



## Semaine 4, gestion des flux de données

Vidéo 1 : Principe de l'encapsulation et de l'établissement de tunnel

Vidéo 2 : Présentation du protocole GTP

Vidéo 3 : Identification et gestion des tunnels (TEID)

Vidéo 4 : Transmission des paquets dans un tunnel

Vidéo 5 : Connexion S1-AP et dialogue entre UE et MME

Vidéo 6 : Etablissement d'une connexion S1-AP

Vidéo 7 : Concept de strate de non accès (NAS) et vue globale des empilements protocolaires

1

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



### Vidéo 1 : Acheminement des données, principe de l'encapsulation IP dans IP (GTP)

**Comment les paquets de données peuvent être transmis vers mon terminal alors que je peux être en n'importe quel endroit du réseau ?**

2

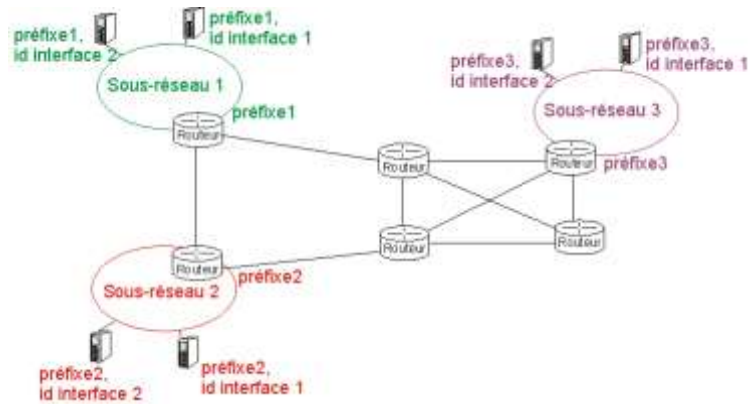
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Cas du réseau fixe

- L'adresse IP (partie préfixe) sert au routage
- Une « machine » qui change de localisation change de préfixe (et donc d'adresse IP)



3

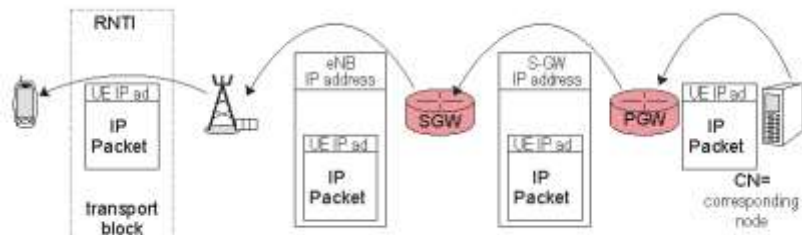
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Principe de l'encapsulation

- Même préfixe pour tous les abonnés d'un réseau mobile
- Routage depuis le réseau Internet vers le PGW



- Encapsulation = mettre le paquet IP « utilisateur » dans un autre paquet IP

4

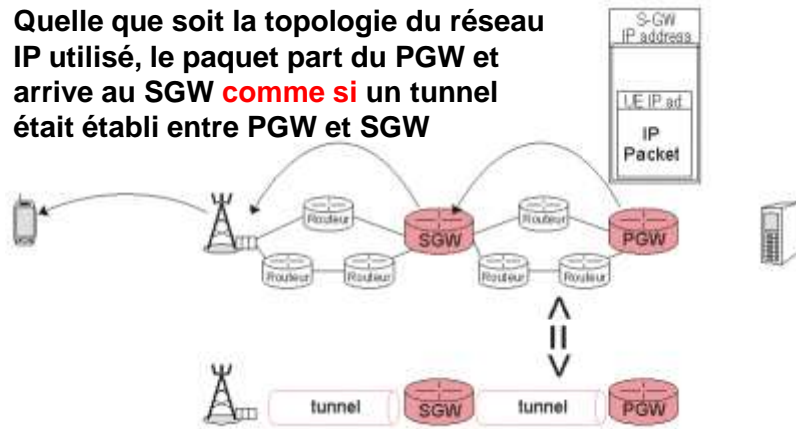
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Encapsulation et utilisation de tunnel (*tunneling*)

- Quelle que soit la topologie du réseau IP utilisé, le paquet part du PGW et arrive au SGW **comme si** un tunnel était établi entre PGW et SGW



5

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Vidéo 2 : Place du protocole GTP dans la pile de protocoles

Quels protocoles utilise-t-on pour les échanges de données entre les équipements du réseau 4G ?

6

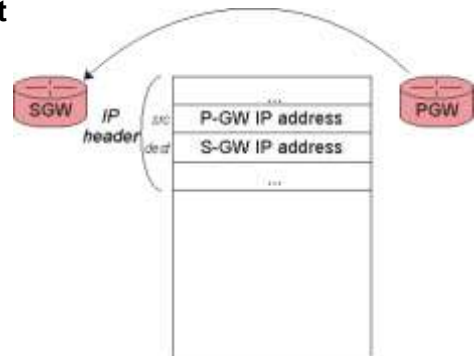
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Besoin d'un protocole de niveau 4 entre nœuds intermédiaires

- La fonction du PGW est d'envoyer le paquet vers le SGW
- Le PGW ne s'occupe pas de ce qui se passe au delà du SGW
- Nécessité d'un protocole de transport (cohérence avec la pile IP de tout équipement)
  - TCP ? Trop complexe
  - UDP ? Simple. La fiabilité (au cas où elle est nécessaire) est gérée de bout en bout
- Utilisation d'UDP
  - Entre SGW et PGW
  - Entre SGW et eNodeB



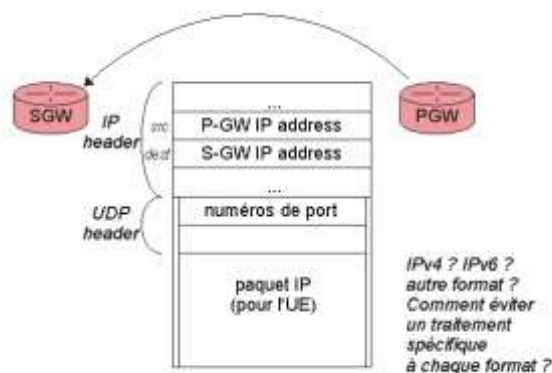
7

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Comment uniformiser les traitements pour tout type de paquet transporté ?



- Ajout d'une couche additionnelle (nouveau protocole, nouveau format)
  - GTP, GPRS Tunnelling protocol

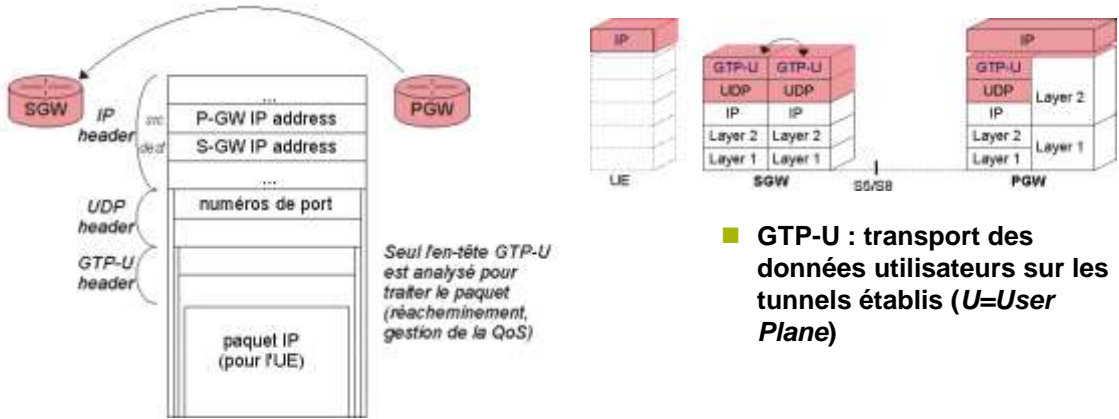
8

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



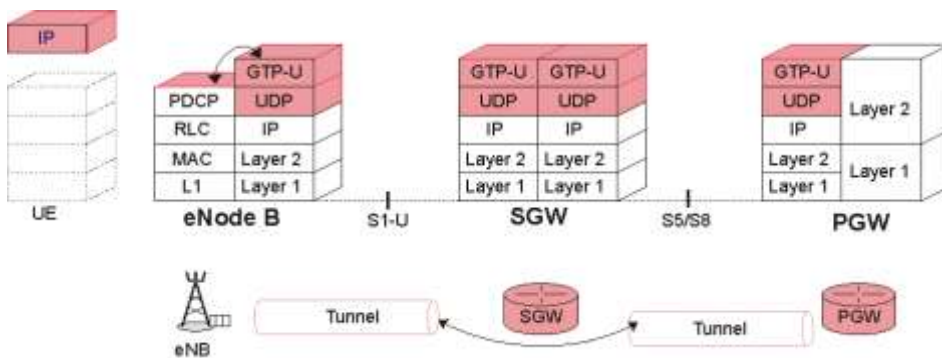
## Place de GTP-U dans la pile de protocoles et fonction principale



■ **GTP-U : transport des données utilisateurs sur les tunnels établis (U=User Plane)**

- Ajout d'une couche additionnelle (nouveau protocole, nouveau format)
  - GTP, GPRS Tunnelling protocol

## Place de GTP-U dans la pile de protocoles et fonction principale



- **GTP-U**
  - sur l'interface S1-U entre eNodeB et SGW
  - sur l'interface S5/S8 entre SGW et PGW

### Vidéo 3 : Identification des tunnels (TEID)

Comment faire pour retransmettre très rapidement et efficacement les paquets venant de différents PGW à destination de différents eNodeBs ?

11

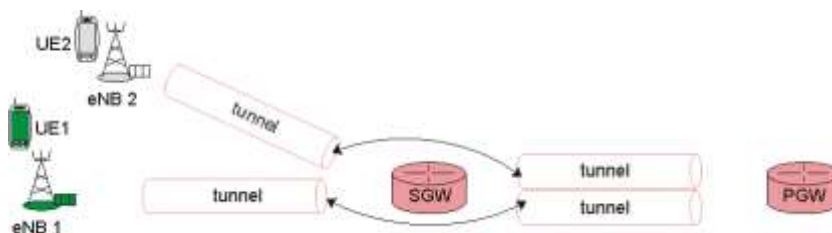
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



### Gestion de multiples tunnels

- **Des dizaines de millions d'utilisateurs par réseau**
  - Tous ne sont pas sous le même eNB
  - Tous ne sont pas servis par le même SGW
- **Plusieurs tunnels possibles par utilisateurs**
- **Nécessité d'un traitement très rapide**



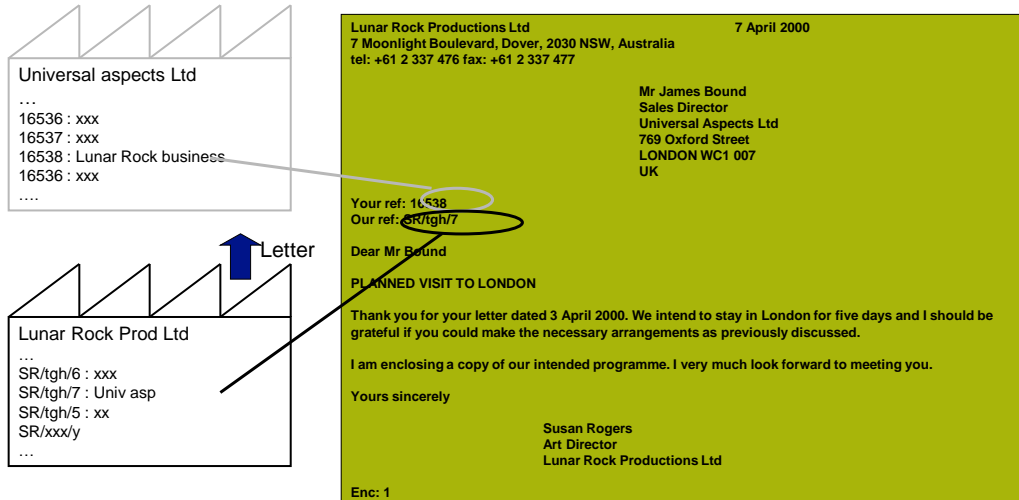
12

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Quittons le monde des télécommunications



Source of the letter  
<http://www.englishclub.com/esl-articles/200004.htm>

13

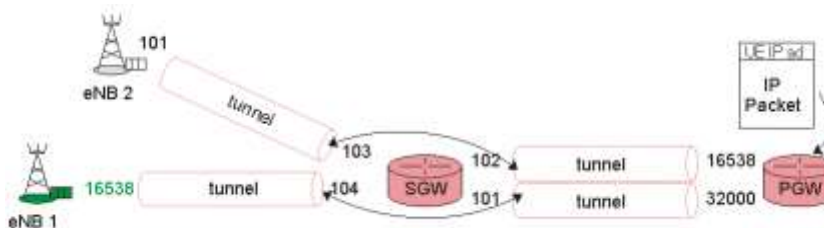
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Numérotation des extrémités de tunnels

- TEID = Tunnel **Endpoint** Identifier
- Chaque nœud concerné par un tunnel attribue une identificateur unique à l'extrémité locale du tunnel
- Chaque tunnel possède donc 2 identificateurs
- Le TEID est codé sur 32 bits en GTP (4 octets)



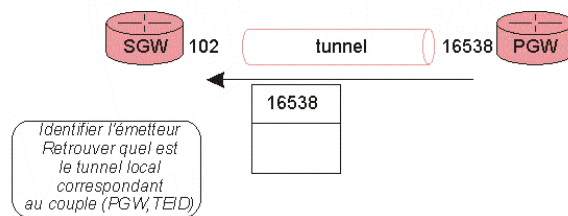
14

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Possibilité 1 : mettre le TEID alloué par l'expéditeur dans l'en-tête GTP



### Traitement complexe

- Le récepteur doit connaître le TEID utilisé par l'entité en vis-à-vis pour le tunnel
- Pour cela, il lui faut analyser le TEID et l'adresse
- => Il faut utiliser une autre méthode

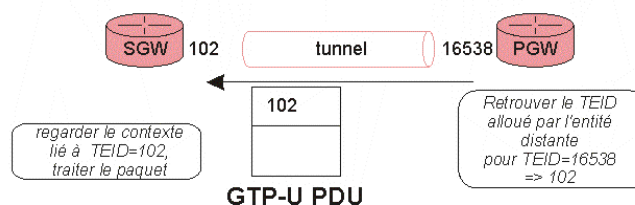
15

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Possibilité 2 : mettre le TEID alloué par le destinataire dans l'en-tête



- L'émetteur doit connaître le TEID utilisé par l'entité en vis-à-vis
- Léger surcroît de complexité à l'émetteur
- Traitement nettement simplifié dans le récepteur

## Utilisé pour GTP

16

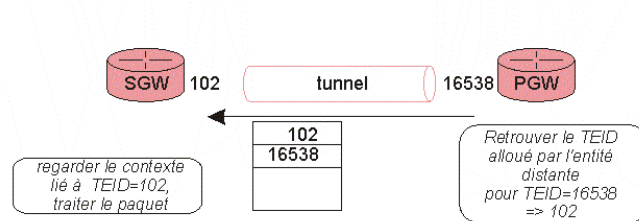
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données





### Possibilité 3 : mettre les deux TEIDs !



- Même traitement que lorsque seul le TEID du destinataire est placé
- En-tête un peu plus long
- Avantage : si un équipement veut changer la valeur du TEID, il peut le faire sans signalisation supplémentaire
- Solution non retenue pour GTP mais utilisée entre eNodeB et MME

17

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



### Vidéo 4 : Etablissement des tunnels et traitement des paquets placés dans un tunnel

Comment les équipements dialoguent pour établir un tunnel ?

Comment le traitement des paquets est-il effectué une fois le tunnel établi ?

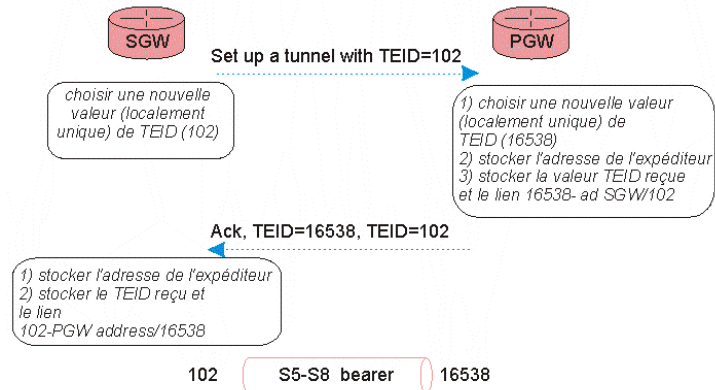
18

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



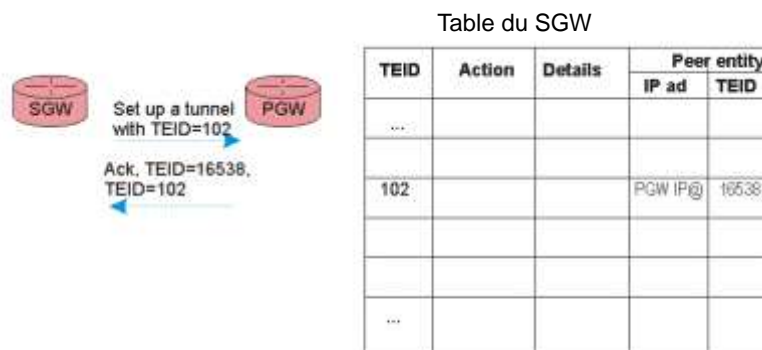
## Initialisation d'un tunnel



- Echange de messages de contrôles pour établir le tunnel : protocole GTP-C
- A la fin de l'échange, chaque extrémité connaît le TEID alloué par l'entité en vis-à-vis



## Exemple de table de gestion de TEID



## Exemple de table de gestion de TEID

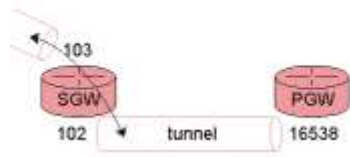


Table du SGW

TEID	Action	Details	Peer entity	
			IP ad	TEID
...				
102	Forward	TEID=103	PGW IP@	16538
103	Forward	TEID=102	eNB2 IP@	101
...				

## Exemple de table de gestion de TEID

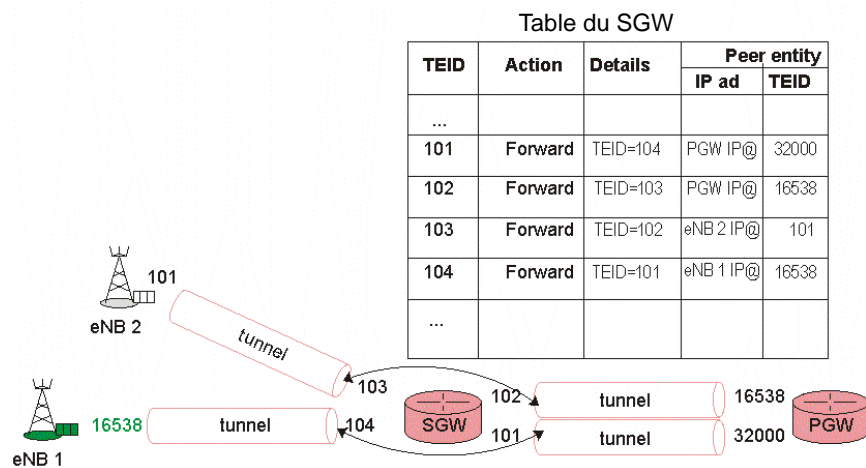


Table du SGW

TEID	Action	Details	Peer entity	
			IP ad	TEID
...				
101	Forward	TEID=104	PGW IP@	32000
102	Forward	TEID=103	PGW IP@	16538
103	Forward	TEID=102	eNB 2 IP@	101
104	Forward	TEID=101	eNB 1 IP@	16538
...				

## Utilisation des tunnels de données dans le réseau cœur EPC

### ■ Plan utilisateur ou *User Plane*

- Tous les mécanismes et protocoles qui sont directement liés à la transmission des données utilisateurs et les messages/paquets/trames contenant des données utilisateurs (vue du réseau EPC)
- Attention ! la connexion à un site web, l'établissement d'un appel téléphonique sont vus par le réseau EPC comme faisant partie du plan utilisateur

### ■ Plusieurs tunnels de données possibles

- Différents tunnels pour gérer différents niveaux de qualité de service
- L'association d'un tunnel de données et d'un niveau de qualité de service (éventuellement best effort) s'appelle un **bearer**

### ■ A chaque tunnel, une paire de TEID !

23

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Vidéo 5 : Connexion S1-AP et dialogue entre UE et MME

**Plusieurs millions de terminaux sont pris en charge par un même MME.**

**Comment structurer et faciliter les échanges entre un UE et un MME ?**

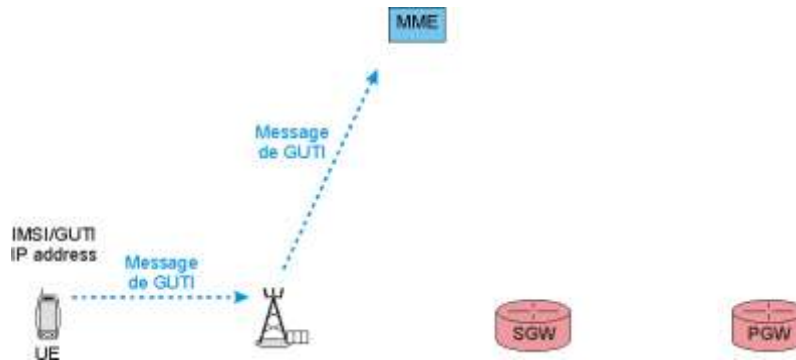
24

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Gestion des dialogues entre l'UE et le MME



### ■ Idée naïve : placer l'identifiant du mobile dans tout message reçu ou envoyé par le MME

- IMSI = problème de confidentialité, GUTI => si le GUTI change ?

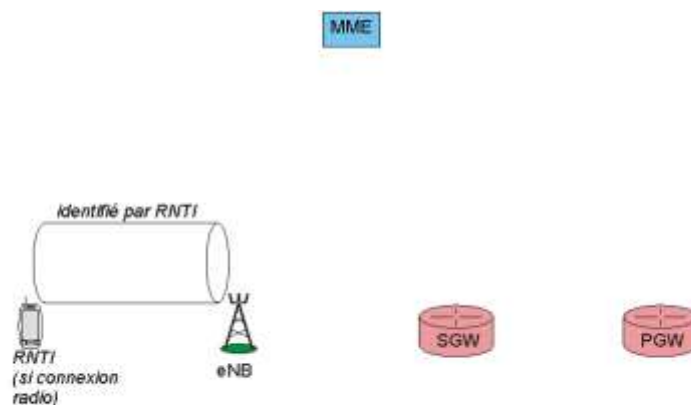
25

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Présentation du protocole S1-AP



### ■ Tout terminal ayant une connexion radio dispose d'un RNTI qui lui est propre (dans une eNodeB)

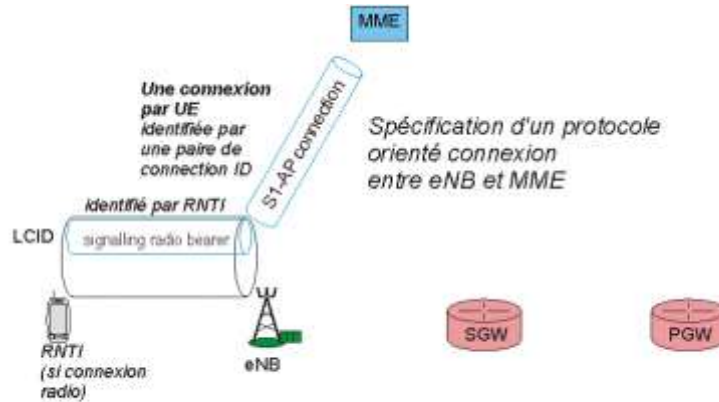
26

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Présentation du protocole S1-AP



- Signalling radio bearer identifié par RNTI+LCID
- Association dans eNB : RNTI+LCID <-> Identité de connexion

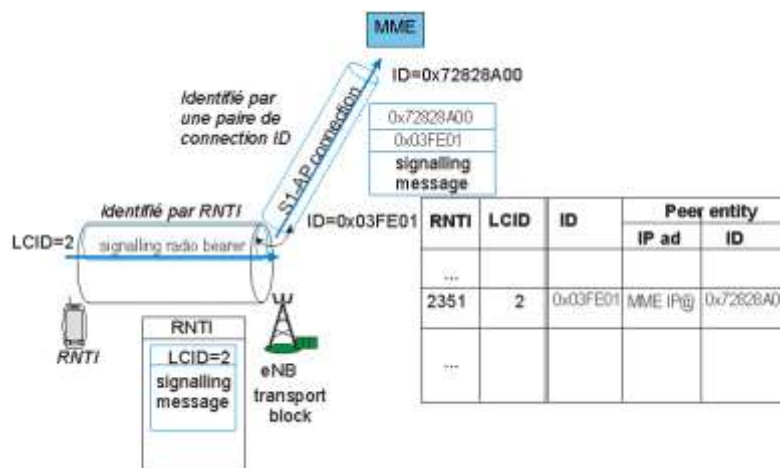
27

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Exemple de transmission d'un message de signalisation d'un terminal vers le MME



28

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Vidéo 6 : Etablissement d'une connexion S1-AP

Comment une connexion S1-AP est-elle établie ?

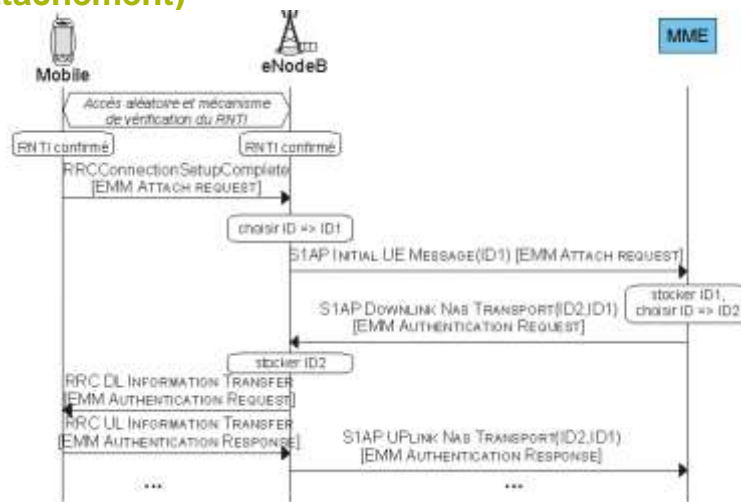
29

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



### Exemple d'établissement de connexion S1-AP (attachement)



30

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Fonctions du protocole S1-AP

### ■ Le protocole S1-AP permet à la fois

- Au MME et à l'eNB d'échanger des messages de configuration générale
- Au MME d'envoyer à un eNB des messages pour activer certaines fonctions en lien avec la connexion d'un terminal
- A l'eNB de signaler au MME des changements d'état d'un terminal
- De transporter des messages échangés entre un terminal et le MME

### ■ A chaque fois qu'un message est lié à un terminal particulier

- Présence dans l'en-tête d'une paire d'identités de connexion (sauf pour le tout premier message qui n'a qu'une identité de connexion)

31

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Vidéo 7 : Concept de strate de non accès (NAS) et vue globale des empilements protocolaires

**Comment permettre à un MME de ne traiter que la sécurité, la mobilité ?**

**Comment permettre à l'eNB de ne traiter que les aspects radios ?**

32

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données





## Le plan de commande ou *Control Plane*

### ■ Plan contrôle (ou plan de commande) ou *Control Plane*

- Tous les protocoles, mécanismes et messages permettant de configurer les éléments de réseaux (informatique ou de télécom) afin de permettre la fourniture effective d'un service de communication
  - Transport de la signalisation
- Exemple : attachement au réseau, échanges de sécurité, gestion de mobilité, routage, etc.

### ■ Dialogue entre UE et MME

- Exclusivement dans le plan contrôle

### ■ Contrôle

- Gestion de mobilité, de la sécurité => entre UE et MME
- Allocation de ressource radio, établissement de connexion => entre UE et eNB
  - Messages, protocoles, liés à la technologie radio



33

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données

## Non Access Stratum (NAS) vs Access Stratum (AS)



### ■ Les messages NAS sont échangés entre le terminal et le MME

- Ils sont relayés par l'eNB sans aucune analyse de leur contenu

### ■ Les messages AS sont échangés entre le terminal et l'eNB

- Exemple : modification du bearer radio



34

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données

## AS, NAS et S1-AP dans l'empilement protocolaire



- **Protocole de transport SCTP, *Stream Control Transmission Protocol***
  - Protocole de transport fiable mais évitant les retransmissions inutiles
  - Plus adapté au transport de messages que TCP (orienté flux)
- **Protocole S1-AP, *Application Protocol***
  - Messages de gestion entre eNodeB et MME
  - Messages liés au dialogue d'un UE particulier avec le réseau

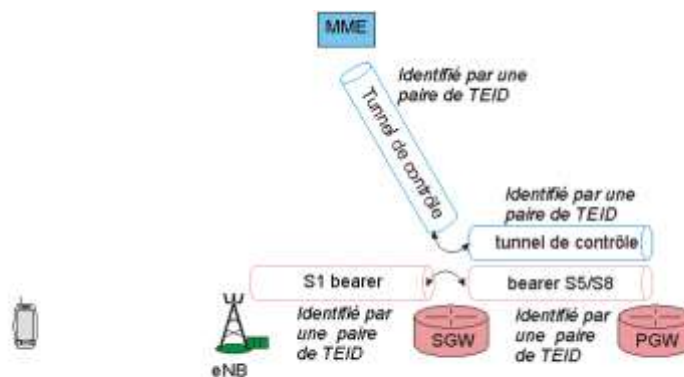
35

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Tunnel de contrôle et bearers (tunnels de données)



- **GTP Control = GTP-C**
  - Messages nécessaires pour l'établissement, le maintien et la libération des tunnels de données
  - Repose aussi sur des TEID (valeurs différentes des TEID du plan usager)

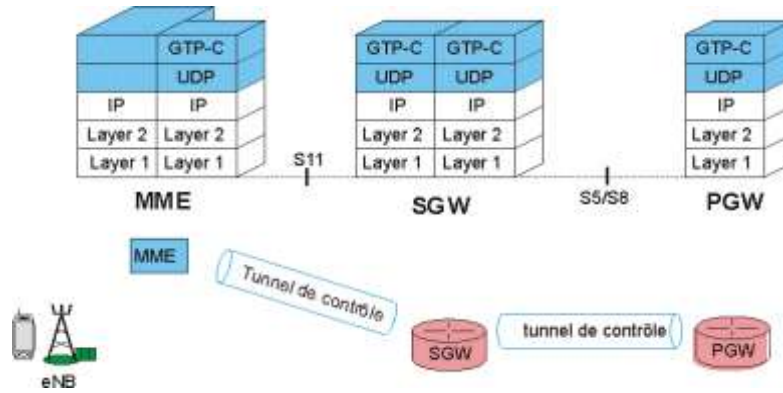
36

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion des flux de données



## Place de GTP-C dans la pile de protocoles et fonction principale

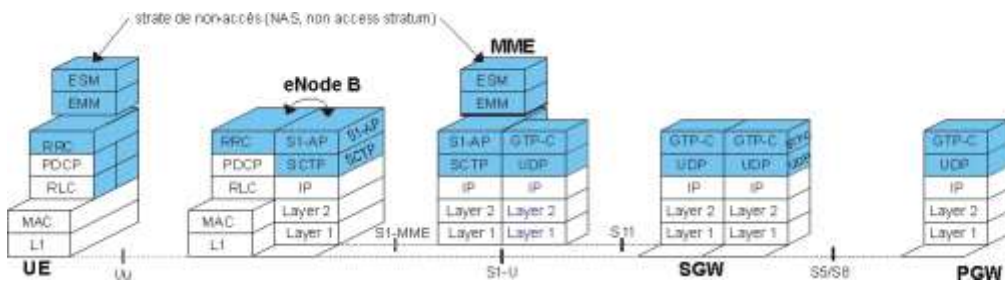


### ■ GTP Control = GTP-C

- Messages nécessaires pour l'établissement, le maintien et la libération des tunnels de données

## Vision d'ensemble des piles protocolaires de contrôle

### GTP-C GPRS Tunnel Protocol for the Control plane



ESM Evolved Session Management  
 EMM Evolved Mobility Management  
 RRC Radio Resource Control  
 PDCP Packet Data Convergence Protocol

RLC Radio Link Control  
 MAC Medium Access Control  
 S1-AP S1 Application Protocol  
 SCTP Stream Control Transport Protocol

## Vision d'ensemble des piles protocolaires

