



# Mobilité IP

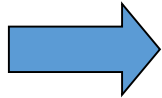
B.Paillassa-ENSEEIHT

# Mobilité IP

Des équipements sans fil qui se déplacent  
Et qui communiquent..

Plusieurs solutions selon les réseaux

- Mobilité dans les réseaux UIT
  - GPRS, GSM
- Mobilité dans les réseaux IETF
  - xMIP (MIP,FMIP,HMIP..)
- Mobilité dans les réseaux NGN
  - xMIP, SIP, IMS



Présentation des problèmes, solutions et études

# Sommaire

- A. Generalités: mobilité, probleme et solutions
- B. Solution de base IP : Mobilité par le terminal MIP4
- C. Optimisation de Routes et Changement de réseau
- D. Autres solutions
  - MIP v6
  - HMIP Mobilité Hiérarchique
  - Nemo Mobilité du réseau
  - PMIP Mobilité par le réseau
  - LISP Mobilité par nom, dans le réseau
- E. Gestion de la mobilité au dessus/dessous de IP

# Organisation du cours

## Mobilité IP: 6 séances

Seance 1: Contexte principes et problèmes, la solution MIP

Seance 2 : Détail fonctionnement MIP – les optimisations

Seance 3,4 Travail en groupe sur les solution 1) MIPv6 offloading 2)HMIP  
3)PMIP 4)LISP

Seance 5 Presentations étudiants- synthèse

Seance 6 Solutions au dessus IP

# A.Introduction

## Sommaire

- Notion de mobilité
- Le nomadisme : problèmes et solutions
- La mobilité : problèmes et solutions

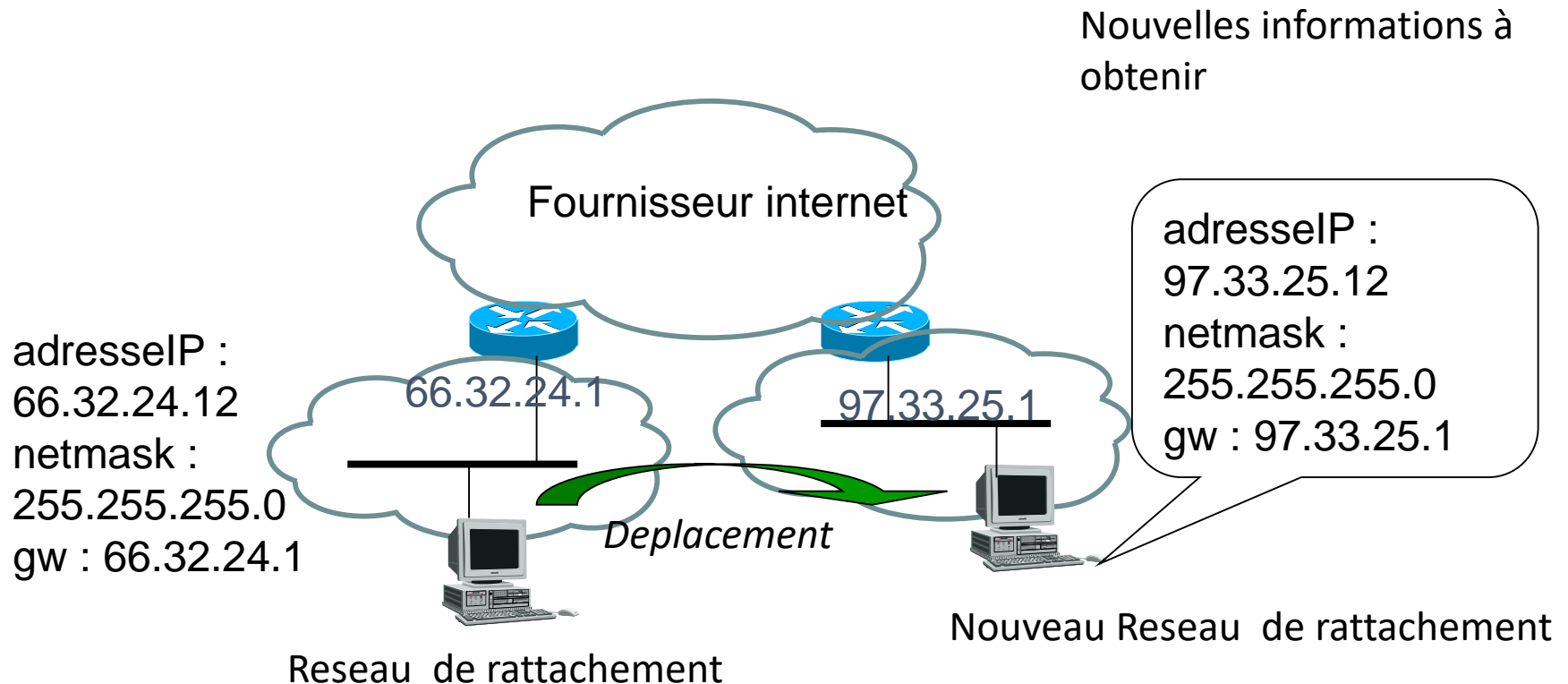
# Notion de mobilité

- Caractérisée par l'élément qui se déplace, l'ampleur du déplacement
- Plusieurs solutions proposées en fonction du type de mobilité
- Les solutions de base pour la macro mobilité (= déplacement entre réseaux IP)
  - Mobile IP pour un élément qui se déplace
  - Nemo pour un réseau d'élément qui se déplace ensemble
  - Manet pour un réseau qui se déplace et des éléments qui se déplacent

# Probleme de mobilité

- Assurer la continuité de la connexion lors du déplacement
- En IP la communication est liée a l'adresse IP, en cas de déplacement de réseau IP Il faut une nouvelle adresse problème
- La communication a l'ancienne adresse est coupée
- Comment éviter la coupure ?

# Rappel ½ – Fonctionnement IP





# Rappel IP 2/2 - obtenir une adresse Configuration d'adresse par DHCPv4

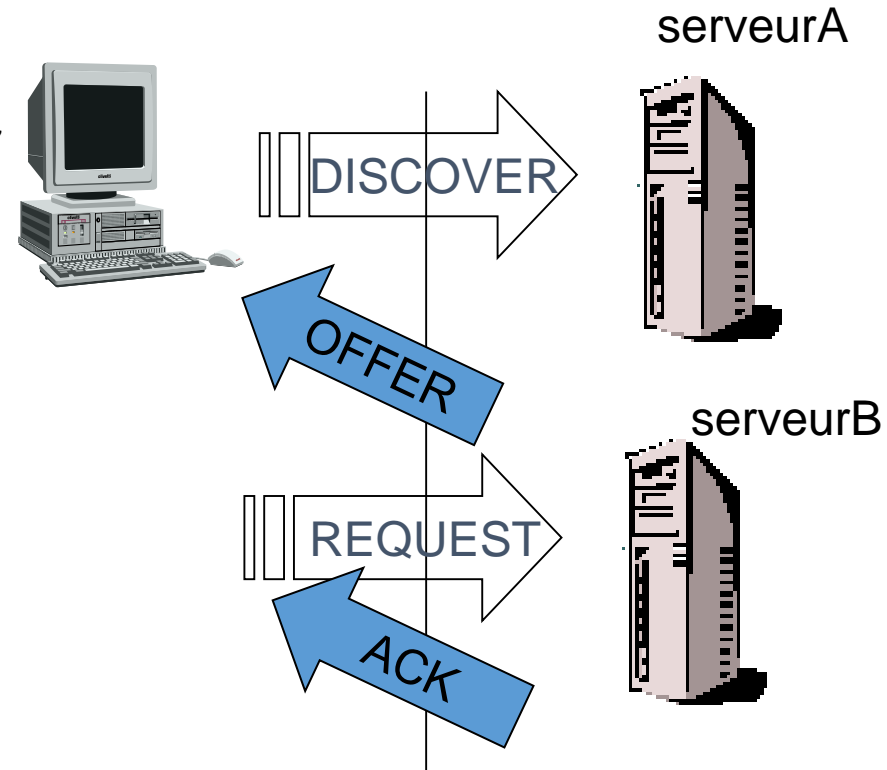
Dynamic Host Configuration protocol –RFC 2131

## Fonctions

- allocation d'adresses IP à un client par un serveur
- configuration et obtention de paramètres (~bootp, TFTP)

## Les échanges client/serveur

- DISCOVER recherche par l'équipement client d'un serveur DHCP *émission broadcast port 67 UDP*
- OFFER : les serveurs répondent (port 68) avec adresse IP serveur, adresse (s) IP proposée(s),masque
- REQUEST : le client choisit un serveur, une adresse *émission broadcast*, les serveurs qui ont fait une offre entendent qu'ils ne sont pas retenus
- DHCP ack : le serveur assigne l'adresse, le masque, la durée de validité etc....



# IPv4 versus IPv6

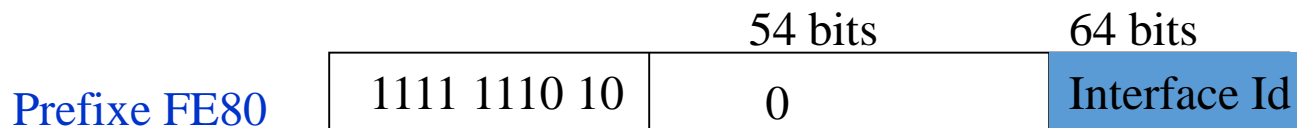
- Les solutions de mobilité sont standardisées en IPv6 (adaptées au V4)
- Difference d'adressage : en v6 des adresses hierarchiques, configurables par DHCP v6 ou en autoconfiguration

## Autoconfiguration d'adresse en IPv6

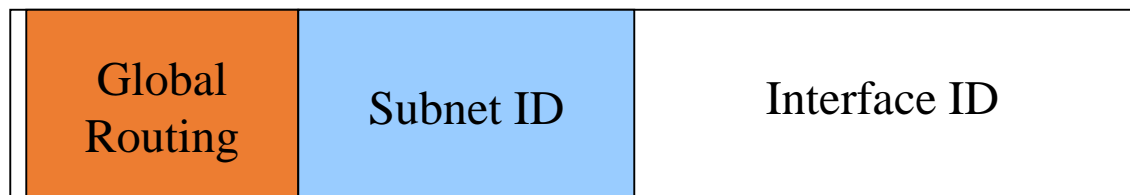
- Création d' adresse locale par la station
- Test unicité de l'adresse locale
  - Recherche d'un voisin ayant la même adresse sur le lien
  - Adressée à « tous » = l'adresse mcast sollicitée à tester
- Obtention des préfixes réseau auprès des routeurs
  - Demande d'information aux routeurs par des messages ICMPv6 ( message Router Sollicitation, Router Advertisement)
- Création d'adresse globale

## Précision sur les adresses en V6

- Les machines peuvent contruire toutes seules leur adresse locale à partir de leur adresse d'interface (adresse MAC de 48 bits complétée)



- les machines peuvent construire leur adresse globale qui leur permet de transmettre sur internet en concaténant les prefixes réseau a l'adresse d'interface

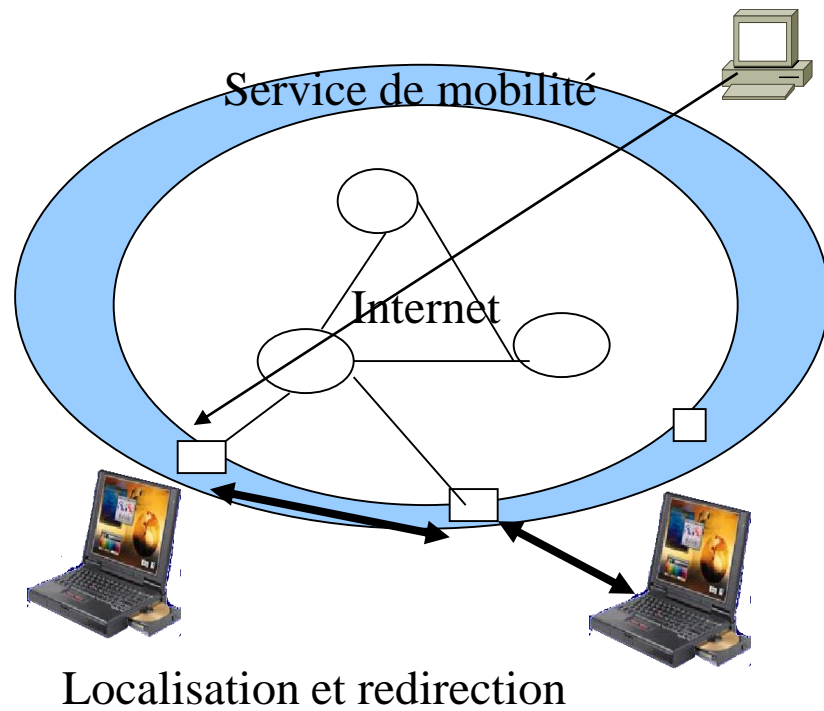
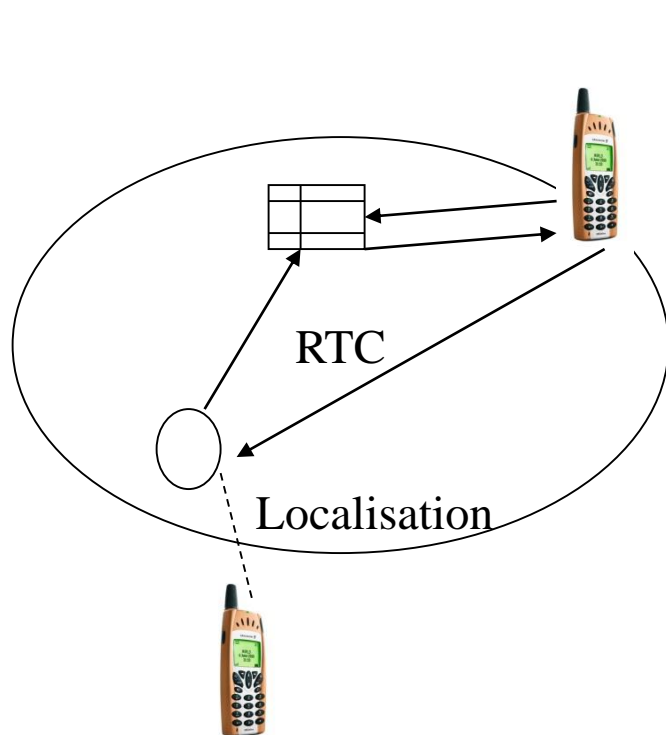


### 3- Mobilité

Le problème de l'utilisateur: garder un identifiant pour assurer la continuité de la communication comme avec un portable téléphonique => **un problème de sémantique de l'identifiant IP**

- **Dans le réseau téléphonique : 1 numéro = téléphone**
  - la structure du numéro => une base d'information
    - localisation de l'abonné,
    - le routage pour le mettre en communication.
  - **Séparation entre l'adressage et la localisation**
- **Dans Internet : 1 adresse = accès réseau**
  - valeur adresse => des tables de routage sur tous les routeurs, pas de connaissance centrale
  - **Pas de séparation entre l'adressage et la localisation**
  - Problème : si l'utilisateur est mobile il faut qu'il change d'adresse à chaque déplacement, qu'il prévienne le DNS !

Solution de mobilité dans IP = assurer la transparence du déplacement utilisateur



## 3.1 Les grandes approches de gestion de la mobilité

Qui fait quoi

1) Gestion du déplacement : comment sait-on que l'utilisateur s'est déplacé ?

approche terminale vs réseau

- le mobile qui s'est déplacé se signale: la solution =MIP (Mobile IP)
- l'infrastructure, le réseau, recherche le mobile

2) Gestion de la redirection: comment diriger le trafic vers l'utilisateur qui s'est déplacé ?

approche par les systèmes terminaux vs le réseau

## 3.2 Gestion de la redirection

*Comment diriger le trafic vers l'utilisateur qui s'est déplacé ?*

### Approche par réseau : le routage

- les routeurs indiquent en permanence les adresses des machines résidentes
  - les tables de routage indiquent la localisation (route spécifique)
- Problème : le passage à l'échelle dans un grand réseau en routage distribué
- Solution approche centralisée par SDN

### Domaine d'application

- routages particuliers dans les réseaux Manet
- Routage centralisé en SDN

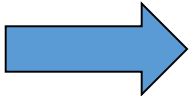


## Approche de redirection par les systèmes terminaux

- le correspondant est redirigé vers l'endroit où se trouve le mobile
- Methode de tunnel établis par signalisation
  - Par les end users , par des agents
  - Par les Provider Equipment

# B- Mobilité de terminal : MIPv4

- A.Introduction
- B. Mobilité de terminal: MIP
  - Aperçu de la solution de mobilité MIPv4
  - Mise en œuvre : le service MIPv4
  - Précisions sur IPmobile : le standard
  - Exemple
- C. Optimisation de Routes et Changement de réseau
- D. Autres solutions : MIPv6, HMIP, Nemo,PMIP,LISP
- E. Gestion de la mobilité au dessus/dessous de IP



# 1 Aperçu de la solution de mobilité MIP v4

RFC 2002 (96) RFC 3344 (08/02)

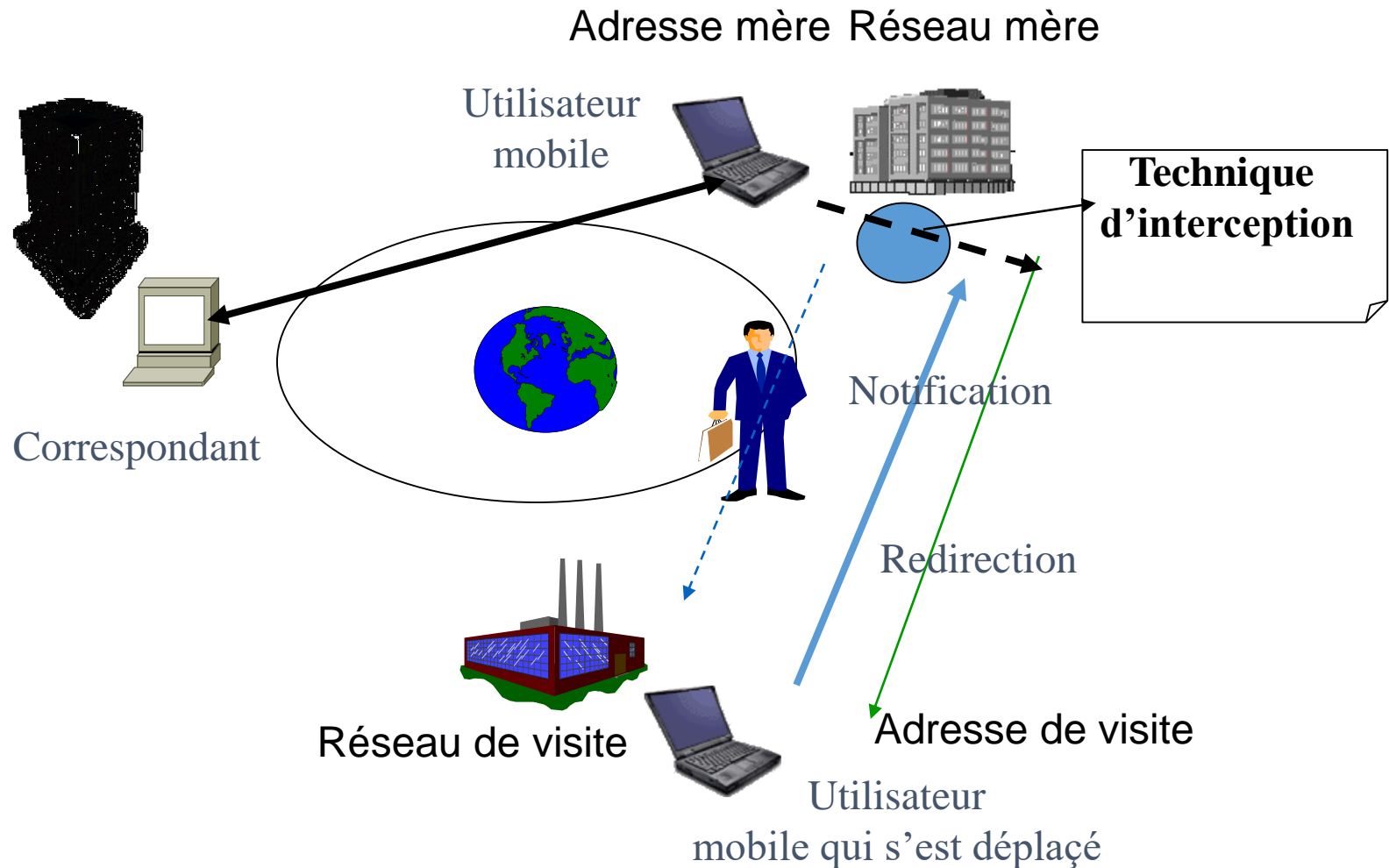
## 1.1 Adressage

- L'objectif : permettre à un poste de se déplacer dans un réseau IP **sans changer d'adresse**
- un poste mobile IP 'a' **2 adresses**
  - 1 adresse permanente dans son réseau de rattachement : (réseau mère /home network)
  - 1 adresse temporaire de redirection dans un réseau visité (étrange/foreign network) qui est routable

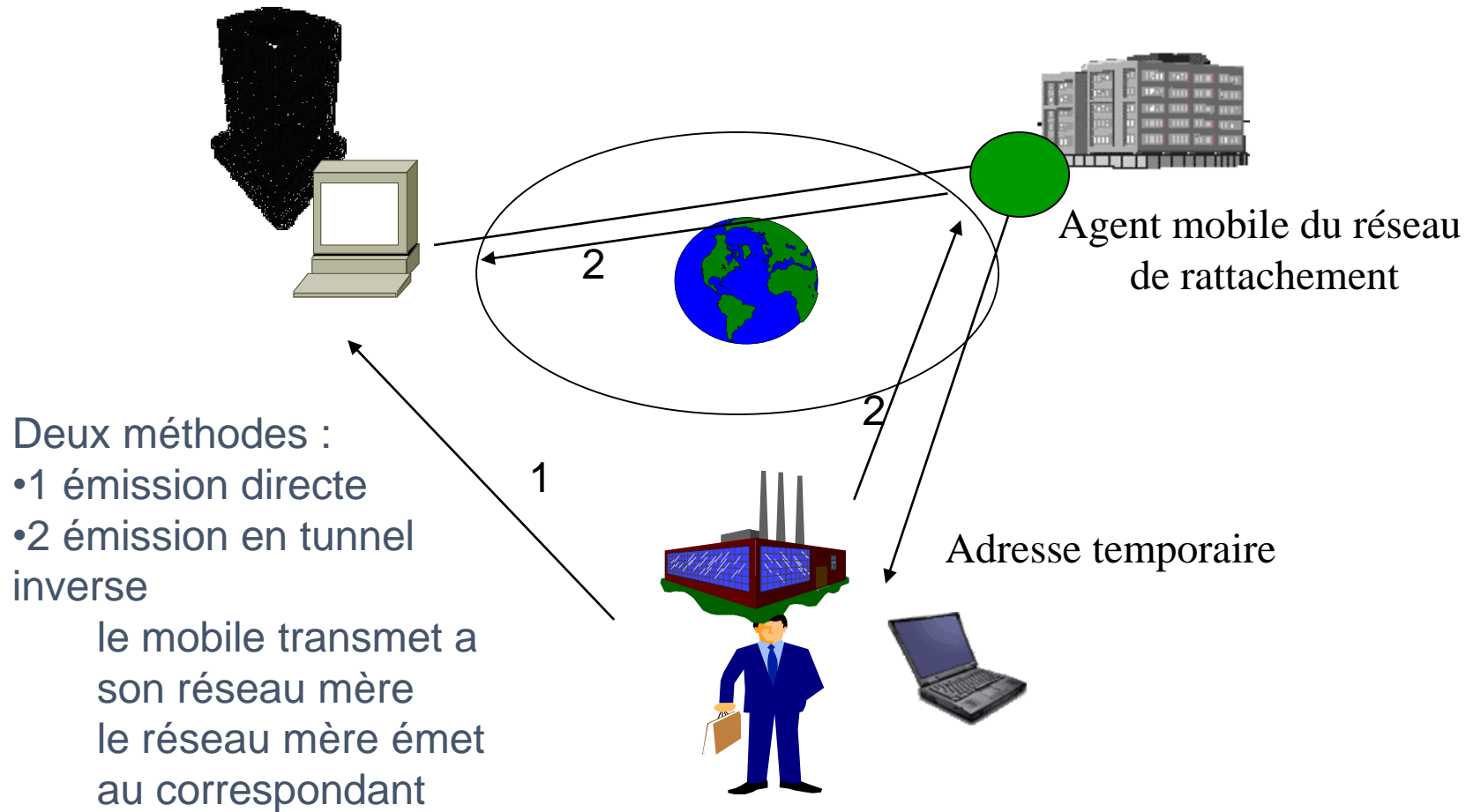
## Utilisation des adresses

- Les correspondants communiquent à l'adresse du réseau de rattachement du mobile : dans son réseau mère
- L'information qui arrive dans le réseau mère pour le mobile :
  - est interceptée
  - puis redirigée vers le réseau visité
  - par un mécanisme de tunnel

## Illustration de la redirection des données au mobile en déplacement



## Illustration de l'émission de données par le mobile en visite



avantage/inconvénient des solutions ?

## 1.2 Notion de service MIPv4

- Le service est défini à partir d' **agents**
  - agent mère *home agent*
  - agent étranger dans le réseau visité *foreign agent* (optionnel)
- **Fonctionnement général du service**
  - le mobile s'inscrit au service de mobilité (1)
  - le mobile qui s'est déplacé (2) obtient une adresse temporaire (3)
  - Le correspondant émet à l'adresse permanente du mobile
  - les données sont interceptées
    - Mécanisme de proxy arp, gratuitous arp
  - elles sont encapsulées à destination de l'adresse temporaire (CoA)

## Service de mobilité avec ou sans agent étranger

Selon les implantations Il y a ou pas un agent étranger dans le réseau visité

- Avec agent
  - Le mobile en visite découvre son agent étranger, utilise en adresse temporaire une adresse de l'agent
- Sans agent
  - Le mobile obtient directement une adresse (DHCP) utilise en adresse temporaire son adresse
- L'agent mère du réseau est prévenu de l'adresse temporaire (4)

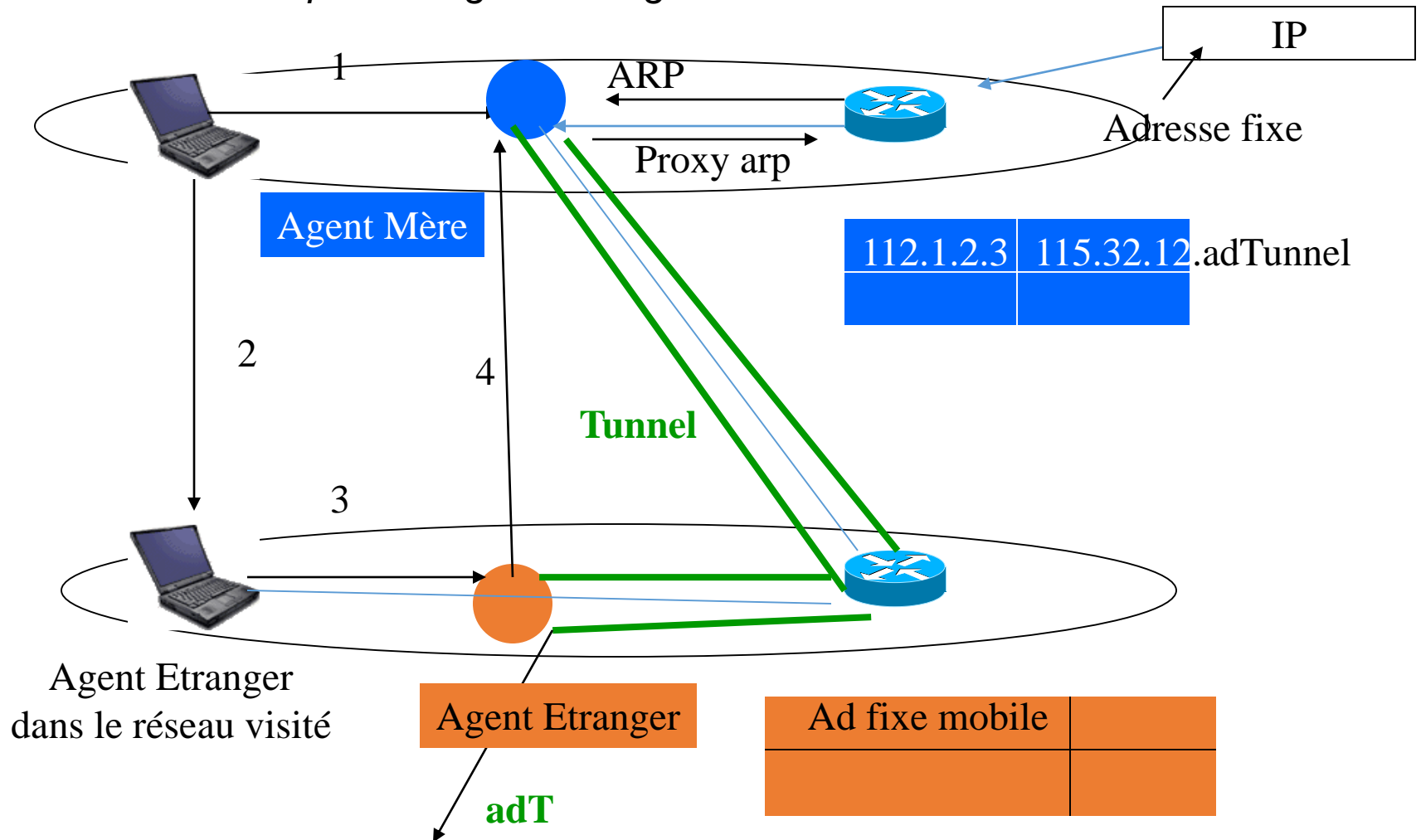
Selon l'implantation :

- par le mobile
- par l'agent étranger

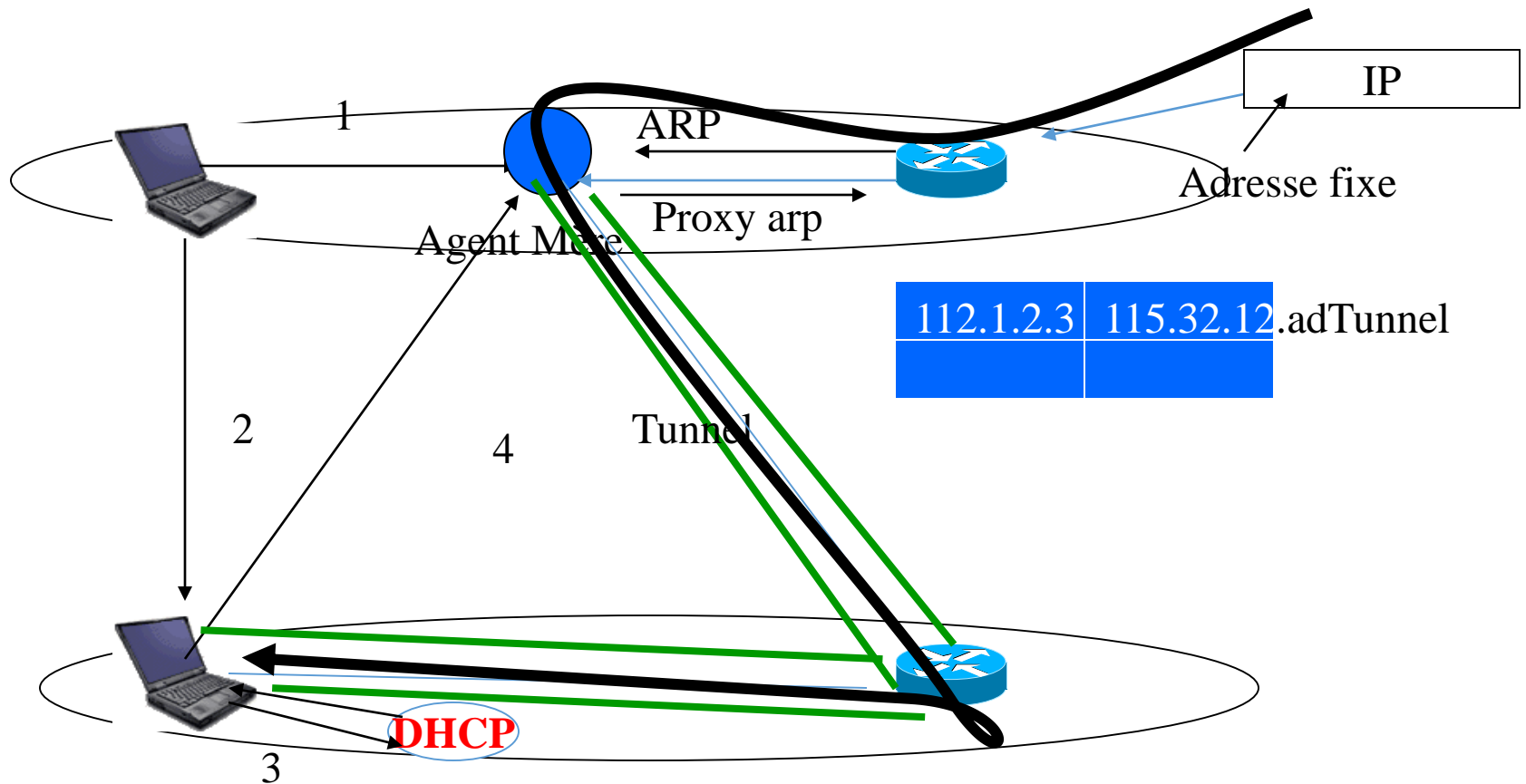


## Illustration du service MIPv4 avec agent étranger

*Utilisation adresse temporaire agent étranger Fa coA*



## Illustration du service MIPv4 option sans agent étranger

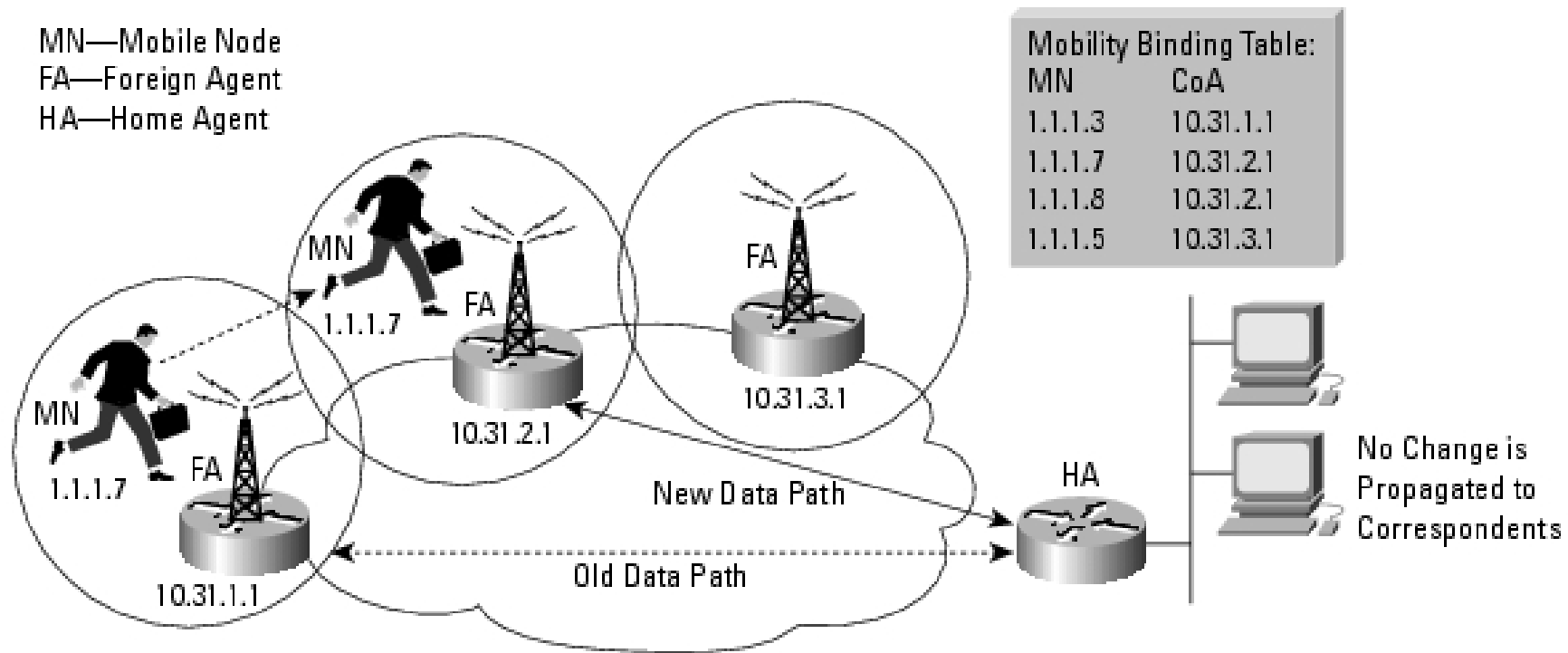


Utilisation adresse temporaire collocated coA

## 1.3 Traitement des changements de réseaux visités (hand over)

- Principe
  - mise à jour de la table d'association par le nouvel agent étranger/correspondant
- Problème
  - risque de perte de données :
    - les données en 'transit' celles qui arrivent à l'ancien réseau visité ?

## Illustration du changement de réseaux



*Transparence du déplacement*

## 2 Les éléments du services MIPv4

### 2.1 Les besoins

- Les besoins du mobile
  - identifier son changement de réseau
  - avoir des adresses pour prévenir de la redirection, recevoir les paquets
- Les besoins des agents
  - agent mère : connaître ses mobiles pour rediriger le trafic vers leur réseau d accueil
  - agent étranger : connaître les mobiles en visite dans son réseau pour leur rediriger le trafic

## 2.2 Les procédures MIPv4

- Découverte des agents
  - service d'avertissement : les agents se signalent périodiquement
  - service de sollicitation : recherche d'agents mobiles
- Enregistrement
  - auprès des agents mère/etranger
  - authentification
- Tunnelage (redirection)
  - plusieurs protocoles d'encapsulation

### 3 Précisions sur IP mobile- le standard RFC 3344

#### **Vue générale des opérations**

- 2) Datagram is intercepted by home agent and is tunneled to the care-of address.      3) Datagram is detunneled and delivered to the mobile node.

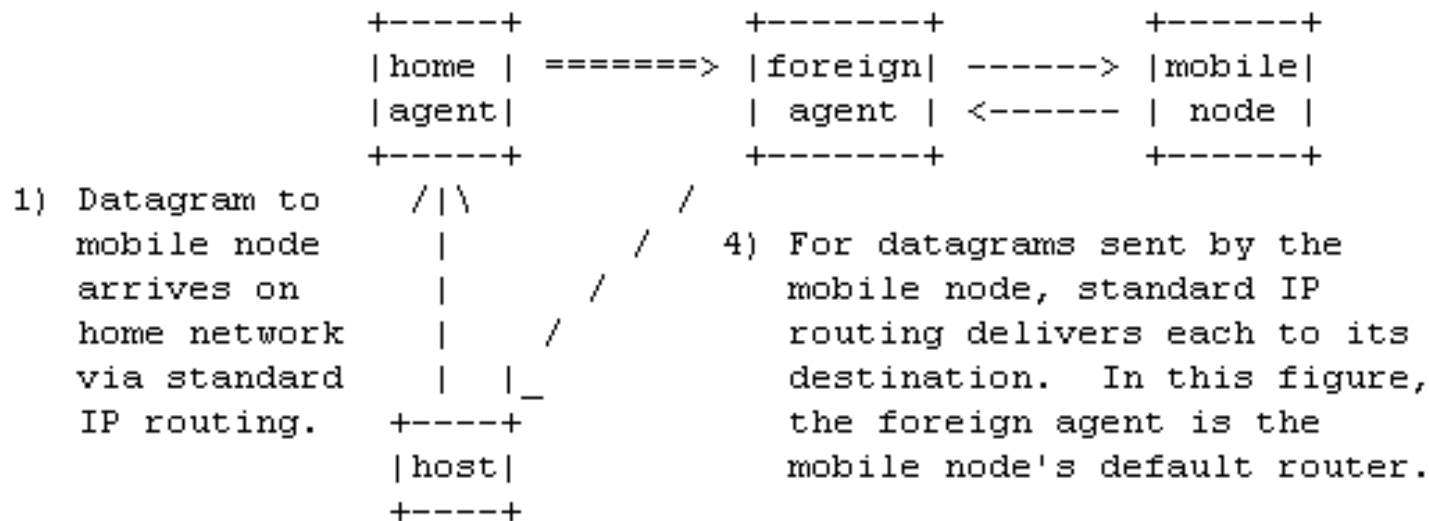


Figure 1: Operation of Mobile IPv4

# Terminologie et procédures du RFC

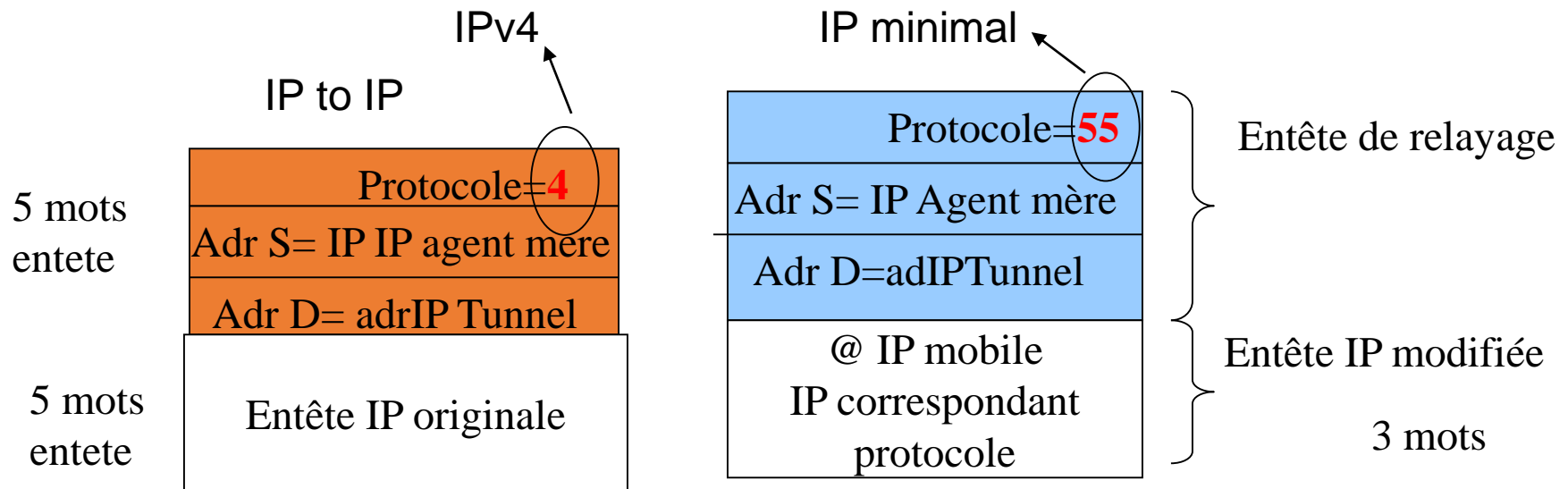
- Mobile Node : MN
  - Corespondant Node : CN
  - Home Agent : HA
  - Foreign Agent : FA
  - Care Of Address : CaO
- 
- P1)- Procédure de tunnelage
  - P2)- Procédure de découverte des agents
  - P3)- Procédure d' enregistrement des mobiles
  - P4)- autre procédure,le tunnel inverse



## 3.1 Procédure de tunnelage

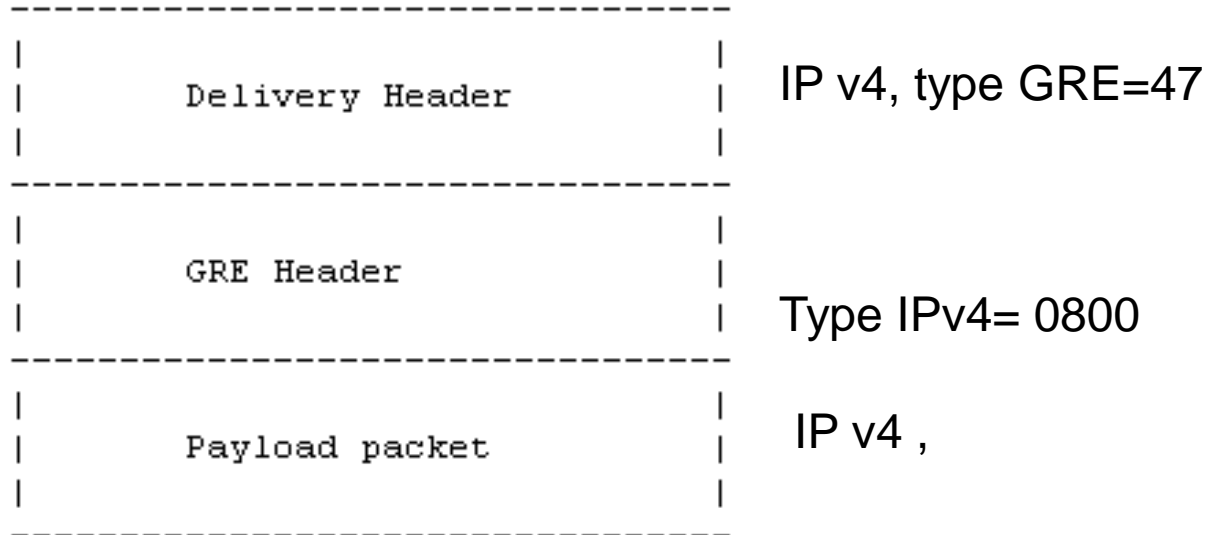
### Plusieurs méthodes prévues dans la norme

- L'agent mère est prévenu de l'encapsulation à utiliser
- Les encapsulations
  - encapsulation IP to IP : redondance d'entêtes
  - encapsulation minimale (RFC 2004:96)
  - GRE

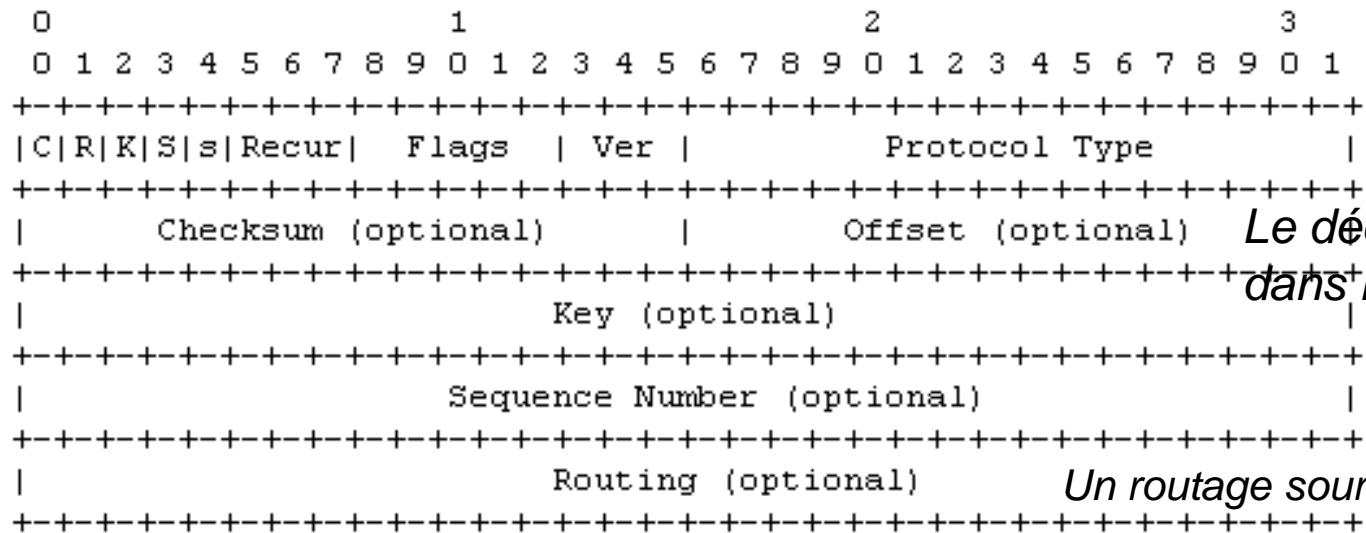


*Pas de fragmentation*

## Encapsulation GRE



## Entête GRE (RFC 1701)



# Le décalge dans le champ routage

## Un routage source

## La présence des options est connue par les flags

C=1 => checksum présent

R=1 => routage présent...

## 3.2 Procédure de découverte des agents

Permet au mobile de détecter son déplacement pour déterminer son adresse temporaire

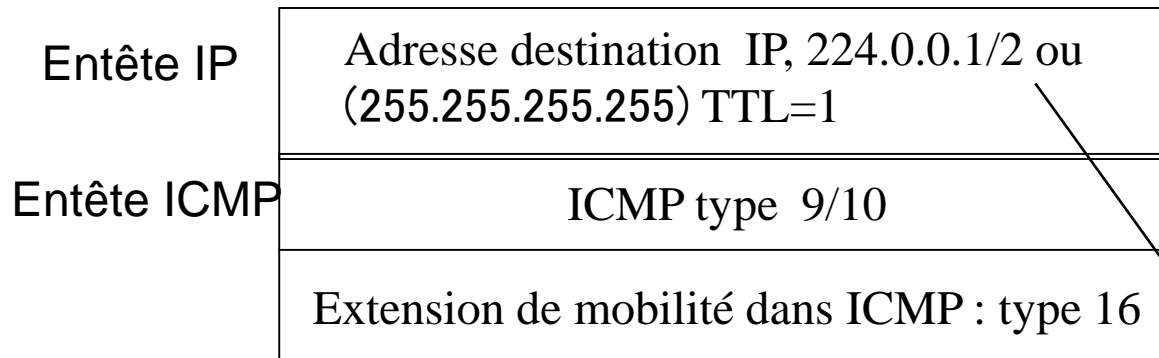
Deux moyens

- Écoute du réseau où il y a diffusion cyclique par les agents étrangers d'informations d'avertissements (par défaut 600s  $4s < x < 1800s$  RFC 1256)
  - via ICMP ' découverte des routeurs ' + extension Mobilité
  - Mobile et agents doivent être sur le même lien
- Demande par le mobile d'information
  - Via ICMP

## ICMP avec option mobile pour la découverte des agents

- Message ICMP d'annonce/sollicitation => type=9/10
- Le routeur se charge de la mobilité et du routage => code= 0 ;
- Les paramètres sont définis dans une extension : 16

### Les messages Annonce/sollicitation



*Les machines/routeurs du lien*

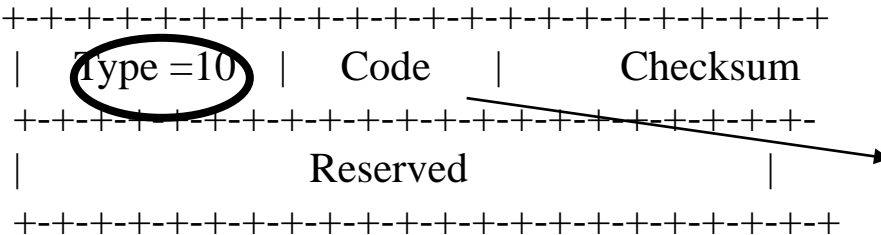
*Pour découvrir les routeurs : ICMP router discovery (RFC 1256)*

## Messages ICMP (RFC 1256)-

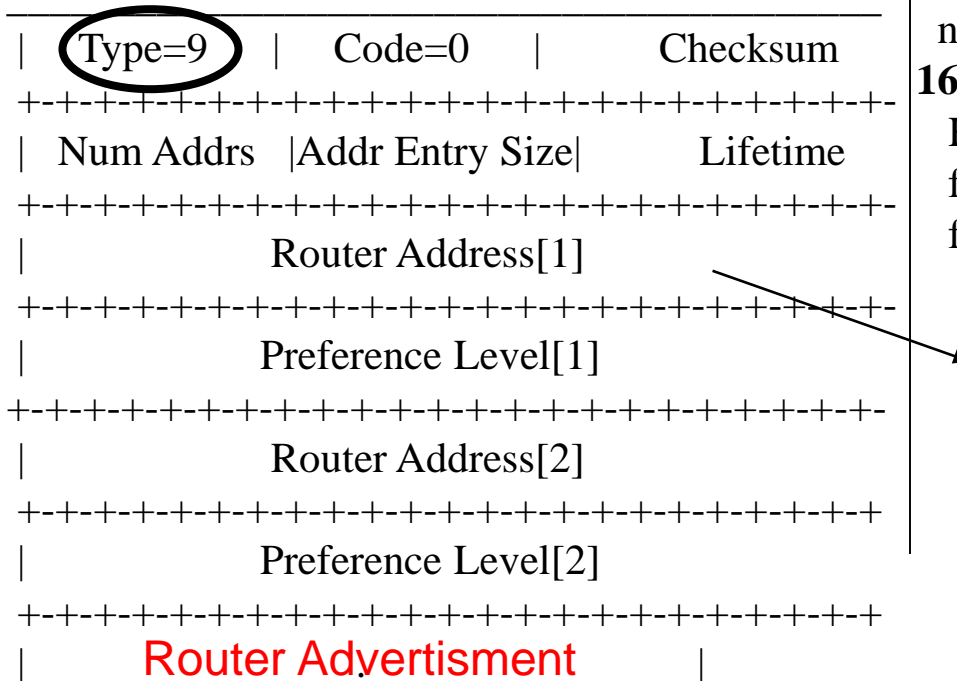
Entête IP

Entête ICMP  
router adv/soll

Entête mobilité



### Router Solicitation



### Router Advertisement

The Code field of the agent advertisement is interpreted as follows:

**0** The mobility agent handles common traffic , it acts as a router for IP datagrams not necessarily related to mobile nodes.

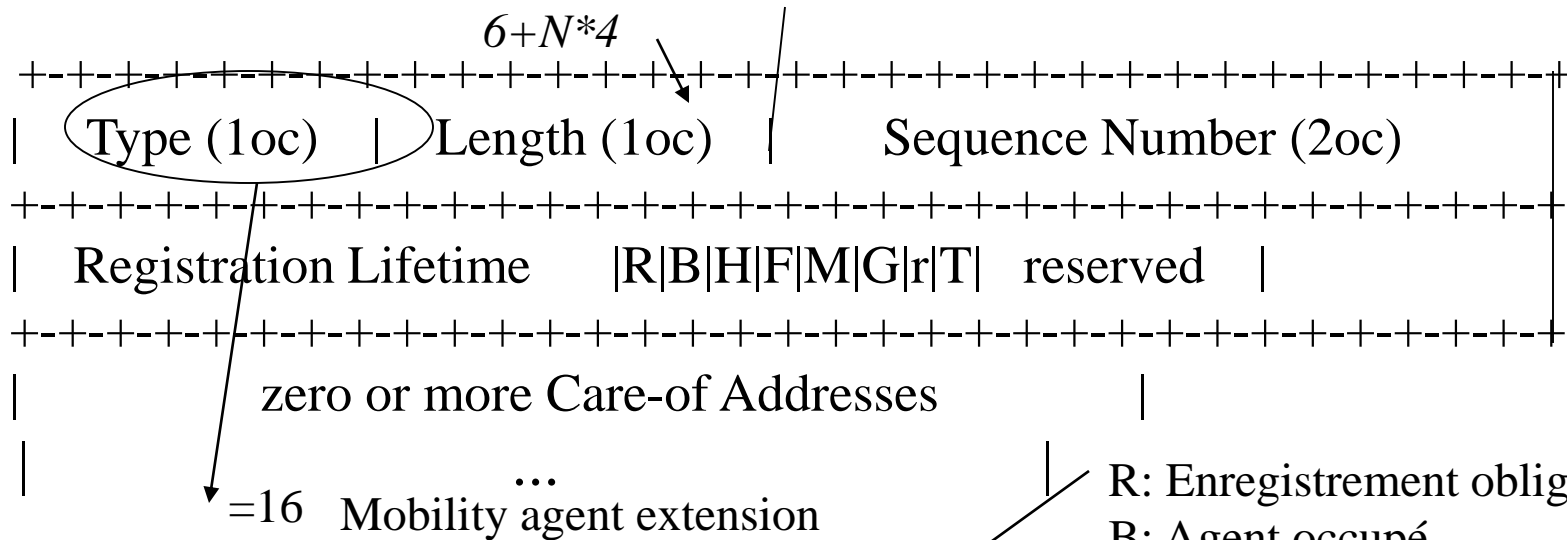
**16** The mobility agent does not route common traffic. However, all foreign agents **MUST** (minimally) forward to a default router any datagrams received from a registered mobile node

**Les adresses  
des routeurs  
connus**

## Router Advertisement- Option Mobilité

6 Pour Sequence Number, Registration Lifetime, flags, and reserved fields, N le nombre d' adresses temporaires proposées.

Entête IP
Entête ICMP
Entête router advertisement
Entête mobilité



L'agent étranger veut connaître le mobile même si celui-ci reçoit directement les données

R: Enregistrement obligatoire  
 B: Agent occupé  
 H: Agent Mère  
 F: Agent Etranger  
 M: Encapsulation minimale  
 G: Encapsulation GRE  
 T: Tunnelage inverse

Les annonces sont faites Mais pas le service de redirection

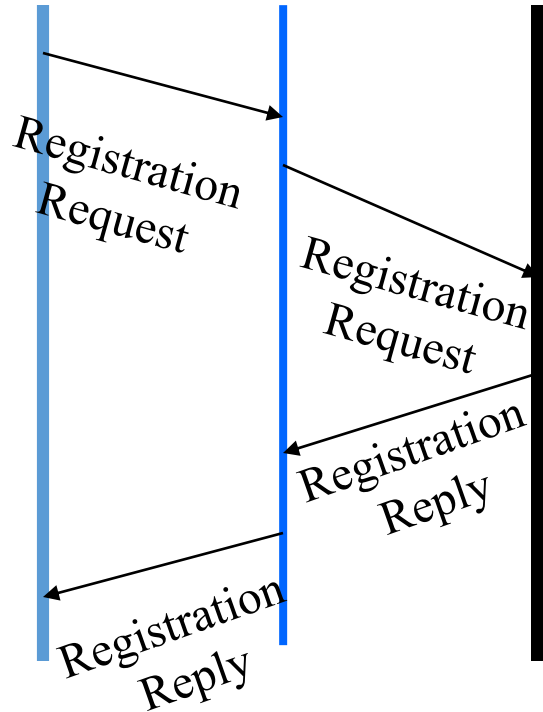
### 3.3 Procédure d'enregistrement des mobiles

- Pour créer ou modifier une liaison dynamique: Binding entre l'adresse du mobile et celle de sa localisation (CoA) durant un temps limité
  - avec en option la possibilité de gérer plusieurs sessions de coa.
- **Quand ?**
  - A l'initialisation pour demander le service de relayage
  - Après un déplacement pour indiquer sa CoA
  - En cours de déplacement pour renouveler une inscription sur le point d'expirer
  - Au retour dans le réseau mère pour se désenregistrer mère
- **Comment ?**
  - *Messages ; request/registration reply* (UDP 434)
  - Emission par le mobile ou par l'agent étranger

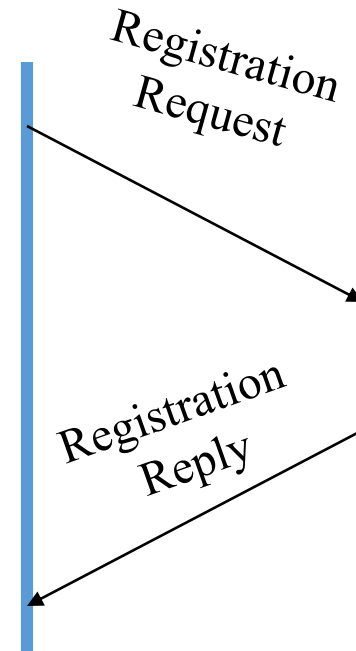


## Illustration de la phase d'enregistrement-1

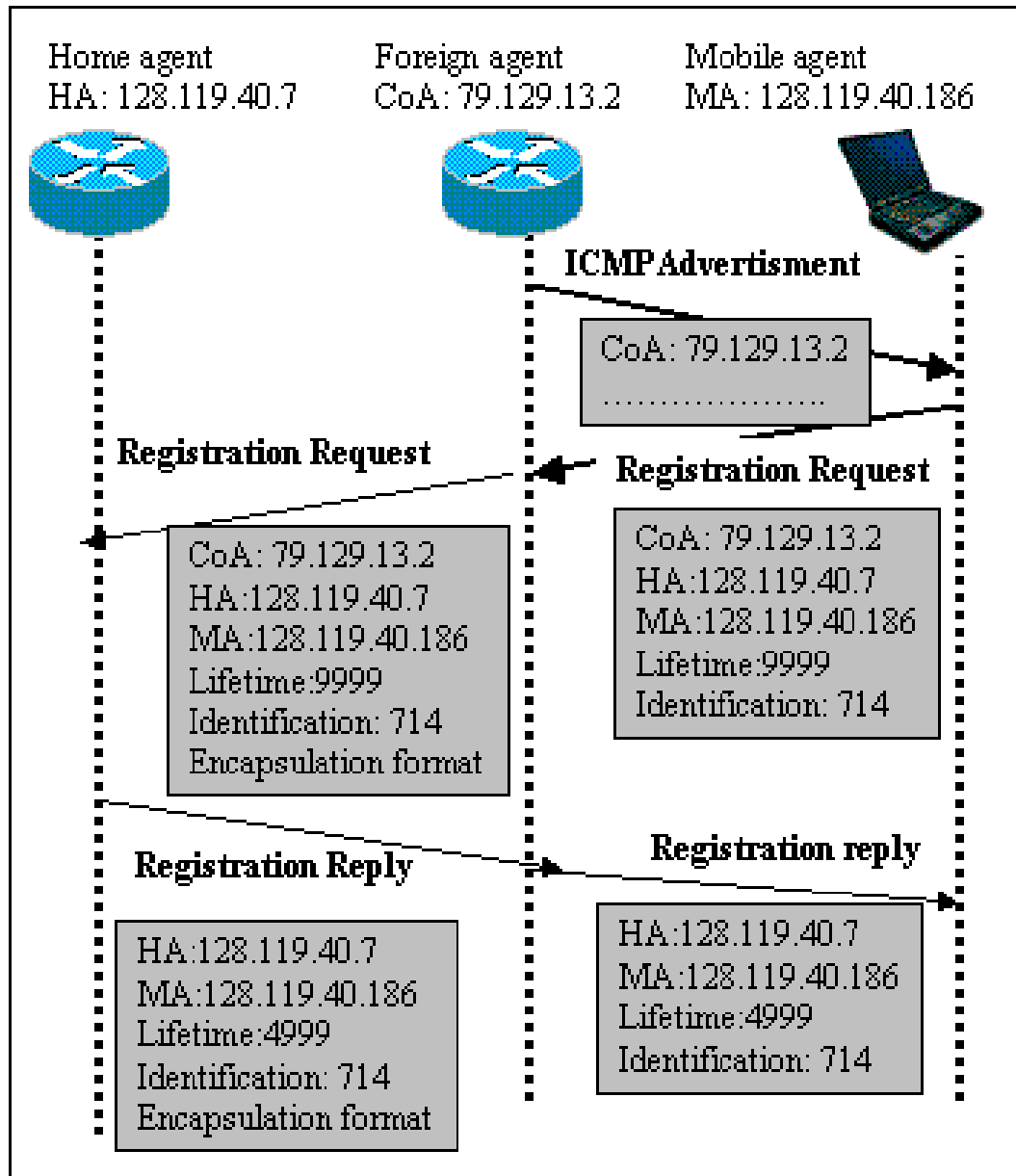
Mobile    Agent étranger    Agent mère



Mobile    Agent mère



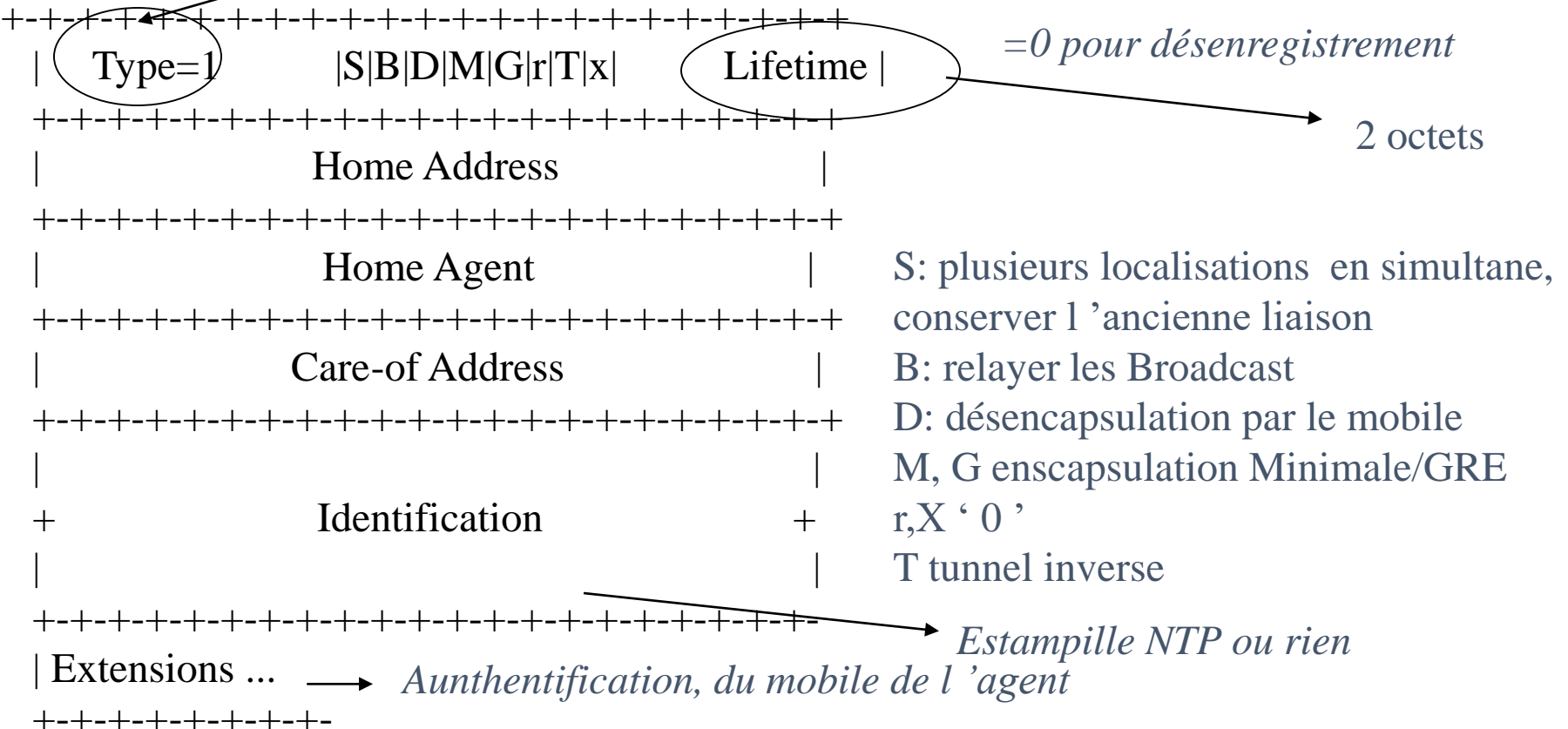
## Illustration de la phase d'enregistrement-2



Le mobile détecte un changement de réseau, obtient l'adresse temporaire

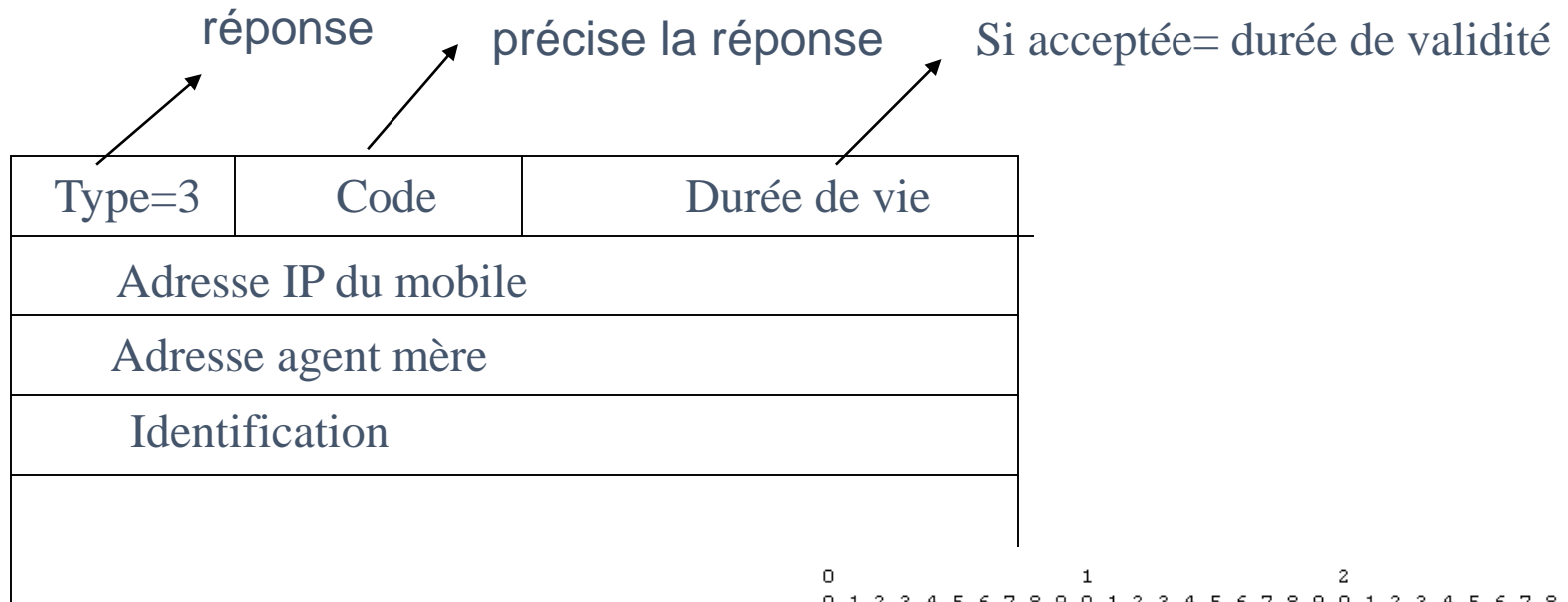
## Format des messages d'enregistrement 1/2

requête

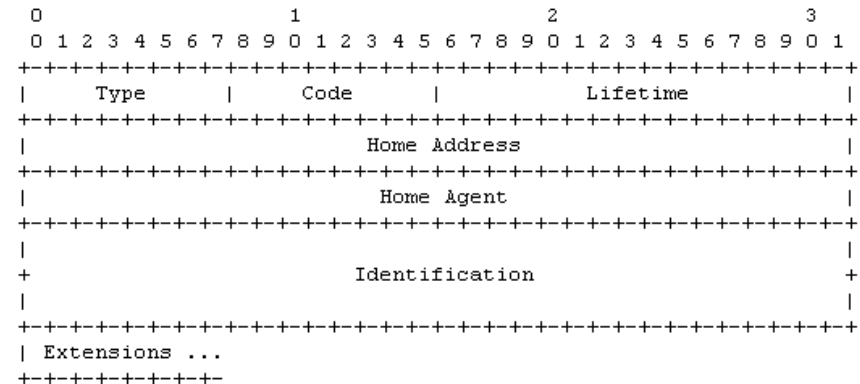


Message de Requête

## Format des messages d'enregistrement-2/2



Message de Réponse



# Exemples de codes de réponses d'enregistrement

0 registration accepted

1 registration accepted, but simultaneous mobility  
bindings unsupported

Registration denied by the foreign agent:

64 reason unspecified

65 administratively prohibited

66 insufficient resources

67 mobile node failed authentication

68 home agent failed authentication

69 requested Lifetime too long

70 poorly formed Request

71 poorly formed Reply

72 requested encapsulation unavailable

73 reserved and unavailable

77 invalid care-of address

78 registration timeout

80 home network unreachable (ICMP error received)

81 home agent host unreachable (ICMP error received)

82 home agent port unreachable (ICMP error received)

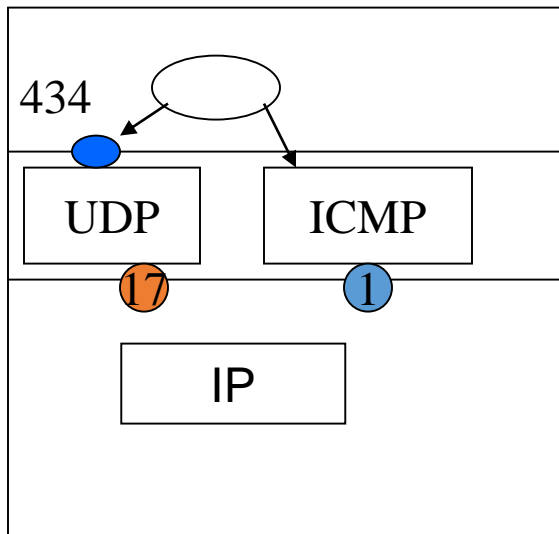
88 home agent unreachable (other ICMP error received)

### 3.4 Autre procédure: le tunnel inverse (RFC 3024)

- Tunnel inverse : débute à l'adresse temporaire du mobile (CoA) et finit à l'agent mère qui réémet vers le correspondant
- Intérêt du tunnel inverse
  - Si le mobile en visite transmet par un routeur du réseau visité => Problème de sécurité: l'adresse source n'est pas du réseau émetteur
  - Problème de TTL
- La demande du service tunnel inverse a lieu lors de l'enregistrement

# Synthèse- Echanges protocolaires IPmobile v4

*Messages 'IP mobile' via UDP et ICMP avec extension*



- Valeur type d 'extension dans les messages ICMP (9/10)
  - Type 16 (extension de mobilité)
  - Type 19 (extension de longueur de préfixe)
- Adr IP destination des messages annonces agent
  - 224.0.0.11 : Mobile-Agents multicast group
  - ou 255.255.255

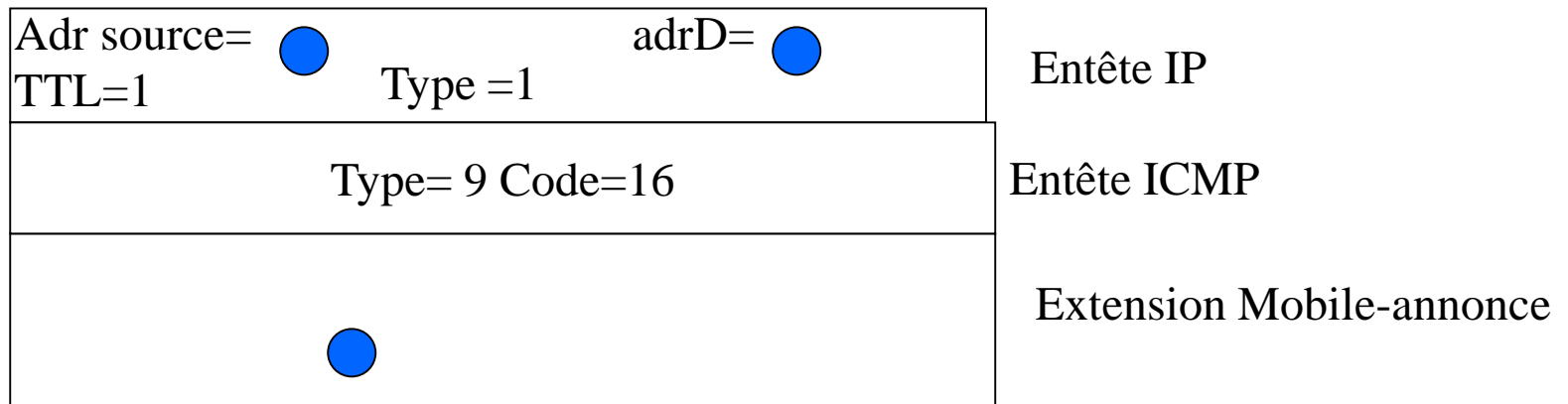
## Exemple

- Réseau mère du mobile : 130.14.0.0/16
- Adresse du mobile : 130.14.13.12
- Adresse agent mère : 130.14.13.5
- Réseau visité 140.1.0.0/16
- Adresse agent étranger 140.1.13.6
- Adresse temporaire de redirection 140.1.13.7
- Durée de validation indiquée par l'agent étranger 3600s
- Durée de vie agent mère 1800s
- Correspondant 123.112.113.114
- Port UDP (HA)= 434 ; (FA)=2024 ; (Mobile) = 2025



## Exemple d'échanges : 1- Découverte Agent Etranger-

1. Le mobile entend l'annonce de l'agent Etranger: c'est sa 32 ème annonce, il n'est pas surchargé et fonctionne en encapsulation IP to IP , sans tunnel inverse, avec un enregistrement obligatoire



**Compléter l'annonce**

Exemple d'échanges : 2 l'enregistrement

2. Le mobile envoie son enregistrement en ne souhaitant pas de redirection des diffusions, ni de multilocalisations

AdrS= TTL=	Type	Adr D=

**Les entêtes , le contenu ?**

Exemple d'échanges : 3,4,5 **enregistrement auprès de l'agent mère**

3.

Adr S	TTL= 64	AdrD	Entête IP
Port S		Port D=	Entête UDP
			Enregistrement

4.

Adr S	AdrD
-------	------

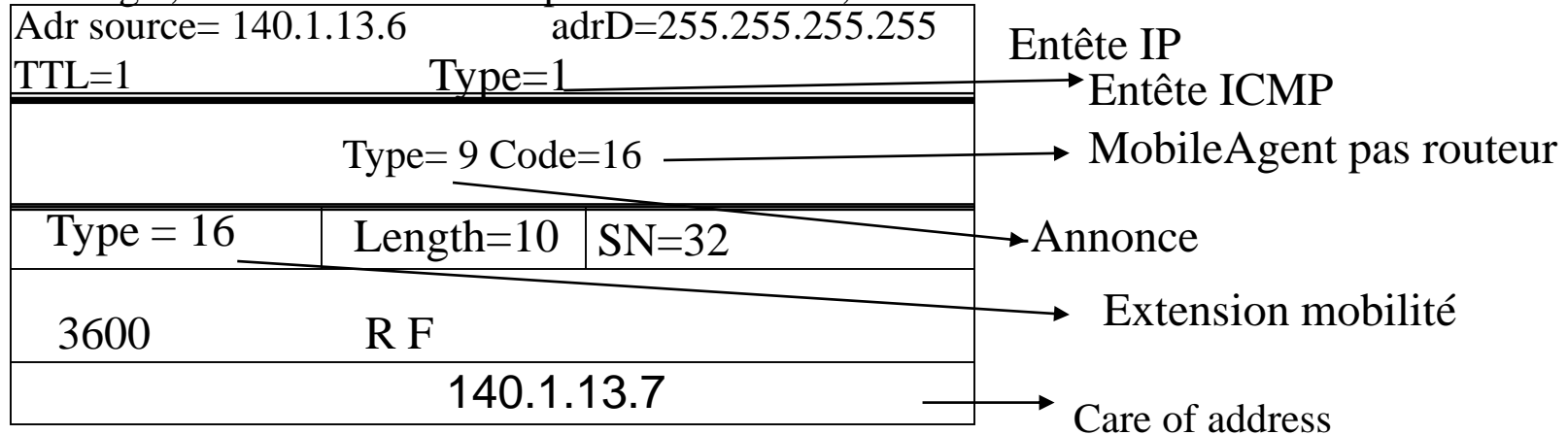
## 5 Relayage vers le mobile

Adr S=	TTL= 1	AdrD=	Entête IP
Port S=		Port D=	Entête UDP
Type=3 (tous les drapeaux à 0)		1800	Réponse Enregistrement
130.14.13.12		130.1.13.5	

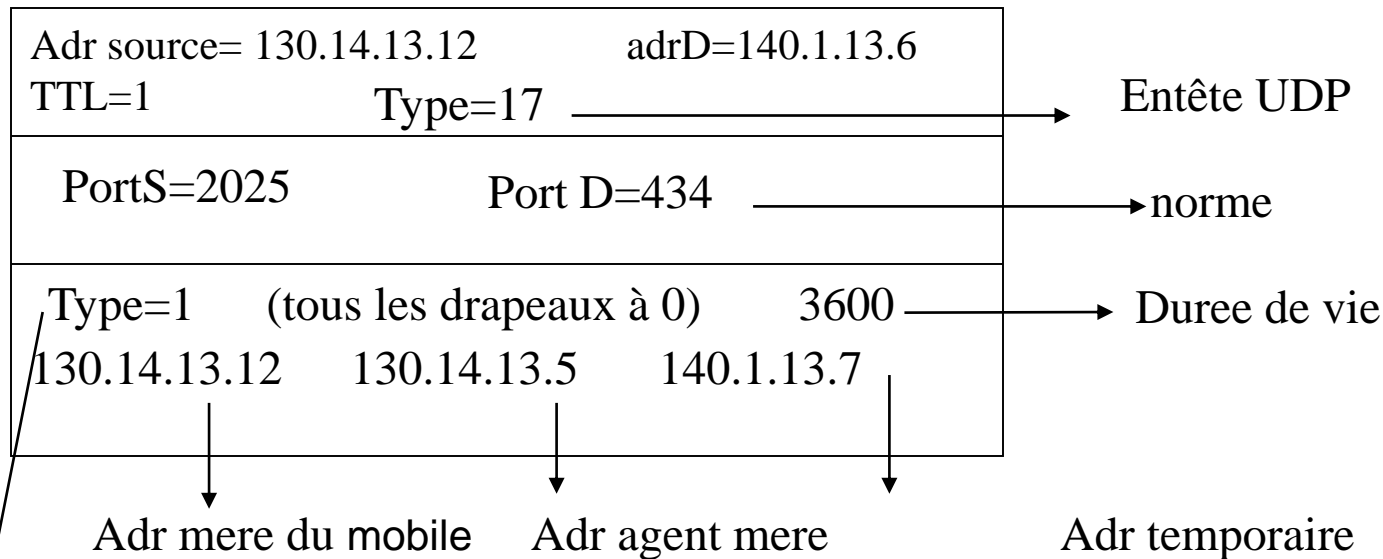
## 6. Données reçues par le mobile de son correspondant



1. Le mobile entend l'annonce de l'agent Etranger: c'est sa 32 ème annonce, il n'est pas surchargé, et fonctionne en encapsulation IP to IP, sans tunnel inverse



2. Il envoie son enregistrement en ne souhaitant pas de redirection des diffusions, ni de multilocalisations



Requete d'enregistrement

## 3. Relayage vers l'agent mere

Adr S= 140.1.13.6	TTL= 64	AdrD= 130.14.13.5	Entête IP
Port S= Agent Etranger		Port D=434	Entête UDP
Type=1	(tous les drapeaux à 0)	3600	Enregistrement
130.14.13.12	130.14.13.5	140.1.13.7	

## 4. Réponse d'enregistrement agent mere

Adr S=130.14.13.5	AdrD= 140.1.13.7	adr T
Port S= 434	PortD= Agent etranger	
Type=3	Code=0	Durée=1800
AdrMere=130.14.13.12	Adr Agent mere=	130.14.13.5

## 5. Relayage vers le mobile

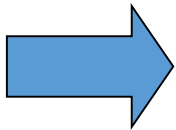
Adr S= 140.1.13.6      TTL= 64      AdrD= 130.14.13.12			Entête IP
Port S= Agent etranger		Port D=2025	Entête UDP
Type=3	(tous les drapeaux à 0)	1800	Réponse Enregistrement
130.14.13.12	130.14.13.5		

## 6. Transfert de données

Agent mère		Adr temporaire	
Type=4	AdrS= 130.14.13.5	AdrD=140.1.13.7	Encapsulation IP/IP
AdrS= 123.112.113.114		AdrD 130.14.13.12	
			Paquet emis par le correspondant

# C-Optimisation de Routes et Détection de changement de réseau

- A.Introduction
- B. Mobilité de terminal: MIP
- C. Optimisation de Routes et Changement de réseau
  - Principe des Optimisations
  - Gestion rapide des hand overs FMIP
- D. Autres solutions MIPv6, HMIP,Nemo,PMIP,LISP
- E. Gestion de la mobilité au dessus/dessous de IP





# 1- Principes des optimisations MIP

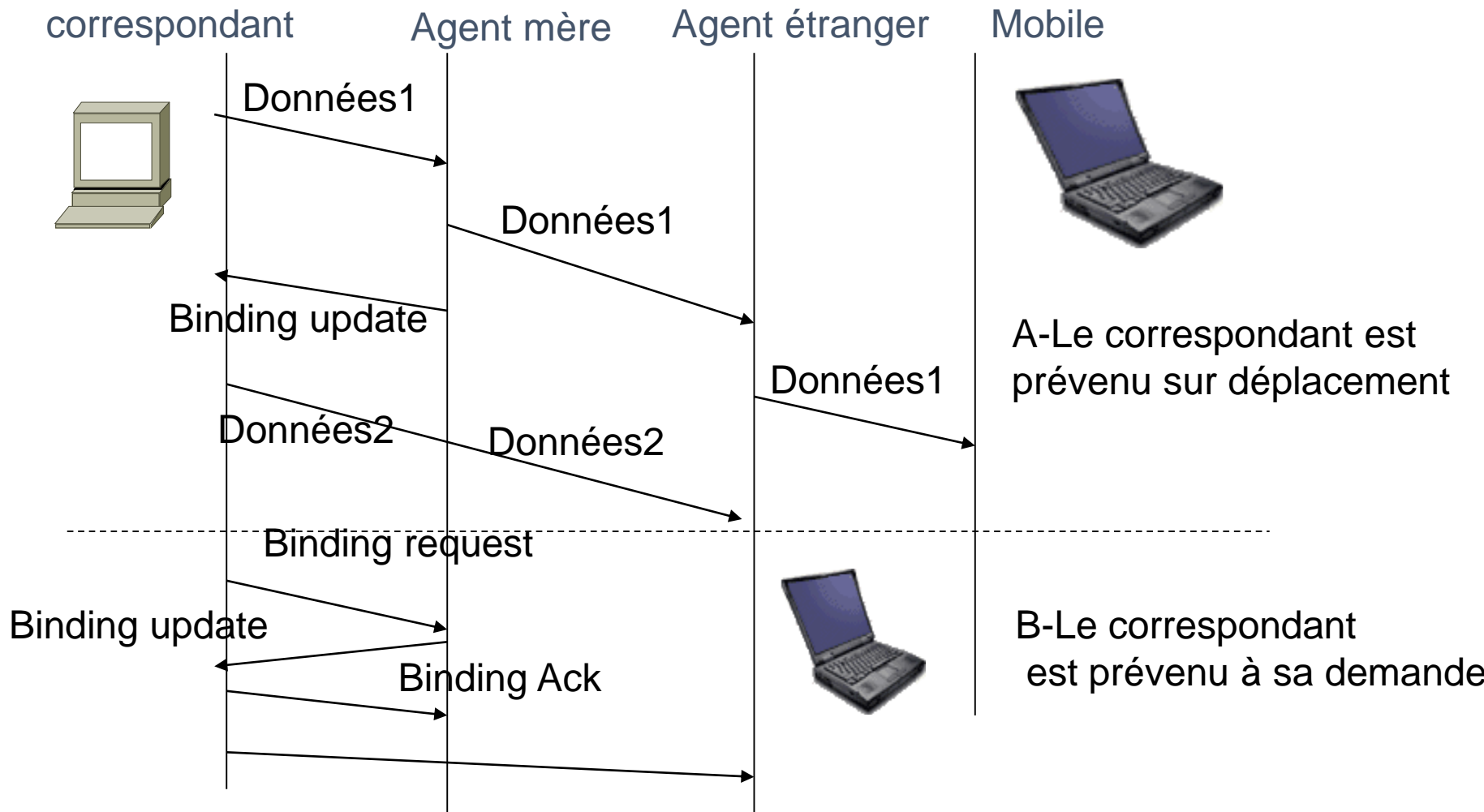
## Le but

- diminuer les **délais**
  - éviter la perte de paquets
- diminuer la **signalisation**
  - économiser la bande passante
- Exemples
  - Optimisation « de routes »
  - Optimisation « hand over »

## 1.1 Optimisation de routes V4

### Problème du routage triangulaire

- But optimisation : enlever le triangle de redirection en prévenant le correspondant
- Idée : le correspondant apprend la position du mobile, émet/tunelle directement à cette position
  - L'agent mère prévient le correspondant de la nouvelle adresse du mobile
- Les moyens : Messages Binding Request Binding update, Binding ACK
- Problème de sécurité



## 1.2 Optimisation pour le changement de réseaux –smooth hand off/over

### Cas de changements successifs de réseaux visités par le mobile

- Le problème : éviter les perte de paquets en transit
- Idée : le nouvel agent informe l'ancien agent qui
  - redirige les paquets,
  - désenregistre le mobile visiteur

Illustration- : 1-prévenir l'agent mère -l'ancien agent étranger-

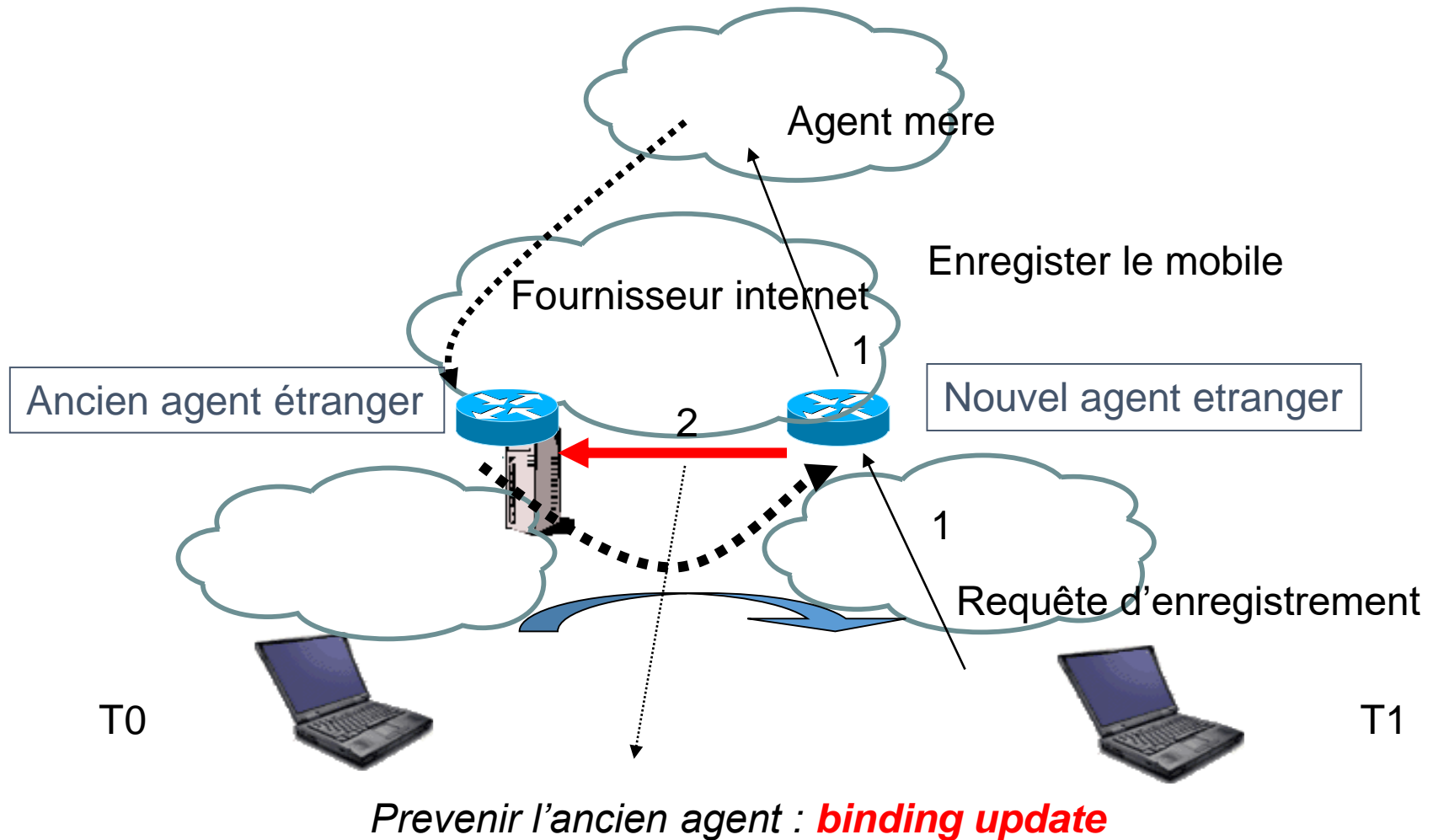
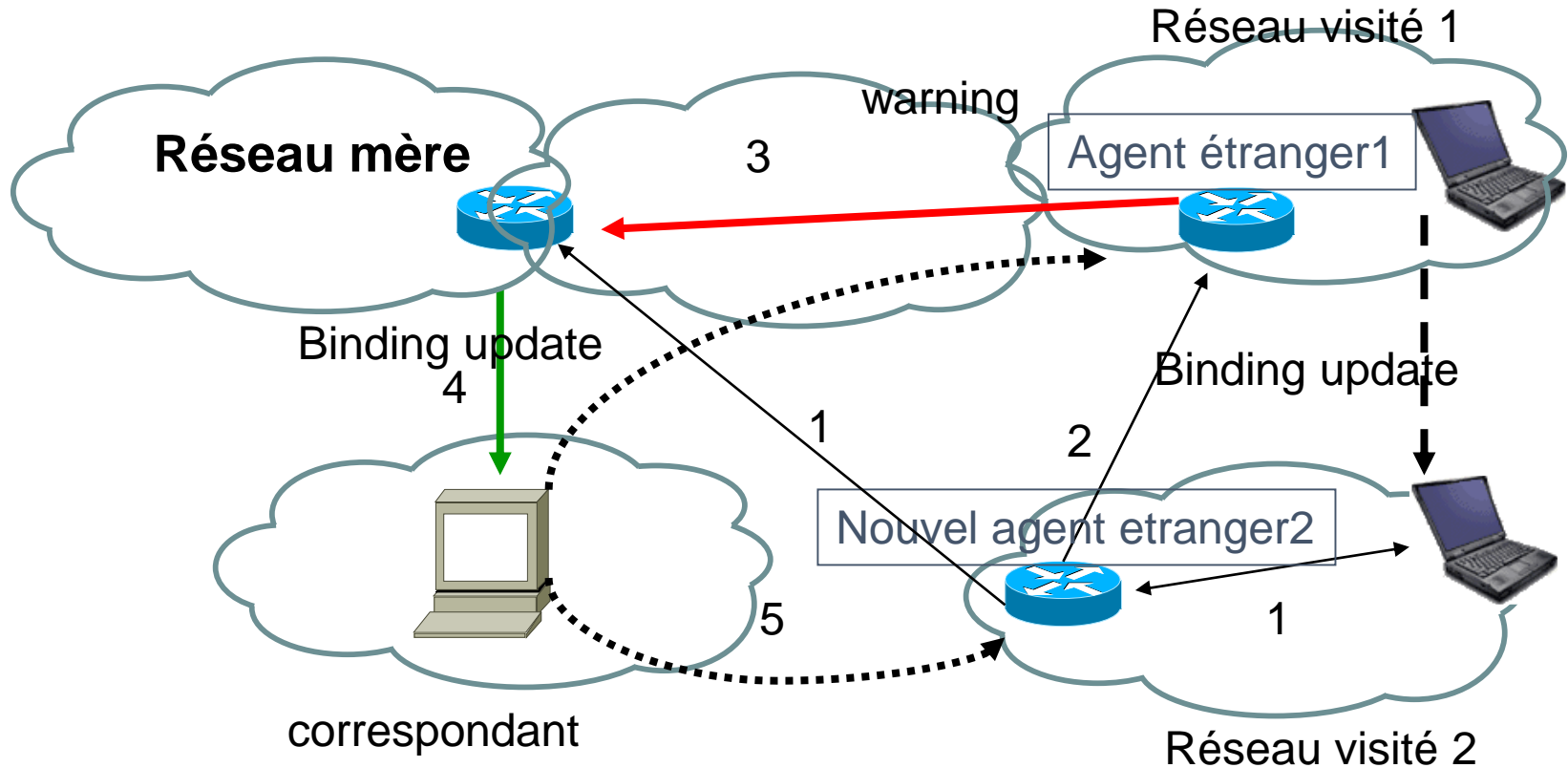


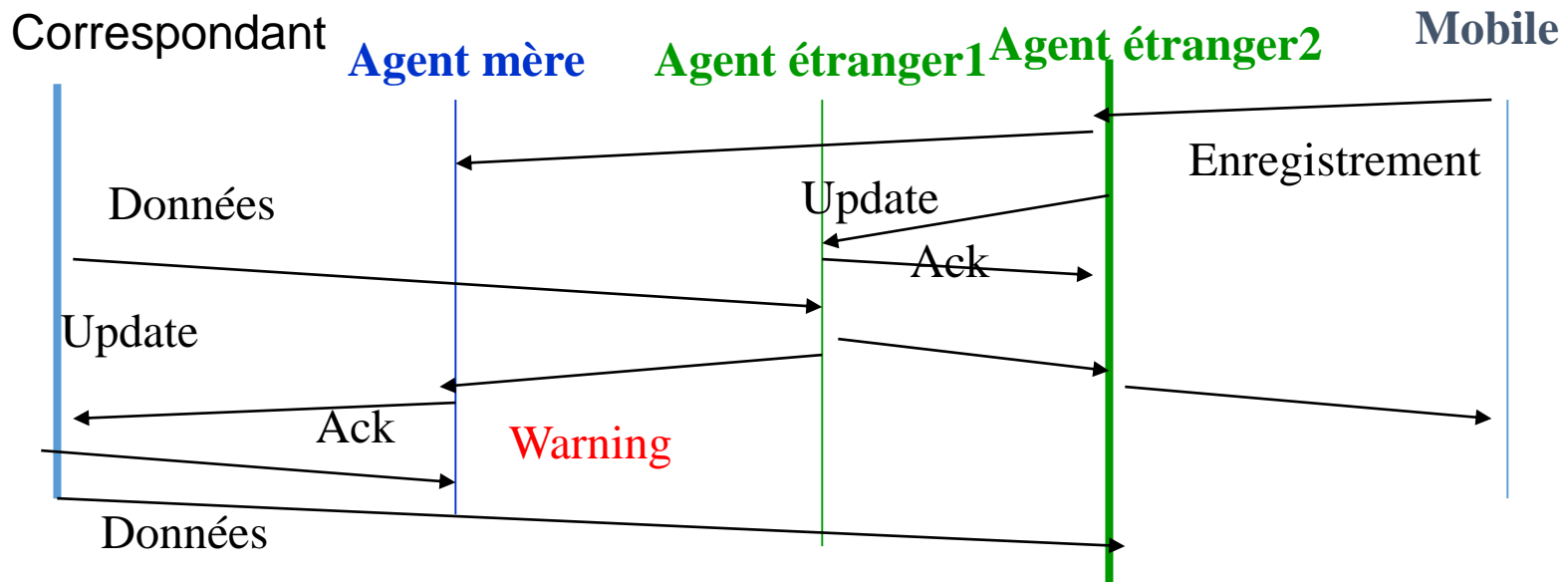
Illustration : Optimisation de routes : 3-l'ancien agent prévient l'agent mère, 4-le correspondant est prévenu par l'agent mère



*Prevenir le correspondant : warning*

*Prevenir le correspondant : **binding update***

Les échanges pour l'optimisation de routes dans le cas de modifications successives de réseaux



## 3.2 FMIP: accélération des hand over Mobile IPv6 Fast Handovers RFC 5268

### Objectif : améliorer les délais

- Les sources de délais
  - détection du mouvement
  - configuration de la nouvelle adresse temporaire
- Idée : **make before break**
- accélérer la détection de mouvement en utilisant le niveau 2
  - le protocole MIP6 est indépendant de la technologie sous-jacente  
=> utilisation des travaux IEEE 802.21
  - accélérer la configuration
    - en ayant deux adresses une dans le réseau que l'on quitte et une dans le nouveau réseau
    - en émettant la mise à jour dès que l'adresse du nouveau réseau est disponible



# Les types de basculement de réseau

ICMPV6 154

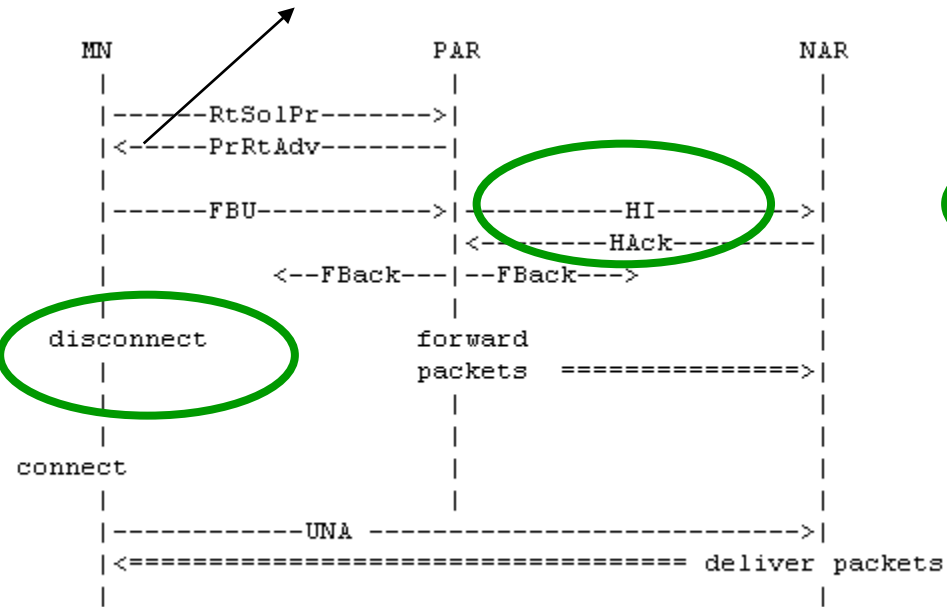


Figure 2: Predictive Fast Handover

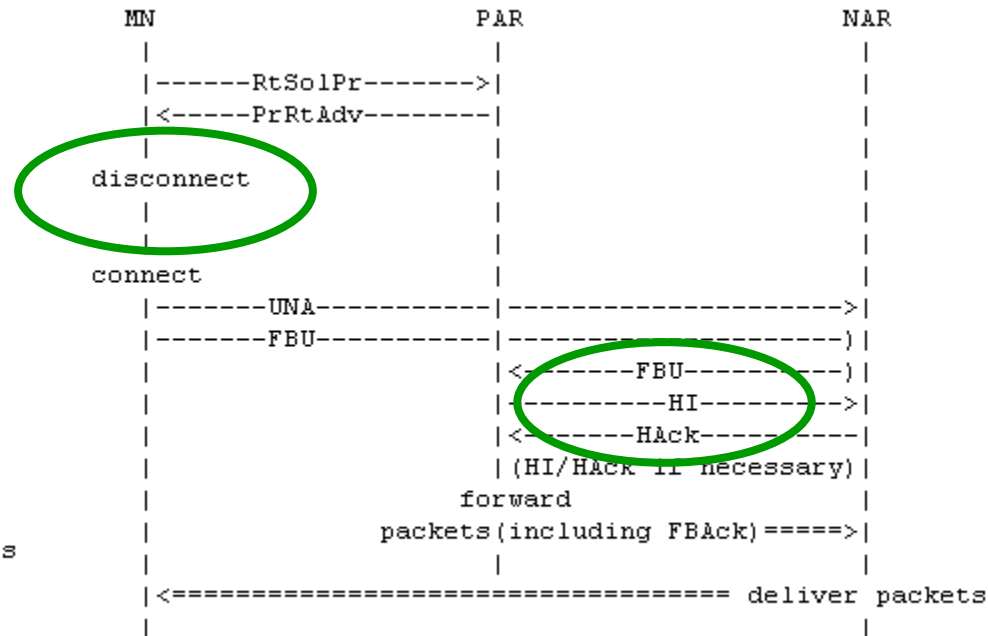


Figure 3: Reactive Fast Handover

## Les messages FMIP

- Fast Binding Update (FBU): A message from the MN instructing its PAR to redirect its traffic (toward NAR).
- Fast Binding Acknowledgment (FBack): A message from the PAR in response to an FBU.
- Unsolicited Neighbor Advertisement (UNA): The message in [RFC4861] with 'O' bit cleared.
- Fast Neighbor Advertisement (FNA): This message from RFC 4068 [RFC4068] is deprecated. The UNA message above is the preferred message in this specification.
- Handover Initiate (HI): A message from the PAR to the NAR regarding an MN's handover.
- Handover Acknowledge (HACK): A message from the NAR to the PAR as a response to HI.

## Exemple de Fonctionnement FMIP prédictif

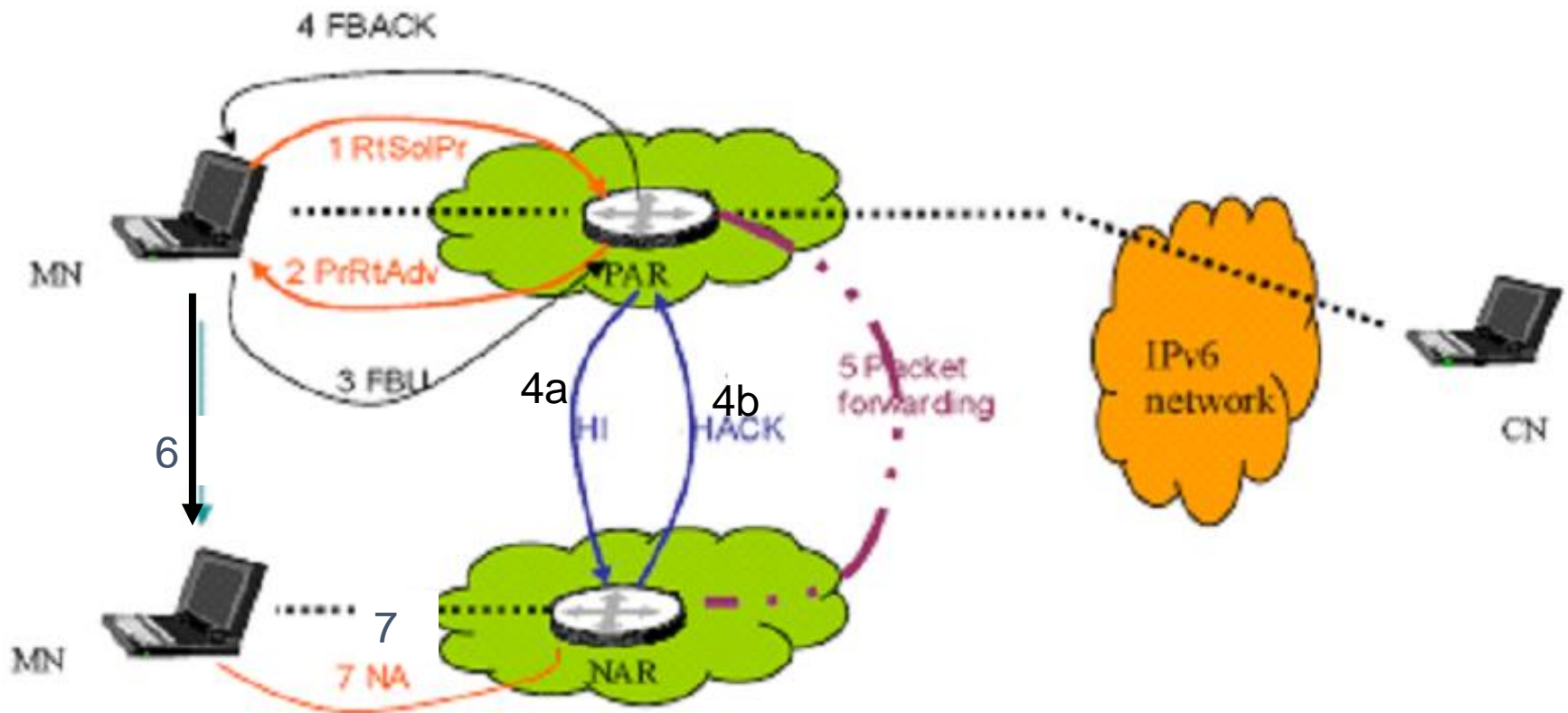
le mobile dans un réseau visité attaché à un routeur supportant le Fast Hand over

- découvre un nouveau point d'accès (N2)=> il demande a son routeur des informations : *Router Solicitation for Proxy Advertisement (RtSolPr)* (2)

Le routeur renvoie les informations au mobile *Proxy Router Advertisement (PrRtAdv)*

- Le mobile demande un hand hover rapide à son routeur : Fast binding update (3)
- Le routeur actuel émet vers le nouveau routeur pour établir un tunnel (pour récupérer les données en transit), qui repond: *Handover Initiate (4a HI) Handover Acknowledge (4b HAcK)* , le routeur prévient le mobile *Fast Binding acknowledge (4c FBACK)*
- *Le mobile effectue le hand over*
- Le mobile emet un message de présence dans le réseau Fast Neighbor adverstisement/ (UNA)

## Illustration FMIP



## A propos des solutions en IPV4

- Inspirées de MIPv6
  - optimisation de routes native en v6
  - sécurité intégrée
- Les travaux IETF sont en V6 et adaptés à V4
  - HMIPv6, PMIPv6, Nemo....
  - ,

## Sur la mobilité MIP « terminale »

- Q1 A quoi sert l'adresse CoA 'care of address' ?
- Q2 Quelle différence y a-t-il entre nomadisme et mobilité ?
- Q3 Quest-ce qu'un agent mère ? un agent étranger ?
- Q4 Quels sont les protocoles utilisés pour mettre en place le service de mobilité en IPv4 ?
- Q5 MIP définit des échanges entre quels types d'agents ?
- Q6 A quoi servent les échanges entre agents étrangers ?
- Q7 Qu'appelle-t-on un handover prédictif ? Peut-on faire autrement ?
- Question : formulez une question et sa réponse