

## Bases Internet Protocol

Alex Corenthin

## Présentation générale

- TCP/IP = suite de protocoles "réseau"
  - Protocoles publics
  - Adressage logique
  - Protocole "routable"
  - Service de "nommage"
  - Contrôle des erreurs et flots de données
  - Support applicatif (ports)

## Organisation

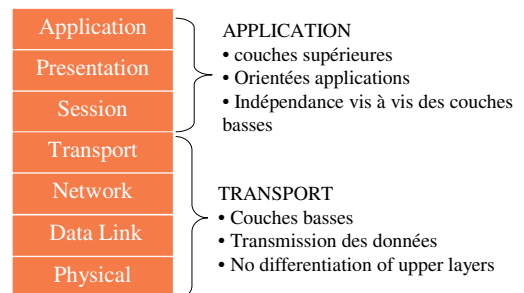
*TCP/IP = protocole ouvert, public*

### ISOC (Internet Society)

- IAB (Internet Architecture Board)  
Gestion et fonctionnement d'internet
- IETF (Internet Engineering Task Force)  
Spécifications techniques d'internet
- IANA – Autorité d'Assignment de ressources Internet
- IRTF (Internet Research Task Force)  
Recherches autour de TCP/IP

RFC : Request For Comments

## Modèle OSI



## Couche Physique: "Accès au réseau"

- Accès au réseau physique
- Envoyer et recevoir des datagrammes IP

- Interface avec la carte réseau
- Coordination de la transmission des données
- Formatage des données
- Conversion des signaux analogiques/numériques
- Contrôle d'erreurs des trames

(ajout d'infos, contrôle à l'arrivée, accusés de réception,...)

Ethernet, Token Ring, FDDI, SLIP, PPP,...

## Couche Liaison: Transmission sans erreur de codage

- Transmission sans erreur des datagrammes entre 2 systèmes adjacents.
- Masque aux couches supérieures les imperfections du moyen de transmission.
- Moyen: codage redondant (parité, ...)
- Le protocole de correction n'est pas forcément le même entre deux nœuds adjacents.

## Couche réseau: crée la « base » du réseau.

- C'est la « couche IP ».
- Permet à 2 systèmes non-adjacents de communiquer en se servant de relais.
- Notion d'@ est importante.
- Notion de table de correspondance entre @ et fils pour aiguiller les messages.
- **Routage:**

A. Corenthin - Bases IP

7

## Couche transport: Délivrer un message complet entre deux machines non-adjacentes.

- C'est la « couche UDP/TCP »
- Permet d'offrir un service constant, quelque soit les qualités du réseau utilisé.
- Permet de gérer la perte d'un paquet
- Réorganise les paquets à l'arrivée.

A. Corenthin - Bases IP

8

## Couches supérieures: Session, présentation et application

- La couche session permet d'établir une relation durable entre deux applications souhaitant coopérer (visio conférence...) (*pas obligatoire*)
- La couche présentation permet de résoudre les problèmes de codage des données hétérogènes (big/little endians).
- La couche application fournit les services de communication aux utilisateurs (mail, transfert de fichier, ...)

A. Corenthin - Bases IP

9

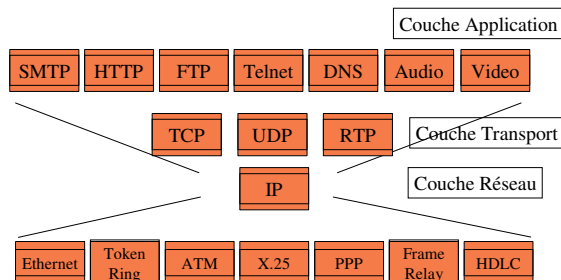
## OSI et TCP/IP

TCP/IP		
7	Application	Application <i>Mail, Web, etc.</i>
6	Presentation	
5	Session	
4	Transport	Transport <i>TCP/UDP - end to end reliability</i>
3	Network	Network <i>IP - Forwarding (best-effort)</i>
2	Data Link	Data Link & <i>Framing, delivery</i>
1	Physical	Physical <i>Raw signal</i>

A. Corenthin - Bases IP

10

## Couches de protocoles : Le modèle TCP/IP



A. Corenthin - Bases IP

11

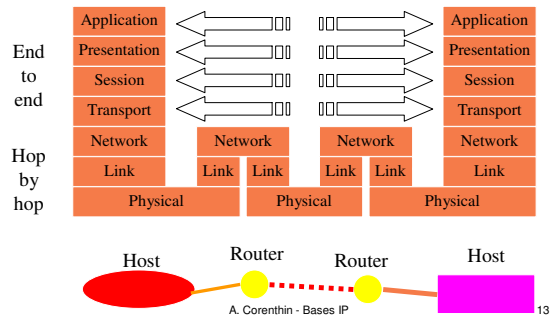
## Interactions entre couches

- ◆ Les couches Application, Presentation and Session et les protocoles associés sont en mode bout-à-bout (end-to-end)
  - ◆ Le protocole de Transport est end-to-end  
encapsulation/décapsulation à travers le protocole réseau sur les systèmes terminaux
  - ◆ Network protocol is throughout the internetwork  
encapsulation/décapsulation au dessus de la couche de données à chaque noeud
- Les couches liaisons et physiques peuvent être différentes à chaque noeud

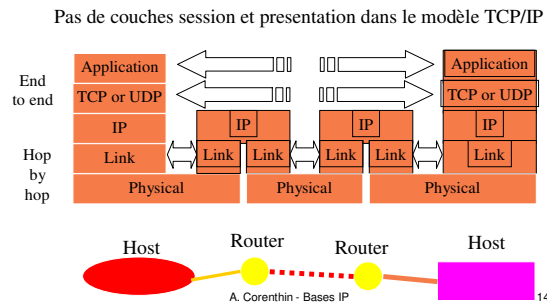
A. Corenthin - Bases IP

12

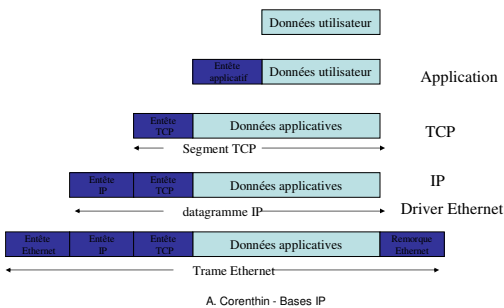
## Interaction entre couches: Modèle OSI à 7 couches



## Interactions entre couches : Modèle TCP/IP



## Encapsulation / Décapsulation



## Trame, Datagramme, Segment, Paquet

- Ce sont les différents noms des paquets à différents niveaux
- Trame Ethernet (couche liaison)
  - Datagramme IP (couche réseau)
  - Segment TCP (couche transport)
- La Terminologie n'est pas respectée
  - On utilise le terme "paquet" à tous les niveaux

A. Corenthin - Bases IP

16

## Couche 2 – Trame Ethernet

Preamble	Dest 6 bytes	Source 6 bytes	Length 2 bytes	Type 2 bytes	Data 46 to 1500 bytes	CRC 4 bytes
----------	-----------------	-------------------	-------------------	-----------------	--------------------------	----------------

- Adresses destination et source sont au format 48-bit (adresses MAC)
- Type = 0x0800 signifie que le champ données de la trame Ethernet contient un datagramme IP. Type = 0x0806 pour ARP.

A. Corenthin - Bases IP

17

## Couche 3 – Datagramme IP

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification		Flags	Fragment Offset	
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options			Padding	
Data				

- ◆ Version = 4
- ◆ If no options, IHL = 5
- ◆ Source and Destination are 32-bit IP addresses
- Protocol = 6 means data portion contains a TCP segment.
- Protocol = 17 means UDP.

A. Corenthin - Bases IP

18

## Layer 4 - TCP segment

Source Port		Destination Port	
Sequence Number			
Acknowledgement Number			
Data Offset	Reserved	U R G	A C K
		E C L	S O S
		R E S	S Y S
		F I N	W I N
Checksum		Urgent Pointer	
Options		Padding	
Data			

Source and Destination are 16-bit TCP port numbers (IP addresses are implied by the IP header)

If no options, Data Offset = 5 (which means 20 octets)

A. Corenthin - Bases IP

19

## Caractéristiques principales des Réseaux

### Caractérisation par :

- Type des connexions  
point à point / multipoint
- Topologie  
maillage / bus / anneau / étoile ...
- Taille du réseau  
LAN / MAN / WAN / internet

A. Corenthin - Bases IP

21

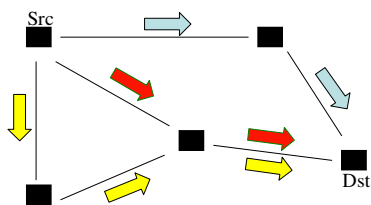
### Point à Point / Multipoint

- Liaison (connexion) point à point  
– un canal est dédié spécifiquement à la connexion de deux machines
- Réseau point à point  
– ensemble de liaisons point à point
- Liaison (réseau) multipoint  
– Un canal est partagé par un ensemble de machines

A. Corenthin - Bases IP

22

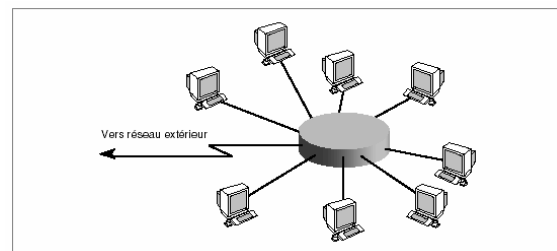
### Réseau point à point (Maillage) Problème du routage



A. Corenthin - Bases IP

23

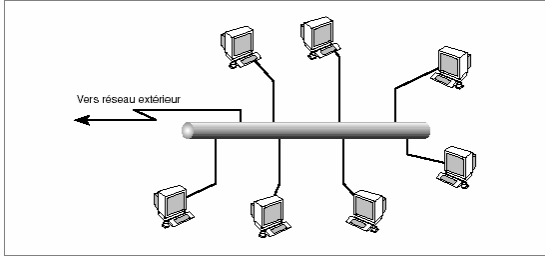
### Topologie en étoile



A. Corenthin - Bases IP

24

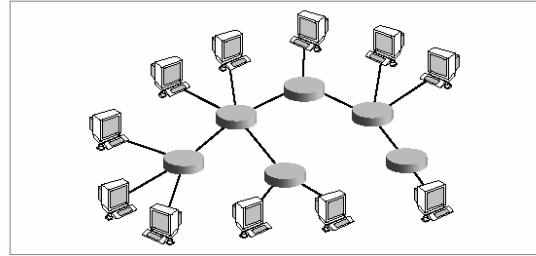
## Topologie en bus



A. Corenthin - Bases IP

25

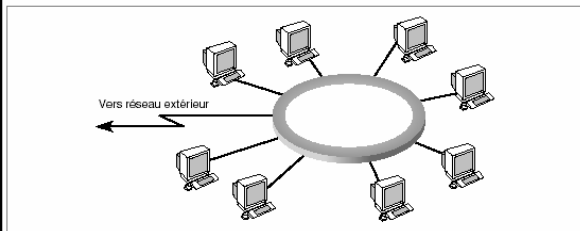
## Topologie en arbre



A. Corenthin - Bases IP

26

## Topologie en anneau

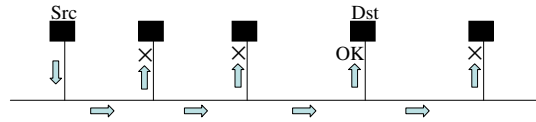


A. Corenthin - Bases IP

27

## Communication Unicast

- Une machine (source) envoie un message à une machine destination

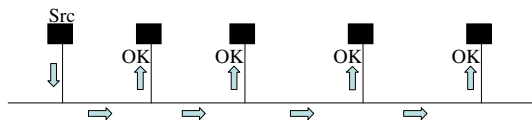


A. Corenthin - Bases IP

28

## Communication Broadcast

- Diffusion générale : une machine (source) envoie un message à toutes les machines

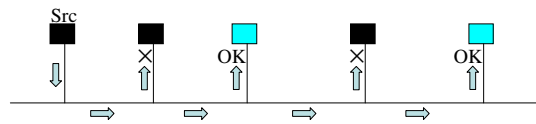


A. Corenthin - Bases IP

29

## Communication Multicast

- Diffusion restreinte : une machine envoie un message aux machines d'un groupe

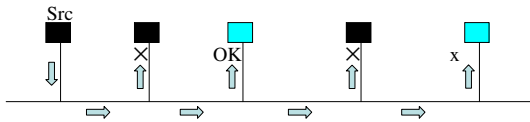


A. Corenthin - Bases IP

30

## Communication Anycast

- Une machine (source) envoie un message à une machine destination, délivré à la machine la plus **topologiquement** proche



A. Corenthin - Bases IP

31

## IP : Internet Protocol

- But: Acheminement des datagrammes d'une machine à une autre par des intermédiaires .
  - Adressage logique, indépendant du matériel (distribution supervisée des adresses)
  - Routage (comment ces adresses sont elles traitées?)
  - Correspondance entre adresse physique et adresse logique (DNS et DHCP)

A. Corenthin - Bases IP

32

## IP Internet Protocol (2)

- Le protocole IP définit :
  - La taille de l'unité de donnée, sa structure.
  - La fonction de routage, comment les machines et les passerelles doivent traiter les paquets.
  - Les messages d'erreur et leurs traitement.
- L'entête IP contient
  - Version, longueur, priorité, durée de vie, @ source et @ destination.
  - Options de routage, de traçage, ...

A. Corenthin - Bases IP

33

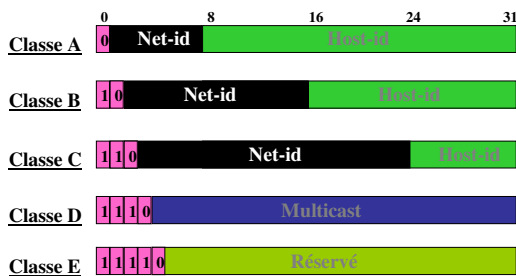
## Adressage IP

- Système de communication universel : établir une méthode générale d'identification des machines. actuellement en version 4.
- 32 bits utilisés, écriture en 4 fois 8 bits.  
 $11000000\ 10101000\ 00001020\ 10000010 = 192\ 168\ 10\ 130$
- Adresse = 32 bits = 4 octets = 4 entiers < 256
- Adresse est en 2 parties :
  - Net ID : Identifiant du réseau
  - Host ID : Identifiant de la "machine"

A. Corenthin - Bases IP

34

## Adressage IPv4 : 5 Classes d'adresses (Ancien modèle)



A. Corenthin - Bases IP

35

## L'adressage IP

L'adressage d'une machine/d'un réseau =  
 @ IP + masque sous-réseau (exception avec la notion de *classes*).

- 1 réseau IP = 1 plage IP constituée par :
- ✓ d'une adresse définissant le réseau (première adresse de la plage).
  - ✓ d'une adresse définissant le broadcast réseau (la dernière adresse de la plage).
  - ✓ d'adresses des hôtes uniques (toutes les autres adresses).

Il existe des exceptions : des plages IP réservées et d'autres à ne pas router.

A. Corenthin - Bases IP

36

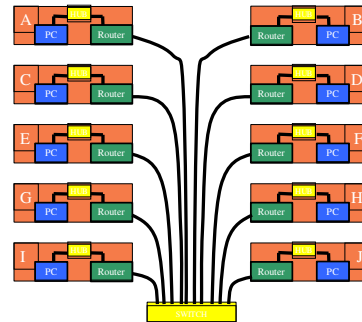
## Adressage IP : Adresses réservées

- Host-Id = 00000...000 -> Réseau
- Host-Id = 11111...111 -> Broadcast
- 127.x.x.x -> loopback
- 10.0.0.0 à 10.255.255.255 -> privé
- 172.16.0.0 à 172.31.255.255 -> privé
- 192.168.0.0 à 192.168.255.255 -> privé RFC 3330

A. Corenthin - Bases IP

37

## Exercice Addressage



A. Corenthin - Bases IP

38

## Exercice Addressage

- Déterminer l'adresse IP pour la connection de votre router de connection au réseau d'interconnection.
- 196.200.221.64+X
- x = 1 pour la table 1, 2 table 2, etc.
- Ecrire cette adresse dans sa forme décimale et binaire et Hexadécimale.

A. Corenthin - Bases IP

39

## Sous réseaux : Subneting

Pourquoi *fragmenter* un réseau ?

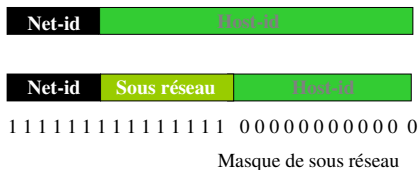
- Optimisation des tables de routage
  - Connaître @ rezo pour envoyer dans une direction générale
  - Ce n'est qu'une fois arrivé près de la machine que l'on résout son adresse.
  - Métaphore du colis de la Poste. (Code postal: département, centre de tri, puis : rue, numéro, nom)
- Limiter les congestions.
- Séparer les machines sensibles.

A. Corenthin - Bases IP

40

## Sous réseaux : Principe

- C'est un séparateur entre la partie réseau et la partie machine d'une @ IP.
- Une fonction ET Logique pour déterminer l'@ réseau.
- Il est recommandé d'avoir des bits à 1 contiguës dans ses masques.



A. Corenthin - Bases IP

41

## Sous réseau : Principe (2)

- Mon adresse IP: 192.168.25.132  
Traduit en binaire:  
11000000.10101000.00011001.10000100
- Le masque de mon réseau: 255.255.255.128  
Traduit en binaire:  
11111111.11111111.11111111.10000000
- @ réseau:  
11000000.10101000.00011001.10000000  
Soit: 192.168.25.128
- **Conclusion: on peut supposer que les machines de mon réseau local ont pour adresse: 128 à 254...**

A. Corenthin - Bases IP

42

## Sous réseaux : Les choix



Le choix se fait en fonction des besoins et des limites:

- Une plage est allouée par le fournisseur d'accès.
- Un nombre de machines qui peut croître.

## L'adressage **CIDR** Classless Inter Domain Routing

Le masque sous-réseau permet de créer des sous-réseaux ou sur-réseaux qui ne respectent plus le découpage en classes A, B, C.

C'est le masque sous-réseau qui définit la limite des bits d'adressage du réseau, des bits d'adressage de la machine :

192.168.10.5/255.255.255.0 ou 192.168.10.5/24 ← 24 bits Rx sur 32

→ 192.168.10.0 → 192.168.10.255

192.168.10.5/255.255.255.128 ou 192.168.10.5/25 ← 25 bits Rx sur 32

→ 192.168.10.0 → 192.168.10.127

192.168.10.5/255.255.252.0 ou 192.168.10.5/22 ← 22 bits Rx sur 32

→ 192.168.8.0 → 192.168.11.0

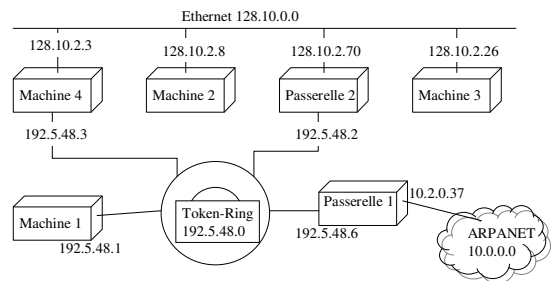
## Sous réseaux : Masques sous réseau

- 255.255.255.0   capa de : 253 machines
- 255.255.255.192   capa de : 64 machines
- 255.255.255.224   capa de : 32 machines
- 255.255.255.240   capa de : 16 machines
- 255.255.255.248   ....
- 255.255.255.252

Sous Réseau = 0...0 et Sous réseau = 1...1

**INTERDIT**

## Un exemple de plan d'adressage IP



## Exercices:

- Soit le réseau d'@ 192.168.25.32 de masque 255.255.255.248  
La machine 192.168.25.47 appartient-elle à ce réseau?
- Soit le réseau d'@ 193.225.34.0 de masque 255.255.255.0  
Nous voulons installer 60 machines...  
Quel masque utiliser?

## Adressage IPv6 : Les motivations

- Croissance exponentielle de la taille d'Internet
  - Épuisement des adresses IPv4
  - Explosion de la taille des tables de routage
- Autres Lacunes de IPV4
  - Mobilité
  - Multicast
  - Sécurité
  - COS, QOS etc...

⇒ Nouvelle version du Protocole Internet : Version 6



## ADRESSAGE IPv6

- Possibilités d'adressage étendues
  - de 32 bits à 128 bits
  - Préfixe réseau + Identifiant machine
- Format d'entête simplifié
  - traitement plus rapide
- Options intégrées dans des extensions d'entête

## IPv6 : Les adresses

- Longueur 128 bits : 8 mots de 16 bits  
 2001:0660:6101:0000:0000:0010:a123:0962  
 Forme réduite ....  
 2001:660:6101::10:a123:962
- Notion de préfixe hiérarchique.  
 2000::/3 Global Unicast [RFC4291]  
 2001:4200::/23 AfriNIC  
 2001:4278::/32 SONATEL (Senegal)  
 2001:4278:1000::/48 UCAD (Univ dakar)

## IPv6 : Les adresses

- Ambiguïté apparente de la notation
  - 2001:4278:1000:0000::/56
  - 2001:4278:1000::/56
  - 2001:4278:1000:0100::/56
  - 2001:4278:1000:100::/56

} Adresses Identiques }  
 } Adresses Identiques }  
 } Préfixes identiques }
- Utilisation de ces adresses dans une URL
  - http://2001:4278:1000:100::1e/
  - http://[2001:4278:1000:100::1e]:8000/

## IPv6 : Les adresses

- Trois types d'adresses
  - Unicast
    - Identifie une interface
  - Multicast
    - Identifie un groupe d'interfaces
  - Anycast
    - Identifie une interface dans un groupe

## IPv6 : Les adresses Adresses Unicast

- Adresse Unicast
  - Lien local (*FE80::/64*)
  - Site local (*FE0C::/64 n'est plus utilisé*)
  - Adresses unicast globales
  - Adresse de retour, loopback (*::1*)
  - Adresse indéterminée (*0:0:0:0:0:0:0:0*)



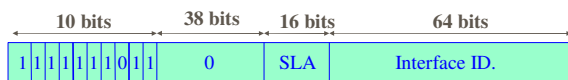
## IPv6 : Les adresses Adresses Unicast

- Lien Local
  - Le préfixe est de la forme : FE80::/64



## IPv6 : Les adresses Adresses Unicast

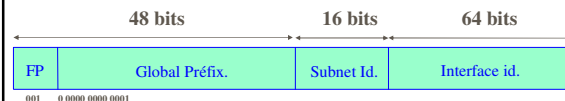
- Site Local (n'est plus utilisé: RFC 3879)
  - Le préfixe est de la forme : FEC0::/48
  - SLA 'Site Level Aggrégation' sur 16 bits



- Unique Local Address (RFC 4193)
  - Le préfixe est de la forme : FC00::/7

## IPv6 : Les adresses Adresses Unicast

- Les adresses Unicast globales affectées aux organismes régionaux (R.I.R).
- Préfixe 2000::/3



## ARP

## Rappels - Ethernet

- Ethernet fonctionne en mode Broadcast
- Structure de la Trame Ethernet :

Preamble	Dest	Source	Length	Type	Data	CRC
----------	------	--------	--------	------	------	-----

- Le paquet IP packet est contenu dans le champ données de la trame Ethernet
- Algorithme de transfert (CSMA/CD)

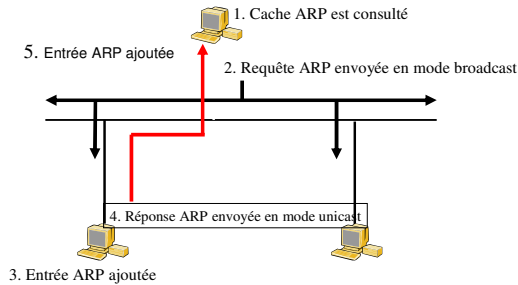
## Ethernet/IP Address Resolution

- Adresses Internet
  - Unicité worldwide (sauf réseaux privés)
  - Indépendantes du réseau Physique
- Adresses Ethernet
  - Unicité suivant la norme (sauf erreurs)
  - Ethernet Only
- Nécessité de correspondance entre couches hautes et basses
  - (*IP vers Ethernet, en utilisant ARP*)

## Address Resolution Protocol

1. Consultation du Cache ARP cache pour rechercher la correspondance avec l'adresse IP
2. Si elle n'est pas présente, broadcast un paquet contenant l'adresse IP recherchée à toutes les machines sur Ethernet
3. "propriétaire" de l'adresse IP répond
4. La reponse est stockée dans la table ARP pour une utilisation future
5. Les entrées obsolètes sont retirées après un certain temps (notion de timeout)

## Procédure ARP (requête)



A. Corenthin - Bases IP

61

## Table ARP

IP Address	Hardware Address	Age (Sec)
192.168.0.2	08-00-20-08-70-54	3
192.168.0.65	05-02-20-08-88-33	120
192.168.0.34	07-01-20-08-73-22	43

A. Corenthin - Bases IP

62

## Trame ARP

- message ARP est encapsulé dans une trame Ethernet

Dest Addr	Source Addr	Frame Type	Frame Data
		0x806	Arp Message

A. Corenthin - Bases IP

63

## Format du message ARP

0		8		16		31	
Hardware Type				Protocol Type			
HLEN		PLEN		Operation			
Sender HA							
Sender HA				Sender IP Address			
Sender IP Address				Target HA			
Target HA							
Target IP							

A. Corenthin - Bases IP

64

## Types of ARP Messages

- ARP request
  - Who is IP addr X.X.X.X tell IP addr Y.Y.Y.Y
- ARP reply
  - IP addr X.X.X.X is Ethernet Address hh:hh:hh:hh:hh:hh

A. Corenthin - Bases IP

65

## Reverse ARP - RARP

- Protocole conçu pour les machines ne connaissant pas leurs adresses IP
  - systèmes diskless
- RARP leur permet de demander leur adresse IP au cache de la passerelle
- Nécessité de la mise en place d'un serveur RARP
- Référence : RFC 903
- NOTE:** Protocole en obsolescence
  - DHCP exécute les mêmes fonctions

A. Corenthin - Bases IP

66

## Concepts de l'interconnexion

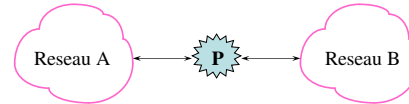
- Le concept d'interconnexion ou d'*internet* repose sur la mise en oeuvre d'une couche réseau masquant les détails de la communication physique du réseau et détachant les applications des problèmes de routage.
- L'interconnexion : faire transiter des informations depuis un réseau vers un autre réseau par des noeuds spécialisés appelés passerelles (*gateway*) ou routeurs (*router*)

A. Corenthin - Bases IP

67

## Concepts de l'interconnexion

- Les routeurs possèdent une connexion sur chacun des réseaux:



La passerelle P interconnecte les réseaux A et B.

- Le rôle de la passerelle P est de transférer sur le réseau B, les paquets circulant sur le réseau A et destinés au réseau B et inversement.

A. Corenthin - Bases IP

68

## Concepts de l'interconnexion



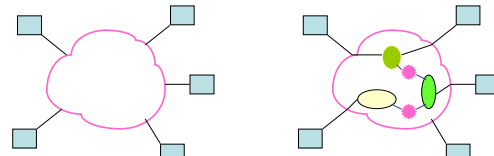
- P1 transfère sur le réseau B, les paquets circulant sur le réseau A et destinés aux réseaux B et C
- P1 doit avoir connaissance de la topologie du réseau; à savoir que C est accessible depuis le réseau B.
- Le routage n'est pas effectué sur la base de la machine destinataire mais sur la base du réseau destinataire

A. Corenthin - Bases IP

69

## Concepts de l'interconnexion

- A l'intérieur de chaque réseau, les noeuds utilisent la technologie spécifique de leur réseau (Ethernet, X25, etc)
- Le logiciel d'interconnexion (couche réseau) encapsule ces spécificités et offre un service commun à tous les applicatifs, faisant apparaître l'ensemble de ces réseaux disparates comme un seul et unique réseau.



Vue utilisateur

A. Corenthin - Bases IP

Vue réelle du réseau

70

## Buts de L'adressage Internet

- But : fournir un service de communication universel permettant à toute machine de communiquer avec toute autre machine de l'interconnexion
- Une machine doit être accessible aussi bien par des humains que par d'autres machines
- Une machine doit pouvoir être identifiée par :
  - un nom (mnémotechnique pour les utilisateurs),
  - une adresse qui doit être un identificateur universel de la machine,
  - une route précisant comment la machine peut être atteinte.

A. Corenthin - Bases IP

71