



RSX116 – Réseaux mobiles et Réseaux sans fil

UMTS





INTRODUCTION

Pourquoi l'UMTS ?

- UMTS = Universal Mobile Telecommunication Systems
- Les applications liés à Internet ont besoin du haut débit
- Les premiers réseaux UMTS apparaissent en 2003

	GSM/GRPS/EDGE	UMTS Release 99 (1999)	HSPA Release 5 et 6 (2002/2005)	HSPA+ Release 8 (en 2009)
Débit Max UL	118 Kbit/s	384 Kbit/s	5,8 Mbit/s	11,5 Mbit/s
Débit Max DL	236 Kbis/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	CDAM/TDMA	CDMA/TDMA
Modulation DL	GSMK	QPSK	QPSK, 16QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
Modulation UL	8PSK	BPSK	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK, 16 QAM
Bandes de fréquences usuelles (Mhz)	900/1800	900/2100	900/2100	900/2100

- 3GPP release 99 :
 - développer et améliorer le réseau d'accès (UTRAN – Terrestrial Radio Access Network) pour atteindre le haut débit de 385 kb/s dans les deux sens.
 - Notons que les premiers réseaux UMTS ont un débit dans le sens remontant de 64-128 kb/s
- Le concept de station transmetteur (BTS) et de contrôleur (BSC) est gardé par UMTS.
 - Cependant, **on renomme** :
 - **BTS** -> Node-B
 - **BSC** -> RNC (Radio Network Controller)
 - **MS** -> UE (User Equipment)
- De nouvelles fonctionnalités sont ajoutées dans les équipements HLR et AuC afin de supporter de nouveaux services d'UMTS (Web, par exemple)
- Les interfaces UMTS permettent de connecter aux réseaux mobiles existants (GSM et GPRS) et aux réseaux filaires (ATM, par exemple)

- **3GPP release 4** introduit l'idée de BICN (*Bearer Independent Core Network*) permettant la séparation de l'appel classique et de la liaison entre l'UMTS et un autre réseau à l'aide d'une *gateway Multimedia* dans le réseau coeur
- **3GPP release 5** supporte IMS (*IP Multimedia Subsystem*) et l'accès au haut débit dans le sens descendant (HSDPA – *High-Speed Downlink Packet Access*) - 7.2 Mb/s
- **3GPP release 6** : haut débit dans le sens remontant pour augmenter le nombre des abonnés (HSUPA – *High-Speed Uplink Packet Access*) et le MBMS (*Multimedia Broadcast Multicast Service*)
- **3GPP release 7** contribue principalement à la CPC (*Continuous Packet Connectivity*) et au HSPC+ (*Faster HSPC*)

- **3GPP release 8** : l'introduction d'EPS (*Evolved Packet System*) avec deux équipements de clé (*MME/Mobility Management Entity* et *GW/gateway*) et LTE (*Long Term Evolution*) avec OFDMA
- **3GPP release 9** : le développement de SAE (*Service Architecture Evolution*) et d'interopérabilité entre Wimax et LTE/UMTS. Le standard LTE introduit aussi les nouvelles interfaces OFDM permettant d'atteindre le haut débit de 50-100 Mb/s
- **3GPP release 10** : LTE avancé dans le but de répondre aux exigences IMT (*International Mobile Telecommunications Advanced*), car LTE était un des candidats 4G comme WiMax

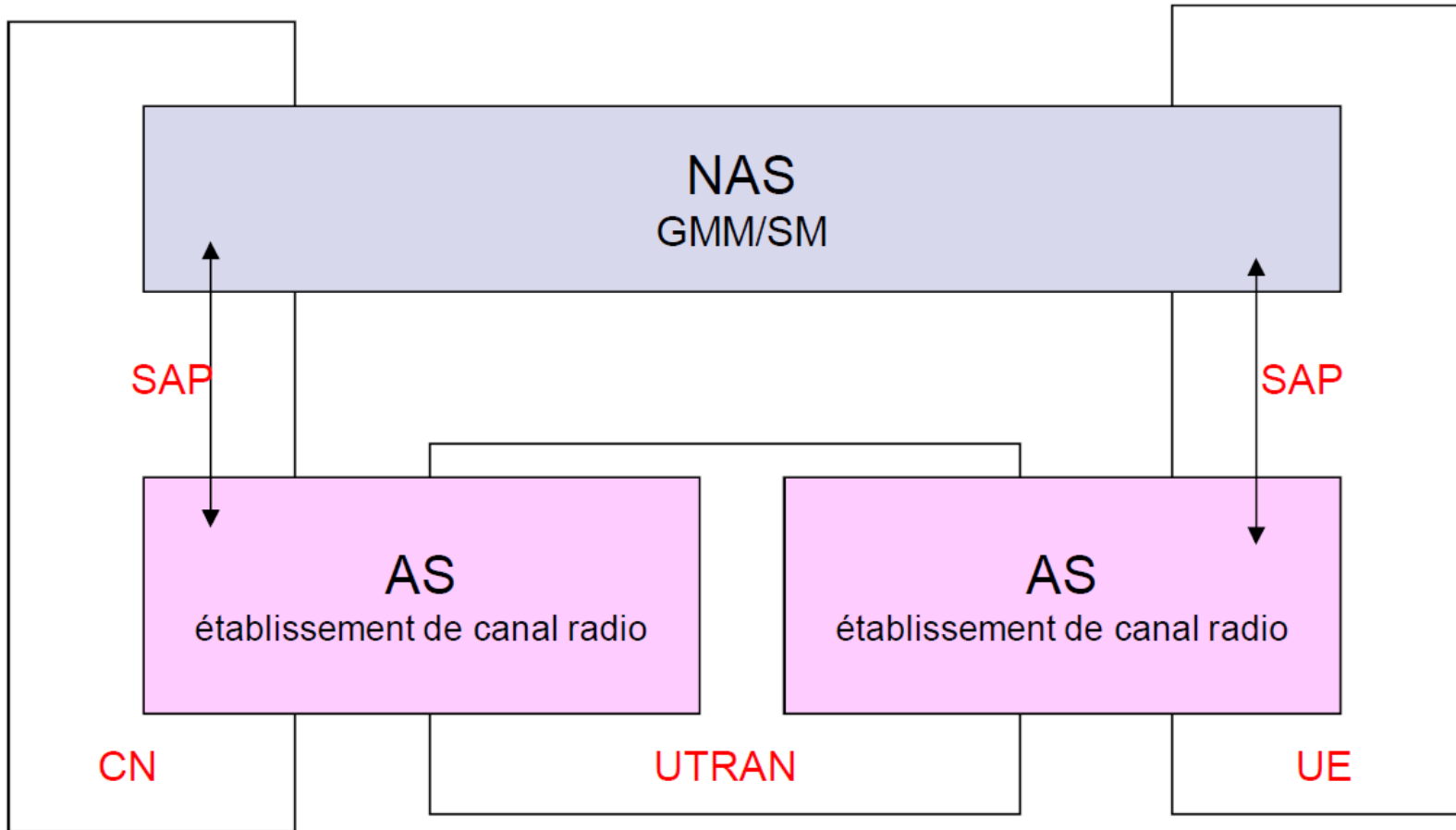
- La QoS (*Quality of Service*) consiste à satisfaire chaque type de trafics par l'ensemble de mécanismes mise en ouvre.
- Dans le réseau Internet filaire : 2 méthodes de QoS sont DiffServ et InterServ
- Il s'agit de
 - 1) classifier les trafics très variés en classe de trafic -> une classe de trafic regroupe les trafics de mêmes caractéristiques
 - 2) développer des mécanismes de QoS (admission, ordonnancement...)
- La QoS de bout en bout supportée par IMS consiste à garantir l'ensemble des paramètres (délai/latence, débit, gigue, séquence...) d'un service (ou trafic) via un ou plusieurs réseaux (mobiles ou filaires)

- UMTS définit **quatre classes** de trafics par le standard 3GPP TS 23.107
 - **Classe «*conversational*» (A)** concerne la voix, la vidéo, la téléphonie et la VoIP. C'est un service en temps réel (contraintes de temps, de perte, de gigue et de séquence)
 - **Classe «*streaming*» (B)** concerne le flux continu d'audio et de vidéo. C'est un service en temps réel (contrainte de temps, de perte et de débit)
 - **Classe «*interactive*» (C)** concerne les services Web. Ce service ne garantit pas le débit ni le délai. (service «*best effort*»)
 - **Classe «*backgroud*» (D)** concerne la transmission de données (email, ftp et SMS). C'est également un service «*best effort*»
- Les paramètres de QoS du côté UMTS
 - Débit maximum, débit minimum, taille maximum de SDU (*Service Data Unit*)
 - Taux d'erreurs, priorité du trafic
 - ...



NOUVEAUX CONCEPTS D'UMTS

- L'UMTS
 - introduit de nombreuses fonctionnalités par rapport au GSM et au GPRS
 - reprend des procédures et méthodes du GSM et du GPRS afin de faciliter l'interconnexion entre eux.
- On peut citer les nouveaux concepts suivants :
 - RAB (*Radio Access Bearer*) : avant d'émettre de données ou la signalisation entre le mobile (*UE*) et le réseau, un tuyau RAB doit être établi en fonction des paramètres tels que *classe de QoS, le débit maximum, le débit garanti, le délai et le taux d'erreurs*
 - La couche d'accès **AS** - *Access Stratum* et la couche **NAS** – *Non Access Stratum* : dans le but de séparer le réseau coeur (CN) et le réseau d'accès (UTRAN), l'AS contrôle toutes les activités entre le mobile (UE) et le réseau d'accès. Quant à la NAS, elle gère les protocoles et les fonctionnalités entre UE et CN tels que GMM (*GPRS Mobility Management*) et SM (*Session Management*)



- *SAP (Service Access Point)* s'occupe de la notification (paging, par exemple), du contrôle dédié (RAB setup, par exemple) et du contrôle commun (modification de messages diffusés – option)

- Protocoles de transport communs au réseau d'accès :
 - Dans le GSM, les gestions et l'appel CS (*Circuit-Switched data*) sont transportés par trois protocoles différents (CM, MM et RR).
 - Dans le GPRS, les gestions et la session PS (*Packet-Switched data*) sont transporté par GMM et SM.
 - -> les couches au dessous de la couche 3 sont différentes entre GSM et GPRS
 - Dans l'UMTS, les protocoles de transport communs **RLC/MAC** sont à la fois pour CS et PS. Notons que les protocoles RLC/MAC d'UMTS ne sont pas les mêmes que celles de GPRS, car ils ont plus de fonctionnalités.



ARCHITECTURE GÉNÉRALE ET INTERFACES

- GSM
 - **BSS** (*Base Station Subsystem*) **NSS** (*Network SubSystem*)
 - **IN** (*Intelligent Network subsystem*) **BTS** (*Base Transceiver Station*)
 - **BSC** (*Base Station Controller*) **MSC** (*Mobile Switching Center*)
 - **VLR** (*Visitor Location Register*) **HLR** (*Home Location Register*)
 - **AuC** (*Authentication Center*) **SMSC** (*Short Messaging Service Center*)
- GPRS
 - **PCU** (*Paquet Control Unit*) **SGSN** (*Serving GPRS Support Node*)
 - **GGSN** (*Gateway GPRS Support Node*)
- UMTS
 - **UE** (*User Equipment*) **Node B**
 - **RNC** (*Radio Network Controller*) **CS Domaine** (*Circuit-Switched data*)
 - **PS Domaine** (*Packet-Switched data*)

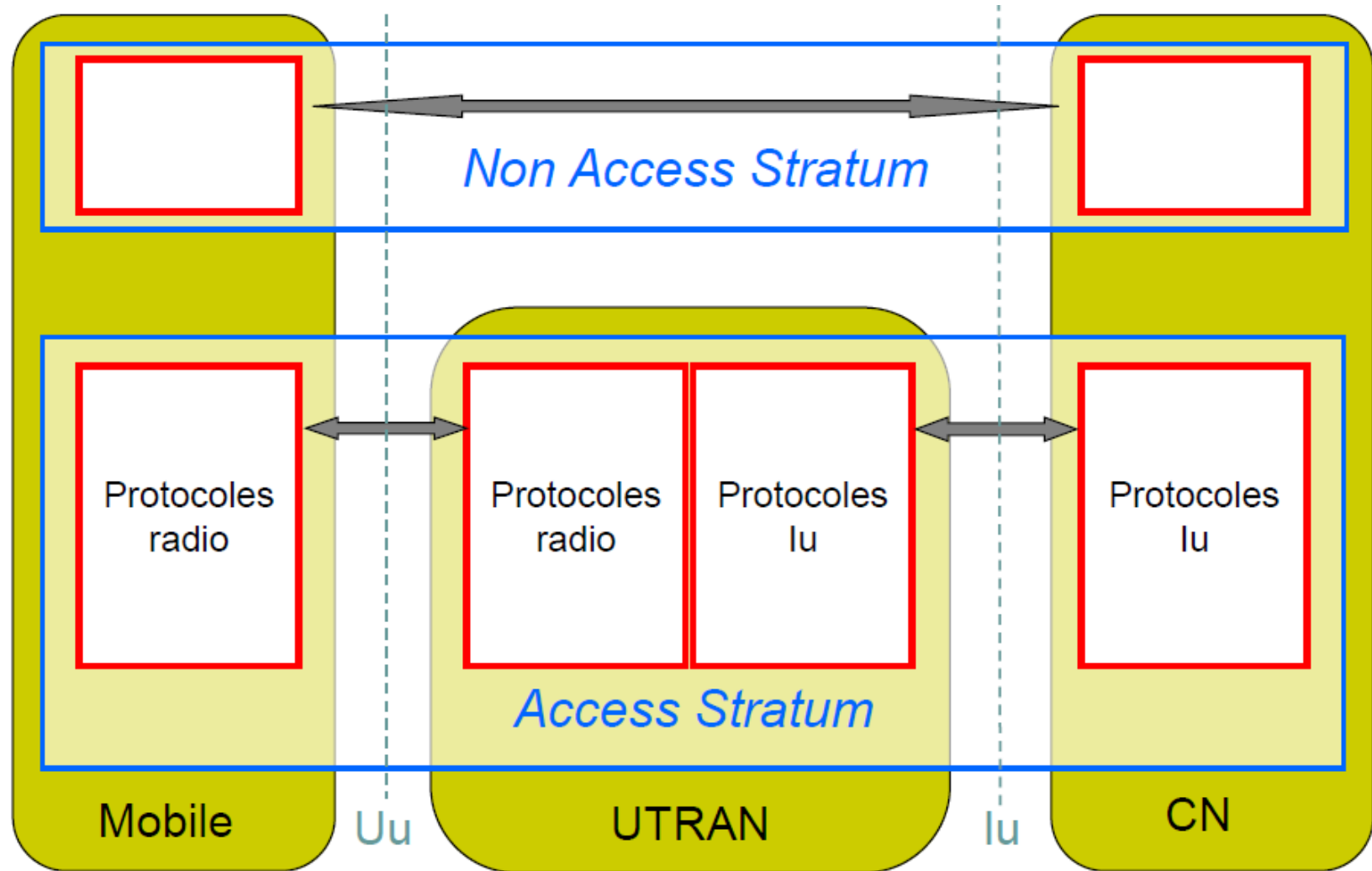
- Le réseau d'accès **UTRAN** (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) se compose de deux parties :
 - **NodeB** : gère la transmission (la transmission/réception, la modulation/démodulation, le codage de canal, l'adaptation de débit, la synchronisation et le contrôle de puissance)
 - **RNC** (*Radio Network Controller*) gère la gestion de radio (allocation de ressources, paging et la mobilité)
- Le réseau coeur **CN** (*Core Network*) regroupe principalement le **domaine CS** et le **domaine PS**. Il gère l'acheminement des données, la gestion d'appel, la mobilité, l'authentification, la sécurité et la taxation.

Rappel :

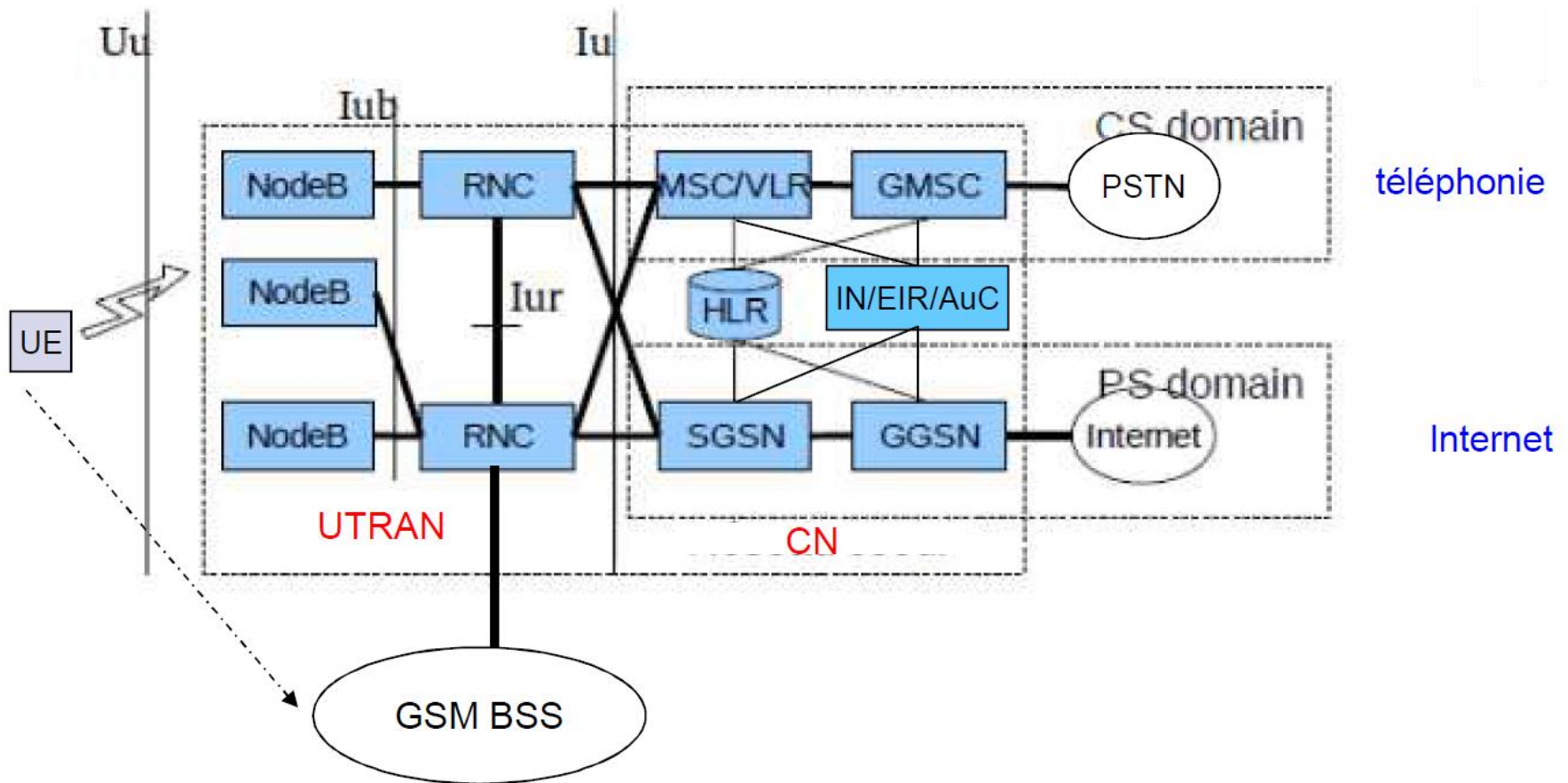
CS Domaine (*Circuit-Switched data*)

PS Domaine (*Packet-Switched data*)

UMTS – Découpage en strates

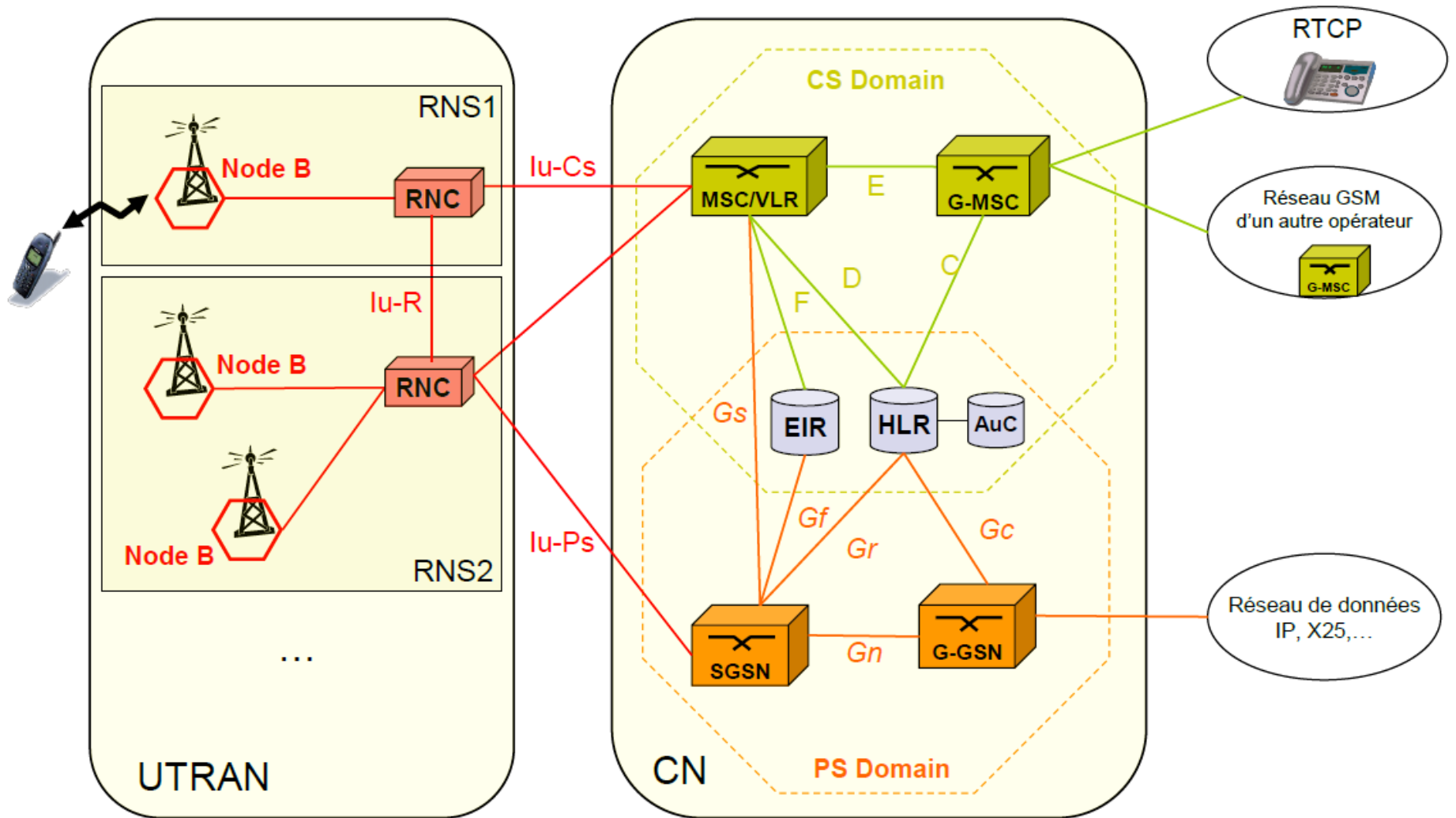


Architecture d'UMTS rel. 99

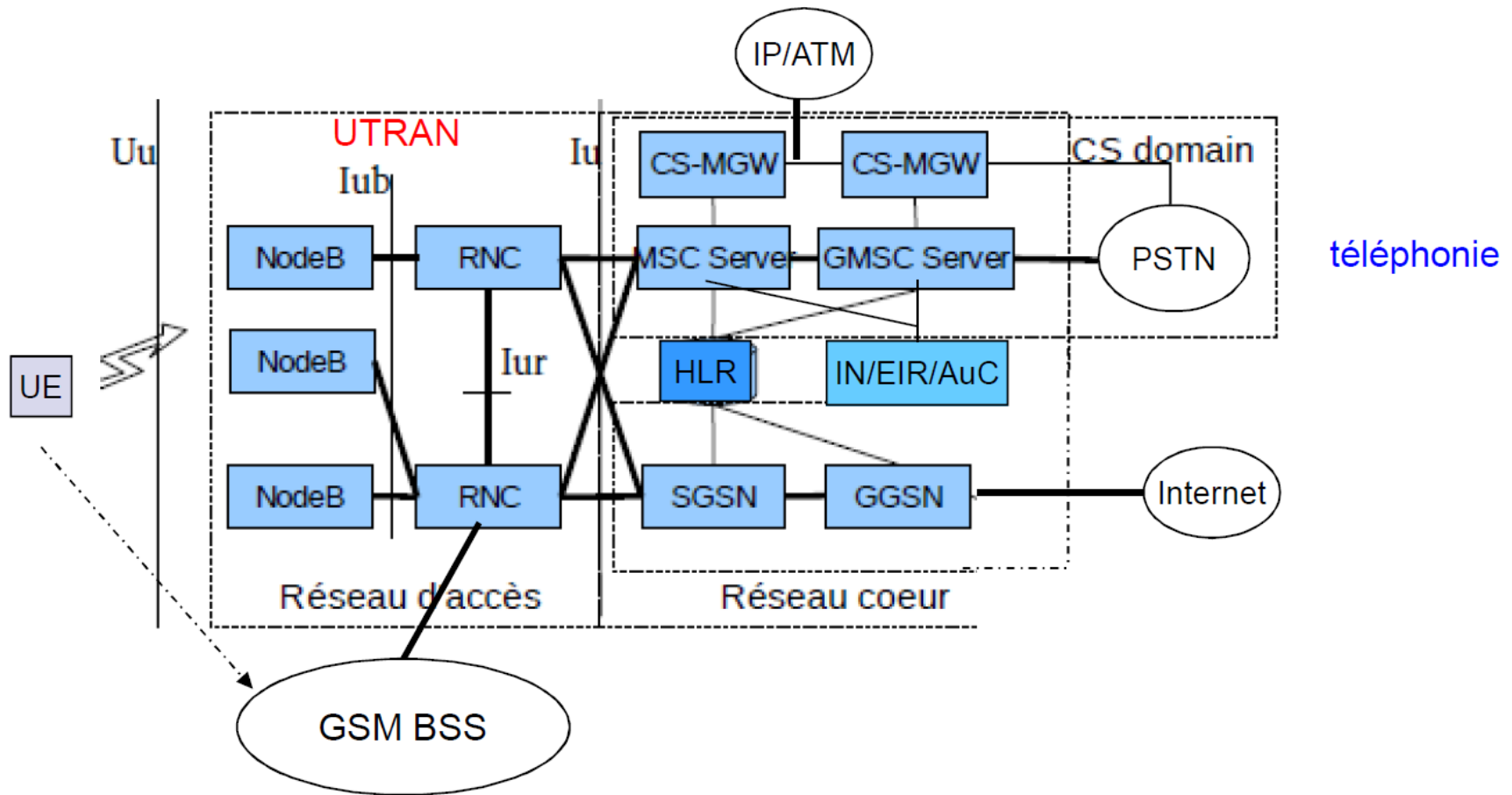


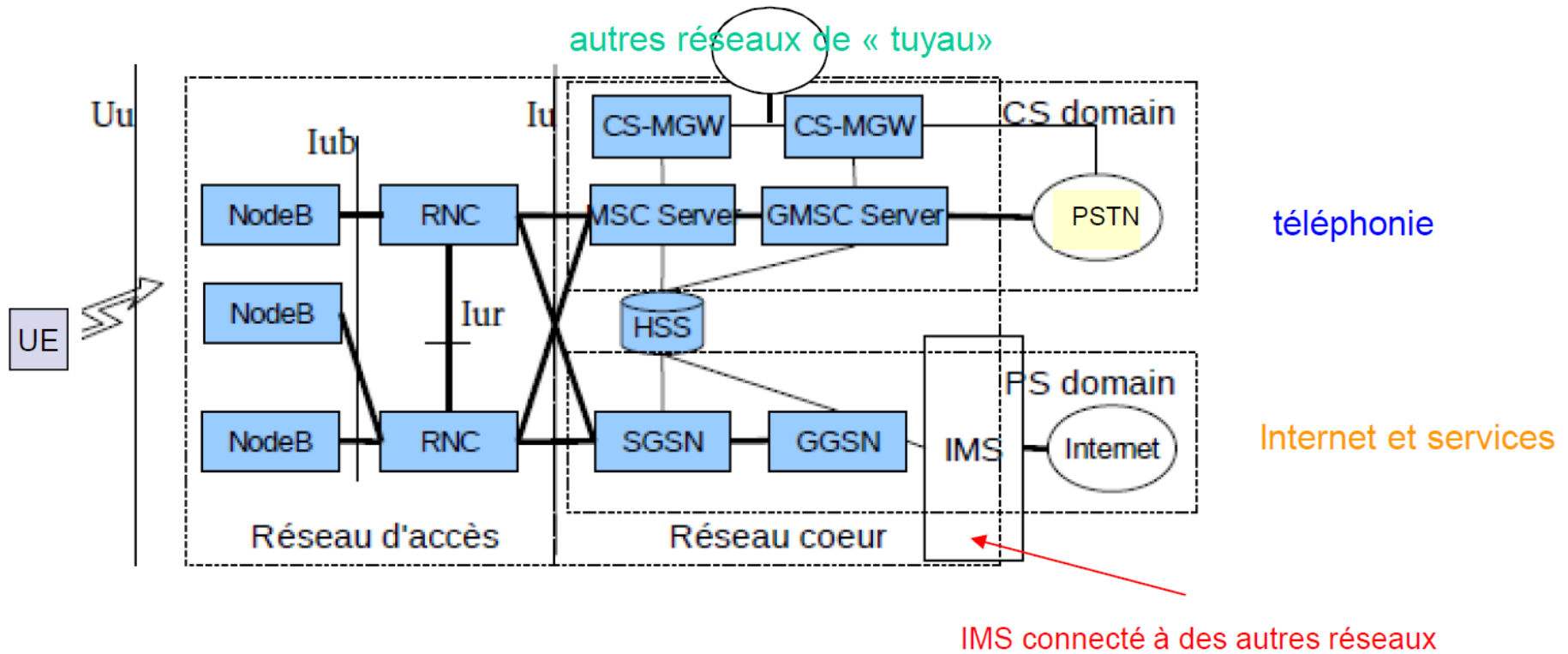
- entre UE et CN/MSC, l'interface **lu** (CS) remplace l'interface **A** du GSM. Les interfaces **lu** et **A** sont similaires au niveau des couches, sauf la couche de base où ATM est utilisé.
- entre UE et CN/SGSN, l'interface **lu** (PS) remplace l'interface **Gb** du GPRS.

Architecture d'UMTS rel. 99 (autre vue)



- Dans le domaine CS, MSC se divise :
 - MSC (*MSC-S*) qui est gère CC (*Call Control*) et MM (*Mobility Management*)
 - CSMGW (*Media GateWay*) qui gère le trafic de données.

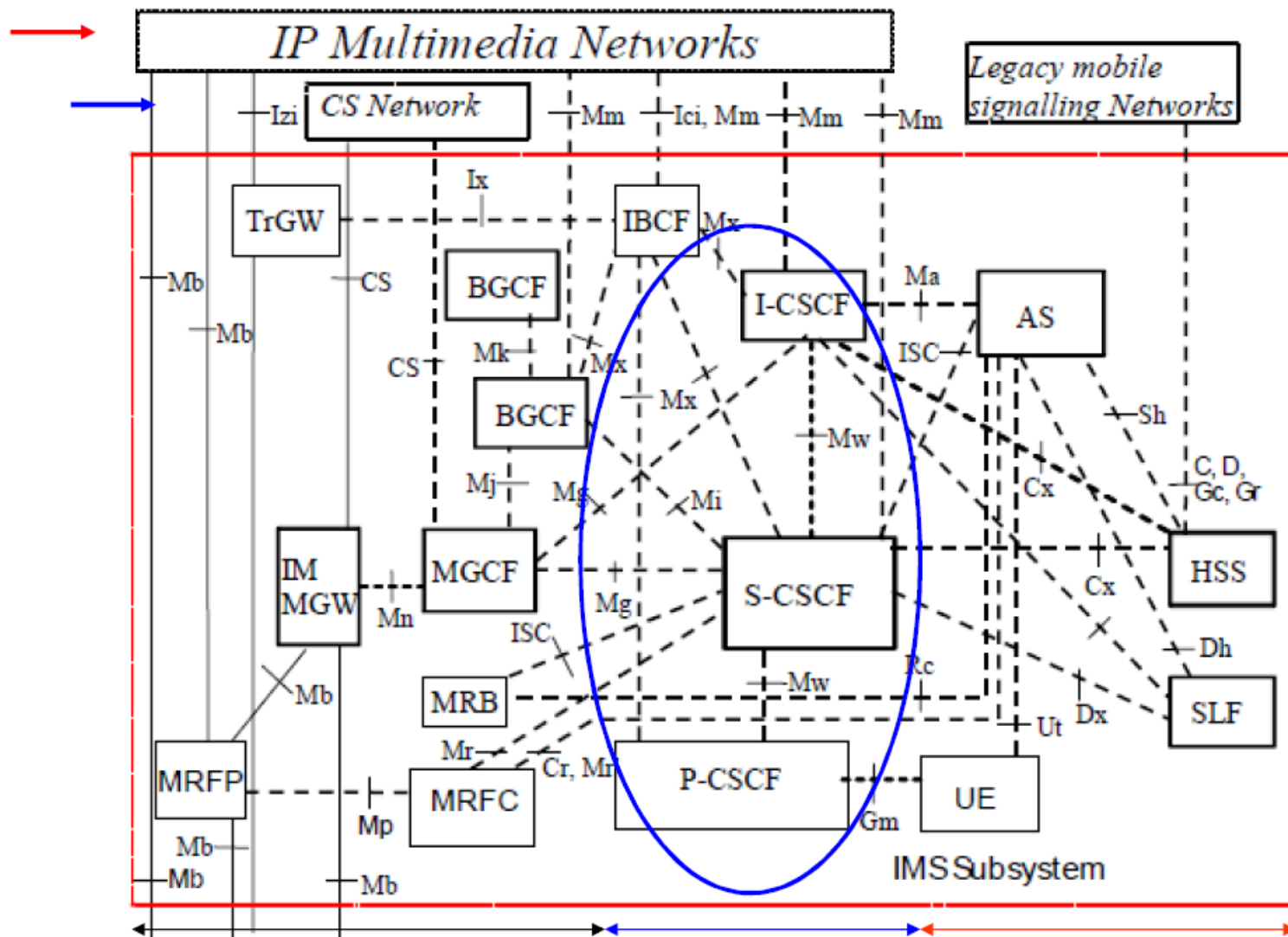




- Ajout de **IMS** (*IP Multimedia Subsystem*) est une nouvelle technologie permettant de supporter des services IP à travers des réseaux mobiles (GSM, GPRS par exemple), réseaux filaires (ex : Internet) et réseaux sans fil (ex : WLAN)

- **NodeB** et **RNC** sont les deux équipements du réseau d'accès (sans BSS du GSM)
- **HSS** (*Home Subscriber Server*) **remplace** le **HLR** et **l'AuC**. Le standard indique également que le HLR existant peut être une partie de HSS
- **IMS** (*IP Multimedia Subsystem*) est ajouté dans le but d'offrir des services **tout IP** (ex : **vidéo, VoIP**). IMS est indépendant du domaine CS. L'ajout d'IMS nécessite des nouveaux équipements (CSCF, par exemple).
- L'architecture version 5 (rel.5) permet à l'UMTS de se connecter à des autres réseaux tels que le WiFi et l'ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), par exemple

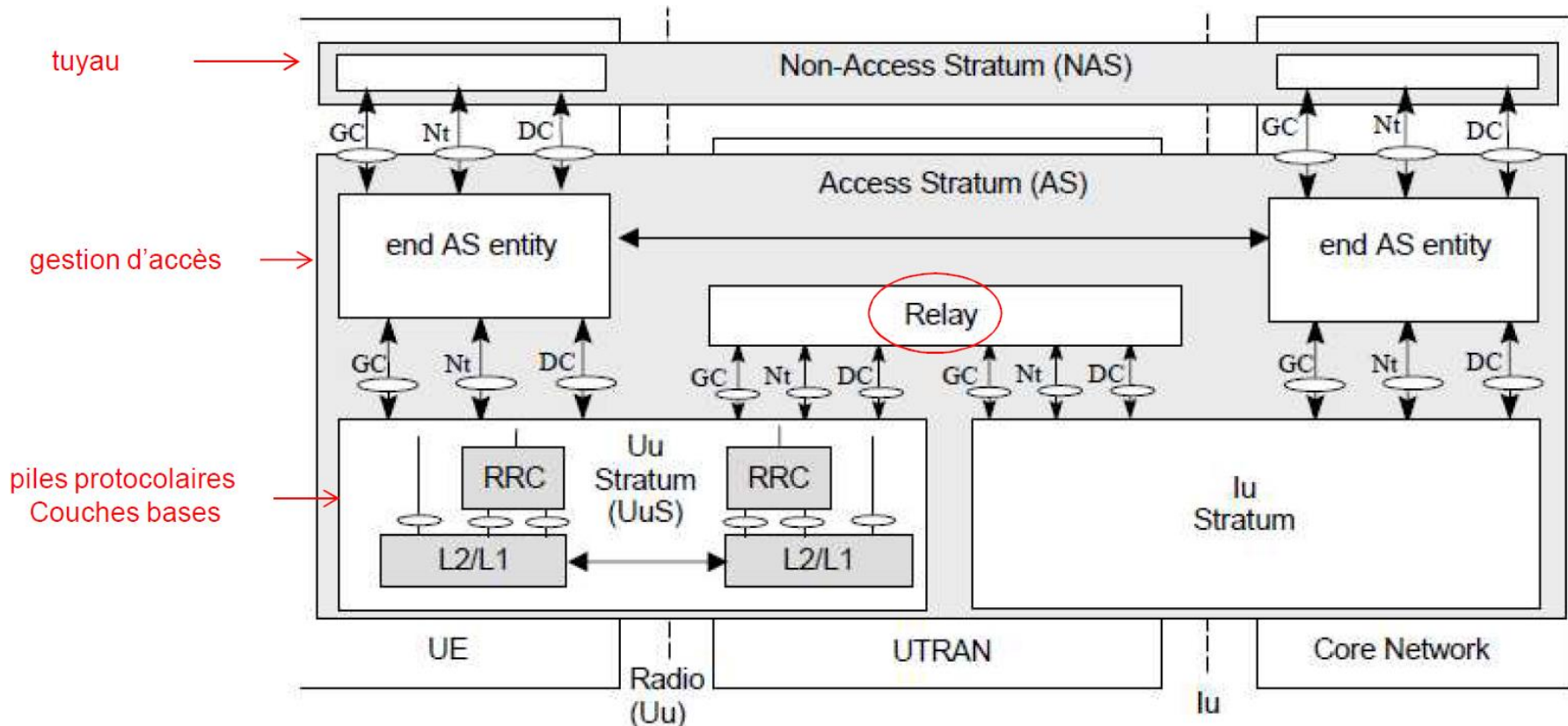
Equipements d'UMTS rel. 5



CSCF (Serving -Call Session Control Function)
 P - Proxy; I - Interrogating; S - Serving

* TS 23.228 - 2012

Piles protocolaires



- **Uu** entre l'UE et le réseau d'accès UTRAN
- **IuB** entre le NodeB et le contrôleur RNC
- **IuR** entre les RNC
- **Iu** entre le réseau d'accès (UTRAN) et le réseau cœur (CN)
- Les architectures en couche des interfaces seront présentées dans la partie «réseau d'accès»



RÉSEAU D'ACCÈS RADIO

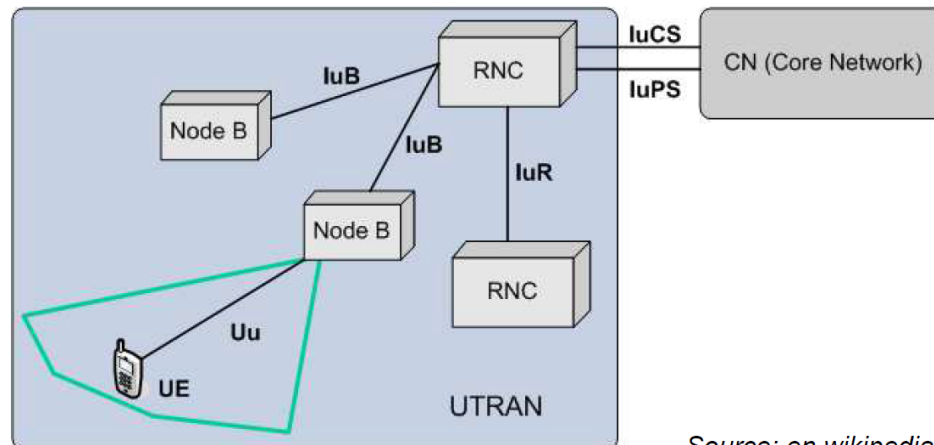
UTRAN – UMTS TERRESTRIAL RADIO ACCESS

NETWORK



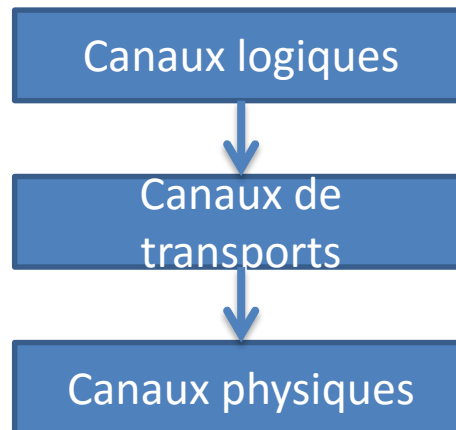
Réseau d'Accès Radio
UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access
Network
COUCHE PHYSIQUE

- **UTRAN** (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) consiste en deux parties
 - *NodeB* gère la modulation, la fréquence radio, la puissance d'émission et le débit du trafic «adapté».
 - *RNC* (*Radio Network Controller*) s'occupe de la gestion de ressource radio (*Radio Resource Management*) concernant la mobilité, le contrôle d'admission et l'allocation.
 - deux types de RNC :
 - SNRC (*Serving Radio Network Controller*)
 - DRNC (*Drift Radio Network Controller*)



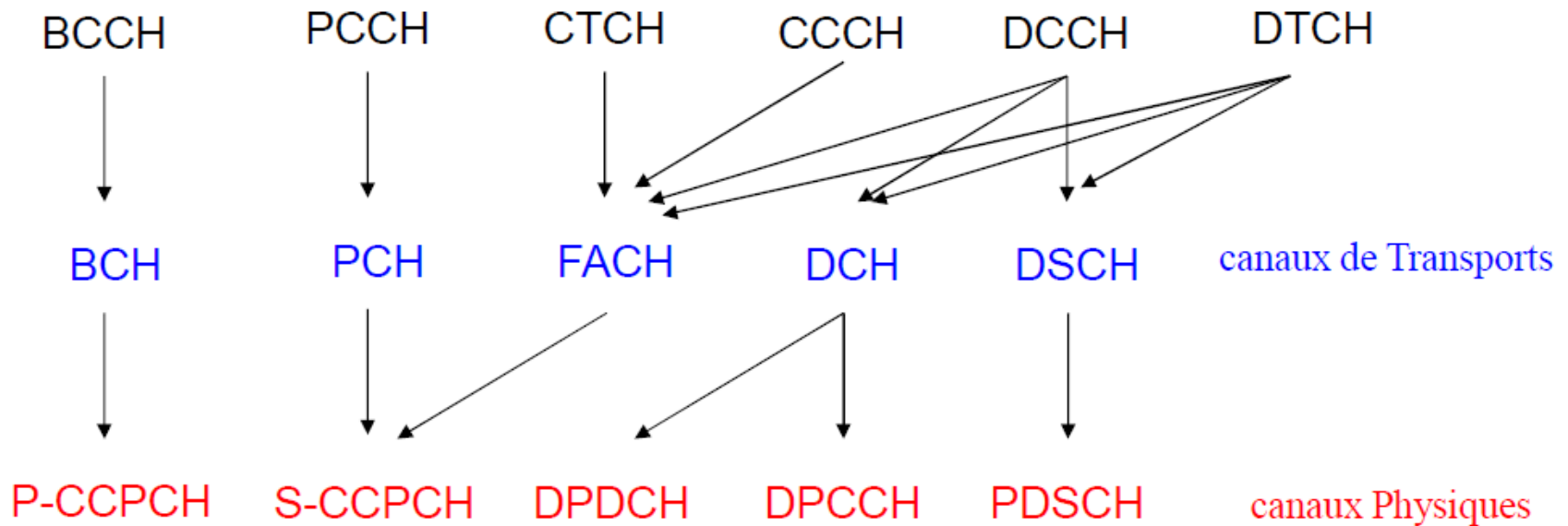
Source: en.wikipedia.org

- **UMTS** définit *trois types* de **canal** sur les interfaces radio dans le but de répondre aux (deux) besoins différents.
 - **Canaux Logiques** gèrent les **flux** et le **contrôle**. Ils séparent les flux par leur types (diffusion, paging...).
 - -> *quel est le type de trafics?*
 - **Canaux de Transports** reçoivent les flux venus des canaux logiques. Ils découpent une trame en plusieurs petites trames pour la couche RLC/MAC. Ils **choisissent le codage de canal** pour chaque flux.
 - -> *comment les trafics sont transmis?*
 - **Canaux Physiques** impliquent le codage/décodage de canal au sein du **Node-B**



- **Canaux Logiques** : BCCH (*Broadcast Control CHannel*), PCCH (*Paging Control CHannel*), CCCH (*Common Control CHannel*), DCCH (*Dedicated Control Channel*), DTCH (*Dedicated Traffic CHannel*) et CTCH (*Common Traffic Channel*)
- **Canaux de Transports** : BCH (*Broadcast Channel*), DCH (*Dedicated Channel*), PCH (*Paging Control CHannel*), RACH (*Random Access Channel*), FACH (*Forward Access Channel*), CPCH (*Common Packet CHannel*) et DSCH (*Dedicated Shared CHannel -option*)
- **Canaux Physiques (principaux)** : P-CCPCH (*Primary Common Control Physical CHannel*), S-CCPCH (*Secondary Common Control Physical CHannel*), PRACH (*Physical Random Access Channel*), AICH (*Acquisition Indication CHannel*), DPDCH (*Dedicated Physical Data Channel*) et DPCCH (*Dedicated Physical Control CHannel*)

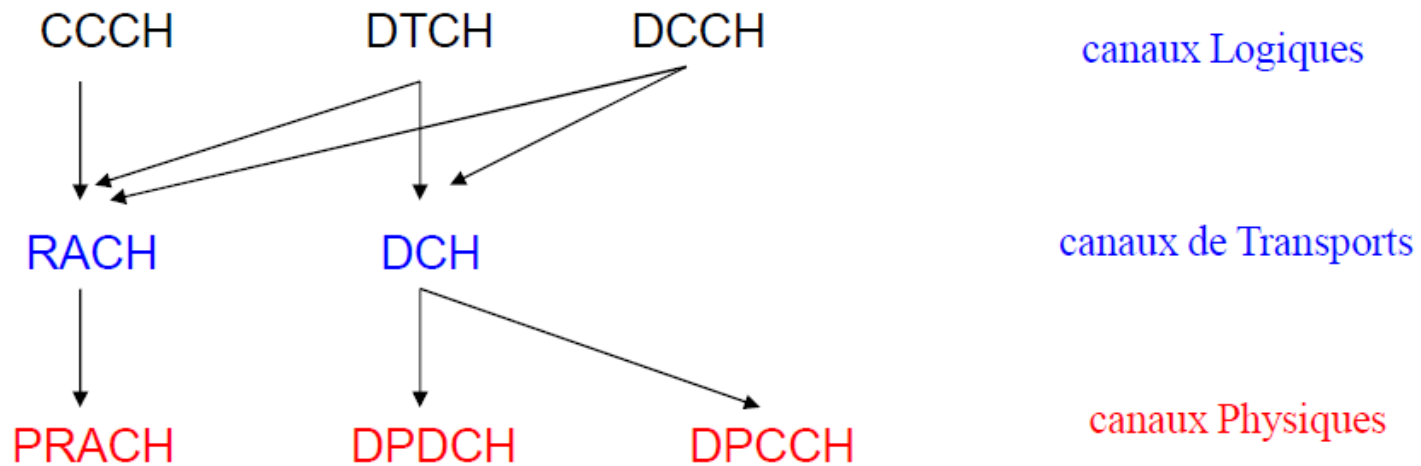
Canaux dans le sens descendant



la correspondance entre les canaux sans HSPA

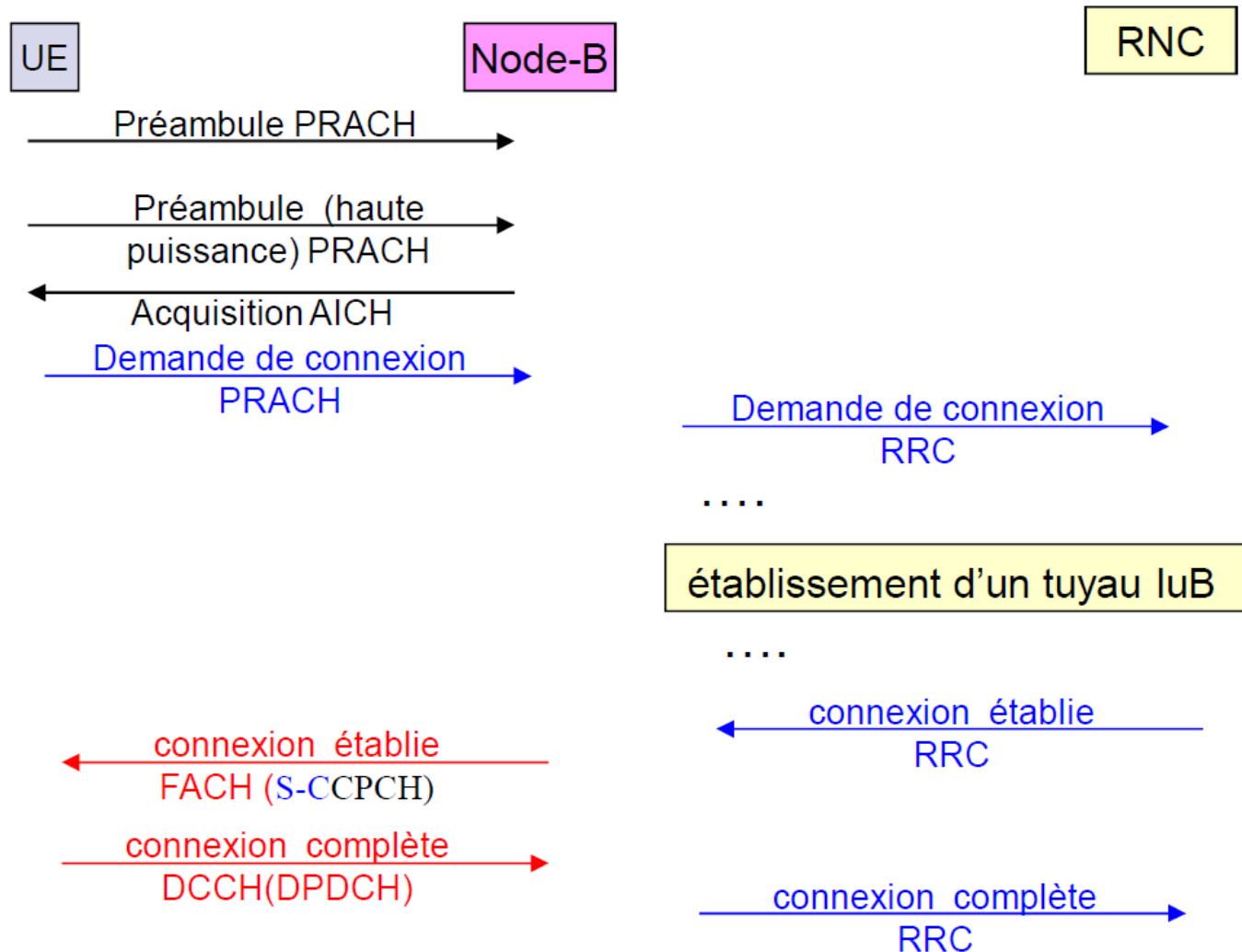
** AICH n'a pas de correspondance*

Canaux dans le sens remontant



la correspondance entre les canaux sans HSPA
* *Le canal Physique AICH n'a pas de correspondance.
Il est utilisé exclusivement avec le canal PRACH lors
d'un établissement de connexion*

Un exemple : Procédure de l'accès au réseau



* 3GPP TS 25.931

- W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) créée au Japon, est utilisée dans la troisième génération de réseaux mobiles, en particulier, UMTS
 - W-CDMA se base sur une plage de fréquences de 5MHz avec la technique *Séquence directe*
 - En générale, *dans le sens remontant*, la plage de fréquences sont de 1885 à 2025 MHz et *dans le sens descendant*, la plage de fréquences sont de 2110 à 2200 MHz
 - En Europe, W-CDMA-2100 ; à l'Amérique du nord, W-CDMA-1700 et W-ADMA-2100
- La technique du duplexage est implémentée avec FDD-CDMA et TDD-CDMA



Réseau d'Accès Radio UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network

PILES PROTOCOLAIRES EN COUCHE

Architecture en couche de l'UTRAN

Plan de Contrôle

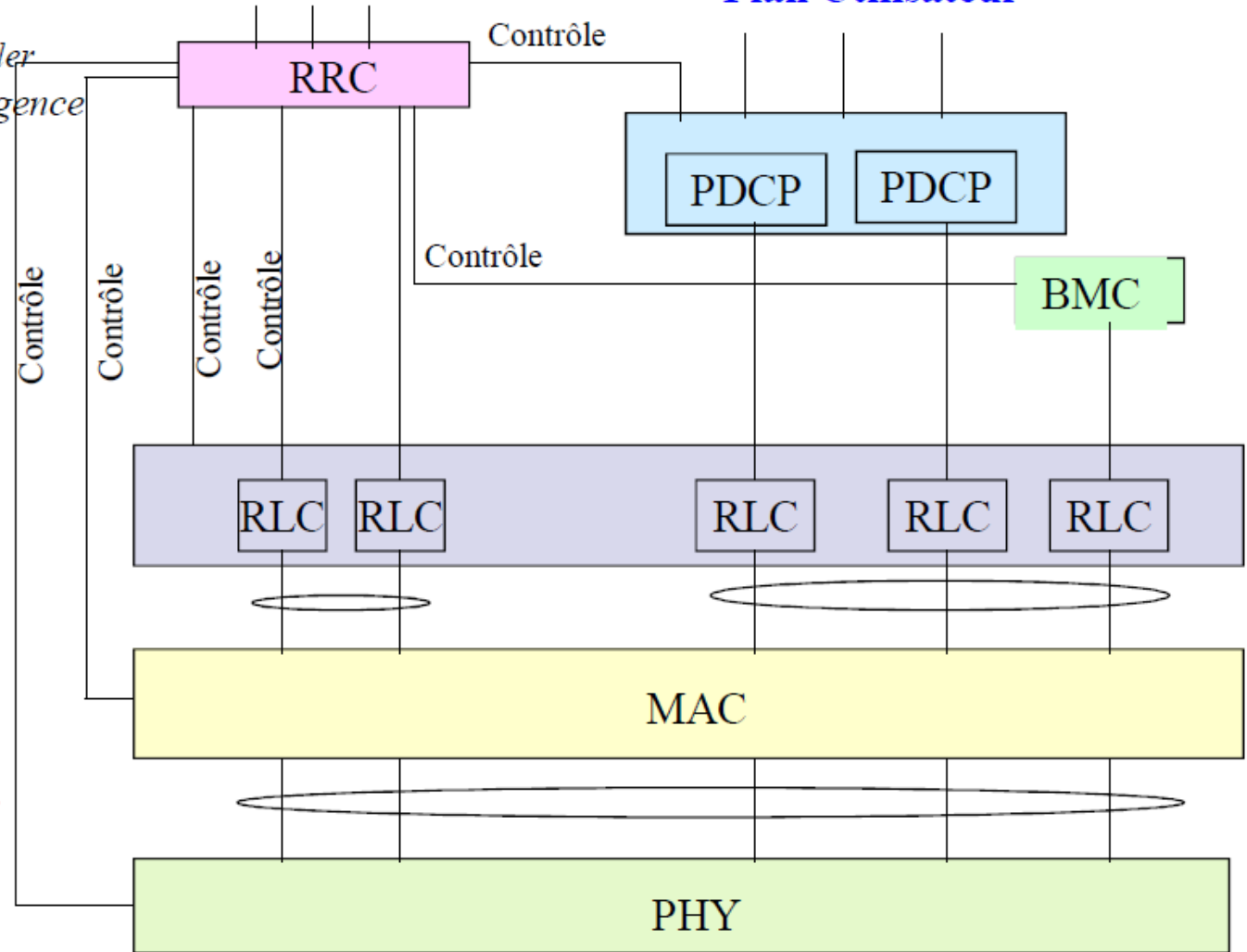
Plan Utilisateur

RRC : Radio Resource Controller
PDCP : Packet Data Convergence Protocol
BMC : Broadcast Multicast Control
RLC : Radio Link Control

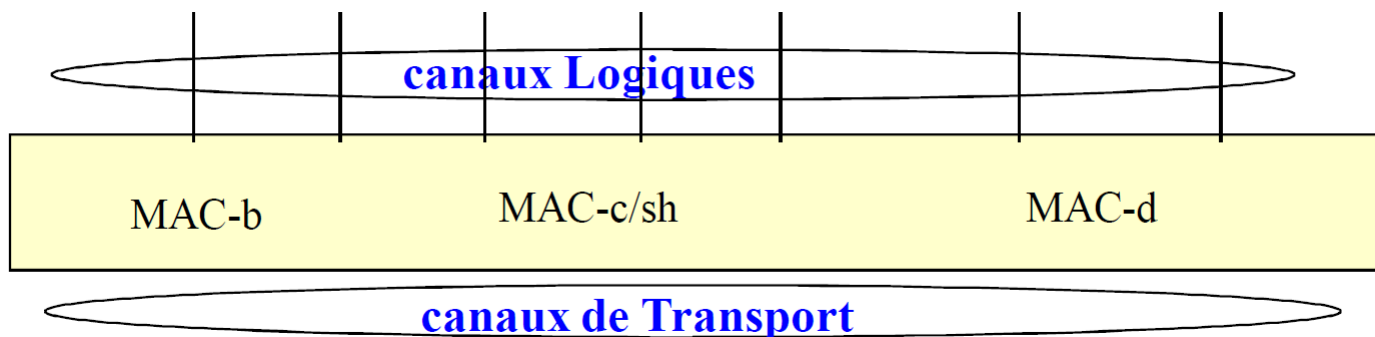
canaux Logiques →

canaux de Transport →

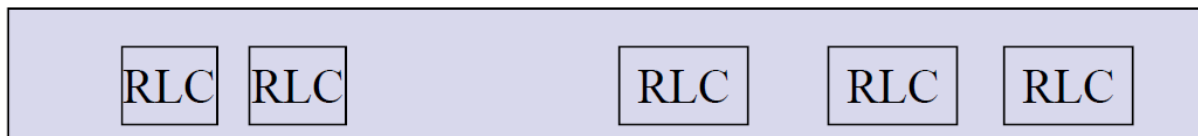
canaux Physique →



- Trois entités MAC :
 - MAC-b situé dans le NodeB (diffusion) ;
 - MAC-c/sh (canaux communs) et
 - MAC-d (canaux dédiés).
 - *MAC-c/sh et MAC-d se situés dans le RNC*
- MAC gère principalement la mise en correspondance entre les canaux *Logiques* et canaux de *Transport* ; l'accès au médium
 - Sous l'ordre RRC, il gère les priorités de flux d'un UE ou plusieurs UE en allouant les ressources radios nécessaires
 - Il identifie les UE sur les canaux communs
 - Il mesure le volume de trafic et le lien radio (reportés au RRC)

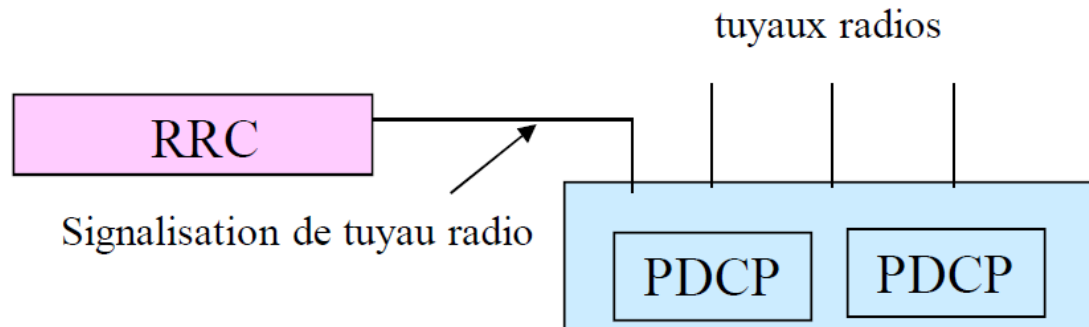


- RLC situé dans le RNC gère
 - la segmentation/réassemblage, la concaténation/bourrage, la retransmission et le numéro de séquence.
 - Le mode de transmission avec acquittement (retransmission sélective – *ARQ Automatic Repeat reQuest*) ou sans l'acquittement (détection d'erreurs). Dans le cas de transmission sans l'acquittement, la fiabilité de transmission n'est pas garantie
 - Le chiffrement (cryptage)
 - La détection des duplications

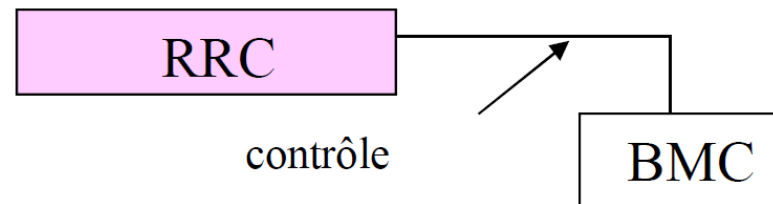


PDCP (Packet Data Convergence Protocol)

- PDCP gère le plan *Utilisateur* en assurant les tâches suivantes :
 - La compression/décompression d'en-tête de données IP
 - Le transfert des données utilisateurs
 - Le maintien du numéro de séquence de chaque tuyau radio



- BMC situé dans le RNC gère les tâches suivantes :
 - Le stockage des messages BMC
 - L'ordonnancement de messages
 - Le transfère de messages vers UE



- RRC, situé dans le RNC, gère le plan *Contrôle* en assurant les tâches suivantes :
 - Contrôle et maintenance des autres couches dans le plan *Contrôle*
 - Initialisation de la sélection/re-sélection cellulaire
 - Paging (localisation d'UE)
 - Etablissement/maintenance/déconnexion du tuyau radio (*Radio Access Bearer*)
 - Gestion de QoS (débit, délai, taux d'erreurs, taille de paquets...)
 - Sécurité de transmission (chiffrement, par exemple)

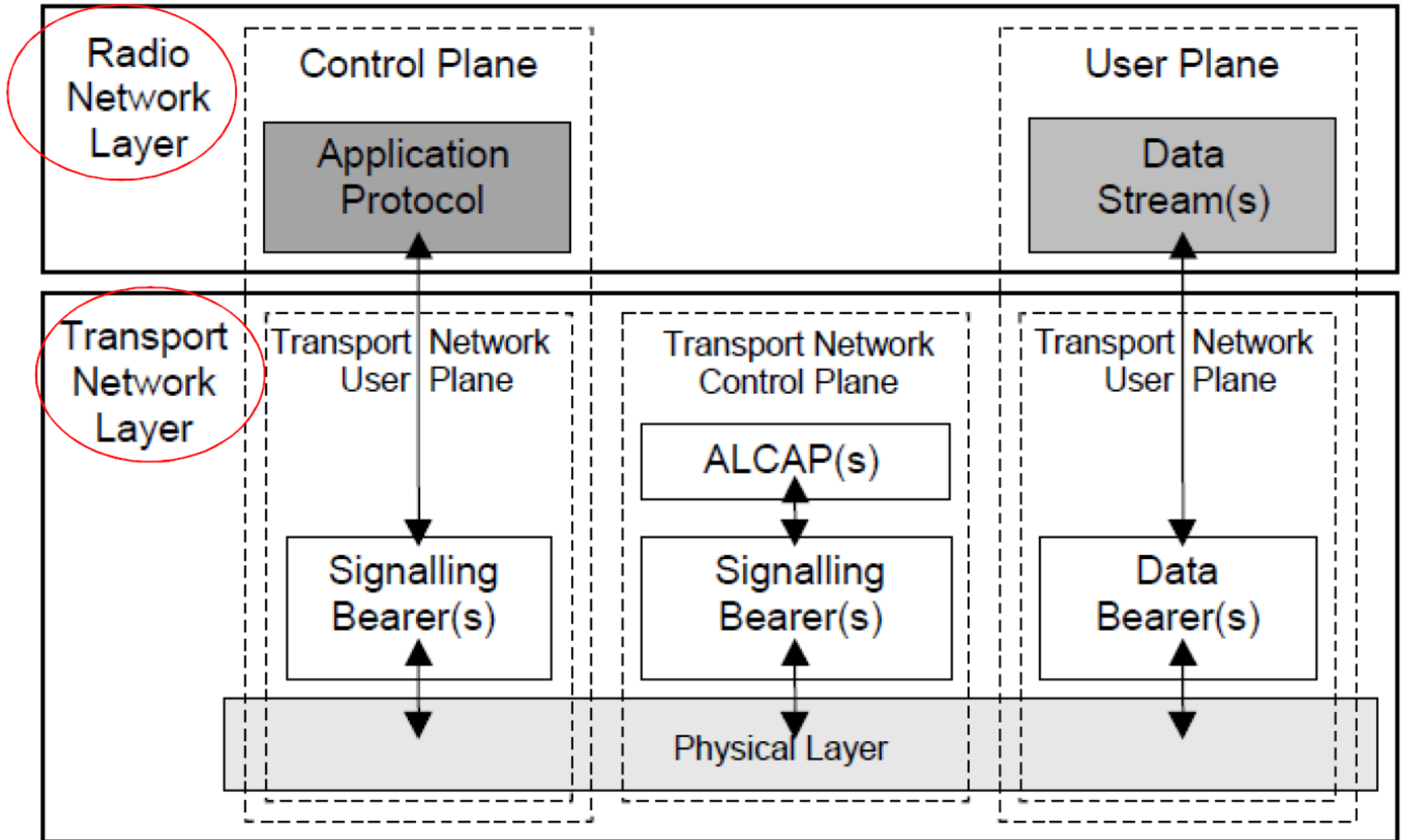


Réseau d'Accès Radio

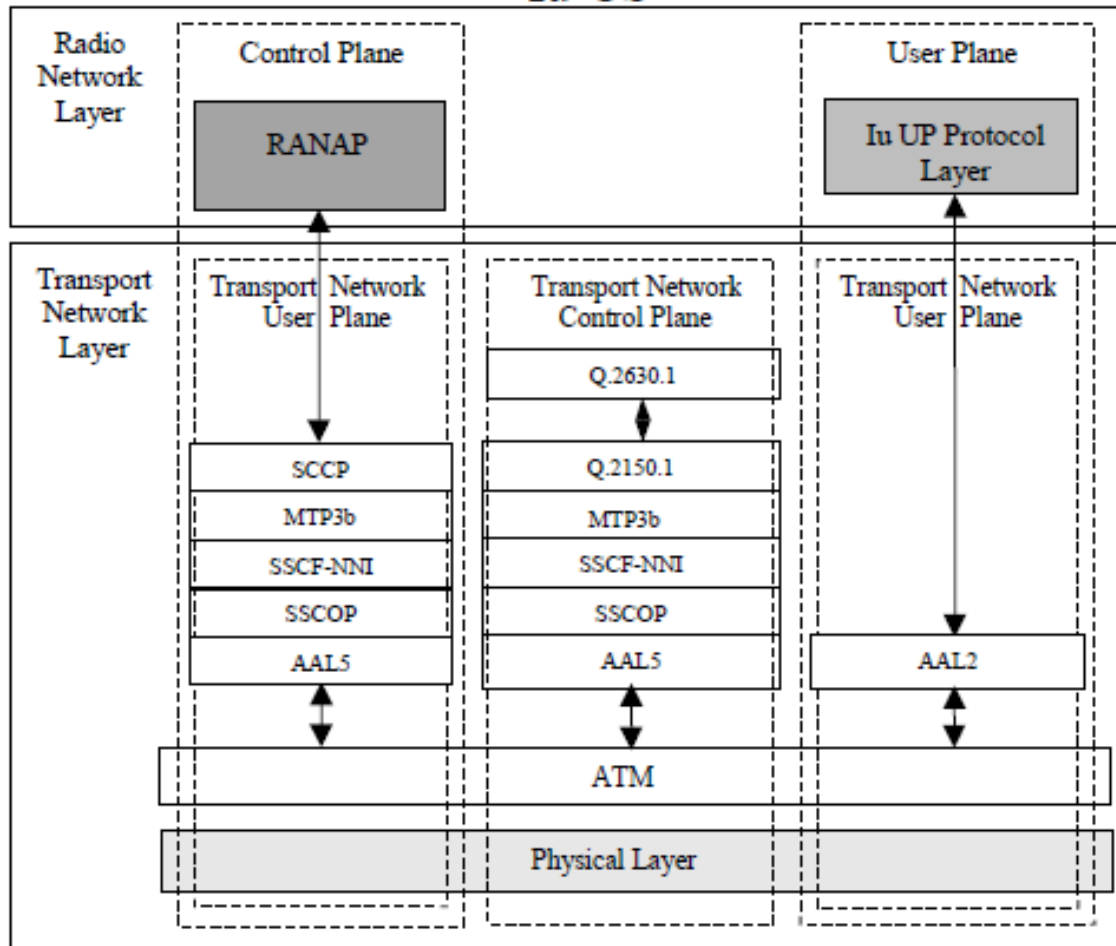
UTRAN – UMTS Terrestrial Radio Access Network

PILES PROTOCOLAIRES EN INTERFACE

Modèle Protocolaire (TS 25.401)

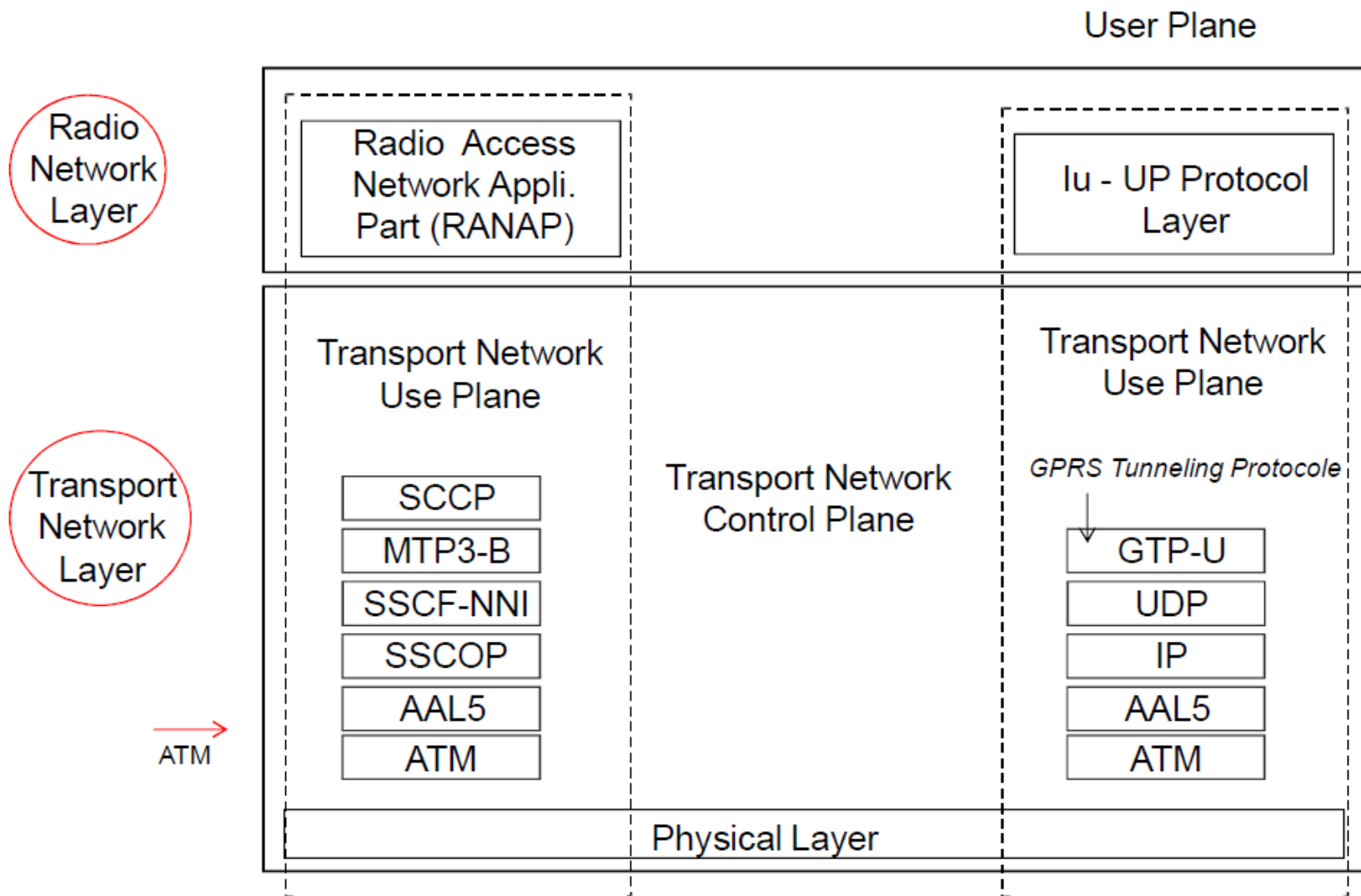


*ALCAP: Access Link Control Application Protocol

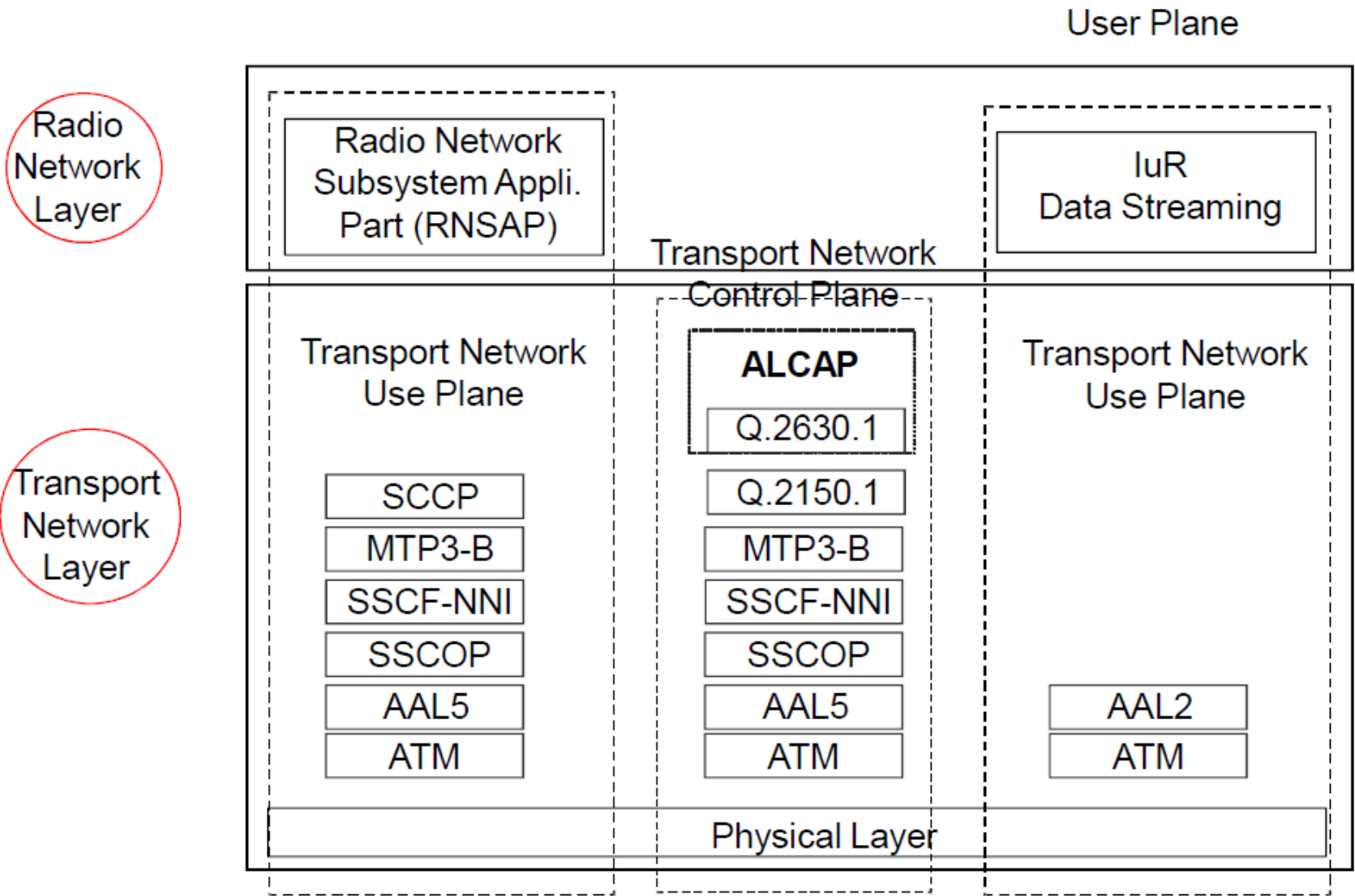


- **RANAP:** Radio Access Network Application Part (gestion de tuyau)
- **SCCP:** Signalling Connection Control Part
- **MTP3b:** Message Transfer Part Broad.
- **SSCF-NNI:** Service-Specific Coordination Function for Signaling at the Network Node Interface
- **SSCOP:** Service-Specific Connection-Oriented Protocol
- **AAL5:** ATM Adaptation Layer 5 (paquets)
- **ATM :** Asynchronous Transfer Mode
- **ITU Q.2630.1 et Q.2150.1** gèrent le monitoring

Pile Protocolaire d'Iu-PS



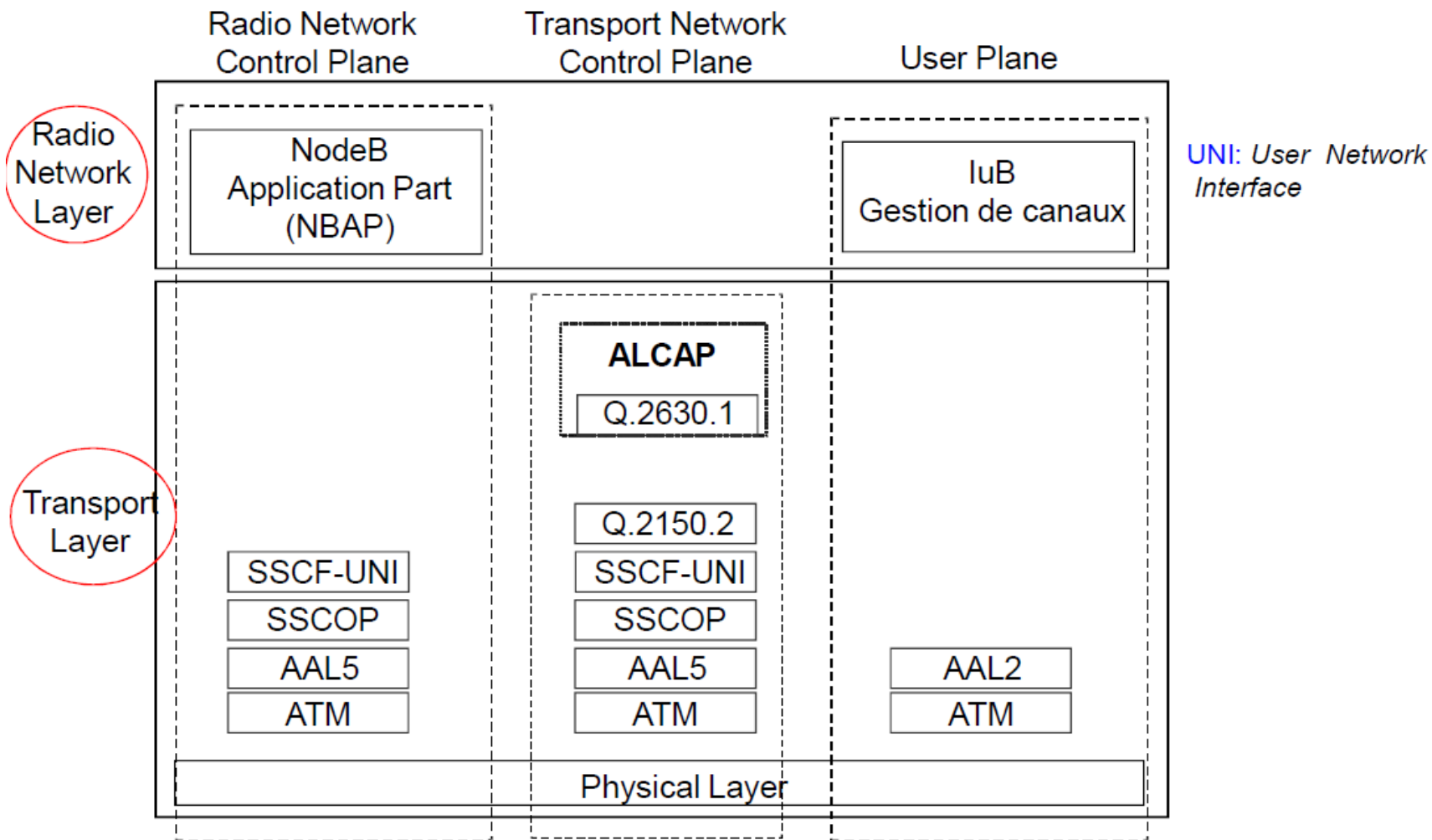
Pile Protocolaire d'IuR



Radio Network Layer

Transport Network Layer

Pile protocolaire d'IuB





RÉSEAU CŒUR (CN – CORE NETWORK)

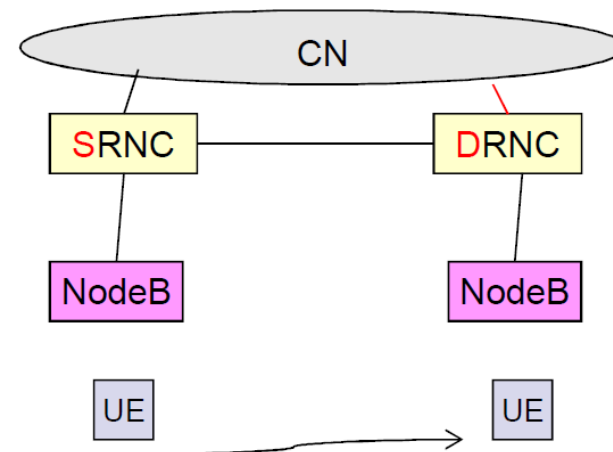
- UMTS rel.5 est composée de trois parties principales :
 - La partie CS contient principalement le GSM
 - La partie PS contient principalement le GPRS
 - La partie IMS connectée au PS permet à l'UMTS de s'interconnecter aux autres réseaux existants (WiFi, WiMax, ATM, IP, ADSL...)
- **Gestion de la mobilité (MM – *Mobility management*)**
 - Dans le domaine CS, le serveur MSC connaît l'état d'un UE (*MM Detached, MM Idle et MM Connected*)
 - Dans le domaine PS, le SGSN connaît l'état d'un UE (*PMM Detached, PMM idle et PMM Connected*)
- **Gestion de la connexion**
 - Dans le domaine CS, la gestion de la connexion repose sur le même principe qu'en GSM (**CC-Call Control**), en créant un circuit, si l'IMS n'intervient pas dans la gestion.
 - Dans le domaine PS, la gestion de la connexion repose sur le même principe qu'en GPRS (**GTP-GPRS Tunneling Protocol**), en créant un tunnel, si l'IMS n'intervient pas dans la gestion. -> *Un exemple sera illustré en TD*
 - Si l'IMS intervient dans la gestion de la connexion, la procédure devient assez complexe – protocole SIP (*voir les détails dans le document 3GPP TS 24.008*)

- Hard handover (l'ancien lien est libéré avant l'établissement du lien avec la nouvelle cellule; un handover dure, en moyenne, $100ms$) :
 - **L'UE collecte les paramètres** pour préparer une **nouvelle connexion**. Il demande au NodeB/RNC un handover
 - le **RNC réserve la ressource nécessaire** via l'interface IuR et reconfigure le lien entre UE et RNC.
 - **L'UE se déconnecte de l'ancien lien**. Ensuite, il se **connecte à la nouvelle cellule**
 - Le RNC transfère les paquets reçus vers le nouveau lien
- La procédure de «**hard handover**» est similaire à celle du **GSM**

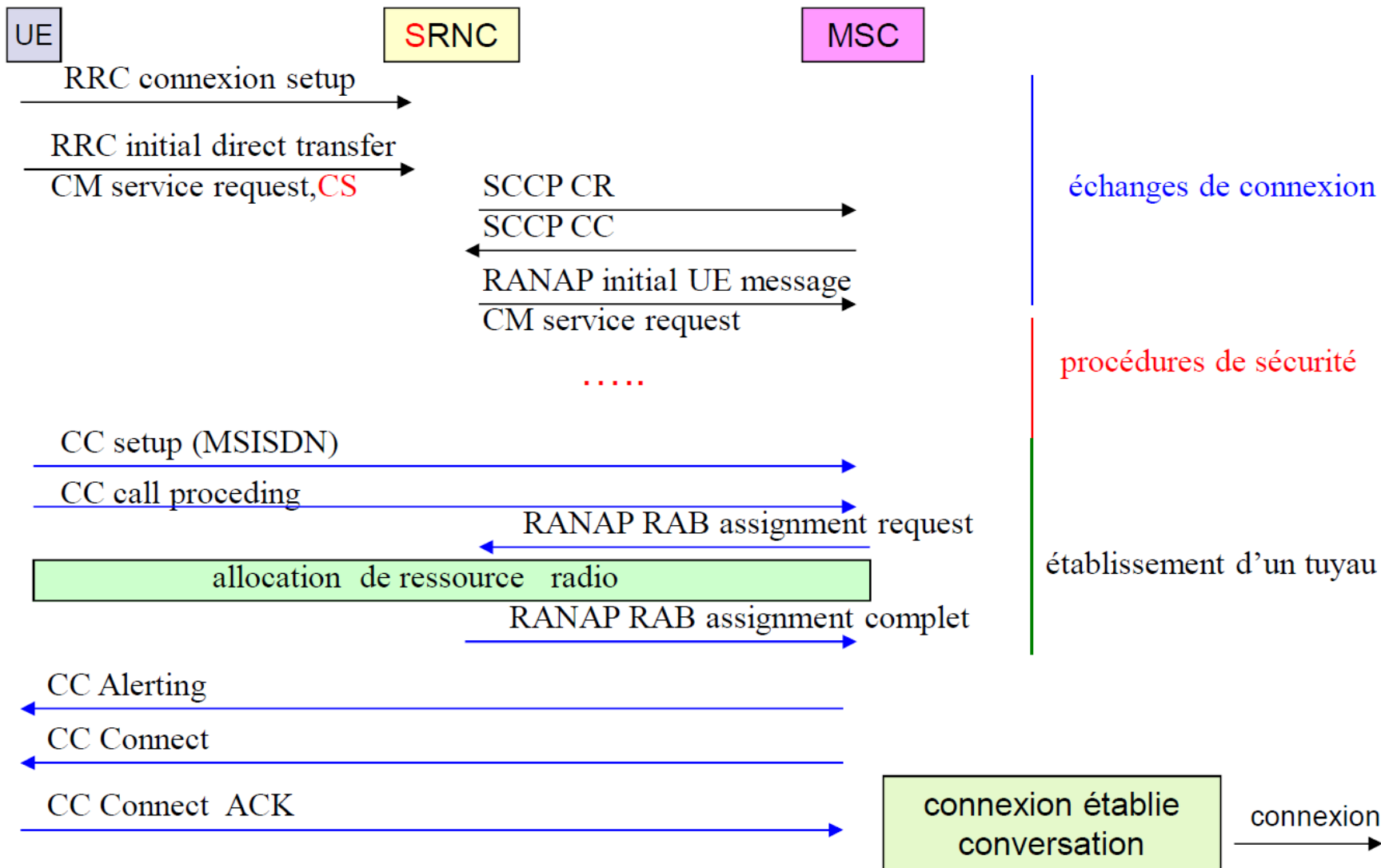
- **Soft handover** (l'ancien lien est libéré après l'établissement du lien avec la nouvelle cellule) :
 - L'**UE** peut être connecté **avec plusieurs cellules** (*6 cellules maximums*)
 - La gestion d'échanges de données entre l'**UE** et son destinataire filaire (ou mobile) est **compliquée et coûteuse** (les mêmes données sont transmises plusieurs fois dans les sens descendant et remontant)
 - L'avantage de soft handover est que la **communication** est **continue** et **sans interruption**.
 - L'inconvénient principal est que la gestion de soft handover est **compliquée**. La **consommation d'énergie** est relativement **coûteuse**.

Un exemple – soft handover

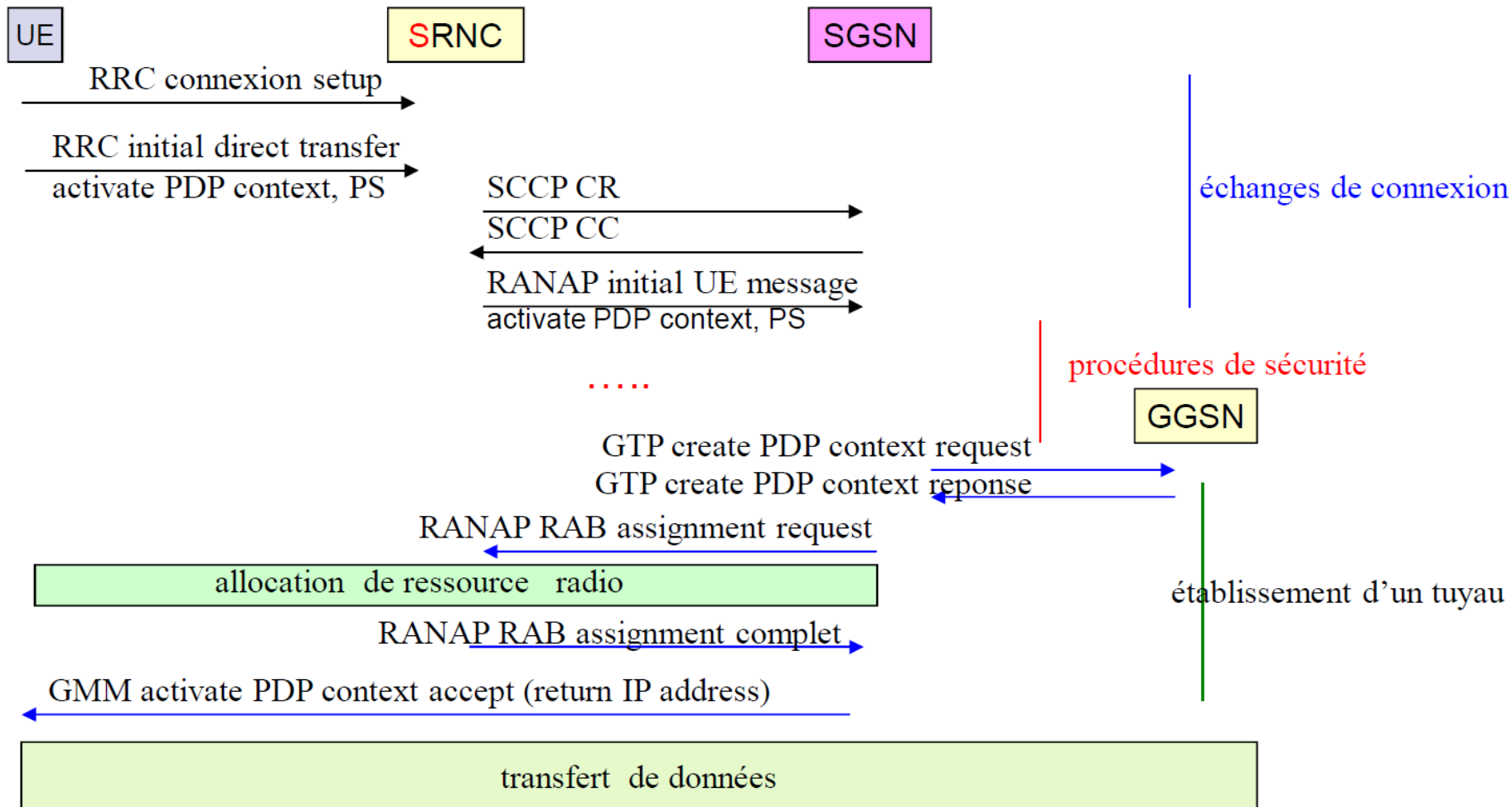
- UMTS définit deux types de RNC :
 - SRNC (*Serving Radio Network Controller*)
 - DRNC (*Drift Radio Network Controller*).
- Le DRNC est le responsable de la réservation de ressources dans la nouvelle cellule.
- Le SRNC est le responsable du transfert des paquets adressés au SRNC. Ensuite SRNC->DRNC
- SRNC peut réaliser une *re-localisation* de l'UE si la qualité du lien radio courant est dégradée.



Gestion de connexions CS



Gestion de connexions PS



- Rappel : le GSM utilise le **triplet** (RAND, SRES, Kc) pour l'authentification
- Les mesures renforcées de l'UMTS :
 - **L'intégrité et confidentialité** sont également **assurées**
 - **L'authentification** est **mutuelle**
 - UMTS utilise non seulement le **triplet** (RAND, XRES, CK), mais aussi une clé d'intégrité (**IK – Integrity Key**) et un jeton (**token**) d'authentification (**AUTN**). La valeur AUTN est également gérée par le centre AuC.
 - UMTS introduit également de nouveaux **algorithmes** de **chiffrement** et d'intégrité (de *f1* à *f10*)
- * *Les détails se trouvent dans les standards 3GPP TS 33.102 en 2010 et 3GPP TS 33.103 en 2001*



VERS LA 3G+ / HSPA

- **HSDPA** (*High Speed Downlink Packet Access*) : voie **descendante**
- **HSUPA** (*High Speed Uplink Packet Access*) : voie **montante**
- Définit dans les releases 5 (2002) et 6 (2005)
- But : **augmenter les débits** et **réduire la latence du système**.
- Passage à une **commutation de paquets** sur la **liaison radio** (à la place des **canaux réservés**).
 - Apparition de la gestion du scheduling, qualité de service, ...
 - En fonction de la qualité du lien radio
- Voie descendante : **Modulation 16-QAM** en plus de QPSK
- Voie montante : **Modulation QPSK** en plus de BPSK
- Apparition d'un mécanisme de **retransmission rapide de paquets** erronés -> **HARQ** (*Hybrid Automatic Response reQuest*).
- Débits : **14,4 Mbit/s** en voie descendante et **5,8 Mbit/s** en voie montante et **70ms** de latence.

définit par TS 25.308 et TS 25.896

- **Constat :**
 - Apparition de **nouveaux services** destinés aux mobiles
 - Apparition des **smartphones**
 - Et donc apparition des **utilisateurs toujours connectés** (*always-on*)
- **Vers :**
 - Évolution du HSPA : HSPA+
 - Définition du LTE
- Définit dans les releases 7 (2007) et 8 (2008)
- Voie descendante : **64-QAM**
- Voie montante : **16-QAM**
- **CD-HSDPA** (*Dual Carrier – HSDPA*) : possibilité d'utiliser deux porteuses simultanés en voie descendante vers le même utilisateur depuis une seule cellule (passage à un **spectre de 10Mhz** donc à la place d'un 5Mhz)
- **MIMO** (*Multiple Input Multiple Output*) : améliore les débits
- **CPC** (*Continuous Packet Connectivity*) : gestion des utilisateurs always-onb
- **Suppression du contrôleur de stations de bases** pour les services de données pour **améliorer la latence.**
- **Débits** : 11,5 Mbit/s (UL) et 42 Mbits/s (DL), 30ms



CONCLUSION

- L'évolution de réseaux mobiles est très rapide. Du 3GPP release 99 – UMTS au 3GPP release 5, les concepts ont évolués (réseau d'accès, réseau cœur, les trois types de canaux, IMS)
- Les réseaux 3G doivent **co-fonctionner** avec des **réseaux 2G** (un handover entre 2G-3G, par exemple)
- Les **réseaux mobiles** et **filaire *tout IP*** doivent être la réalité.
 - Cependant les défis techniques sont nombreux (pile protocolaire très complexe).
- Les réseaux de la 4G : LTE