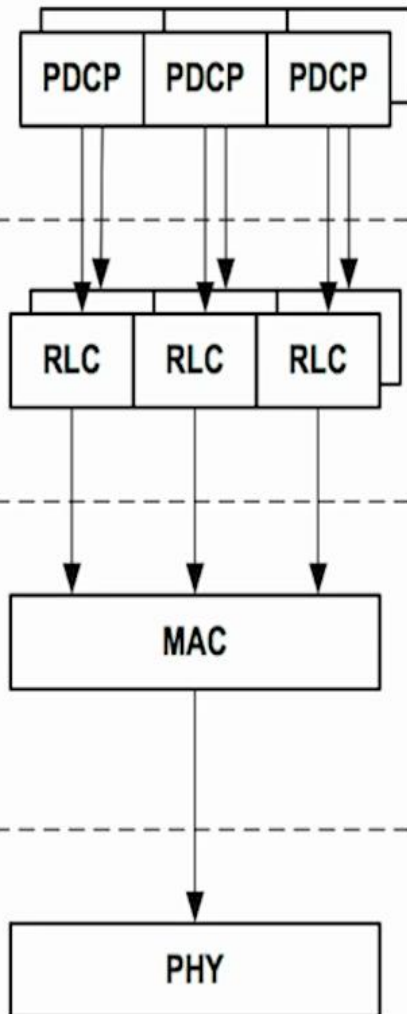


Ordonnancement "Scheduling":

- Canal physique de données/ Canal physique de contrôle:
Liaison descendante DL



Récapitulatif



- Compression d'entête (ROHC)
- Anticipation des pertes sur Handover
- Chiffrement / Contrôle d'intégrité

- Remise en séquence
- Retransmission (mode acquitté)
- Segmentation (sur demande du MAC)

- Multiplexage des canaux logiques (arbitrage des priorités)
- HARQ
- Allocation des ressources radio

Contrôle

- Taille des RLC PDU
- Modulation adaptative (choix MCS)

- Codage (correction d'erreurs)
- Transmission multi-porteuses (OFDM)
- Modulation

Récapitulatif

