

# Evolution des réseaux radio-mobiles

Dr. Ghada Jaber

Maître de conférences

Laboratoire Heudiasyc

2022/2023

# Plan



- I. Introduction aux réseaux cellulaires
- II. Réseaux **1G**
- III. Réseaux **2G**
- IV. Réseaux **3G**
- V. Réseaux **4G**
- VI. Réseaux **5G**

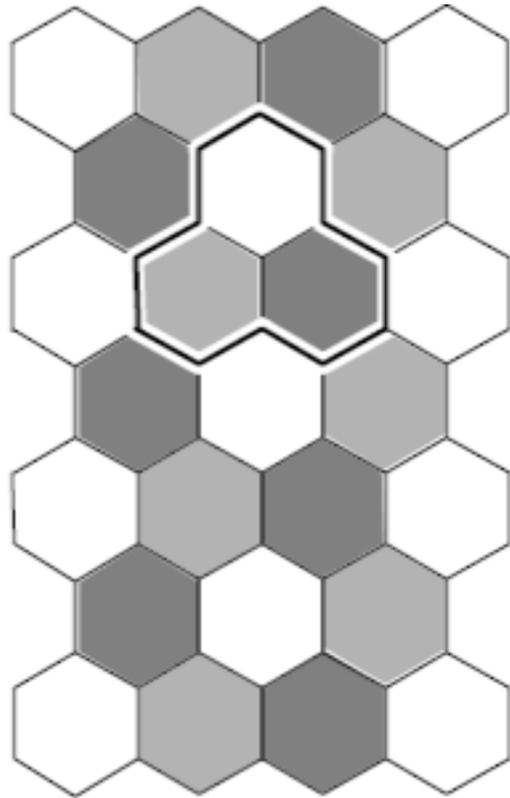
# Introduction aux réseaux cellulaires

- ❑ Les réseaux cellulaires forment la base des  **systèmes de radiocommunication**  avec les téléphones mobiles.
- ❑ Le principe de fonctionnement repose sur l'emploi d'émetteurs de faible puissance (**100W**).
- ❑ Chaque secteur géographique est découpé en petites zones appelées cellules.
- ❑ Chaque cellule dispose de son propre émetteur-récepteur, souvent appelé **antenne**, sous le contrôle d'une station de base.
- ❑ A chaque cellule est affecté une plage de fréquences.

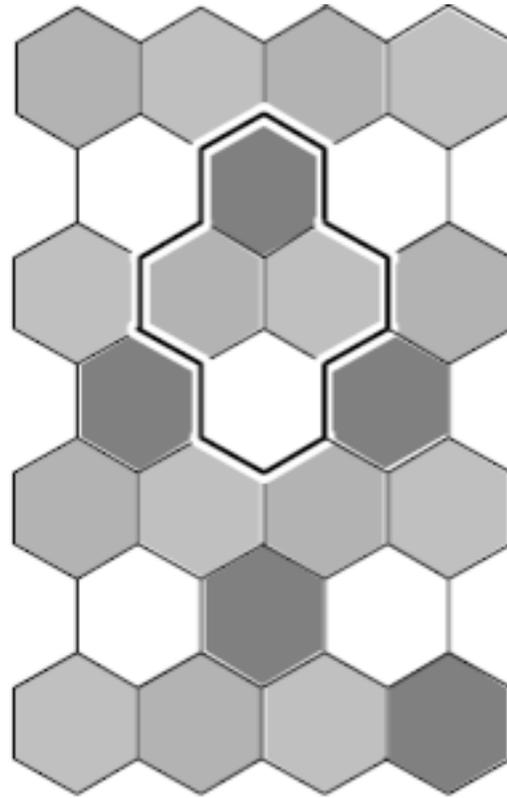
# Introduction aux réseaux cellulaires

- ❑ Des **cellules voisines** doivent utiliser des **fréquences différentes** pour éviter d'interférer entre-elles (GSM).
- ❑ L'organisation des cellules aux fins de réutilisation des fréquences peut suivre divers types de groupements appelés motifs.
- ❑ Le modèle idéal du réseau cellulaire est un réseau hexagonal, afin que la distance entre une antenne et toutes ces voisines soit la même
- ❑ Si le motif retenu contient **N cellules**, chacune d'elles peut exploiter  **$K/N$  fréquences**, avec **K** le **nombre total de fréquences** allouées au système.

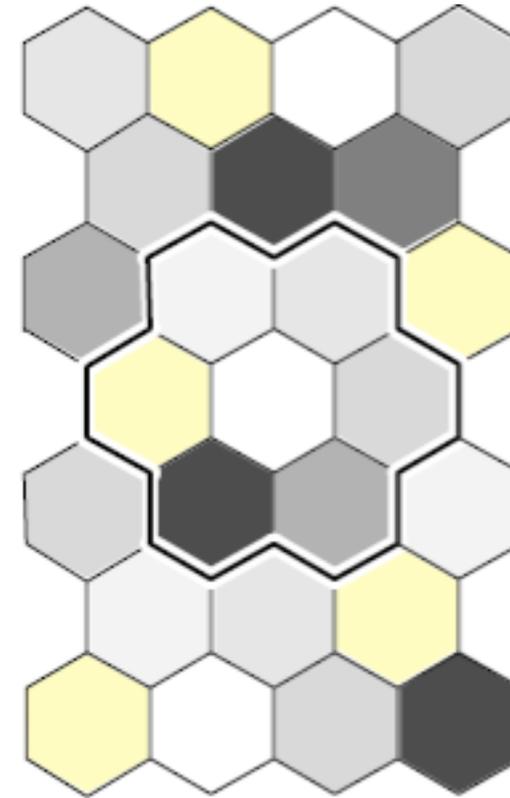
# Introduction aux réseaux cellulaires



N = 3



N = 4



N = 7

# Introduction aux réseaux cellulaires

❑ Avec le temps, le nombre d'utilisateurs augmente, les fréquences allouées ne sont plus suffisantes.

❑ Plusieurs solutions sont alors possibles:

1-Ajout de nouveaux canaux : tous les canaux ne sont pas toujours utilisés lors de la mise en place d'une cellule. Certains canaux peuvent alors être rendu utilisable.

2-Emprunt de fréquences : les cellules congestionnées empruntent des fréquences aux cellules voisines.

3-Division de cellule : généralement, la taille d'une cellule est entre 6,5 et 13km. Suivant la densité de la population, cette dimension est trop importante. Dans ce cas, en diminuant la puissance émission des antennes, il est alors possible de fabriquer des cellules plus petites (voir des microcellules).

4- Sectorisation de cellule : division d'une cellule en un certain nombre de secteurs qui reçoivent chacun un sous-ensemble de canaux de la cellule.

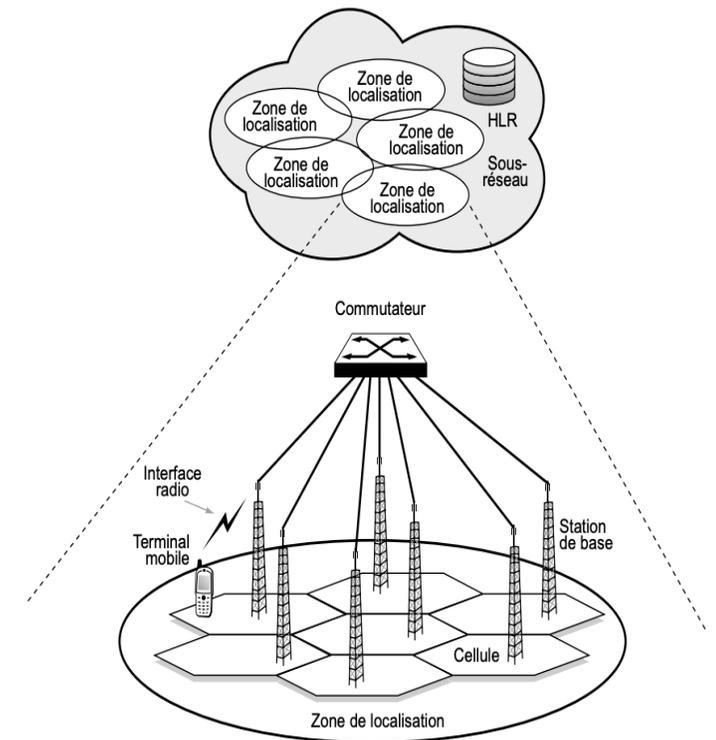
# Introduction aux réseaux cellulaires

- ❑ Réseaux cellulaires → couverture continue d'un territoire avec des stations de base.
- ❑ Un réseau radio-mobile doit assurer :
  - **Itinérance** : capacité à utiliser un autre réseau en tout point de la zone de service.
  - **Itinérance internationale ou international Roaming**: capacité à utiliser un autre réseau que celui auquel on est abonné.
  - **Mobilité radio**: possibilité de déplacer le terminal en gardant la communication.

# Introduction aux réseaux cellulaires

## Architecture réseau cellulaire

- ❑ Les réseaux de communication cellulaires comportent trois niveaux de hiérarchie:
  - Au premier niveau se trouvent le sous-réseau qui a la charge d'enregistrer le profil utilisateur.
  - Le deuxième niveau est constitué par la zone de localisation qui regroupe l'ensemble des cellules.
  - Le dernier niveau est constitué de la station de base qui dessert la cellule.
- ❑ La station de base assurera le rôle de relais radio.
- ❑ Le commutateur gère un ensemble de station de base et réalise un maximum de procédures pour garantir une connexion: établissement d'appel, gestion du passage intercellulaires, authentification et cryptage, etc.



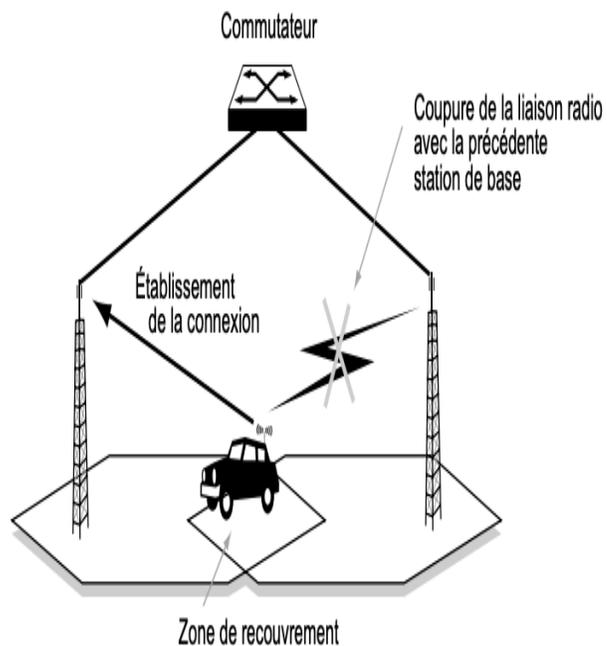
# Introduction aux réseaux cellulaires

## Composantes d'un réseau cellulaire

- ❑ Au centre de chaque cellule se trouve une **Station de Base** ou BS (Base Station), comprenant une antenne, un contrôleur et un certain nombre d'émetteurs- récepteurs.
- ❑ Chaque station de base est connectée à un **centre de commutation de mobiles** ou MTSO (*Mobile Telephone Switching Office*), gérant plusieurs stations via BSC ou RNC (pour 2G et 3G).
- ❑ L'opérateur affecte une ou plusieurs fréquences à chaque station de base. Les mêmes canaux de fréquence sont réutilisés dans plusieurs cellules selon la capacité du système à résister aux interférences.

# Introduction aux réseaux cellulaires

## Handover ou handoff (transport intercellulaire)



- Lorsque l'utilisateur mobile quitte sa cellule pour entrer dans une autre, il peut être amené à s'approcher d'une station de base voisine.
- Pour poursuivre sa communication, l'utilisateur doit effectuer un transfert intercellulaire ou handover qui consiste à établir une nouvelle connexion radio vers la nouvelle cellule.

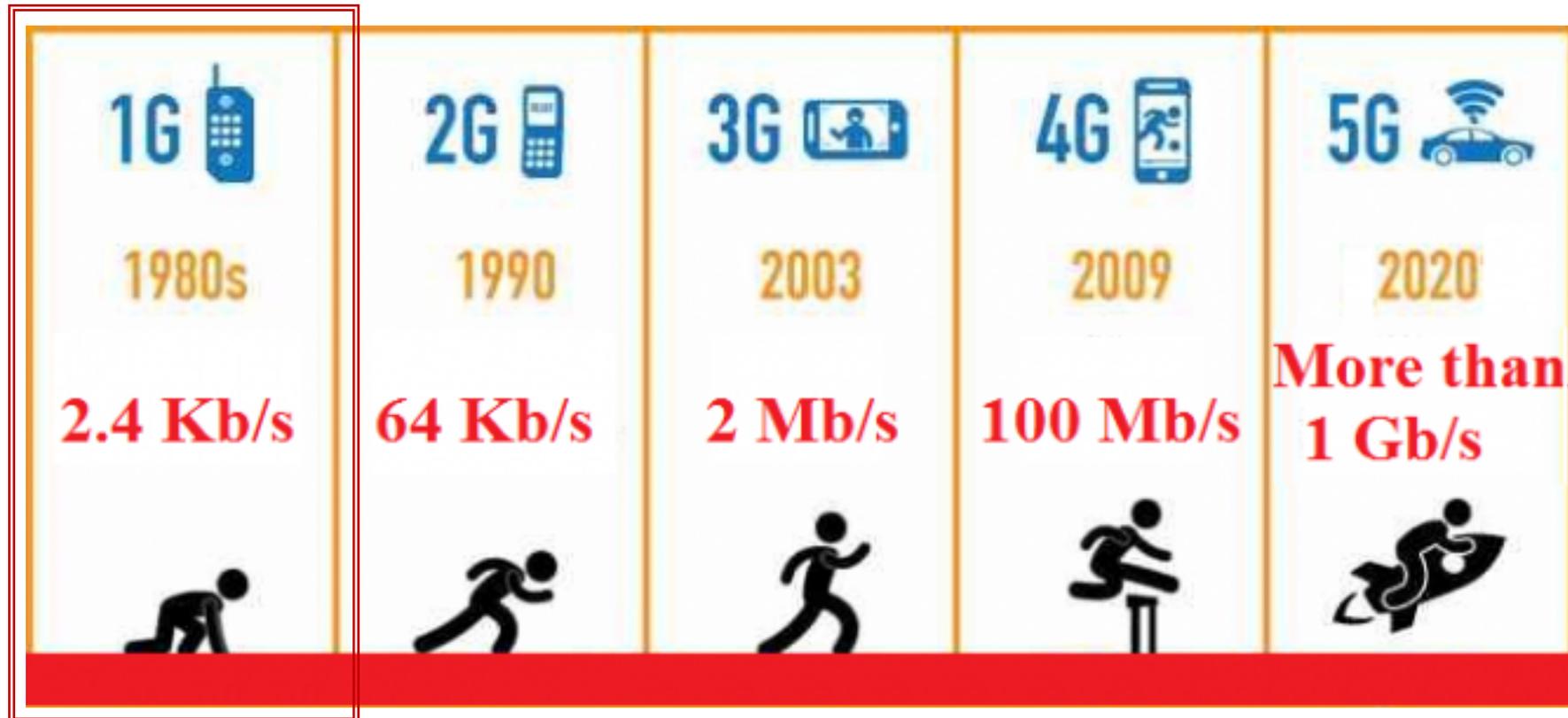
# Introduction aux réseaux cellulaires

## Handover

□ Il existe différentes sortes de transferts intercellulaires:

- Handover doux: a lieu lorsque le canal de la cellule source est maintenu pendant un certain laps de temps pendant que la liaison avec la cellule cible est engagée. Dans ce cas, la connexion avec la cellule cible est établie avant la rupture du lien avec la cellule source « Make before Break ». (3G)
- Handover dur: se produit lorsque le canal radio de la cellule source est libéré et le canal dans la cellule cible est engagé. Ainsi, la connexion à la cellule source est rompue avant (ou au même moment) l'établissement de la liaison avec la cellule cible « Break before Make » . (2G, 4G)
- Handover souple: Ce type de handover est propre aux réseaux TCP/IP, dans lesquels le transport de l'information se fait par paquets indépendants. Un handover normal pourrait provoquer la perte de paquets lors de la coupure du lien. Plus le nombre de paquets perdus, plus le handover devient souple.

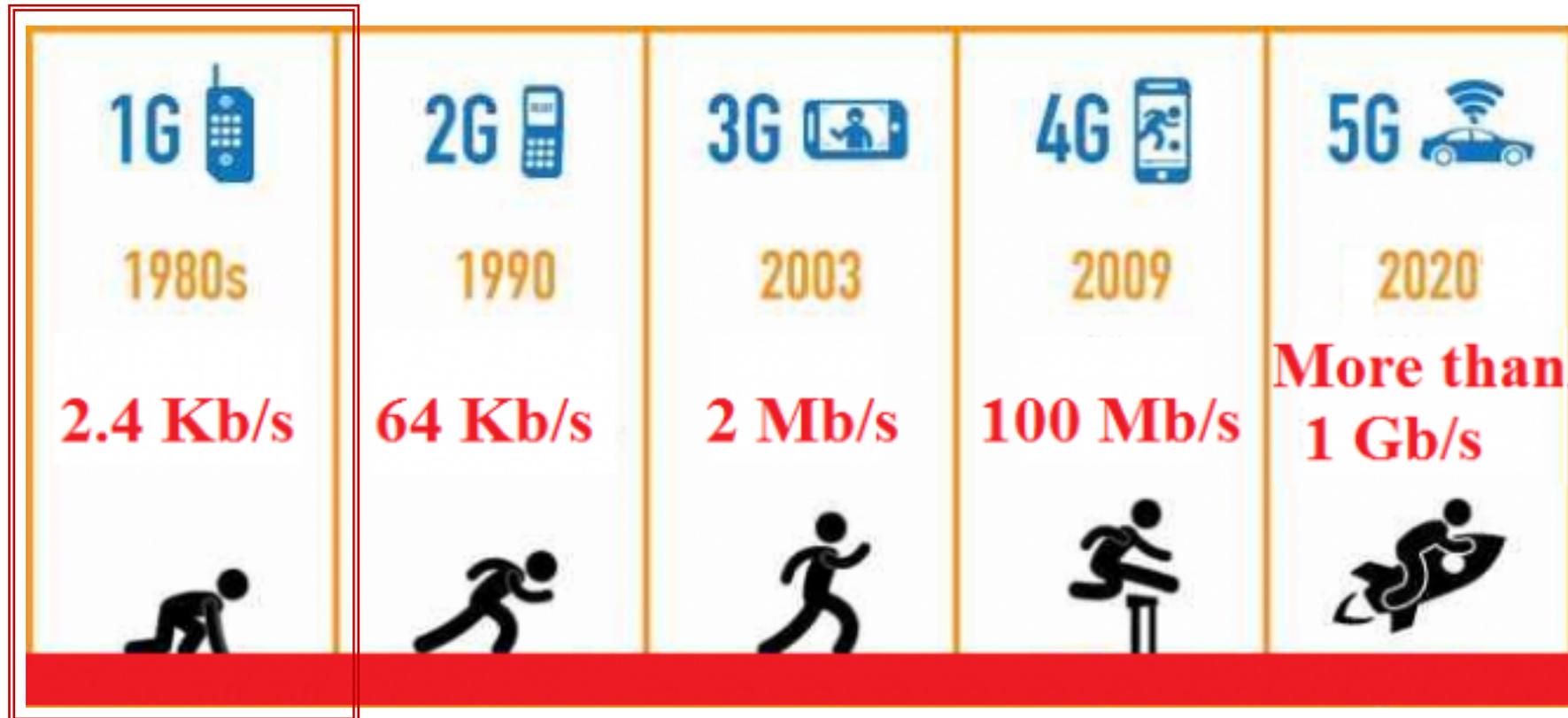
# Réseaux 1G



# Réseaux 1G

- ❑ La première génération (**1G**) possédait un fonctionnement analogique et était constituée d'appareils relativement volumineux.
  - **AMPS (Advanced Mobile Phone System)**: ce réseau analogique possédait de faibles mécanismes de sécurité rendant possible le piratage de lignes téléphoniques.
  - **TACS (Total Access Communication System)**: la version européenne du modèle AMPS, elle utilisait la bande de fréquence de 900 MHz.
  - **ETACS (Extended Total Access Communication System)** : une version améliorée du standard TACS développée au Royaume-Uni utilisant un nombre plus important de canaux de communication.

# Réseaux 2G



# Réseaux 2G

- ❑ La deuxième génération de réseaux mobiles (**2G**) a marqué une rupture avec la première de téléphone cellulaires: **l'analogique → le numérique**.
- ❑ Le principal standard de la **2G** est:
  - **GSM (Global System for Mobile communications)**: Ce standard utilise les bandes de fréquences **900 MHz** et **1800 MHz** en Europe et la bande **1900 MHz** aux Etats-Unis.

# Réseaux 2G



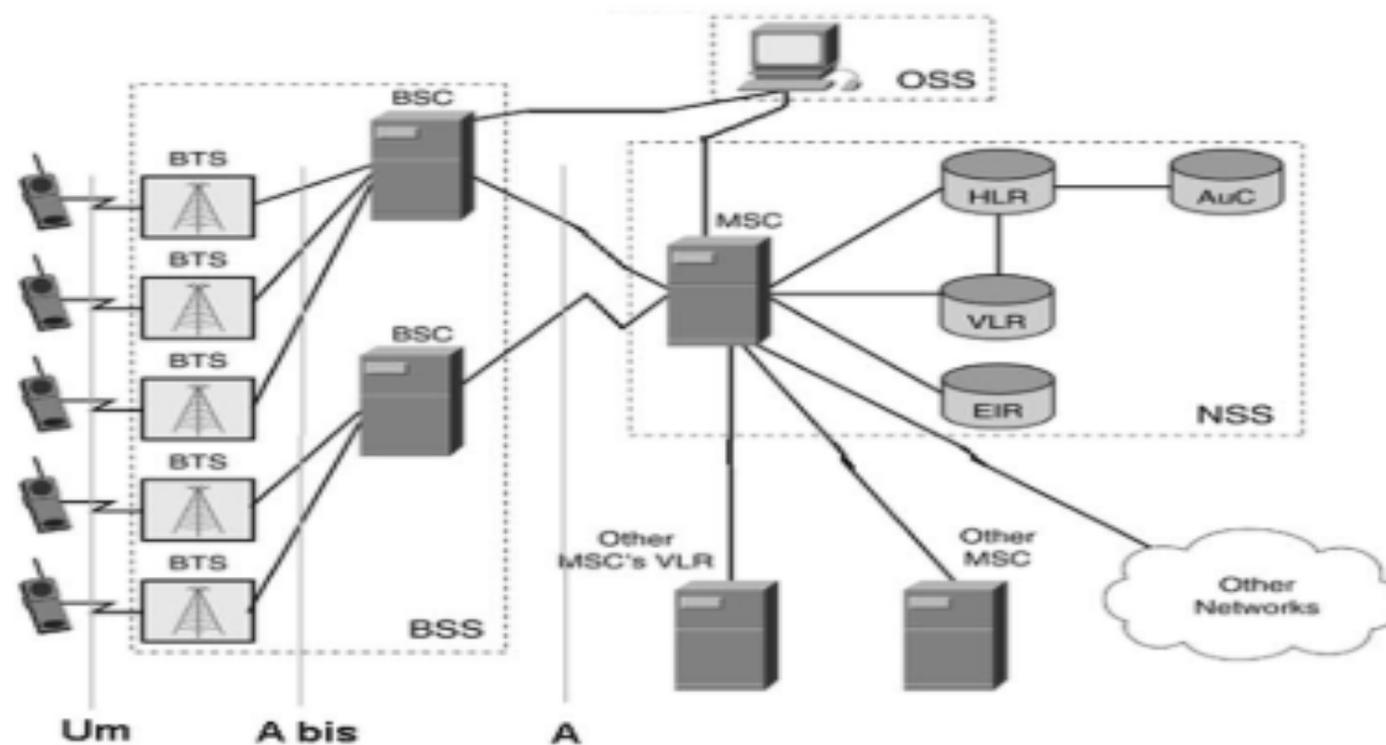
## GSM

- ❑ Grâce aux réseaux 2G, il est possible de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume: les messages texte (**SMS**) ou les messages multimédia (**MMS**).
- ❑ **GSM** offre un débit max de 9,6 kbit/s.
- ❑ **GSM** introduit la notion de puce **SIM** (Subscriber Identity Model) qui matérialise l'abonnement et ne dépend pas du terminal.
- ❑ Le téléphone **GSM** est caractérisé donc par deux identités:
  - Le numéro d'équipement **IMEI** (International Mobile Equipment Number), fourni lors de la construction du mobile
  - Le numéro **IMSI** (International Mobile Subscriber Identity) se trouvant dans la carte SIM de l'abonné

# Réseaux 2G



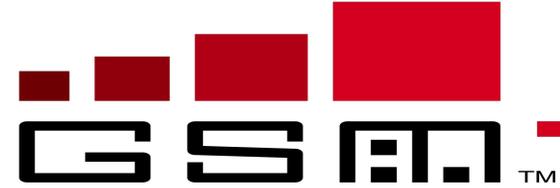
## Architecture GSM



## Equipements d'un réseau GSM

- ❑ Le système de communication radio **BSS** (Base Station Subsystem) est l'équipement qui assure la couverture de la cellule et comprend :
  - les stations de transmission de base **BTS** (Base Transmitter Station).
  - le contrôleur de stations de base **BSC** (Base Station Controller) qui gère entre 20 et 30 BTS.
- ❑ Le sous-système réseau **NSS** (Network Switching Subsystem) comprend :
  - Le commutateur de services mobiles **MSC** est un autocommutateur qui assure les fonctions de commutation nécessaires en aiguillant les conversations vers la MSC du correspondant ou vers d'autres réseaux et possède son registre d'abonnés visiteurs **VLR** stockant les informations de l'abonné liées à sa mobilité.

# Réseaux 2G



## Equipements d'un réseau GSM

- ❑ Le registre des abonnés nominaux ou **HLR** (Home Local Register) est une base de données utilisée pour la gestion des abonnés mobiles et contenant deux types d'informations :
  - Les informations d'abonnés, le numéro d'abonné (IMSI)
  - Les informations sur la localisation de l'abonné, permettant aux appels entrant dans le réseau d'être acheminés jusqu'à ce mobile.

# Réseaux 2G

- ❑ Des extensions de la norme **GSM** ont été mises au point afin d'en améliorer le débit :
  - le standard **GPRS** (General Packet Radio System), qui permet d'obtenir des débits théoriques de l'ordre de **114 kbit/s**, plus proche de **40 kbit/s** dans la réalité. Cette technologie ne rentrant pas dans le cadre de l'appellation « 3G » a été baptisée **2.5G**.
  - La norme **EDGE** (Enhanced Data Rates for Global Evolution) : **2.75G**, quadruple les améliorations du débit de la norme GPRS en annonçant un débit théorique de **384 kbit/s**, ouvrant ainsi la porte aux applications multimédias. En réalité la norme EDGE permet d'atteindre des débits de **2 Mbit/s**;

# Réseaux 2G



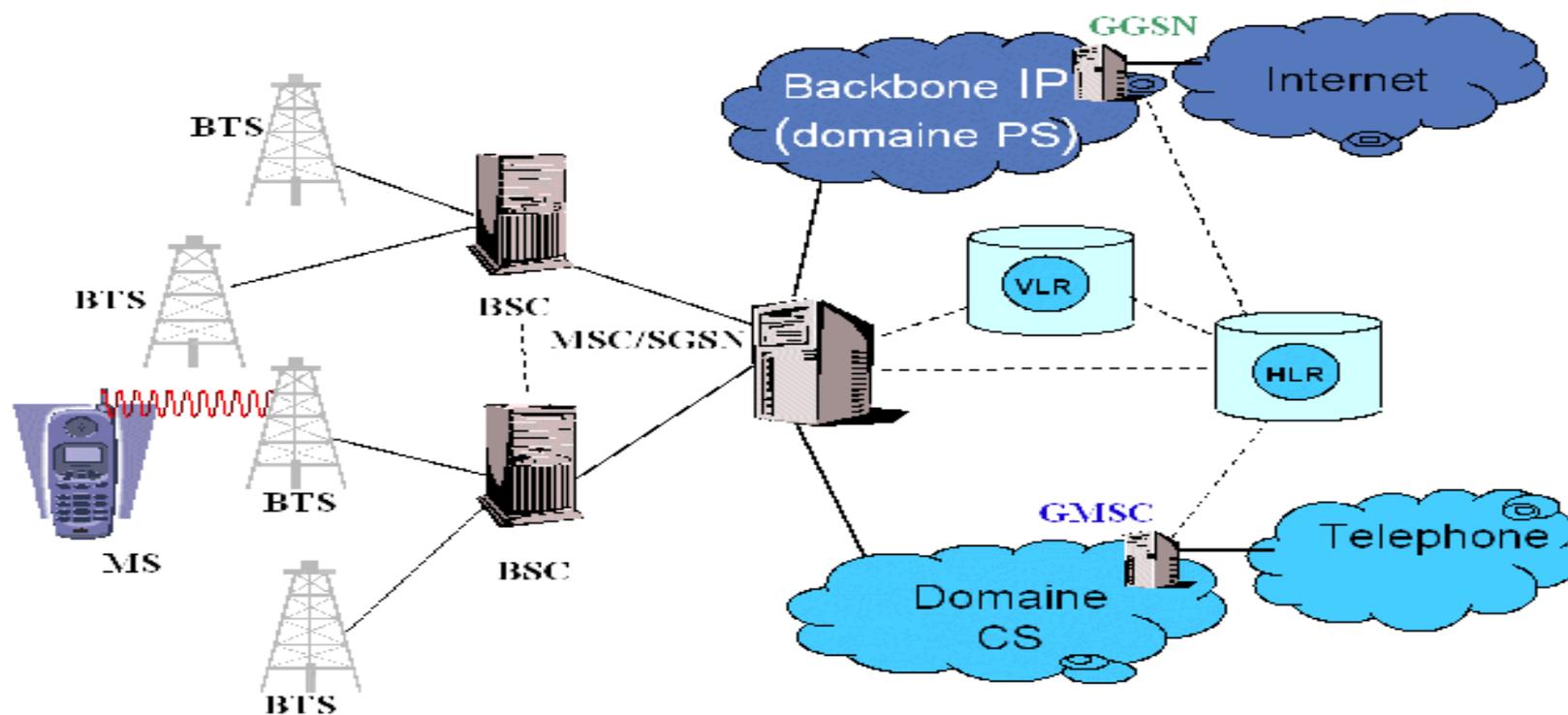
## GPRS

- ❑ L'objectif du **GPRS** est d'apporter un service support de commutation de paquets sur l'interface radio ainsi qu'un accès à des réseaux de données externes (IP).
- ❑ Le **GPRS** utilise les bandes de fréquences attribuées au **GSM**.
- ❑ **GPRS** apporte plusieurs modifications aux systèmes **GSM** existants :
  - Un accès radio en mode paquet ( modification de plusieurs équipements au niveau du réseau d'accès) .
  - Définition d'un nouveau cœur de réseau mobile paquet.

# Réseaux 2G



## Architecture GPRS



# Réseaux 2G



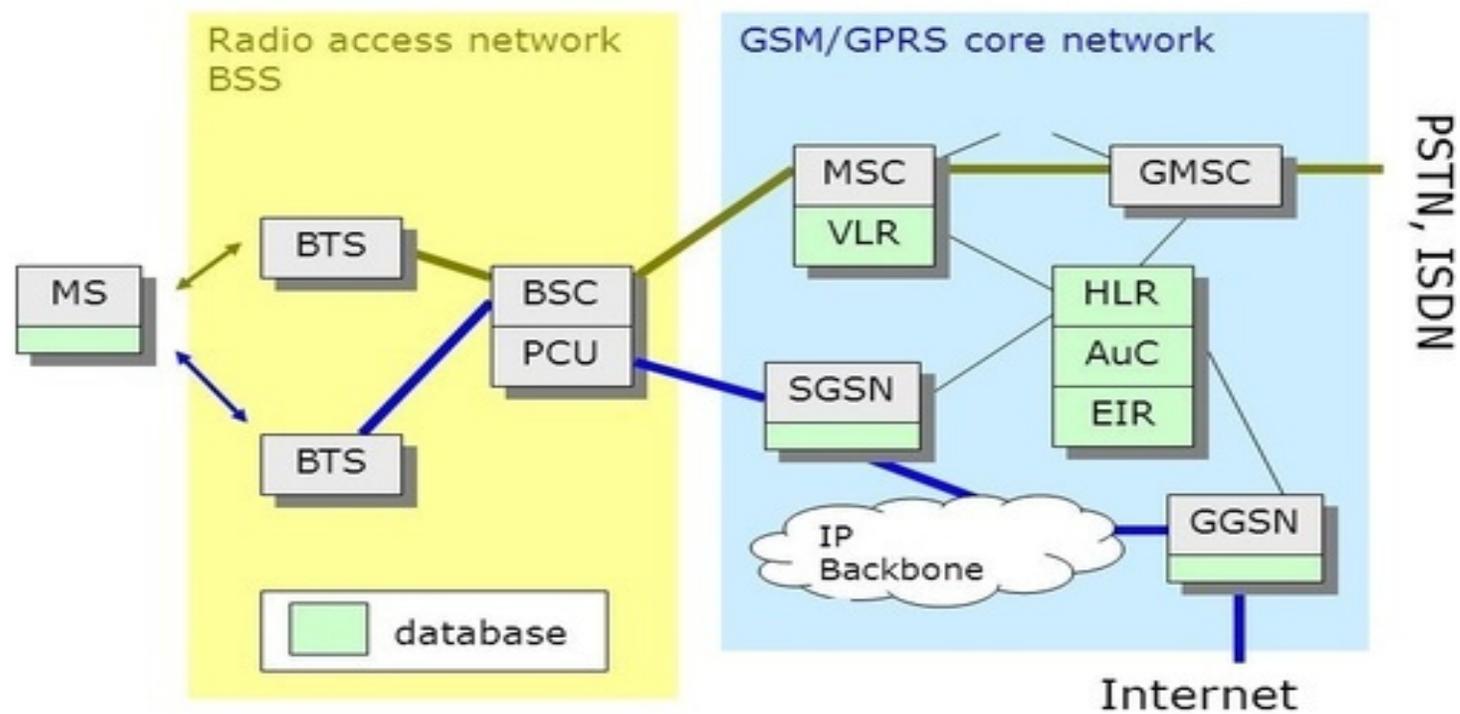
## Architecture GPRS

- ❑ Le **GPRS** introduit deux nouvelles entités fonctionnelles dans le réseau coeur :
  - **SGSN** (Serving GPRS Support Node): Le SGSN est l'équipement auprès duquel le mobile se rattache et s'enregistre, il renvoie une adresse IP au mobile et a également une fonction de routage de données.
  - **GGSN** (GPRS Gateway Support Node): Le GGSN est un point de passage obligé pour aller vers l'Internet.

# Réseaux 2G



## Architecture GPRS



# Réseaux 2G



## Architecture GPRS

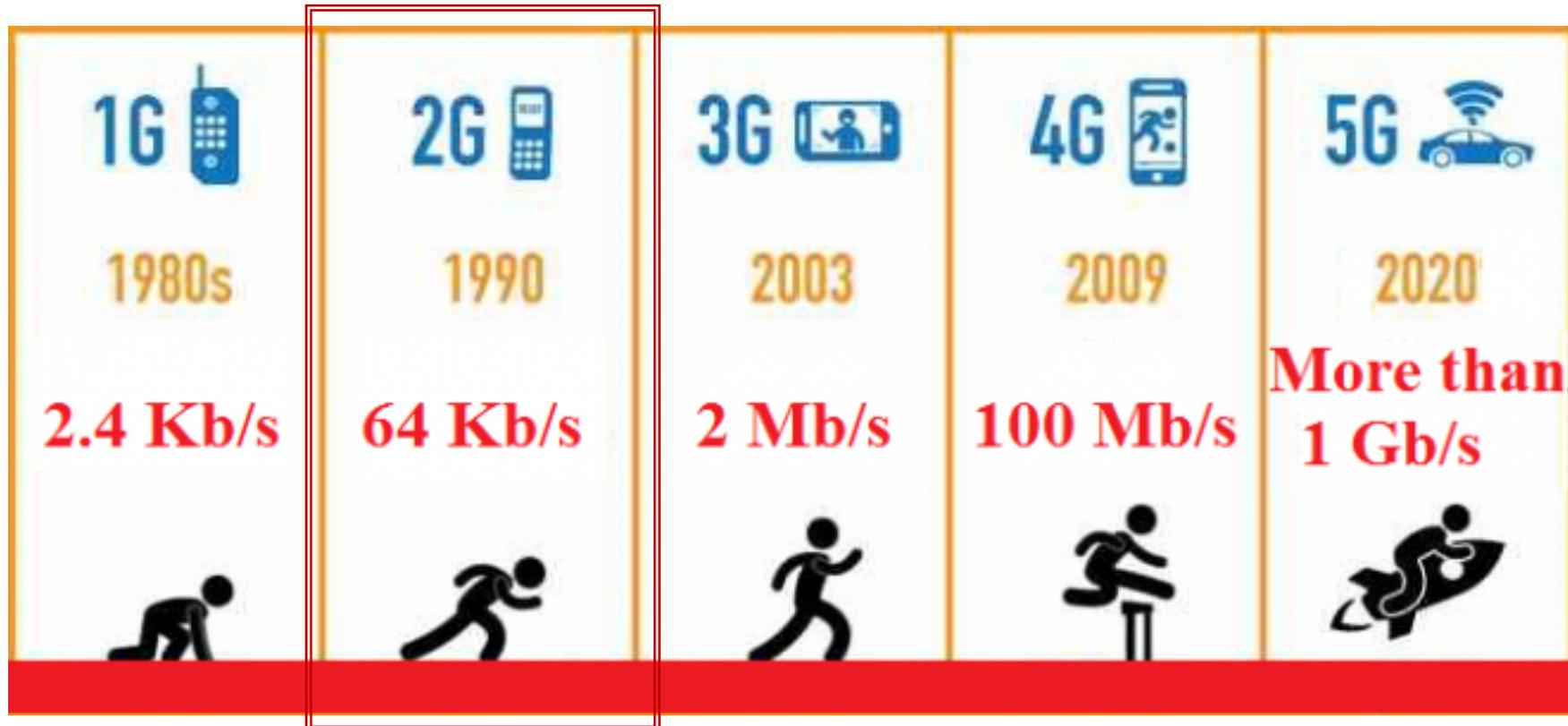
- ❑ **GPRS** réutilise en grande partie le réseau d'accès **GSM** (même infrastructure de transmission), mais l'allocation des ressources est faite différemment sur l'interface radio.
- ❑ L'entité PCU (Packet Controller Unit) a été rajoutée, elle est en charge du partage de ressources sur l'interface radio, Elle fragmente et rassemble les informations à transmettre sur la radio ...).
- ❑ Au niveau **BTS**, **GPRS** ajoute un CCU (Channel Codec Unit) chargé des opérations physiques tels que le codage correcteur d'erreurs, modulation.

# Réseaux 2G

## EDGE

- ❑ **EDGE** est une technologie de couche physique.
- ❑ Utilisation d'une modulation plus efficace (**8-PSK**) .
- ❑ Multiplication du débit par 3 mais sur une couverture plus réduite (**69,2 kbit/s** par intervalle de temps au lieu de **22,8 kbit/s**) .
- ❑ Débits prévus : jusqu'à **384 kbit/s** pour piétons (microcellules) et véhicules lents jusqu'à **144 kbit/s** pour véhicules rapides.

# Réseaux 3G



# Réseaux 3G

- ❑ Les spécifications IMT-2000 de l'Union Internationale des Communications (UIT) définissent les caractéristiques de la **3G**, qui sont:
  - Un haut débit de transmission.
  - Compatibilité des services mobiles de 3<sup>ème</sup> génération avec les réseaux de seconde génération.
- ❑ La **3G** propose d'atteindre des débits supérieurs à *144 kbit/s*, ouvrant ainsi la porte à des usages multimédias tels que :
  - La transmission de vidéo
  - La visio-conférence
  - L'accès à internet haut débit ...

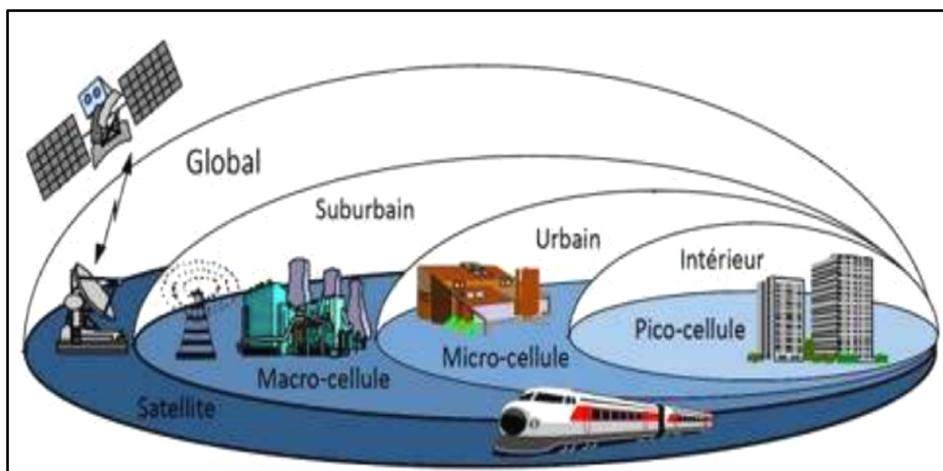
# Réseaux 3G

- ❑ Bandes de fréquences différentes des réseaux précédents : **1885-2025 MHz** et **2110-2200 MHz**.
- ❑ La principale norme 3G utilisée en Europe s'appelle **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System).
- ❑ La technologie UMTS utilise une largeur de bande de fréquence de **5 MHz** pour le transfert de la voix et de données avec des débits de l'ordre **384 kbit/s**.
- ❑ La technologie **HSDPA** (High-Speed Downlink Packet Access) est un protocole de téléphonie mobile de 3<sup>ème</sup> génération baptisé « 3.5G » permettant d'atteindre des débits de l'ordre de **8 à 63 Mbit/s**. La technologie HSDPA utilise une largeur de bande de fréquence **5 GHz**.

# Réseaux 3G

## UMTS

- ❑ Solution européen-japonaise pour les systèmes **3G**.
- ❑ Comme le réseau **GSM**, l'**UMTS** est divisé en cellules de taille variables : macro-cellules, micro-cellules, pico-cellules, en fonction de de la densité de population à servir.



- ❑ Le débit dépend de la vitesse de l'utilisateur supportée par une cellule particulière:
  - Macro-cellule: *144 kbit/s*, pour *500 km/h*
  - Micro-cellule: *384 kbit/s*, pour *120 km/h*
  - Pico-cellule: *2 Mbit/s*, pour *10 km/h*

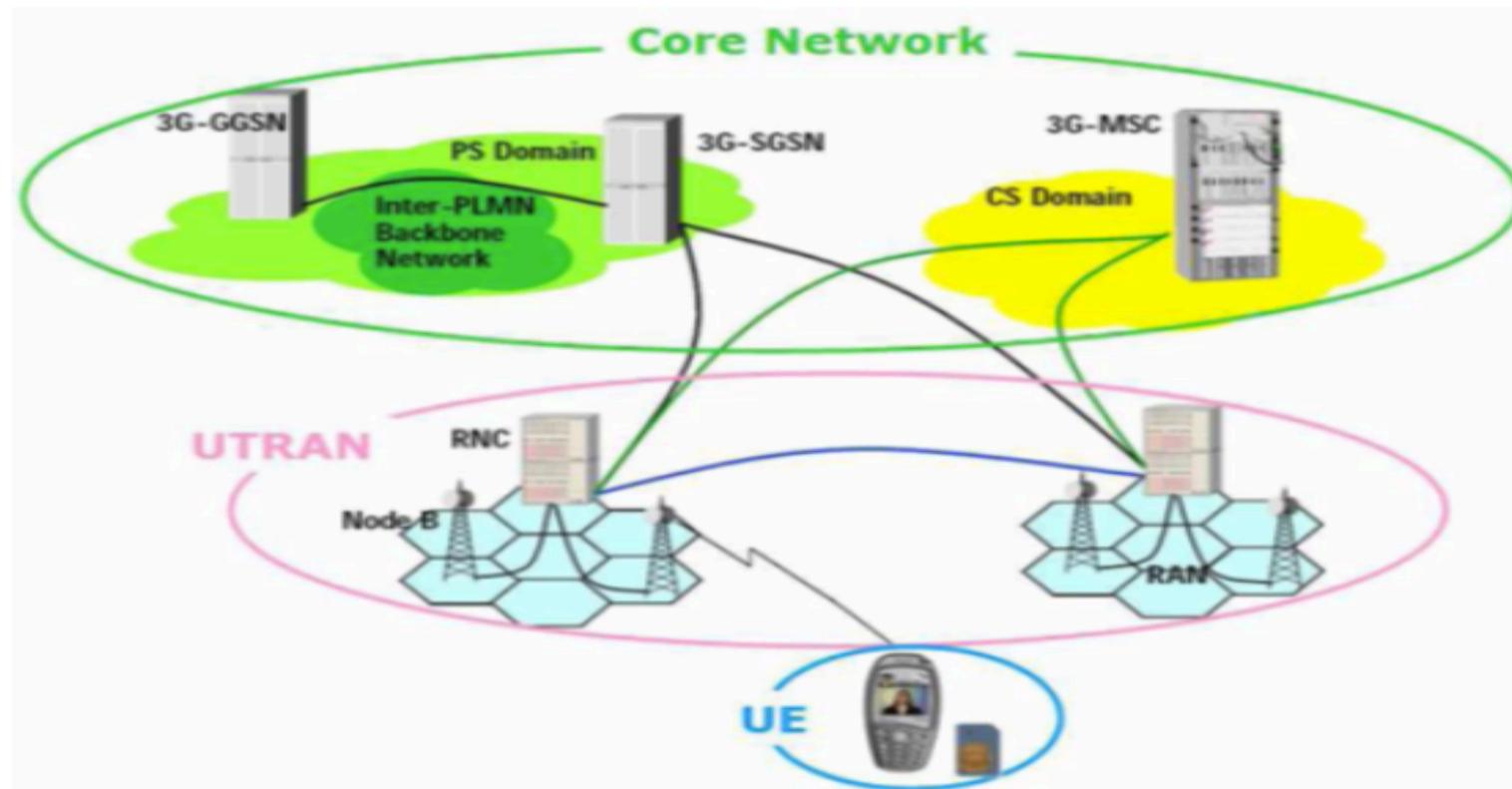
# Réseaux 3G

## UMTS

- ❑ Séparation poussée entre réseau d'accès (**UTRAN**, Universal Terrestrial Access Network) et réseau cœur ( **CN**, Core Network).
- ❑ Réutilisation des réseaux **GSM** et **GPRS**.
- ❑ Définition d'un nouveau réseau d'accès et d'une nouvelle interface radio.
  - **Node B**: équivalent de la **BTS** .
  - **RNC** (Radio Network Controller): équivalent du **BSC**.
  - Utilisation d'un réseau de transport dans le réseau d'accès: ATM dans un premier temps, IP dans un second temps.

# Réseaux 3G

## Architecture UMTS



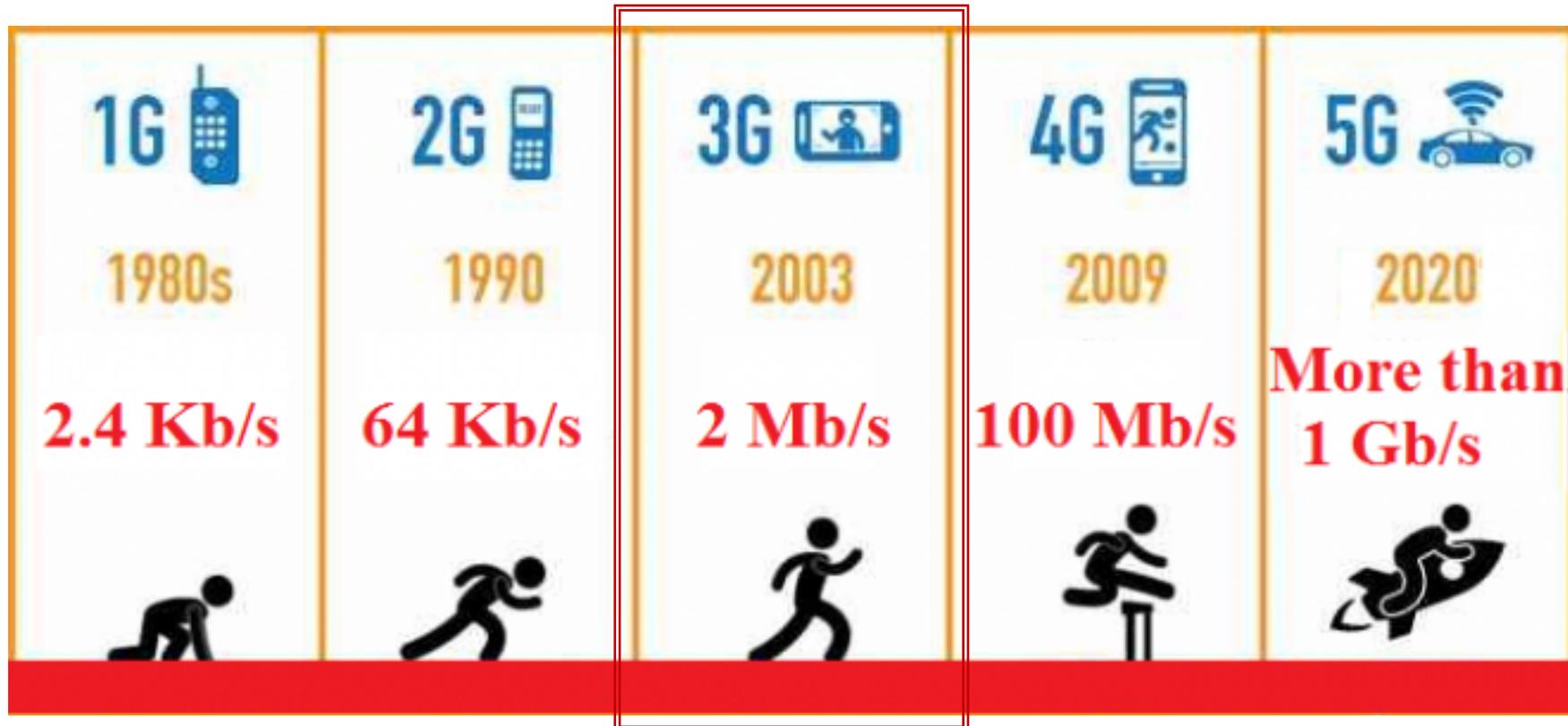
# Réseaux 3G

## Architecture UMTS

**UTRAN** : est composé de deux éléments principaux : le **RNC**, et le **Node B**. Chaque **RNC** est connecté à un **Node B**. Chaque **Node B** contrôle une ou plusieurs cellules.

- **RNC** est un contrôleur du **Node B** qui permet de gérer ressources radio du réseau d'accès de façon quasi autonome. Il est l'équivalent du **BSC** dans le réseau **GSM**.
- **Node B** est une antenne qui joue le rôle du **BTS** pour le **GSM** pour la transmission / réception radio avec les cellules. Il régit le codage du canal, l'adaptation du débit et l'étalement. Il communique directement avec le mobile.

# Réseaux 4G



# Réseaux 4G

## Objectif de la 4G ou LTE

- ❑ Améliorer les délais de transmission, la rapidité de connexion ainsi que la latence.
- ❑ Améliorer les débits utilisateurs.
- ❑ Réduire le coût par bit, ce qui implique une meilleure efficacité spectrale.
- ❑ Simplifier l'architecture réseau.
- ❑ Gérer la mobilité y compris avec les réseaux mobiles existants.
- ❑ Réduire la consommation du terminal mobile (par rapport à la **3G**).

# Réseaux 4G

## Par rapport à UMTS, LTE ...

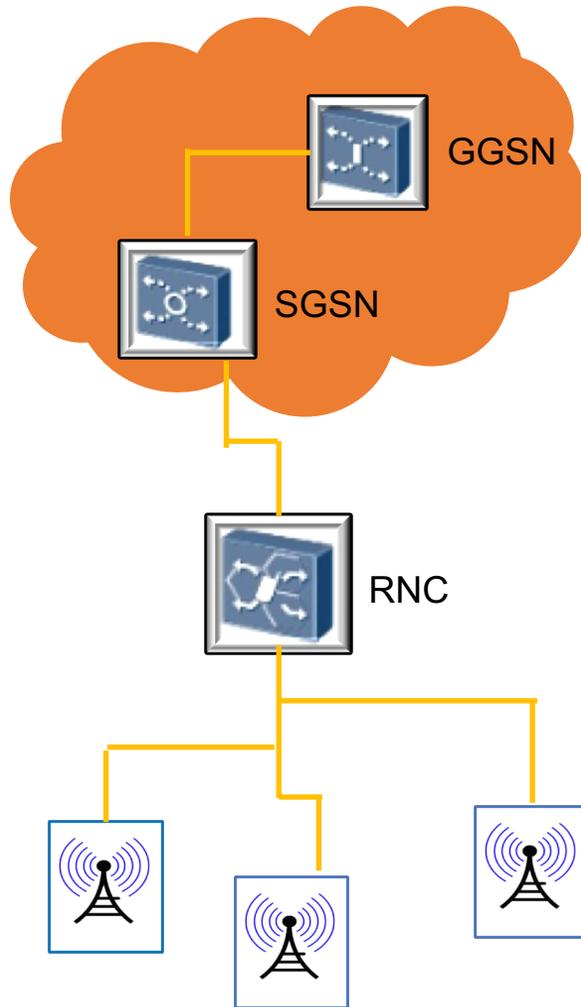
- ❑ La norme **LTE** est définie par le 3GPP.
- ❑ La **LTE** utilise des bandes de fréquences d'une largeur pouvant varier de **1,4 MHz** à **20 MHz** dans une plage de fréquence théorique de **450 MHz** à **3,8 GHz**.
- ❑ **LTE** offre un débit descendant théorique allant jusqu'à **2 Gbit/s** et un débit montant théorique (*uplink* dans le sens : terminal vers la station de base ) allant jusqu'à **150 Mbit/s**.
- ❑ Un débit de données 3 à 4 fois plus important que celui de **l'UMTS/HSPA**.
- ❑ **LTE** offre aussi une efficacité spectrale (nombre de bits transmis par seconde par hertz) trois fois plus élevée que la version de **l'UMTS**.

# Réseaux 4G

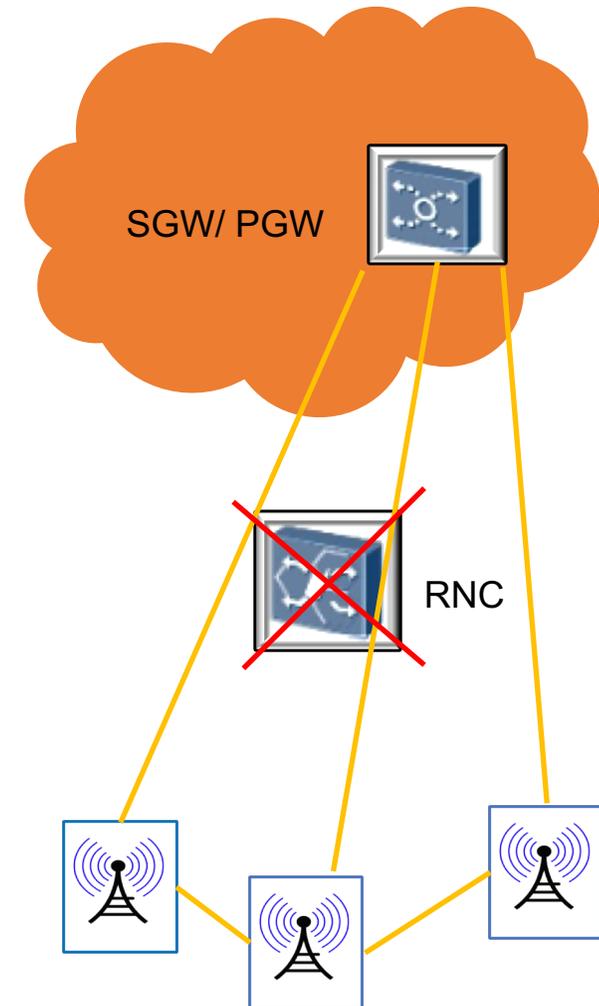
## Par rapport à UMTS, LTE ...

- ❑ **LTE** assure un temps de latence proche de **10 ms** contre **70 à 200 ms** en **HSPA** et **UMTS**.
- ❑ **LTE** offre des performances et des débits radios améliorés par l'utilisation de la technologie multi-antennes MIMO.
- ❑ **LTE** utilise des codes correcteur d'erreur de type «Turbo codes».
- ❑ **LTE** prend en charge plus de 200 terminaux actifs simultanément dans chaque cellule.
- ❑ **LTE** possède un bon support des terminaux en mouvement rapide (de bonnes performances ont été enregistrées jusqu'à **350 km/h**).

# Réseaux 4G

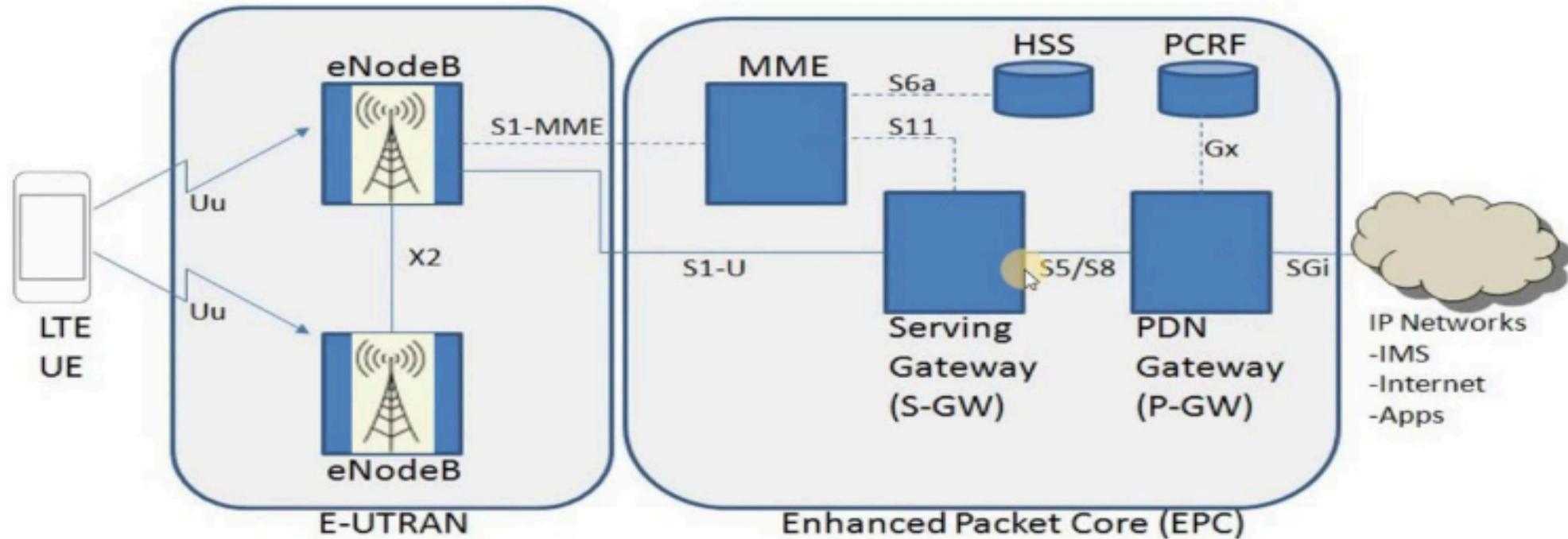


## Architecture 3G vs 4G



# Réseaux 4G

## Architecture 4G



# Réseaux 4G

## Architecture 4G

- L'architecture générale du réseau **LTE** comporte 3 parties l'UE (User Equipment), le réseau d'accès E-UTRAN et le réseau cœur, Evolved Packet Core (EPC).

### E-UTRAN:

- L'E-TRAN est constitué des evolved Node B (**eNodeB**) qui ressemble en une seule entité les fonctionnalités des nœuds **NodeB** et **RNC** de l'**UMTS**. Son principal rôle est de **véhiculer les flux de données de l'UE vers l'EPC**. Les **eNodesB** ont offert la sécurité en cas de problème d'un relais et le partage de ressources équitables en cas de saturation du lien principale.

# Réseaux 4G

## Architecture 4G

- Contrairement au passage de la **2G** à la **3G**, la **4G** s'appuie sur un tout nouveau réseau cœur.

### EPC:

- L'évolution de l'**EPC** est la séparation des plans contrôle et plan de trafic pour le réseau cœur.
- Le **SGSN** est séparé en deux entités fonctionnelles différentes : le **MME** (Mobile Management Entity) pour le plan « contrôle » et le **Serving Gateway** pour le plan « trafic »:
  - Le **MME** va ainsi **gérer les sessions** (authentification, autorisations, session voix et donnée) et **la mobilité** (localisation, « paging », « hand-over »,...) du terminal.
  - La **Serving Gateway** sera responsable de **l'acheminement des flux « utiles » dans le réseau cœur** (les communications voix, le trafic data, etc.).

# Réseaux 4G

## Architecture 4G

- Le **GGSN** est remplacé par une **PDN Gateway** (Paquet Data Network Gateway) qui est responsable du lien avec les autres réseaux (publics ou privés), et notamment avec le monde Internet.
- Le **HLR** est remplacé par un **HSS** (Home Subscriber Server) qui est responsable d'à peu près les mêmes fonctionnalités que le HLR (base des profils des abonnés, avec leurs droits et leurs caractéristiques). Le **HSS** inclut en plus un lien possible avec le monde **IMS**, pour la gestion des services de voix enrichis.

# Réseaux 4G

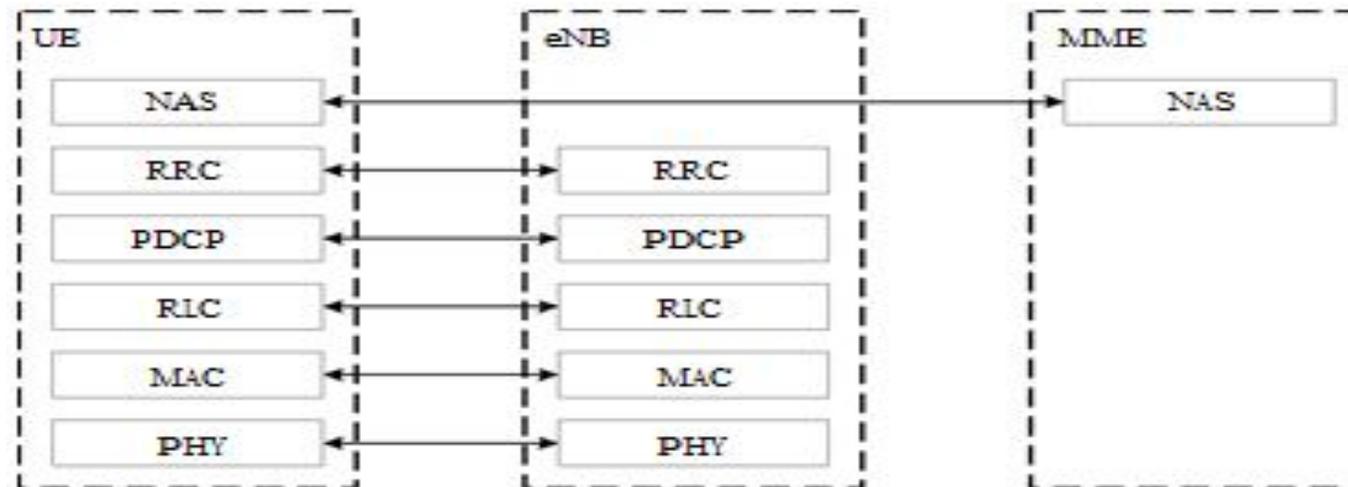
## Architecture 4G

- Un nouvel élément du cœur de réseau **4G** est le **PCRF** (Policy and Charging Rules Fonction), qui permet la gestion dynamique de la facturation et de Policy de qualité de service des flux.
- Le **PCEF** (Policy and Charging Enforcing Function), module fonctionnel logé dans la PDN Gateway, applique les règles fixées par le PCRF.
- L'**IMS** permettra des services interpersonnels multimédia riches : voix sur IP, conférence vidéo, agenda enrichi, messagerie instantanée, sonnerie sur plusieurs terminaux.

# Réseaux 4G

## Architecture protocolaire de la 4G

- Les couches horizontales sont basées sur le modèle OSI.
- Les couches verticales divisent l'interface entre le plan de contrôle et le plan utilisateur.



Plan de contrôle

# Réseaux 4G

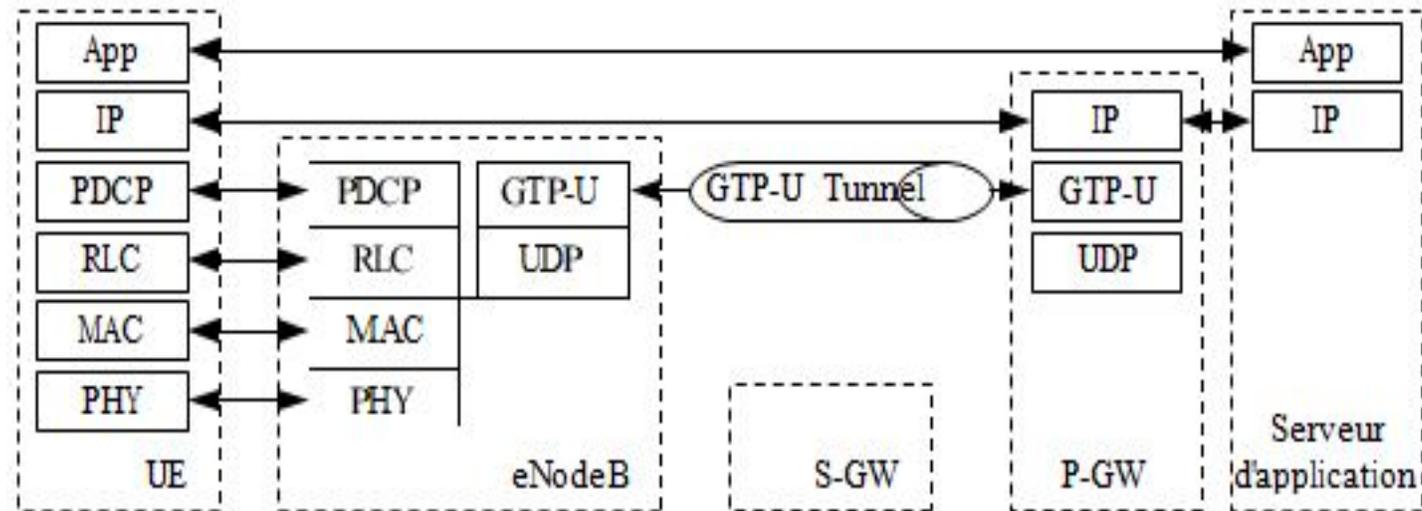
## Architecture protocolaire de la 4G

### Plan contrôle:

- Protocoles de signalisation:
  - NAS ( entre UE et MME)
  - RRC (entre UE et eNB): contrôle de la connexion radio entre le terminal et eNB comme la mobilité ( les mesures réalisés par user) et protocole de transport vis-à-vis du
- Protocoles de transport: transporter les messages de signalisation

# Réseaux 4G

## Architecture protocolaire de la 4G



Plan Utilisateur

# Réseaux 4G

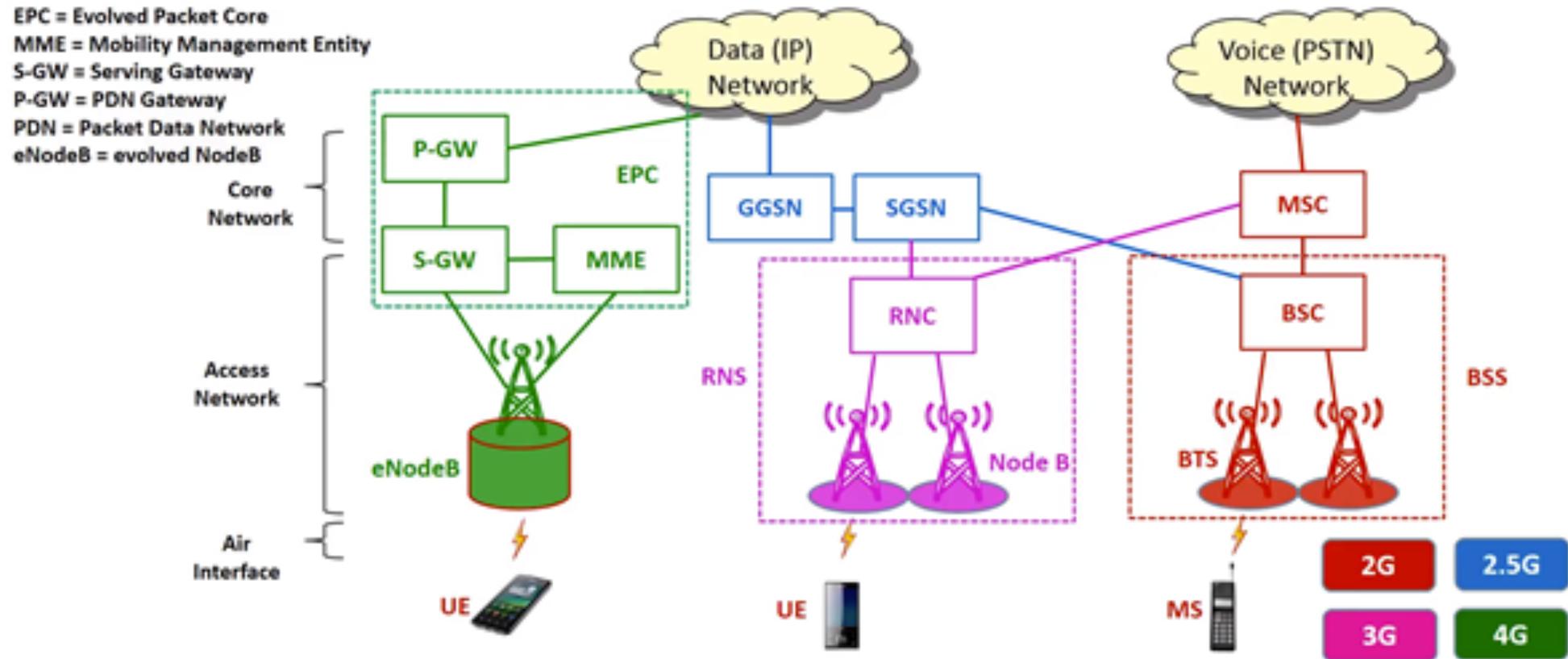
## Architecture protocolaire de la 4G

### Plan utilisateur:

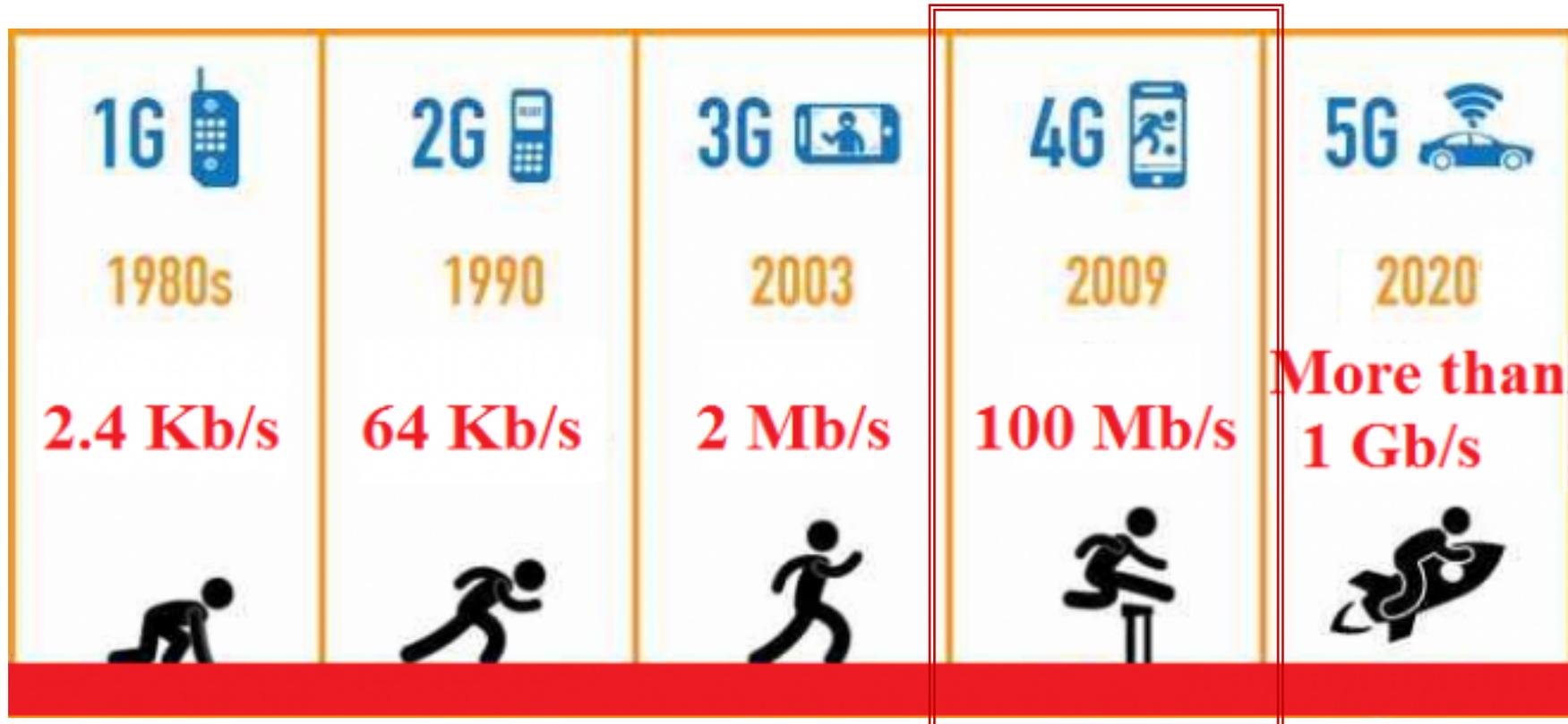
- Les données sont transmises sur un tunnel GTP-U.
- Protocole GTP:
  - Établir une connexion de bout en bout entre le mobile et le serveur d'application.
  - Acheminer les paquets vers l'eNodeB correspondant pendant un déplacement de l'utilisateur.
  - Le protocole GTP est transmis via UDP/IP.

# Réseaux 4G

## Schéma récapitulatif de l'évolution de l'architecture de la 2G à la 4G



# Réseaux 5G



# Réseaux 5G

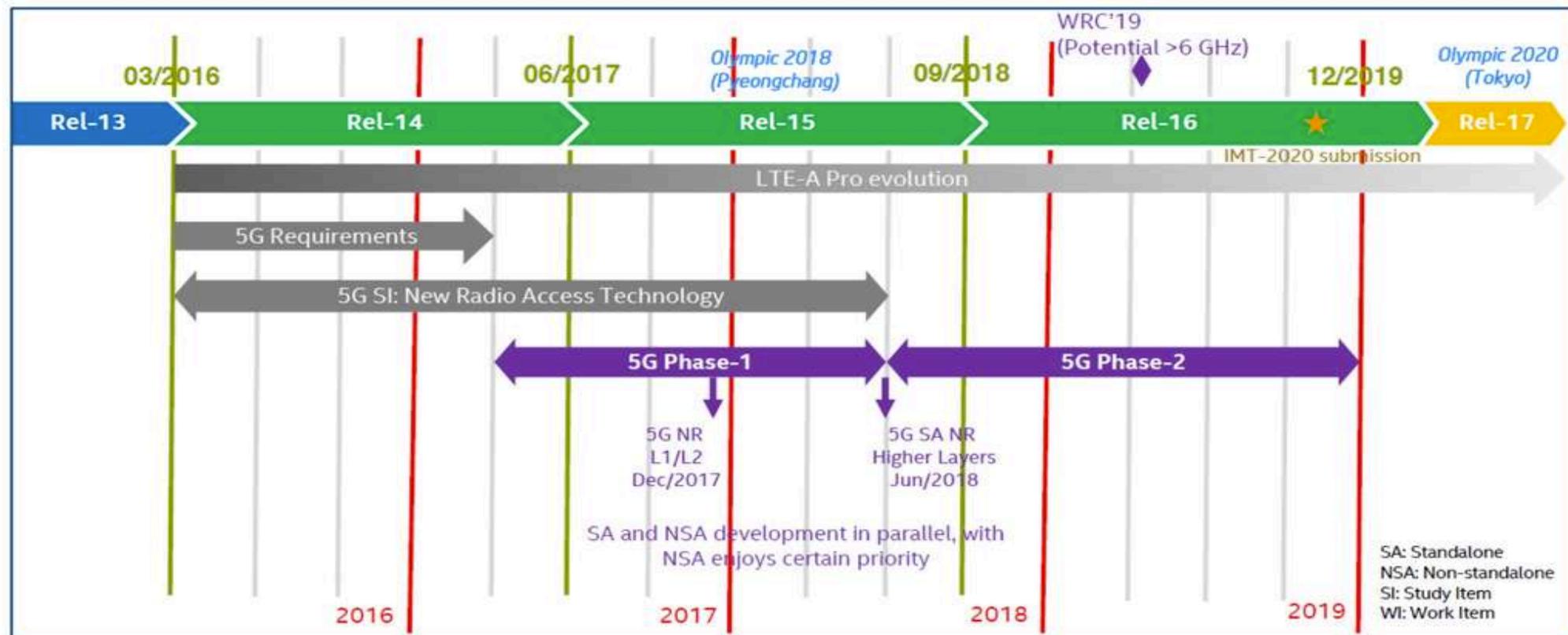


- ❑ Le réseau **5G** englobe un ensemble de technologies correspondant à la cinquième génération du standard pour la téléphonie mobile. Il est validé par l'ITU et le consortium 3GPP.
- ❑ Le débit théorique validé des réseaux 5G est de **10 Gbit/s** au **km<sup>2</sup>** et **100 Mbit/s** de débit assuré pour l'utilisateur.
- ❑ Grâce à la **5G**, c'est tout le potentiel des objets connectés qui va pouvoir se réaliser.
- ❑ Le réseau **5G** réduira considérablement les temps de latence à **1 ms** contrairement aux **30-40 ms** observés aujourd'hui.

# Réseaux 5G



## Différents release de le 5G



# Réseaux 5G



## + de débit

La puissance du débit de la **5G** est considérable. Il est **dix fois plus rapide de la 4G** et promet d'être aussi performant que la fibre. La 4k, 8k et la réalité augmentée seront à la portée de main en mobilité.

## + de réactivité

La **5G** affiche un niveau de latence ultra réduit **avec un temps de réponse de l'ordre de la milliseconde**. Ce qui permettra d'optimiser l'interactivité. Par exemple, les véhicules autonomes diminueront leur temps de réaction face à un obstacle ou un danger.

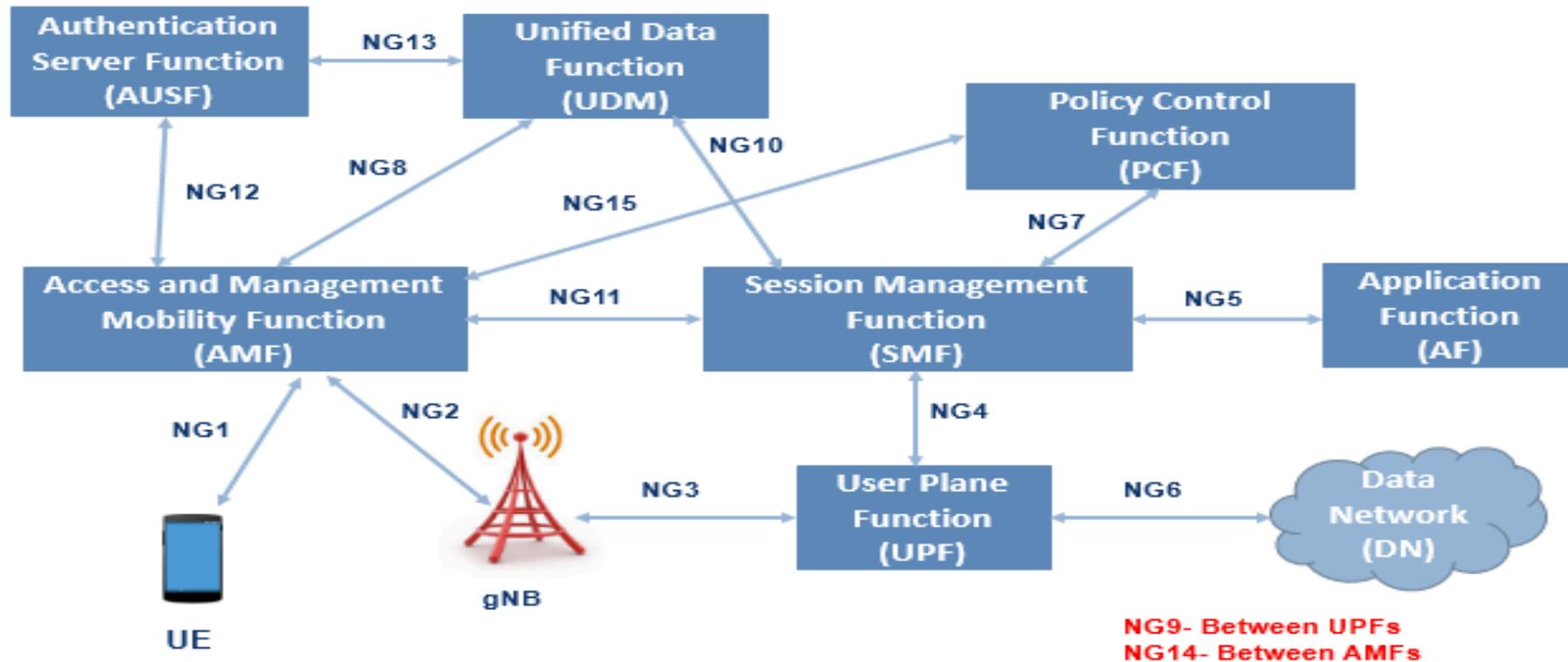
## + de connectivité

Même dans les endroits ultra fréquentés , où la connexion réseau sera énormément sollicitée, les performances du réseau **5G** restent inchangées comme dans les stades par exemple ou les festivals.

# Réseaux 5G



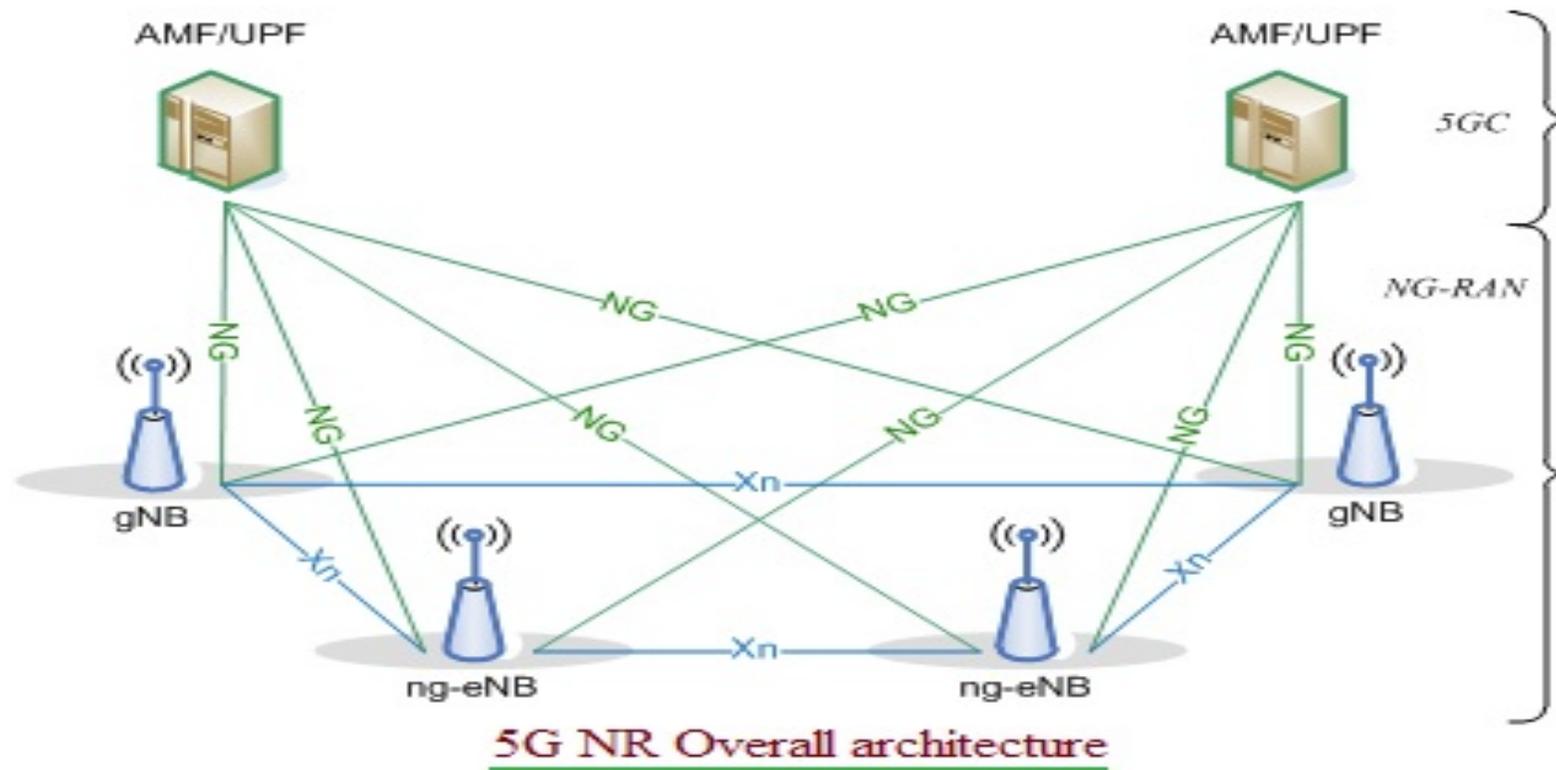
## Architecture 5G



# Réseaux 5G



## Architecture 5G



# Réseaux 5G



## Architecture 5G

- Le réseau **5G** se compose d'un accès Radio **NG-RAN** ( Next Generation RAN) et d'un cœur réseau **5G Core** (5GC).

### Accès radio:

- L'accès radio **5G** est constitué de stations de base de nouvelle génération qui forment le nœud de connexion des mobiles avec le cœur réseau **5G**.
- Les mobiles UE communiquent avec les stations de base soit par un lien radio **5G**, soit par un lien radio **4G**.

# Réseaux 5G



## Architecture 5G

- Si la communication est en **5G**, la station de base se nomme **gNB** (next Generation Node Base Station). Si la communication est en **4G**, la station de base est une station de base **4G eNB** évoluée pour s'interconnecter avec le cœur réseau **5G**.
- La station de base se nomme **ng-eNb** (Next Generation eNb).
- Les fonctions de la station de base **gNb** sont assez similaires avec l'entité **eNB**.
- Les différences concernent **la gestion de la qualité de service par flux** et non par support (*bearer*) et **la gestion des tranches de réseau** (Slices) sur l'interface radio.

# Réseaux 5G



## Architecture 5G

### Le cœur réseau 5G (5GC):

- Le cœur réseau 5G est adapté pour la virtualisation du réseau et s'appuie sur le découpage du plan de contrôle (Control Plane) et du plan trafic (User Plane).
- L'entité **MME** se décompose en deux entités fonctionnelles en **5G** :
  - L'entité **AMF** (Access and Mobility Management Function) qui établit une connexion NAS avec le mobile UE et qui a pour rôle d'enregistrer les mobiles UE et de gérer la localisation des mobiles sur le réseau 3GPP et/ou non 3GPP.
  - L'entité **SMF** (Session Management Function) permet de contrôler les sessions PDN. L'entité SMF est responsable de la gestion du plan de contrôle.

# Réseaux 5G



## Architecture 5G

### Le cœur réseau 5G (5GC):

- Le plan de transport est composé de passerelle de données qui réalise des mesures sur les données transportées et réalise l'interconnexion avec les réseaux Data (PDN).
- Pour le cœur réseau **5G**, les fonctions du plan de transport sont à la charge de l'entité UPF (User Plane Function). L'entité **UPF** communique avec l'entité **SMF** par l'interface Sx et selon le protocole **PFCP**.
- **PCF** permet de contrôler les flux à la fois au niveau de l'entité **SMF** mais également au niveau de l'entité **AMF** afin de pouvoir apporter une meilleure granularité sur les flux autorisés

# Réseaux 5G



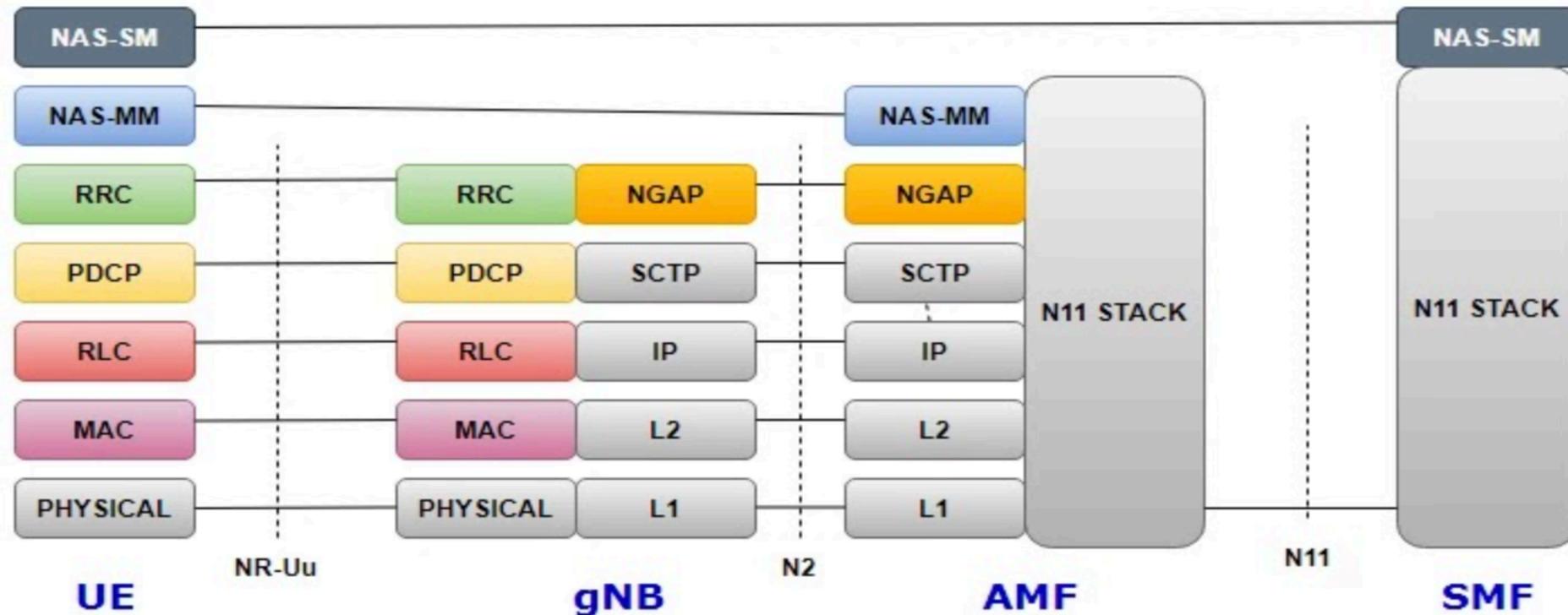
## Architecture 5G

### Le cœur réseau 5G (5GC):

- Le profil utilisateur sont sauvegardées dans une **base de données UDR** accessible via l'entité **UDM** (Unified Data Management).
- L'enregistrement du mobile nécessite une double **authentification** réalisée au niveau de l'entité **AMF** et du mobile UE à partir de vecteurs d'authentications fournies par l'entité **AUSF** (AUthentication Server Function).
- L'entité **NSSF** (Network Slice Selection Function) est une entité permettant d'assister l'entité **AMF** de **la sélection des instances logiques du réseau pour une tranche de réseau (slice)** défini.

# Réseaux 5G

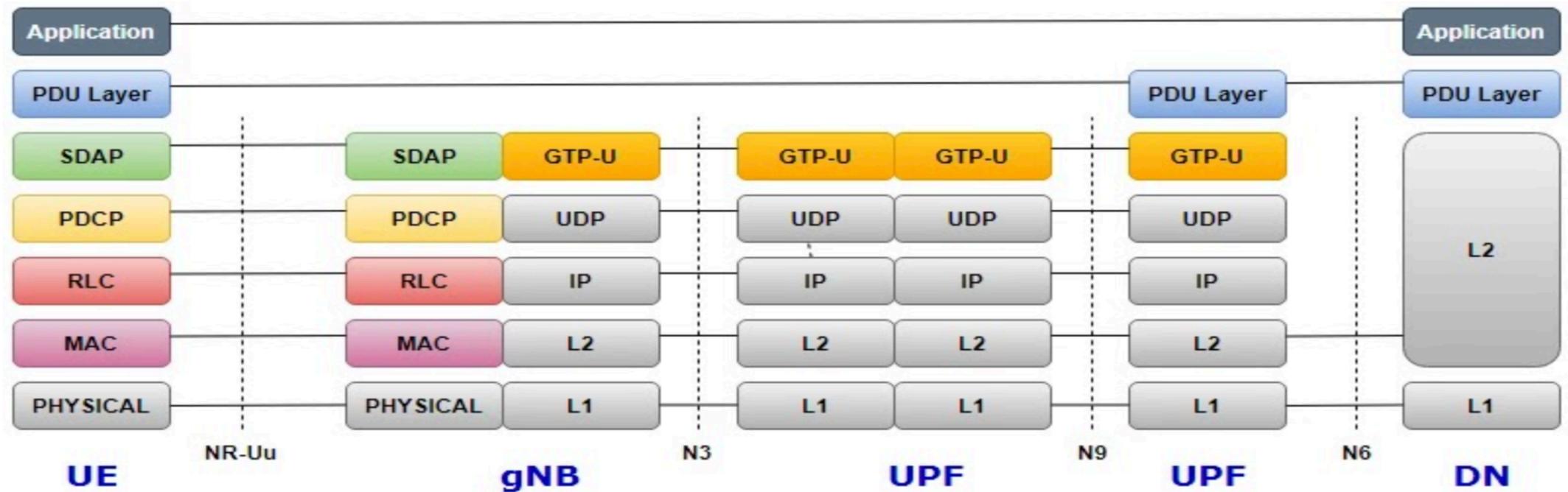
## Architecture protocolaire de la 5G



Plan de contrôle

# Réseaux 5G

## Architecture protocolaire de la 5G



Plan d'utilisateur

# Réseaux 5G

## Slicing dans 5G

**Qu'est-ce que le découpage du réseau (slicing) et comment utiliser efficacement la capacité sans fil des opérateurs pour mettre en place des réseaux virtuels qui répondent exactement aux besoins des clients ?**

- Le slicing du réseau consiste à appliquer une couche de virtualisation aux services de réseau sans fil.
- C'est le découpage d'un réseau en plusieurs sous entités logiques. Chacune répond à des besoins différents en termes de services. Un opérateur peut créer une entité logique dédiée à un client industriel ( il ne va pas lui dédier du hardware) qui répond à des besoins particuliers en termes de sécurité, disponibilité ou/et capacité ..

# Réseaux 5G

## Slicing dans 5G

### Avantages Slicing:

- Permettre à l'opérateur de répondre à des besoins contractuels différents (Service Level agreement « SLA »).
- Attribuer des ressources spécifiques à chaque usage.

# Références



- <https://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212110180/chap1.pdf>
- <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/technologies-de-l-information-th9/reseaux-cellulaires-et-telephonie-42288210/>
- <http://blogs.univ-poitiers.fr/f-launay/2018/08/24/le-reseau-5g-5gs/>
- <http://www.marche-public.fr/Terminologie/Entrees/reseau-cellulaire.htm>
- <https://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212110180/chap5.pdf>
- <https://developer.orange.com/wp-content/uploads/Le-reseau-UMTS-3G.pdf>
- <https://www.sfr.fr/reseau-5g/>
- <http://4g5gworld.com/specification/radio-link-control-rlc>