

LTE + SAE = EPS

Principes et Architecture

EFORT

<http://www.efort.com>

La LTE (Long Term Evolution of 3G) est un projet mené par l'organisme de standardisation 3GPP visant à rédiger les normes techniques de la future quatrième génération en téléphonie mobile. Elle permet le transfert de données à très haut débit, avec une portée plus importante, un nombre d'appels par cellule supérieur (zone dans laquelle un émetteur de téléphonie mobile peut entrer en relation avec des terminaux) et une latence plus faible. En théorie, elle permet d'atteindre des débits de l'ordre de 50 Mbps en lien ascendant et de 100 Mbps en lien descendant, à partager entre les utilisateurs mobiles d'une même cellule. Pour les opérateurs, la LTE implique de modifier le cœur du réseau et les émetteurs radio. Il faut également développer des terminaux mobiles adaptés.

En terme de vocabulaire, le futur réseau s'appelle EPS (Evolved Packet System). Il est constitué d'un nouveau réseau d'accès appelé LTE (Long Term Evolution) et d'un nouveau réseau cœur appelé SAE (System Architecture Evolution).

L'objectif de ce tutorial est de présenter la vision de bout en bout du réseau EPS avec son accès, son réseau cœur, et les entités associées.

1 Caractéristiques de l'accès LTE

Débit sur l'interface radio : 100 Mbit/s descendant et 50 Mbit/s montant. L'interface radio E-UTRAN doit pouvoir supporter un débit maximum descendant instantané (du réseau au terminal) de 100 Mbit/s en considérant une allocation de bande de fréquence de 20 MHz pour le sens descendant et un débit maximum montant instantané (du terminal au réseau) de 50 Mbit/s en considérant aussi une allocation de bande de fréquence de 20 MHz. Les technologies utilisées sont OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) pour le sens descendant et SC-FDMA (Single Carrier - Frequency Division Multiple Access) pour le sens montant. Cela correspond à une efficacité du spectre de 5 bit/s/Hz pour le sens descendant et 2,5 bit/s/Hz pour le sens montant.

En considérant HSDPA à 14,4 Mbit/s avec une allocation d'une bande de 5 MHz, l'efficacité spectrale est de 2,9 bit/s/Hz dans le sens descendant.

Avec la 3G il est nécessaire d'allouer une bande de fréquence de 5 MHz. Avec la LTE, il est possible d'opérer avec une bande de taille différente avec les possibilités suivantes : 1.25, 2.5, 5, 10, 15 et 20MHz, pour les sens descendant et montant. L'intention est de permettre un déploiement flexible en fonction des besoins des opérateurs et des services qu'ils souhaitent proposer.

Connexion permanente : Principe des accès haut débit où la connectivité est permanente pour l'accès à Internet. Même si la connexion est permanente au niveau du réseau, il est nécessaire pour le terminal de passer de l'état IDLE à l'état ACTIF lorsqu'il s'agira d'envoyer ou recevoir du trafic. Ce changement d'état s'opère en moins de 100 ms. Le réseau pourra recevoir le trafic de tout terminal rattaché puisque ce dernier dispose d'une adresse IP, mettre en mémoire ce trafic, réaliser l'opération de paging afin de localiser le terminal et lui demander de réserver des ressources afin de pouvoir lui relayer son trafic.

Délai pour la transmission de données : Moins de 5 ms entre l'UE et l'Access Gateway, ceci dans une situation de non-charge où un seul terminal est ACTIF sur l'interface radio. La valeur moyenne du délai devrait avoisiner les 25 ms en situation de charge moyenne de l'interface radio. Ceci permet de supporter les services temps réel IP nativement, comme la voix sur IP et le streaming sur IP.

Mobilité : assurée à des vitesses comprises entre 120 et 350 km/h. Le handover pourra s'effectuer (la LTE ne permet que le hard handover et non pas le soft handover) dans des conditions où l'utilisateur se déplace à grande vitesse.

Co-existence et Interfonctionnement avec la 3G : Le handover entre E-UTRAN (LTE) et UTRAN (3G) doit être réalisé en moins de 300 ms pour les services temps-réel et 500 ms pour les services non temps-réel. Il est clair qu'au début du déploiement de la LTE peu de zones seront couvertes. Il s'agira pour l'opérateur de s'assurer que le handover entre LTE et la 2G/3G est toujours possible. Le handover pourra aussi s'effectuer entre LTE et les réseaux CDMA-2000. Les opérateurs CDMA évolueront aussi vers la LTE qui devient le vrai standard de communication mobile de 4^{ème} génération.

Flexibilité dans l'usage de la bande : Comme indiqué précédemment E-UTRAN doit pouvoir opérer dans des allocations de bande de fréquence de différentes tailles incluant 1.25, 2.5, 5, 10, 15 et 20MHz.

Support du multicast notamment pour les applications multimédia telles que la télévision en broadcast.

Couverture de cellule importante dans les zones urbaines et rurales : Comme la LTE pourra opérer sur des bandes de fréquences diverses et notamment basses comme celle des 700 MHz (d'ailleurs choisie par les opérateurs AT&T et Verizon Wireless), il sera possible de considérer des cellules qui pourront couvrir un large diamètre).

2 Caractéristiques du réseau cœur SAE

SAE (System Architecture Evolution) est le nom du projet, EPC (Evolved Packet Core) est le nom du réseau cœur évolué.

EPC est un réseau cœur paquet tout IP. A la différence des réseaux 2G et 3G où l'on distinguait les domaines de commutation de circuit (CS, Circuit Switched) et de commutation de paquet (PS, Packet Switched) dans le réseau cœur, le nouveau réseau ne possède qu'un domaine paquet appelé EPC. Tous les services devront être offerts sur IP y compris ceux qui étaient auparavant offerts par le domaine circuit tels que la voix, la visiophonie, le SMS, tous les services de téléphonie, etc.

EPC fonctionne en situation de roaming en mode « home routed » ou en mode « local breakout ». Lorsqu'un client est dans un réseau visité, son trafic de données est :
Soit routé à son réseau nominal qui le relaye ensuite à la destination (home routed)
Soit directement routé au réseau de destinataire sans le faire acheminer à son réseau nominal (local breakout). Le mode local breakout est particulièrement intéressant pour les applications temps réel telles que la voix qui ont des contraintes de délai fortes.

EPC interagit avec les réseaux paquets 2G/3G et CDMA-2000 en cas de mobilité. Il est possible de faire acheminer le trafic de l'EPC vers l'accès LTE, CDMA-2000 (paquet), 2G (paquet) et 3G (paquet) et ainsi garantir le handover entre ces technologies d'accès.

EPC supporte les Default bearers et Dedicated bearers. Lorsque l'utilisateur se rattache au réseau EPC, ce dernier lui crée un défaut bearer qui représente une connectivité permanente (maintenue tant que l'utilisateur est rattaché au réseau) mais sans débit garanti. Lorsque l'utilisateur souhaitera établir un appel qui requiert une certaine qualité de service telle que l'appel voix ou visiophonie, le réseau pourra établir pour la durée de l'appel un dedicated bearer qui supporte la qualité de service exigée par le flux de service et surtout qui dispose d'un débit garanti afin d'émuler le mode circuit.

EPC supporte le filtrage de paquet (deep packet inspection par exemple pour la détection de virus) **et une taxation évoluée** (taxation basée sur les flux de service). En effet la LTE fournit des mécanismes de taxation très sophistiqués permettant de taxer le service accédé par le client sur la base du volume, de la session, de la durée, de l'événement, du contenu, etc.

3 Caractéristiques et entités du réseau EPS

L'EPS (Evolved packet System) représente l'ensemble du réseau à savoir LTE et SAE. Il a les caractéristiques suivantes :

Il possède une **architecture plate et simplifiée** comparée à celle hiérarchique 2G/3G puisque la fonction de contrôleur d'antenne disparaît. La seule entité présente dans l'accès est l'eNodeB qui peut être assimilé à un nodeB+RNC.

Il s'agit d'une **architecture uniquement paquet** comparée à l'architecture 2G/3G circuit et paquet.

Il permet une **connectivité permanente tout-IP** comparée à des contextes PDP temporaires ou permanents en 2G/3G dans le domaine paquet

Son **interface radio** est **totalelement partagée** entre tous les usagers en mode ACTIF comparée à des ressources dédiées et partagées dans l'architecture 2G/3G. Les appels voix et visiophonie requièrent des ressources dédiées en 3G.

Il permet des **handover vers les réseaux 2G/3G et CDMA/CDMA2000** afin d'assurer des communications sans couture en environnement hétérogène.

Les grandes fonctions assurées par l'EPS sont les:

- **Fonctions de contrôle d'accès réseau** : Elle permettent d'authentifier l'utilisateur lorsque ce dernier s'attache au réseau, met à jour sa tracking area, et demande des ressources pour ses communications. Elles permettent aussi de réaliser la taxation de l'utilisateur en fonction de l'usage des ressources et en fonction des flux de service émis et reçus. Elle permettent enfin de sécuriser les flux de signalisation et les flux média des usagers en les encryptant entre l'UE et l'eNodeB.
- **Fonctions de gestion de la mobilité** : Elle permettent à l'UE de s'attacher, de se détacher et de mettre à jour sa tracking area.
- **Fonctions de gestion de session** : Elles permettent d'établir des default bearers et des dedicated bearers afin que l'UE dispose de connectivités IP pour ses communications.
- **Fonctions de routage de paquet et de transfert** : Elle permettent d'acheminer les paquets de l'UE au PDN GW ainsi que du PDN GW à l'UE.
- **Fonctions de gestion de ressource radio** : Elle permettent l'établissement et la libération de RAB (Radio Access Bearer) entre l'UE et le Serving GW à chaque fois que l'UE souhaite devenir actif pour communiquer.

Le réseau EPS consiste en les entités suivantes :

- eNodeB
- Mobility Management Entity (MME)
- Serving Gateway
- Packet Data Network Gateway (PDN GW)
- Home Subscriber Server (HSS)
- Policy and Charging Rules Function (PCRF)

3.1 Entité eNodeB

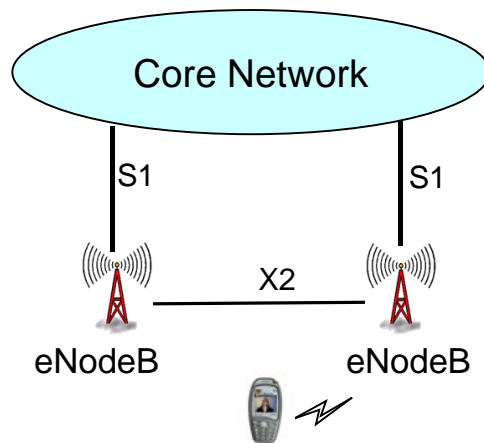


Figure 1 : Architecture E-UTRAN

L'eNodeB est responsable de la transmission et de la réception radio avec l'UE. A la différence de l'UTRAN 3G où sont présentes les entités Node B et RNC, l'architecture E-UTRAN ne présente que des eNodeB. Les fonctions supportées par le RNC ont été réparties entre l'eNodeB et les entités du réseau cœur MME/Serving GW. L'eNodeB dispose d'une interface S1 avec le réseau cœur. L'interface S1 consiste en S1-C (S1-Contrôle) entre l'eNodeB et le MME et S1-U (S1-Usager) entre l'eNodeB et le Serving GW. Une nouvelle interface X2 a été définie entre eNodeBs adjacents. Son rôle est de minimiser la perte de paquets lors de la mobilité de l'utilisateur en mode ACTIF (handover). Lorsque l'utilisateur se déplace en mode ACTIF d'un eNodeB à un autre eNodeB, de nouvelles ressources sont allouées sur le nouvel eNodeB pour l'UE ; or le réseau continue à transférer les paquets entrants vers l'ancien eNodeB tant que le nouvel eNodeB n'a pas informé le réseau qu'il s'agit de lui relayer les paquets entrants pour cet UE. Pendant ce temps l'ancien eNodeB relaie les paquets entrants sur l'interface X2 au nouvel eNodeB qui les remet à l'UE. La figure 1 décrit l'architecture E-UTRAN avec ses eNodeB et les interfaces X2 (entre les eNodeB) et S1 (entre eNodeB et entités du réseau cœur MME/Serving GW).

3.2 Entité MME (Mobility Management Entity)

Les fonctions de l'entité MME incluent:

- **Signalisation EMM et ESM avec l'UE.** Les terminaux LTE disposent des protocoles EMM (EPS Mobility Management) et ESM (EPS Session Management) qui leur permettent de gérer leur mobilité (attachement, détachement, mise à jour de localisation) et leur session (établissement/libération de session de données) respectivement. Ces protocoles sont échangés entre l'UE et le MME
- **Authentification.** Le MME est responsable de l'authentification des UEs à partir des informations recueillies du HSS
- **Joignabilité de l'UE dans l'état ECM-IDLE (incluant paging).** C'est l'entité MME qui est responsable du paging lorsque l'UE est dans l'état IDLE et que des paquets à destination de l'UE sont reçus et mis en mémoire par le Serving GW.
- **Gestion de la liste de Tracking Area.** L'UE est informé des zones de localisation prises en charge par le MME, appelées Tracking Area. L'UE met à jour sa localisation lorsqu'il se retrouve dans une Tracking Area qui n'est pas prise en charge par son MME.
- **Sélection du Serving GW et du PDN GW.** C'est au MME de sélectionner le Serving GW et le PDN GW qui serviront à mettre en œuvre le Default Bearer au moment du rattachement de l'UE au réseau.

- **Sélection de MME lors du handover avec changement de MME.** Lorsque l'utilisateur est dans l'état ACTIF et qu'il se déplace d'une zone prise en charge par un MME à une autre zone qui est sous le contrôle d'un autre MME, alors il est nécessaire que le handover implique l'ancien et le nouveau MME.
- **Sélection du SGSN lors du handover avec les réseaux d'accès 2G et 3G.** Si l'utilisateur se déplace d'une zone LTE à une zone 2G/3G, c'est le MME qui sélectionnera le SGSN qui sera impliqué dans la mise en place du default bearer.
- **Roaming avec interaction avec le HSS nominal.** Lorsque l'utilisateur se rattache au réseau, le MME s'interface au HSS nominal afin de mettre à jour la localisation du mobile et obtenir le profil de l'utilisateur.
- **Fonctions de gestion du bearer incluant l'établissement de dedicated bearer.** C'est au MME d'établir pour le compte de l'utilisateur les default bearer et dedicated bearer nécessaires pour la prise en charge de ses communications.
- **Interception légale du trafic de signalisation.** L'entité MME reçoit toute la signalisation émise par l'UE et peut l'archiver à des fins de traçabilité.

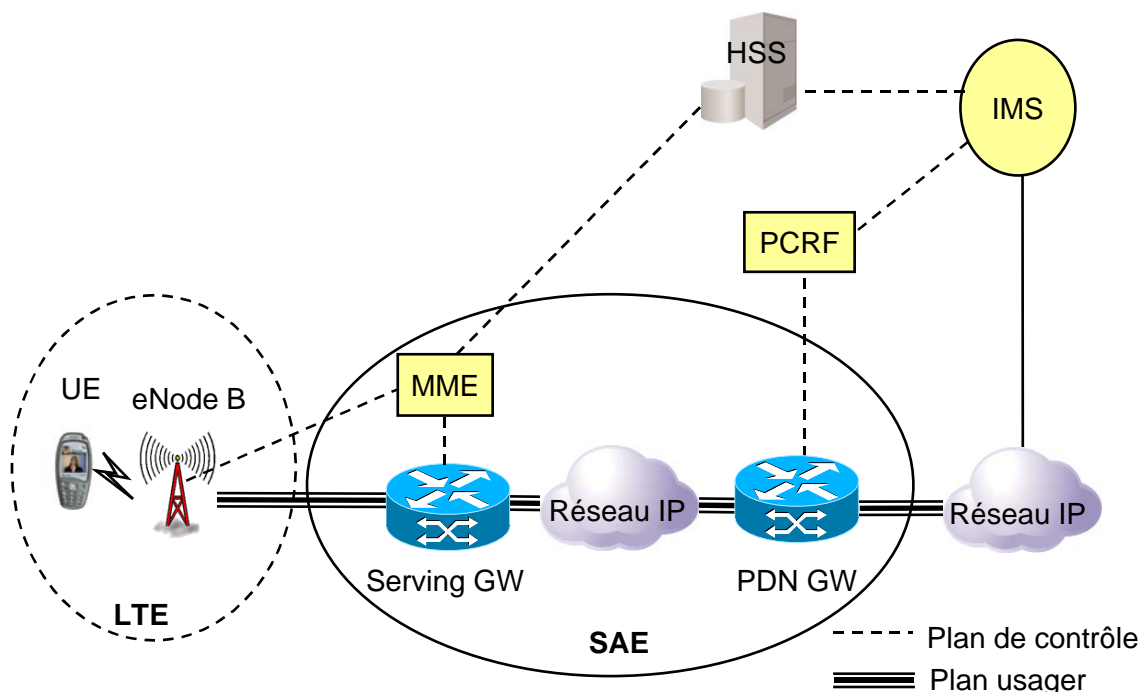


Figure 2 : Architecture EPS

3.3 Entité Serving GW (Serving Gateway)

Les fonctions de l'entité Serving GW incluent :

- **Point d'ancrage pour le handover inter-eNodeB.** Lors d'un handover inter-eNode, le trafic de l'utilisateur qui s'échangeait entre l'ancien eNodeB et le Serving GW doit désormais être relayé du nouvel eNodeB au Serving GW.
- **Point d'ancrage pour le handover LTE et les réseaux 2G/3G.** Il relaie les paquets entre les systèmes 2G/3G et le PDN-GW. Lors d'une mobilité entre LTE et Les réseaux 2G/3G paquet, le SGSN du réseau 2G/3G s'interface avec le Serving GW pour la continuité du service de données.
- **Mise en mémoire des paquets entrants lorsque l'UE destinataire est dans l'état ECM-IDLE** et initialisation de la procédure de demande de service initiée par le réseau.

- **Interception légale;** Le Serving GW est sur le chemin de signalisation pour l'établissement/ la libération de bearer et sur le chemin du média (paquets de données échangés par l'UE). Il est donc un point stratégique pour l'interception légale des flux média et contrôle.
- **Routage des paquets et relai des paquets.** Le Serving GW route les paquets sortant au PDN GW approprié et relaie les paquets entrants à l'eNodeB servant l'UE.
- **Comptabilité par usager pour la taxation inter-opérateurs.** Le Serving GW comptabilise le nombre d'octets envoyés et reçus permettant l'échange de tickets de taxation inter-opérateurs pour les reversements.
- **Marquage des paquets dans les sens montant et descendant,** e.g., positionnant le DiffServ Code Point sur la base du QCI (QoS Class Identifier) du bearer EPS associé. Cela permet d'associer des priorités aux flux de données au sens DiffServ.

3.4 Entité PDN GW (Packet Data Network Gateway)

Les fonctions de l'entité PDN GW incluent :

- **Interface vers les réseaux externes** (Internet et intranets). Le PDN GW est l'entité qui termine le réseau mobile EPS et assure l'interface aux réseaux externes IPv4 ou IPv6.
- **Allocation de l'adresse IP de l'UE.** Le PDN GW assigne à l'UE son adresse IP dès l'attachement de l'UE lorsque le réseau établit un default bearer permanent à l'UE. Le PDN GW peut allouer une adresse IPv4 ou IPv6.
- **Interception légale.** Le PDN GW est sur le chemin de signalisation pour l'établissement/ la libération de bearer et sur le chemin du média (paquets de données échangés par l'UE). Il est donc un point stratégique pour l'interception légale des flux média et contrôle.
- **Marquage des paquets dans les sens montant et descendant,** e.g., positionnant le DiffServ Code Point sur la base du QCI (QoS Class Identifier) du bearer EPS associé. Cela permet d'associer des priorités aux flux de données au sens DiffServ.
- **Taxation des flux de service montants et descendants** (e.g. sur la base des règles de taxation fournies par le PCRF) ou sur la base de l'inspection de paquets définie par des politiques locales).

3.5 Entité HSS (Home Subscriber Server)

Avec la technologie LTE, le HLR est réutilisé et renommé Home Subscriber Server (HSS). Le HSS est un HLR évolué et contient l'information de souscription pour les réseaux GSM, GPRS, 3G, LTE et IMS.

A la différence de la 2G et de la 3G où l'interface vers le HLR est supportée par le protocole MAP (protocole du monde SS7), l'interface S6 s'appuie sur le protocole DIAMETER (protocole du monde IP).

Le HSS est une base de données qui est utilisée simultanément par les réseaux 2G, 3G, LTE/SAE et IMS appartenant au même opérateur. Il supporte donc les protocoles MAP (2G, 3G) et DIAMETER (LTE/SAE, IMS).

3.6 Entité PCRF (Policy & Charging Rules Function)

L'entité PCRF réalise deux fonctions :

- Elle fournit au PDN-GW les règles de taxation lorsqu'un default bearer ou un dedicated bearer est activé ou modifié pour l'utilisateur. Ces règles de taxation permettent au PDN-GW de différencier les flux de données de service et de les taxer de façon appropriée. Par exemple, si l'utilisateur fait transiter sur son default bearer des flux WAP et des flux de streaming, il sera possible au PDN GW de distinguer ces deux flux et de taxer le flux WAP sur la base du volume alors que le flux de streaming sera taxé sur la base de la durée.

- Elle permet de demander au PDN GW d'établir, de modifier et de libérer des dedicated bearer sur la base de QoS souhaitée par l'utilisateur. Par exemple, Si l'utilisateur demande l'établissement d'une session IMS, un message SIP sera envoyé au P-CSCF qui dialoguera avec le PCRF pour lui indiquer la QoS requise par l'utilisateur pour cette session. Le PCRF dialogue alors avec le PDN-GW pour créer le dedicated bearer correspondant.

La figure 2 décrit les entités du réseau EPS et leurs interfaces.

Références

- 3GPP TS 23.002 V8.5.0, Network architecture (Release 8), Juin 2009.
- 3GPP TR 24.801 V8.1.0, 3GPP System Architecture Evolution (SAE); CT WG1 aspects (Release 8), Décembre 2008.
- 3GPP TR 23.882 V8.0.0, 3GPP System Architecture Evolution: Report on Technical Options and Conclusions (Release 8), Décembre 2008.