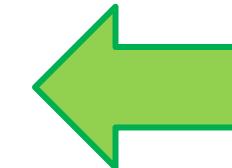
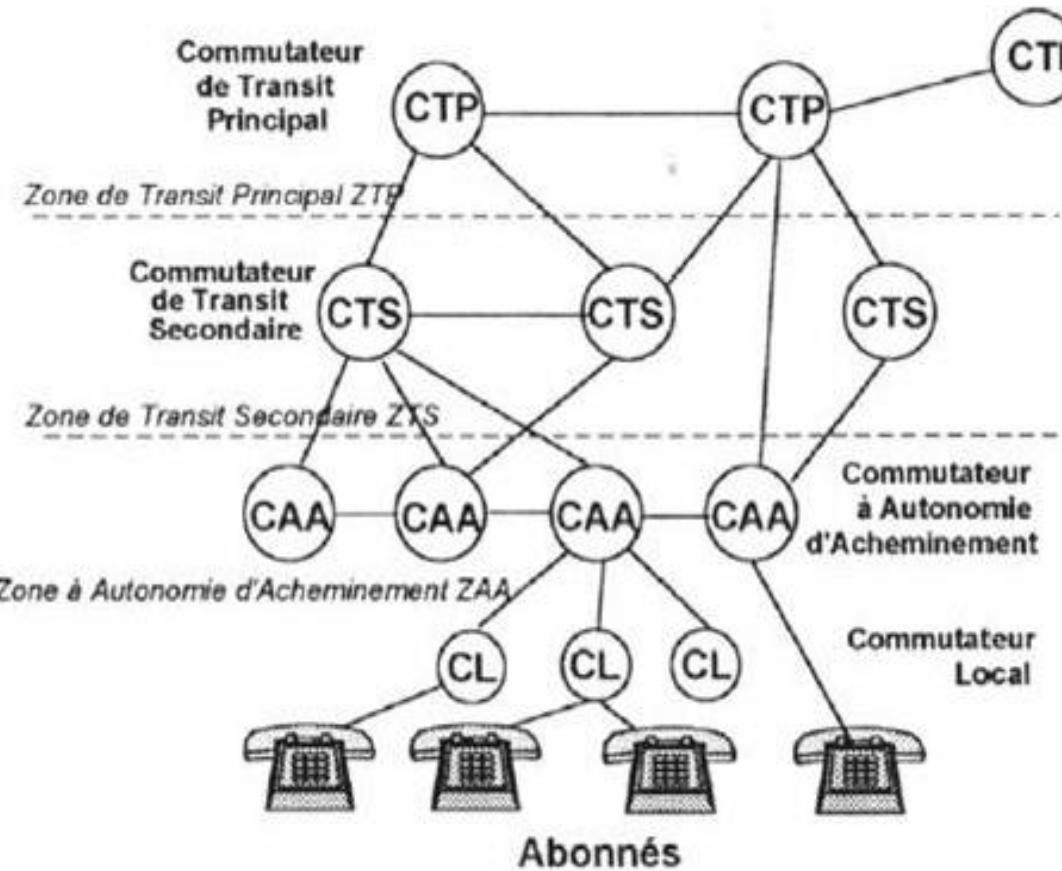


La téléphonie mobile

- Introduction
- GSM
- GPRS (EDGE)
- UMTS
- LTE – LTE advanced
- 5G



Téléphonie fixe



Architecture
présente sur le
territoire

- Liaison analogique vers le Commutateur Local, et aussi le CAA
- Liaison numérique autrement
- Fibre optique entre les différents équipements

Fin commercialisation ligne RTC : début 2019 → passage en VoIP

Introduction

- ★ Les experts considèrent que seuls deux moyens de communication seront présents dans l'avenir : les **Fibres Optiques** et les **Liaisons sans Fil**.

- ★ Très peu de problème de transmission pour la fibre optique

- ★ Nombreuses difficultés pour les ondes
 - ◆ Interférence,
 - ◆ Affaiblissement,
 - ◆ Fréquence radio non infinie, ...
 - Fréquence en libre usage, fréquence réservée

Fréquences

Bandé ISM : Industriel, Scientifique et Médical

VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF	IR
9 kHz	30 kHz	300 kHz	3 MHz	30 MHz	300 MHz	3 GHz	30 GHz	300 GHz Thz

VLF : Very Low Frequencies -> navigation maritime, sonar

LF : Low Frequencies -> aéronautique, radio grandes ondes

MF : Medium Frequencies -> 500Khz et 2182 Khz = S.O.S, entre 535 et 1705 khz= Radio OM

HF : High Frequencies -> **6,7 Mhz=ISM**, radio-diffusion sur onde courte

VHF : Very High frequencies ->entre 174 à 223 Mhz=radio numérique,
entre 88 et 108 Mhz=radio FM, communication satellite LEO, trafic aérien

UHF : Ultra High Frequencies -> entre 470 et 694 Mhz=télé, entre 700 et 900 Mhz=téléphonie,
trafic aérien, 1600 Mhz=GPS, communication satellite LEO et MEO,
2400 Mhz = micro-onde

SHF : Super High Frequencies-> **entre 5 et 5,7 Ghz = ISM**, communication satellite

EHF : Extremely High Frequencies -> recherche spatiale

Correspondances bande/fréquence



Fréquence	Réseau
Plage 694-790 Mhz	4G LTE
Plage 791-862 Mhz	4G LTE
Plage 876-960 Mhz	2G GSM / 3G UMTS
Plage 1710-1880 Mhz	2G GSM / 4G LTE
Plage 1900-1979 Mhz	3G UMTS
Plage 2110-2169 Mhz	3G UMTS / 5G
Plage 2500-2570 Mhz	4G LTE
Plage 2620-2690 Mhz	4G LTE
Plage 3400-3800 Mhz	5G
Plage 24500-27500 Mhz	5G

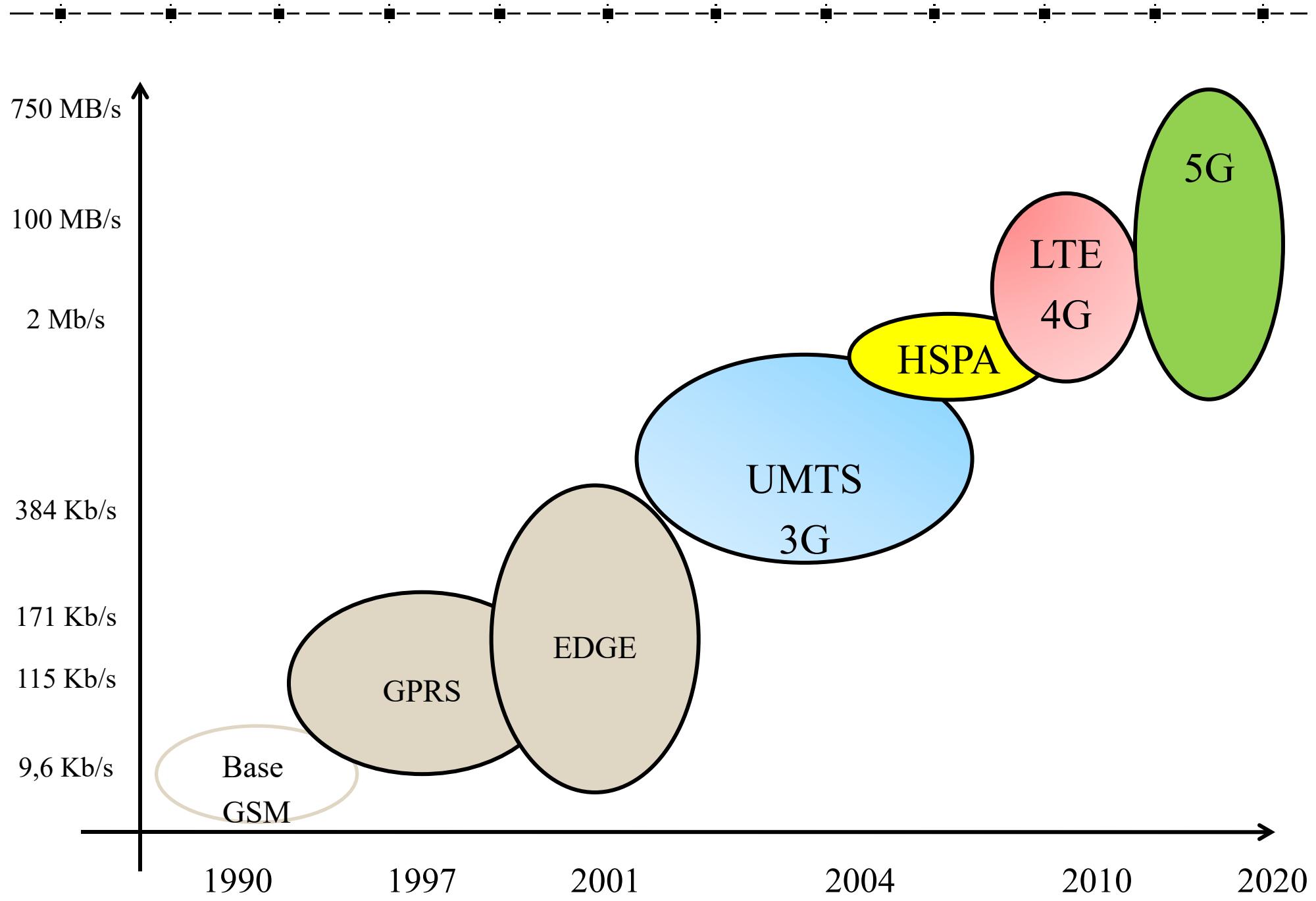
Bandes	Fréquences	Bandes	Fréquences
B1	2 100 Mhz	B18	800 Mhz
B2	1 900 Mhz (PCS)	B19	800 Mhz
B3	1 800 Mhz	B20	800 Mhz (DD)
B4	1 700 Mhz	B21	1 500 Mhz
B5	850 Mhz	B25	1 900 Mhz
B7	2 600 Mhz	B26	850 Mhz
B8	900 Mhz	B28	700 Mhz (APT)
B9	1 800 Mhz	B30	2 300 Mhz
B11	1 500 Mhz	B38	2 600 Mhz (TD)
B12	700 Mhz (ac)	B39	1 900 Mhz (TD)
B13	700 Mhz (c)	B40	2 300 Mhz (TD)
B17	700 Mhz (bc)	B41	2 500 Mhz (TD)

Pour la 5G, fréquence en n

Générations de réseaux mobiles

Génération	Services	Nom	Type d'accès	Période de vie
1	Téléphonie	R2000, NMT,..	Analogique, FDMA	1980-1995
2	Téléphonie, SMS	GSM	TDMA	1991-2025
2,5	Téléphonie, SMS Accès IP 100kb/s	GPRS, EDGE	TDMA + accès paquet	2000-2025
3	Téléphonie, SMS, Accès IP 1 Mb/s	UMTS	CDMA	2002-2026
3,9	Téléphonie, SMS, Accès IP 10 Mb/s	HSDPA	CDMA+ nouvelle modulation	2008-
4	Accès IP à 100 Mb/s	LTE	OFDM	2010-
5	Accès IP à 1Gb/s	5G	OFDM, MIMO	2020-

Comparaison



Les réseaux cellulaires

★ **Un téléphone est associé à une fréquence**
=> mais nombre de fréquences limitées.

- ★ Solutions envisagées:
- ◆ Chaque terminal peut utiliser **différentes fréquences** qui lui sont attribuées par l'opérateur, en fonction des ressources disponibles
 - ◆ **Création de cellules**, où chaque cellule utilise des fréquences différentes
 - Puissance des terminaux limitée
 - 2 cellules adjacentes ne doivent pas pouvoir interférer
 - Réutilisation des fréquences pour des cellules lointaines
 - Les cellules ont des tailles différentes (macro-cellule, micro-cellule)
 - ◆ **Passage d'une cellule à l'autre => Handover**
 - ◆ **Utilisation d'un opérateur étranger => Roaming**

Identification de l'usager

- ❖ Avant utilisation d'une carte SIM (Subscriber Identity Module), valable pour la 2G
- ❖ Actuellement **USIM** (Universal SIM)
 - ◆ Contient **IMSI (Internationale Mobile Subscriber Identity)**
 - ◆ IMSI :
 - MCC (Mobile Country Code) 3 chiffres
 - MNC (Mobile Network Code) 2-3 chiffres
 - MSIN (Mobile Subscriber Identification Number) 9-10 chiffres

Ex : France 208 01=ORANGE, 10 =SFR, 15=FREE

-> numéro unique qui caractérise un usager

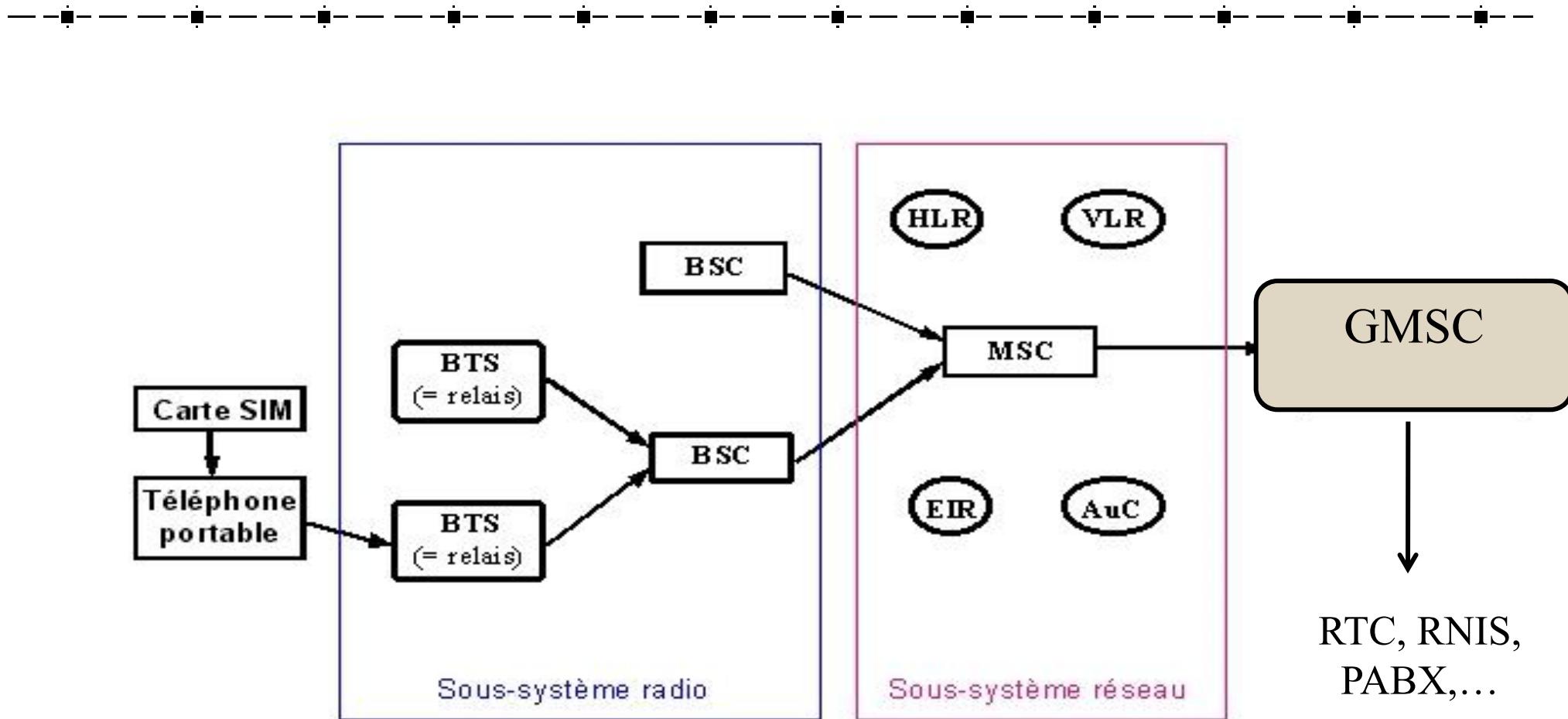
Le réseau GSM

GSM = Global System for Mobile communications

- ★ Norme adoptée en 1986
- ★ En **1987** **13 pays Européens** se mettent d'accord pour développer un réseau **GSM** sur la bande des 900 Mhz
- ★ En **1990** une adaptation dans **la bande 1800 Mhz est mise en place: DCS1800 (Digital Communication System).**
- ★ De leur côté **les Américains** reprennent une version du GSM dans la bande des 1900 Mhz, le **DCS 1900**

- ★ Mode commutation de circuit
- ★ **Un mobile : appareil portatif en version 2 Watts**
 - ◆ Mobile dual-bande ou tri-bande
 - ◆ Mobile possède un n° d'identification internationale IMEI (*#06#) -> BD EIR
 - ◆ Obligation d'une carte SIM pour pouvoir utiliser toutes les fonctionnalités.

Architecture du réseau GSM (1)



BTS (Base Transceiver Station) : station de base (relais)

BSC (Base Station Controller) : contrôleur de station de base

MSC (Mobile Services Switching Center) : Centre de commutation radio mobile

VLR (Visitors Location Register) : Registre de localisation des visiteurs

EIR (Equipment Identity Register) : Registre d'identité des équipements

AuC (Authentication Center) : Centre d'authentification

HLR (Home Location Register) : Registre de localisation nominal

GMSC (Gateway Mobile Service Center)

Architecture du réseau GSM (2)

★ Les stations de base (BTS)

- ◆ La fonction essentielle d'une **station de base** (BTS ou Base Transceiver Station) est d'assurer la transmission d'un signal radio entre les radiotéléphones et le réseau de l'opérateur.
- ◆ 1 BTS représente 1 cellule.
- ◆ Ainsi la BTS fournit aux utilisateurs présents dans la cellule **un point d'accès dans le réseau pour pouvoir recevoir ou émettre des appels**.
- ◆ La capacité maximale d'une BTS est de 12 TRX (Transmission/Reception Unit).
 - Pour améliorer la capacité de trafic on réduit au minimum la puissance de ces BTS en ville de manière à couvrir une zone plus petite.
 - Mais cela entraîne évidemment une multiplication importante des coûts: **une BTS coûte en moyenne 100 000 Euros**

Exemple le réseau SFR compte plus de 21 000 BTS en France.

Architecture du réseau GSM (3)

★ Différentes BTS

- Les BTS rayonnantes (pour les larges espaces)
 - Les BTS ciblés (zones à forte densité d'abonnés)
 - Les micro BTS (lieu très peuplé)
-
- Les antennes peuvent être : omnidirectionnelles, bidirectionnelles ou tri-sectorielles (les plus fréquentes)

Nécessité d'une étude approfondie pour le placement d'une BTS

Toutes les BTS sont raccordées à un BSC (Contrôleur de station)

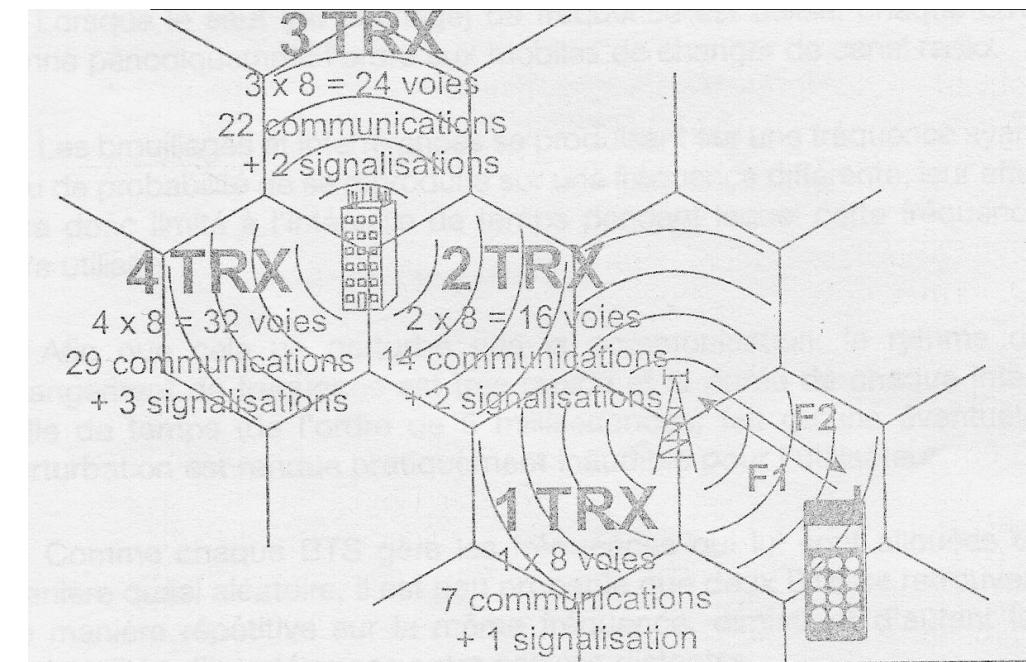
➡ Joue le rôle de concentrateur

La liaison est en générale filaire (Fibre optique, cuivre,...)

Architecture du réseau GSM (4)

◆ La planification des fréquences:

- Une BTS comporte 1 ou plusieurs modules émetteurs-récepteurs
- Chaque module ou **TRX** est constitué d'un couple de fréquences (une pour recevoir les données, l'autre pour les envoyer)
- Un **TRX** permet **8 communications simultanées**: parole, données ou signalisation.
- Max : 12 TRX par antenne (en réalité, 9)



Le MSC est un commutateur d'un réseau mobile, il redirige les appels vers :
- les autres opérateurs
- le réseau RTC
- un autre BSC



Joue le rôle de CAA

Le GSM : l'interface radio (1)

★ Bandes de fréquences:

- ◆ Du mobile vers l'antenne : voie montante
 - Pour le GSM, de 890 Mhz à 915 Mhz (extension entre 880 Mhz et 890 Mhz)
(donc 25 Mhz)
 - Pour le DCS 1800, de 1710 Mhz à 1785 Mhz
(donc 75 Mhz)
- ◆ De l'antenne vers le mobile : voie descendante
 - Pour le GSM, de 935 Mhz à 960 Mhz (extension entre 925 Mhz et 935 Mhz)
 - Pour le DCS 1800, de 1805 Mhz à 1880 Mhz

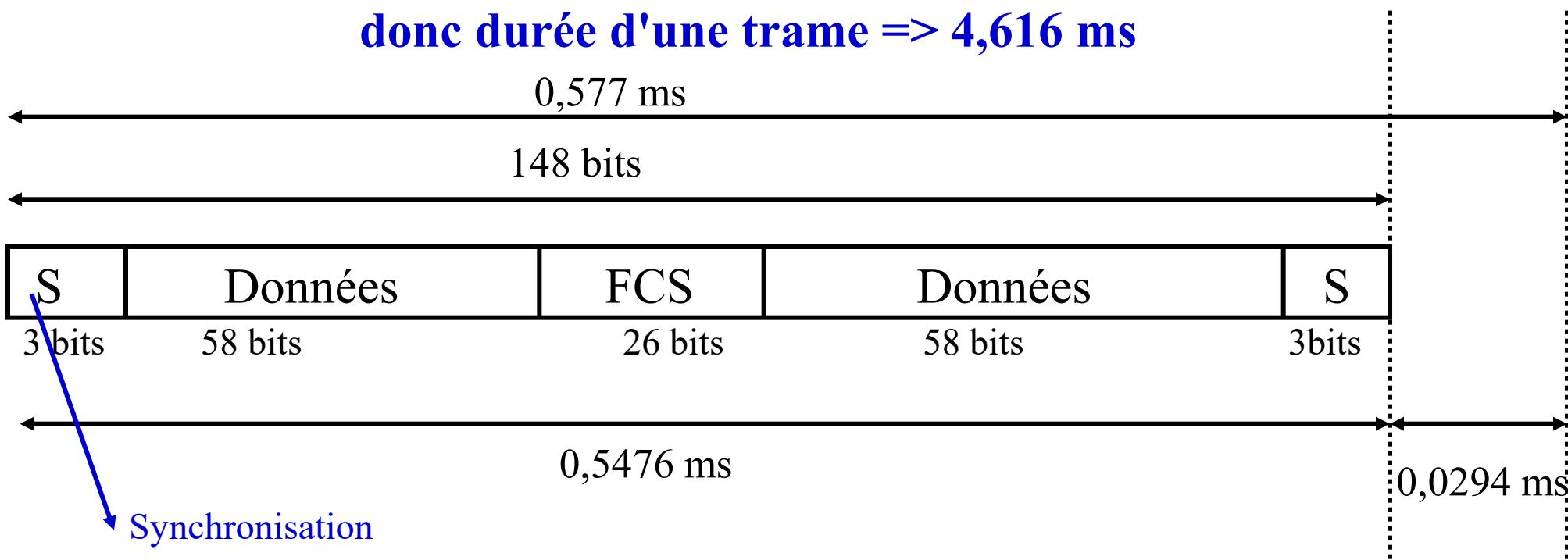
★ Pour émettre, une porteuse utilise une bande de fréquence de 200 Khz

→ **en GSM, 125 fréquences à se répartir entre les opérateurs** ($125 * 200 \text{ Khz} = 25 \text{ Mhz}$)

Le GSM : l'interface radio (2)

★ Partage en temps TDMA

- ◆ Chaque porteuse est divisée en 8 intervalles de temps ou **slot**
(slot 0 réservé en général pour la signalisation)
- ◆ La durée élémentaire d'un **slot** est de **0,577 ms**
donc durée d'une trame => 4,616 ms



Pour chaque trame, changement de fréquence

=> permet une meilleure réception

GSM (Mise sous tension)

★ 3 étapes:

◆ Sélection de PLMN (Public Land Mobile Network)

- Plusieurs PLMN par pays (chaque opérateur propose un PLMN)
- PLMN = Mobile Country Code + Mobile Network Code (cf transparent 9)
ex : France : MCC=208, MNC_orange=01, MNC_SFR=10
- A la mise sous tension, récupération de la liste des PLMN dispo
 - ◆ Carte SIM indique PLMN prioritaire => choix du PLMN
 - ◆ Si aucun PLMN possible, N° urgence seule

◆ Sélection de la cellule

- Recherche des cellules candidates
- Liste ordonnée des cellules via le signal de réception

◆ Inscription sur le réseau

- Contacte le HLR, EIR et AuC

GSM : établissement d'un appel (1)

- ★ Autres équipements actifs : Deux bases de données:
 - ◆ **HLR (Home Location register)** qui contient les caractéristiques des abonnés, ainsi que le MSC et VLR de rattachement (actuel)
 - ◆ **VLR (Visitor Location Register)** qui localise les mobiles traversant la zone du MSC.
 - ◆ **AuC** : chargé de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Le AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'usager et pour ainsi créer une clé d'identification.

- ★ Etablissement d'un appel depuis un mobile:
 - ◆ La **BTS transmet le numéro** appelé au MSC, via un BSC
 - ◆ Le **MSC vérifie** auprès de son VLR et HLR si la demande est réalisable en fonction des caractéristiques de l'abonné
 - ◆ Après accord le MSC effectue deux choses:
 - **Autoriser la BTS à allouer un canal** pour transporter la voix
 - **Établir une connexion vers le destinataire** et gérer la signalisation

GSM : établissement d'un appel (2)

- ★ Réception d'un appel sur le mobile
 - ◆ **Demande arrive sur le MSC** le plus proche de l'appelant
 - ◆ Le **MSC interroge le HLR**:
 - S'il est autorisé à acheminer la communication
 - Pour obtenir les références du MSC dont le VLR a localisé le mobile
 - ◆ Le **MSC établit une connexion vers le MSC destinataire** en recherchant le chemin optimal
 - ◆ Le **MSC destinataire** en fonction de la LAC (Location Area Code) récupérée via le VLR **établit une liaison avec les BSC et BTS**.
 - ◆ Lorsque le mobile répond, la signalisation **établit les circuits nécessaires à l'acheminement de la communication** vers la cellule concernée

GSM : le handover



BCCH : Broadcast Control Channel

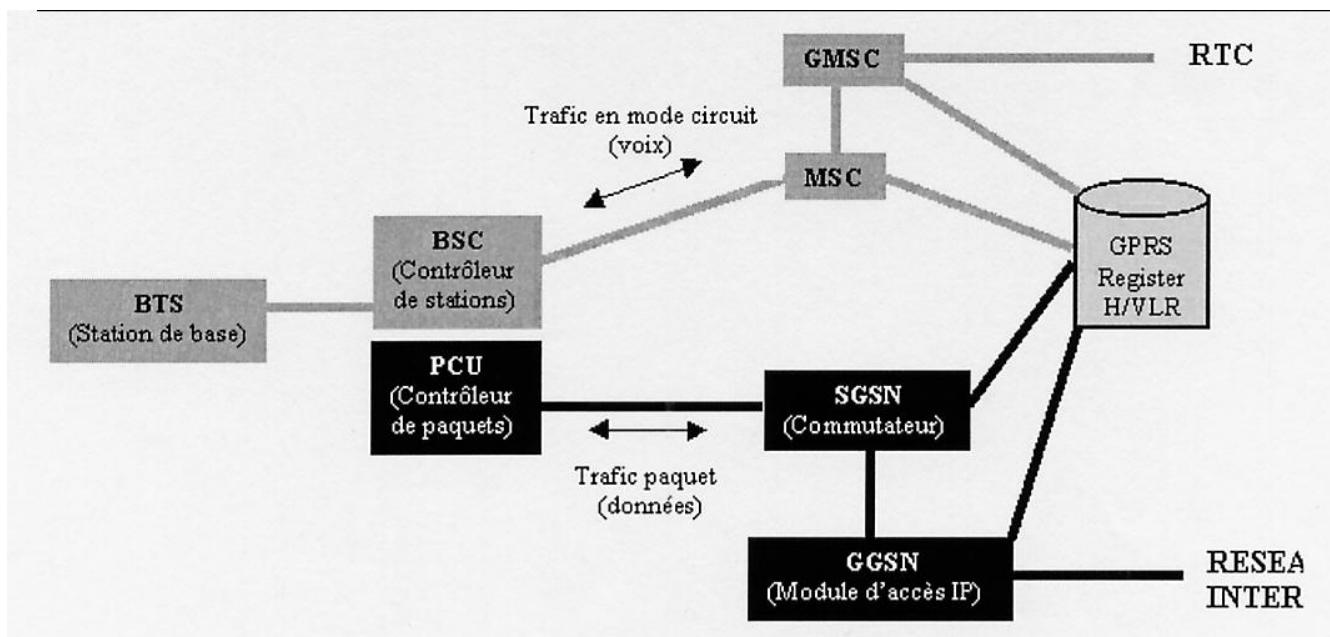
- Envoyé par chaque BTS
- Utilise un slot d'une porteuse -> code identification antenne, N° cellule,...
- ◆ **Un mobile se connecte toujours à l'antenne permettant de recevoir le signal le moins atténué -> connu par le BCCH**
(envoie de l'information au MSC -> HLR)
- ◆ **Quand le signal faiblit, le mobile écoute toutes les BCCH**
 - La BTS renseigne le mobile sur les cellules voisines (fréquences utilisées)
 - Le mobile calcule la puissance de réception de chaque BTS voisine.
 - Le mobile envoie ses conclusions au BTS
 - La BTS décide du handover
=> certaines fois de BSC.

GPRS : General Packet Radio Service

- ✿ Le GPRS constitue une **transition** vers la troisième génération des réseaux mobiles.
- ✿ Le GPRS ne constitue pas un réseau mobile à part entière mais une couche supplémentaire **rajoutée au réseau GSM existant.**
- ✿ Ainsi le GPRS utilise les bandes de fréquences attribuées au GSM.
- ✿ Le GPRS **appelé aussi GSM2+** repose sur la transmission en mode paquet.
- ✿ **EDGE (Enhanced Data for Global Evolution)** :Evolution du standard GPRS qui permet le transfert de données en mode paquets, à haut-débit (3x GPRS)
- ✿ Le GPRS offre un débit de 171 Kbit/s au maximum

Architecture du réseau GPRS

- ✿ Les **stations de base** ont seulement une évolution logicielle
- ✿ Le contrôleur de stations de base doit être doublé par un contrôleur de paquet **PCU (Paquet Controler Unit)**.
- ✿ Ensuite intervient un **commutateur de paquet SGSN (Serving GPRS Support Node)**: il a pour fonction de vérifier l'enregistrement des abonnés, les authentifier et autoriser les communications.
- ✿ Et enfin le **GGSN (Gateway GPRS Support Node)** qui est la passerelle d'accès au réseau IP (Internet ou Intranet).

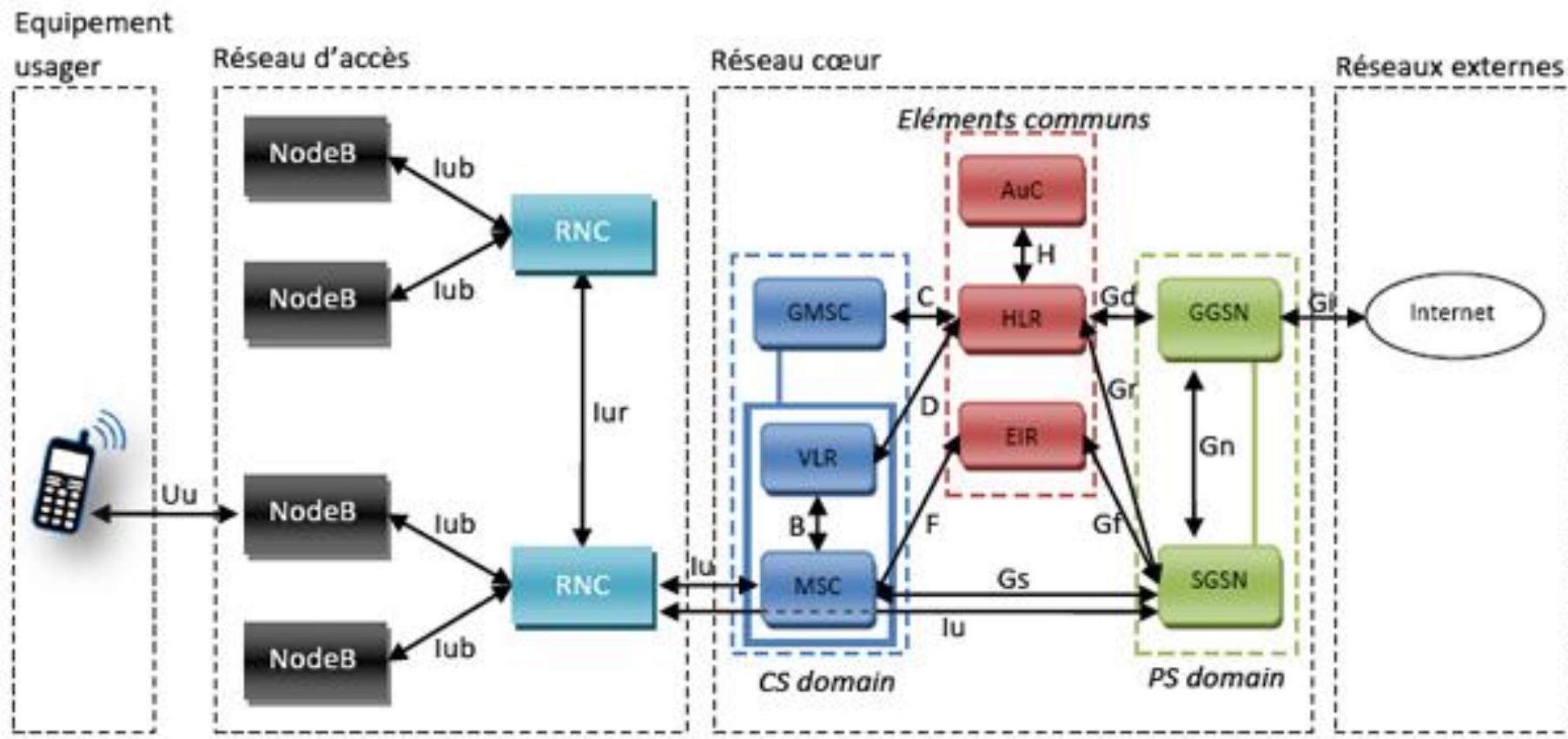


UMTS

- ★ Système de radiotéléphonie de troisième génération
 - ◆ Respecte les recommandations de l'IMT 2000
 - Europe : UMTS : Universal Mobile Telecommunication System (W-CDMA)
 - Amérique : CDMA-2000
 - Japon : W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)
 - ◆ Débit maximum de 2 Mb/s (static)
 - Mobilité permise -> débit max 384 Kbits/s
 - Couverture très réduite pour 2 Mb/s (pico-cellule)
 - ◆ Bande passante
 - De 1900 Mhz à 1980 Mhz et de 2010 Mhz à 2170 Mhz
 - 2 modes d'accès : FDD (Frequence) et TDD (Time Division Duplex)
 - ◆ Mise en place d'un contrôle de puissance sur les téléphones

Architecture UMTS

Réseau UTRAN : UMTS Terrestrial Radio Access Network



Le cœur du réseau ne change pas => évolution faite avec GPRS

MAIS toutes les stations de base et les contrôleurs doivent changer

→ NodeB = BTS, RNC = BSC

Inscription auprès d'un réseau

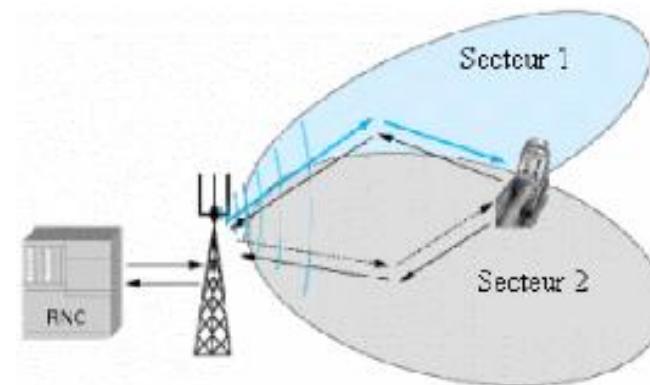
- ❖ Après choix PLMN et cellule, 2 inscriptions possibles:
 - ◆ Inscription au domaine CS (Circuit switched) -> téléphone
 - ◆ Inscription au domaine PS (Packet Switched) -> data
- (utilisation de différents protocoles : MAP –Mobile Application Part-..)

Inscription au domaine PS :

- 1 - Demande d'inscription entre le mobile et le SGSN, via le RNC
- 2 - Le SGSN demande au HLR les données de l'utilisateur et aussi au mobile (code IMEI, IMSI)
 - > vérification de la correspondance
 - > vérification dans le fichier EIR pour le portable
- 3 – Inscription du mobile dans le HLR
 - > le HLR renvoie les infos de l'abonné au SGSN pour suivre le contrat (Puis récupération @IP via le GGSN)

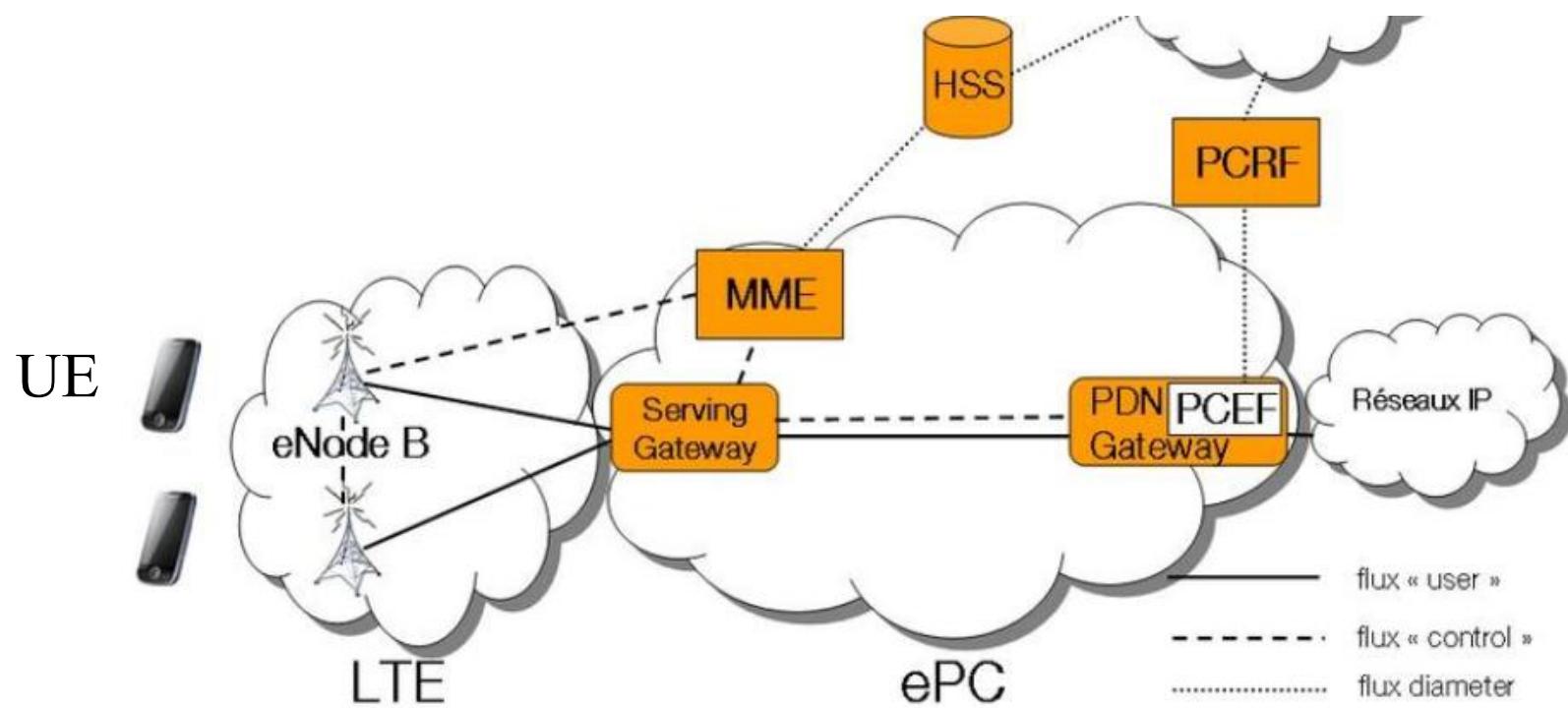
UMTS : handover (1)

- ★ Remarque pour l'UMTS:
 - > plusieurs canaux utilisés pour améliorer la communication
- ★ Softer handover
 - ◆ L'appareil mobile utilise plusieurs canaux de différentes antennes pour améliorer son signal
 - > on garde alors le meilleur canal lors du déplacement
- ★ Soft handover
 - ◆ L'appareil mobile utilise plusieurs canaux appartenant à deux nœud B.
 - > on garde le meilleur canal lors du déplacement
 - **Le choix est fait par le RNC qui synchronise les émissions des 2 antennes.**
 - ◆ Si les nœuds B font intervenir 2 RNC, création d'une liaison entre RNC
 - Discussion entre les RNC pour faire le handover



4G : LTE (1)

- ❖ Tout en IP (abandon du CS), utilisation de VoLTE 5 voIP sur LTE)
- ❖ Nouvelle architecture :



Enode B : evolved Node B (108000)

MME : Mobility Management Entity

HSS = HLR + Auc

ePC : Evolved Packet Core

SGW : Serving Gateway

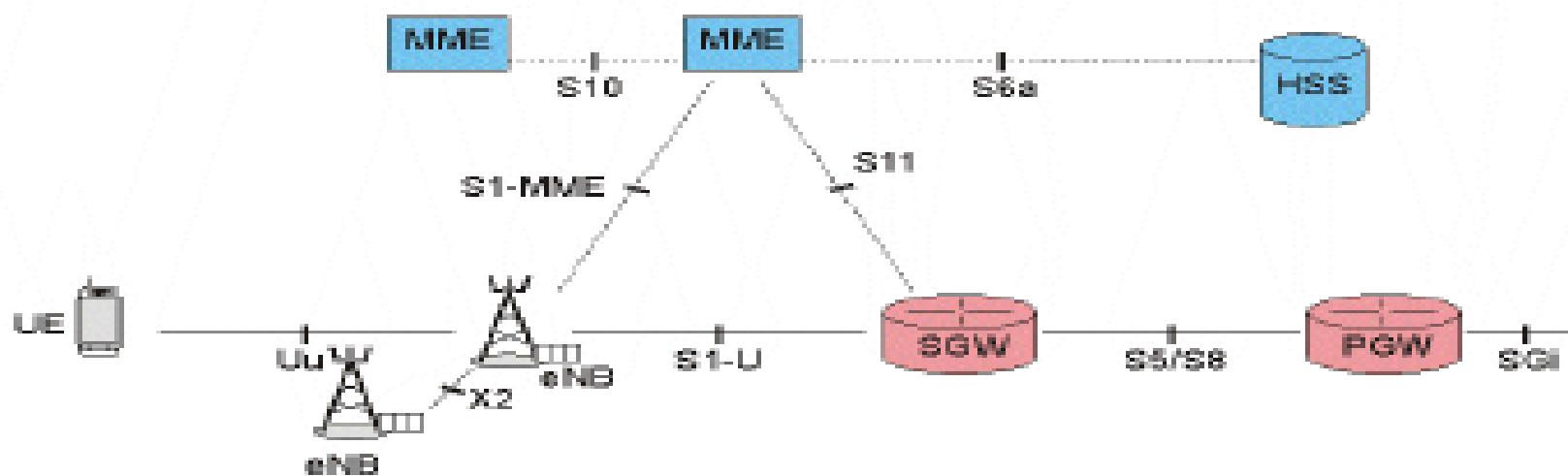
PGW : PDN Gateway, Packet Gateway

UE : User equipment

→ liaison IP avec routeur

4G : LTE (2)

★ Interface de communication



S5 : entre SGW et PGW du même opérateur S8, pour 2 opérateurs différents

Communication : UE s'attache au MME

- vérification envoyée du MME vers le HSS du **IMSI**
- retour vers le MME du profil d'activité (**APN**, Access Point Name) qui contient le type Ipv?, l'@IP du PGW
- connexion du MME vers le SGW puis du SGW vers le PGW
- établissement d'une connexion IP entre le PGW<-> SGW<->eNB<->UE

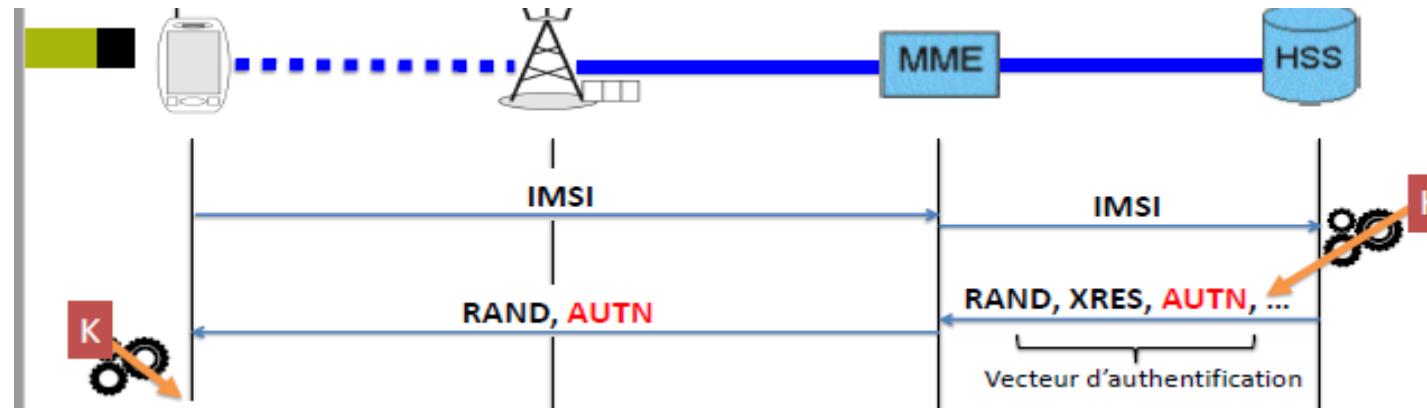
4G : sécurité

★ Problème :

- ◆ Utilisation frauduleuse du réseau
 - Nécessité d'authentification
- ◆ Ecoute des échanges
 - Chiffrement (utilisation de clé et du chiffrement AES ou SNOW 3G)
- ◆ Modification des messages
 - Vérification de l'intégrité, que pour la signalisation
- ◆ Suivi/localisation d'un terminal
 - Mise en place d'une identité temporaire
 - Mécanisme pour diminuer le nombre de messages de localisation d'une UE
 - ◆ Paging via le TMSI

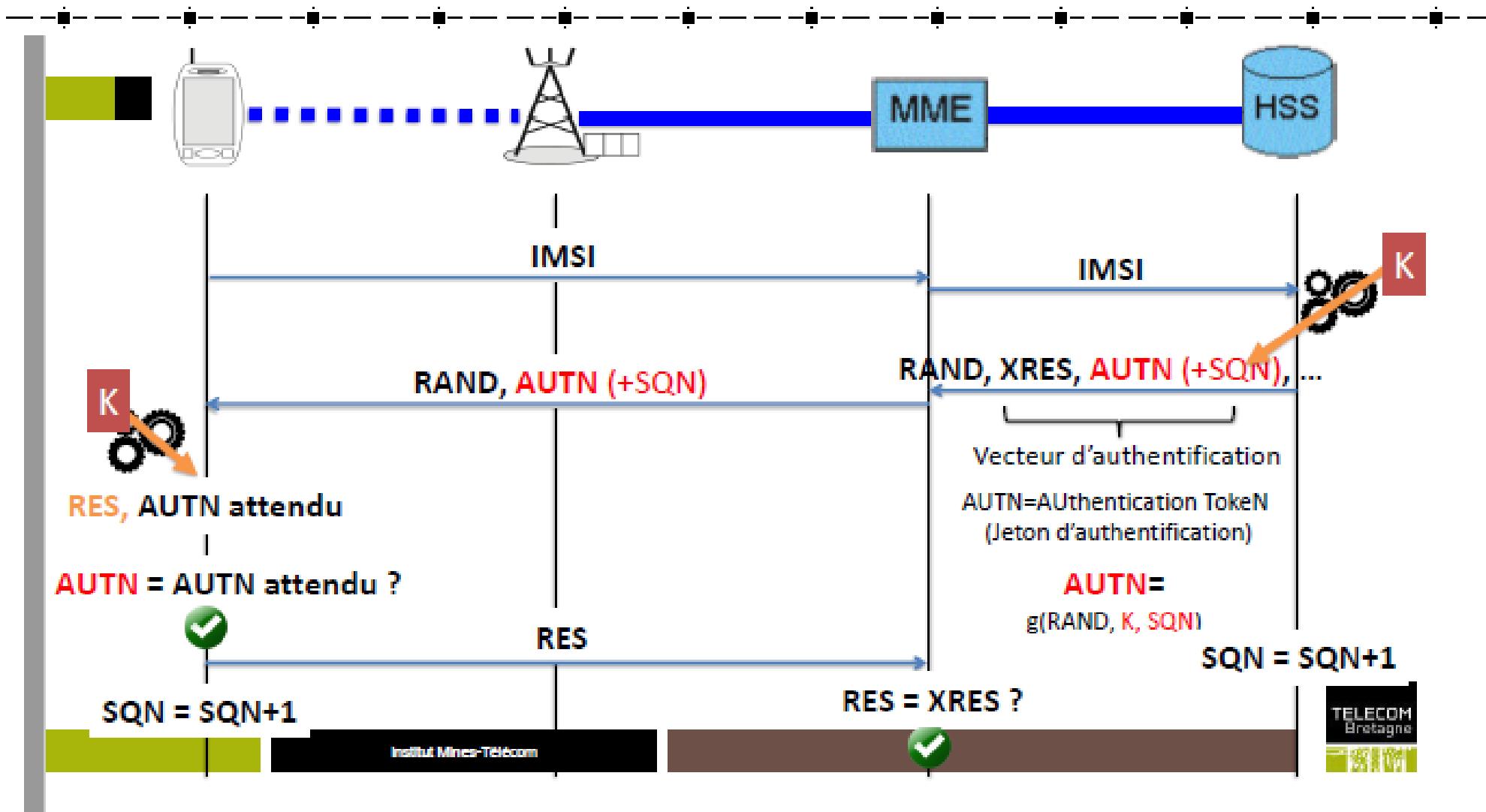
Authentification (1)

- ★ S'assurer que l'UE peut se connecter sur le réseau, et pour l'UE, que c'est le bon réseau.
- ★ Utilisation d'une clé secrète K partagée entre la SIM et le HSS.



- ★ UE envoie son IMSI en clair, HSS tire aléatoirement un nombre RAND, et le chiffre avec clé K par l'algorithme $f \rightarrow$ XRES, et par l'algorithme $g \rightarrow$ AUTN
- ★ UE connaît algorithme f et g , donc peut calculer les valeurs XRES et AUTN
- ★ Clé connue seulement de HSS. Pour simplifier et ne pas toujours demander à HSS, envoie d'une clé dérivée Kasme (Access Security Management Entity) au MME
 - ◆ Dérivation des clés suivantes à partir du Kasme
 - ◆ Kasme est aussi calculé sur l'UE.

Authentification (2)



- ✿ Vérification du AUTN (coté UE) puis du XRES (côté réseau)
- ✿ Ajout d'un numéro de séquence pour éviter le rejeu.

Chiffrement/Intégrité

★ A partir de la clé Kasme

- ◆ Dérivation de plusieurs clés entre UE et EnodeB et entre UE et MME
 - Intégrité
 - Chiffrement
- ◆ Chiffrement
 - Codage AES ou SNOW 3G pour la comptabilité
- ◆ Intégrité
 - Calcul d'un hachage sur 32 bits à partir de K_{eNB}
 - Utiliser que pour la signalisation
 - MAC (Message Authentication Code)

Identité temporaire

- ★ IMSI -> unique au monde..... Permet de suivre un UE
 - ◆ Création d'un autre identifiant par le MME
 - TMSI : Temporary Mobile Subscriber Identity (4 octets)
 - Passage valeur TMSI chiffré entre UE et MME
 - ◆ **Création du GUTI (Globally Unique Temporary UE identity)**

MCC	MNC	MME group ID	MME Code	TMSI
-----	-----	--------------	----------	------

- ◆ **Communication en clair via le GUTI**
 - Tout le monde peut voir le TMSI, mais seul un MME peut avoir la correspondance entre TMSI et IMSI.
 - Utilisation du GUTI pour faire une requête vers le réseau
 - Utilisation du TMSI pour contacter un UE par le réseau.
(Un UE se met en veille -> ECM_idle)

GTP – GPRS Tunneling Protocol

- ★ Permettre une communication entre réseau distant et UE via PGW
 - ◆ Passage dans un réseau contenant SGW, ENodeB via @IP
 - ◆ 2 adresses IP : source : UE, destination : @IP quelconque
- ★ Pour gagner du temps, utilisation de GTP
 - ◆ Encapsulation du paquet IP dans un paquet GTP (niveau applicatif)
 - ◆ Lui-même encapsulé dans UDP, encapsulé dans IP



Entre UE et EnodeB

Entre EnodeB et SGW

Entre SGW et PGW

4G : Fréquence

Fréquences possibles

- Chaque pays a choisi ses fréquences
- En France, fréquence vers 800 Mhz et 2600 Mhz, mais évolution au cours du temps
- Répartition sous forme de bandes : de 1 à 44
 - France : bande 3, 7, 20 et **28**



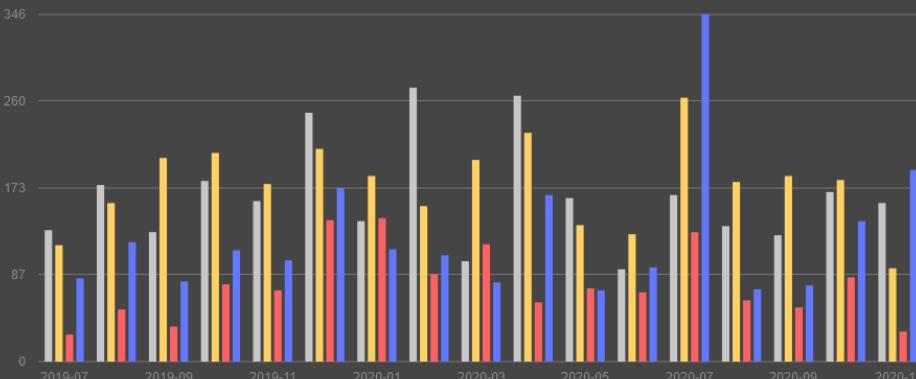
- Utilisation de OFDMA pour transmettre les données, ou sa variante SC-FDMA.

(orthogonal frequency-division multiple access)

- Multiplexage fréquentiel et temporel
- Augmentation du débit
- Débit théorique : 300 Mb/s

NOMBRE D'ANTENNES 3G DECLAREES PAR MOIS

Bouygues Telecom Free Mobile Orange SFR



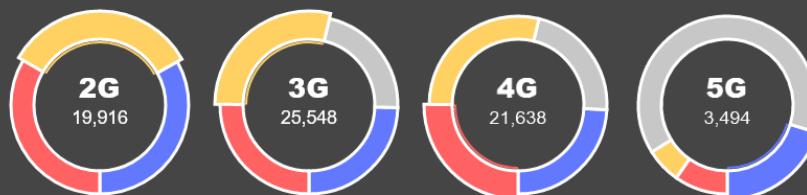
Antennes

Total : 360 000 antennes fin 2024

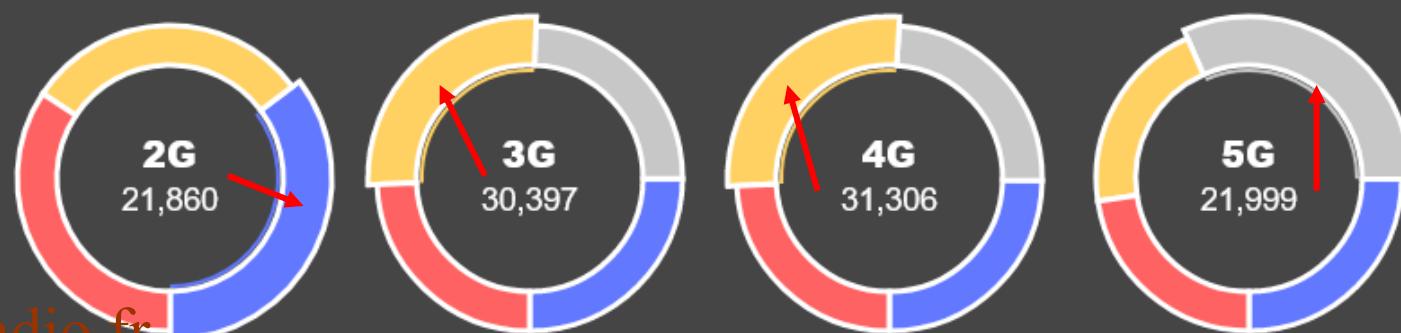
DECLAREES PAR MOIS

Bouygues Telecom Free Mobile Orange SFR

NOMBRE D'ANTENNES DECLAREES PAR RESEAU



NOMBRE D'ANTENNES DECLAREES PAR RESEAU



★ Aperçu d'une partie de la 5G

- ◆ La 5G, pas 1 service mais 3 (3GPP rel 15 et 16)
 - eMBB (enhanced Mobile Broadband) → utilisation pour téléphone mobile
 - mMTC (Massive Machine Type Communication) → pour les IOT
 - URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication)

Suivant le service, on a :

- ◆ Débit $\geq 1 \text{ Gb/s}$
- ◆ Latence très faible $< 1 \text{ ms}$ (actuellement 500 ms)
- ◆ Minimisation de la consommation d'énergie
- ◆ Technologie MIMO
 - Utilisation des ondes millimétriques
 - Utilisation de « small cells » en milieu dense
- ◆ Bande passante
 - Distribution des fréquences à partir de 2020 en France

Attribution fréquence 5G

- ✿ Mise aux enchères bande de 3,4 à 3,8 Ghz par l'ARCEP
 - ◆ Pour avoir accès , achat de 50 Mhz à 350 Millions €
 - ◆ 4 entreprises OK : free, Bouygues, Orange, SFR
 - ◆ 11 * 10 Mhz à se répartir aux enchères entre les différentes entreprises
 - ◆ Final : Free : 2 Bouygues : 2 Orange : 4 SFR : 3
 - ◆ L'état récupère environs 3 milliards €

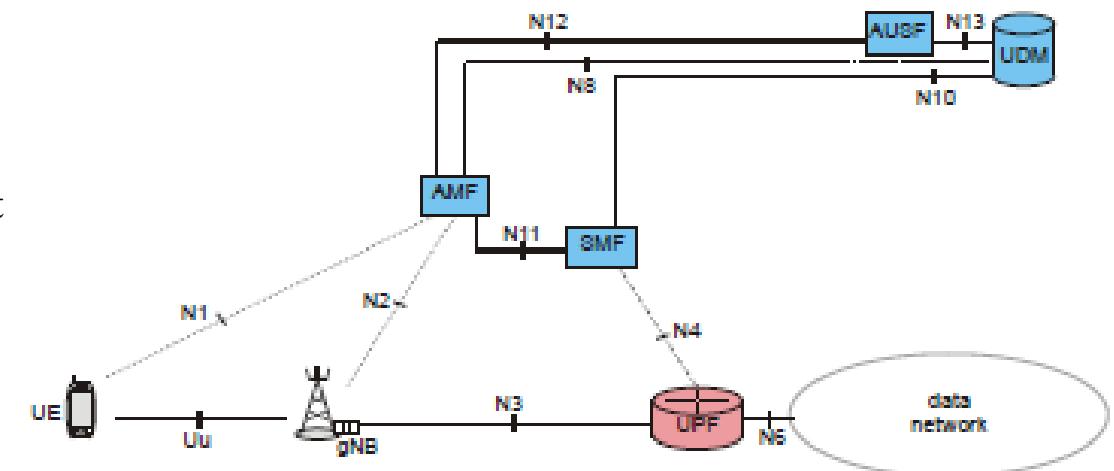
Candidat	Bouygues Telecom	Free Mobile	Orange	SFR	Total
Fréquences	3570 - 3640 MHz	3640 – 3710 MHz	3710 – 3800 MHz	3490 – 3570 MHz	-
Quantité de fréquences	70 MHz	70 MHz	90 MHz	80 MHz	310 MHz
Montant	602 000 000 €	605 096 245 €	854 000 000 €	728 000 000 €	2 789 096 245 €

- ◆ Bollore libère les fréquences Wimax (90 Mhz à distribuer....)

5G (suite)

- ★ Architecture assez similaire à la 4G
- ★ Mais moins de tunnel
- ★ Possibilité de communiquer sans IP, directement @MAC

- ★ Changements équipements internes
 - ◆ User Plane Fonction (UPF) remplace le SGW et PGW
 - ◆ Le MME est remplacé par l'Access and Mobility Function (AMF) et par le Session Management Function (SMF)
 - ◆ Le HSS est séparé en 2 :
 - AUSF : Authentication Server Function
 - UDM : Unified Data Management



★ SUPI (Subscription Permanent identifier)

- ◆ Remplace l'IMSI, mais même information : MCC+MNC+MSIN
- ◆ Apparition du SUCI : Subscription Concealed Identifier

Subscription Concealed Identifier - SUCI					
SUCI Type	Home Network identifier	Routing Indicator	Protection Scheme	Home Network Public Key ID	Protection Scheme Output
Value 0-7	Value Depend on SUPI Type	1- 4 Digits	Value 0-15	Value 0-255	Output Depend on Scheme used

- ◆ Début d'identification

