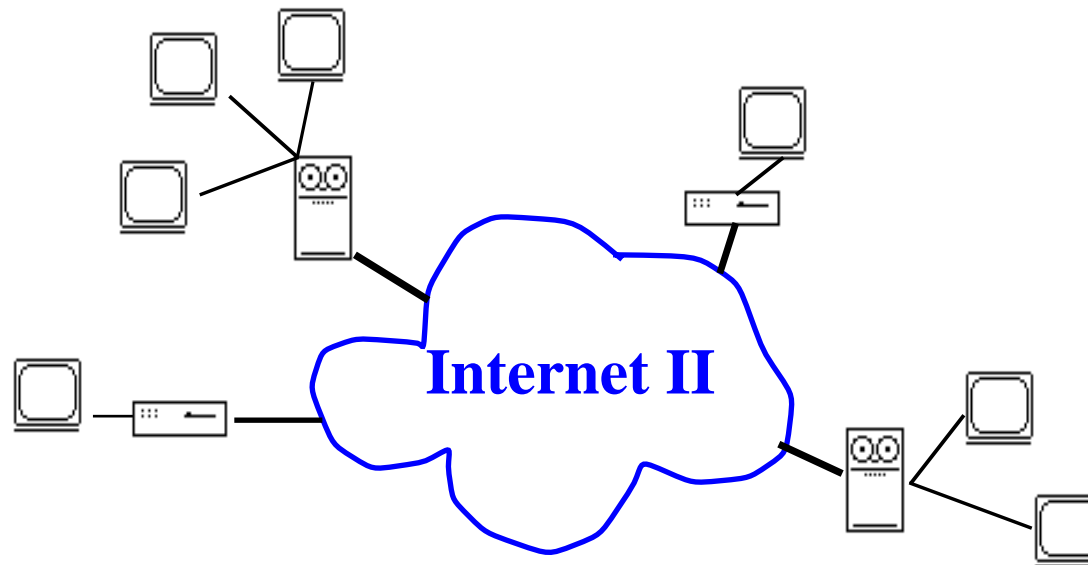


Approfondissement des protocoles d'Internet

©b

par Bernard COUSIN



Plan général

- Le protocole ARP
- Le protocole ICMP
- Le protocole RIP
- Le protocole SNMP
- Le protocole DNS
- Le protocole IPv6

Bibliographie générale

- D.E. Comer : TCP/IP, architecture, protocoles applications, InterEditions - 1992.
- J. Davidson : Introduction à TCP/IP, Masson - 1991.
- L. Toutain : Réseaux locaux et Internet, Hermès - 1996.
- C. Huitema, Le routage dans l'Internet, Eyrolles - 1996.
- W.R. Stevens, TCP/IP illustrated, Addison-Wesley - 1995.

Résolution d'adresse

PLAN

- Introduction
- Résolution directe
- Résolution par processus d'interrogation
- Optimisation
- Le protocole ARP
- Le protocole RARP
- Conclusion

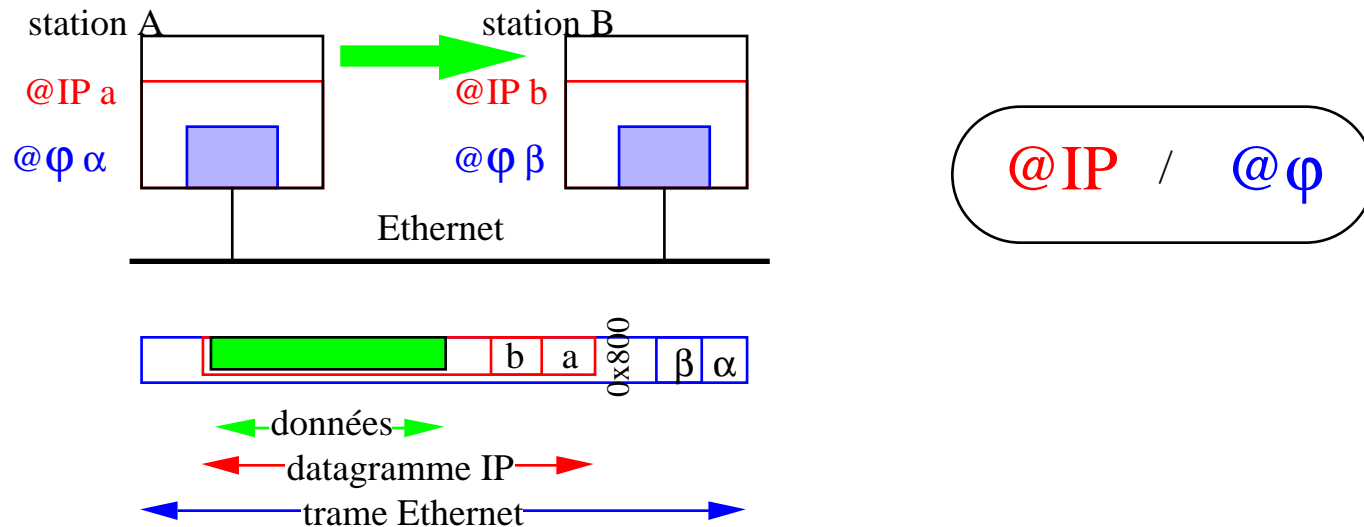
1. Introduction

La transmission d'un datagramme IP entre 2 stations utilisent les entités de la couche inférieure :

- le réseau local sous-jacent et leurs trames.

2 stations situées dans un même (sous-)réseau ne peuvent communiquer que si elles connaissent leurs adresses de niveau inférieure :

- leurs adresses physiques (par exemple @IEEE 802= @MAC=@Ethernet).



On parlera d'adresse physique et on notera @φ, l'adresse de niveau inférieure sans référence à la couche Physique !

2. Résolution directe

2.1. Définition

Il existe une fonction (mathématique) simple associant une adresse physique à une adresse IP :

$$F(@IP) = @\phi$$

Par exemple l' $@\phi$ est une partie de l'adresse IP :

- . soit un adressage IEEE 802 de format court (16 bits),
- . soit un adressage IP de classe B,
le champ *hostid* (16 bits) sera l'adresse Ethernet de la station !

Il faut être capable de choisir les adresses affectées à une station pour pouvoir respecter la fonction de résolution d'adresse :

- processus complexe car il faut assurer l'unicité de chaque adresse.
- les adresses sont parfois affectées définitivement aux équipements (la plupart des cartes Ethernet ont leurs adresses figées)

Certaines adresses physiques sont plus longues que les adresses IP :

- format long IEEE 802 = 48 bits !

2.2. Exemple de résolution directe

Les adresses IP de classe D, dites multicast, sont associées aux adresses MAC par la fonction de résolution suivante :

- adresse IP multicast -

1110 xxxx xabc defg hijk lmno pqrs tuvw

23 bits de poids faibles

- adresse IEEE 802 de groupe -

0000 0001 0000 0000 0101 1110 xabc defg hijk lmno pqrs tuvw

Note :

- . plusieurs adresses IP multicasts sont associées avec la même adresse IEEE 802
- . par exemple : 224.1.2.3 et 225.129.2.3 \Rightarrow 01 00 5E 01 02 03

2.3. Problèmes avec la résolution directe

Si la fonction de résolution est trop particulière :

- . une description exhaustive de la fonction est nécessaire

Table de résolution :

- . liste de couples $\langle @IP, @\phi \rangle$

Cette description est statique :

- . informations fournies par l'administrateur

La table peut être très (trop) grande

- . difficulté de mise à jour,
- . maintien de la cohérence (oublis, erreurs).

 gestion automatique et dynamique

3. Résolution par processus de recherche

3.1. Principe

La station qui recherche à connaître l'adresse ϕ d'une station dont elle connaît l'adresse IP :

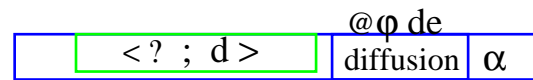
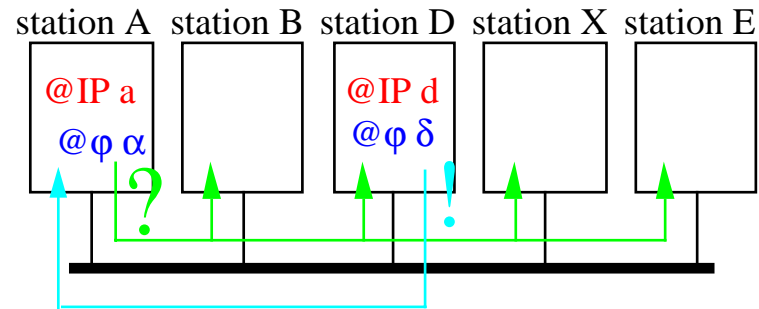
- pose la question à la ronde :
 - . en diffusant un **message de demande** contenant l'adresse IP recherchée.
- elle attend la réponse :
 - . réception d'un **message de réponse** contenant le couple adresse IP/ adresse ϕ

Toute station est à l'écoute des messages de demande de résolution d'adresse

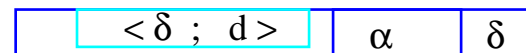
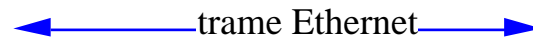
- si la station se reconnaît :
 - . réception d'un **message de demande** contenant une adresse IP correspondant à celle de la station
- la station répond :
 - . émission d'un **message de réponse** contenant le couple adresse IP/ adresse ϕ .

Hyphothèse : toute station connaît sa propre adresse ϕ .

3.2. Exemple



message
de demande



message
de réponse

3.3. Remarques

Comment faire parvenir un message de demande à une station dont on ignore l'adresse ϕ ?

- . l'adresse ϕ utilisée est de type “broadcast” (=0x FF ... FF).

Quel est le coût de cette diffusion (transmission “broadcast”) ?

- . la même qu'une transmission unicast sur les réseaux locaux (diffusion naturelle).
- . cela peut être très coûteux, sinon.

Comment le message de réponse est-il retourné ?

- . dans une trame ayant une adresse ϕ normale (celle du demandeur).

Comment le répondeur connaît la station qui a émis la demande ?

- . l'adresse ϕ (et l'adresse IP) du demandeur figure explicitement dans le message de demande (par ailleurs, l'adresse ϕ du demandeur figure également dans la trame : champ SA).

Coût :

- . 3 trames échangées pour un datagramme envoyé.
- . toutes les stations du RL ont été interrompues par la diffusion du premier message.

4. Le cache

4.1. Présentation

Chaque station maintient un **cache des adresses** les plus récemment utilisées dans une table d'association d'adresse.

@IP	@φ

utilisation



Lors d'une tentative de résolution d'adresse :

- la station consulte préalablement la table d'association d'adresse.
- si une entrée correspond à l'adresse recherchée, on s'en sert !
- sinon la station diffuse un message de demande de résolution.

mise-à-jour



Lors d'une réception d'un message de réponse de résolution :

- la station consulte la table d'association d'adresse.
- si une entrée correspond à l'adresse reçue, la station la met à jour.
- sinon on crée l'entrée correspondante,
- en réquisitionnant, si besoin, l'entrée la plus anciennement référencée (LRU).



Plus la table est petite plus la recherche est rapide

Initialement :

- la table d'association d'adresse est vide.

4.2. Précisions

Les informations contenues dans la table peuvent ne pas être à jour :

- . changement d'adresse ou déplacement d'une station.

☞ Les entrées de la table d'association ont une durée de vie limitée (20mn):

- . limitation de l'encombrement de la table

Les messages de demande et de réponse peuvent être perdus ou corrompus :

- . le demandeur arme un temporisateur à chaque demande de résolution,

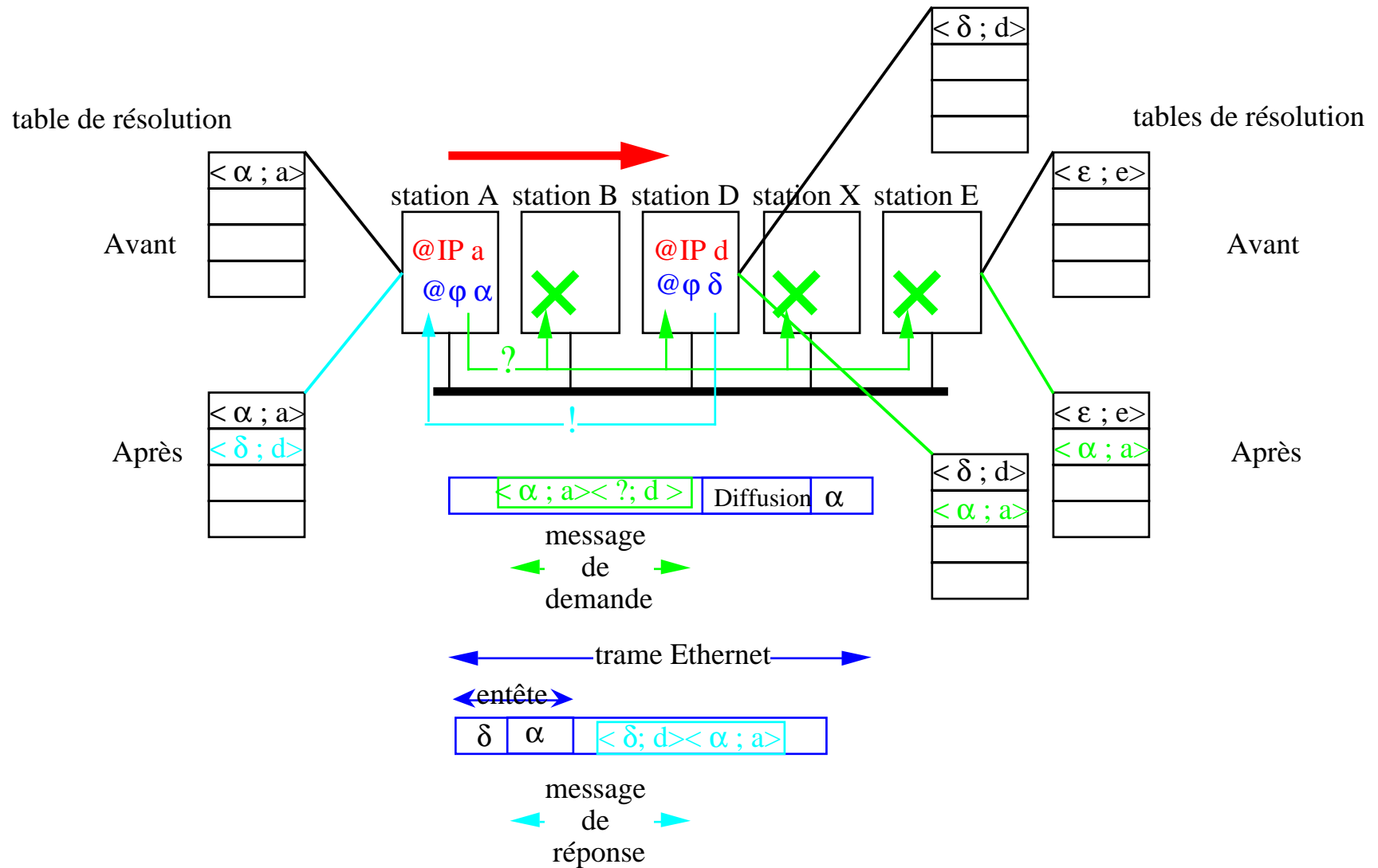
- . il retransmet une nouvelle demande si le temporisateur se déclenche.

Chaque station recevant un message de demande de résolution (notamment celle répondant à cette demande) :

- . peut mettre à jour sa table de résolution avec les informations concernant la station qui a initié cette demande de résolution.

- . les messages (de demande et) de réponse de résolution d'adresse comportent une paire de couples <adresse \varnothing ; adresse IP>

4.3. Exemple de cache



5. Le protocole ARP

5.1. Introduction

Address Resolution Protocol

RFC 826

RFC 814 (généralités), 1010 (n°), 1029 (tolérance aux fautes).

Fonction :

- . Traduction d'adressage **localement** (au sein du même sous-réseau IP)
- . Automatiquement et dynamiquement

Générique :

- . Méthode de résolution indépendante de la forme de l'adressage
- . Pour tous réseaux

5.2. La commande ARP

arp <hostname> :

. résout l'adresse de la station passée en paramètre

arp -a :

. visualise le contenu de la table

arp -s <hostname> < ϕ -address> :

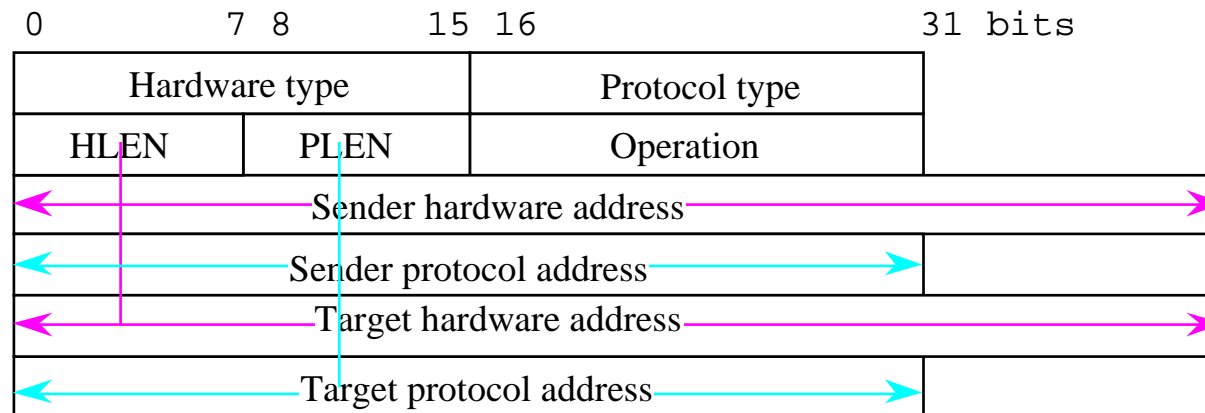
. ajoute une entrée dans la table d'association d'adresse

arp -d <hostname> :

. supprime une entrée de la table d'association d'adresse

 man arp

5.3. Le format des messages ARP



Format générique :

- dénomination :

Hardware : Ethernet (physique !)

Protocol : Internet

- longueur des adresses :

HLEN : hardware address length

PLEN : protocol address length

5.4. Les champs des messages ARP

Hardware/ Protocol type code :

- . Ethernet = 0x001
- . Internet = 0x800

Hardware/ Protocol address length :

- . longueur des adresses en octets,
- . HLEN = 6 pour Ethernet; PLEN = 4 pour IP.

Operation code:

- . ARP request = 1
- . ARP response = 2
- . RARP request = 3
- . RARP response = 4

Lors de la réponse le contenu des champs Sender et Target sont échangés :

- . dans le message de réponse, le contenu des champs Target et Sender est l'inverse du contenu de ces champs dans le message de demande.

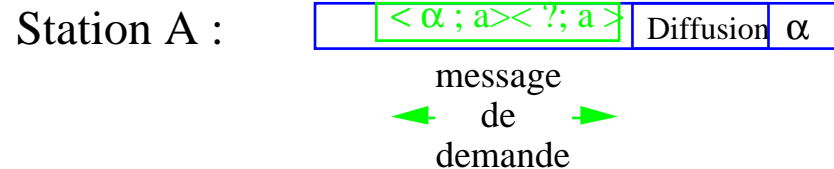
5.5. Gratuitous ARP

Démarrage :

Lors du lancement d'une station celle-ci peut émettre gratuitement (sans nécessité) un message de demande de résolution d'adresse sur sa propre adresse:

- . elle s'assure que son adresse IP est unique.
- . les autres stations apprennent son adresse ϕ .
- . les autres stations mettent à jour leur entrée :
 - la station a changée de carte de communication donc d' $@\phi$.

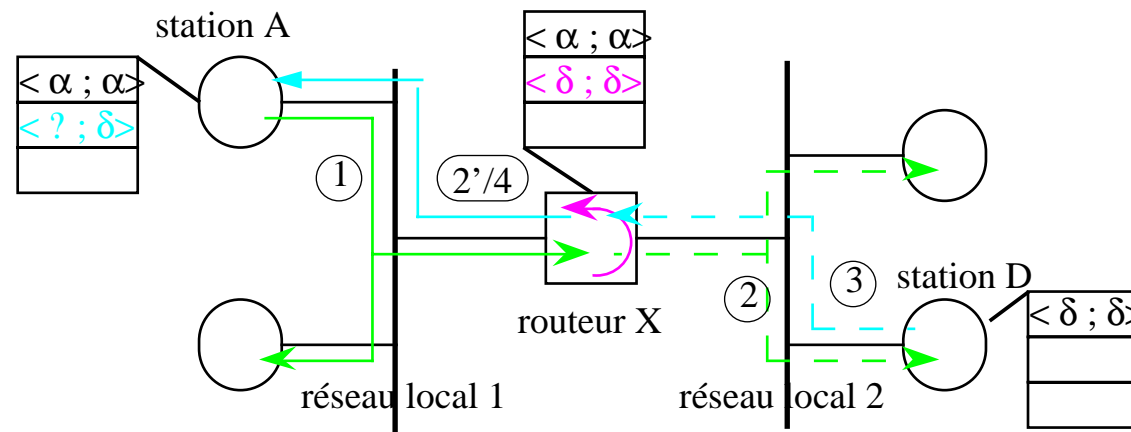
⇒ Gratuitous ARP



5.6. Proxy ARP

Que se passe-t-il lorsque les deux stations ne sont pas sur le même réseau local ?
Les deux réseaux locaux sont interconnectés par :

- . un **pont**
 - les trames sont correctement diffusées ou transmises.
 - . un **routeur**
 - si les deux réseaux locaux forment un seul (sous-)réseau IP
 - il doit propager les messages de demande de résolution d'adresse
 - il est l'intermédiaire entre le demandeur et le répondeur
 - il fonctionne en tant que “**Proxy**“, en mode “**promiscuous**“:
 - . il est considéré comme le demandeur par le répondeur
 - . il est considéré comme le répondeur par le demandeur
- ⇒ il peut utiliser sa table d'association comme cache !

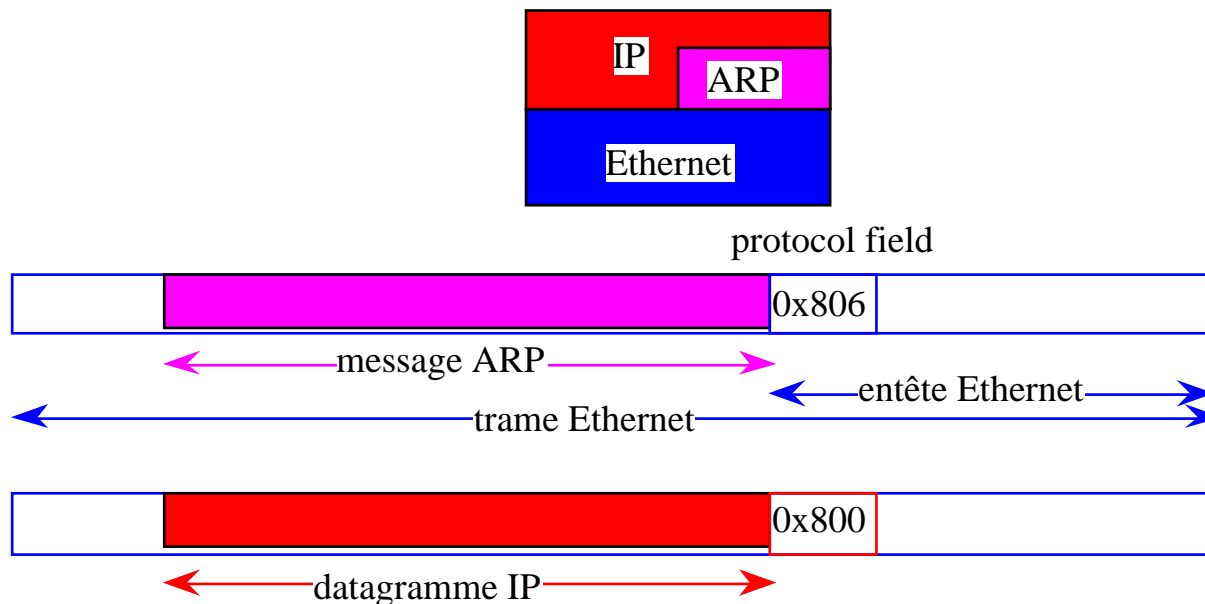


5.7. ARP / IP

Les messages ARP sont directement placés dans les trames de la couche inférieure (physique, “hardware”, par ex. : trame LdD, Trame MAC, trame Ethernet)

- . Par exemple dans les trames Ethernet
- . les messages ARP n'utilisent pas les datagrammes IP !

Le protocole IP a besoin du protocole ARP pour connaître les adresses Ethernet afin de transmettre ses datagrammes dans les trames Ethernet.



6. RARP

6.1. Introduction

Reverse Address Resolution Protocol : RFC 903

RFC 906 (“diskless station bootstrapping”)

Fonction inverse de ARP : permet de connaître l'adresse IP d'une station à partir de son adresse ϕ .

Utilisé lors de leur démarrage par :

- . les stations sans disque (Terminal X-windows)
- . les stations nomades (mobiles)

Contrairement à ARP :

- . où chaque station doit répondre en son propre nom

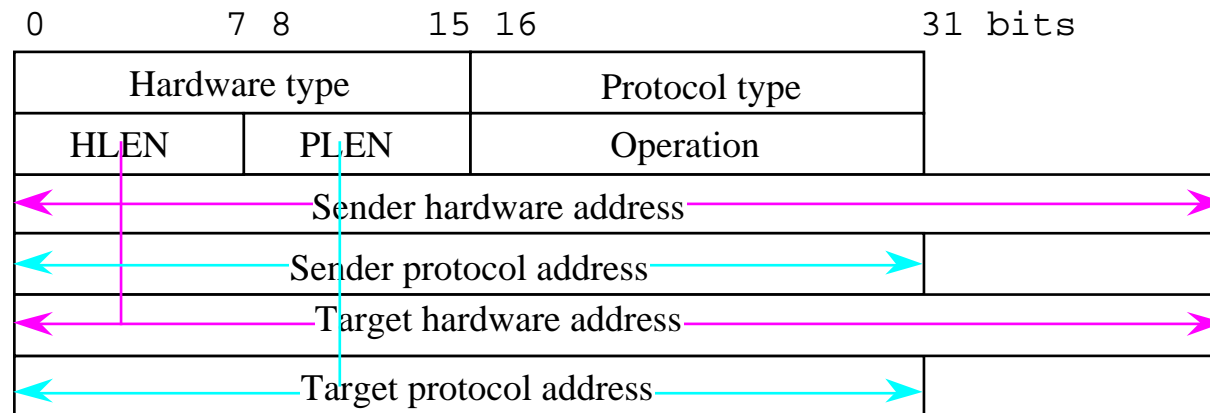
Pour RARP :

- . il faut un processus (serveur) sur au moins une des stations du réseau local : **rarpd**
- . qui connaisse (qui attribue) ces associations : `/etc/ethers`

6.2. Les messages RARP

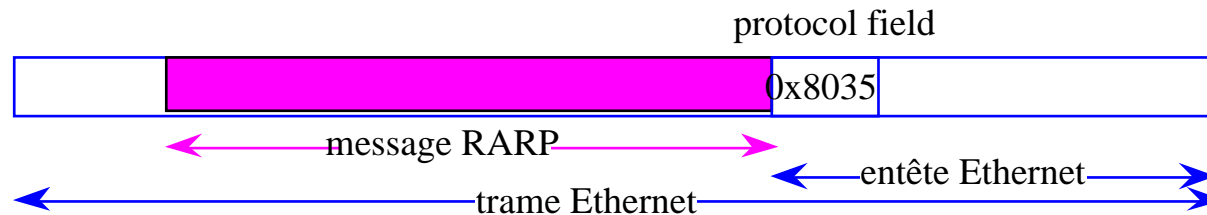
Le format des messages RARP est le même que celui de ARP :

- . RARP request (code=3)
- . RARP response (code=4).



Les messages RARP sont transportés dans des trames Ethernet :

- . le code du champ Protocol est égal à 0x8035.



6.3. Implémentation

Perte de messages de demande ou de réponse RARP :
. retransmission sur time-out (1s) par le demandeur.

Panne de serveur RARP :
. présence de serveurs RARP secondaires,
. les serveurs secondaires répondent, après un délai **aléatoire**, que s'ils n'ont pas vu passer de réponse préalable.

7. Conclusion

7.1. Présentation

Le problème de résolution d'adresse est général :

- . nous l'avons traité pour IP et Ethernet : @IP \Rightarrow @ \varnothing
- . mais il se pose lorsque toute entité protocolaire de niveau n utilise un réseau de niveau $n-1$ pour acheminer ses données.
- . autres exemples :
 - traduction de noms : DNS (nom \Rightarrow @IP)
 - IP on X25.3, IP on ATM, etc.

Solutions :

- . Résolution directe par connaissance interne : @IP multicast \Rightarrow @ \varnothing
 - rapide mais statique et risque d'incohérence
- . Résolution par processus de recherche : ARP
 - dynamique, automatique
 - amélioration des performances \Rightarrow cache (table d'association)
- . Résolution inverse : RARP (@ \varnothing \Rightarrow @IP)

7.2. Exemple d'utilisation

