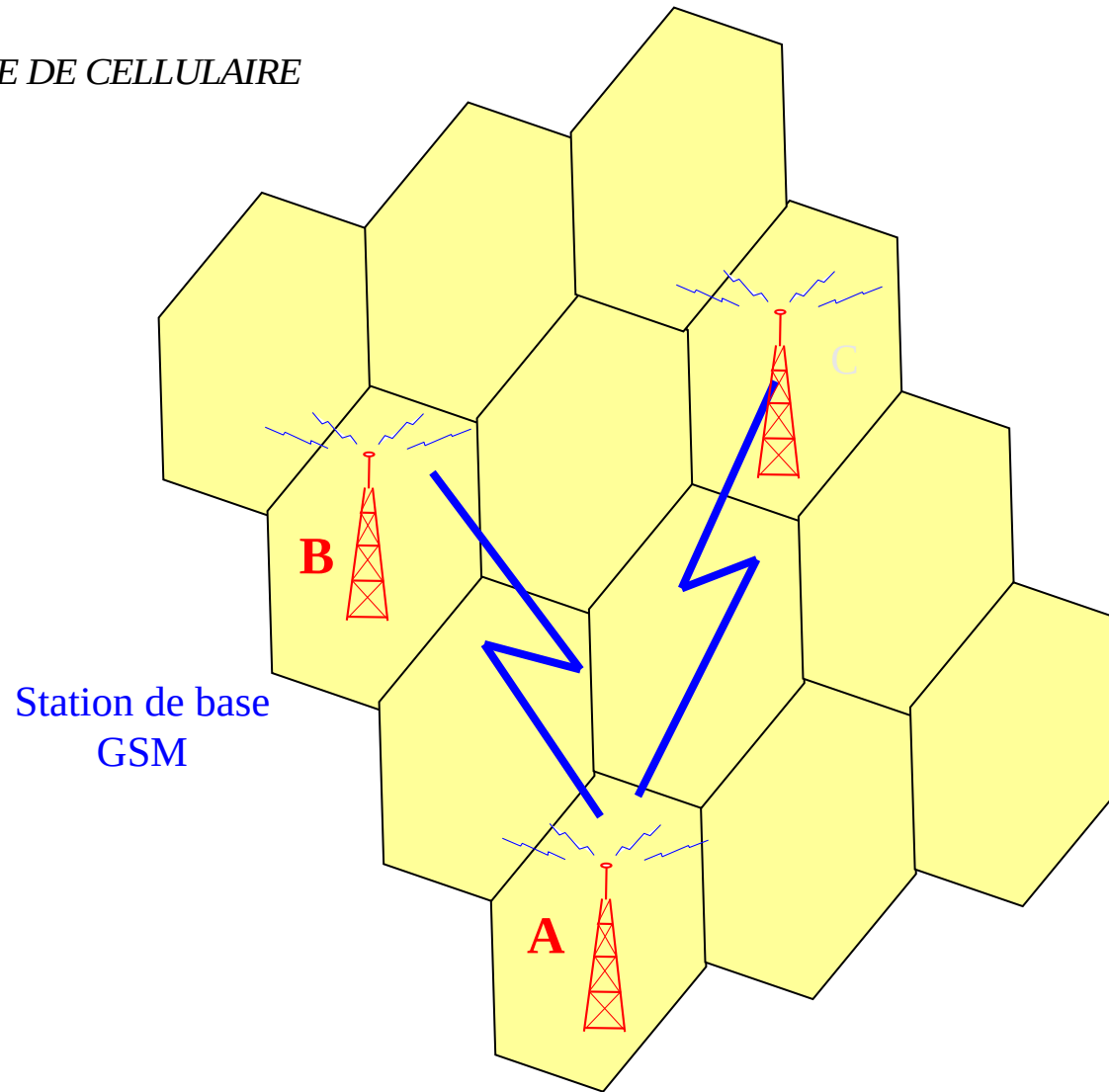


Évolution des réseaux mobiles : de la 2G à la 5G



PRINCIPE DE CELLULAIRE



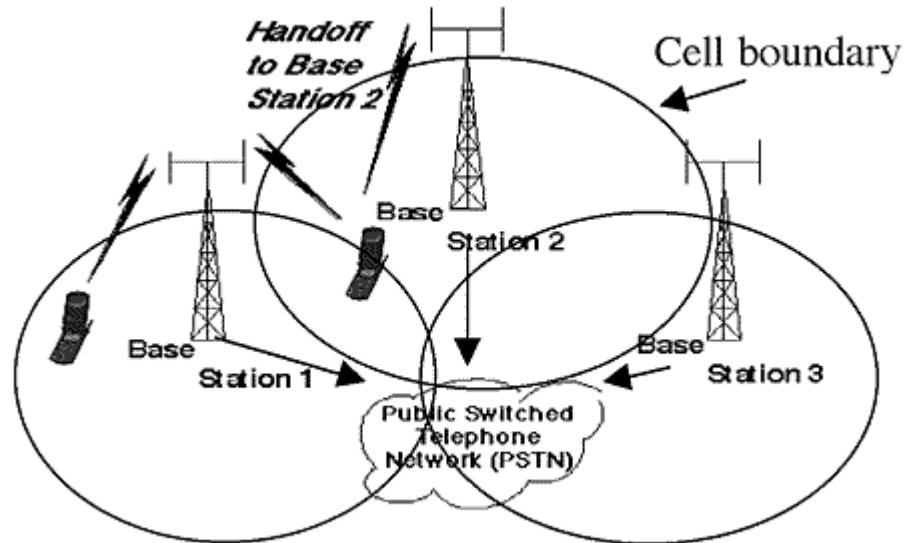
La communication dans la cellule A est possible lorsque le brouillage provenant des cellules B et C, qui utilisent les mêmes canaux, n'excède pas un certain niveau. Si les récepteurs présentent une bonne insensibilité au brouillage, les canaux peuvent être réutilisés dans des stations radio de base mutuellement distantes de trois cellules. Les motifs formés comprennent trois cellules

Chronologie des mobiles

- 2G → années 1990
- 3G → années 2000
- 4G → années 2010
- 5G → années 2020

2G :- 2'nd Generation

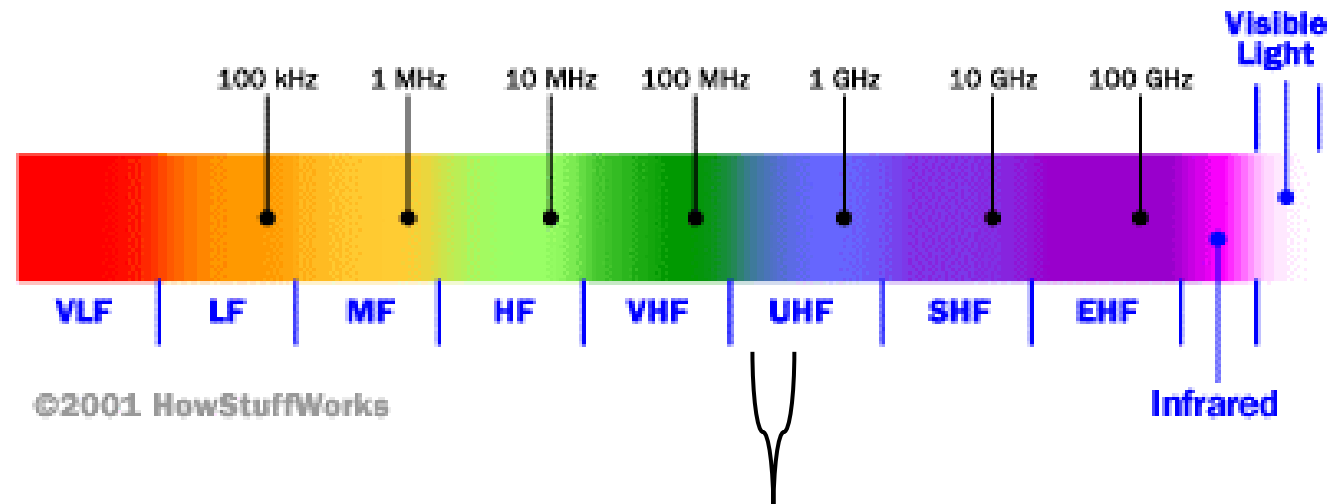
2G se réfère à la 2ème génération de télécommunication mobile. Il a été développé à la fin des années 1980 et terminé à la fin des années 1990. Il est basé sur le système numérique. Il fournit une vitesse allant jusqu'à 64 kbps. Il fournit des services comme la voix et le sms avec plus de clarté. Les principales technologies dominantes étaient GSM et CDMA.



Principales caractéristiques

- Technologie : GSM Apparition : années 1990
- Service principal : voix + SMS
- Accès radio : TDMA / FDMA
- Débit :
 - GSM : $\approx 9,6$ kb/s, GPRS : ≈ 100 kb/s , EDGE : jusqu'à ≈ 384 kb/s
- Applications
- Appels, SMS, Internet très limité

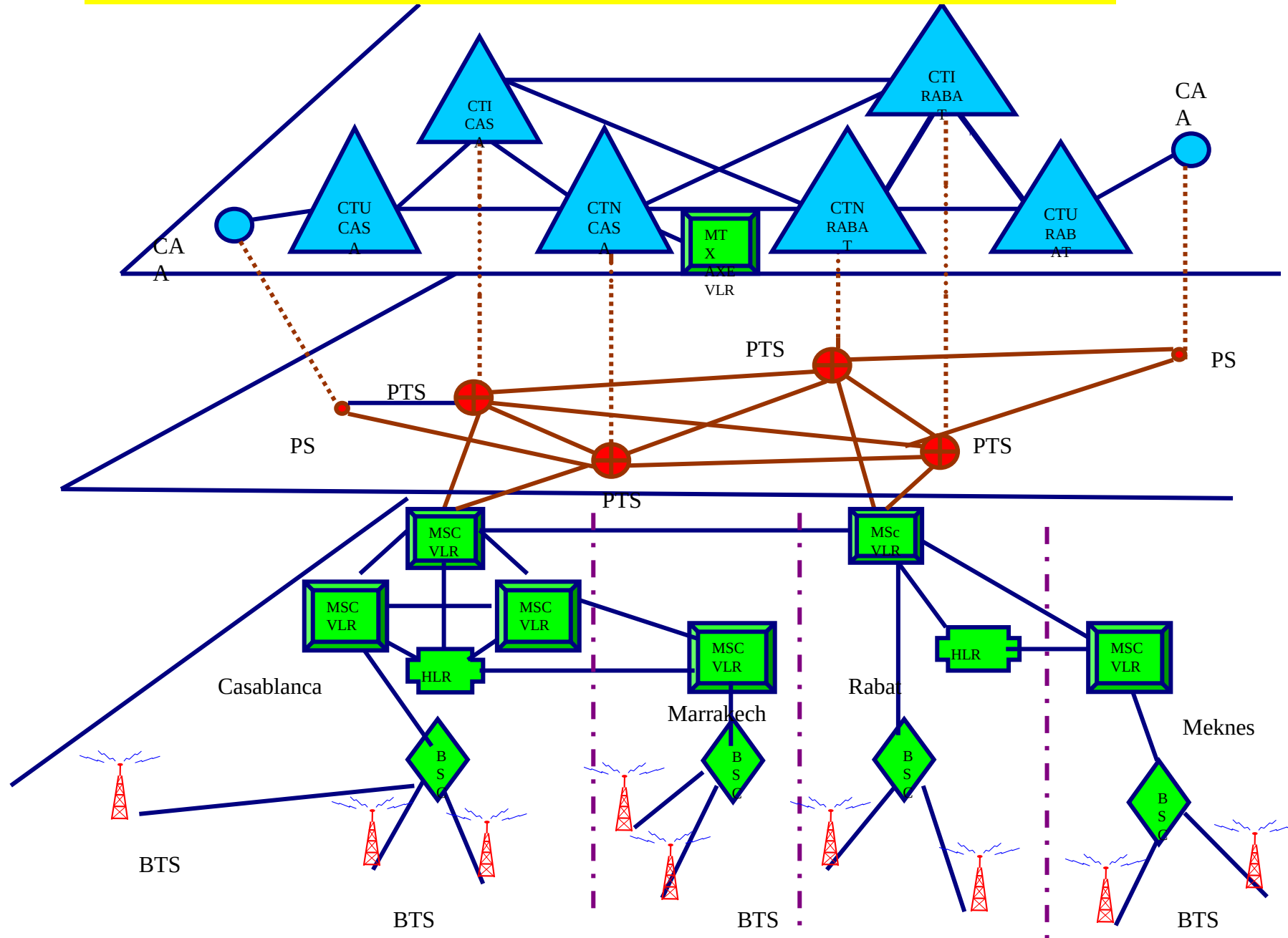
GSM



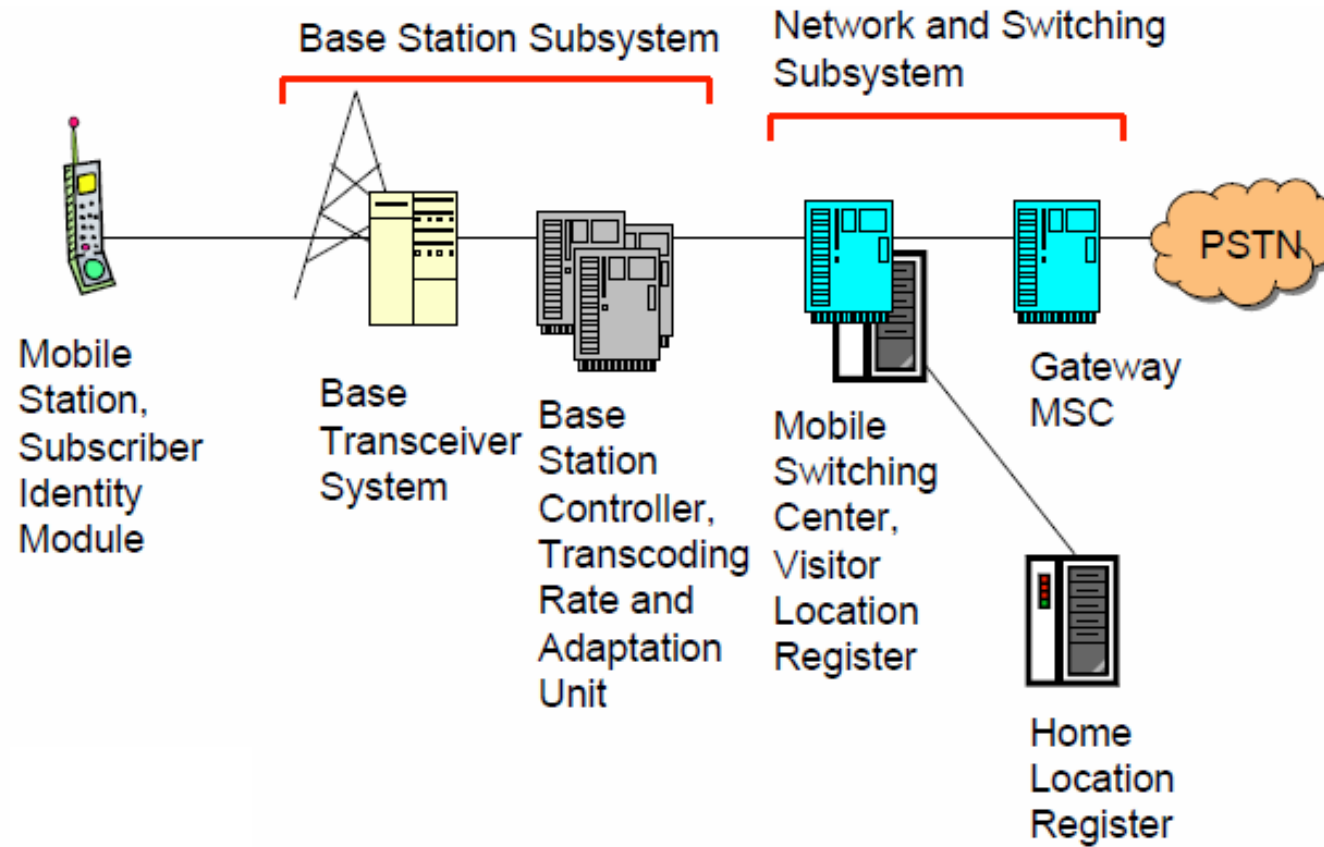
©2001 HowStuffWorks

Le GSM opère dans la bande 900 Mhz et 1800 Mhz

ARCHITECTURE D'UN RESEAU GSM



Architecture GSM



le HLR et le VLR

- **Dans un réseau mobile GSM, le HLR et le VLR sont deux bases de données essentielles qui permettent de localiser les abonnés et gérer les appels/SMS.**

HLR : Home Location Register (Registre de localisation nominal)
est la **base de données centrale permanente** de l'opérateur.

- Il contient les informations principales de chaque abonné :
Identité de l'abonné, Numéro de téléphone, Services autorisés (voix, SMS, données, roaming...), Profil d'abonnement ,
- Même si vous voyagez dans une autre ville, votre dossier reste stocké dans le **HLR** de votre opérateur. Le HLR répond à des questions comme :
- « Qui est cet abonné ? »
« Quels services a-t-il le droit d'utiliser ? »
« Dans quelle région est-il actuellement enregistré ? »

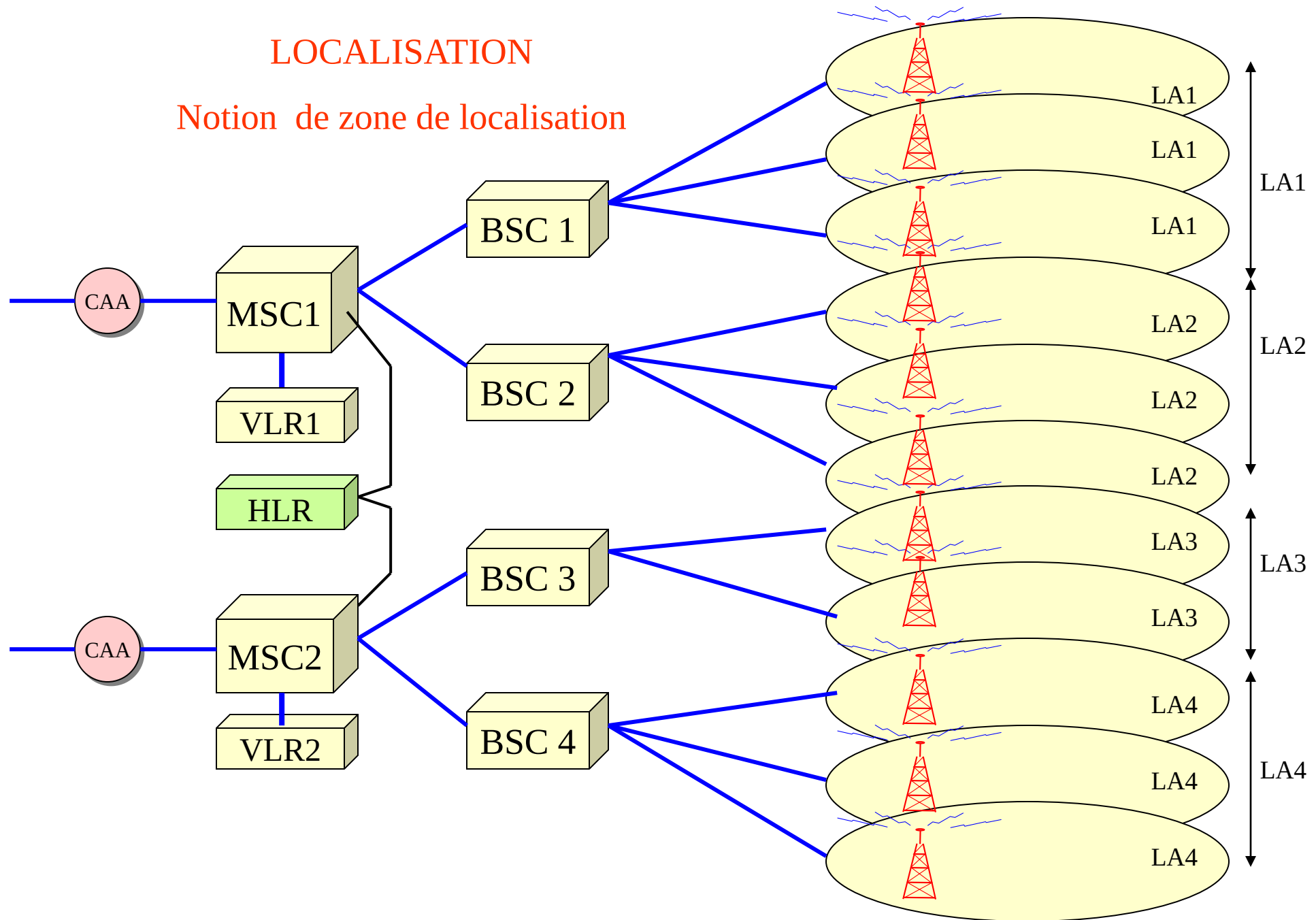
VLR: Visitor Location Register (Registre de localisation visiteur)

est une **base locale temporaire** associée au **MSC (Mobile Switching Center)**.

- Son rôle est de stocker temporairement les informations des abonnés présents dans zone.
- Il contient : Identité temporaire, position actuelle de l'abonné Informations récupéré depuis le HLR. État de l'utilisateur (actif, attaché, roaming...)
- Exemple: Vous habitez Rabat mais vous allez à Casablanca. Quand votre téléphone connecte dans la nouvelle zone :
 1. Le réseau détecte votre arrivée. Le VLR de Casablanca demande vos informations à l'HLR.
 2. Le HLR transmet les données nécessaires. Le VLR garde ces données temporairement. Le VLR répond à : « Cet abonné est-il actuellement dans ma zone ? »
« Puis-je lui acheminer un appel ? »

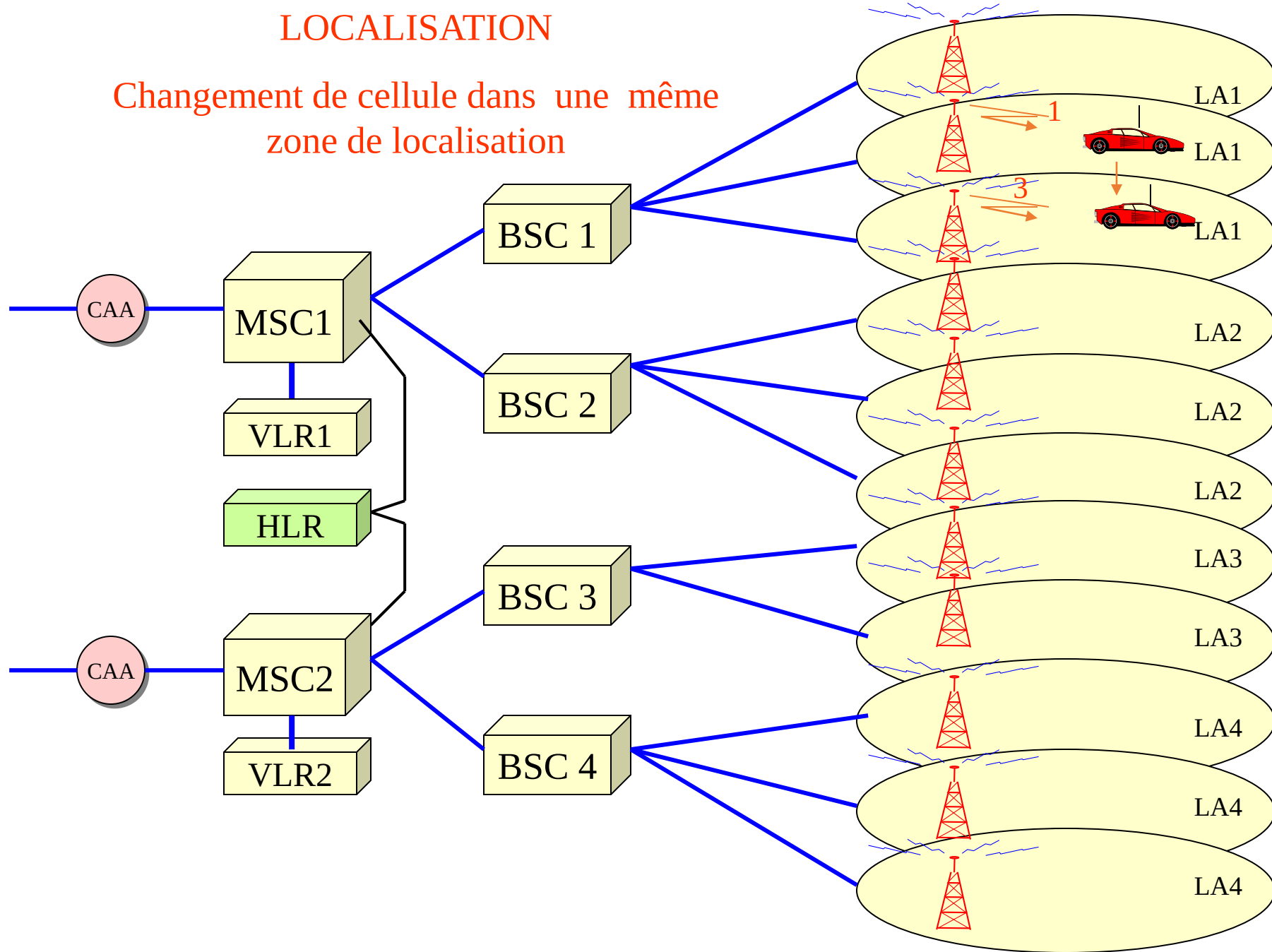
LOCALISATION

Notion de zone de localisation



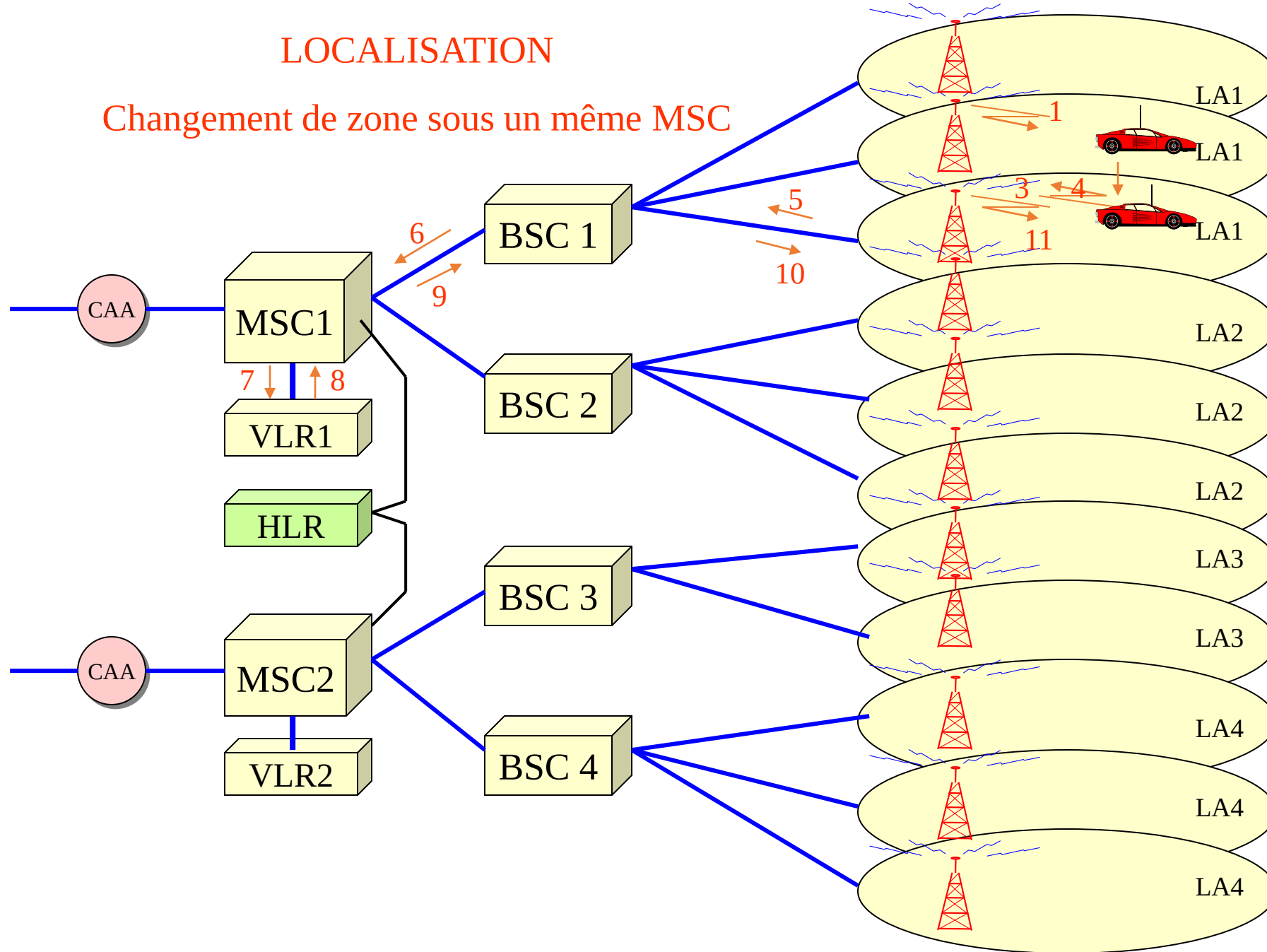
LOCALISATION

Changement de cellule dans une même zone de localisation



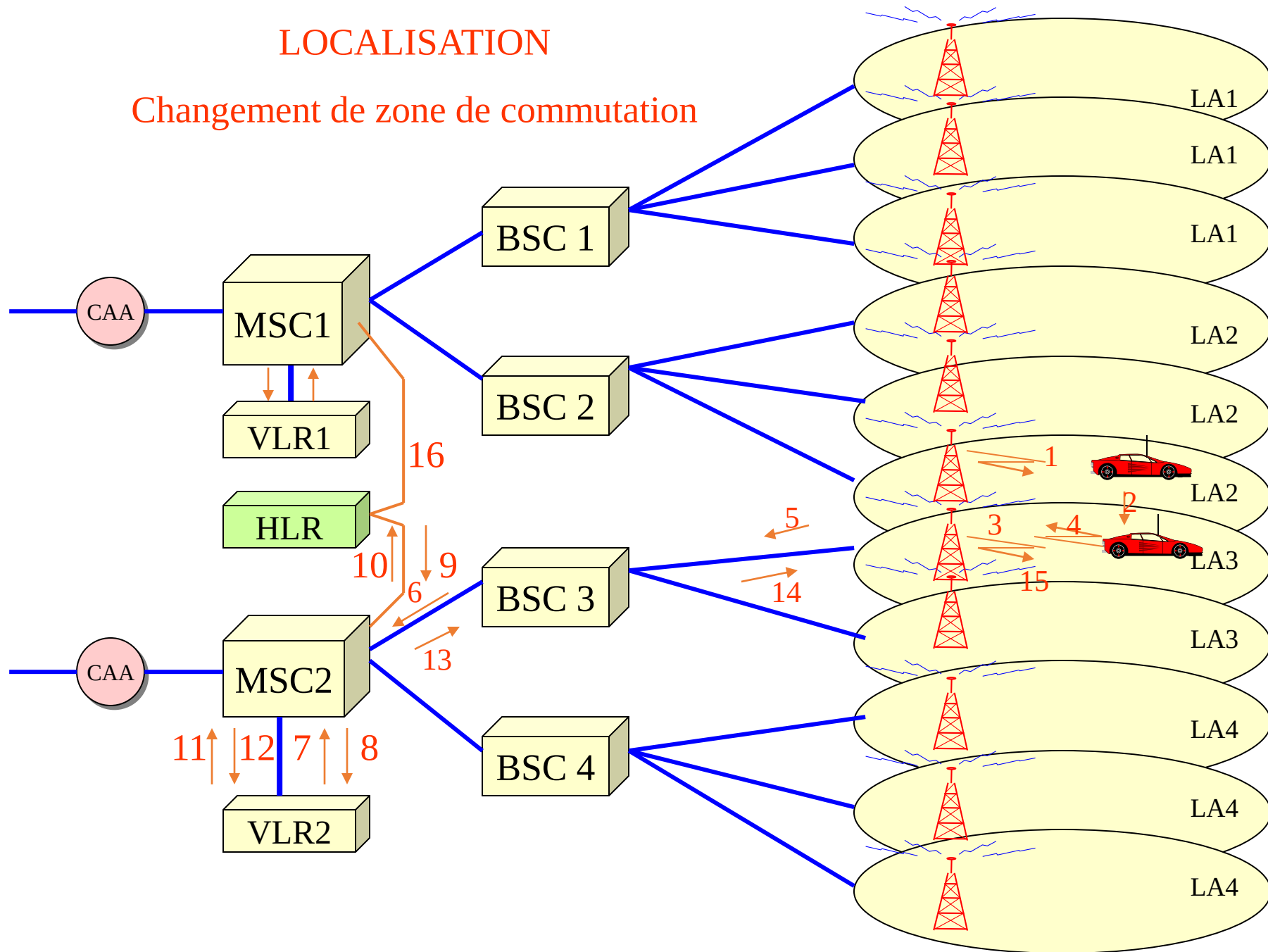
LOCALISATION

Changement de zone sous un même MSC



LOCALISATION

Changement de zone de commutation



comment fonctionne un réseau mobile

- comment fonctionne un réseau mobile
- <https://www.youtube.com/watch?v=P6n-sB7OH9M&t=11s>

Réseau 3G : arrivée de l'Internet mobile

- **Principales caractéristiques: Technologie : UMTS / HSPA**
- **Apparition : années 2000. Accès radio : WCDMA**
- **Débit : UMTS : ≈ 384 kb/s . HSPA : plusieurs Mb/s**
- **Nouveautés**
 - **Navigation Internet**
 - **Email mobile**
 - **Vidéo**
- **Applications mobiles**

3G



- Atteignant 2 Mb/s dans certaines conditions, les vitesses de transmissions offertes par les réseaux UMTS seront nettement plus élevées, que celles des réseaux GSM, de seconde génération, qui plafonneront vers 150 kbits/s avec GPRS.
- Alors que l'introduction de la norme GSM a nécessité une mutation complète des réseaux mobiles, le passage de GSM à UMTS sera marqué par une évolution progressive facilitée par l'existence de terminaux mobiles bi-modes GSM/UMTS.

Historique

3G

Caractéristiques :

- un haut débit de transmission :
 - 144 Kbps avec une couverture totale pour une utilisation mobile,
 - 384 Kbps avec une couverture moyenne pour une utilisation piétonne,
 - 2 Mbps avec une zone de couverture réduite pour une utilisation fixe.
- compatibilité mondiale,
- compatibilité des services mobiles de 3ème génération avec les réseaux de seconde génération,



Technologie



L'UMTS repose sur la technique d'accès multiple W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

L'accès multiple pour le GSM se fait par une combinaison de division temporelle TDMA (Time Division Multiple Access) et de division fréquentielle FDMA (Frequency Division Multiple Access).

Les fréquences allouées pour l'UMTS sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.

Débits



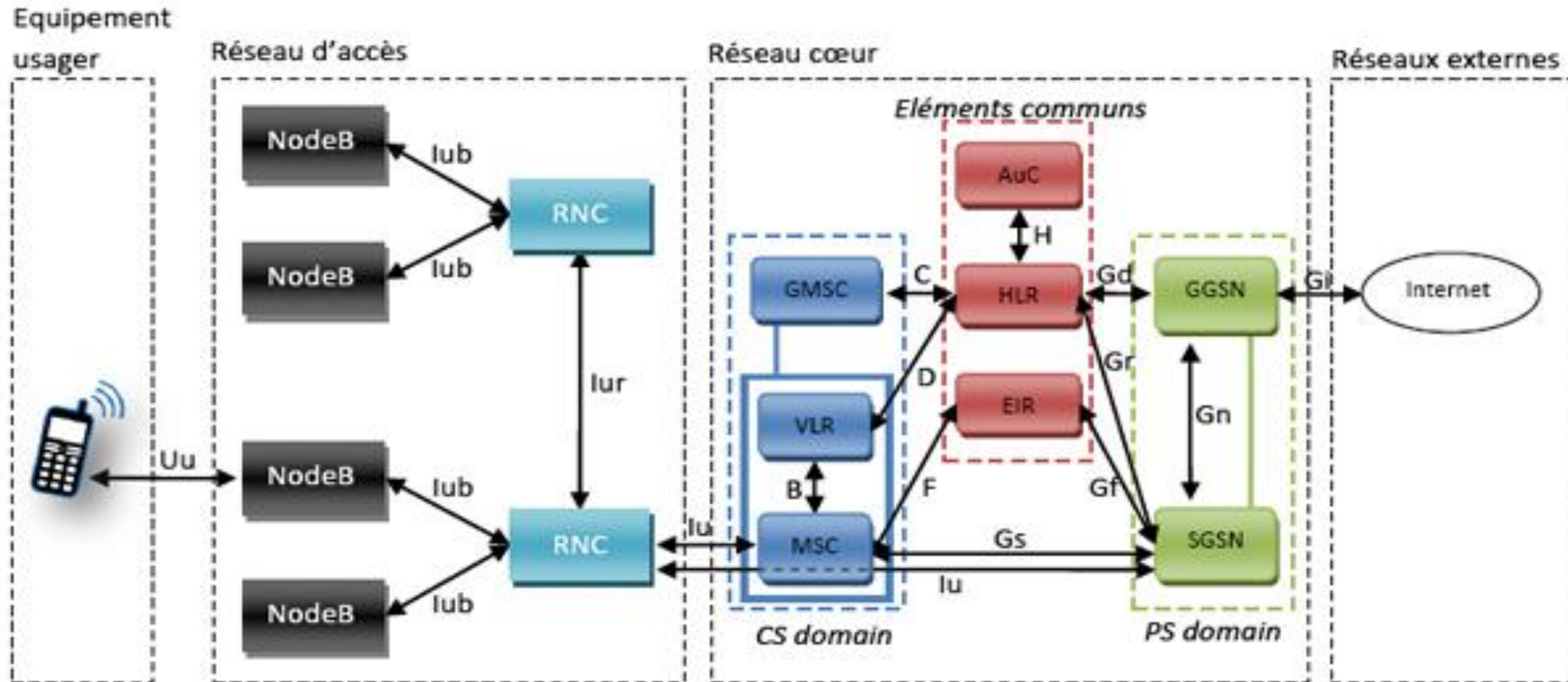
L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1,920 Mbit/s, mais fin 2004 les débits offerts par les opérateurs dépassent rarement 384 kbit/s...

La technologie UMTS

- Il existe plusieurs technologies 3G dans le monde.
- L'UMTS est donc la norme de télécommunications de troisième génération utilisée en Europe et est basée sur la technologie W-CDMA.
- Elle a été développée à partir de 2004 avec la Release 99 (R99).
- Sa bande de fréquence de fonctionnement est 1900MHz-2000MHz. Les spécifications techniques de cette norme sont développées au sein de l'organisme 3GPP.
- L'UMTS est compatible avec tous les réseaux du monde du fait de la possibilité de roaming au niveau mondial.

Le réseau UMTS est composé d'un réseau d'accès UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) et d'un réseau cœur.

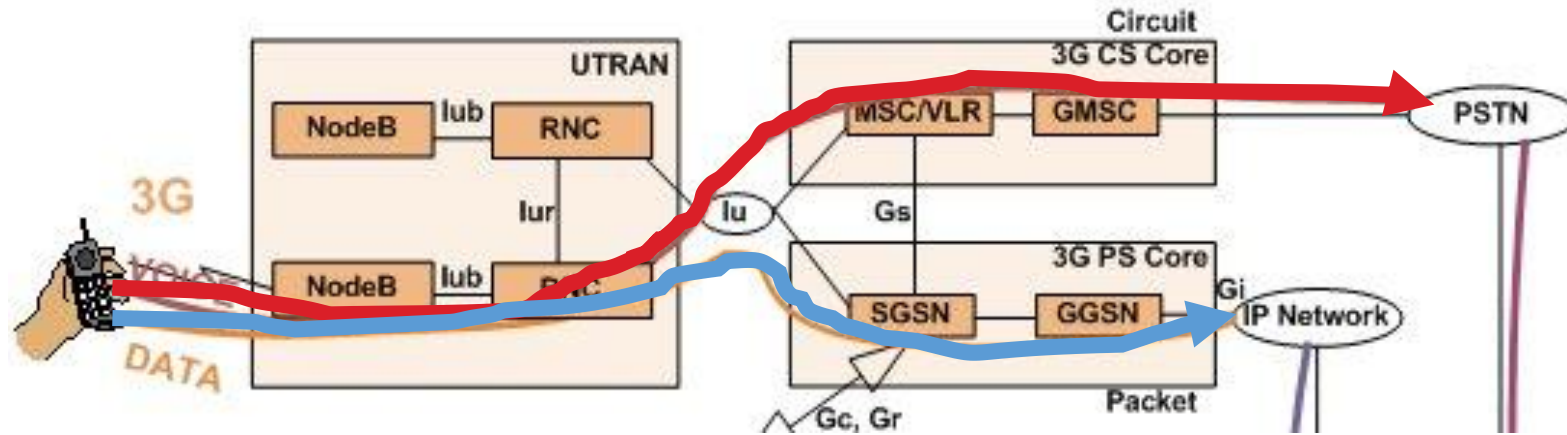
Architecture globale du réseau UMTS



La technologie UMTS

- NodeB :
Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager.
- RNC :
Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS.
- Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines :
- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.
- Les éléments communs aux domaines CS et PS

Packet switched vs circuit switched



- 3G and earlier maintains two data paths
 - ▣ Circuit switched: Phone calls (8kbps) and SMS/MMS
 - ▣ Packet switched: All IP data

Réseau 4G : le haut débit mobile

- **Principales caractéristiques**
 - . **Technologie : LTE. Apparition : années 2010. Accès radio : OFDMA**
 - . **Débit : dizaines à centaines de Mb/s**
- **Nouveautés: Streaming HD. Visioconférence. Cloud . Réseaux sociaux**

La 4G

- La 4G: la première technologie à avoir été conçue pour la data, les performances de la 4G en matière de la data, sont meilleures que celles de la 3G et notamment en ce qui concerne le débit descendant.
- En attendant l'implémentation du protocole dit « Volte » dans les équipements 4G en Afrique, les appels c'est-à-dire la voix, vont continuer à transiter par les réseaux mobiles GSM et 3G. Certains opérateurs En France ont implémenté ce protocole en 2015.
- La 4G est la première technologie mobile qui permet le très haut débit en fréquences basses (800 MHz).

Différence entre la 3G et la 4G

- La 4G garantit offre des débits pouvant atteindre le débit théorique de 100Mb/s. Elle succède à la 3G qui peut offrir un débit théorique autour de 42Mb/s.

Différence entre la 3G et la 4G

- La 4G comparée à la 3G, permet une vitesse de chargement jusqu'à dix fois plus rapide.
- Ainsi, la 4G a permis de naviguer sur la toile internet confortablement et surtout de télécharger des séquences vidéo relativement plus vite.

La 4G et les terminaux ?

- Quant aux terminaux, ils doivent être adaptés à la technologie 4G et aux bandes de fréquences attribuées aux opérateurs télécoms en Afrique dont le Maroc.
- Etant donné que le Maroc a opté pour les mêmes bandes de fréquences déjà opérationnelles en Europe, les terminaux fonctionnant en Europe ne posent en principe aucun problème à être utilisés en situation de Roaming au Maroc et réciproquement.

Les terminaux

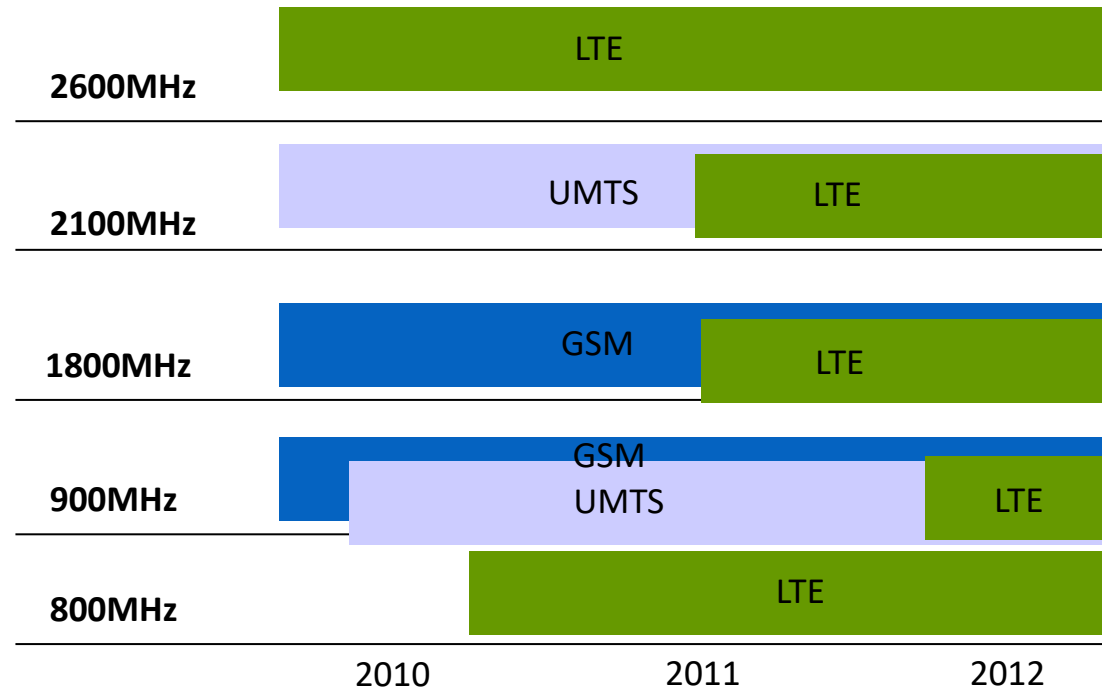
- Tous les smartphones ne sont pas compatibles. Par exemple, les terminaux asiatiques et américains conçus pour fonctionner dans la bande 700Mhz ne fonctionnent pas en Europe même en situation de Roaming, en Europe.
- Les dispositions techniques sont prévues pour permettre aux terminaux compatibles de basculer automatiquement de la 4G à la 2G ou à la 3G lorsqu'on voudrait passer un appel ou lorsqu'on quitte une zone couverte en 4 G.

Allocation du spectre pour la 4G

D'un point de vue fréquentiel, le déploiement du 4G peut ainsi se concevoir de deux manières :

- ⦿ déploiement sur une bande de fréquences déjà allouée à un système 2G ou 3G ;
- ⦿ déploiement sur de nouvelles bandes de fréquences.

L'allocation spectrale au niveau mondial



La particularité de la bande 800Mhz

- La 4G est la première technologie mobile qui permet le très haut débit en fréquences basses (800 MHz).
- Ces Fréquences dans la bande 800Mhz sont payées relativement plus chères. Car la bande des 800 MHz a une portée relativement meilleure, limitant en théorie le nombre de relais pour le déploiement du réseau 4G et de ce fait ces fréquences permettent d'assurer de la couverture, soit dans des zones éloignées ou dans les zones urbaines.
- Elle pénètre également mieux à l'intérieur des bâtiments. Cette bande 800 Mhz ne nécessite pas beaucoup d'investissements pour les opérateurs télécoms comme pour les cas des deux autres bandes.
- Par contre si la bande des 800 MHz est parfaitement adaptée aux zones rurales, elle ne l'est pas dans les zones fortement denses avec un trafic intense.

La particularité de la bande 2600 Mhz

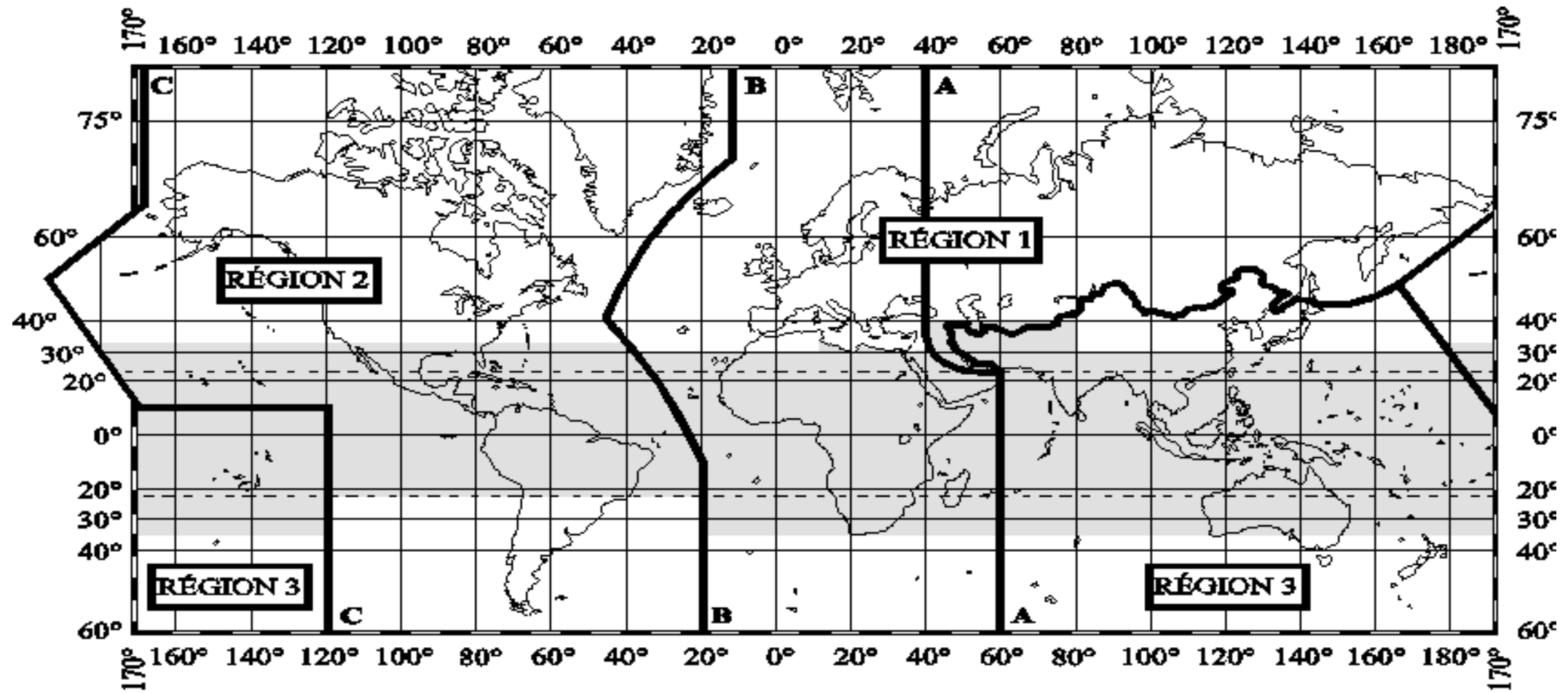
Quant à La bande de 2600 MHz, elle présente des caractéristiques opposées au 800 MHz.

- Elle ne peut couvrir qu'une surface de faible rayon.
- Elle traverse moins facilement les murs que les fréquences de la bande 800 Mhz.
- Ses caractéristiques font qu'elle est plus adaptée pour une utilisation en ville où elle est plus à même d'accepter un trafic intense.

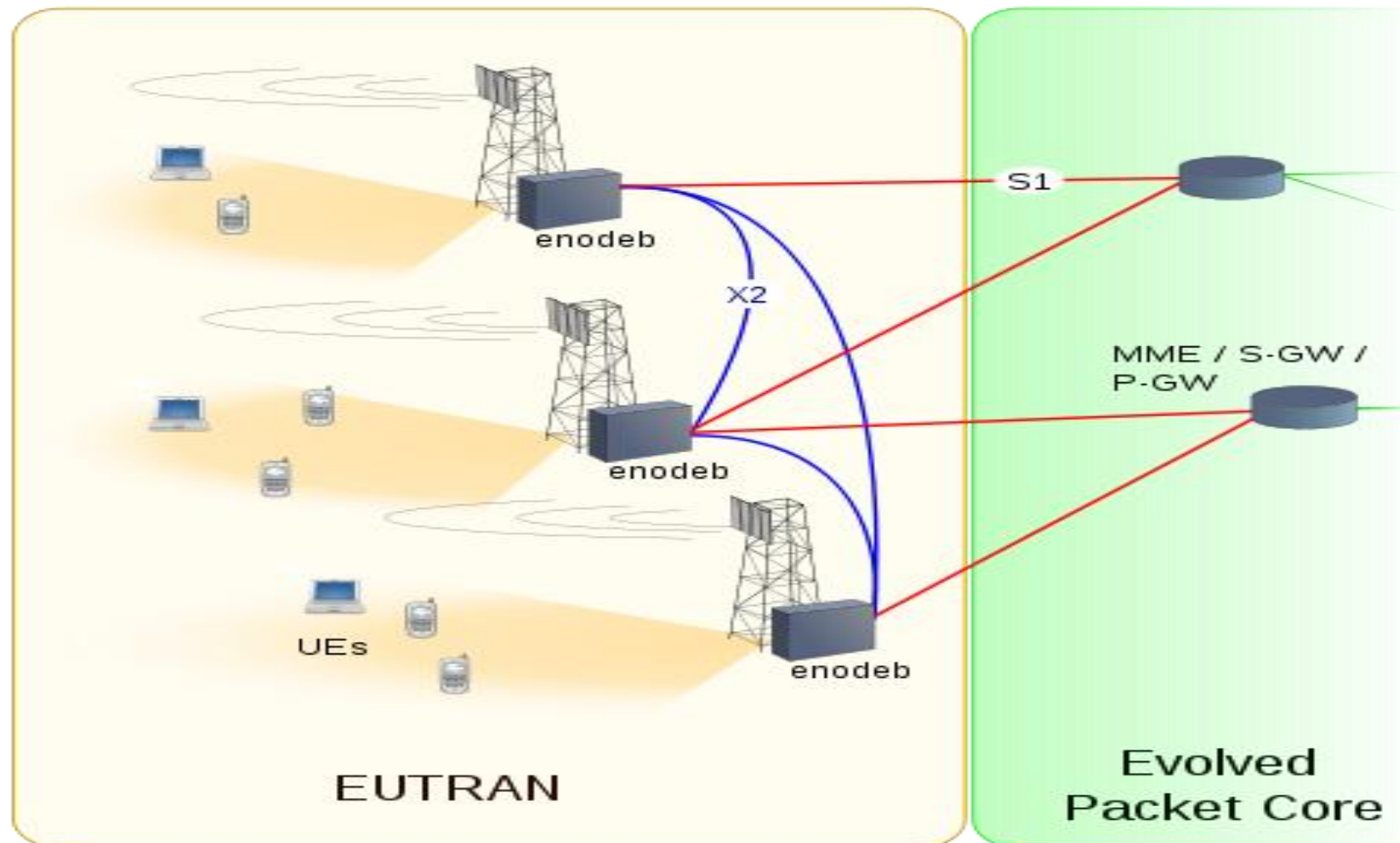
La particularité de la bande 1800Mhz

- La bande 1800 MHz, est aussi considérée comme meilleure, du fait qu'elle possède les caractéristiques techniques, situées entre la bande 800 MHz et celle de 2600 MHz.

Répartition des zones pour les fréquences



RÉSEAU MOBILE 4G LONG TERM EVOLUTION (LTE)



LTE: Introduction

- Le LTE a été envisagé dès novembre 2004 comme l'évolution à long terme de l'UMTS (d'où son nom de *Long Term Evolution, LTE*), lors d'un atelier organisé par le 3GPP appelé *Future Evolution Workshop*.
- Les travaux sur cette nouvelle norme ont commencé au 3GPP en janvier 2005 avec une étude de faisabilité, qui s'est conclue en septembre 2006 avec la définition des grands principes de la technologie LTE [**3GPP TR 25.912, 2006**].
- Les travaux de spécification proprement dit se sont alors déroulés jusqu'à décembre 2008, date où la première version des spécifications a été approuvée. Le LTE est ainsi défini dans la **Release 8** du 3GPP.
- LTE a pour objectif de proposer **une capacité accrue** et fait appel à une **nouvelle technique d'accès** à la ressource fréquentielle.

Les motivations pour l'introduction du LTE

- La capacité
- Les débits
- La latence
- L'adaptation au spectre disponible
- L'émergence de l'OFDM
- La simplicité d'exploitation du réseau
- Le contexte industriel

Les motivations pour l'introduction du LTE

➤ La capacité

- la capacité d'une cellule correspond au trafic total maximal qu'elle peut écouler en situation de forte charge au cours d'une période donnée.
- La capacité d'une cellule est conditionnée par l'efficacité spectrale du système et la ressource spectrale disponible.
- Les besoins de capacité augmentent et la technologie se doit d'évoluer constamment pour les satisfaire.
- Une raison majeure ayant motivé l'introduction du LTE est le besoin d'accroître la capacité des réseaux mobiles.

Les motivations pour l'introduction du LTE

➤ Les débits

- Le débit moyen par utilisateur en situation de forte charge peut être approché par la capacité divisée par le nombre d'UE actifs dans la cellule.
- Le débit fourni à un utilisateur dépend de ses conditions radio, liées en particulier à sa position dans la cellule, des techniques de transmission employées et de la ressource spectrale disponible.

Les motivations pour l'introduction du LTE

➤ La latence

La latence d'un système est la mesure du délai introduit par ce système. On distingue deux types de latence :

- la latence du **plan de contrôle** : représente le temps nécessaire pour établir une connexion et accéder au service.
- la latence du **plan usager** : représente le délai de transmission d'un paquet au sein du réseau une fois la connexion établie.

Les motivations pour l'introduction du LTE

➤ L'émergence de l'OFDM

- **OFDM** (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) offre plusieurs avantages pour des systèmes radio mobiles. En particulier, il bénéficie d'une grande immunité contre l'interférence entre symboles créée par les réflexions du signal sur les objets de l'environnement.
- OFDM permet de gérer simplement des largeurs de bande variables et potentiellement grandes, ce qui était une motivation de l'introduction du LTE.

Allocation du spectre pour le LTE

➤ L'allocation spectrale au niveau mondial

Suite à la WRC-07, les bandes de fréquences suivantes sont identifiées pour les technologies IMT au niveau mondial [UIT] :

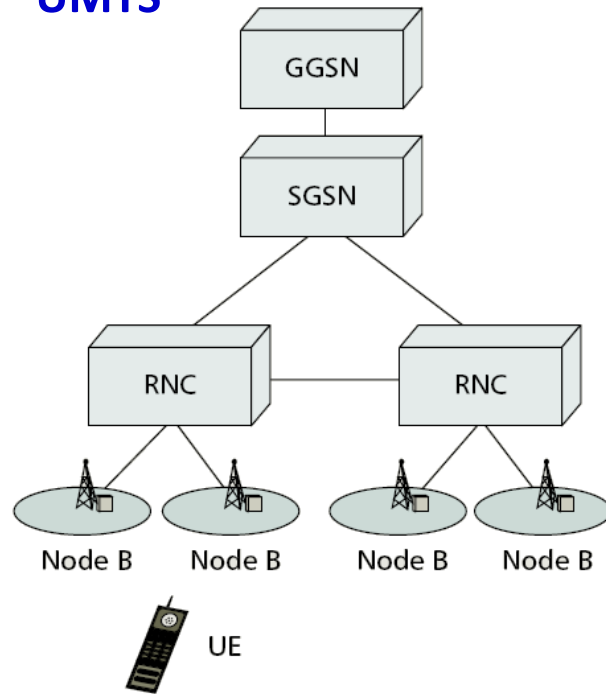
- 450 – 470 MHz ;
- 790 – 960 MHz, incluant la bande, appelée la bande de fréquences 800 MHz ;
- 1 710 – 2 025 MHz ;
- 2 110 – 2 200 MHz ;
- 2 300 – 2 400 MHz ;
- 2 500 – 2 690 MHz ou bande de fréquences 2,6 GHz.

Les bandes de fréquences suivantes ont également été identifiées au niveau **régional** :

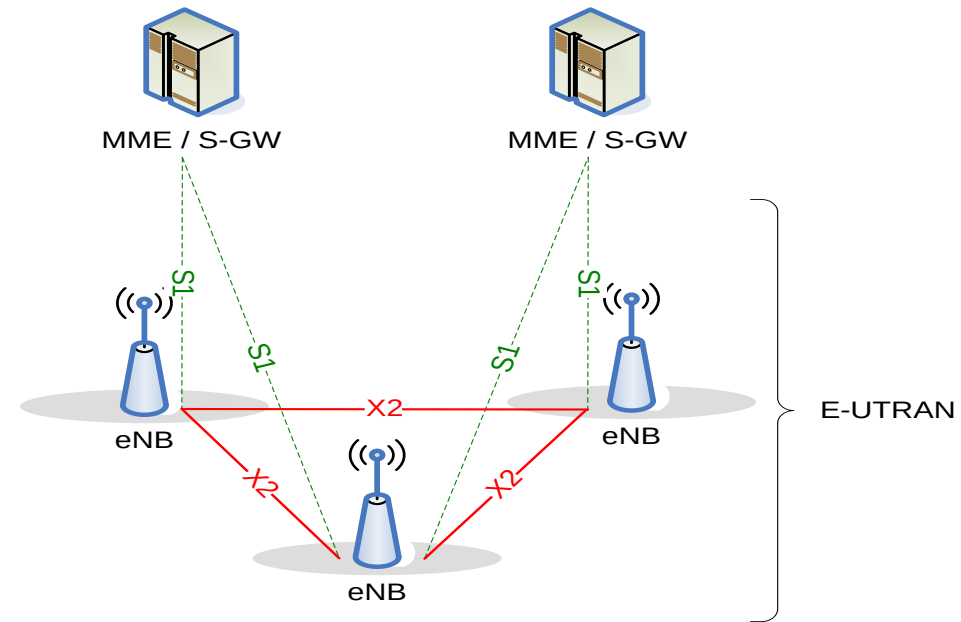
- 610 – 790 MHz pour le Bangladesh, la Chine, la Corée du Sud, l'Inde, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Philippines et Singapour ;
- 698 – 790 MHz pour le continent américain ;
- 3 400 – 3 600 MHz sans allocation globale mais acceptée par un grand nombre de pays d'Asie, d'Océanie, d'Europe, d'Afrique, du Moyen-Orient et la Russie.

Architecture d'un système LTE

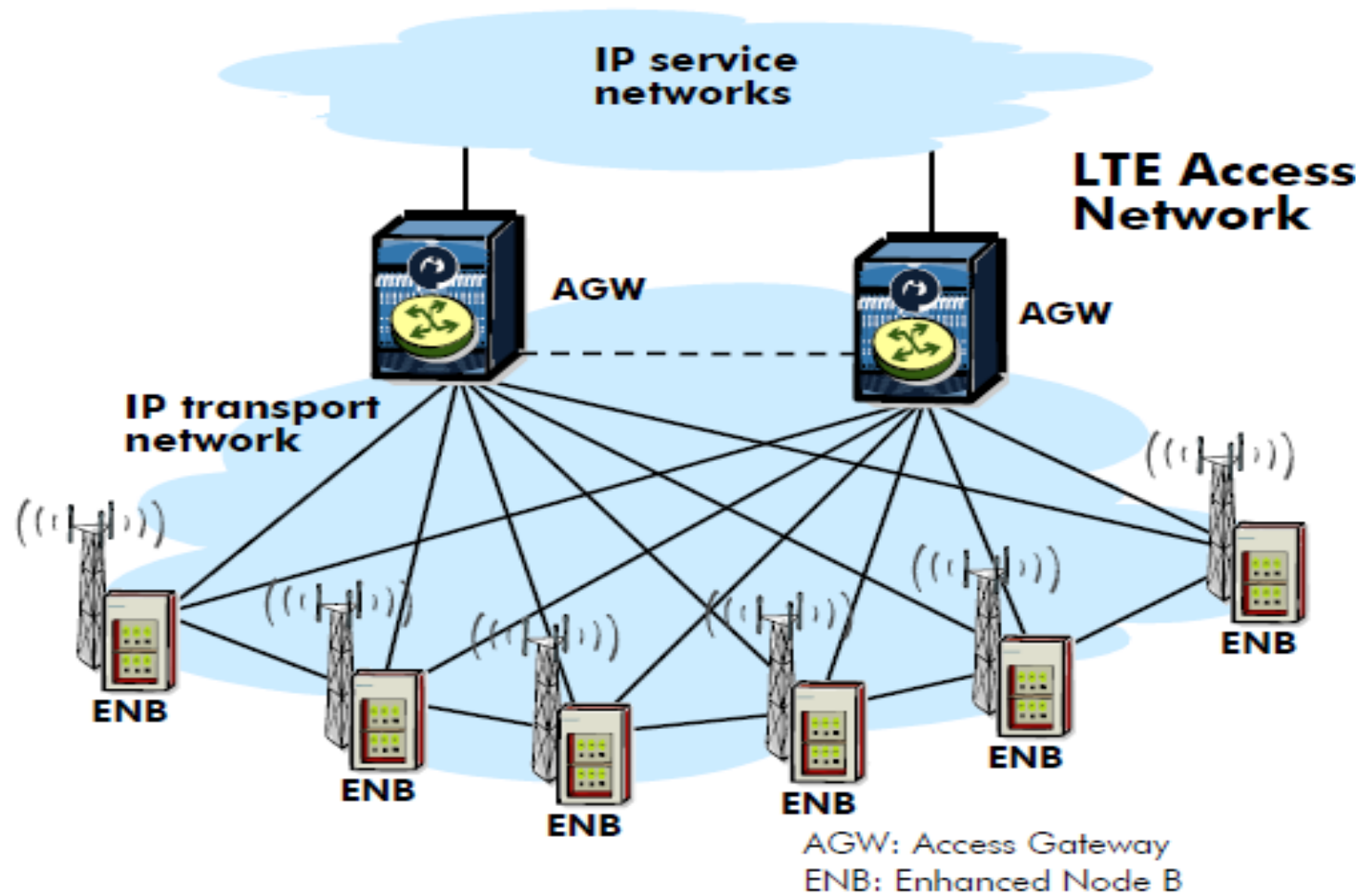
UMTS



LTE



Architecture d'un système LTE



Pays	Opérateurs	Technologie et fréquences
Maroc	Meditel, IAM, INWI	LTE 1800, 2600 et 800 Mhz
Afrique du Sud	MTN, Telkom, Vodacom	LTE et TD-LTE 1800 MHz et 2300 MHz
Angola	Unitel et Movitel	LTE 1800 MHz
Botswana	MTN et Orange	LTE 1800MHz
Gabon	Libertis	LTE
Ghana	Vodafone, Blu et Surflin	LTE et TD-LTE 2600 MHz
Kenya	Safaricom	LTE
Lesotho	Vodacom	LTE 800 MHz
Ile Maurice	Orange et Emtel	LTE 1800 MHz
Namibie	MTC et TN	LTE 1800 MHz
Nigéria	Smile	LTE 800 MHz
Rwanda	Airtel et MTN	LTE 800 MHz et 1800 MHz
Seychelles	Airtel	LTE 800 MHz
Ouganda	Vodafone, Africell, Smile et MTN	LTE et TD-LTE 800 MHz et 2600 MHz
Tanzanie	Smile	LTE 800 MHz
Zambie	MTN et Zamtel	LTE
Zimbabwe	Econet	LTE

*Source: ANALYSIS 2015

L'évolution de la 4G dans le temps et dans l'espace

- La plupart des services 4G lancés sont le fait d'opérateurs mobiles existants s'appuyant sur la technologie 4G FDD à l'exception de l'Arabie saoudite et la Suède qui utilisent entre autres la 4G TDD.
- La durée des licences 4G accordées varie entre 15 et 20 ans

les défis

- La particularité de la 4G par rapport aux autres technologies mobiles: nécessité de la fibre optique pour relier les antennes aux réseaux d'une part et les antennes entre elles.
- Etant donné que certains opérateurs ont lancé les offres 4G au même prix que la 3G, il faut que maintenant qu'ils pensent à la création de services à valeur ajoutée en vue d'amortir les investissements de la 4G.
- La difficulté de monétiser les services offerts sur la 4G à cause des géants de l'internet.
- Penser aussi à la virtualisation, au cloud, au big data?

Evolution

- Quant aux évolutions, la norme LTE-Advanced qui est une évolution de la norme 4G, permettant d'atteindre des débits de téléchargement de 1 Gb/s à l'arrêt et à plus de 100 Mb/s pour un terminal en mouvement.

OFDM Vidéos

- [Vidéo de Moughit](#)
- <https://www.youtube.com/watch?v=36-jjyCnKuM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=F6B4Kyj2rLw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=KCH07zIU25Q>

- Vidéo

- https://www.youtube.com/watch?v=2UujN_pOcYI

la 5G



Réseau 5G : connectivité massive et temps réel

- **Principales caractéristiques**

- . Apparition : années 2020. Accès radio : OFDMA avancé

- **Performances:** Débit : jusqu'à plusieurs Gb/s. Latence très faible

- . Très forte densité d'utilisateurs

- **Nouveaux usages**

- . Industrie 4.0. IoT

- . Véhicules connectés

Plan

- La 5G: une technologie de rupture
- La 5G: Deux technologies 5G
- Les 3 catégories d'usages dans la 5G
- Applications
- La situation du déploiement de la 5G
- Les fréquences de la 5G
- Conclusion

En matière de connectivité:

- **la 5G constitue une technologie de rupture ?**

La 5G: une technologie de rupture

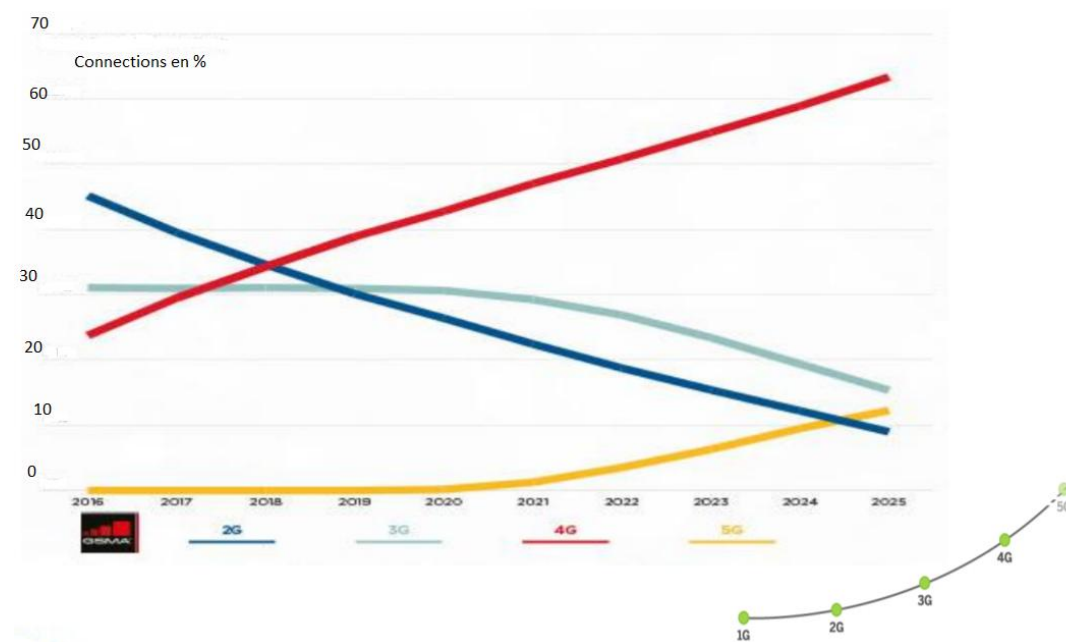
Les générations 3G puis 4G de téléphonie mobile se sont inscrites dans une continuité technologique :

chaque nouvelle génération était une évolution de la précédente.

Avec la 5G, une véritable rupture technologique est née.

La 5G: une technologie de rupture

- la 5G devra pouvoir offrir un débit utilisateur et un débit maximal respectivement 10 et 20 fois supérieur à ce qui est disponible actuellement avec la 4G.



Il existe 2 manières de déployer la radio 5G :
mode non-standalone (NSA) et mode standalone (SA)

- En mode NSA, la 5G interagit avec le cœur de la 4G.
- Pour déployer la 5G en mode SA, un réseau cœur 5G est requis.

- **la 4G va continuer à se déployer dans le monde et il va ainsi constituer plus de 53% du parc des mobiles en 2025;**
- **la 5G NSA aura besoin des réseaux de la 4G (LTE).**

La 5G se présente sous 2 versions : 5G-NSA et 5G-SA

- La 5G-NSA (dite «Non StandAlone»), simple et rapide à déployer.
- Elle est basée, pour chaque Opérateur, sur son coeur de réseau (commutateurs, ...) actuellement déployé pour les besoins de la 4G. Seules les stations de base seront 5G.
- La 5G-NSA permet une amélioration notable des débits de navigation.

La 5G se présente sous 2 versions : 5G-NSA et 5G-SA

- La 5G-SA (dite «StandAlone»), largement plus coûteuse et nécessitant des investissements conséquents.
- Chaque Opérateur installera un nouveau cœur de réseau 5G (commutateurs, ...)
- En raison des coûts élevés et de la limitation du business model de la 5G, la majorité des lancements des réseaux 5G s'est faite en 5G-NSA.

La 5G se présente sous 2 versions : 5G-NSA et 5G-SA

La généralisation de la 5G-SA (dite aussi «Full 5G») était initialement annoncée en Europe pour 2025 et cette échéance est actuellement reportée au-delà de 2028, voire 2030. Actuellement, plus de 75% des réseaux 5G au monde sont 5G-NSA.

La 5G se présente sous 2 versions :

En Afrique, plusieurs analystes préconisent de capitaliser, en 1er lieu, sur les réseaux 4G, dont le lancement est récent et ne daterait qu'en moyenne de 7 ans (pour le Maroc, depuis 2015), d'autant plus que l'accessibilité des terminaux 5G, prérequis obligatoire, est rendue difficile en raison de leurs coûts élevés à ce stade.

La 5G :

- Une connectivité partout, tout le temps, grâce à une couverture réseau renforcée dans les zones
- C'est la fin de la "neutralité du réseau" ?
- Va s'appuyer sur le principe du *slicing*, qui consiste à "découper" le réseau pour allouer des ressources dédiées par type d'usage.
- Il y aura des priorités à gérer

La 5G: une technologie de rupture

La 5G offrira une très faible latence, proche de celle de la fibre optique,
la latence et de 1 ms.

La latence est de 10 ms dans la 4G.

3 catégories d'usages dans la 5G :

- **Internet des objets** : services nécessitant une couverture étendue, une faible consommation énergétique et des débits relativement restreints.
- **L'ultra haut débit** : Pour permettre par exemple de visionner des vidéos en ultra haute définition (8K) ou des applications de réalité virtuelle ou augmentée.
- **Les communications ultra-fiabiles à très faible latence** : Ces besoins se retrouvent principalement dans les transports (temps de réaction en cas de risque d'accident, par exemple), dans la médecine (télé-chirurgie) et pour l'industrie 4.0.

LA 5G DANS LE TEMPS

Le cycle de vie de la 5G n'en est qu'à ses prémices

Estimation/projection du nombre d'abonnements de téléphonie mobile à la 3G, 4G et 5G dans le monde



Source : Ericsson Mobility Report

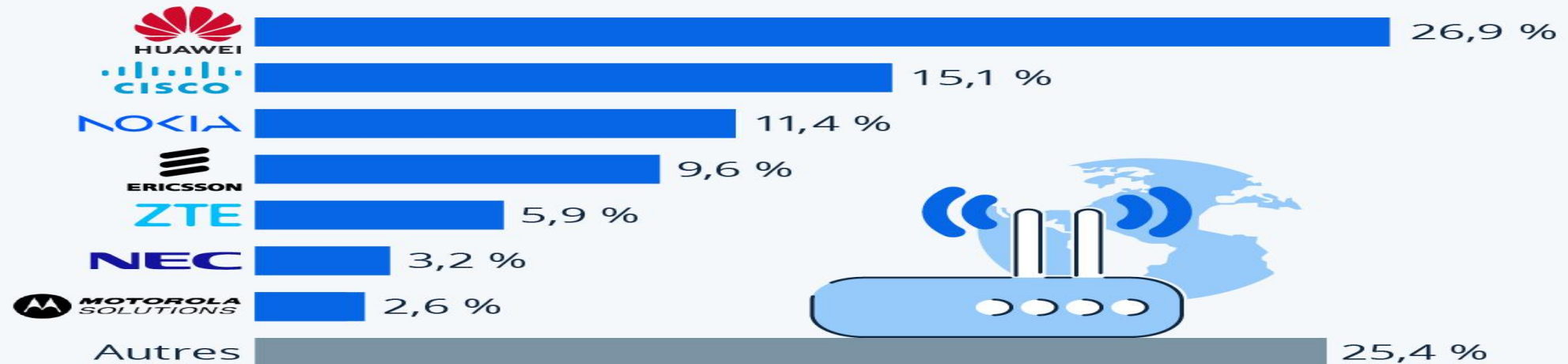


statista

LES GEANTS DE LA 5G

Les géants des télécoms

Part de marché mondiale des fournisseurs d'infrastructures de télécommunication en 2020



Source : Statista Market Insights



statista

Les géants de la 5G, en tant que fournisseurs d'équipements réseau sont :

principalement des entreprises spécialisées dans les **infrastructures télécoms**, fournissant aux opérateurs les antennes, les stations de base, les réseaux cœur et les solutions logicielles pour déployer la 5G. Voici les principaux :

1. Huawei (Chine)

- Leader mondial dans les équipements réseau 4G/5G.
- Fournit : stations de base, antennes Massive MIMO, solutions cœur réseau 5G.
- Points forts : innovation technologique, coût compétitif.

2. Ericsson (Suède)

- Leader européen des équipements télécoms.
- Fournit : antennes, stations de base, solutions 5G end-to-end pour opérateurs.
- Points forts : fiabilité, conformité réglementaire, partenariats solides avec opérateurs européens et américains.

3. Nokia (Finlande)

- Fournisseur majeur d'infrastructures 5G en Europe, Asie et Amérique.
- Fournit : réseau d'accès radio (RAN), cœur réseau 5G, antennes Massive MIMO.
- Points forts : flexibilité, solutions pour réseaux privés et publics, expertise sur les fréquences moyennes et basses.

4. ZTE (Chine)

- Fournisseur chinois similaire à Huawei mais moins présent internationalement.
- Fournit : stations de base, antennes 5G, solutions de réseau.
- Présence importante en Asie et dans certains pays émergents.

5. Samsung (Corée du Sud)

- Fournisseur de plus en plus important sur les réseaux 5G.
- Fournit : antennes Massive MIMO, stations de base, solutions logicielles.
- Points forts : intégration matérielle et logicielle, innovation sur réseaux privés et B2B.

Autres acteurs notables

- **NEC (Japon)** : solutions pour opérateurs japonais et réseaux privés.
- **Fujitsu (Japon)** : équipements 5G et solutions cloud pour opérateurs.
- **Cisco (USA)** : principalement solutions cœur réseau et logiciel de gestion 5G.
- Toutes ces entreprises dominent le marché de l'équipement réseau 5G et sont en concurrence pour la fourniture de **RAN, antennes Massive MIMO, réseaux privés et cœur réseau 5G.**

Plan

- La 5G: une technologie de rupture
- La 5G: Deux technologies 5G
- Les 3 catégories d'usages dans la 5G
- Applications
- La situation du déploiement de la 5G
- Les fréquences de la 5G
- Conclusion

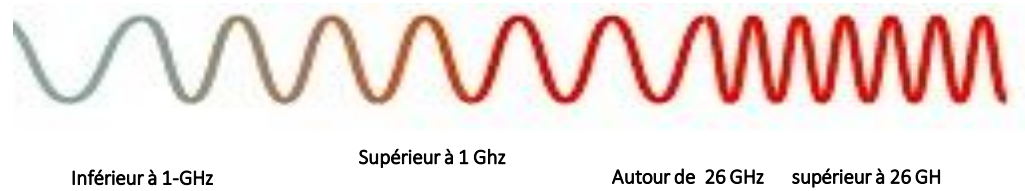


SPECTRUM

THE FUNDAMENTAL ELEMENT OF MOBILE



5G spectrum:



La 5G est la première technologie mobile à fonctionner dans des fréquences à la fois basses, hautes, et surtout très hautes

Trois plages de fréquences clés sont actuellement prévues pour différents scénarios de déploiement de la 5G

Sub-1 GHz	1-6 GHz	> à 6 GHz
■ Bande utile pour la couverture dans les zones rurales et dans les bâtiments profonds.	Bon compromis entre couverture et capacité. Pas possible de les utiliser sans l'agrégation des fréquences. Exemple: la 3,5 Ghz. Très utilisée actuellement.	-limitées aux petites zones urbaines et à l'intérieur des bâtiments. -qualités de propagation radio favoriseraient les petites tailles de cellules.

Les bandes de fréquences utilisées par la 5G ont toutes des propriétés différentes.

- La bande des 700 MHz est celle qui va assurer la meilleure couverture mobile.
- la bande des 3,5 GHz et celle des 2,1 GHz sont celles qui offrent le meilleur compromis entre débit et portée du signal.
- La bande des 26 GHz est celle qui offrira les meilleurs débits.

5G – work to harmonise spectrum is far from done

600 MHz				
700 MHz				
C-Band (3,4 à 3,8 GHz)				
26 GHz				

~~28 GHz~~

ITU-R Activity: Radio Regulations

From a spectrum regulation perspective, the world is divided into three regions

Region 2



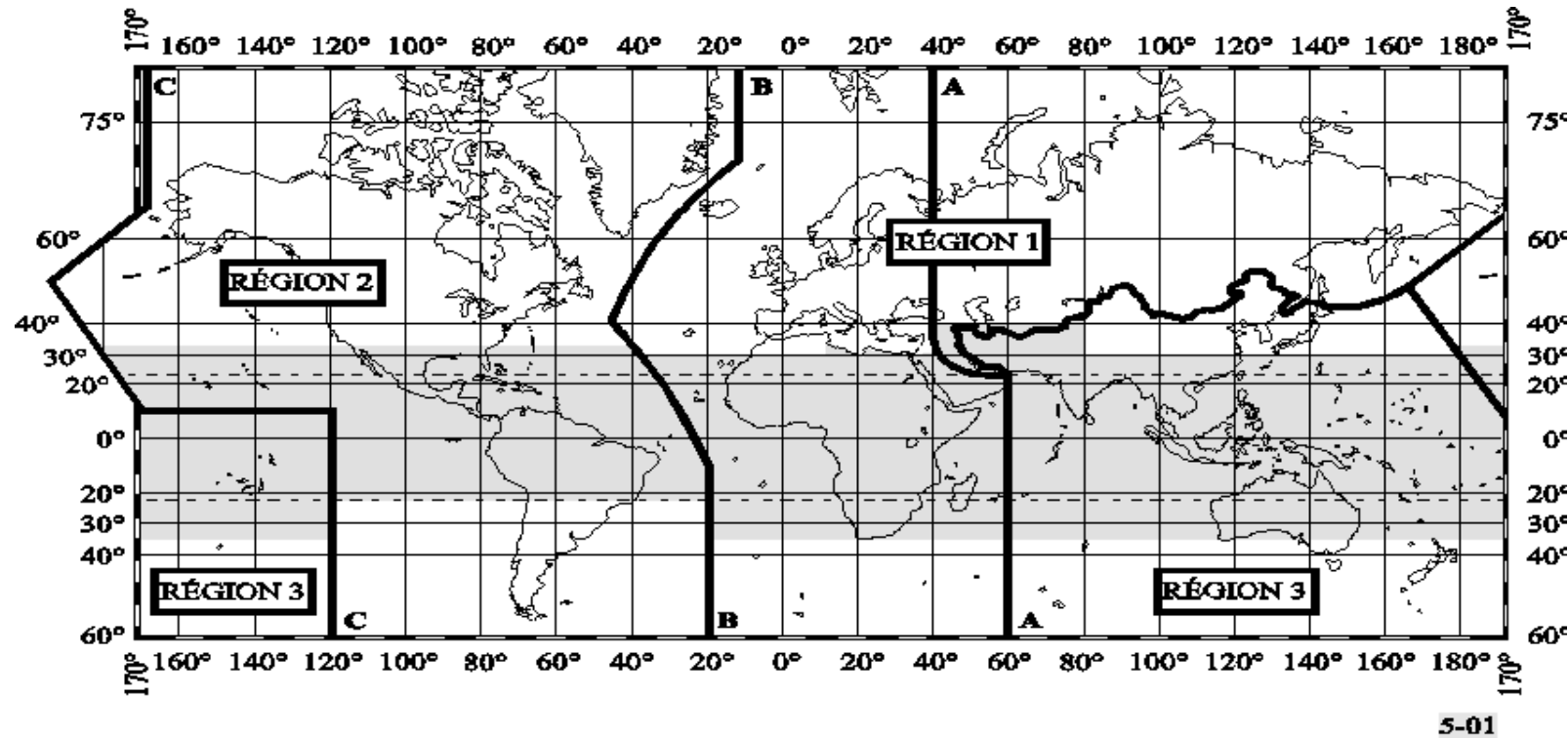
Region 1



Region 3



Répartition des zones pour les fréquences



Le spectre pour la 5G:

- La 5G va utiliser les bandes de fréquence suivantes :
- Fréquences basses: fréquences dans la bande sous 2 GHz (700 MHz et 1400 MHz) fournissant une couverture très importante.
- Au Maroc on prévoit d'utiliser la bande 700 Mhz
- Fréquences moyennes: Comme la bande 3400-3800 MHz pour délivrer le meilleur compromis entre capacité et couverture
- Au Maroc on prévoit d'utiliser la bande autour de 3,4 GHz
- Fréquences hautes: fréquences dans la bande supérieur à 6 GHz (comme la 26 Ghz) afin d'adresser les cas d'usage spécifiques exigeant des débit très élevés.
- Le dernier Conseil d'Administration de l'ANRT a adopté le plan de fréquence où on prévoit un réaménagement pour la bande 26 GHz

Schéma d'une architecture Réseau
«classique»

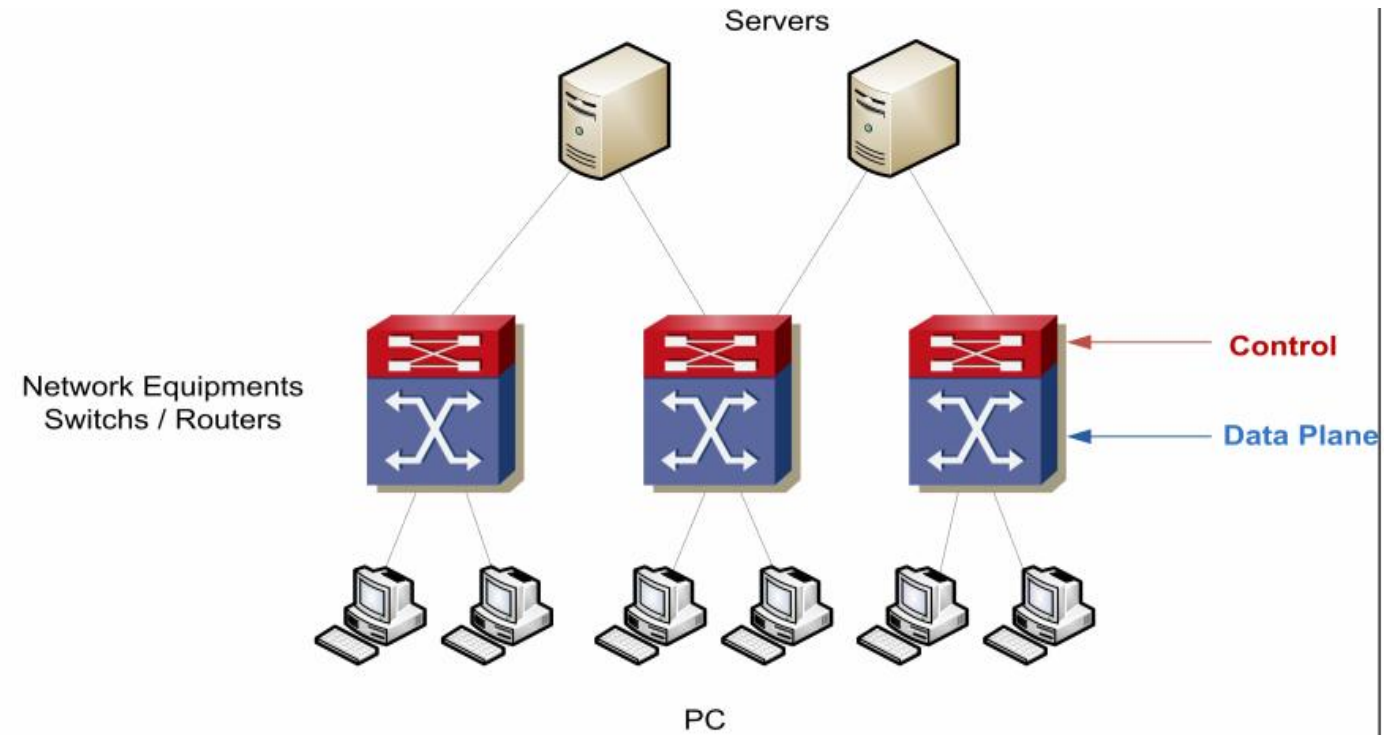
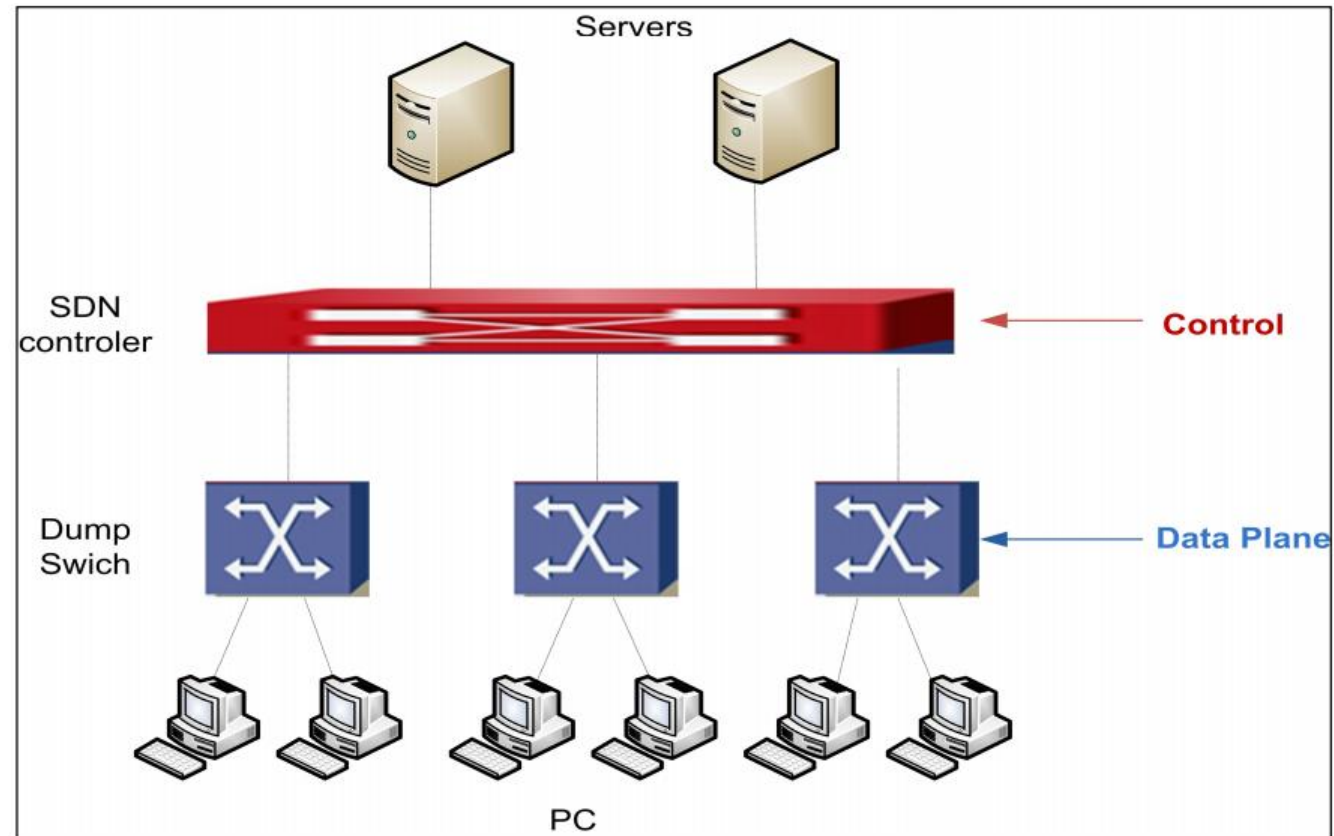


Schéma d'une architecture Réseau SDN



5Get SDN

1. Gestion intelligente du trafic

- SDN sépare le plan de contrôle du plan de données.
- IA analyse en temps réel les flux et prédit les pics.
- Exemple : anticipation d'une surcharge 4G/5G et réallocation dynamique de bande passante.

2. Automatisation et orchestration

- Gestion de milliers d'équipements réseau.
- IA + SDN automatisent la configuration (QoS, routage).
- Activation/désactivation selon la demande.
- Réduction des interventions manuelles et accélération du time-to-market.

3. Détection et prévention des anomalies

- IA apprend le comportement normal du réseau.
- Alertes en cas de DDoS, intrusion ou panne.
- SDN : reroutage, filtrage, isolement d'un segment.

4. Optimisation des réseaux 5G et IoT

- 5G : network slicing pour différents usages.
- IA analyse les besoins (latence, débit, IoT).
- SDN ajuste les slices en temps réel.

5. Maintenance prédictive

- IA anticipe les pannes (switch, antenne, etc.).
- SDN réachemine automatiquement le trafic.

Les antennes Massive MIMO (*Multiple Inputs -Multiple Outputs*)

- Cette technologie se caractérise par l'utilisation d'un nombre élevé de micro antennes « intelligentes », situées sur le même panneau (de 8 à 128 actuellement).
- mais le nombre augmentera avec l'utilisation de fréquences mmWave).
- L'attrait de l'utilisation du massive MIMO est double :
 - - cette technologie permet d'augmenter les débits,
 - - elle permet de focaliser l'énergie sur un terminal, pour améliorer son bilan de liaison, grâce à la formation de faisceau, ou *beamforming*.

Qu'est-ce que le Massive MIMO ?

- Le Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output) est une technologie clé de la 5G.
- Antenne classique : quelques ports.
- Massive MIMO : dizaines à centaines de ports.
- Analogie : passer de quelques 'oreilles et bouches' à une 'cage thoracique' géante.

Comment ça fonctionne ?

- Beamforming : faisceaux ciblant chaque utilisateur.
- Spatial Multiplexing : plusieurs faisceaux simultanés.
- Résolution des interférences grâce aux algorithmes.

Pourquoi le Massive MIMO ?

- Débit très élevé.
- Meilleure couverture et efficacité énergétique.
- Robustesse grâce à la redondance.
- Support d'un grand nombre de connexions (IoT).

Où et comment est-il utilisé ?

- Milieu urbain dense : stades, gares, centres-villes.
- Bandes de fréquences moyennes (3,5 GHz) : optimisation portée-capacité.
- Idéal pour zones densément peuplées et événements.

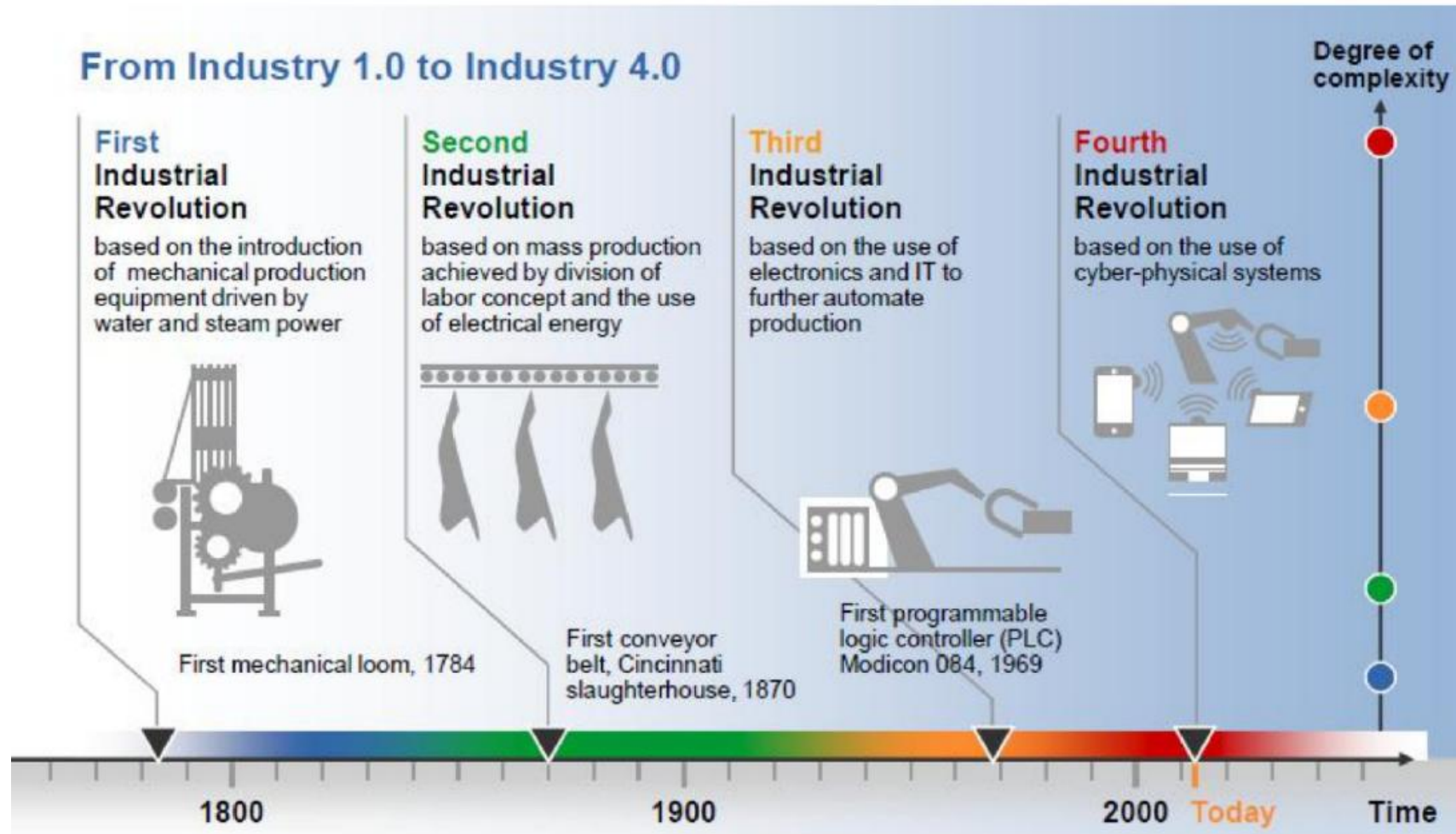
Défis et comparaison avec antennes classiques

- Tableau comparatif :
- Fonctionnalité | Antenne Classique | Massive MIMO
- Nombre d'antennes | 2-8 | Des dizaines à centaines
- Émission | Large, toutes directions | Faisceaux étroits et directionnels
- Gestion utilisateurs | Partage temps/fréquence | Plusieurs simultanément
- Avantage principal | Simplicité | Capacité et efficacité
- Usage typique | Couverture générale | Zones denses
- Défis : Complexité et coût, consommation énergétique, gestion interférences.
- Conclusion : Massive MIMO = révolution architecturale de la 5G, fondation de la 6G.

- 5G et industrie 4.0

Les 4 révolutions industrielles:

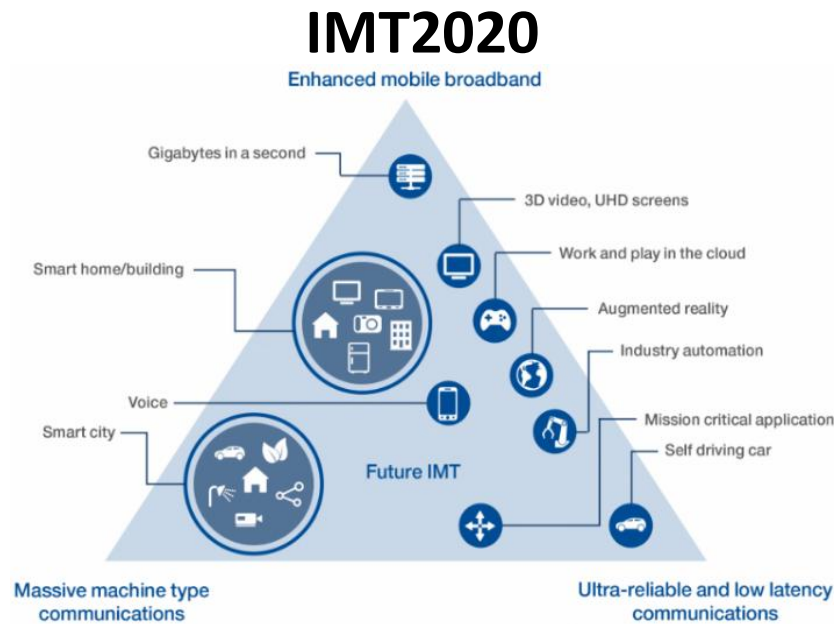
1- vapeur. 2- Electricité. 3-Electronique.4-Digital et IA



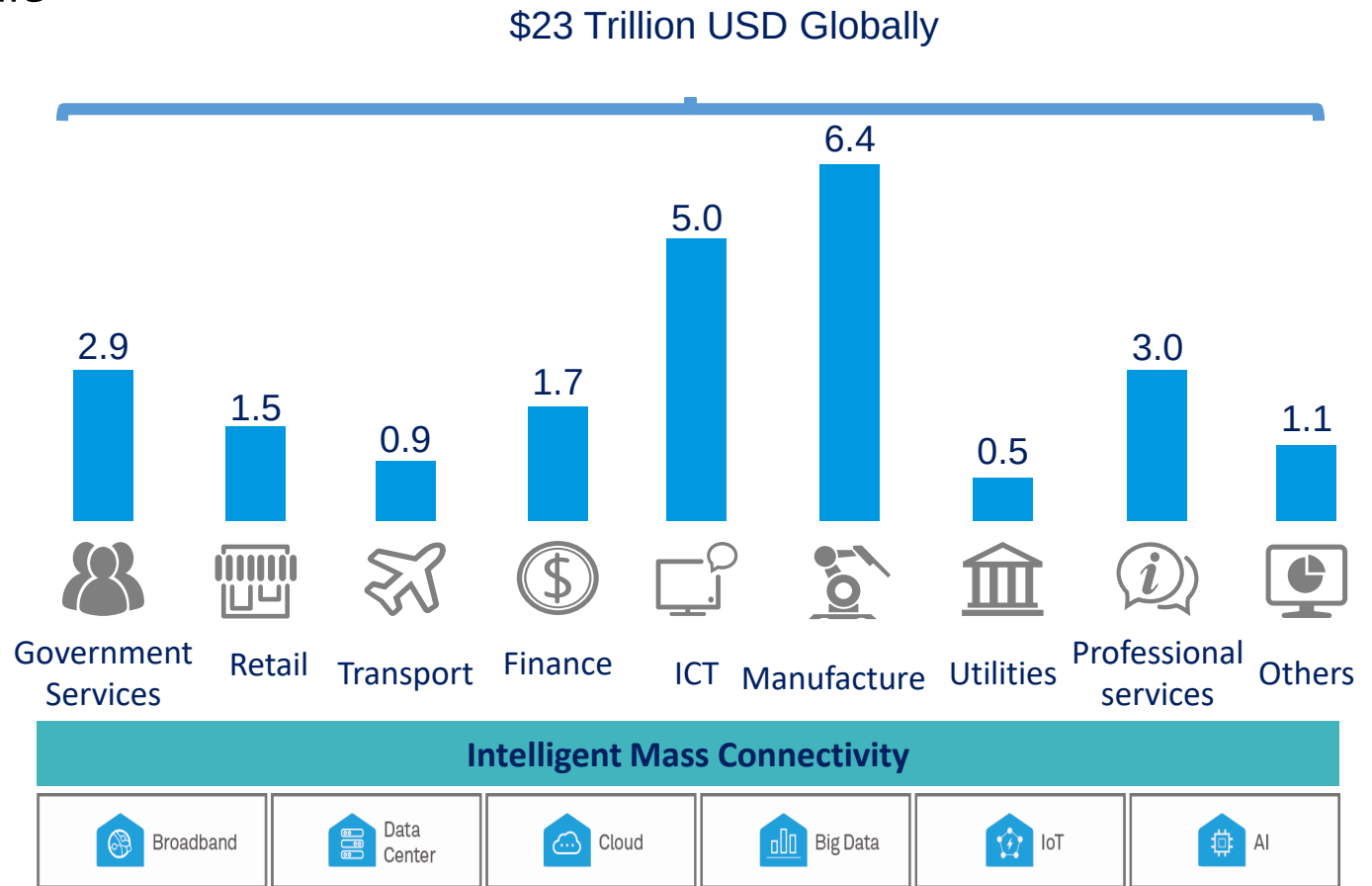
Global Industry Vision: 5G & ICT shaping the 4th Industrial Revolution by 2025

Avantages économiques mondiaux de \$23 Trillion de dollars US en 2025 grâce à l'économie numérique
Opportunités stimulées par la 4ème révolution industrielle et la connectivité de masse associée. Les technologies et les réseaux 5G ont été conçus pour fournir et prendre en charge la connectivité de masse et accélérer la croissance de l'économie d'une manière générale

Typical mass connectivity usage scenarios as defined by ITU



Source: ITU-R M.2083-0



Use Case: Autonomous obstacle avoidance AGV Transport



bandwidth>100Mbps, latency<20ms

Custom
Value

0 Labor, smart planning, real-time logistics, Autonomous obstacle avoidance

Cost ↓

Efficiency ↑

Safety ↑

5G Application Brief

- Véhicules de transport avec diverses fonctions de transfert

Scenarios

- Transport logistique dans les lignes de production, les ateliers, les entrepôts, les parcs et les usines

Use cases

- **Smart Factory:** connecte l'entrepôt et les terminaux intelligents pour compléter la distribution intelligente dans des environnements complexes.

Use Case : Truck Platooning



Customer
Value

**3 troncs en peloton, seul le premier camion
besoin d'un chauffeur, la distance est de 3-
6 mètres**

Drivers

50% ↓

Fuel consumption

10% ↓

Introduction:

- Les informations de vitesse, d'accélération et de décélération du véhicule sont transmises au véhicule arrière (V2V) en temps réel, et le véhicule arrière est automatiquement crucifié à une distance de sécurité.
- Les informations de la caméra sur la voiture sont transmises au centre de surveillance pour une surveillance à distance.

KPI Requirements:

- Latence de communication voiture à voiture <5 ms
- Fiabilité de la communication entre voitures > 99,999%
- UL > 100 Mbps

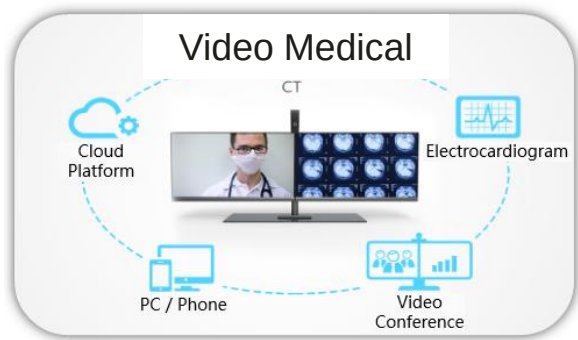
Application scenario:

- Highway fleet logistics trucking

Practical application case:

- À l'heure actuelle, la norme 5G-V2X est toujours en cours de développement. Huawei a testé la fonction de peloton pour 3 voitures basée sur une liaison latérale 5G V2X à Beijing en 2018, et la vitesse peut atteindre 60 km / h.

5G Cloud Video Integrates Industry Terminals and Applications to Meet Multiple Industry Needs



5G Cloud Video Terminal



5G Access

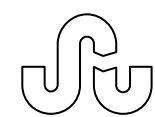
Ultra Low Latency

4K/8K

MEC

Behavior Recognition (AI)

Minutes of Meeting (AI)



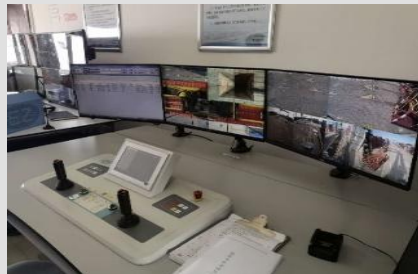
Packet Loss Resisting

1 Minute Deployment

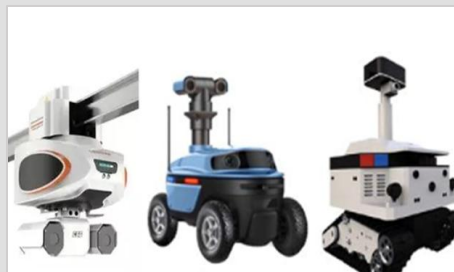
Use Case : 5G Smart Port



Télécommande



inspection



Télécommande de portique

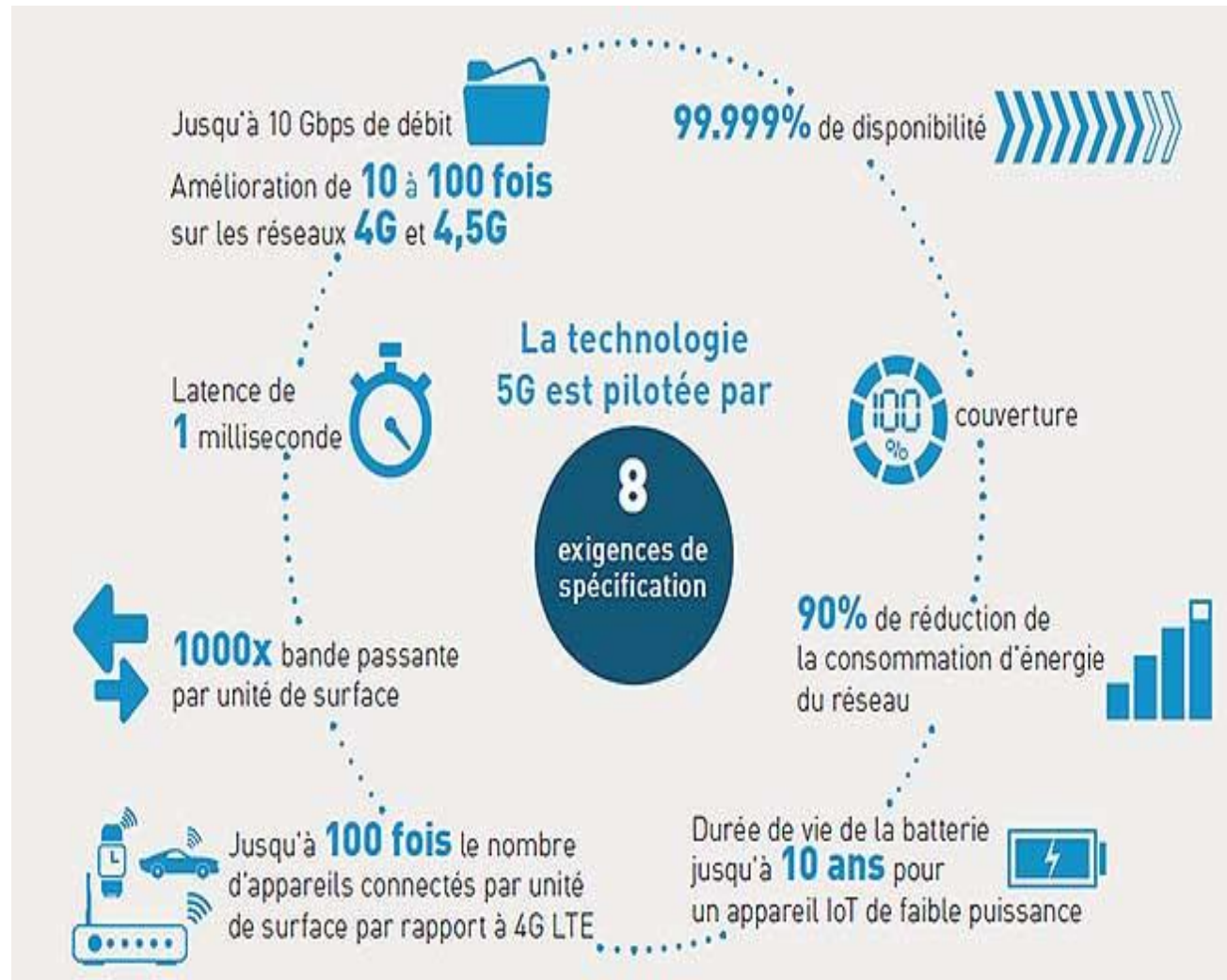
- Efficacité améliorée de 50% grâce à une télécommande précise assistée par vidéo surveillance sous tous les angles
- Meilleure condition de travail et d'efficacité

5G Avantages

- <30ms réponse
- Grande fiabilité
- Déployer à la demande
- Broadband pour 18 video HD

Les problèmes de WiFi et Pourquoi 5G

- Distance Courte
 - Long Délai
1. La fibre est difficile à déployer et à déplacer avec la grue



Génération	Débit typique
GSM (2G)	9,6 kb/s
3G	jusqu'à quelques Mb/s
4G	dizaines—centaines Mb/s
5G	centaines Mb/s à Gb/s

Comparaison des débits

Constat :

Chaque génération multiplie fortement la capacité.

Comparaison des services

Réseau	Voix	SMS	Internet	Vidéo	IoT
2G	Oui	Oui	Limité	Non	Très limité
3G	Oui	Oui	Oui	Basique	Faible
4G	Oui	Oui	Excellent	HD	Bon
5G	Oui	Oui	Très élevé	Ultra HD	Massif

Comparaison technique

Élément	2G	3G	4G	5G
Voix	Circuit	Circuit + IP	VoLTE	VoNR
Architecture	Centralisée	Centralisée	Tout IP	Cloud native
Latence	Élevée	Moyenne	Faible	Très faible

Conclusion

- . **2G (GSM)** → Voix et SMS
- . **3G** → Internet mobile
- . **4G** → Haut débit mobile
- . **5G** → Connectivité intelligente

Tendance future

- Vers :
 - . 5G avancée
 - . 6G (2030)
 - . **la 6G ne sera pas seulement une version plus rapide de la 5G ; elle vise à devenir une plateforme intelligente de connectivité universelle, combinant communications IA et intégration satellite-terrestre.**

Histoire de l'évolution du développement des mobiles

- https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=expliquer+les+t%c3%a9l%c3%a9coms+youtube&&mid=F04D55618D3C5347C9D2F04D55618D3C5347C9D2&churl=https%3a%2f%2fwww.youtube.com%2fchannel%2fUCiQgvpZxTWyZ_srSNkmHx9A&FORM=VAMGZC