



## Gestion de la mobilité

- Vidéo 1 : Gestion de la localisation (Tracking Area)
- Vidéo 2 : Equilibrage de la charge de mise à jour de localisation (TA list)
- Vidéo 3 : Gestion de la mobilité d'un terminal en veille
- Vidéo 4 : Autre cas de Gestion de la mobilité d'un terminal en veille
- Vidéo 5 : Gestion de la mobilité en cours de transmission, le handover
- Vidéo 6 : Déroulement du X2 Handover
- Vidéo 7 : Autres cas de handover

Xavier Lagrange



1

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Vidéo 1 : Gestion de la localisation

**Comment joindre le terminal à tout moment sans qu'il consomme trop d'énergie ?**



2

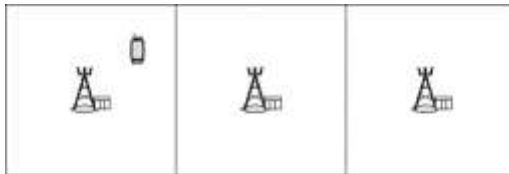
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Rappel sur le concept cellulaire

- Chaque station de base (eNodeB) couvre une cellule
- Pour simplifier les calculs, on considère que la cellule est carrée
  - Raisonement identique possible sur des cellules hexagonales



- Le terminal peut se trouver dans n'importe quelle cellule
  - Comment le joindre ? Comment établir une liaison là où il se trouve ?

3

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Principe de la mise à jour de localisation



4

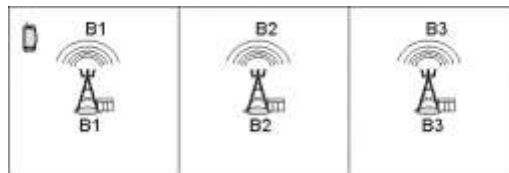
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Nécessité d'une voie balise

- Chaque eNodeB diffuse régulièrement son identité sur la voie balise (typiquement toutes les 1 à 5 secondes)



5

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Estimation du nombre de mises à jour de localisation par seconde et par terminal



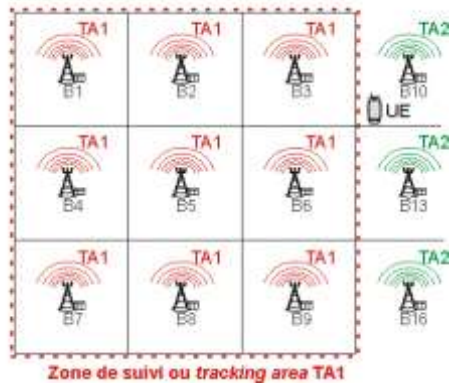
6

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Concept de zone de suivi ou tracking area



- Identité d'une zone de suivi ou TAI, **Tracking Area Identity**
  - MCC, Code Pays
  - MNC, Code Opérateur
  - TAC, Tracking Area Code
- **L'identité TAI de la zone de suivi est régulièrement diffusée par chaque eNodeB**

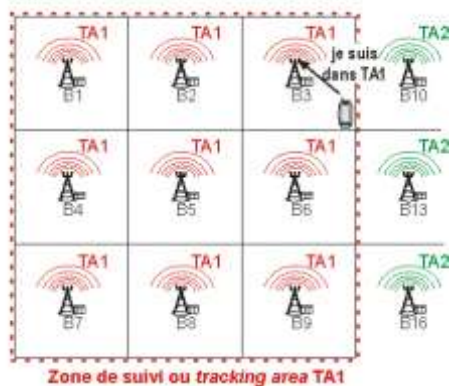
7

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Principe de la mise à jour de localisation



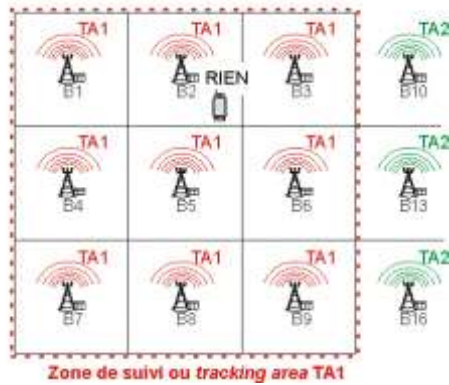
8

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Principe de la mise à jour de localisation



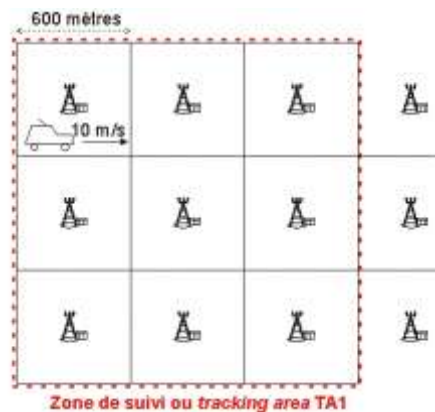
9

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Estimation du nombre de mises à jour de localisation par seconde et par terminal



10

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Imprécision de la localisation



11

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Imprécision de la localisation



12

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Principe du paging



- Le **paging** consiste à diffuser l'identité (TMSI, Temporary Mobile Subscriber Identity) sur toutes les cellules de la zone de tracking (TAI)

13

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Conclusion

- Une zone de suivi ou tracking area regroupe plusieurs cellules
- Plus la zone est grande
  - Plus la fréquence avec laquelle un terminal fait une mise à jour de localisation est petite
  - Plus la charge de messages de paging est grande
- En première approximation, une zone de suivi à  $N$  cellules permet de diviser le nombre de mises à jour faites par unité de temps par  $\sqrt{N}$

14

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Vidéo 2 : Equilibrage de la charge de mise à jour de localisation

Comment éviter qu'une cellule n'ait à écouler un fort taux de signalisation de mobilité ?

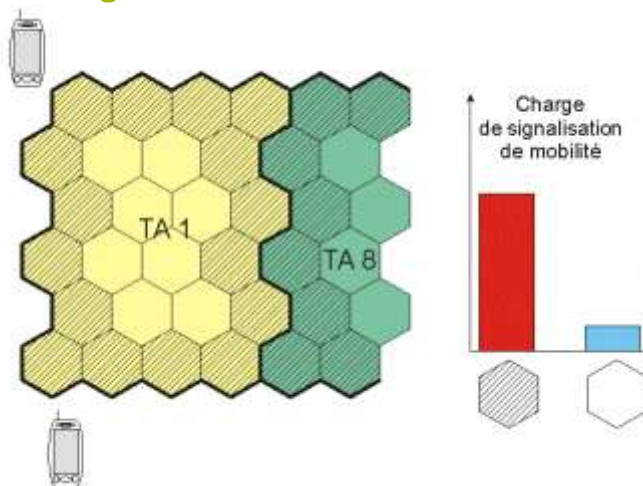
15

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Charge de signalisation sur les cellules de bordures



- Les mises à jour de localisation se font dans les cellules de bordures de la zone de suivi

16

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G





## Principe des listes de zones de suivi ou *TA lists*

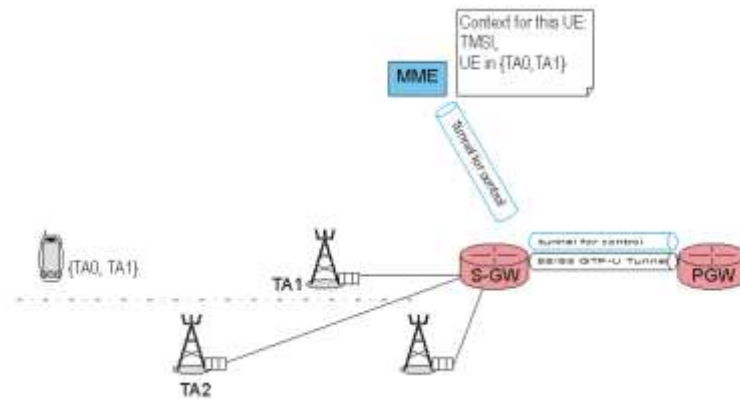


- A chaque mise à jour, le réseau fournit une liste de zones de suivi
  - *Tracking Area List* ou *TA List*
- Deux terminaux dans la même cellule peuvent avoir des listes différentes
- Le paging doit être fait sur toutes cellules de la liste du mobile
- Optimisations possibles

## Vidéo 3 : Gestion de la mobilité d'un terminal en veille

Comment la mise à jour de localisation est-elle traitée dans le réseau ?

## Exemple de mise à jour de localisation



### ■ La mise à jour de localisation se fait en état ECM-idle

- Gestion de la mobilité en état ECM-connected = Handover

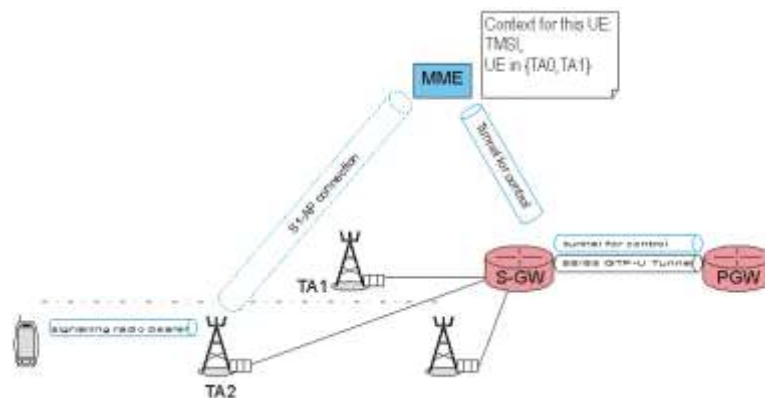


19

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Exemple de mise à jour de localisation

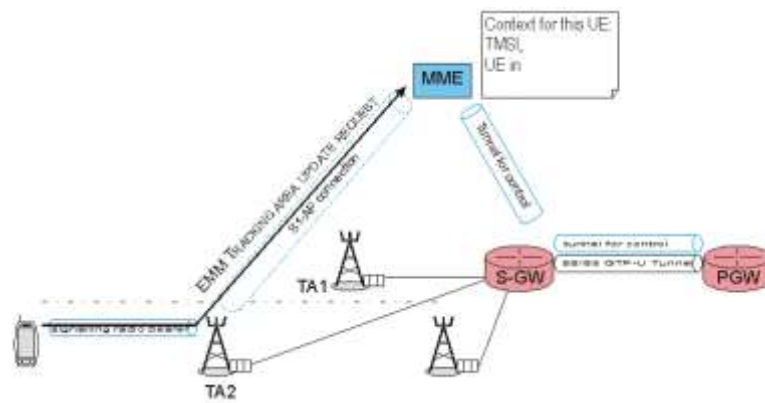


20

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Exemple de mise à jour de localisation



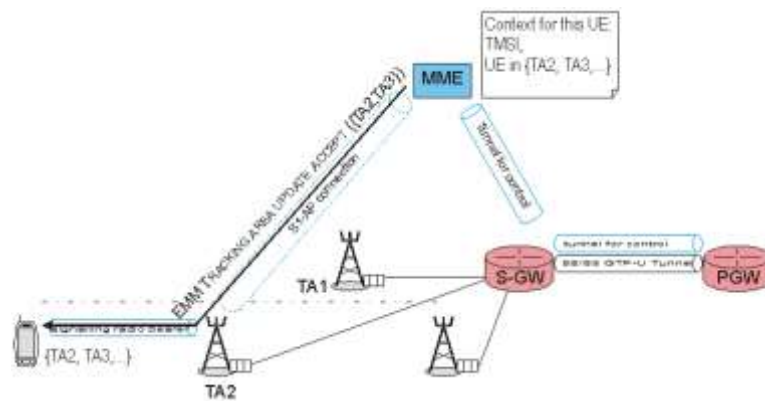
21

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Exemple de mise à jour de localisation



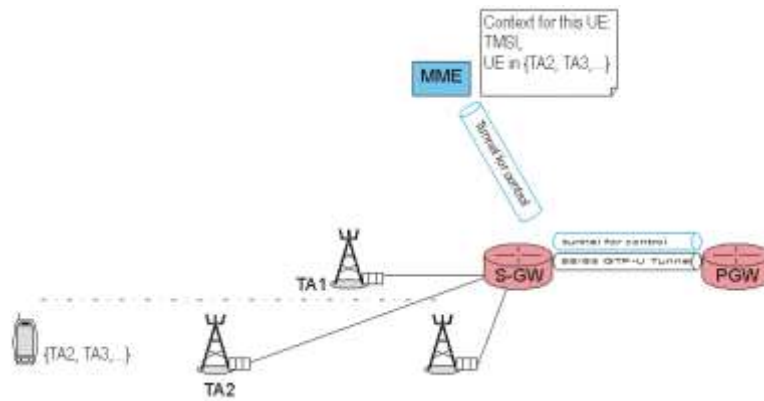
22

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Exemple de mise à jour de localisation



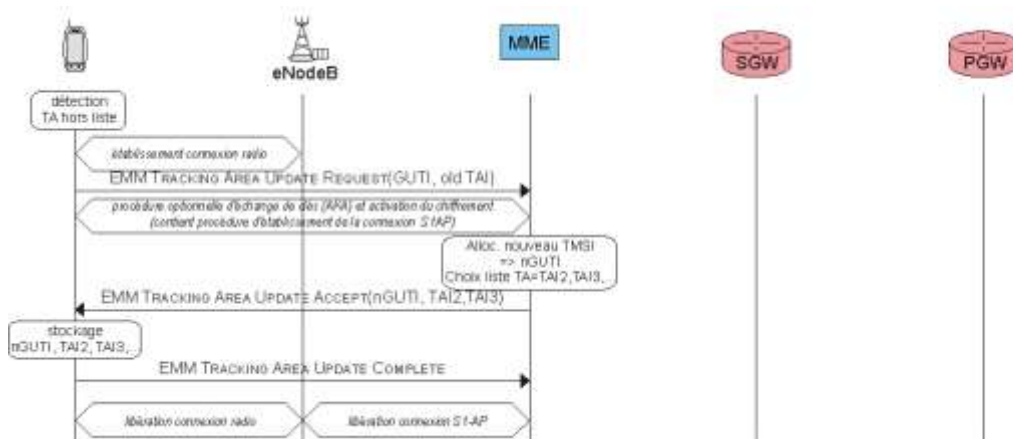
23

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Chronogramme de la mise à jour de localisation



24

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Vidéo 4 : Gestion de la mobilité d'un terminal en veille avec changement de SGW et MME

Comment est gérée la mobilité lorsque le terminal change de SGW, de MME ?

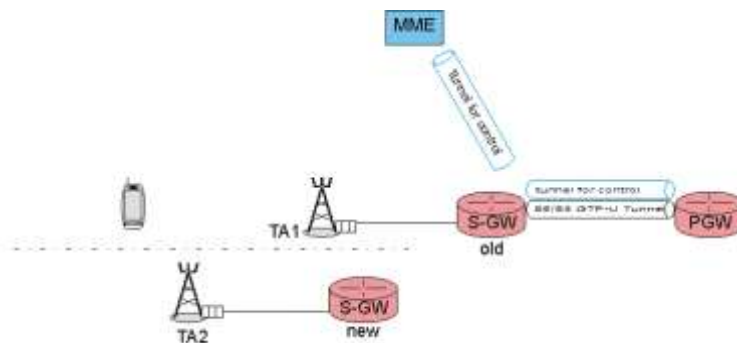
25

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Exemple de mise à jour de localisation avec changement de SGW



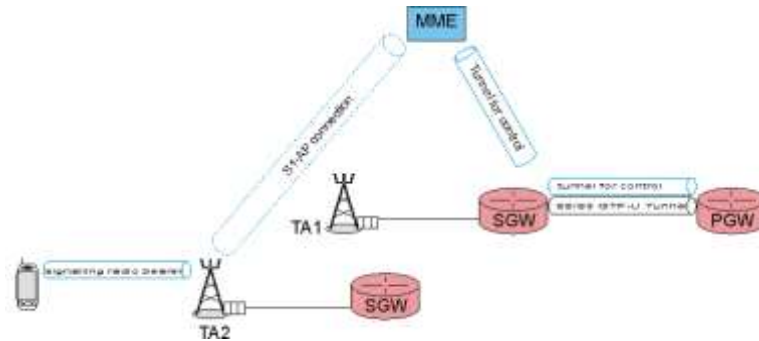
26

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Exemple de mise à jour de localisation avec changement de SGW



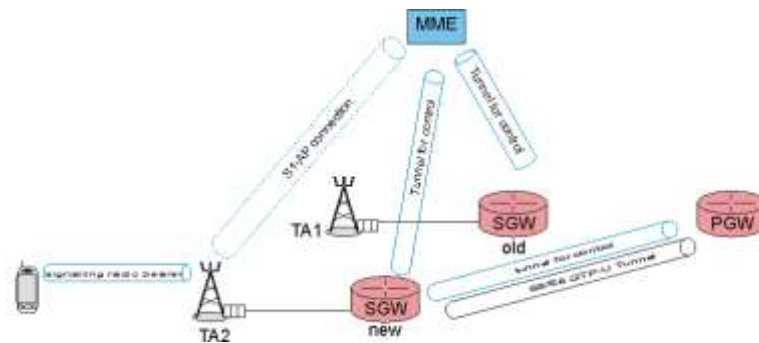
27

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Exemple de mise à jour de localisation avec changement de SGW



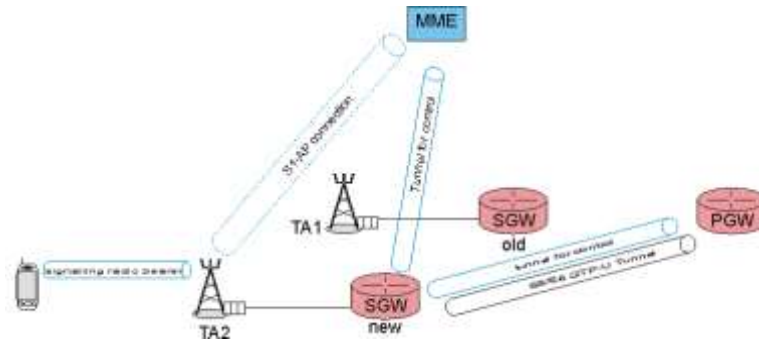
28

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Exemple de mise à jour de localisation avec changement de SGW



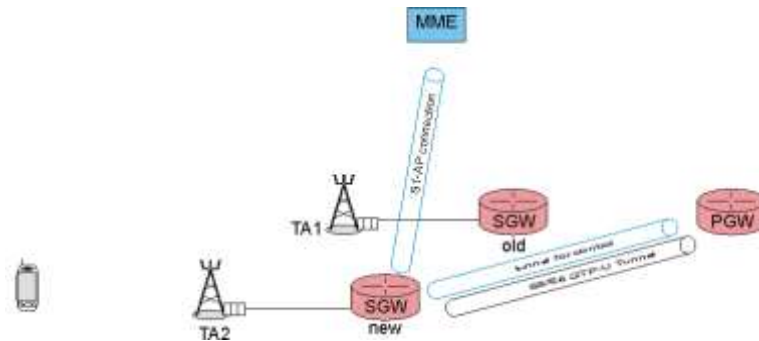
29

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Exemple de mise à jour de localisation avec changement de SGW



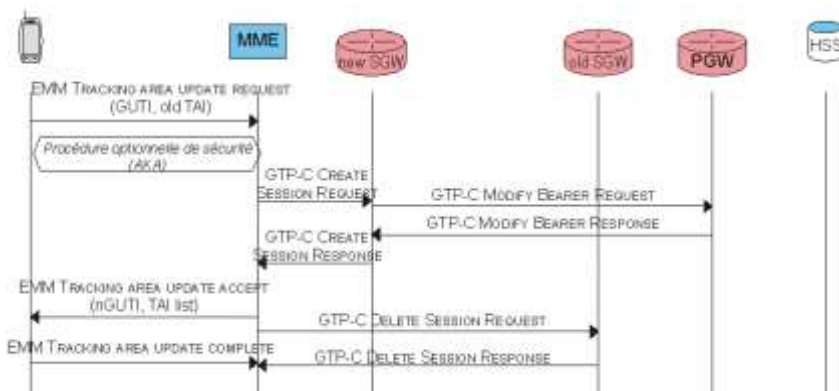
30

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Chronogramme du mise à jour avec changement de SGW



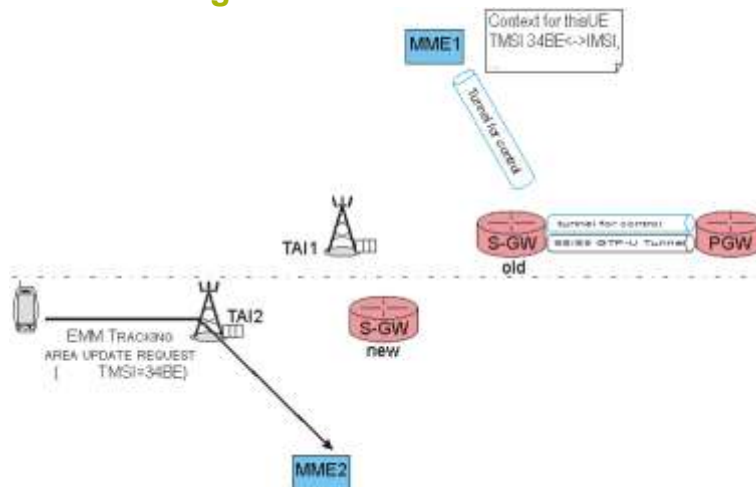
31

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Cas d'un changement de MME



32

Institut Mines-Télécom

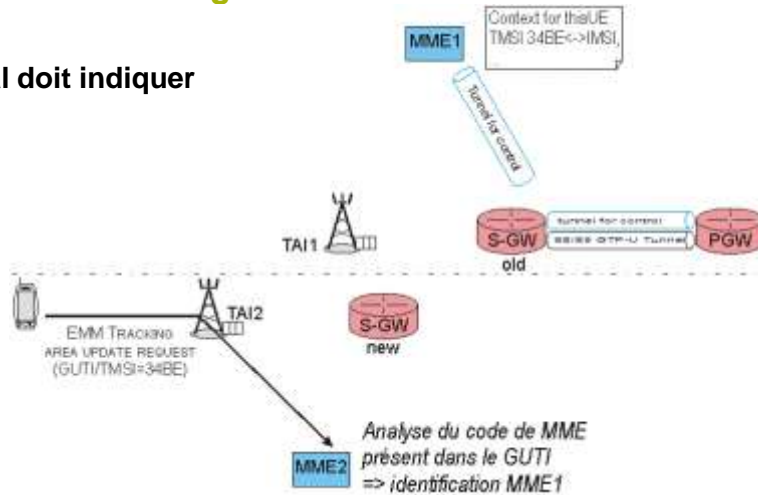
X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G





## Cas d'un changement de MME

- Le terminal doit indiquer son GUTI



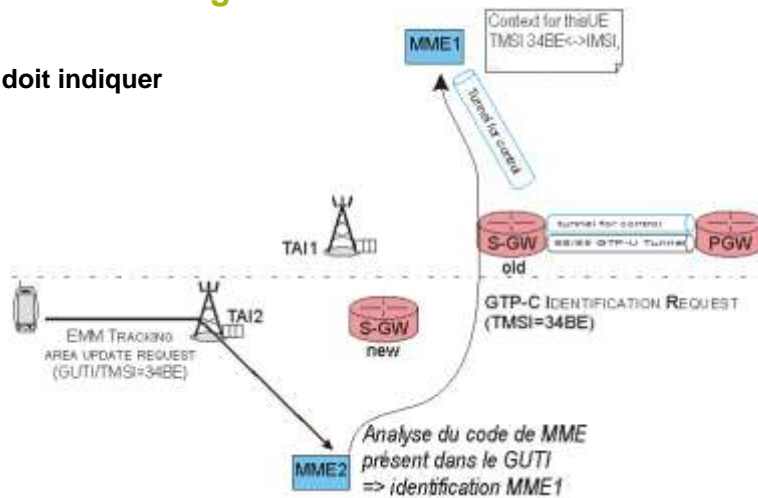
33

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Cas d'un changement de MME

- Le terminal doit indiquer son GUTI



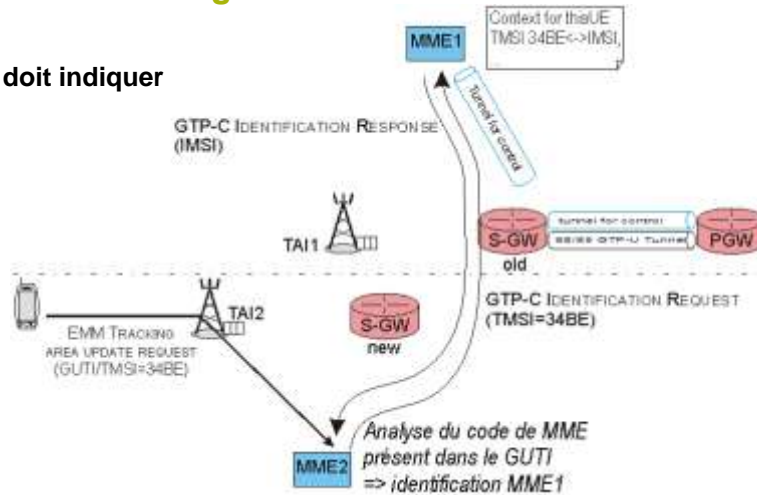
34

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Cas d'un changement de MME

- Le terminal doit indiquer son GUTI



35

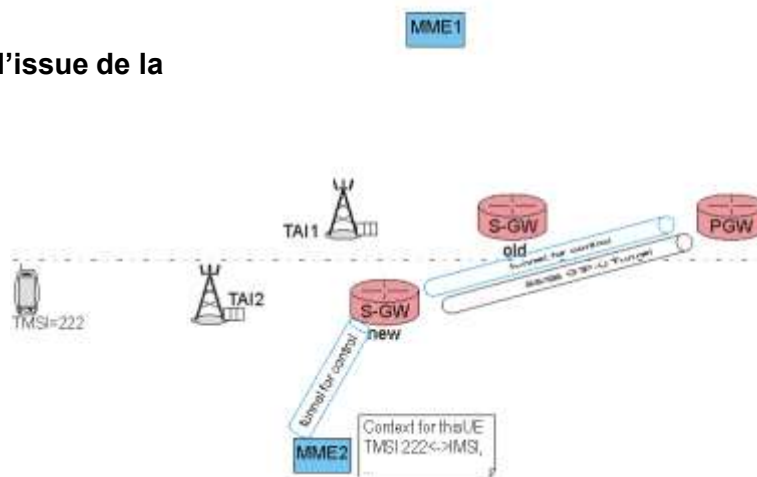
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Cas d'un changement de MME

- Tunnels à l'issue de la procédure



36

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Synthèse

- **Le réseau cellulaire est découpé en zones de suivi ou TA, *tracking areas***
- **Chaque TA est identifiée de manière unique au monde**
- **A chaque mise à jour de localisation**
  - le réseau fournit au terminal une liste de TA
- **Le terminal fait une mise à jour de localisation s'il passe dans une cellule dont la TA ne fait pas partie de sa liste**
- **Plus la liste est grande**
  - Moins les mises à jour de localisation sont fréquentes
  - Plus le nombre de message de paging est grand quand il faut joindre le terminal



37

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Vidéo 5 : Présentation générale du handover

**Comment puis-je continuer à utiliser un service sur mon terminal alors que je me déplace ?**

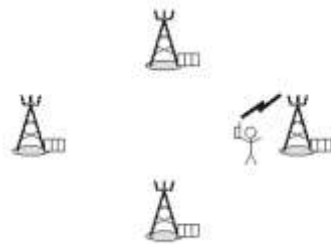


38

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Nécessité et complexité du handover



### ■ Un utilisateur peut avoir une session active tout en se déplaçant

- Transmission du terminal vers l'eNodeB et de l'eNodeB vers le terminal

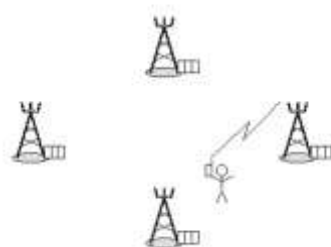
39

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Nécessité et complexité du handover : identification de la ou des cellules cibles



### ■ Plus l'utilisateur s'éloigne de l'eNodeB, plus le signal radio devient faible

- Baisse du débit, risque de perte de la connexion
- Il faut transférer la connexion radio sur un autre eNodeB

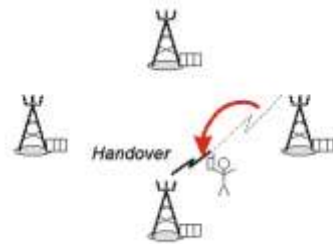
40

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Nécessité et complexité du handover



- Handover : transfert d'une connexion (active) d'un eNodeB vers un autre eNodeB

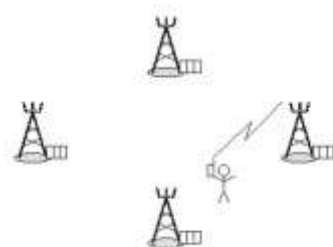


41

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Nécessité et complexité du handover



- Handover : transfert d'une connexion (active) d'un eNodeB vers un autre eNodeB
  - Vers **quel eNodeB ?**
  - Baisse du débit, risque de perte de la connexion

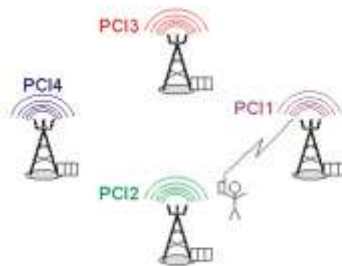


42

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Nécessité et complexité du handover : identification de la ou des cellules cibles



- Transmission par chaque eNodeB d'un signal de référence spécifique (en lien avec une identité appelé PCI, Physical Channel Identity)

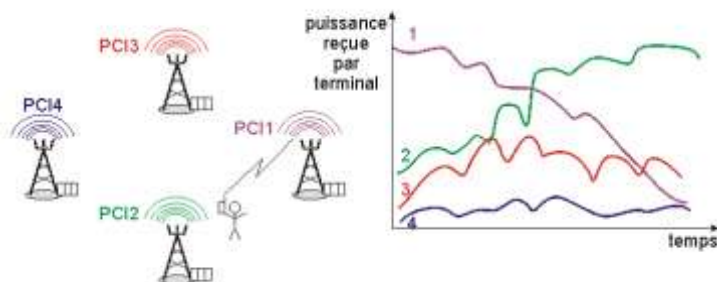
43

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Nécessité et complexité du handover : identification de la ou des cellules cibles



- Mesure par le terminal des niveaux de puissance reçue des (typiquement) 6 stations de base les mieux reçues

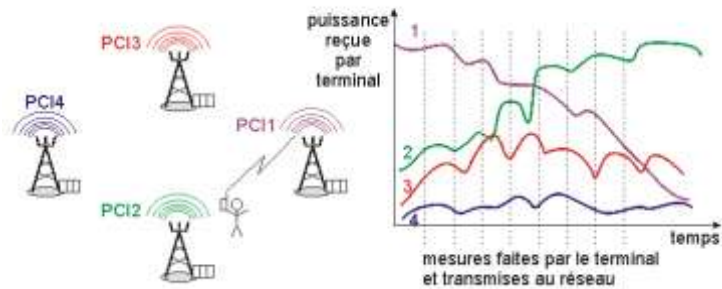
44

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Nécessité et complexité du handover : identification de la ou des cellules cibles



### ■ Remontée régulière vers l'nodeB des mesures faites

- UE-assisted Network-triggered Handover
  - Handover déclenchée par le réseau avec l'aide du terminal

### ■ Identification par l'eNodeB de la cellule cible

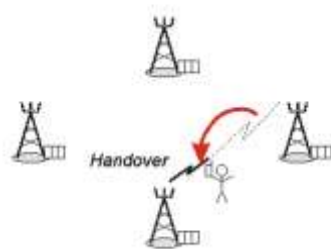


45

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Nécessité et complexité du handover : actions dans le réseau

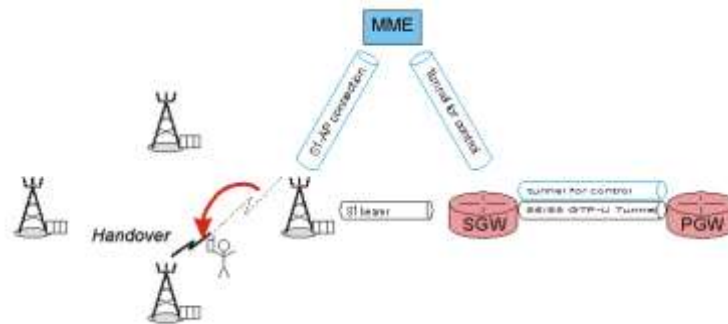


46

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Nécessité et complexité du handover : actions dans le réseau



- Bearer entre l'eNodeB et SGW
- Connexion S1-AP entre l'eNodeB et le MME

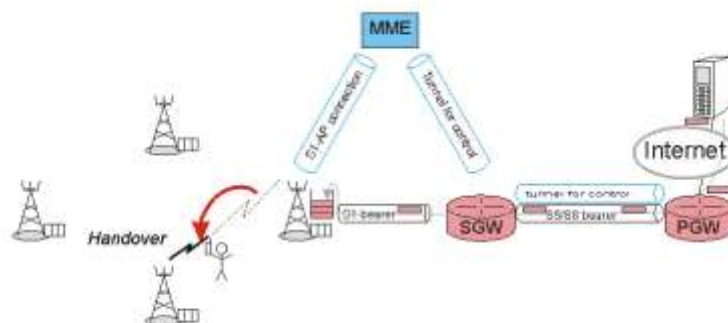
47

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Nécessité et complexité du handover : actions dans le réseau



- Réseau à commutation de paquets
  - Buffer contenant des paquets dans les équipement intermédiaires : PGW, SGW et surtout eNodeB
  - Plus le terminal est loin de l'eNodeB, plus le débit sur la voie radio est faible => forte probabilité d'avoir des paquets en attente

48

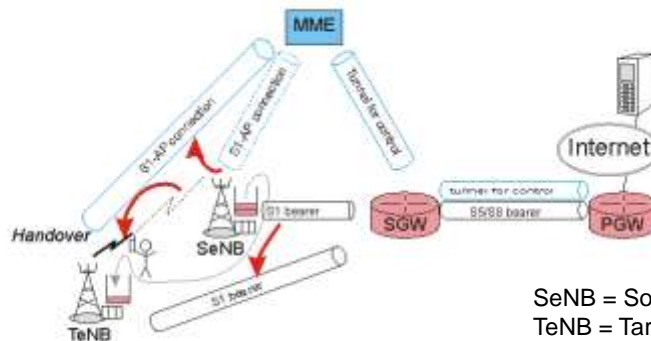
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G





## Nécessité et complexité du handover : actions dans le réseau



SeNB = Source eNodeB  
TeNB = Target eNodeB

### ■ Handover, une opération complexe

- Pas trop tôt, pas trop tard
- Transfert de la connexion radio, des tunnels ou connexions, des paquets en attente (si possible)
- Nécessité que l'eNodeB cible ait suffisamment de ressource pour accueillir le terminal

49

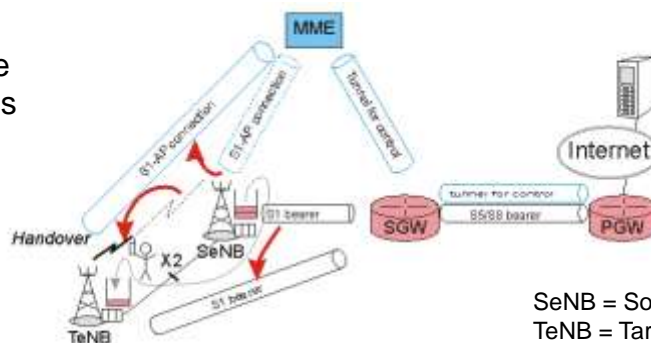
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Nécessité et complexité du handover : actions dans le réseau

X2 = Interface  
entre eNodeBs



SeNB = Source eNodeB  
TeNB = Target eNodeB

### ■ A l'intérieur du réseau, deux types de handover

- X2 handover,
  - Quasiment pas de coupure de la connectivité dans le réseau cœur
  - transfert des paquets en attente de SeNB vers TeNB
- S1 handover
  - Coupure de connectivité
  - possibilité de re-routage des paquets mais plus complexe

50

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Phases du handover

### ■ Préalablement au handover

- Activation de la transmission des mesures par le terminal lorsque la puissance reçue de la station de base est inférieure à un seuil
- Analyse par l'eNodeB des niveaux de puissance indiqués par le terminal pour l'eNodeB courant et les eNodeB voisins

### ■ Handover en 3 phases

- Préparation du handover (*Handover Preparation*)
  - Réserve des ressources dans le réseau (eNodeB cible)
- Exécution du handover (*Handover Execution*)
  - Envoi de l'ordre de handover au terminal, reroutage des paquets, modification des tunnels et des connexions, établissement de la connexion radio avec l'eNodeB cible
- Terminaison du handover (*Handover Completion*)

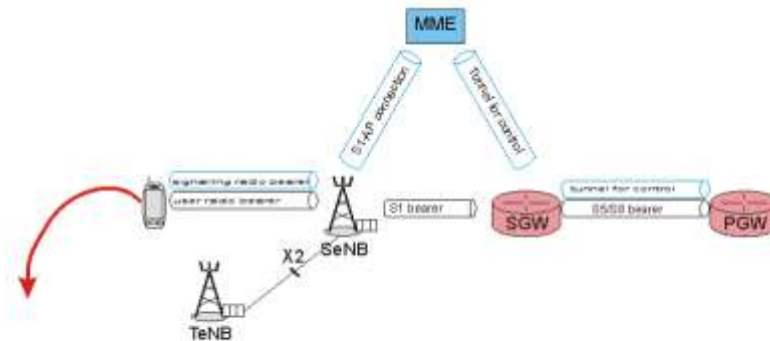


## Vidéo 6 : Déroulement du X2-Handover

**Finalement, comment marche vraiment le handover ?**



## Scénario du handover X2 considéré



- eNodeB cible contrôlé par le même MME et connecté au même SGW que l'eNodeB source

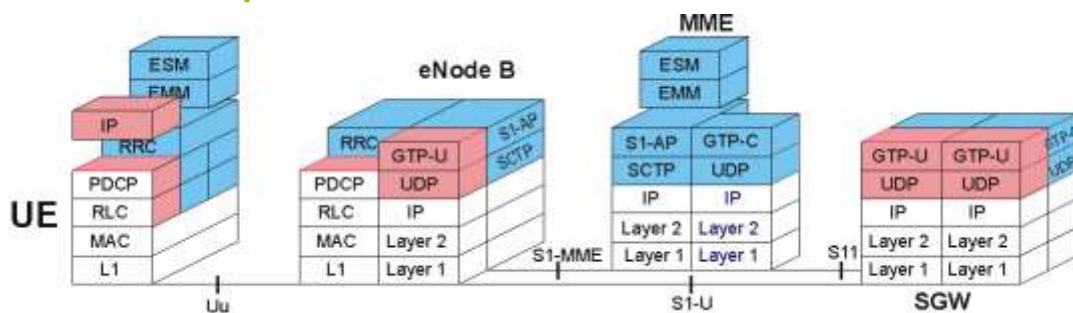
53

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Pile de protocole sur X2



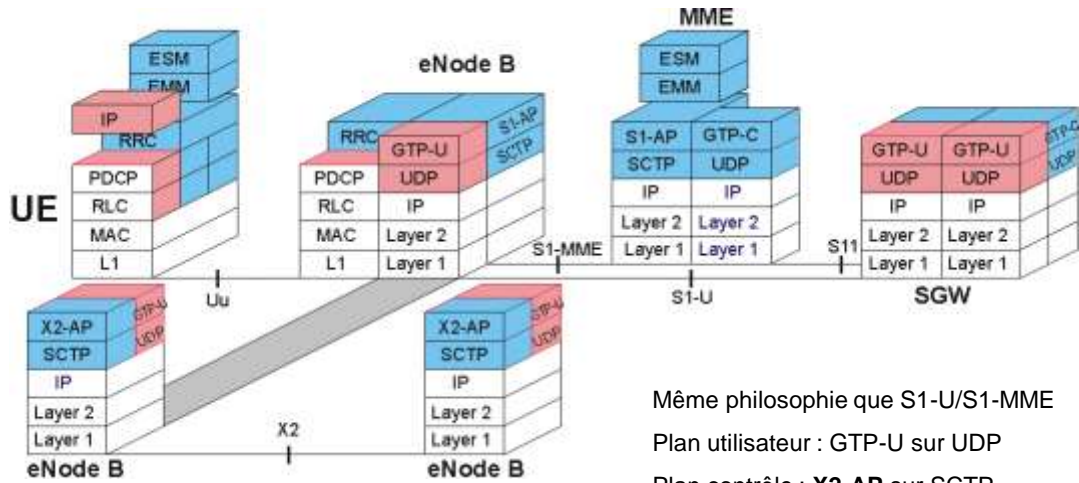
54

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Pile de protocole sur X2



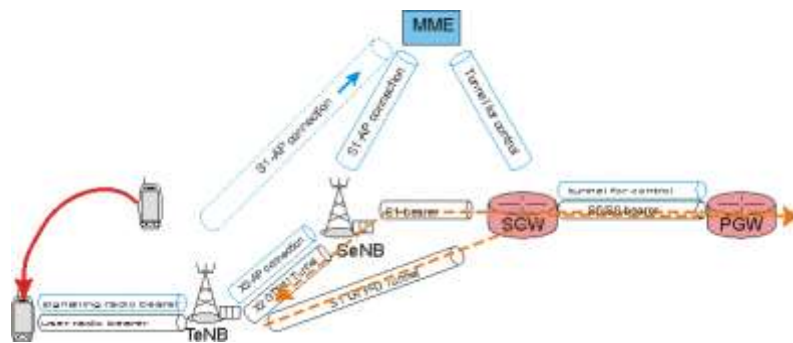
55

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Handover basé sur X2



### ■ Connexion X2-AP

- Utilisée par le SeNB pour demander le TeNB d'accueillir le terminal

### ■ Tunnel GTP-U

- Utilisé temporairement pour rerouter les paquets à destination du mobile

56

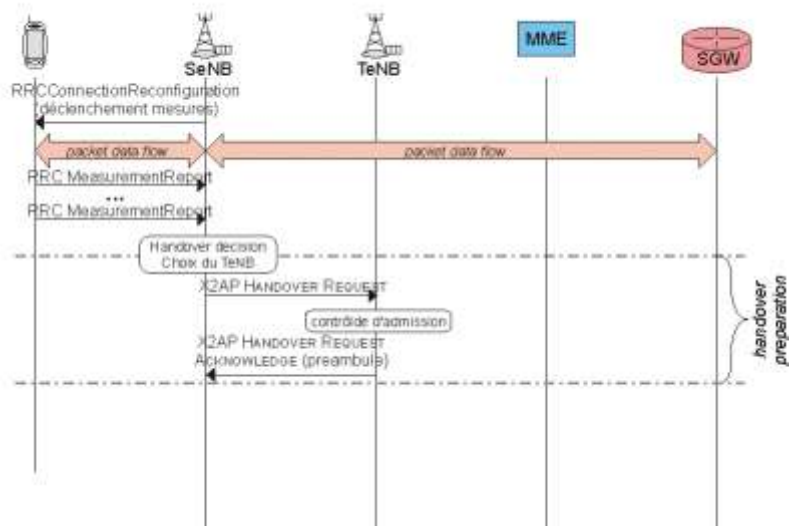
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Chronogramme du handover X2 sans changement de SGW ni de MME (1/2)

Choix et échange des TEID et des identités de connexion sur X2



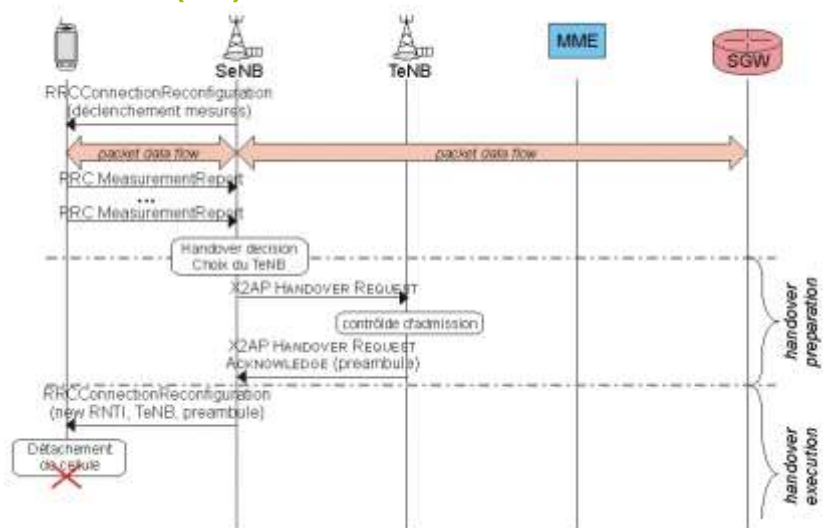
57

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Chronogramme du handover X2 sans changement de SGW ni de MME (1/2)



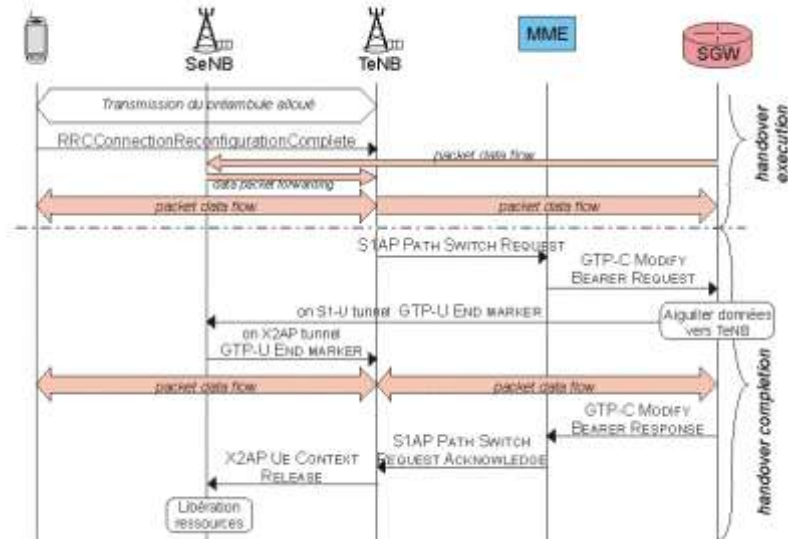
58

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Chronogramme du handover X2 sans changement de SGW ni de MME (2/2)

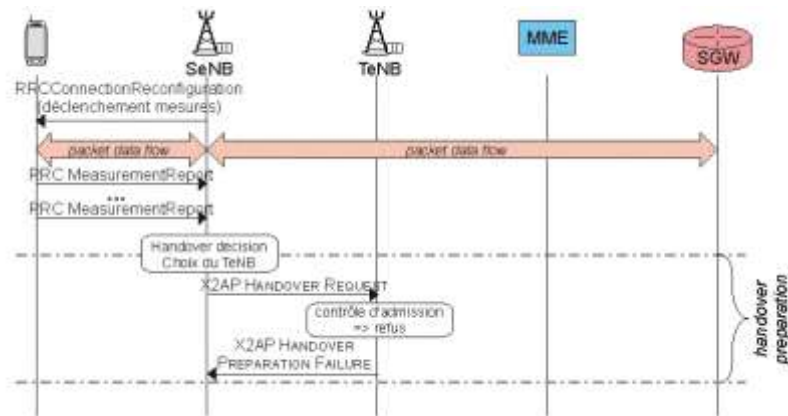


59

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Chronogramme des échanges pour un handover X2 refusé par l'eNodeB cible



60

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Vidéo 7 : Autres cas de handover

Faut-il absolument une interface X2 pour que le handover fonctionne ?

Le handover est-il possible quand le terminal change de MME, de SGW ?

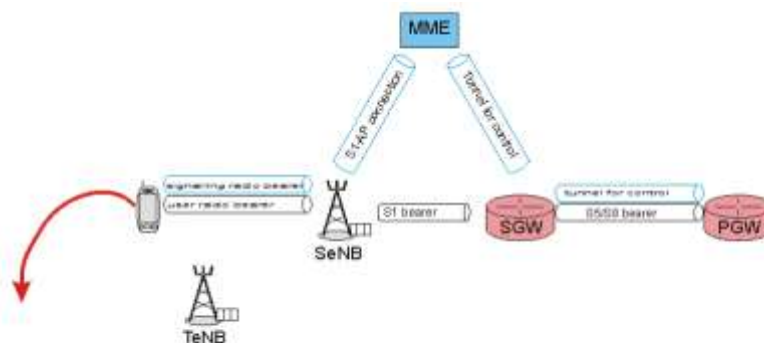
61

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Handover basé sur S1 sans changement de SGW ni de MME



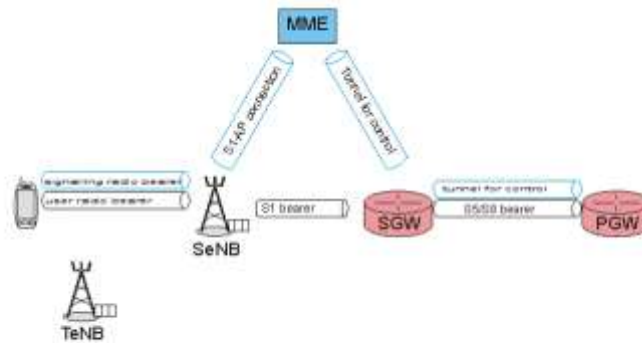
62

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Handover basé sur S1 sans changement de SGW ni de MME



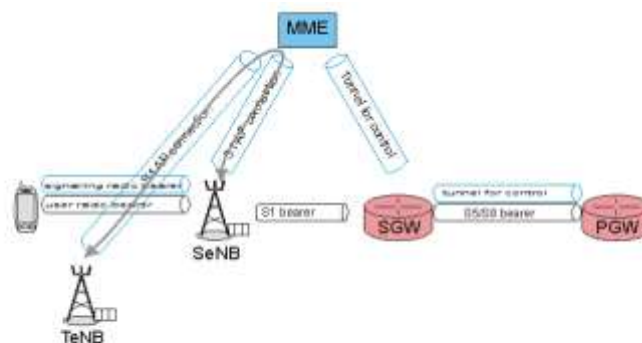
63

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Handover basé sur S1 sans changement de SGW ni de MME



64

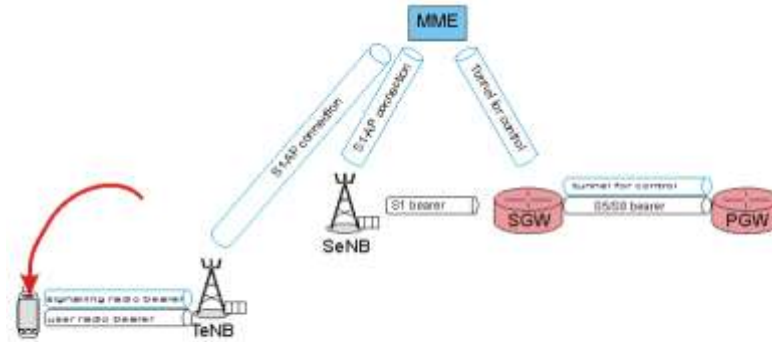
Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G





## Handover basé sur S1 sans changement de SGW ni de MME



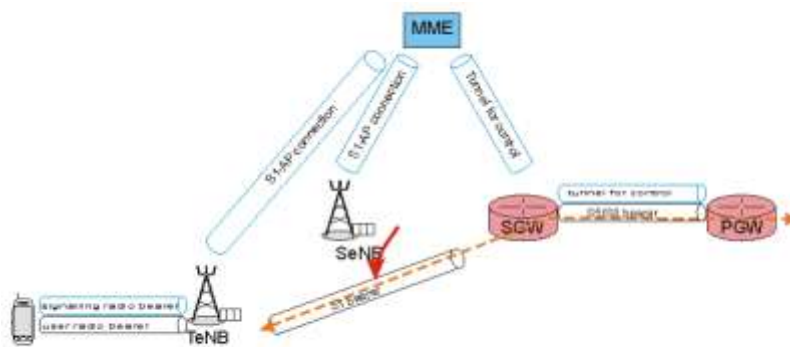
65

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Handover basé sur S1 sans changement de SGW ni de MME



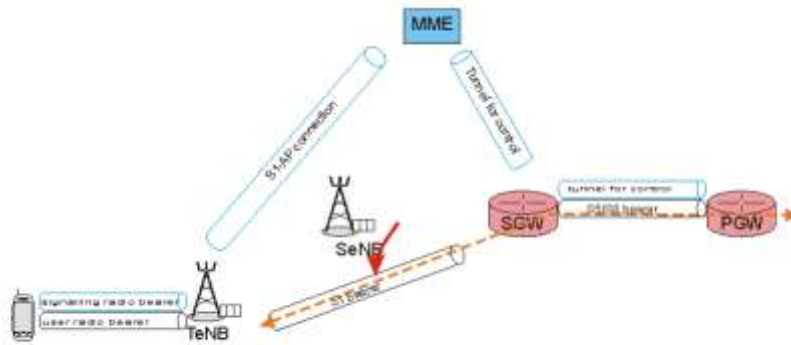
66

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Handover basé sur S1 sans changement de SGW ni de MME



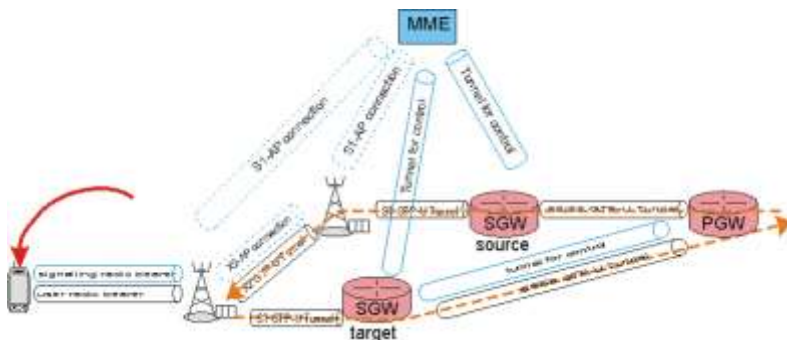
67

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Handover basé sur X2 avec changement de SGW



- Le handover basé sur X2 avec changement de MME est prévu
  - Cas rare

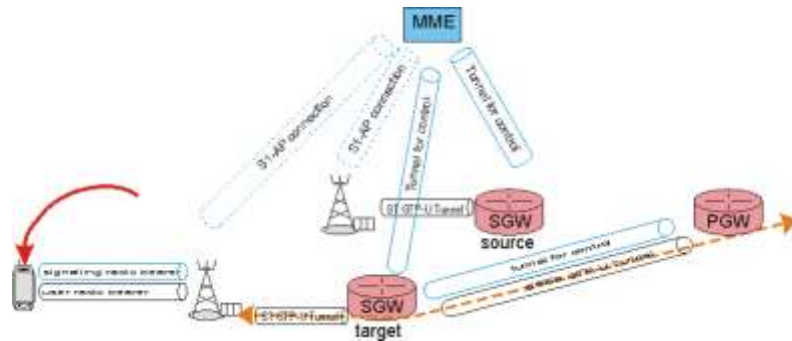
68

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G



## Handover basé sur X2 avec changement de SGW



- Le handover basé sur X2 avec changement de MME est prévu
  - Cas rare

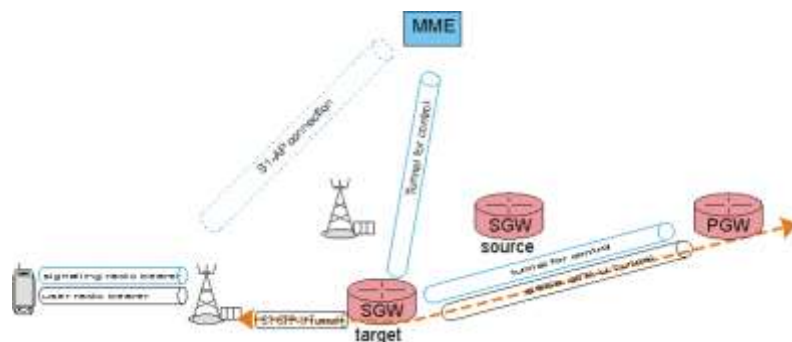


69

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Handover basé sur X2 avec changement de SGW



- Le handover basé sur X2 avec changement de MME est prévu
  - Cas rare

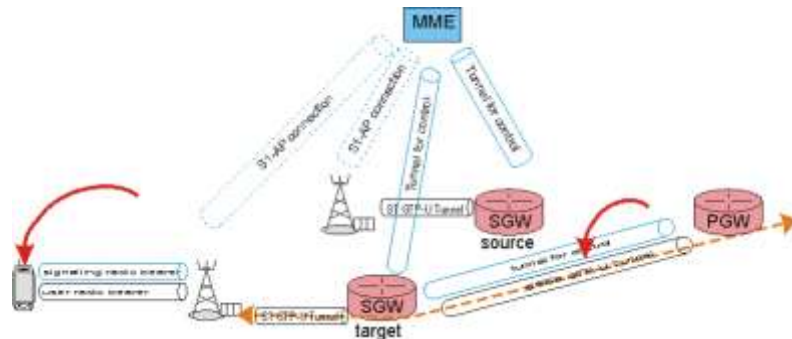


70

Institut Mines-Télécom

X. Lagrange, Gestion de la mobilité dans les réseaux 4G

## Handover basé sur S1 avec changement de SGW



- Le handover basé sur S1 avec changement de MME est prévu
  - Cas rare



## Conclusion sur le handover

- Tous les cas de handover au sein d'un même réseau sont prévus dans la norme
- Il y a toujours une micro-coupure de la connexion radio
  - quelques dizaines à quelques centaines de ms
  - il faut que le handover soit suffisamment rapide pour ne pas perturber les couches supérieures (TCP, applications)
- Le handover basé sur X2 permet un plus faible de taux de perte de paquet
- Les ruptures de connexion perçues par l'utilisateur sont souvent des handovers qui échouent
- Procédure de re-établissement automatique de la connexion en cas de coupure

