

Réseaux mobiles

- El. Dr Himi Deen TOURE
- docteurhimi@gmail.com
- Centre Informatique – Licence 3 NTIC



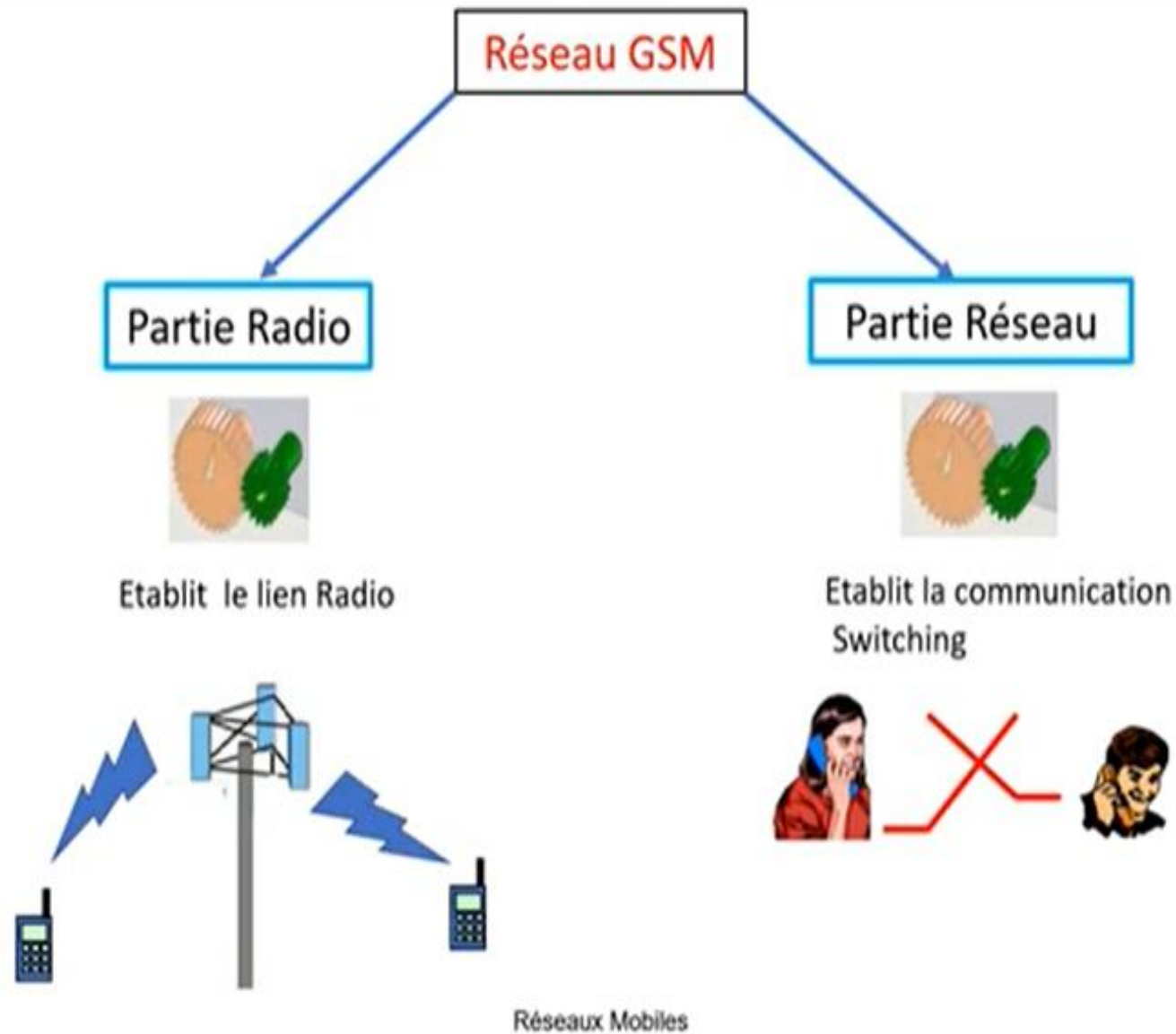
- +
-
-

RESEAUX MOBILES ARCHITECTURES D'UN RESEAU GSM

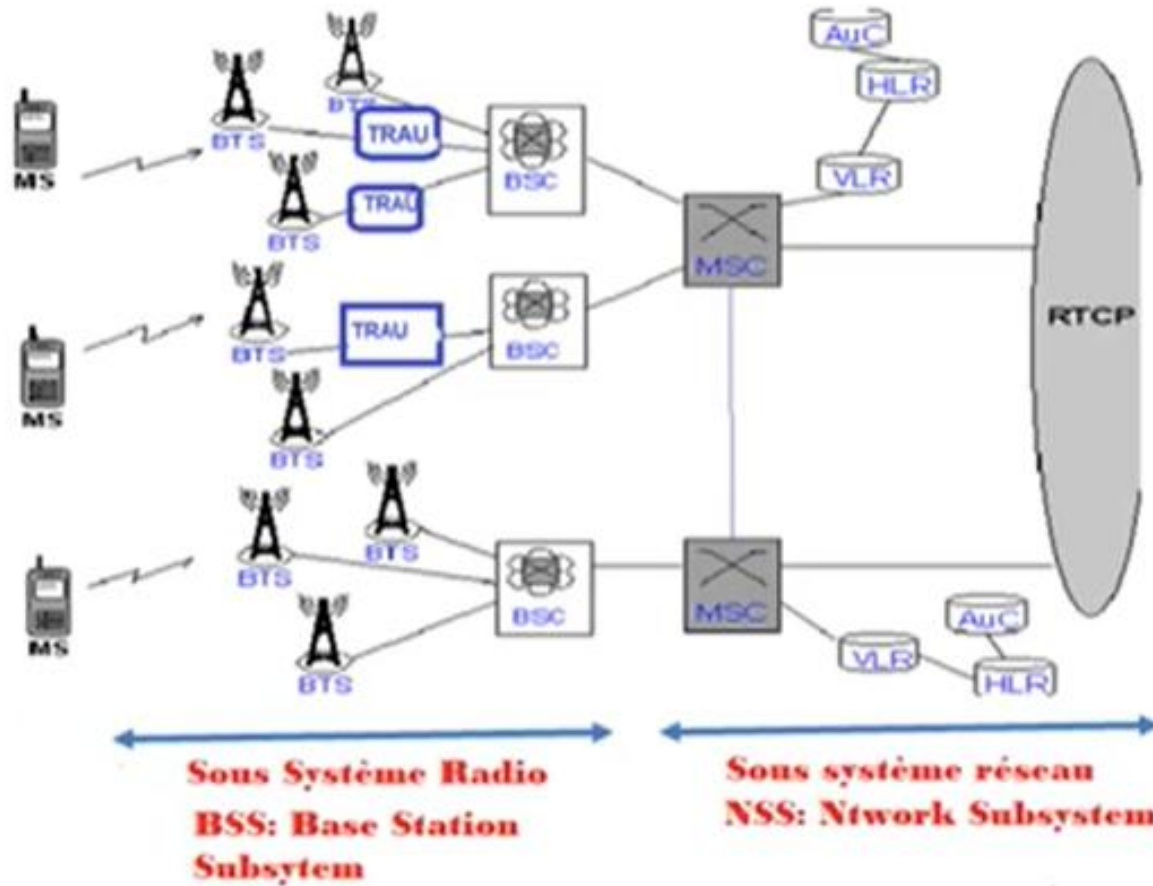


Architecture de base d'un réseau GSM

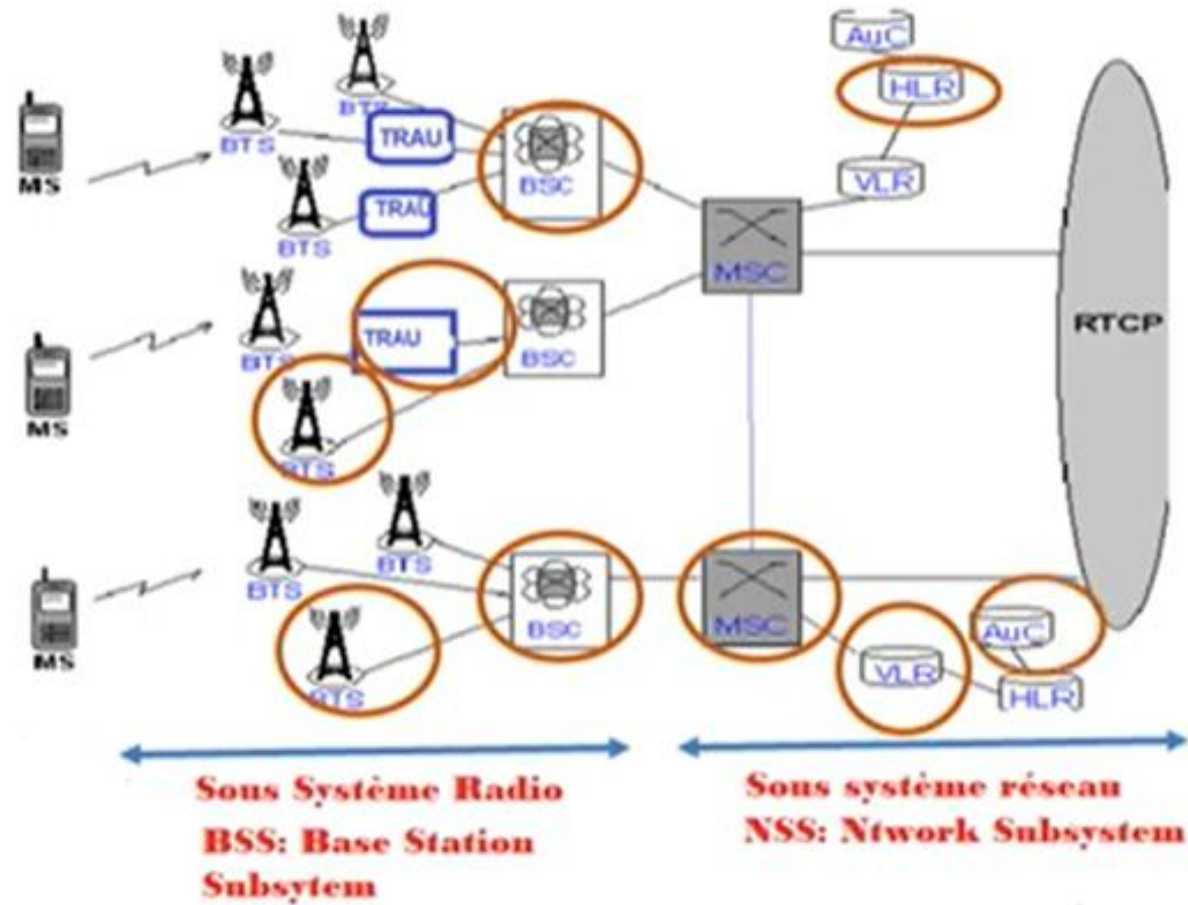
3



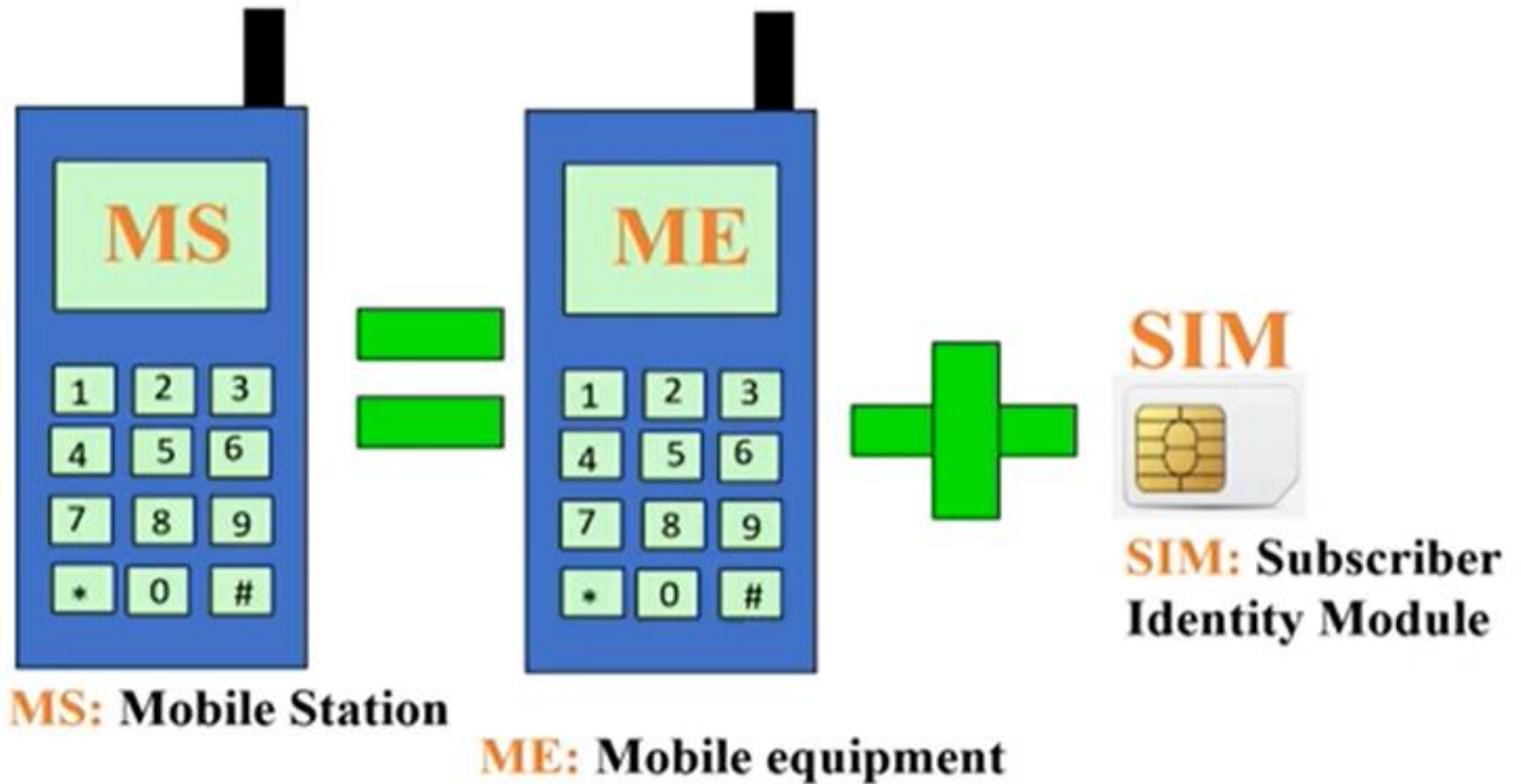
Architecture de base d'un réseau GSM



Architecture de base d'un réseau GSM



Station Mobile (MS)



Terminal (ME)

- Chaque équipement mobile est identifié d'une manière unique dans le monde par le numéro IMEI (International Mobile Equipment Identity)



Terminal (ME)

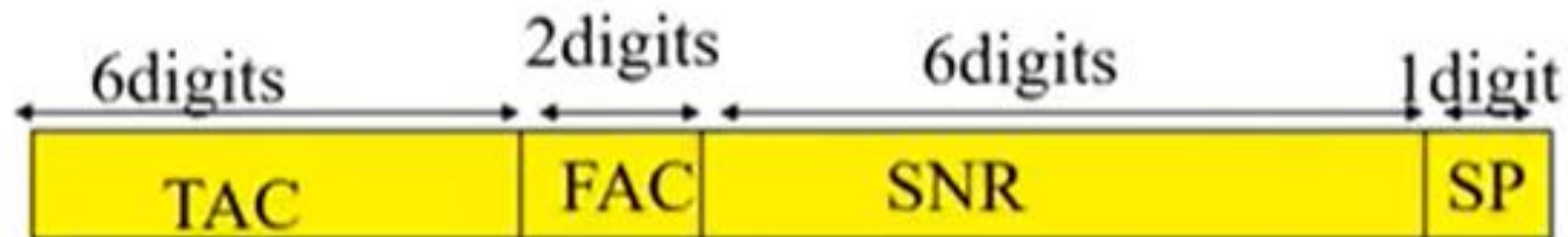
- Chaque équipement mobile est identifié d'une manière unique dans le monde par le numéro IMEI (International Mobile Equipment Identity)



Parfois IMEI 1 et IMEI 2
pour les téléphones à double SIM
Gestion du réseau

Terminé (ME)

- L'IMEI est codé sur 15 digits comme suit:

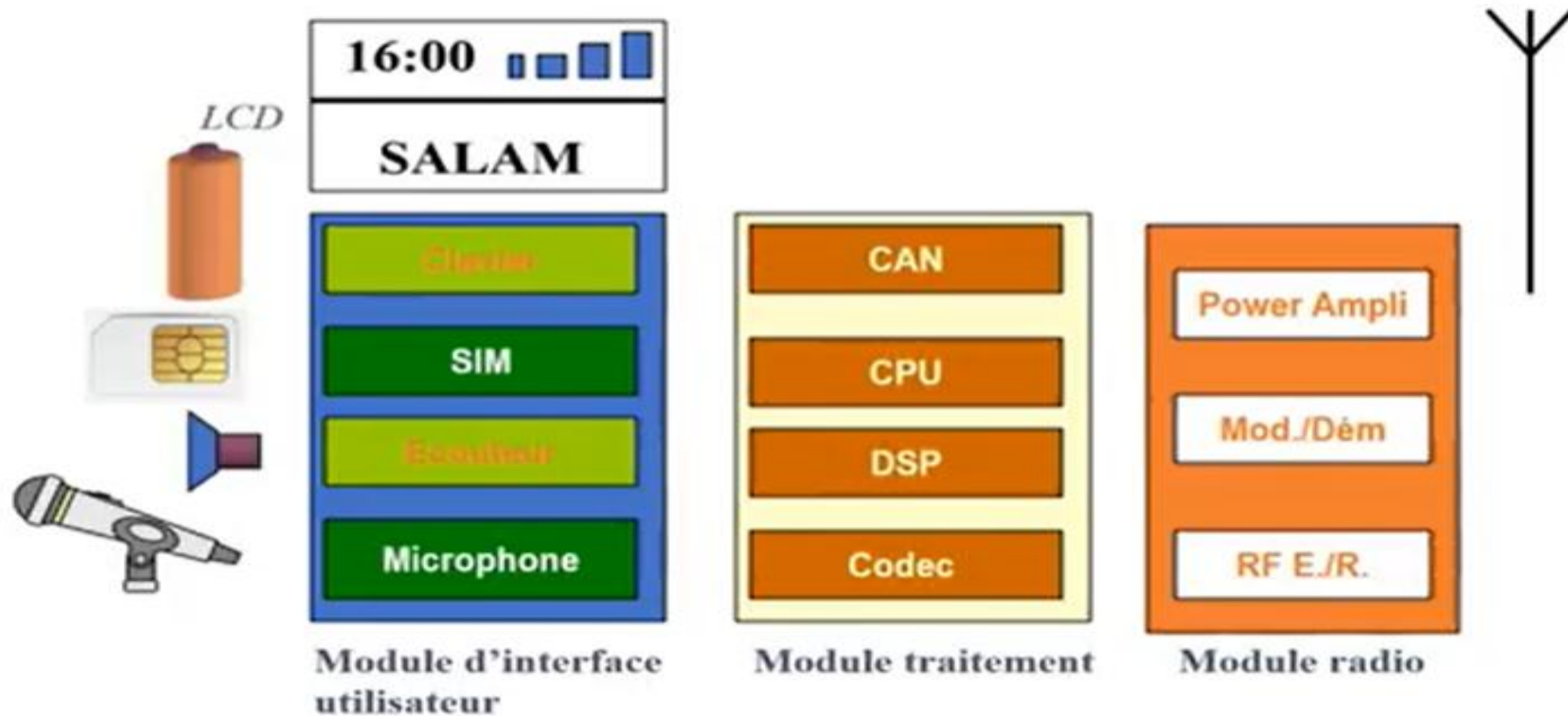


TAC: Type Approval Code; numéro d'agrément du ME

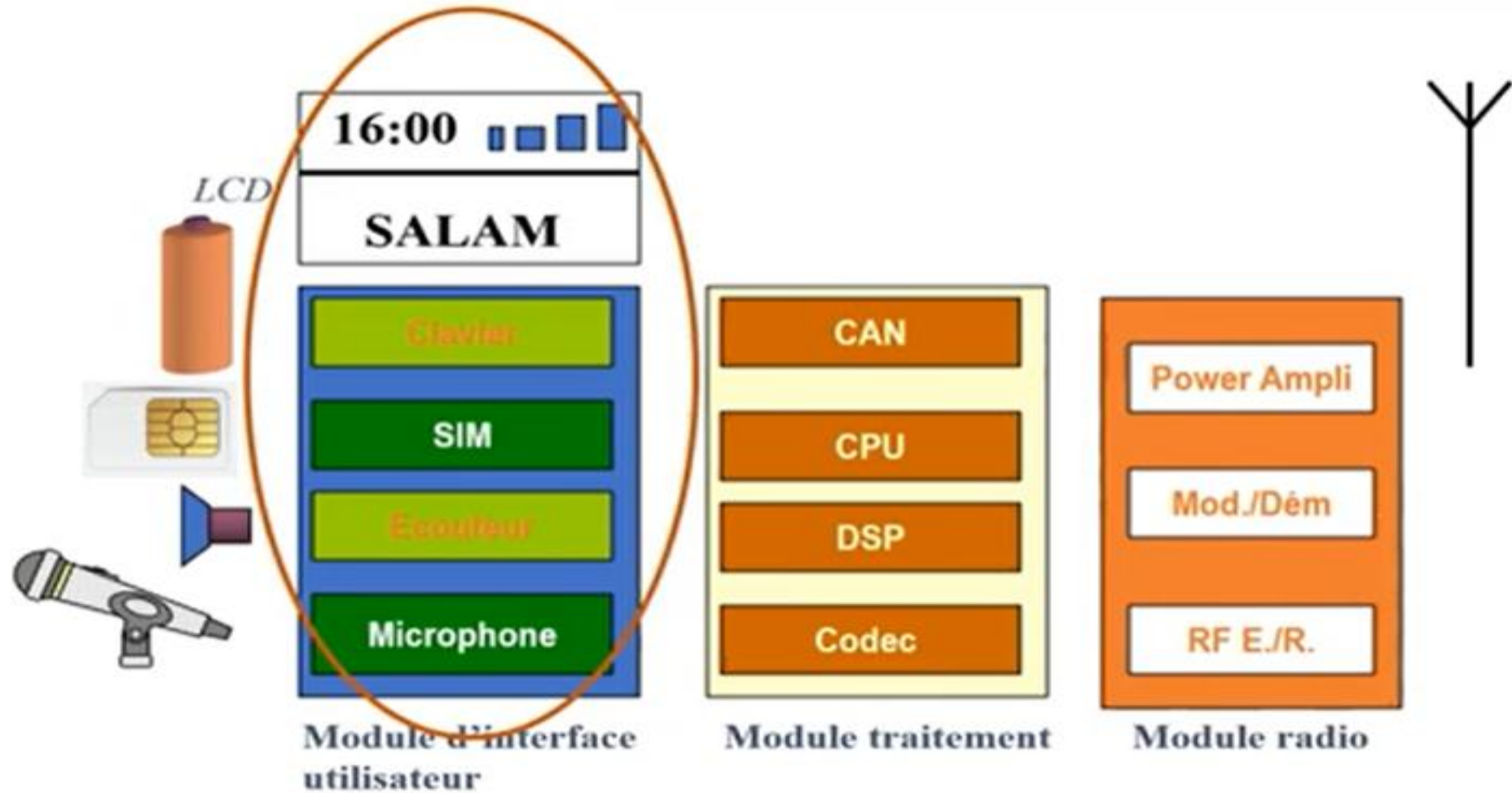
FAC: Final Assembled Code; identifie l'usine de fabrication

SNR: Serial Number; fournit par le constructeur SP:Spare, réservé

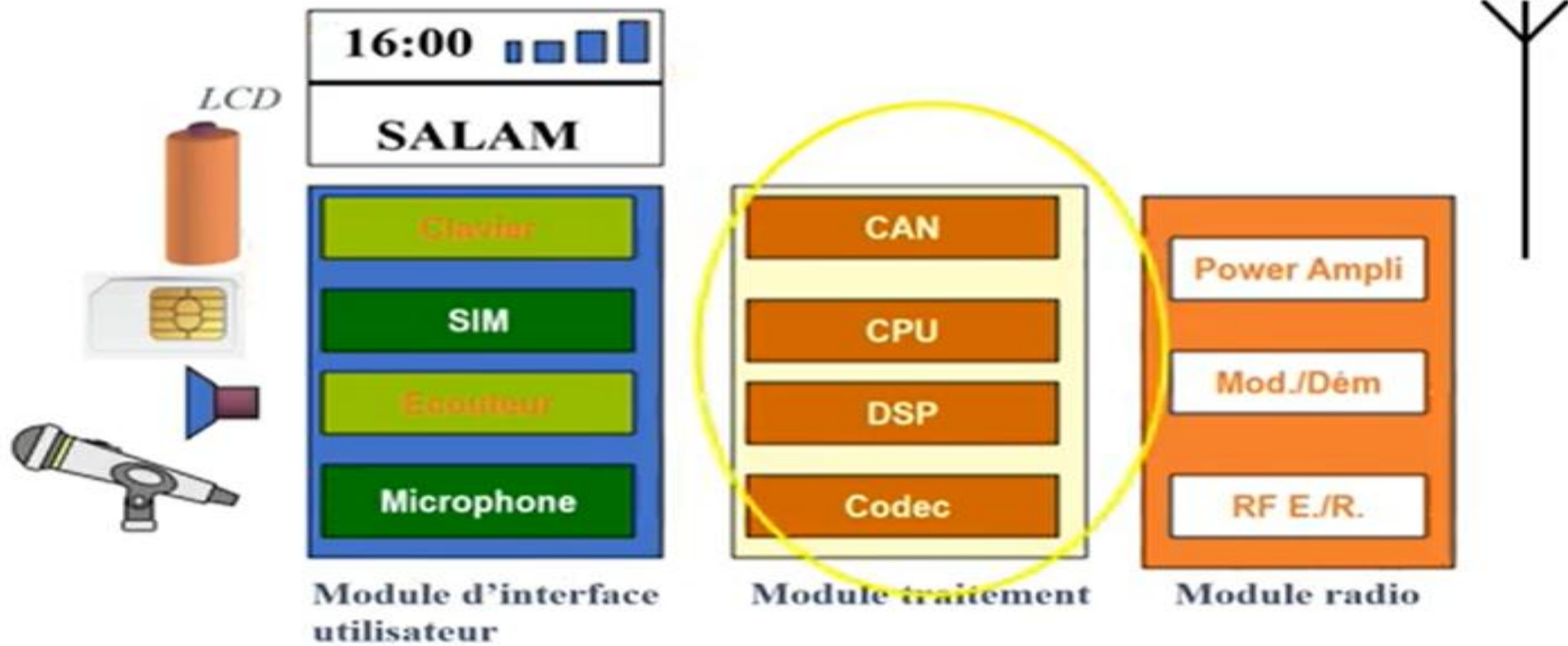
Station Mobile (MS)



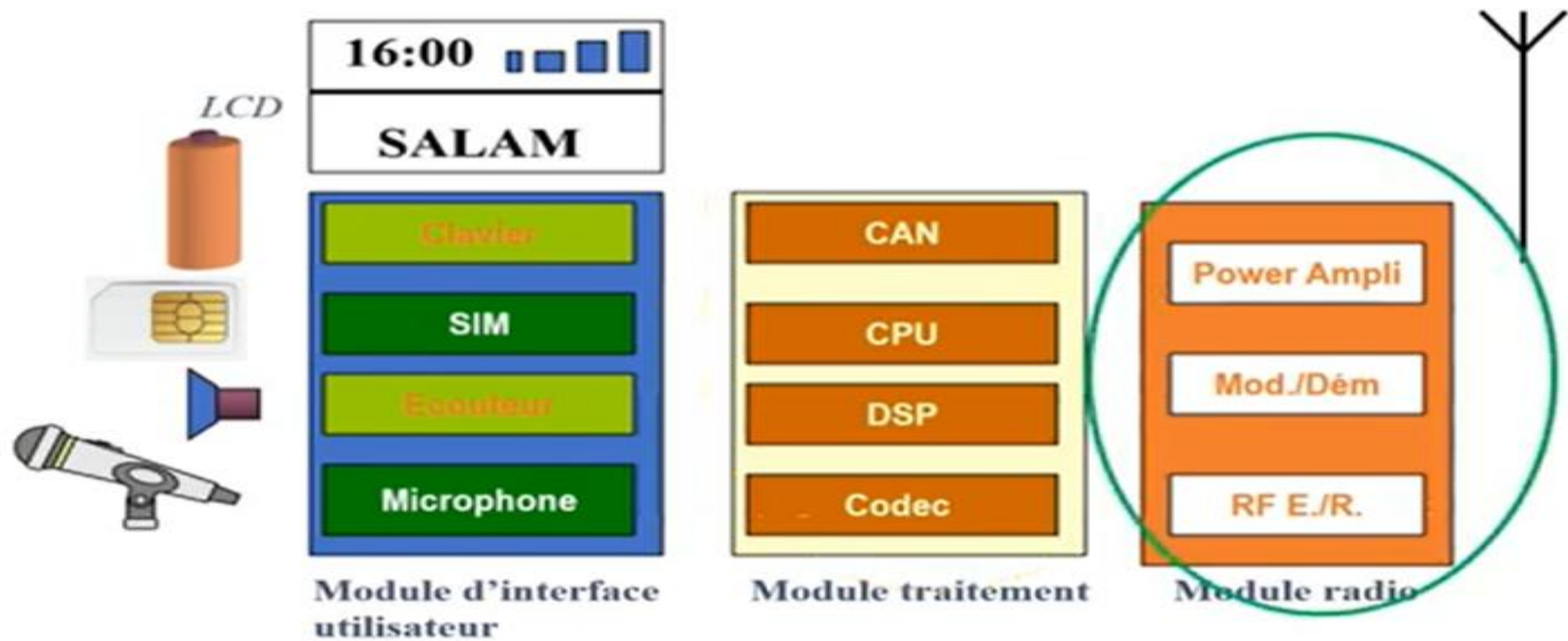
Station Mobile (MS)



Station Mobile (MS)



Station Mobile (MS)



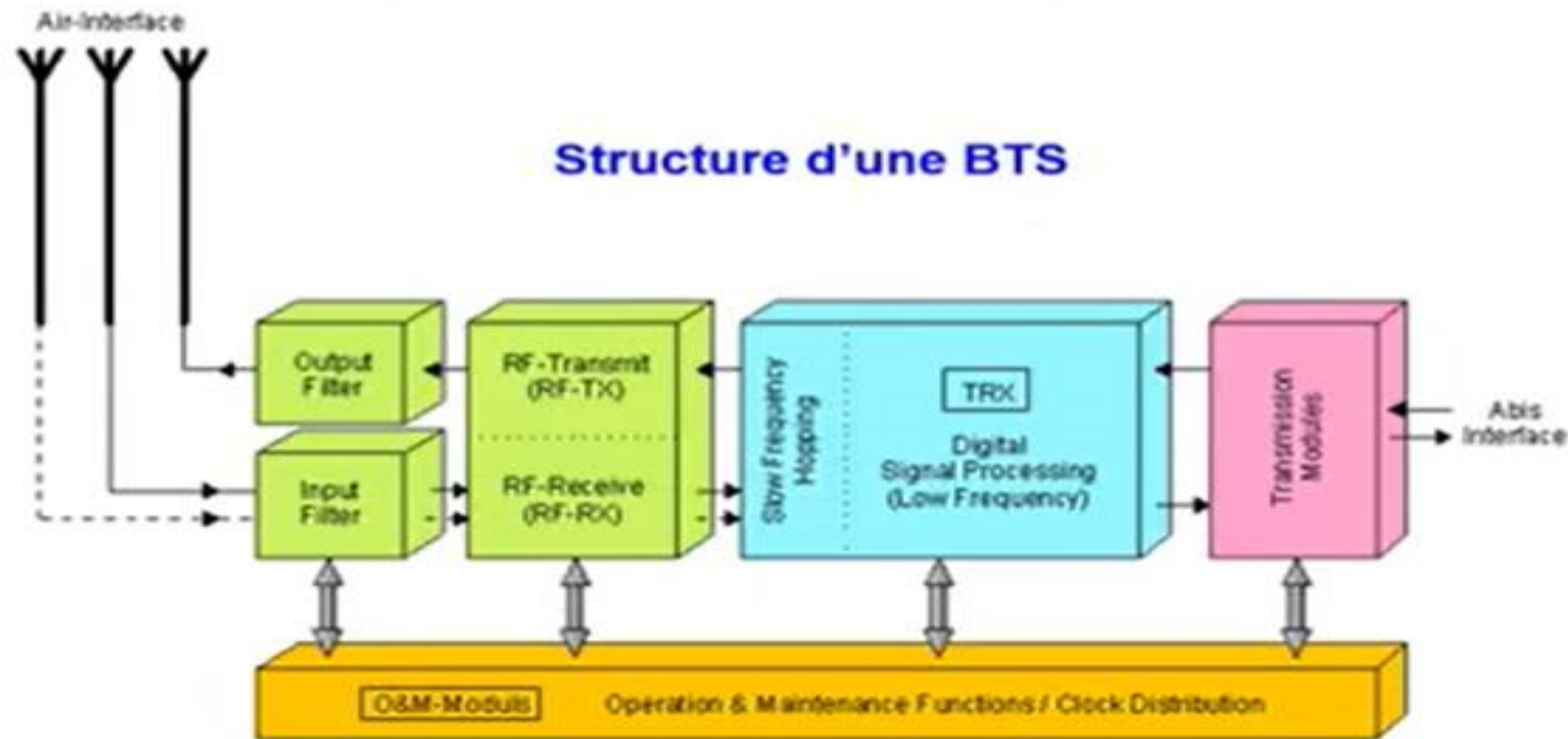
Carte SIM



- IMSI
- Etat de la carte SIM
- Code de service opérateur
- Clé d'authentification (Ki)
- Code PIN (Personal Identification Code)
- Code PUK (Personal Unlock Code)
- Algorithmes de cryptage et d'authentification A3, A8, A5

STATION DE BASE- BTS

- La BTS est un ensemble d'émetteurs / récepteurs (TRX)
- Un TRX est un module électronique qui assure l'émission et la réception d'une trame à 8 canaux Full-Duplex.
- La capacité d'une BTS est mesurée en nombre de TRX



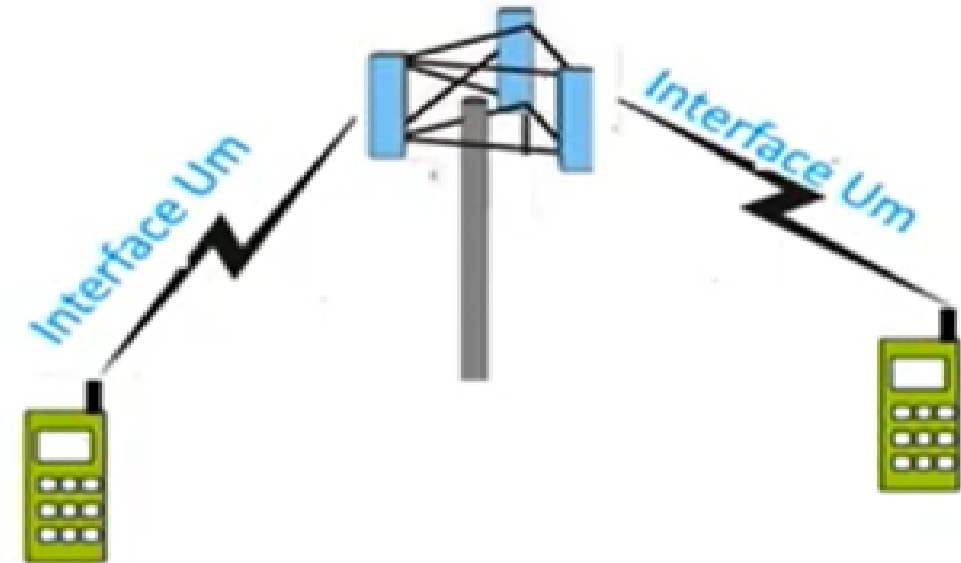
STATION DE BASE- BTS

- La BTS s'occupe de toutes les opérations de transmission et réception radio:
 - Modulation-Démodulation
 - Egalisation
 - Codage/décodage
 - Cryptage/Décryptage
 - La BTS effectue les mesures sur la qualité des liaisons radio.



Interface Air

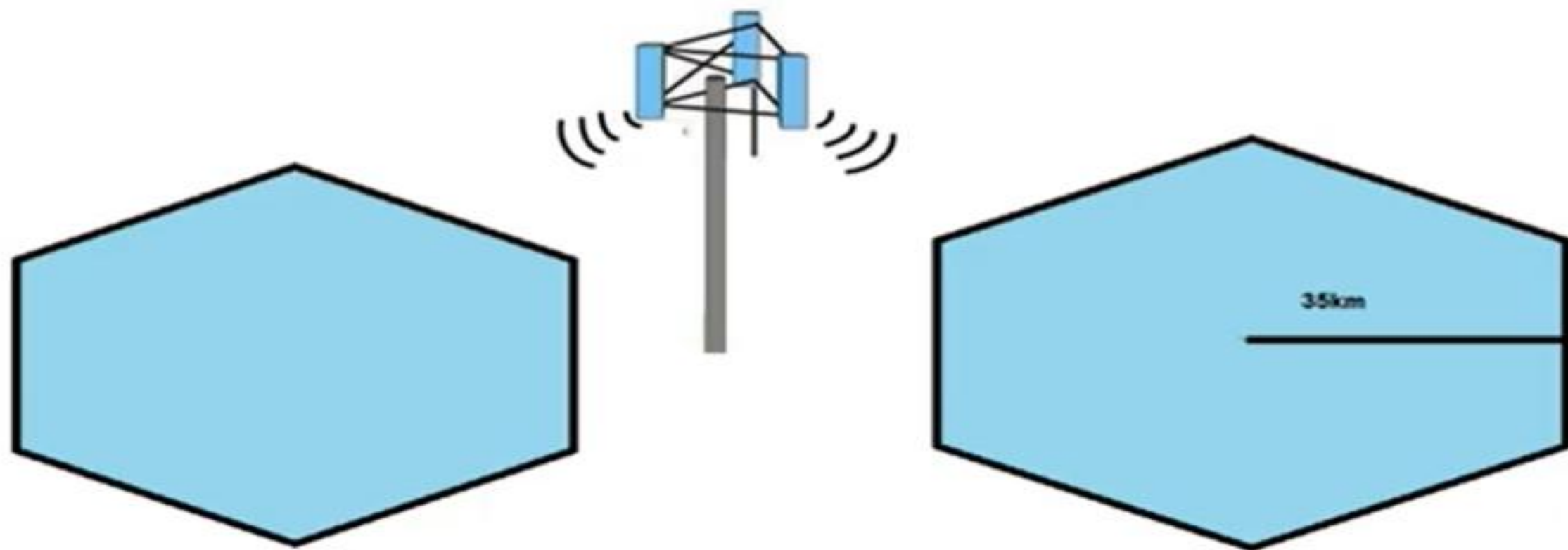
- Interface Air ou Interface Um relie le MS à la BTS
- Um utilise la TDMA pour l'émission et la réception des données
- La BTS et les terminaux échangent des bloc de données de 260bits toutes les 20 ms sur l'interface Um, Cette interface offre donc un débit de 13kb/s



Types de BTS

- Macros-cellules :

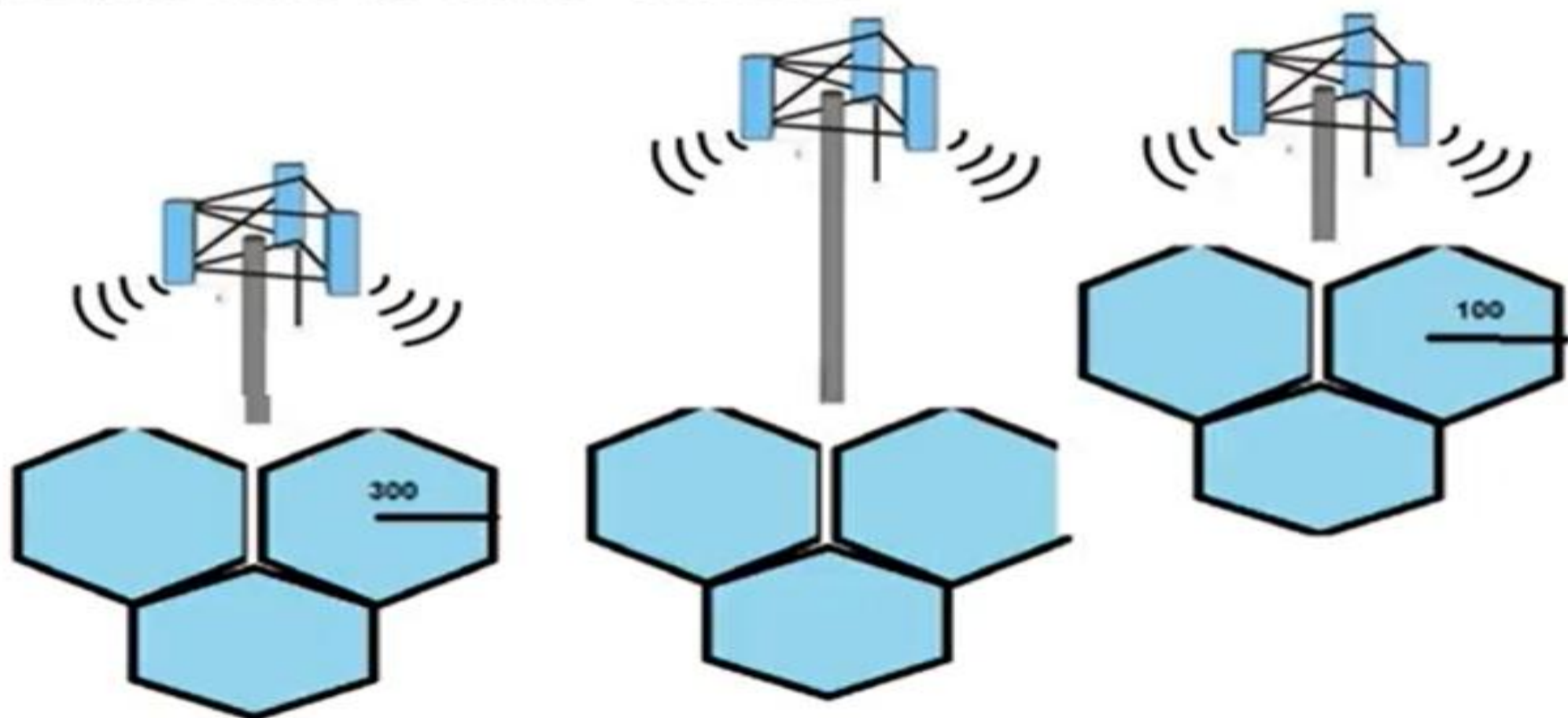
Elles Disposent d'un large rayon de couverture qui peut atteindre les 35 km. Déployées généralement dans les zones rurales



Types de BTS

- Micros-cellules :

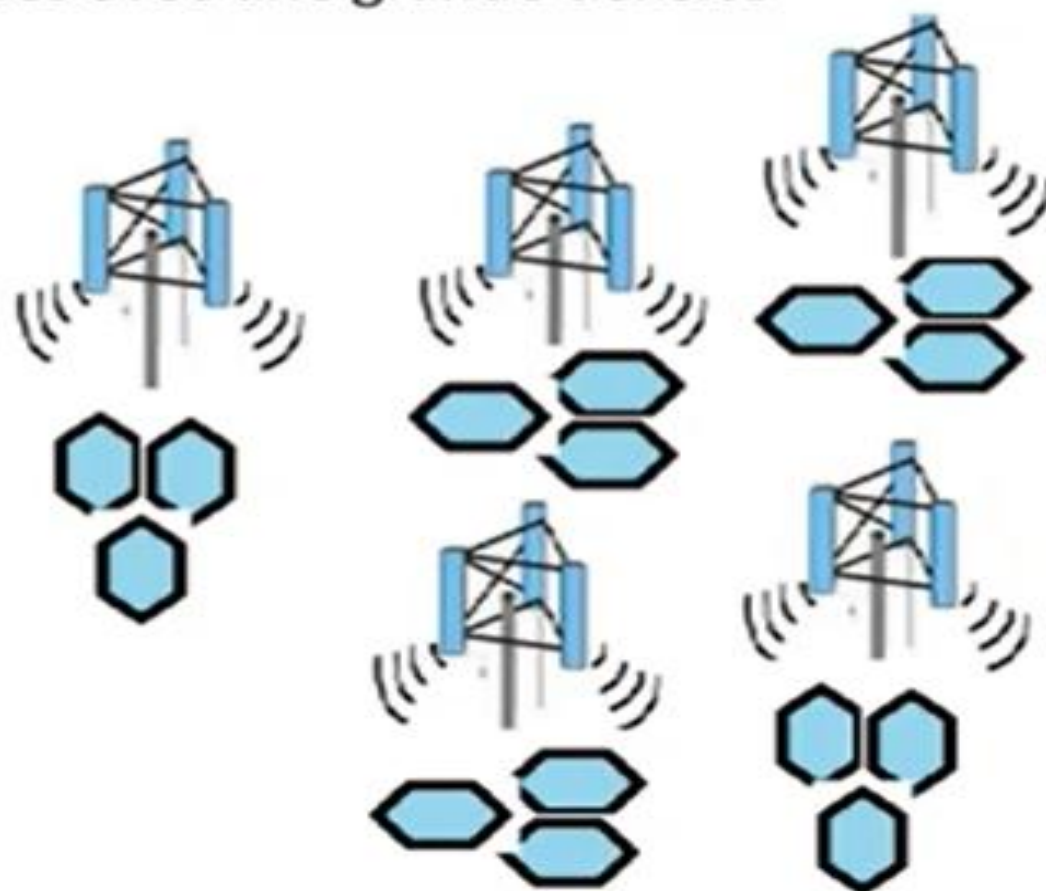
Elles ont un rayon de couverture compris entre 100 et 300 m.
Déployées dans les zones urbaines



Types de BTS

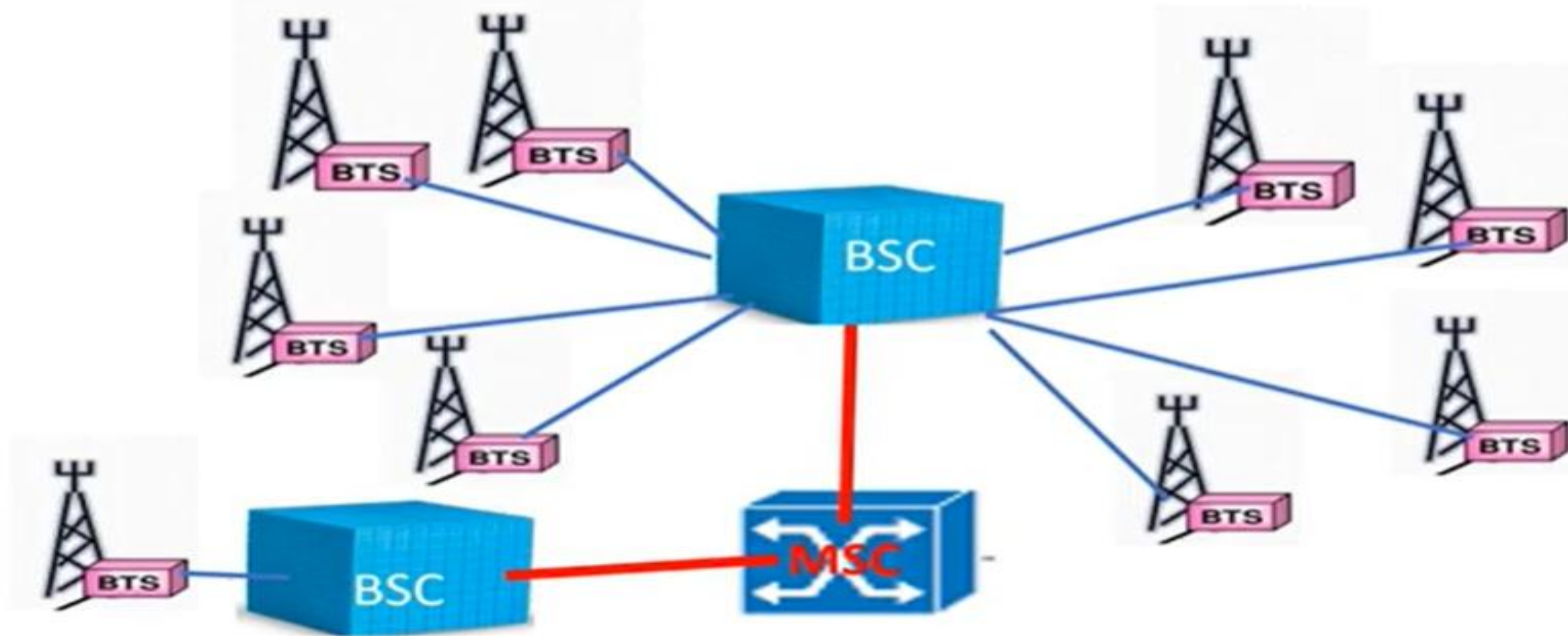
- Picos-cellules :

Elles ont un rayon de couverture compris entre 10 et 100 m. Déployées dans les zones urbaines avec une grande densité



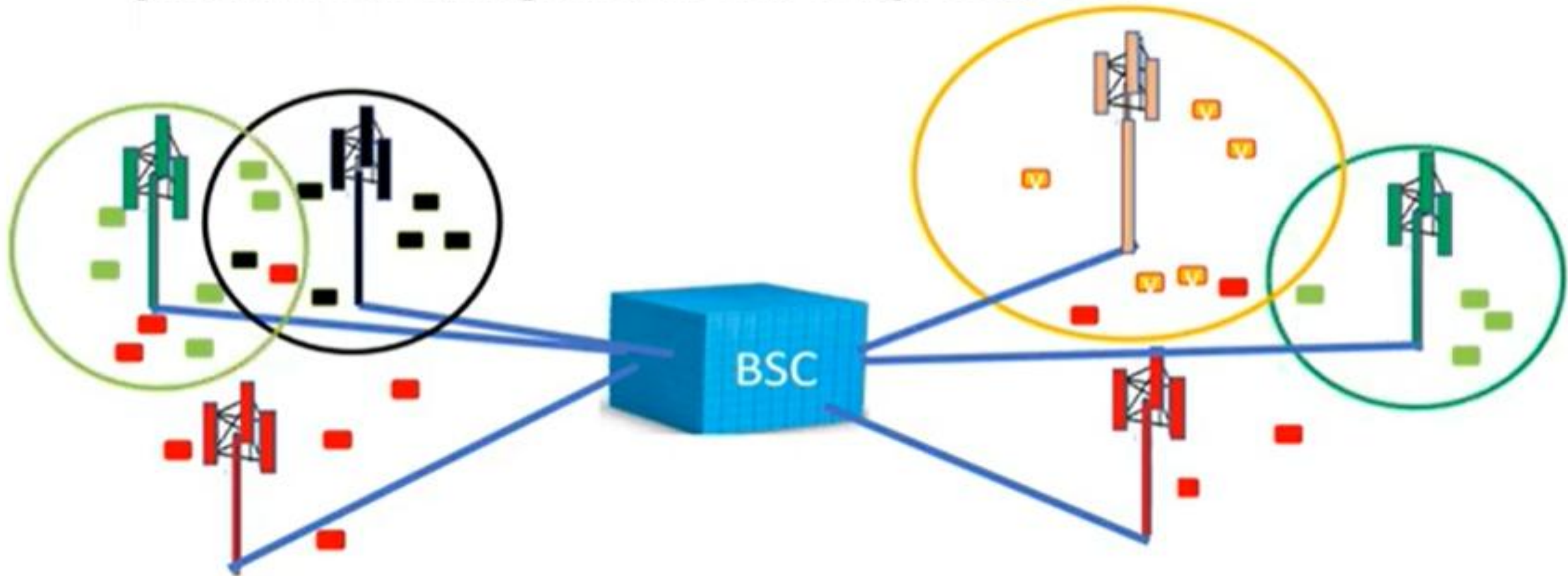
BSC

Le BSC est l'organe intelligent du sous-système radio BSS.



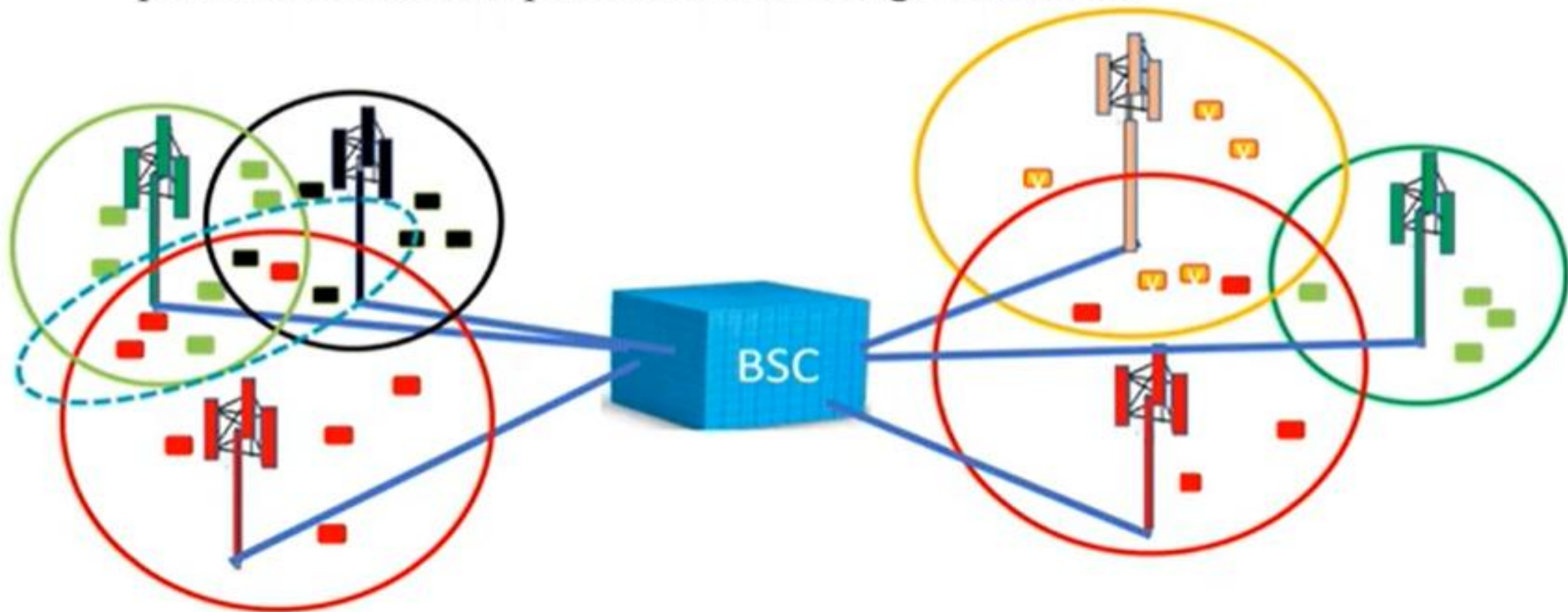
BSC

- Le BSC affecte un client présent dans un territoire à une BTS particulière selon sa proximité et la charge de la BTS.



BSC

- Le BSC affecte un client présent dans un territoire à une BTS particulière selon sa proximité et la charge de la BTS.



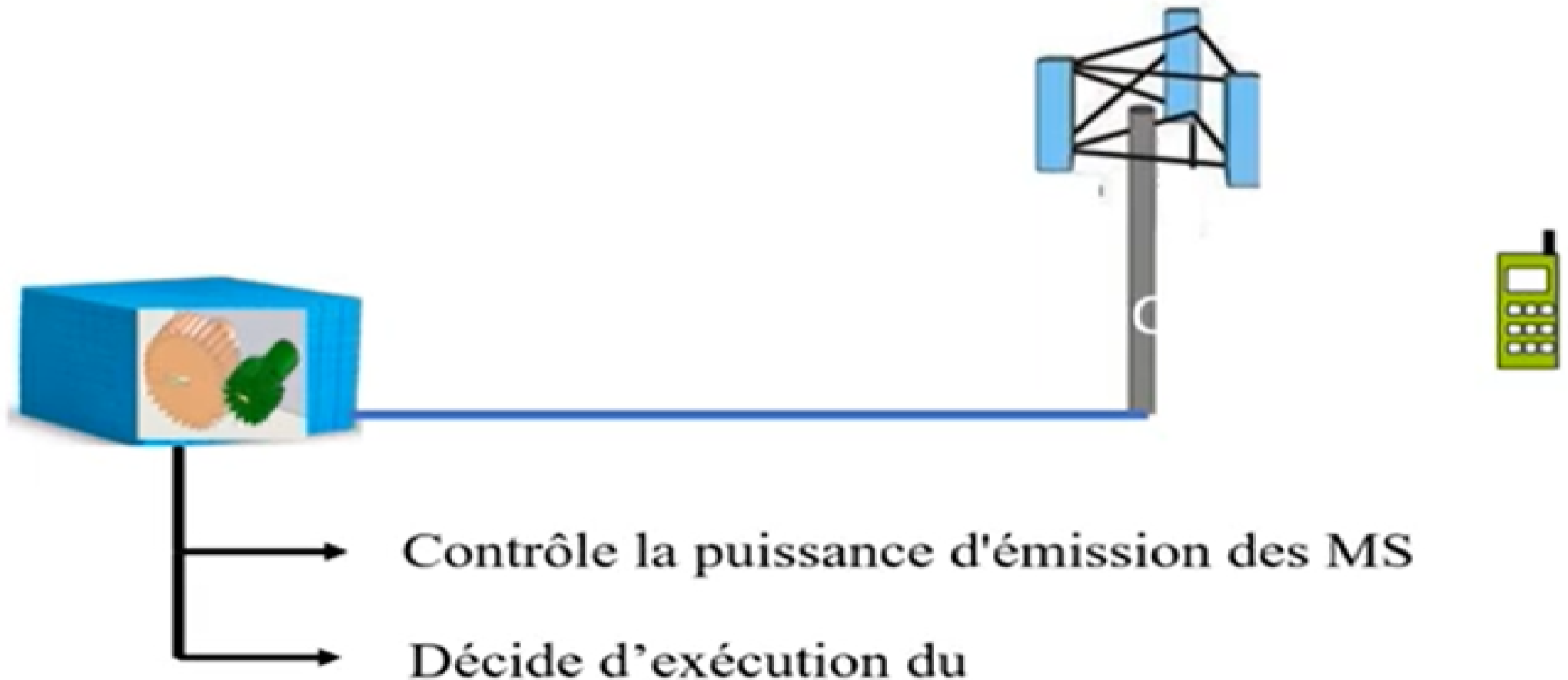
BSC

Le BSC permet aussi de configurer les BTS qui lui sont attachées.



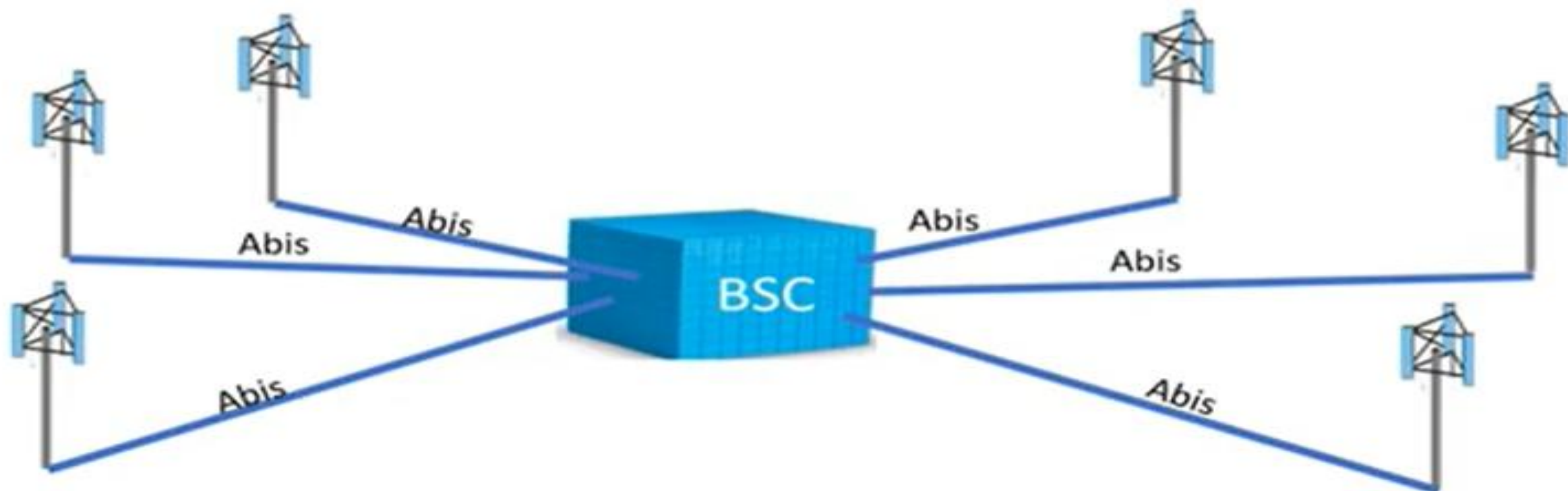
BSC

Le BSC exécute des procédures de maintien des communications par traitement des mesures effectuées par MS et les BTS

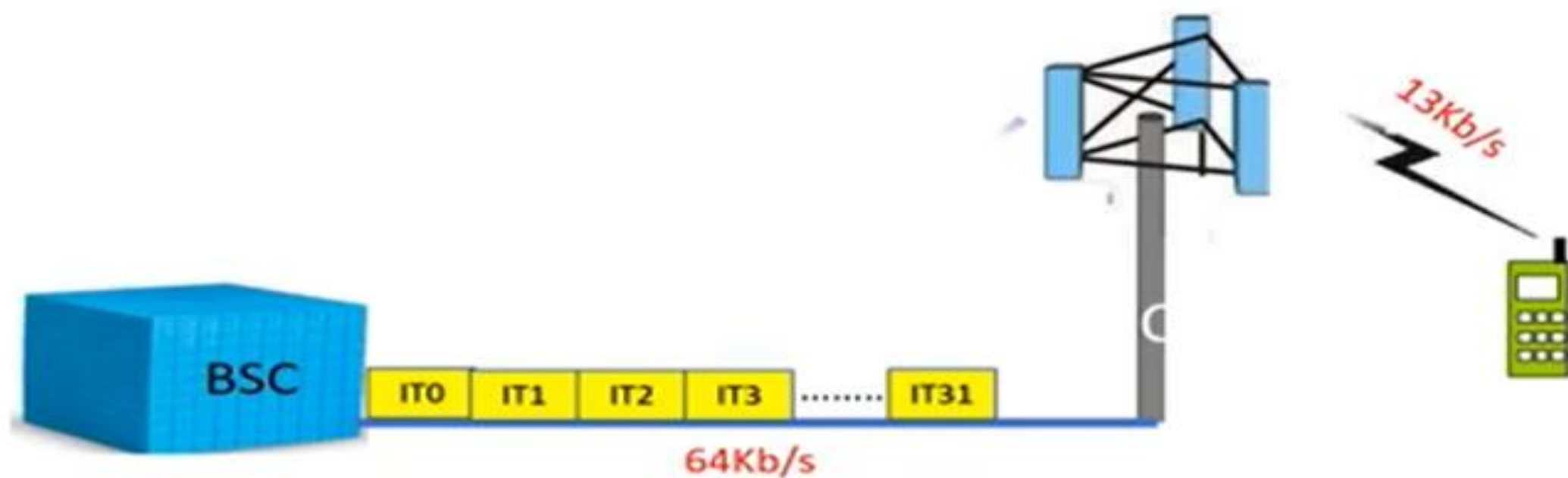


L'Interface Abis

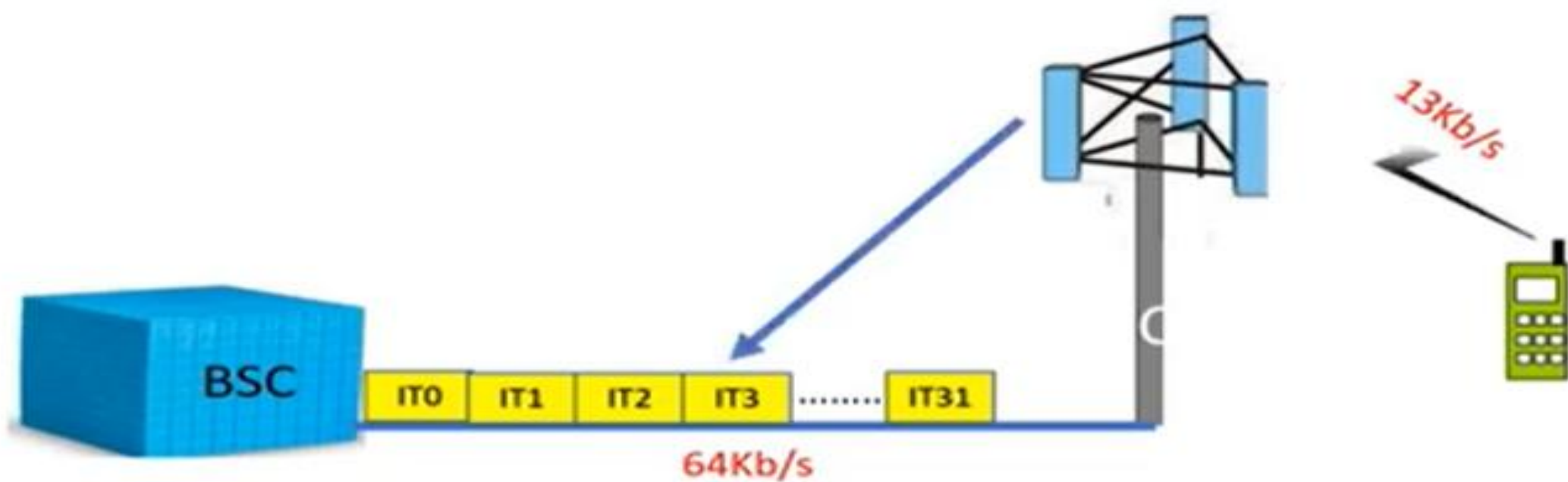
- Le BSC est relié aux BTS par l'interface Abis
- Abis est un MIC de 32 voies à 2,048Mb/s dont 30 voies sont utilisées pour le trafic



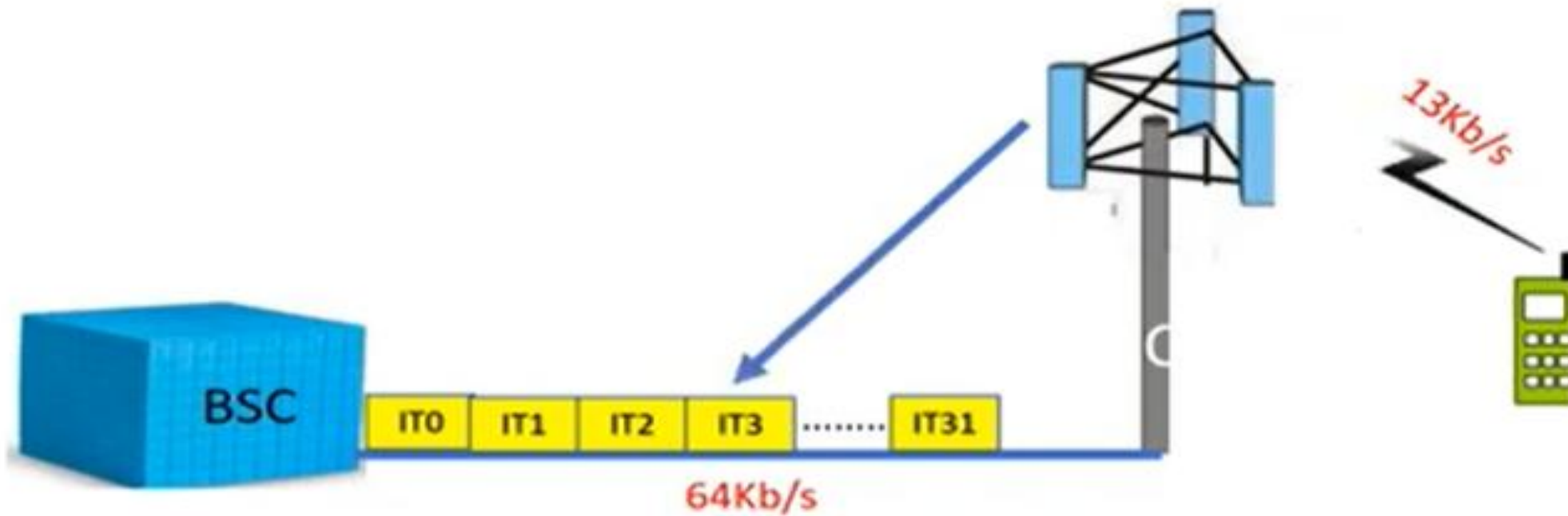
TRAU



TRAU

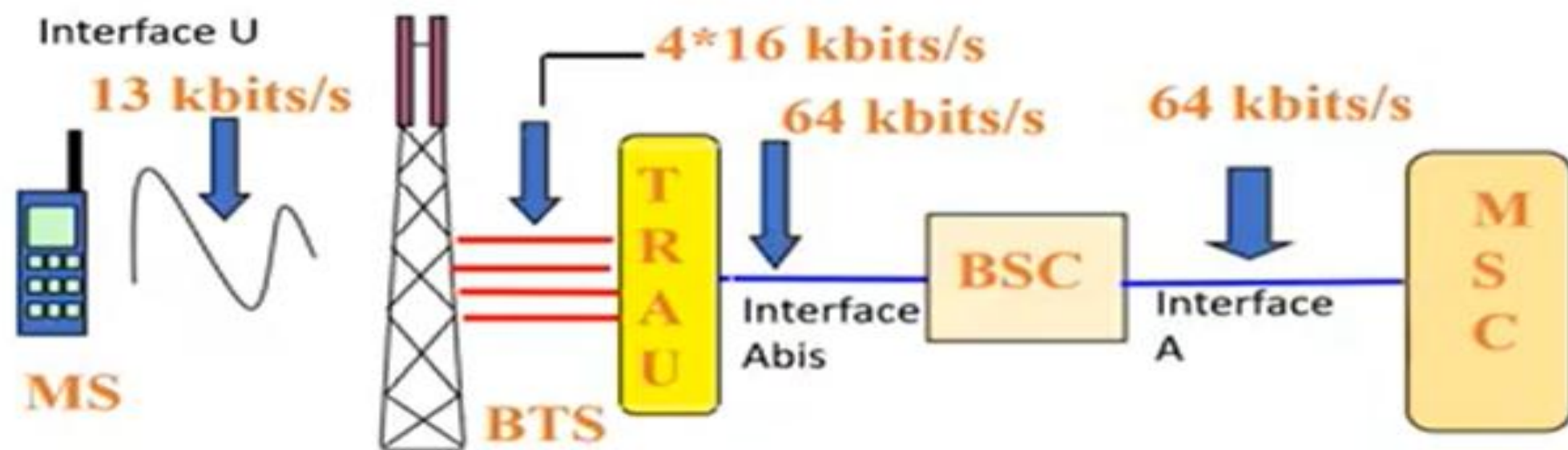


TRAU



L'équipement TRAU (Transcoder Rate Adapter Unit) effectue la conversion 13kbit/s→64kbit/s.

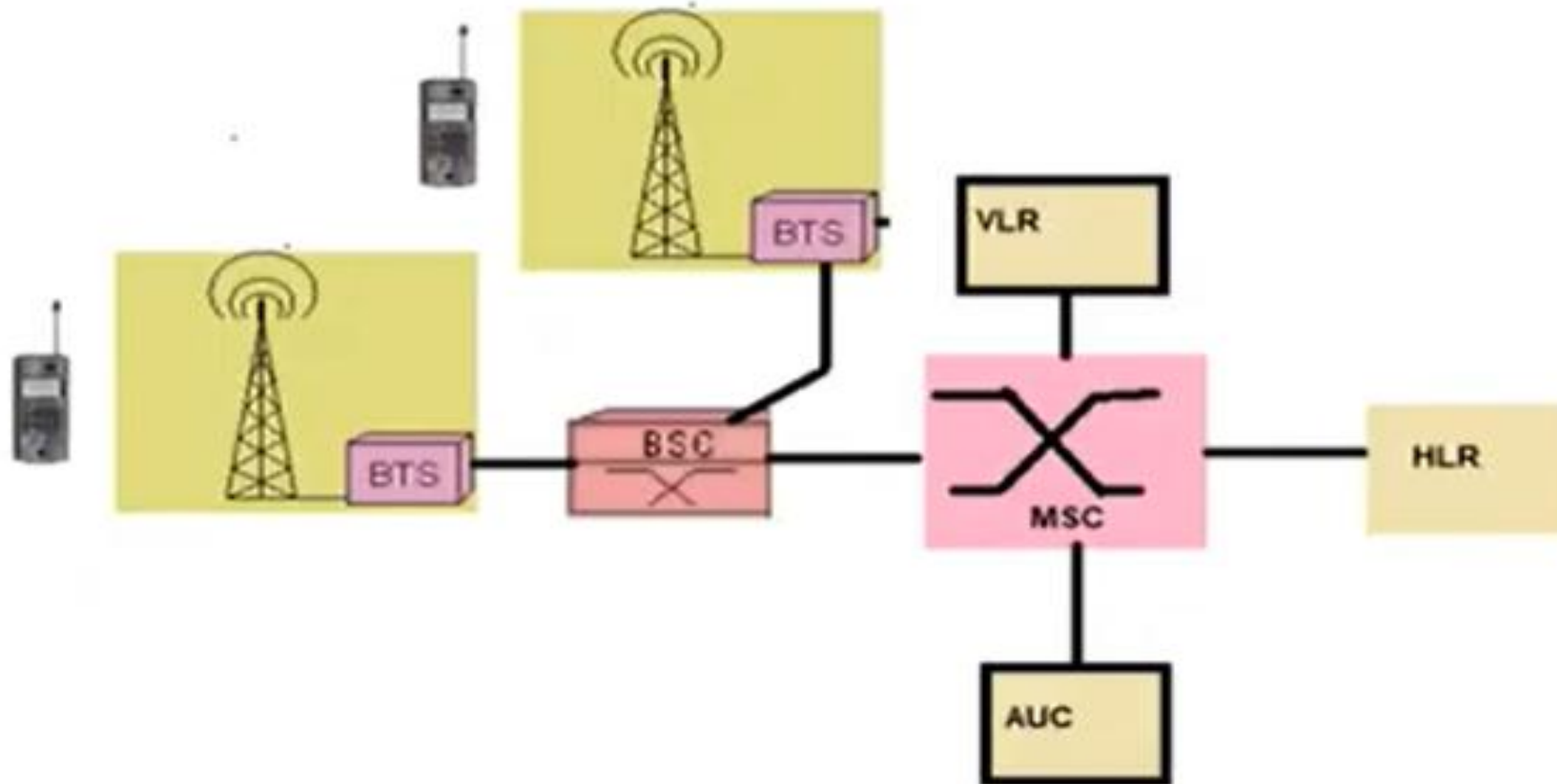
Principe de Transcodage par TRAU



- La BTS reçoit 260 bits toutes les 20ms du MS
- Cette trame est complétée par
 - 21 bits de contrôle
 - 4 bits de d'alignement pour résoudre le Problème de synchronisation
 - 35 bits de synchronisation pour marquer le début d'une trame
- Soit 320 bits toutes les 20ms ie $D=16\text{kbit/s}$

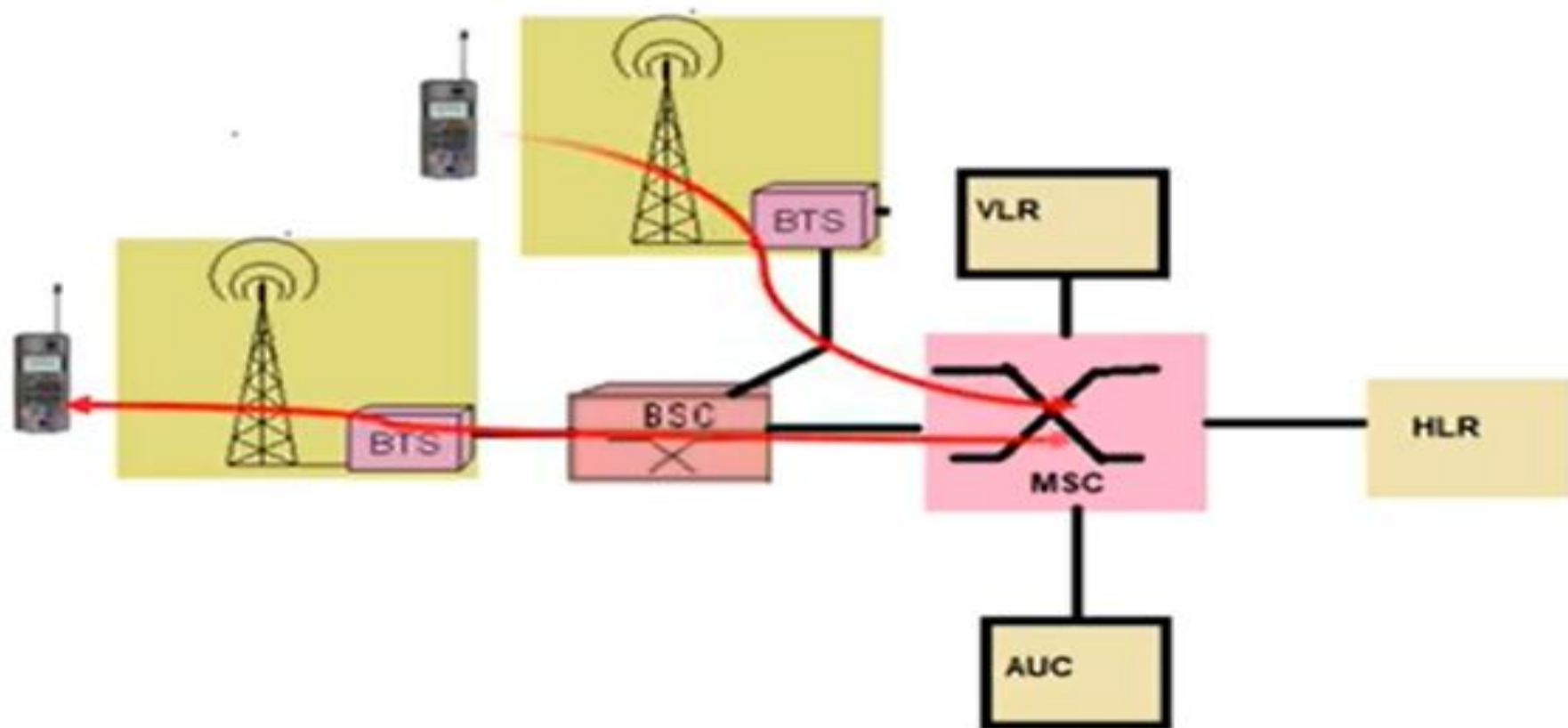
MSC

- Le MSC est l'élément **Central** du NSS.
- Il gère l'établissement des appels en effectuant une commutation temporelle.



MSC

- Le MSC est l'élément **Central** du NSS.
- Il gère l'établissement des appels en effectuant une commutation temporel.

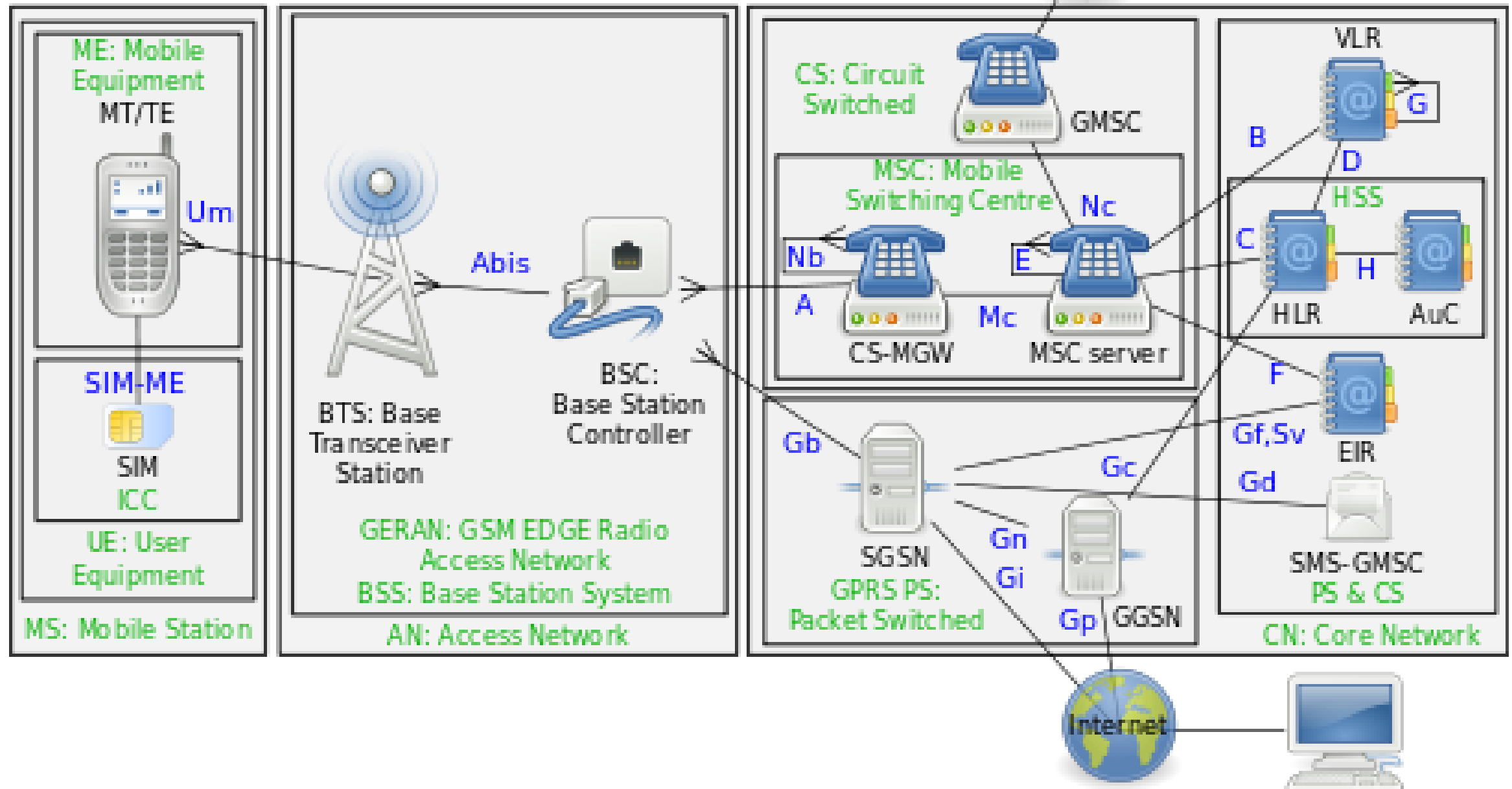




Le Mobile Switching Centre (MSC) ou Centre de Commutation mobile est l'élément central du NSS.

Il gère grâce aux informations reçues par le HLR et le VLR, la mise en route et la gestion du codage de tous les appels directs et en provenance d'autres réseaux.

Structure of a GSM network



MSC

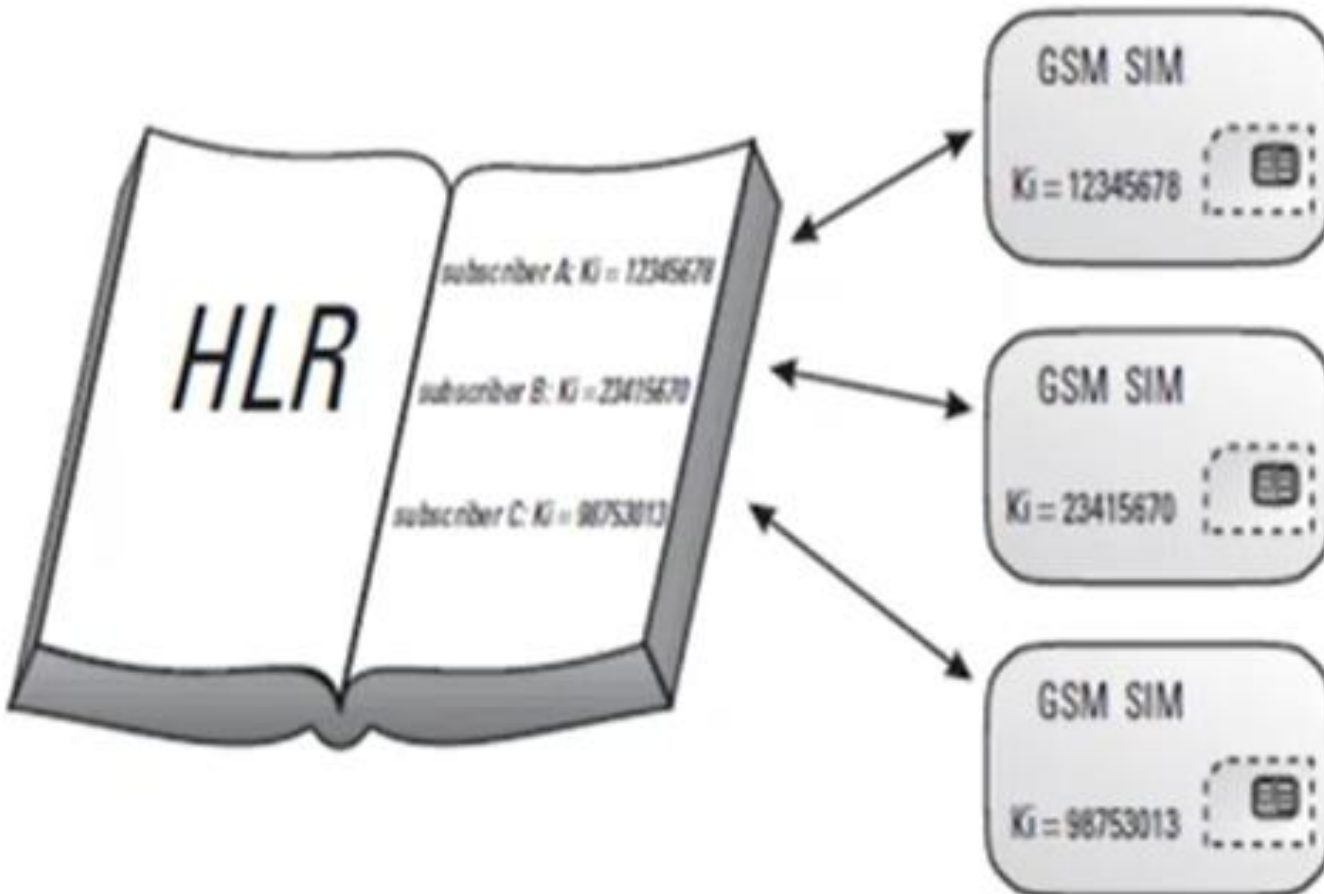
- C'est un équipement de téléphonie mobile chargé du routage dans le réseau, de l'interconnexion avec les autres réseaux (réseau téléphonique classique par exemple) et de la coordination des appels.
- Un MSC traite le trafic « voix » de plusieurs BSC. De même que chaque BSC concentre le trafic de plusieurs BTS, le MSC concentre les flux de données en provenance de plusieurs BSC.
- De plus, à chaque MSC est associé un VLR qui connaît les informations détaillées sur les usagers que le MSC doit gérer.
-

Les Rôles du MSC

- la **commutation** : le MSC est un centre de routage et de multiplexage. Les MSC sont reliés entre eux, ainsi qu'aux passerelles d'accès aux autres réseaux ;
- la **gestion des connexions, activation/désactivation** d'un canal vers une MS, en utilisant les informations du VLR ;
- grâce au VLR qui lui est dédié, le MSC assure la **localisation** et **l'itinérance** ;
- le contrôle du handover entre deux BSC dont il a la charge ;
- la gestion des handovers de MS quittant son domaine d'influence .
-

HLR

Le **HLR** ou **Home Location Register** (enregistreur de localisation géographique des abonnés) est un élément des réseaux cellulaires de téléphonie mobile



Informations statiques

- IMSI/MSISDN
- Le profil de l'abonnement (services supplémentaires autorisés, autorisation d'appel à l'international,...).

- Ki
- PUK

Informations dynamiques

- Dernière localisation
- Nature de terminal (On/OFF)

HLR

Il s'agit de la base de données **centrale** d'un opérateur de réseau mobile, comportant les **informations relatives à tout abonné** autorisé à utiliser ce réseau et notamment sa localisation dans le réseau.

Afin que les données soient cohérentes sur l'ensemble du réseau, c'est elle qui sert de référence aux autres bases de données locales, les VLR.

Cet équipement est fondamental dans un réseau mobile car c'est un élément centralisé (hébergeant des millions d'abonnés) **indispensable pour identifier et localiser les abonnés de l'opérateur mobile et donc pour recevoir leurs appels et pour leur transmettre les appels entrants.**

HLR

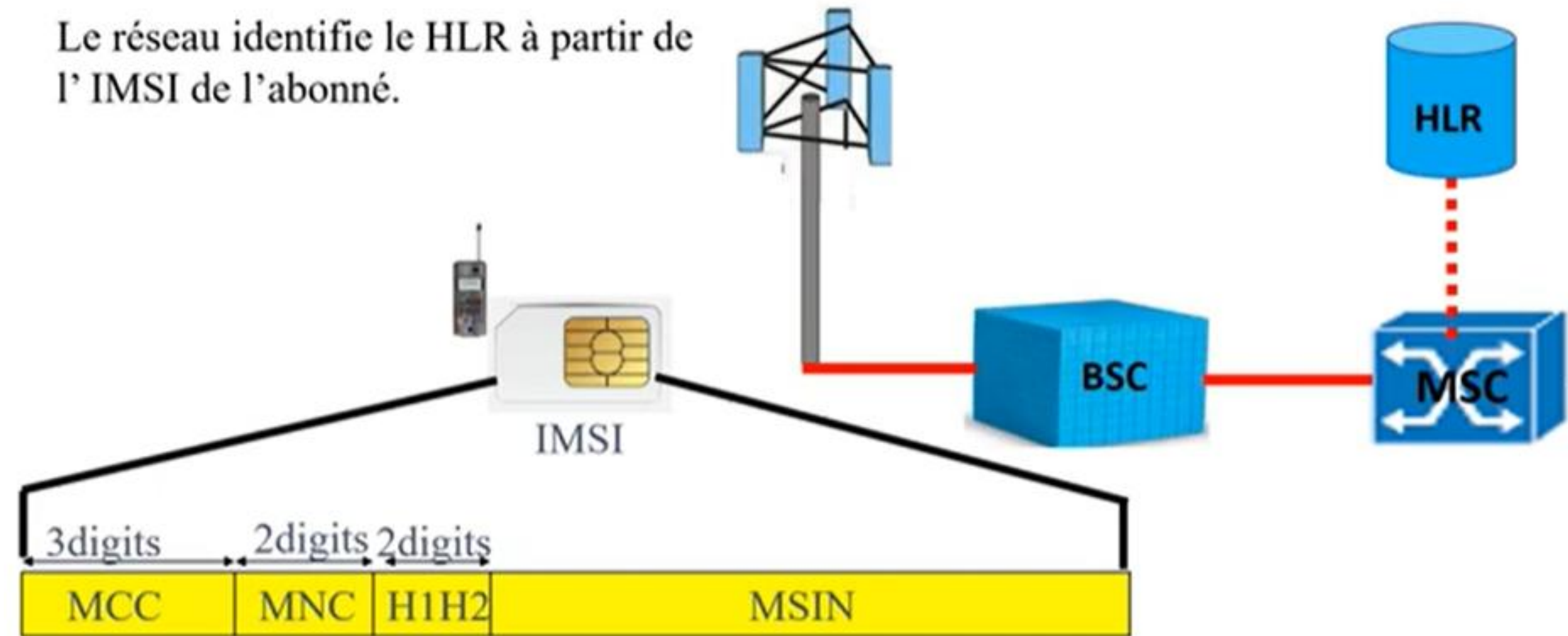
- Le HLR contient d'une part des informations caractérisant l'utilisateur lui-même : **IMSI (international mobile subscriber identity)** identifiant unique de l'utilisateur et qui est stocké dans la carte SIM;
- **l'IMEI** définissant du téléphone mobile de l'utilisateur ;
- le **MSISDN** (Mobile Station International Subscriber Directory Number), indiquant le numéro d'appel international via lequel l'utilisateur est joignable.
- les **services souscrits par l'abonné, l'état des renvois d'appels, ...**

D'autre part, il contient les informations indiquant la dernière position connue (localisation) :

- l'adresse **MSRN** (Mobile Station Roaming Number) désignant l'abonné sur un réseau étranger ;
- les adresses des **MSC et VLR** concernés pour avoir à chaque instant la position approximative de l'abonné mobile (seul le VLR en question connaît une position plus précise).

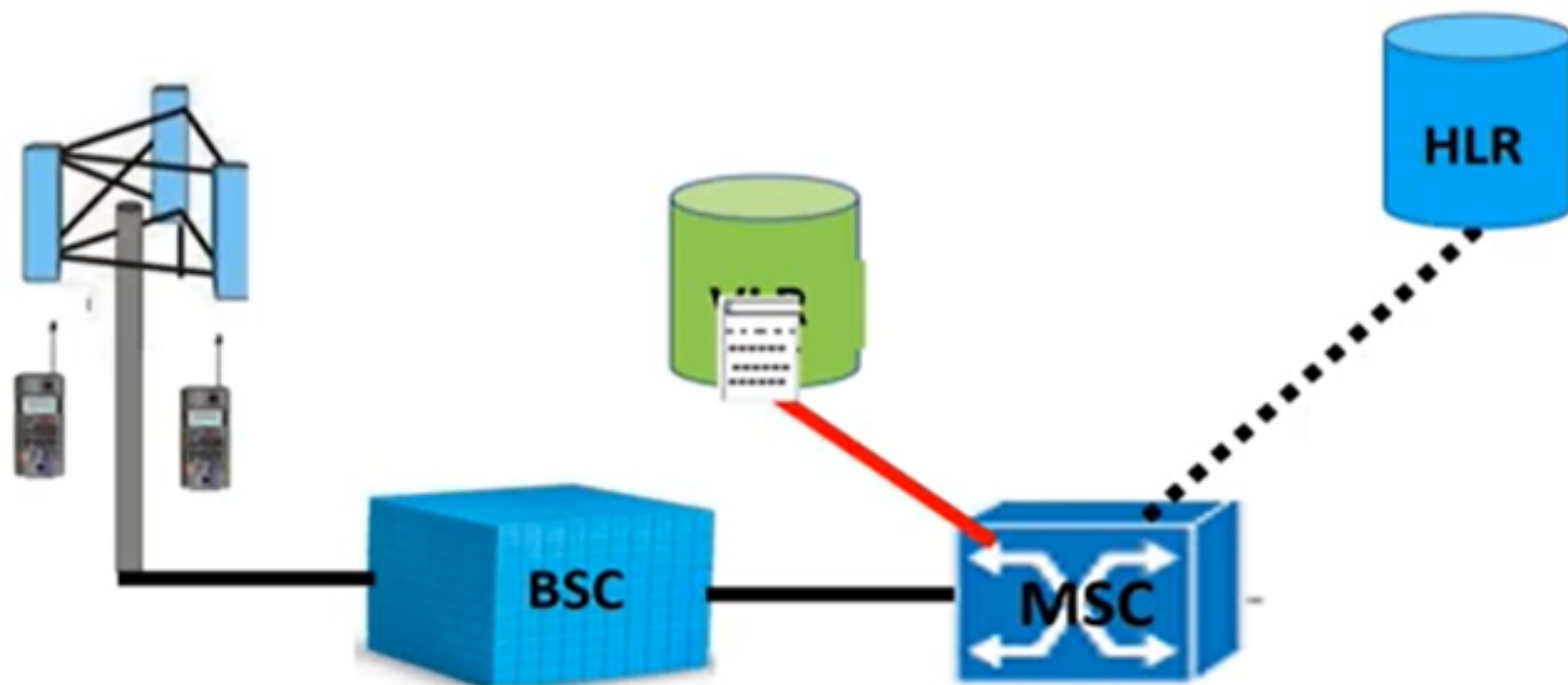
HLR

Le réseau identifie le HLR à partir de l'IMSI de l'abonné.



VLR

- Le VLR est une base de données dynamique qui mémorise les données des abonnés présents dans une zone géographique.
- le VLR est utilisé par le MSC pour minimiser l'accès aux HLRs



VLR

Le **VLR** ou **Visitor Location Register** est un élément d'un réseau cellulaire de téléphonie mobile (GSM, GPRS, UMTS ou LTE).

Le VLR est une base de données temporaire contenant des informations sur tous les utilisateurs d'un réseau, et qui est parfois intégré dans le MSC.

VLR

Le VLR contient les informations suivantes :

- TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity):

est un identifiant temporaire utilisé dans les réseaux mobiles protéger la vie privée des utilisateurs et améliorer la sécurité des communications.

- MSRN (Mobile Station Roaming Number) :

C'est un numéro temporaire qui dans certains cas notamment d'itinérance pour remplacer le MSISDN

VLR

Le VLR contient les informations suivantes :

- LAI (Location Area Identification) : identifiant international unique est utilisé pour la mise à jour de la localisation des abonnés mobiles.
- l'adresse du MSC
- l'adresse du HLR (en 2G) ou du HSS (Home Subscriber Server) en 3G (UMTS).

EIR

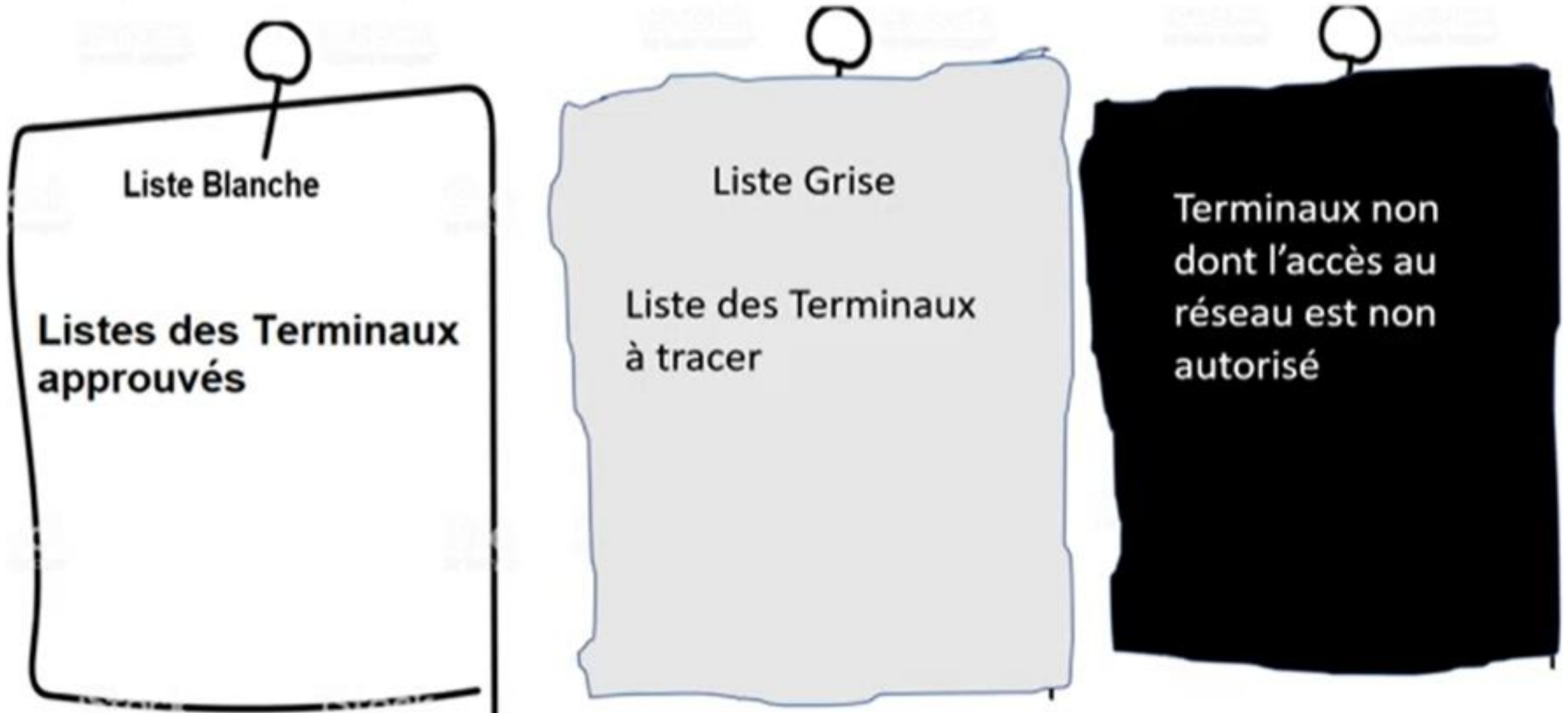
EIR (equipment identity register) est une base de données comportant les informations de sécurité et d'identification relatives à un téléphone GSM ou UMTS.

C'est à partir de cet équipement qui stocke le code IMEI des terminaux qu'un opérateur de téléphonie mobile peut bloquer un téléphone portable volé.

EIR

Equipment Identity Register

L'EIR définit trois listes de terminaux



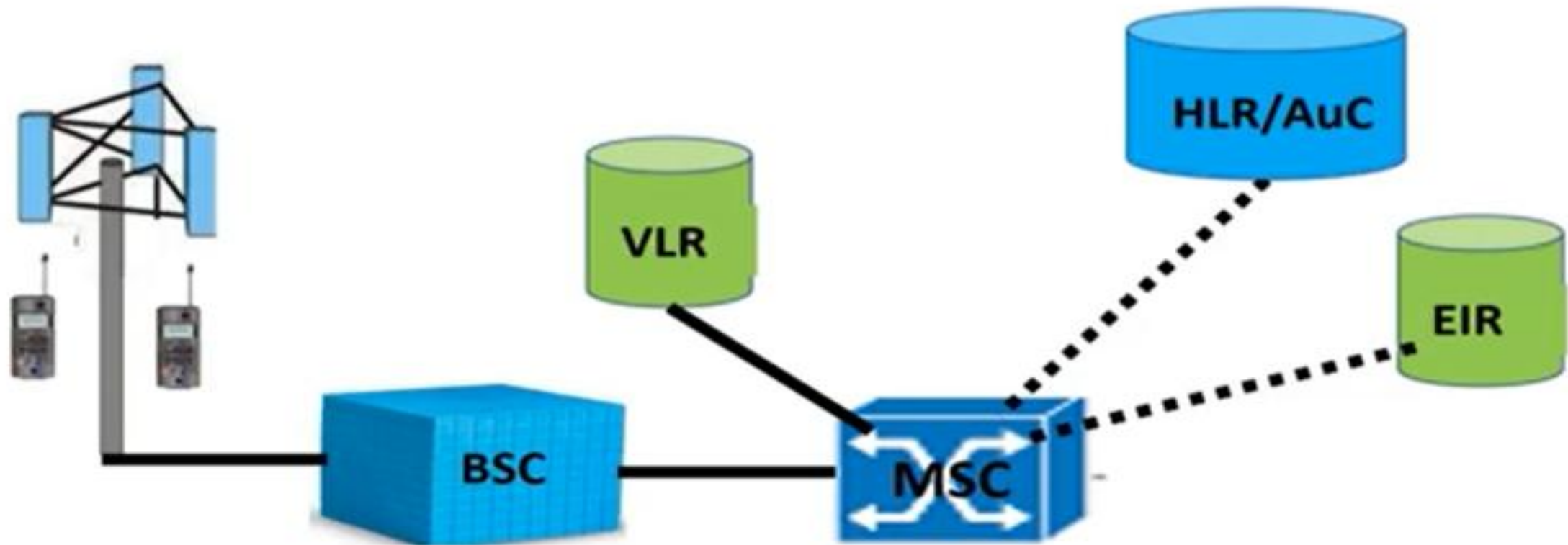
EIR

EIR (equipment identity register) est une base de données comportant les informations de sécurité et d'identification relatives à un téléphone GSM ou UMTS.

C'est à partir de cet équipement qui stocke le code IMEI des terminaux qu'un opérateur de téléphonie mobile peut bloquer un téléphone portable volé.

AUC

- L'AUC: Authentication center: permet l'authentification des SIM et offre les clés de cryptage de la parole sur l'interface Um
- L'AuC est une partie physique du HLR

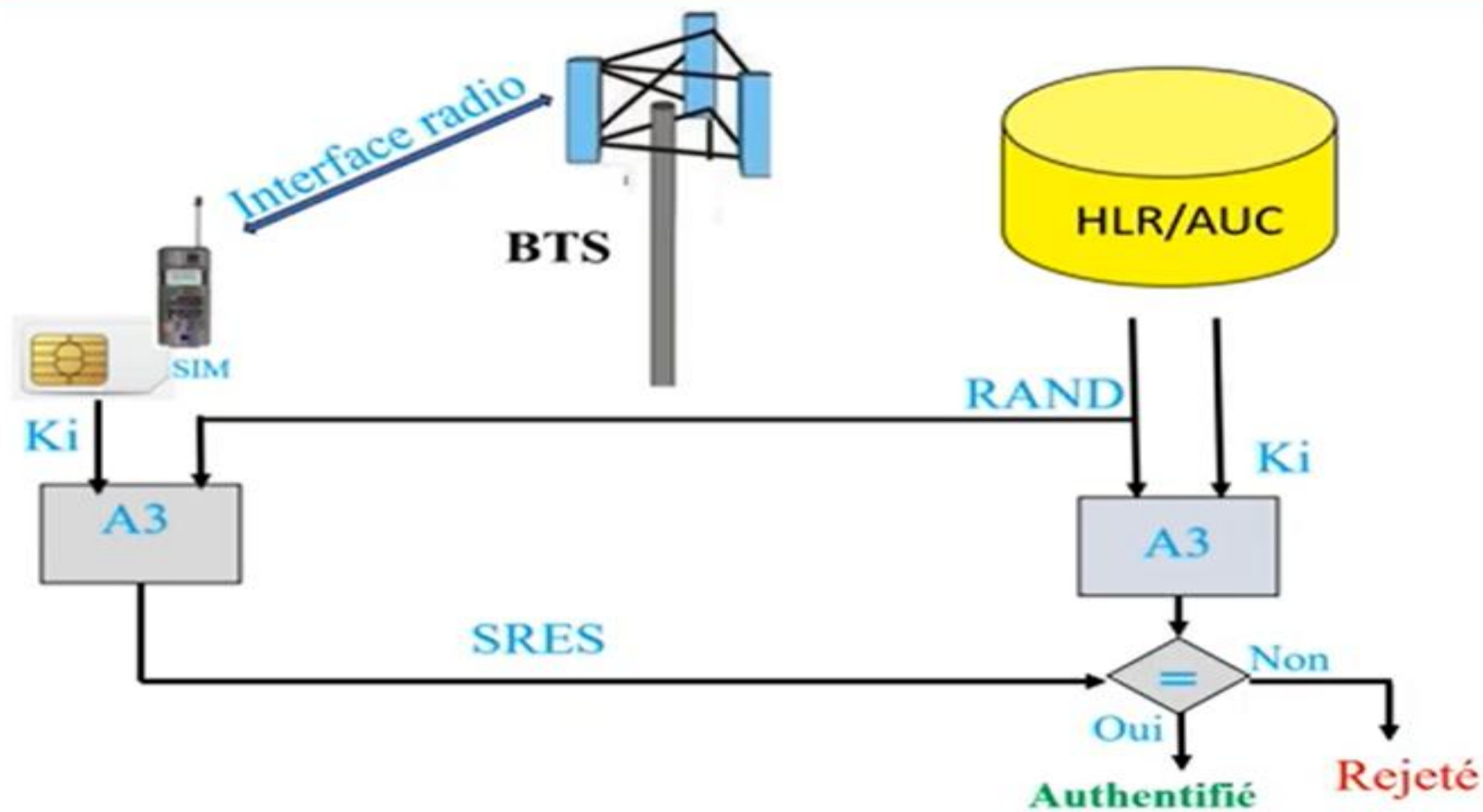


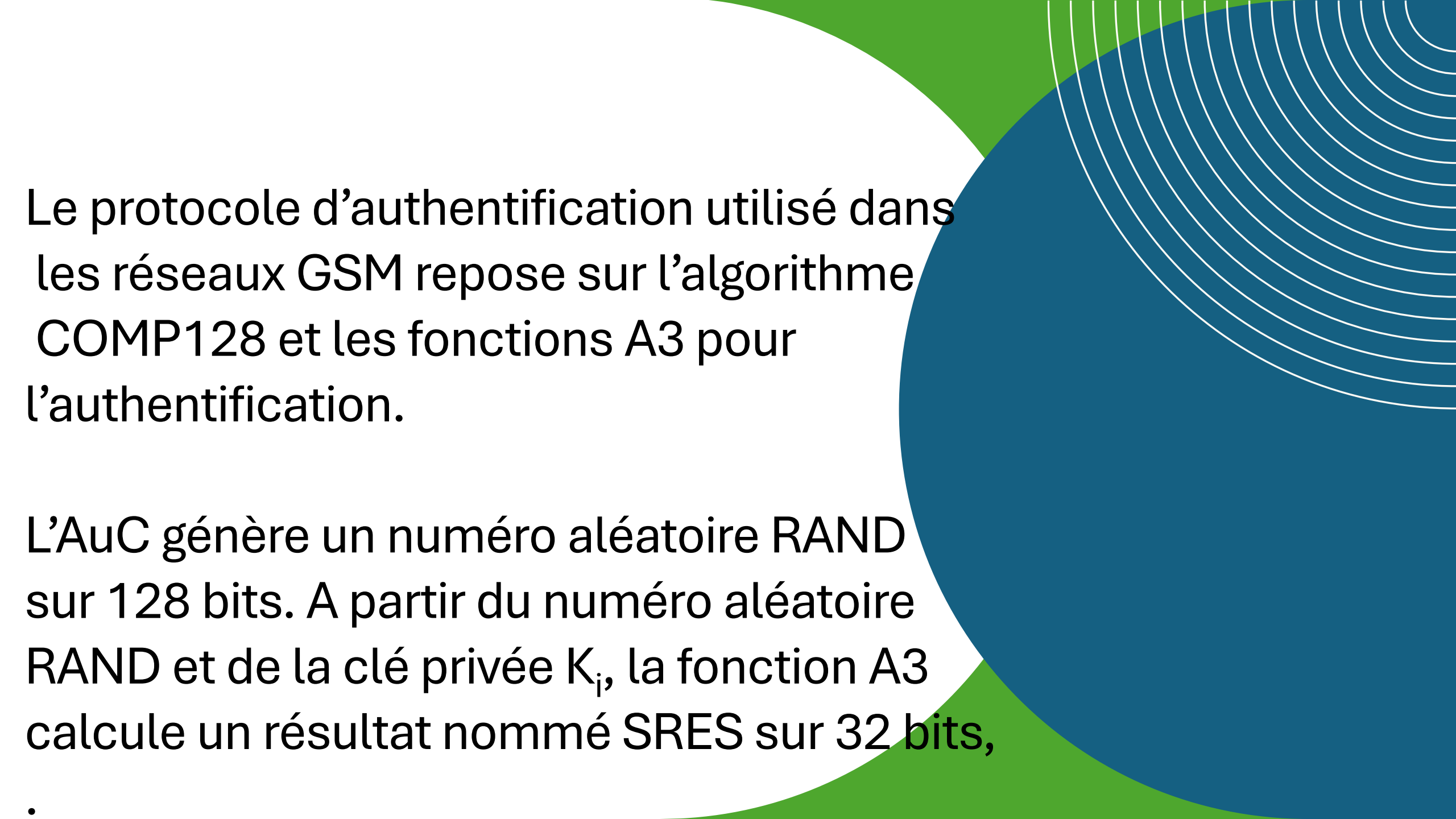
AUC

L'**Authentication Center** (AuC), centre d'authentification, désigne une fonction d'authentification, via la carte SIM des téléphones mobiles sur un réseau mobile GSM, UMTS ou LTE).

L'AuC est souvent associé au HLR de l'opérateur. Cette authentification a lieu après la mise sous tension du téléphone mobile. Aussitôt, le HLR est en mesure d'administrer la carte SIM et les services de téléphonie associés.

Procédure d'authentification





Le protocole d'authentification utilisé dans les réseaux GSM repose sur l'algorithme COMP128 et les fonctions A3 pour l'authentification.

L'AuC génère un numéro aléatoire RAND sur 128 bits. A partir du numéro aléatoire RAND et de la clé privée K_i , la fonction A3 calcule un résultat nommé SRES sur 32 bits,

Techniques de transmission

The background features a large, solid blue circle on the right side. To its left, there are two green curved segments, one at the top and one at the bottom, which appear to be parts of a larger circle. Overlapping the top green segment and the blue circle are several thin, white concentric circular lines.

Techniques de transmission

TDMA

<https://www.youtube.com/watch?v=wzfc4ZbA0H0>

FDMA

<https://www.youtube.com/watch?v=h7Zeh7dftNaw>

CDMA

<https://www.youtube.com/watch?v=GH1LMxiJLDQ>



Next ...

Architecture 3G

Architecture 4G

Architecture 5G

Architecture 3G

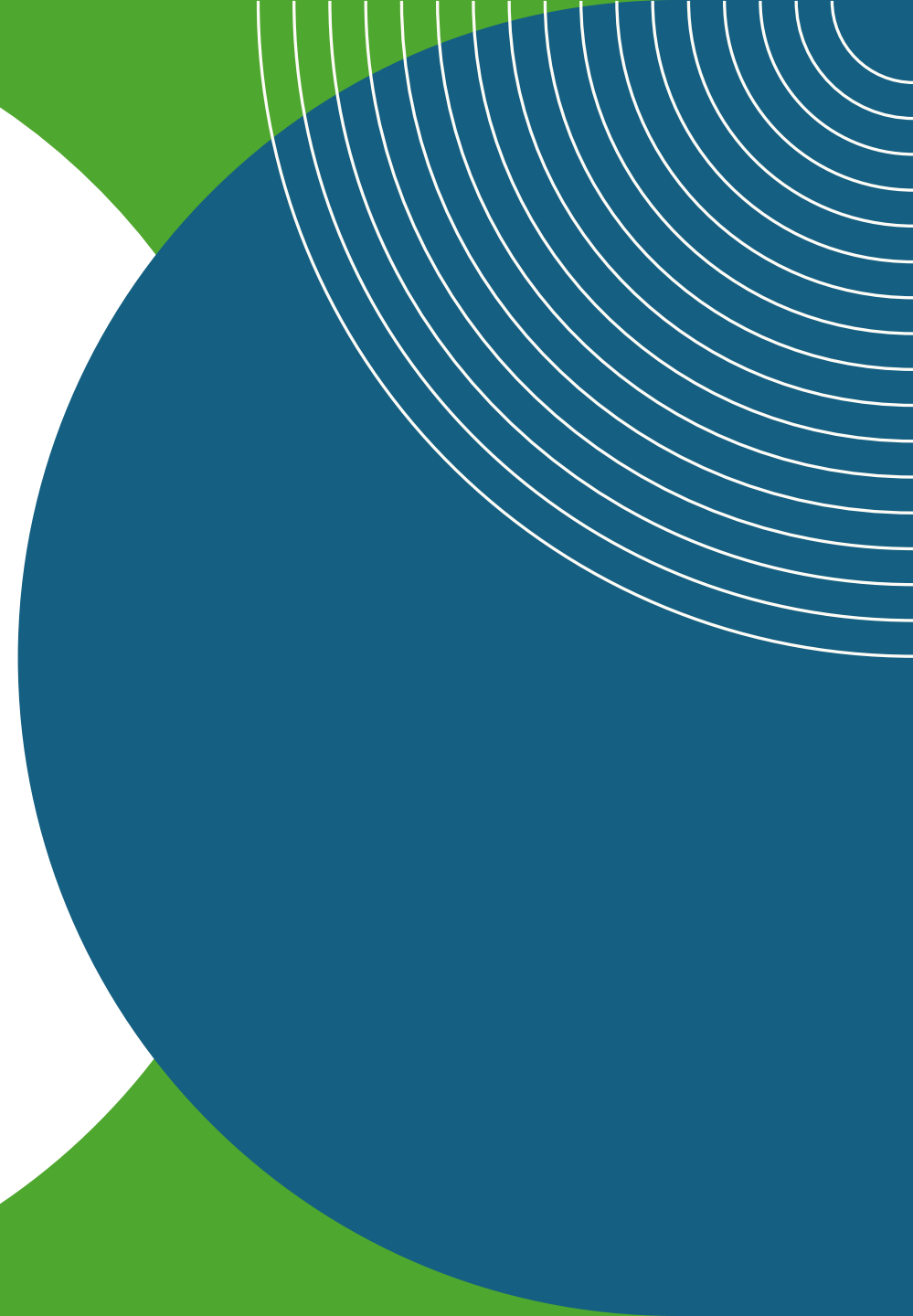
<https://www.youtube.com/watch?v=dnPQySnSWN0>

UMTS (3G)

Dans le paysage rapide des télécommunications mobiles, le Système de télécommunications mobiles (UMTS) universel est un progrès clé, annonçant l'arrivée de la technologie de réseau de troisième génération (3G).

UMTS (3G)

le système n'est pas seulement une mise à niveau mineure ; Il transforme principalement la communication mobile en améliorant considérablement les taux de transfert de données et les capacités de traitement.



UMTS (3G)

UMTS est dynamique dans le passage des services vocaux traditionnels à une approche plus intégrée qui inclut **la voix, les données et le contenu multimédia.**

Ce changement répond à la demande croissante d'applications Internet mobile à haut débit et multimédia.

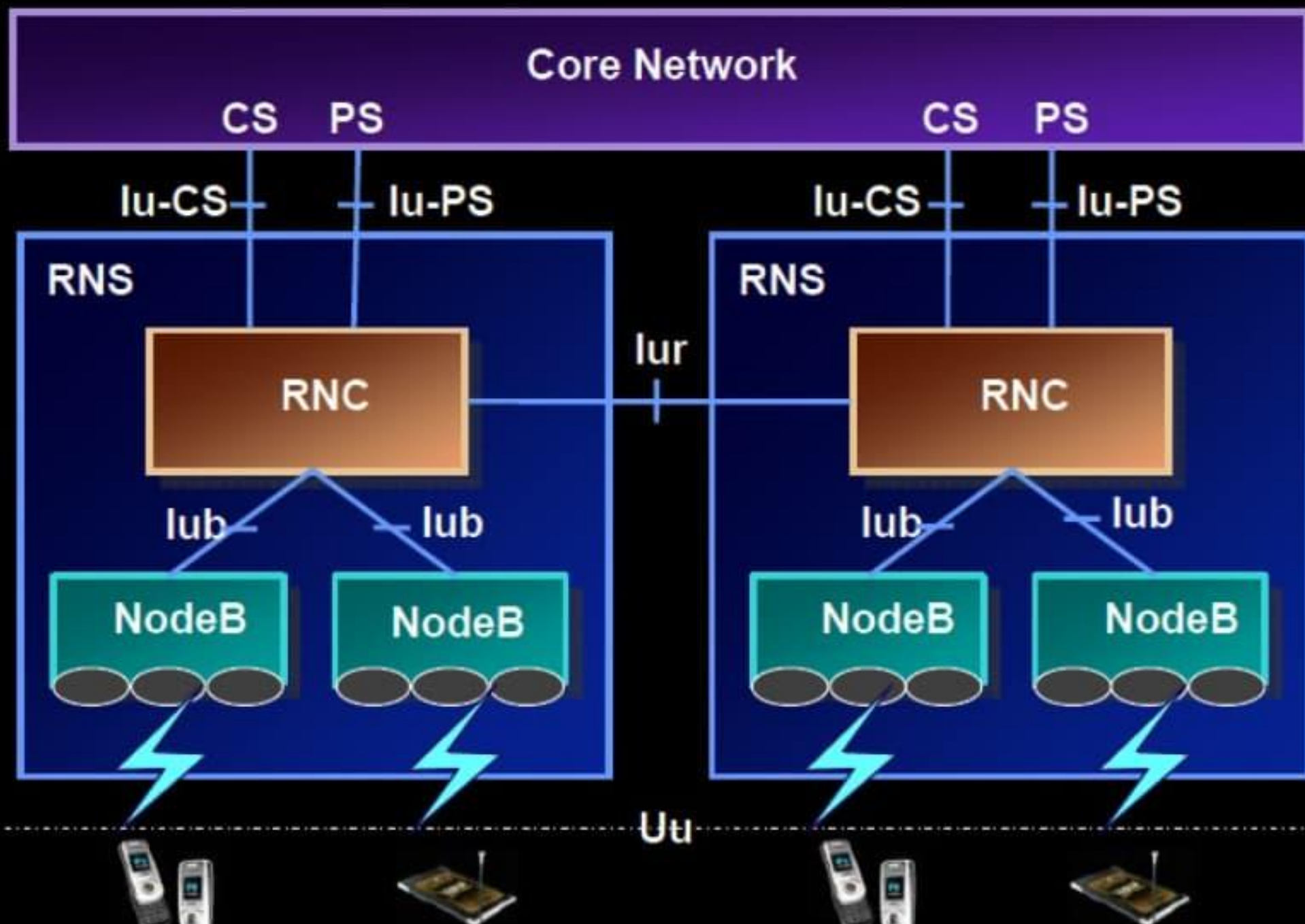
UMTS (3G) : architecture

L'architecture du système est soigneusement structurée pour prendre en charge une communication lisse et à grande vitesse, ce qui le rend bien adapté au besoin croissant de connectivité fiable dans les paramètres personnels et professionnels.

UTRAN

CN

UE



Architecture : Equipements utilisateurs

Cette catégorie ne comprend plus que des téléphones mobiles;

Il couvre un **large éventail d'appareils conçus pour les données à grande vitesse et l'utilisation multimédia**, en plus de la communication vocale traditionnelle.



Architecture : Equipements utilisateurs

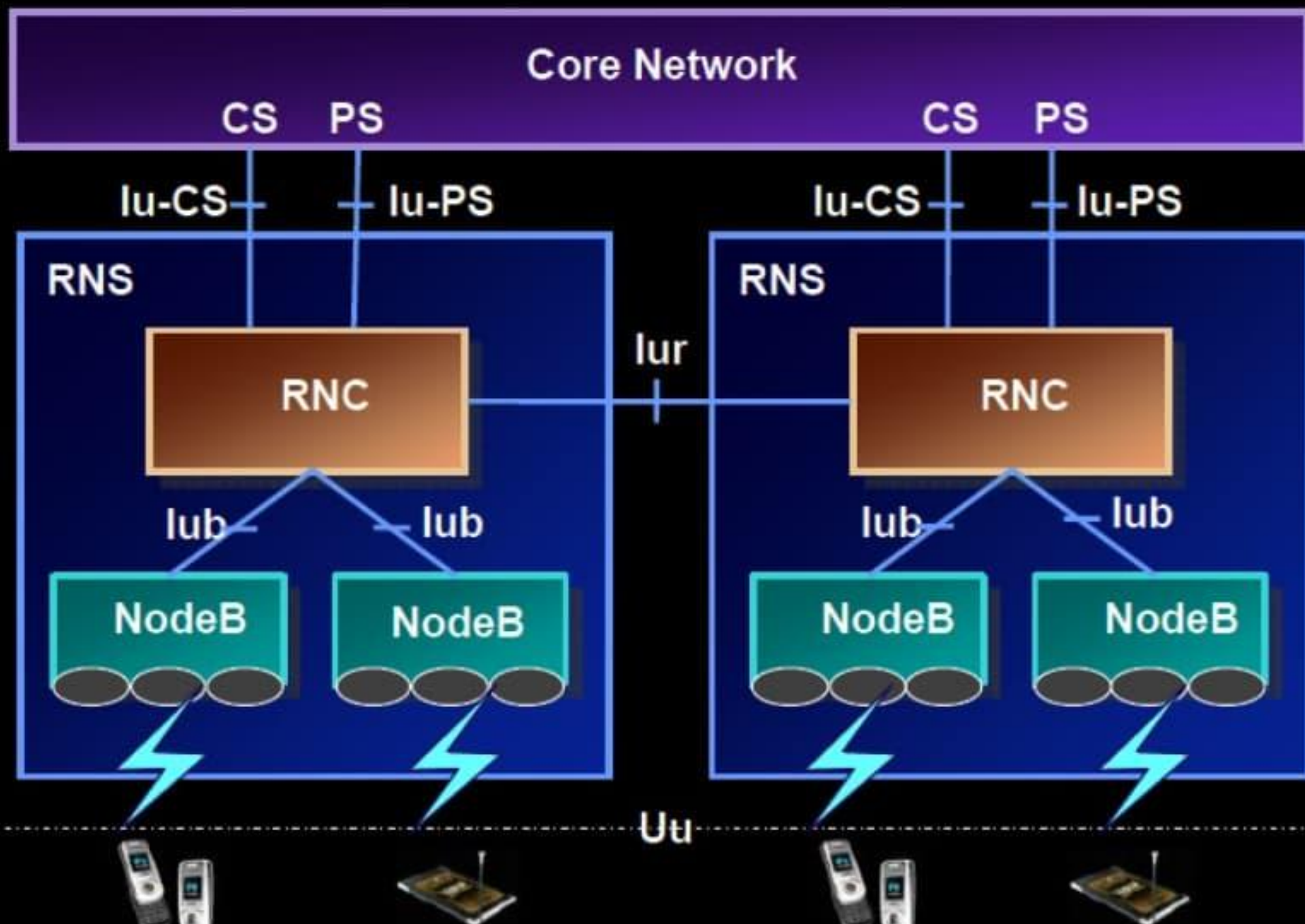
La catégorie UE s'est développée pour inclure des appareils comme les terminaux de données qui peuvent ne pas prendre en charge les appels vocaux mais sont optimisés pour la transmission de données.

Ces appareils sont polyvalents, prenant en charge divers services et applications, ce qui reflète l'adaptabilité du système aux différents besoins des utilisateurs

UTRAN

CN

UE



Architecture : réseau radio

Également appelée UMTS Radio Access Network (UTRAN), ce composant met à jour et remplace le sous-système de station de base du GSM (BSS).

Il gère l'interface aérienne - le lien sérieux pour l'échange de données entre l'UE et le réseau central - l'informatique que les canaux de communication sont robustes, efficaces et sécurisés

Architecture : réseau central

Cela sert de squelette dominant du système UMTS, similaire au sous-système de commutation réseau (NSS) dans l'architecture GSM.

Le réseau central est conçu pour assurer une intégration transparente sur ces différents réseaux, permettant une gestion efficace des données, une connectivité élevée et des performances globales fiables.

Architecture : Impacts

UMTS a considérablement élargi la gamme d'applications technologiques mobiles, ce qui le rend plus polyvalent dans divers domaines.

UMTS offre un accès Internet rapide et fiable, améliorant la navigation Web et permettant des fonctions de bureau mobile plus efficaces.

Les utilisateurs peuvent facilement gérer les tâches liées au travail et rester connectés.

Architecture : Impacts

Avec l'UMTS, les utilisateurs peuvent diffuser du contenu vidéo de haute qualité sans interruptions, ce qui stimule la croissance des plateformes de divertissement mobile et de médias.

Cette expérience de streaming en douceur soutient la demande croissante de consommation vidéo sur le pouce.

Architecture : Impacts

L'UMTS améliore la précision et la vitesse de transmission de données pour les applications basées sur la localisation, l'amélioration de la navigation et le soutien d'un large éventail de services commerciaux.

Cette précision profite aux utilisateurs de la recherche de services, de la navigation des itinéraires et de la réception d'informations spécifiques à la localisation.

Architecture : réseau central

La faible latence des UMTS crée un environnement optimal pour les jeux interactifs et multijoueurs sur les appareils mobiles.

Les joueurs peuvent profiter d'un gameplay fluide et réactif sans les retards qui peuvent affecter les performances.

Architecture : Impacts

UMTS connecte et gère efficacement les appareils Internet des objets (IoT), ce qui en fait un choix fiable pour intégrer les appareils intelligents dans les maisons et les industries.

Ses capacités de réseau robustes soutiennent la demande croissante d'appareils connectés.

Architecture 3G

<https://www.youtube.com/watch?v=dnPQySnSWN0>



Next ...

Architecture 4G

Architecture 5G