



Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Réseaux IP

440. Routage & Routers

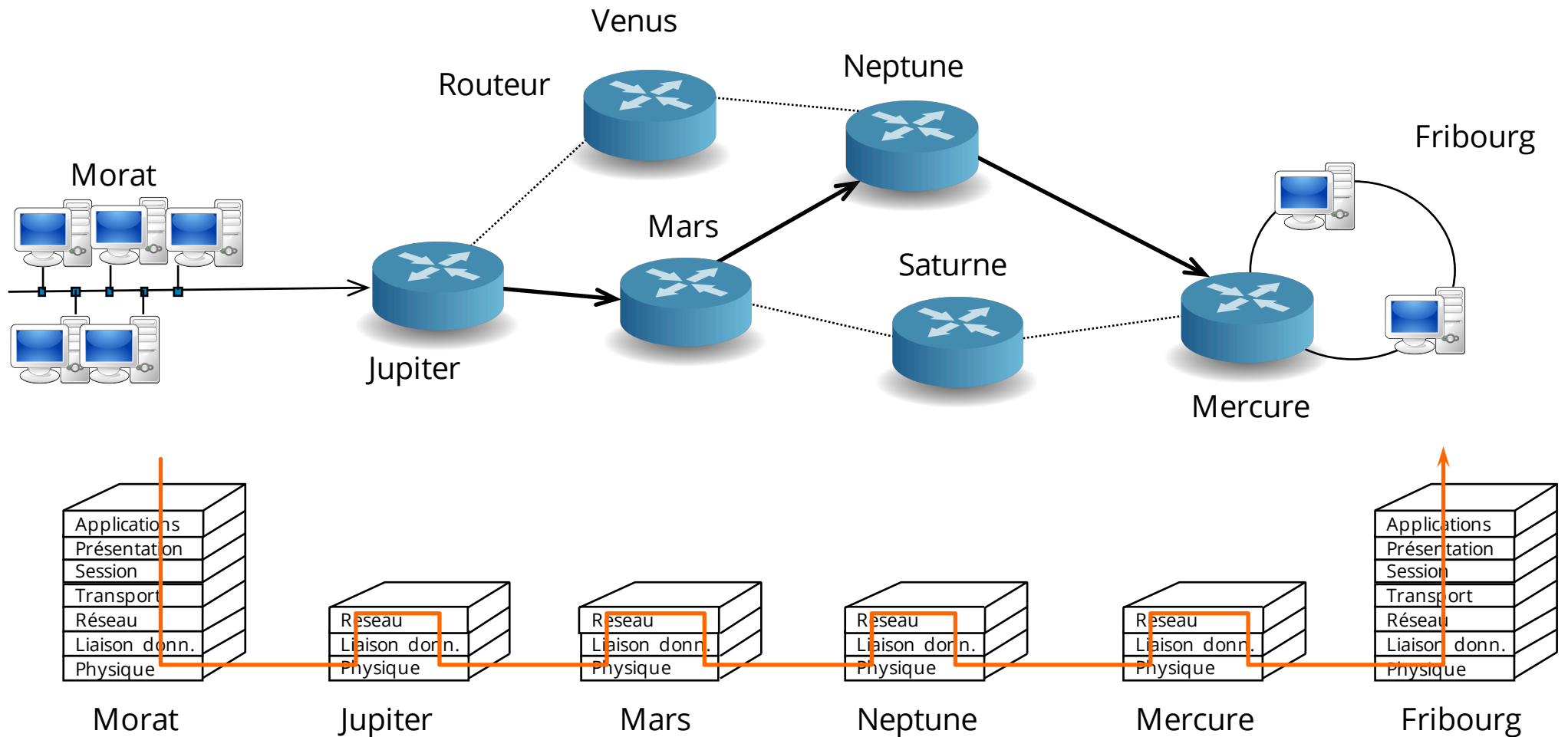
Réseaux IP

440. Routage et Routeurs

Routage (*routing*), Routeurs (*routers*), *Default, indirect and direct routing*, *Routage dans une station source*, Resolution d'adresse ARP et Proxy ARP.



Routage



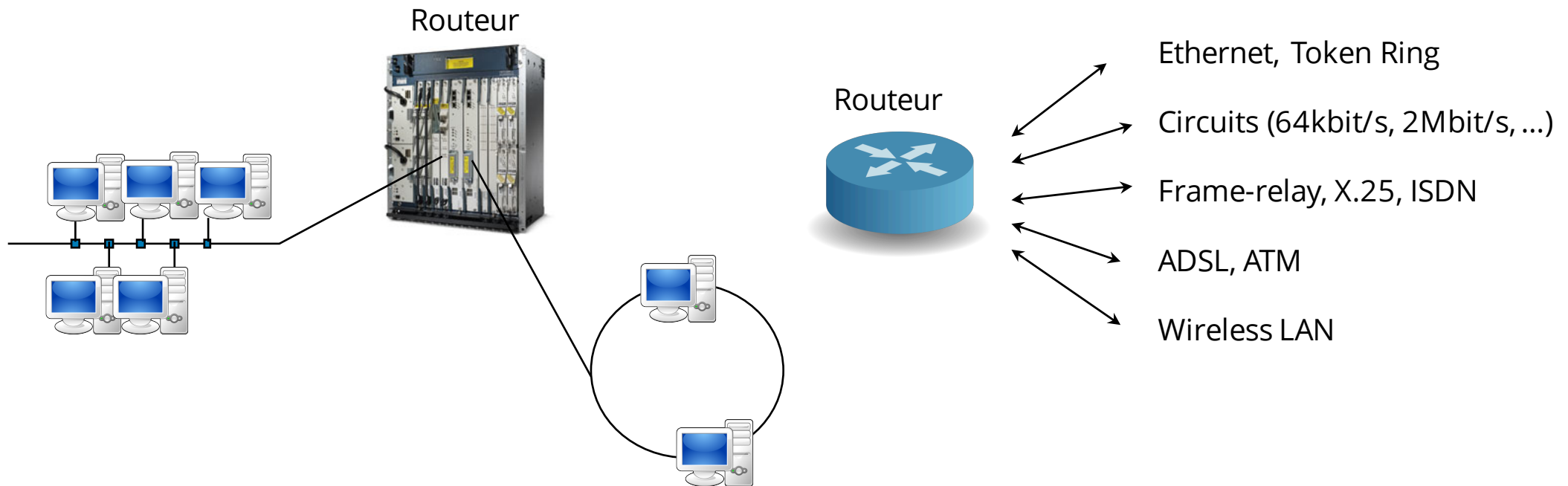
Routage: Acheminement de paquets d'un bout à l'autre du réseau au niveau de la couche réseau en sélectionnant le chemin. Permet l'interconnexion de réseaux différents.

Routeur

Un **routeur** (*router, gateway*) est un ordinateur spécialisé connecté à plusieurs réseaux qui transfère les paquets entre ces réseaux en se basant sur la partie réseau (*Net Prefix*) de l'adresse de couche réseau.

Un routeur doit être le plus souvent capable de fonctionner entre des réseaux qui ont différents protocoles de couche 2 (MAC) et différents débits.

Il existe une grande variété de routeurs, allant du routeur intégré dans un circuit intégré à l'équipement à très haut débit supportant une multitude de protocoles et d'interfaces en passant par les routeurs basé sur PCs.

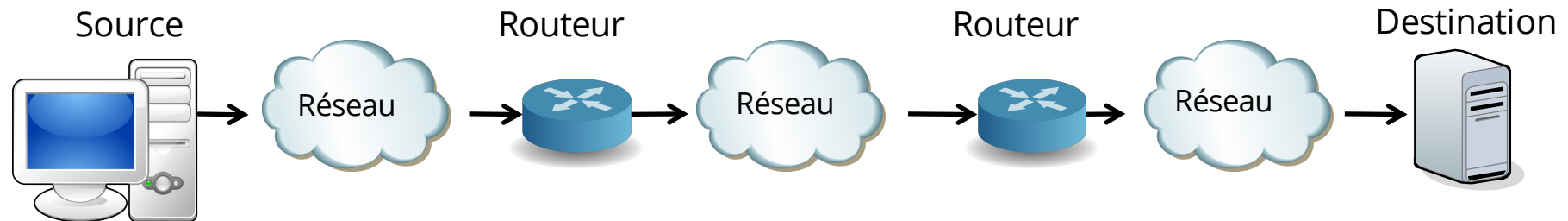


Routage IP

Les paquets IP contiennent suffisamment d'information dans leur en-tête pour être acheminés à travers un réseau. Cette information est l'adresse IP de destination.

Le paquet est acheminé de la source à la destination par bonds successifs entre une série de routeurs.

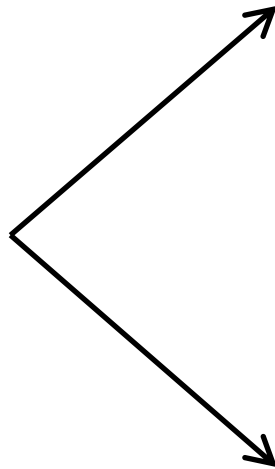
A chaque routeur, la partie réseau (*Net Prefix*) de l'adresse de destination est examinée au moyen du « *longest prefix match* ». En fonction de ce *Net Prefix* le paquet est envoyé sur un port déterminé, soit directement à la destination, soit vers le prochain routeur en "direction de la destination".



Definition: "A network prefix is . . . a contiguous set of bits at the more significant end of the address that defines a set of systems; host numbers select among those systems." RFC 3222.

Fonctions du routeur

Fonctions
du routeur



Gestion de la table de routage (*control*). La table de routage (*routing table, cache*) indique le chemin à suivre à travers le réseau en donnant l'adresse du prochain routeur si le réseau de destination n'est pas directement connecté. Cette table de routage est soit configurée manuellement soit établie et gérée en échangeant des informations sur la topologie du réseau avec d'autres routeurs (protocole de routage). Essentiellement SW.

Transfert (*forwarding*): Choix du port de sortie en fonction du *Net prefix* à partir de la table d'acheminement (*Forwarding Information Base*) extraite de la table de routage. La table d'acheminement donne directement le port de sortie et l'adresse du prochain routeur en fonction du *Net Prefix*.

Modification, si nécessaire, de l'entête du paquet. Avec IP, il faut décrémenter le champ de durée de vie et recalculer le champ de contrôle d'erreurs. Transmission du paquet sur le port de sortie choisi. Essentiellement HW.

Fonctionnement d'un routeur

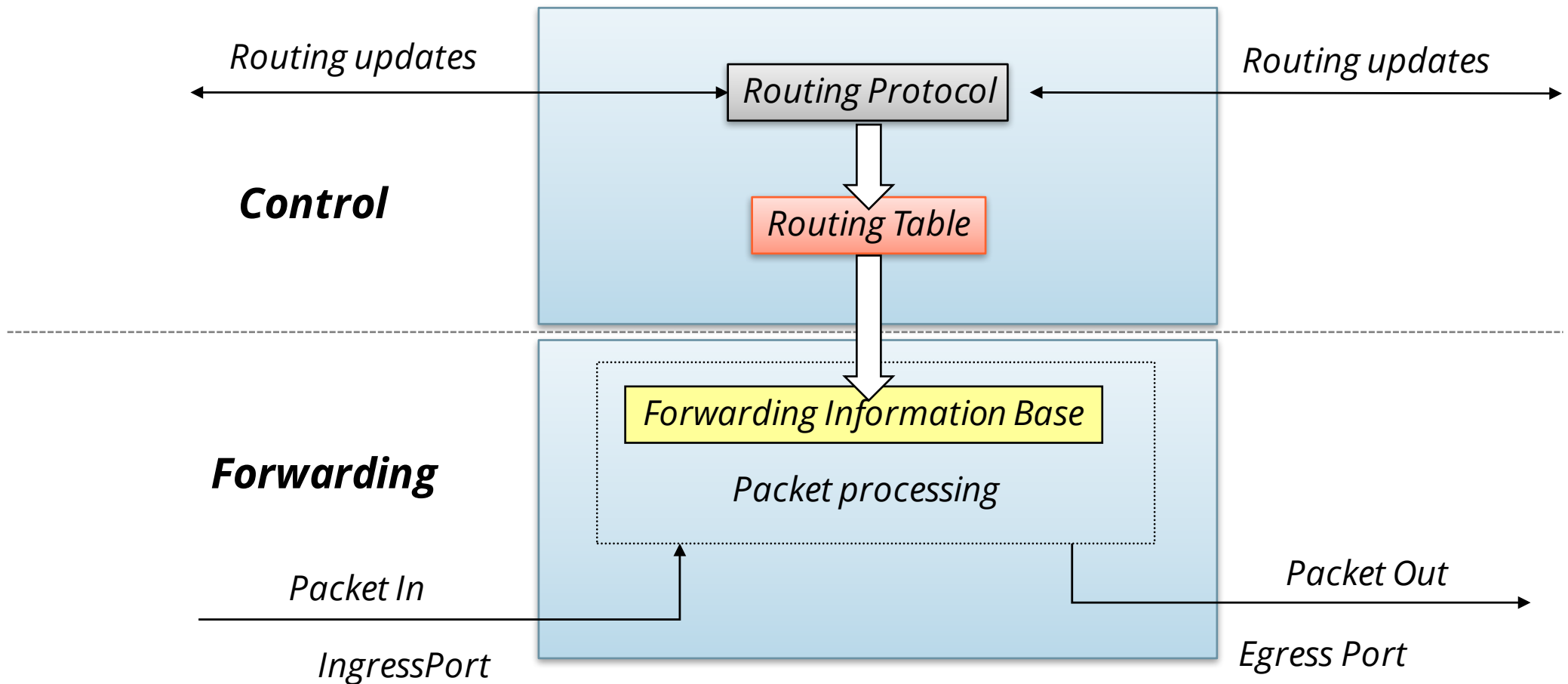
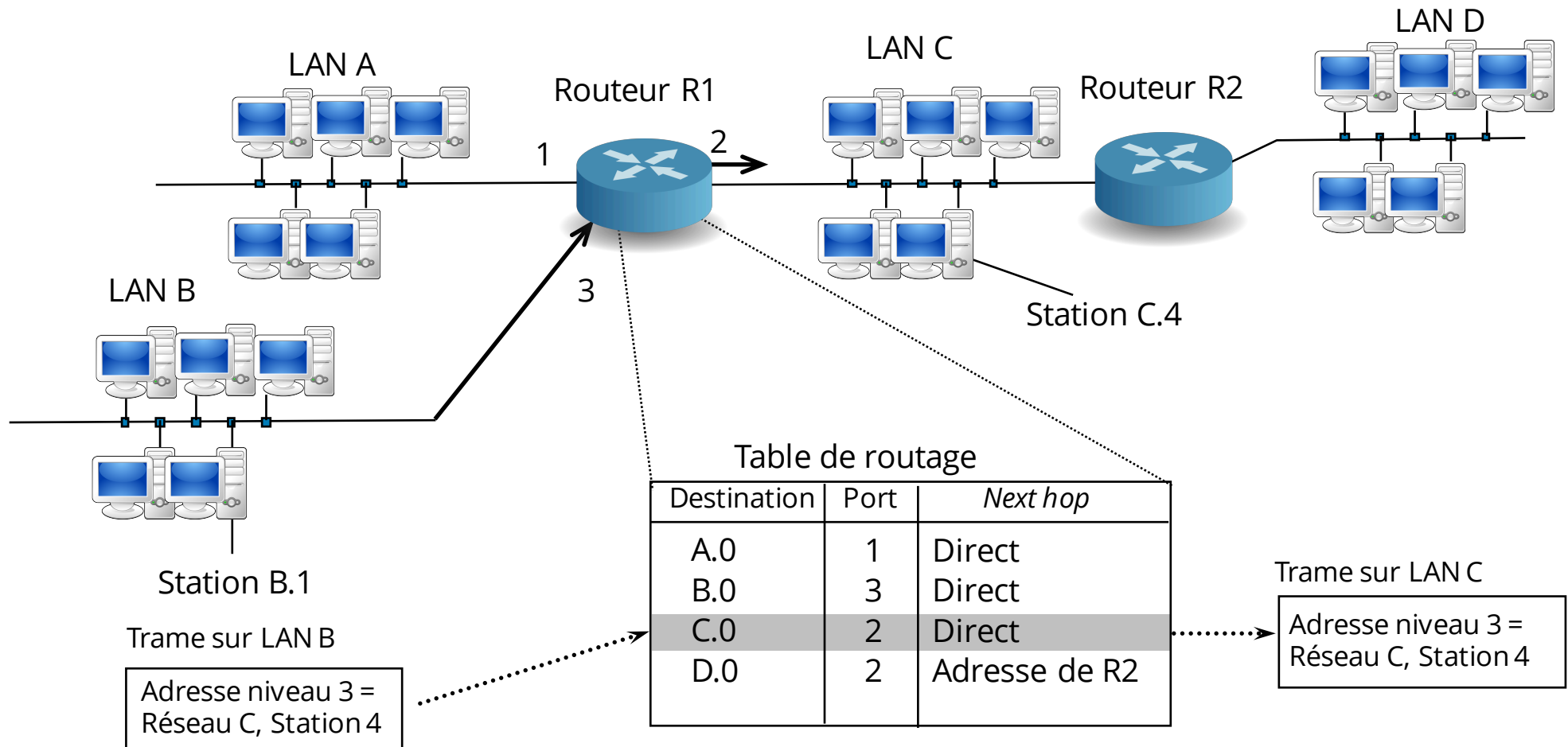


Table de routage

Stations: B.1, C.4, ...

Réseaux/Subnets: A.0, B.0, C.0, D.0



Principe du routage entre subnets

- La station B.1 cherche à émettre un paquet vers la station C.4.
- B.1 connaît l'adresse couche 3 de la station C.4 et sait que C.4 n'est pas sur le même *Subnet*. B.1 doit d'abord trouver l'adresse MAC du routeur intermédiaire (*Default Gateway*). Cette recherche peut se faire de manière explicite, par exemple comme dans les cas du protocole IP avec l'envoi d'une trame *broadcast* qui recherche cette adresse (*Address Resolution Protocol*, ARP). Elle peut aussi se faire de manière implicite, certains protocoles (par exemple Novell) construisant les adresses de couche 3 à partir des adresses MAC.
- Une fois que B.1 connaît l'adresse MAC du routeur, elle envoie la trame au routeur qui décode l'adresse de couche 3. Le routeur consulte sa table. Cette table lui indique sur quel port le routeur doit mettre le paquet et vers quel prochain routeur (dans le cas ci-dessus, la destination) doit être envoyé le paquet. Il cherche l'adresse MAC de C.4 (requête ARP) et encapsule ce paquet dans le type de trame correspondant au *Subnet* de C.4.

Direct, Indirect et Default Routing

Direct

Routage vers une destination qui est sur le même réseau (même Subnet que le port de sortie)

Indirect

Routage vers une destination qui est sur un réseau différent au moyen d'une table qui indique le premier routeur à choisir pour atteindre la destination.

Default

Routage indirect au travers d'un routeur par défaut (adresse de destination n'est pas trouvée dans la table de routage de la station source). Indiqué par l'adresse IP = 0.0.0.0

Exemple de table de routage dans un routeur (1)

Destination	Subnet Mask	Metric	Gateway	Status
Default route	--		4	160.98.2.2
	Learned (RIP)			
134.21.0.0	255.255.0.0	3	160.98.2.2	Learned (RIP)
160.98.2.0	255.255.254.0	1	--	Direct
160.98.10.0	255.255.254.0	2	160.98.2.3	Learned (RIP)
160.98.20.0	255.255.254.0	2	160.98.2.5	Learned (RIP)
160.98.30.0	255.255.254.0	1	--	Direct
160.98.32.0	255.255.254.0	1	--	Direct
160.98.44.0	255.255.254.0	1	--	Direct
160.98.46.0	255.255.254.0	1	--	Direct
160.98.48.0	255.255.254.0	2	160.98.30.101	Learned (RIP)
160.98.60.0	255.255.254.0	2	160.98.2.4	Learned (RIP)
160.98.70.0	255.255.254.0	2	160.98.2.7	Learned (RIP)
160.98.80.0	255.255.254.0	2	160.98.2.1	Learned (RIP)
160.98.90.0	255.255.254.0	2	160.98.2.1	Learned (RIP)
160.98.94.0	255.255.254.0	2	160.98.2.1	Learned (RIP)
160.98.98.0	255.255.254.0	2	160.98.2.1	Learned (RIP)
160.98.254.0	255.255.254.0	2	160.98.2.2	Learned (RIP)

Exemple de table de routage dans un routeur (2)

```
tlabs-ro01#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 160.98.44.1 to network 0.0.0.0

    160.98.0.0/16 is variably subnetted, 7 subnets, 5 masks
R       160.98.38.128/25
        [120/1] via 160.98.31.233, 00:00:06, GigabitEthernet0/1.30
C       160.98.30.0/23 is directly connected, GigabitEthernet0/1.30
C       160.98.44.0/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0.44
S       160.98.44.16/28 [1/0] via 160.98.31.114
    10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C       10.10.10.0 is directly connected, Loopback0
C       10.10.11.0 is directly connected, IDS-Sensor1/0
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 160.98.44.1
tlabs-ro01#
```

C: connecté directement au port physique

S: Statique

S*: par défaut

Configuration de la station source (exemple IP)

Une station sur un LAN interconnecté par des routeurs à d'autres réseaux doit être configurées au minimum avec les paramètres suivants (manuellement ou au travers de DHCP):

- Son adresse IP
- Son IP *Subnet Mask* (ceci lui permet de savoir quelles adresses IP sont sur son *Subnet* et quelles adresses doivent passer par le routeur)
- L'adresse IP du routeur de sortie (*Default Gateway*)
- L'adresse IP du DNS (*Domain Name Server*)
- Son nom DNS

Exemple de configuration dans une station

```
C:\> Command Prompt

I:\>ipconfig /all

Windows IP Configuration

    Host Name . . . . . : chber1-200611
    Primary Dns Suffix . . . . . : chber1.keymile.net
    Node Type . . . . . : Hybrid
    IP Routing Enabled. . . . . : No
    WINS Proxy Enabled. . . . . : No
    DNS Suffix Search List. . . . . : chber1.keymile.net
                                      keymile.net

Ethernet adapter Wireless Network Connection:

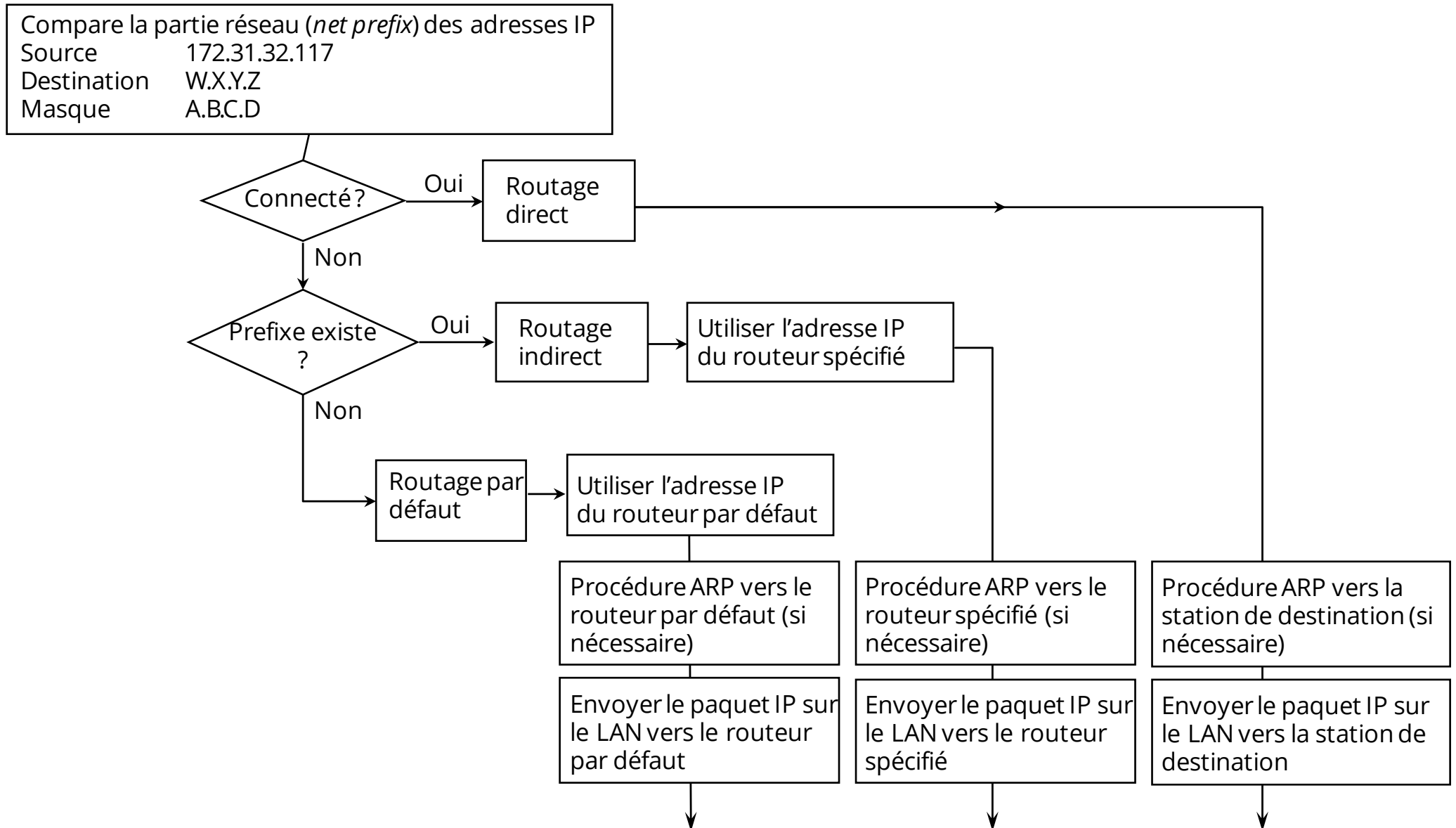
    Media State . . . . . : Media disconnected
    Description . . . . . : Intel(R) PRO/Wireless LAN 2100 3A Mini PCI Adapter
    Physical Address. . . . . : 00-04-23-53-94-FF

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix . : chber1.keymile.net
    Description . . . . . : Broadcom 570x Gigabit Integrated Controller
    Physical Address. . . . . : 00-0B-DB-A1-CB-1B
    Dhcp Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
    IP Address. . . . . : 172.31.32.117
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 172.31.32.10
    DHCP Server . . . . . : 172.31.34.11
    DNS Servers . . . . . : 172.31.34.11
                          172.31.32.13
    Primary WINS Server . . . . . : 172.31.34.11
    Secondary WINS Server . . . . . : 172.31.37.11
    Lease Obtained. . . . . : Freitag, 21. Mai 2004 13:13:37
    Lease Expires . . . . . : Samstag, 29. Mai 2004 13:13:37

I:\>
```

Arbre de décision dans la station source (exemple IP)



Routage dans la station source (exemple IP)

Chaque station a deux tables

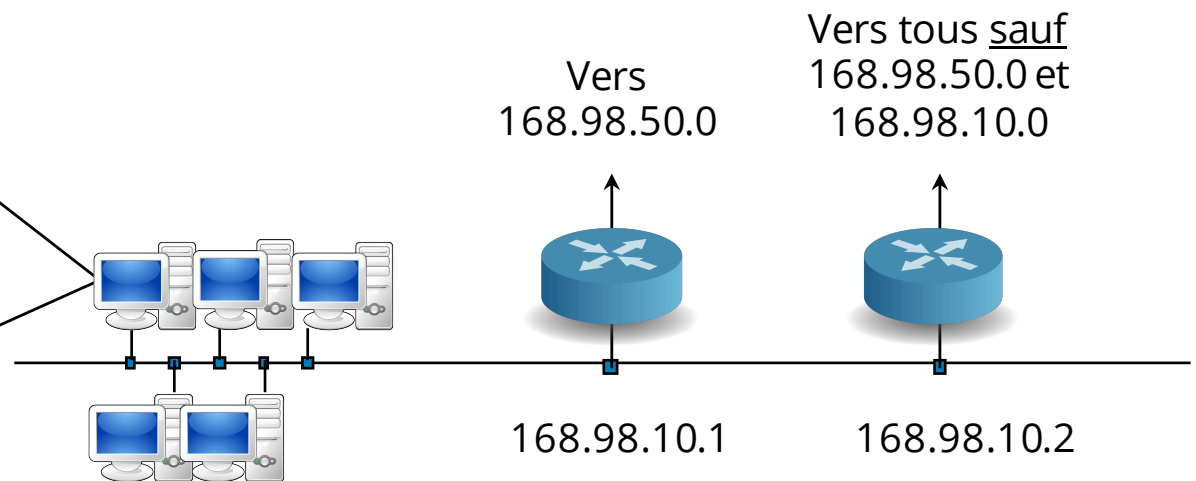
1. Table de routage (*Routing table*): correspondance adresse IP du *subnet* de destination <-> adresse IP du routeur de sortie ou *Direct*
2. Table d'adressage (*Address translation table, ARP Table*): correspondance adresse IP de la station ou du routeur <-> adresse MAC de la station ou du routeur

Table de routage

Adresse de la station 168.98.10.64
Masque 255.255.255.0

Destination Routeur

168.98.10.0	<i>Direct</i>
168.98.50.0	168.98.10.1
0.0.0.0	168.98.10.2



Exemple de table de routage dans une station

PC avec Windows, commande "netstat - r"

```
Command Prompt

Route Table

Active Routes:

    Network Address          Netmask    Gateway Address  Interface    Metric
    0.0.0.0                  0.0.0.0     139.79.151.10    139.79.151.59      1
    127.0.0.0                255.0.0.0     127.0.0.1        127.0.0.1          1
    139.79.151.0             255.255.255.0  139.79.151.59    139.79.151.59      1
    139.79.151.59            255.255.255.255  127.0.0.1        127.0.0.1          1
    139.79.255.255           255.255.255.255  139.79.151.59    139.79.151.59      1
    224.0.0.0                224.0.0.0     139.79.151.59    139.79.151.59      1
    255.255.255.255         255.255.255.255  139.79.151.59    139.79.151.59      1

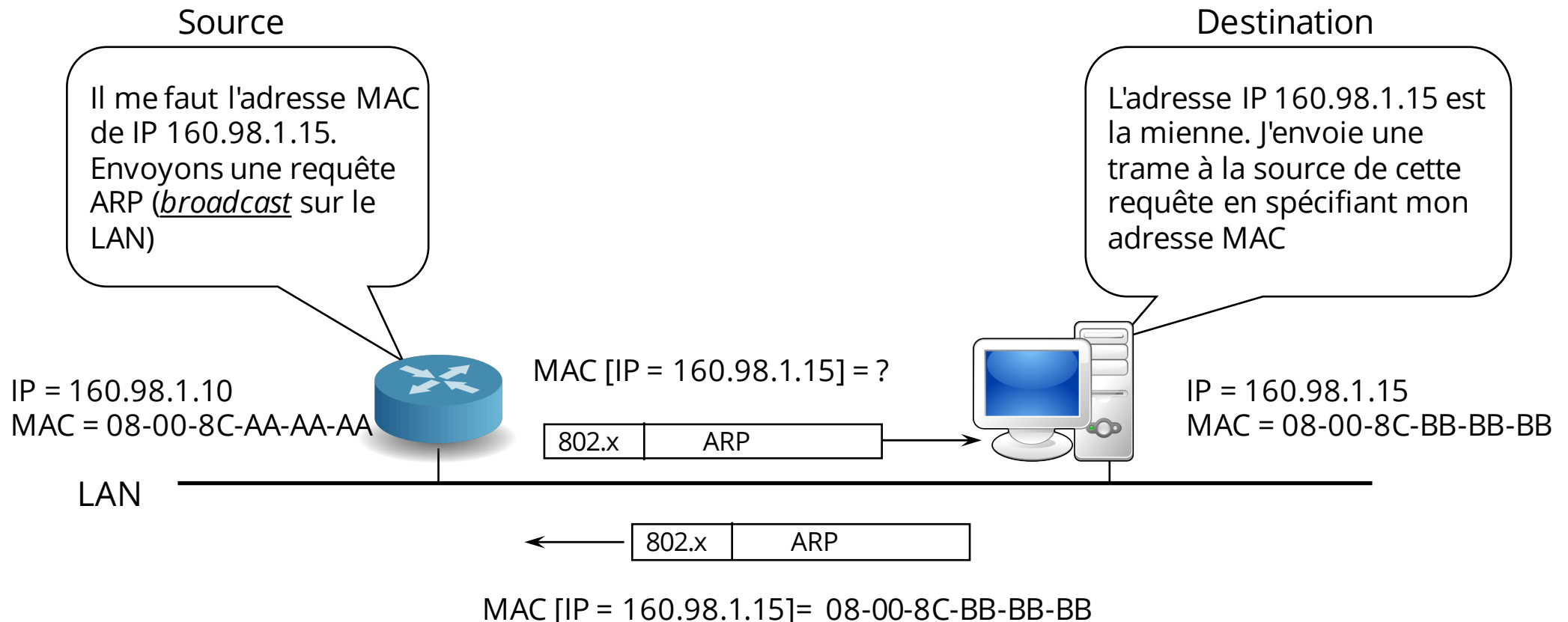
Active Connections

    Proto  Local Address          Foreign Address      State
    TCP    zermatt:1027           localhost:1029        ESTABLISHED
    TCP    zermatt:1029           localhost:1027        ESTABLISHED
    TCP    zermatt:1025           bulle.broadnet.ascom.ch:nbsession ESTABLISHED
    TCP    zermatt:1026           bulle.broadnet.ascom.ch:nbsession ESTABLISHED
    TCP    zermatt:1032           zermatt.broadnet.ascom.ch:nbsession TIME_WAIT
    TCP    zermatt:1033           aproz.broadnet.ascom.ch:nbsession ESTABLISHED

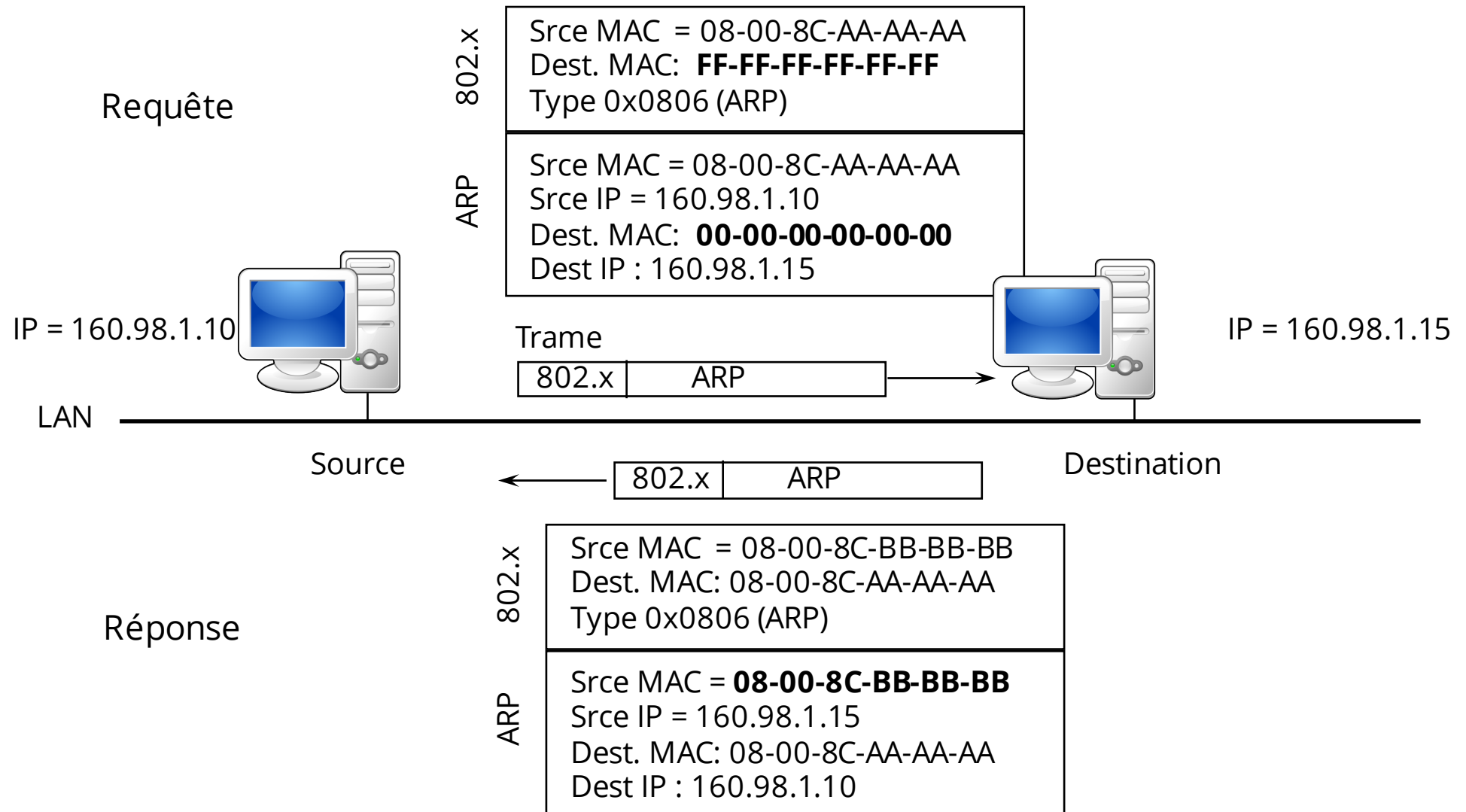
C:\users\default>
```

Réseau IP: protocole de résolution d'adresse ARP

Address Resolution Protocol (ARP, RFC 826): trouver l'adresse MAC à partir de l'adresse IP lorsque source et destination sont sur le **même subnet**



Trames ARP



Exemple de trames et table ARP

Packet 1:

```
Ethernet Version II
  Address: 00-20-AF-E0-97-EF
    ---->FF-FF-FF-FF-FF-FF
  Ethernet II Protocol Type: ARP
IP Address Resolution Protocol
  Hardware Type: 1 (Ethernet)
  Protocol Type: 800
  Hardware Address Length: 6
  Protocol Address Length: 4
  Operations: ARP Request
  Source Hardware Address: 00-20-AF-E0-97-EF
  IP Source Address: 139.79.144.50
  Destination Hardware Address: 00-00-00-00-00-00
  IP Destination Address: 139.79.144.39

octets
0000: ff ff ff ff ff ff 00 20 af e0 97 ef 08 06 00 01
0010: 08 00 06 04 00 01 00 20 af e0 97 ef 8b 4f 90 32
0020: 00 00 00 00 00 00 8b 4f 90 27
```

Packet 2 :

```
Ethernet Version II
  Address: 08-00-2B-B5-3E-DF
    ---->00-20-AF-E0-97-EF
  Ethernet II Protocol Type: ARP
IP Address Resolution Protocol
  Hardware Type: 1 (Ethernet)
  Protocol Type: 800
  Hardware Address Length: 6
  Protocol Address Length: 4
  Operations: ARP Response
  Source Hardware Address: 08-00-2B-B5-3E-DF
  IP Source Address: 139.79.144.39
  Destination Hardware Address: 00-20-AF-E0-97-EF
  IP Destination Address: 139.79.144.50

octets
0000: 00 20 af e0 97 ef 08 00 2b b5 3e df 08 06 00 01
0010: 08 00 06 04 00 02 08 00 2b b5 3e df 8b 4f 90 27
0020: 00 20 af e0 97 ef 8b 4f 90 32
```

Table ARP dans un PC :

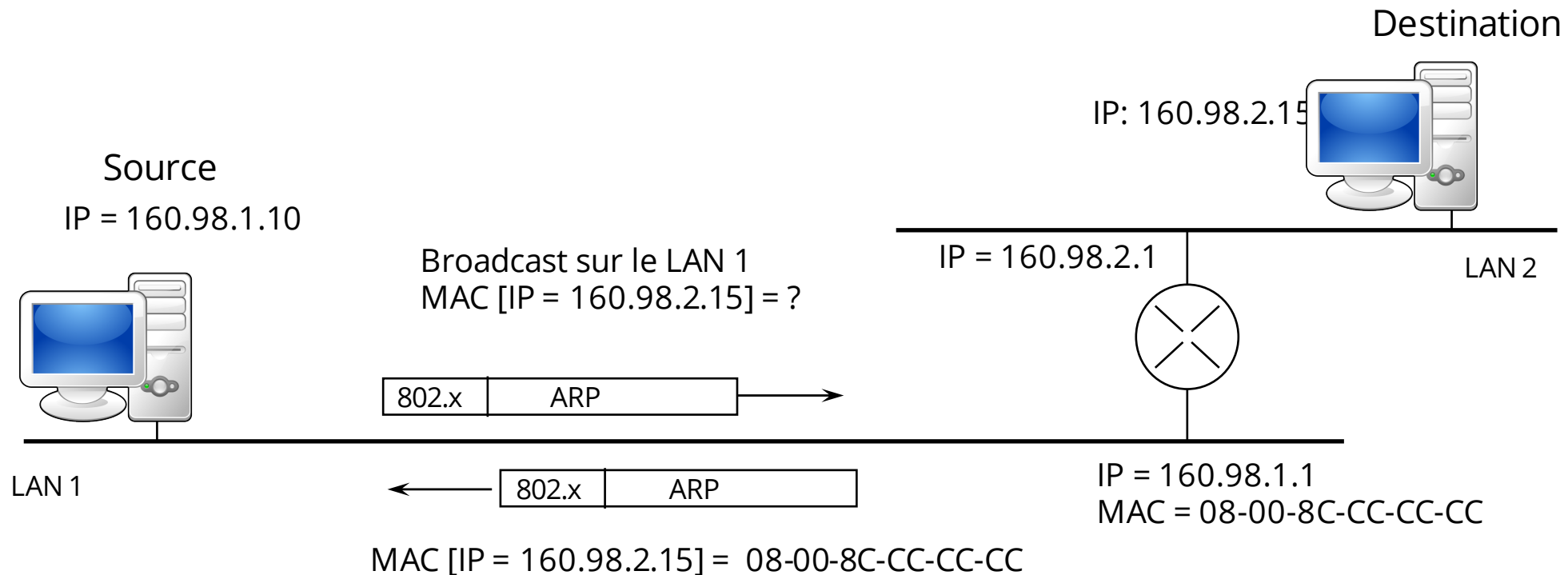
```
C:\ Command Prompt
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

I:\>arp -a

Interface: 172.31.32.117 --- 0x3
Internet Address      Physical Address      Type
172.31.32.10          00-d0-d3-3b-16-f0    dynamic
172.31.32.12          00-0a-5e-01-66-41    dynamic
172.31.32.13          00-08-02-c5-48-43    dynamic
```

Proxy ARP

Proxy ARP: un routeur se substitue à la destination ("cachée" derrière le routeur) pour répondre à la requête ARP en donnant sa propre adresse MAC. *Proxy ARP* est utilisé par exemple lorsque plusieurs *subnets* sont attribués au même port du routeur et que la source croit, à cause de son *subnet mask*, que la destination est locale alors qu'elle ne l'est pas.



La routeur répond avec son adresse MAC
(fonction de *proxy*)