

Le protocole IPv4

Anthony Busson

Introduction

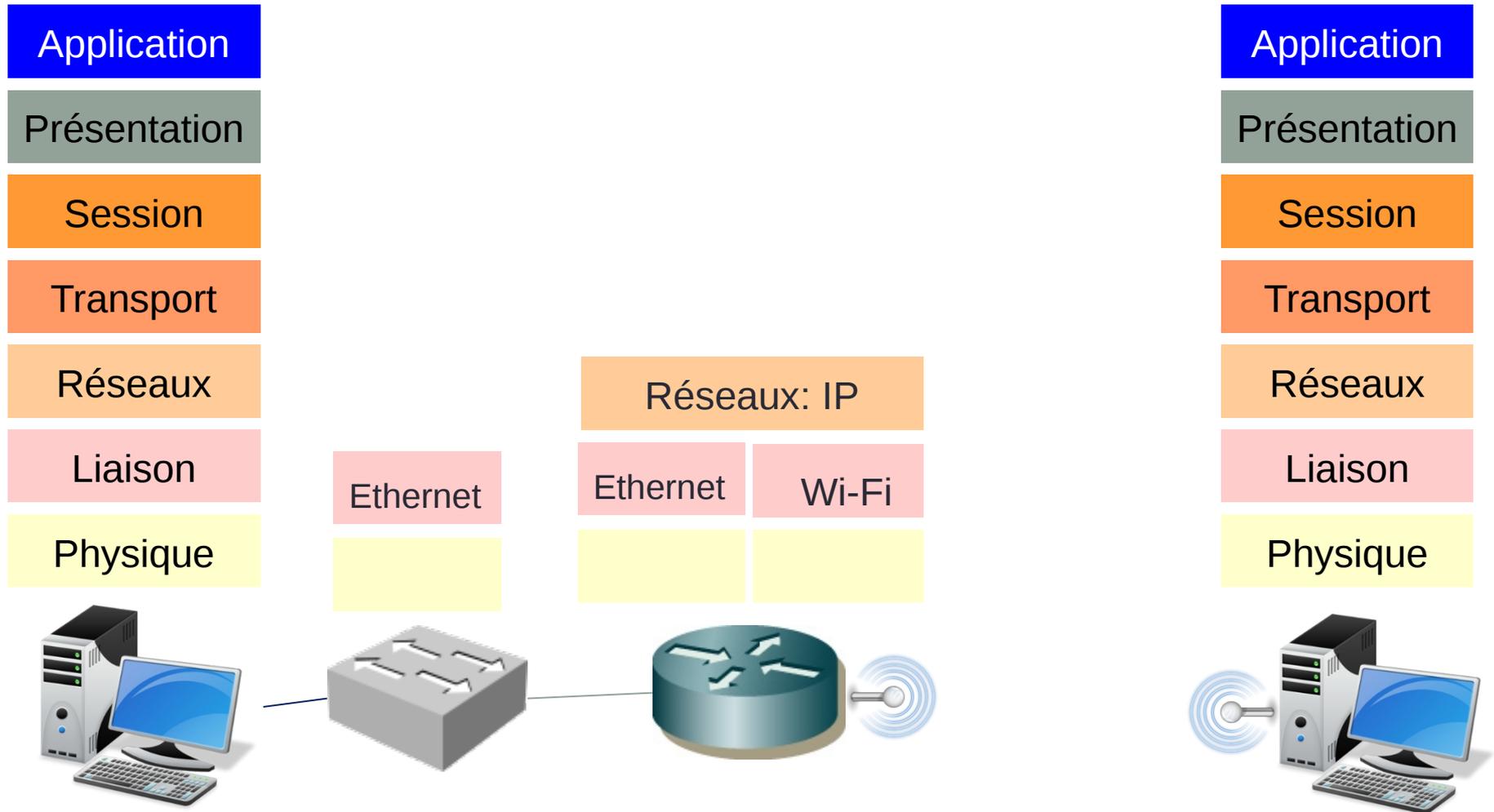
Retour sur le modèle OSI



Définition d'un adressage indépendant de la technologie. Définit les procédures d'interconnexions des réseaux. Définition de l'acheminement.

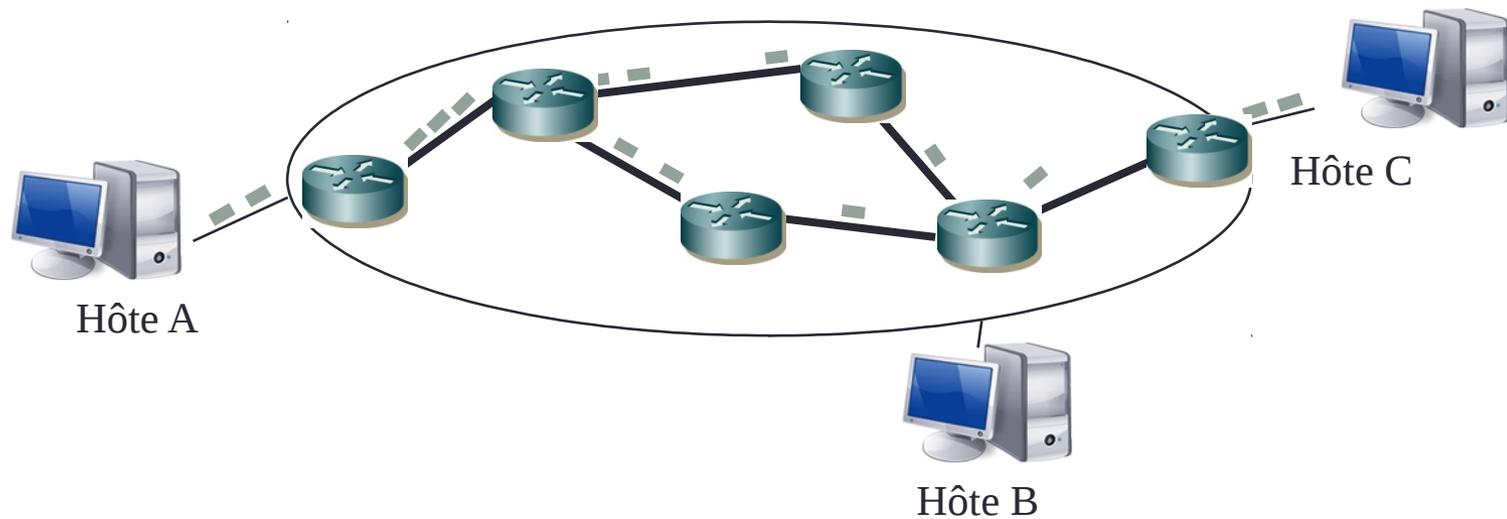
Modèle OSI première visite

Ethernet : Couche Physique et liaison



Service en mode non connecté (*Datagram*)

- ❑ Protocole très simple pour augmenter les capacités d'acheminement
- ❑ Une seule phase
 - ❑ Transfert des données
- ❑ Service non fiable
- ❑ Plusieurs chemins possibles pour des paquets d'un même message



Ce que définit le protocole IP (RFC 791)

- Format/Architecture d'adressage
- Format des Paquets
- Opération à effectuées dans les Hôtes et les routeurs

- Un certain nombre de protocoles sont satellites au protocole IP:
 - Messages de contrôles : ICMP
 - Gestion des groupes pour le multicast : IGMP
 - Résolution d'adresse : ARP
 - Protocoles de routage : RIP, OSPF, BGP, etc.

Plan du cours

- Adressage
 - Format des adresses
 - Architecture de l'adressage (plan d'adressage)
- Format des paquets
- ARP
- ICMP
- Procédure d'acheminement
 - Opérations effectuées sur les paquets
 - Table de routage
- Routage statique
- Routage dynamique
 - Principe
 - Exemple avec RIP
- DNS: Domain Name System

IP
14 heures

2h

Plan du cours (2) - TP

- 3 TPs
 - Configuration IP e base
 - Configuration IP des routeurs
 - Routage statique
 - Routage dynamique avec RIP

Adressage IP

Adressage des stations

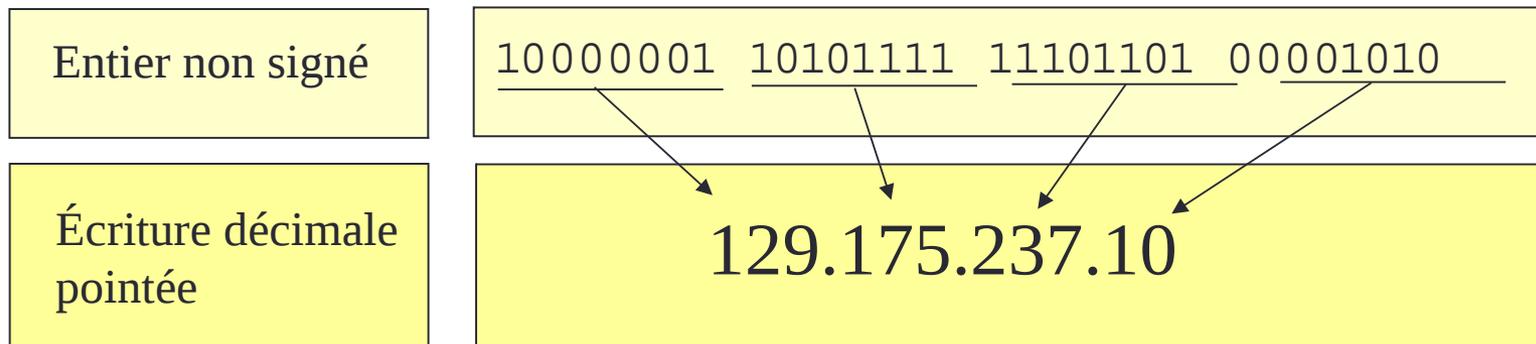
- Identifie de manière unique un équipement sur Internet

Une interface = Une adresse IP

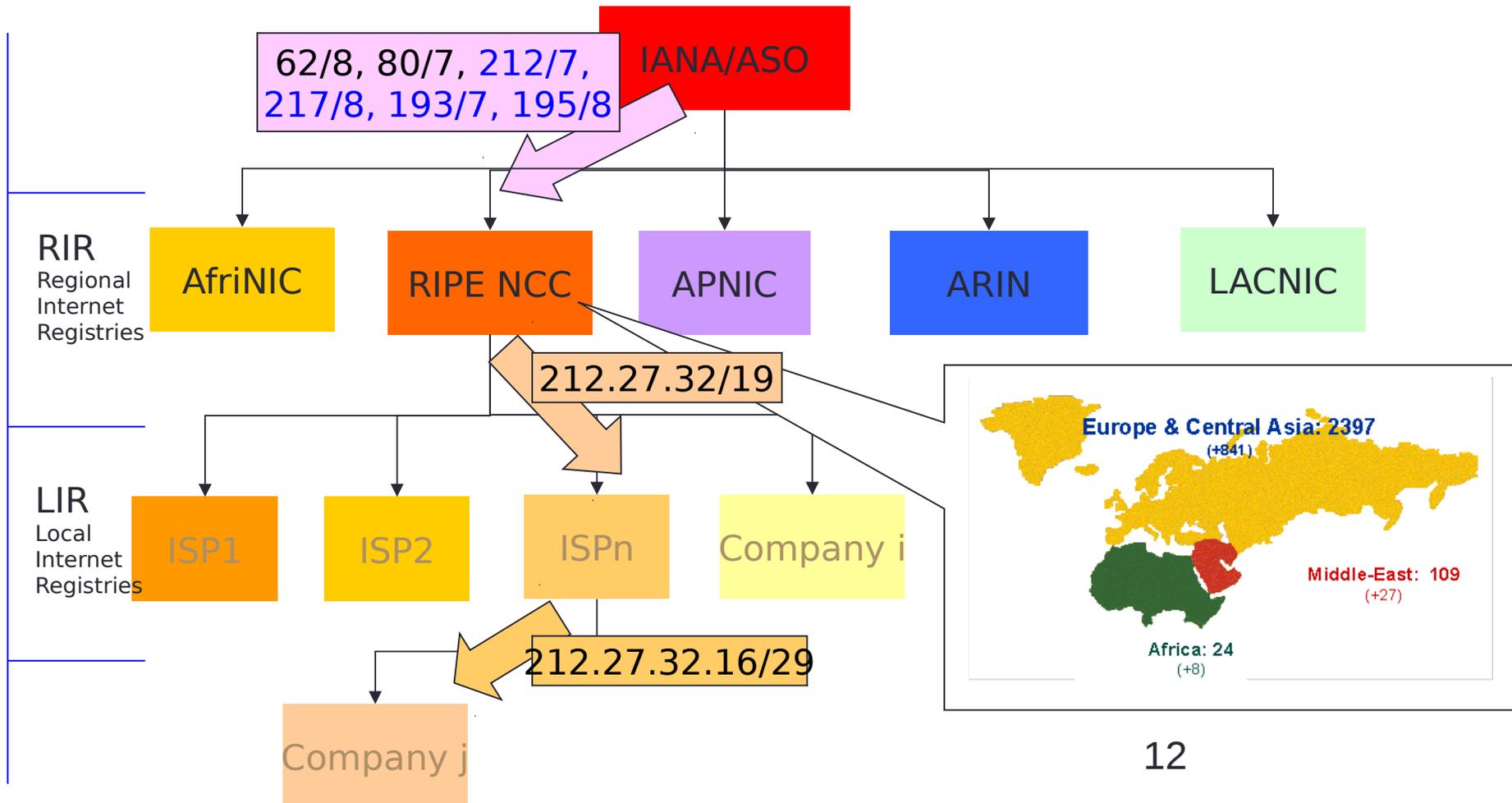
- Un PC/routeur a donc autant d'adresses que d'interfaces.
- En IPv4, pas plus d'une adresse par interface.

Format des adresses IP

- Les adresses IP sont codées sur 4 octets (32 bits)
- Elles sont gérées comme des entiers non signés (u_int32) par les systèmes
- Ils sont écrits sous forme « décimales pointées » par les administrateurs

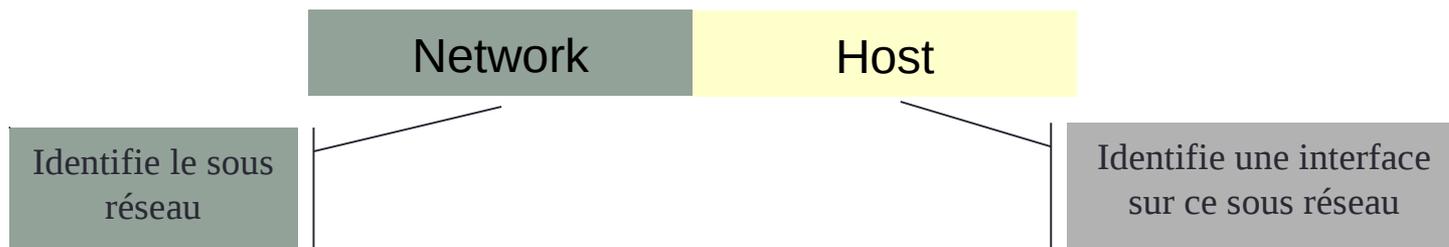


Architecture du routage Internet : Assignment des plages d'adresses

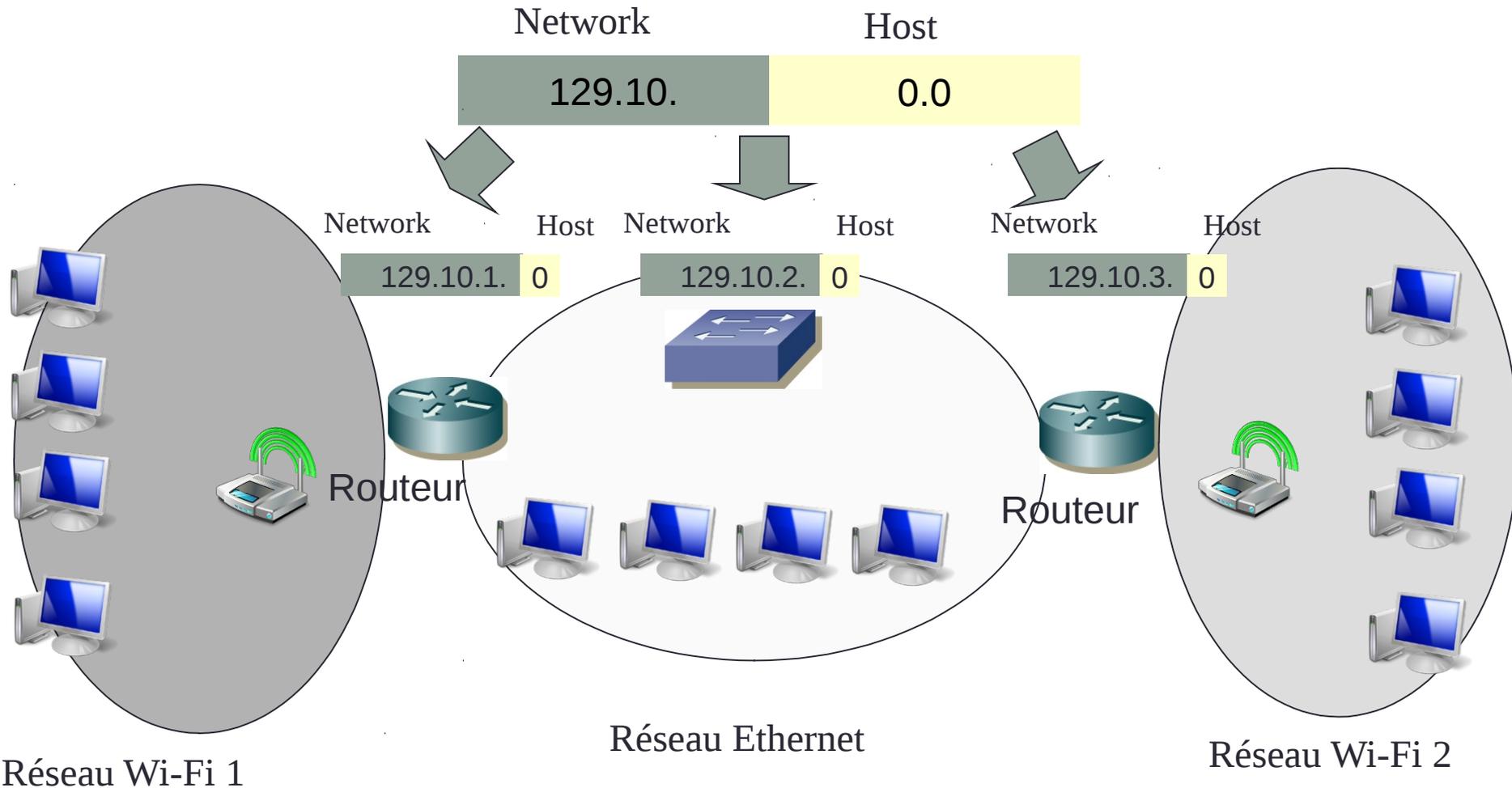


Notion de sous réseau

- Un nouveau découpage de la plage d'adresse IP est faite au sein du site
- On assigne à chaque sous-réseau une sous plage d'adresses
- Sous-réseau = réseau physique
- Une adresse IP est décomposéé en 2 parties



Exemple de sous réseau



Adresse réseau - hôte

- La séparation réseau – hôte n'est pas fixe
- L'information sur la taille est nécessaire au routage
- La taille de la partie réseau est exprimée au travers du masque de réseau
- Principe:

Adresse IP



Masque (en binaire)



Autant de bit à 1 que de bits dans la partie réseau de l'adresse

Autant de bit à 0 que de bits dans la partie hôte de l'adresse

Masque de réseau: Netmask

- Utile au routeur et à l'entité IP de la station
 - pour tester si 2 stations sont sur le même sous-réseau
 - l'opération est la suivante
 - **Netmask & Adresse-IP1 = Netmask & Adresse-IP2** \Leftrightarrow les deux adresses appartiennent au même réseau
- Pour calculer l'adresse réseau
 - Adresse réseau = Adresse-IP & Netmask
- Attention 2 notations pour les adresses / masques
 - 129.12.13.34.11 255.255.255.0
 - 129.12.13.34.11/24

Les adresses particulières

Adresse source uniquement

0.0.0.0

Cet hôte. Utiliser comme adresse IP source.

Adresse source ou destination

127.0.0.1

Adresse de rebouclage / loopback.

Adresse destination uniquement

255.255.255.255

Adresse de diffusion sur le LAN (Local Area Network).

b1.b2.255.255

Adresse de diffusion restreinte (sur le sous réseau IP).

Adresses gérées au niveau du système (ni source – ni destination).

b1.b2.0.0

Adresse du sous réseau IP.

255.255.0.0

Masque de réseau.

Les classes d'adresses

Classe	Adresse (pour le premier octet)	Masque	Nombre d'adresses pour un réseau de cette classe	Exemple	Autre
A	De 1 à 126	255.0.0.0	16777214	120.0.0.0/8	
B	De 128 à 191	255.255.0.0	65534	160.0.0/16	
C	De 192 à 223	255.255.255.0	254	198.56.45.0/24	
D	De 224 à 239	-			Multicast
E	De 240 à 255	-			Réservé

Exercice 1: notations

- Donnez les notations « / » pour les réseaux suivant:
 1. 12.7.23.45 255.255.255.0
 2. 12.167.0.0 255.255.0.0
 3. 12.167.128.0 255.255.240.0
 4. 149.234.56.64 255.255.255.192
 5. 131.240.0.0 255.240.0.0
- Ces adresses réseaux sont-elles cohérentes?
 - 34.78.145.128/25
 - 176.89.23.1/24
 - 123.89.11.160/26
 - 123.89.11.168/26

Exercice 2: adresse réseau

- Donnez les adresses réseau des PCs suivant:
 1. 12.167.23.45 255.255.255.0
 2. 12.167.23.45 255.255.255.192
 3. 12.167.23.45 255.255.240.0
 4. 149.234.56.67 255.255.255.0
 5. 131.124.11.231 255.255.255.192

Exercice 3: même sous réseau?

- Les machines A et B sont elles sur le même sous réseau?

Machine A	Masque de A	Machine B	Masque de B
12.123.89.123	255.255.255.0	12.123.89.12	255.255.255.0
89.34.78.111	255.255.0.0	89.34.157.78	255.255.0.0
173.55.99.1	255.255.255.25 2	173.55.99.6	255.255.255.25 2
156.56.78.129	255.255.255.12 8	156.56.78.124	255.255.255.12 8
187.45.129.1	255.255.192.0	187.45.188.219	255.255.192.0

Exercice 4: les IP d'un sous-réseau

- Pour les sous réseaux ci-dessous, donnez les plus petites et plus grandes adresses IP:

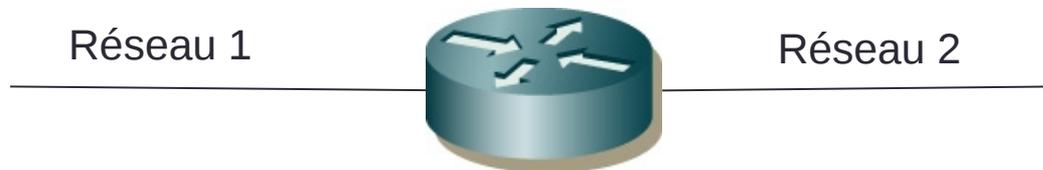
Adresse réseau	Masque	Adresse réseau (notation /)	Plus petite adresse	Plus grande adresse
123.12.34.0	255.255.255.0	123.12.34.0/24		
13.1.34.7.0	255.255.255.192	13.1.34.7.0/26		
1.3.5.64	255.255.255.224	1.3.5.64/27		
45.78.0.0	255.255.0.0	45.78.0.0/16		
34.200.0.0	255.248.0.0	34.200.0.0/13		

Effectuer un plan d'adressage

- Consiste à redécouper une plage d'adresses donnée pour adresser plusieurs sous réseaux
- Résultat: un ensemble de (adresse réseau, masque)
- Le découpage dépend
 - du nombre de sous réseaux que l'on souhaite allouer
 - Du nombre de PCs/adresses sur chacun des sous réseaux
- Exemple de méthode
 - Mettre sous forme binaire l' octet (ou les octets) se trouvant à la limite /network / host
 - Suivant les données du problème:
 - Calculer le nombre de bits nécessaire pour adresser les sous-réseaux (2 bits pour 4 sous réseaux par exemple)
 - Ou calculer le nombre nécessaire de bits pour pouvoir adresser l'ensemble des machines du sous réseaux
 - Donnez des valeurs binaires différentes pour chacun des sous réseaux
 - Calculez les adresses réseau et le nouveau masque

Exercice 5 : subnetting simple

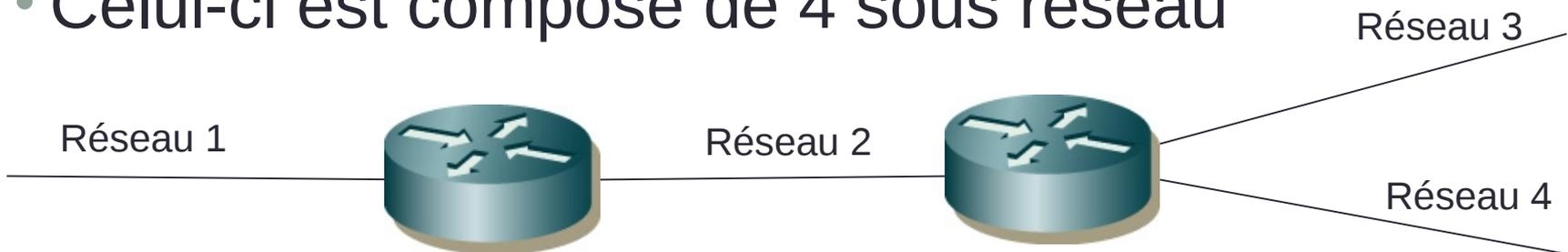
- On a obtenu la plage d'adresses 200.12.156.0/24 pour notre réseau.
- Celui-ci à la topologie suivante:



- Proposez un plan d'adressage pour chacun des 2 sous-réseaux (adresse réseau et masque)

Exercice 6 : subnetting plus compliqué

- On a obtenu la plage d'adresses 200.12.200.0/21 pour notre réseau.
- Celui-ci est composé de 4 sous réseau



- Proposez un plan d'adressage pour chacun des 4 sous-réseaux (adresse réseau et masque)

Exercice 7 : Lister les sous réseaux

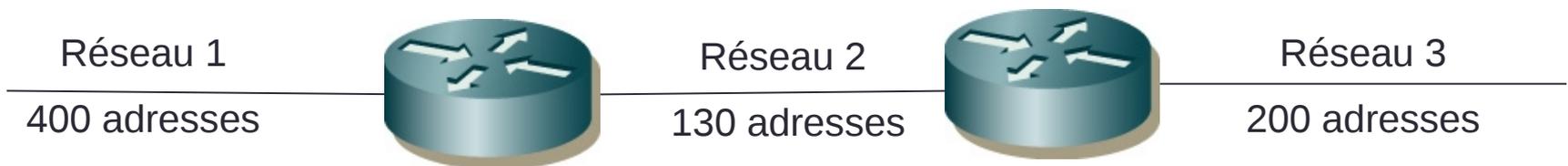
- Un réseau ayant pour adresse 134.214.0.0/16 est découpé en sous-réseaux qui ont pour masque 255.255.252.0.
- Donnez les adresses possibles pour ces sous-réseaux.

Exercice 8: sous réseaux d'une taille donnée

- Un réseau à pour adresse 160.80.0.0 et pour masque 255.255.0.0. On souhaite le découper en sous-réseaux, et il est attendu environ 2000 machines sur chacun d'eux.
- Donnez les adresses possibles pour ces sous-réseaux.

Exercice 9 : subnetting encore plus compliqué

- On a obtenu la plage d'adresses 200.12.200.0/22 pour notre réseau.
- Celui-ci est composé de 3 sous réseaux mais avec des besoins hétérogènes.

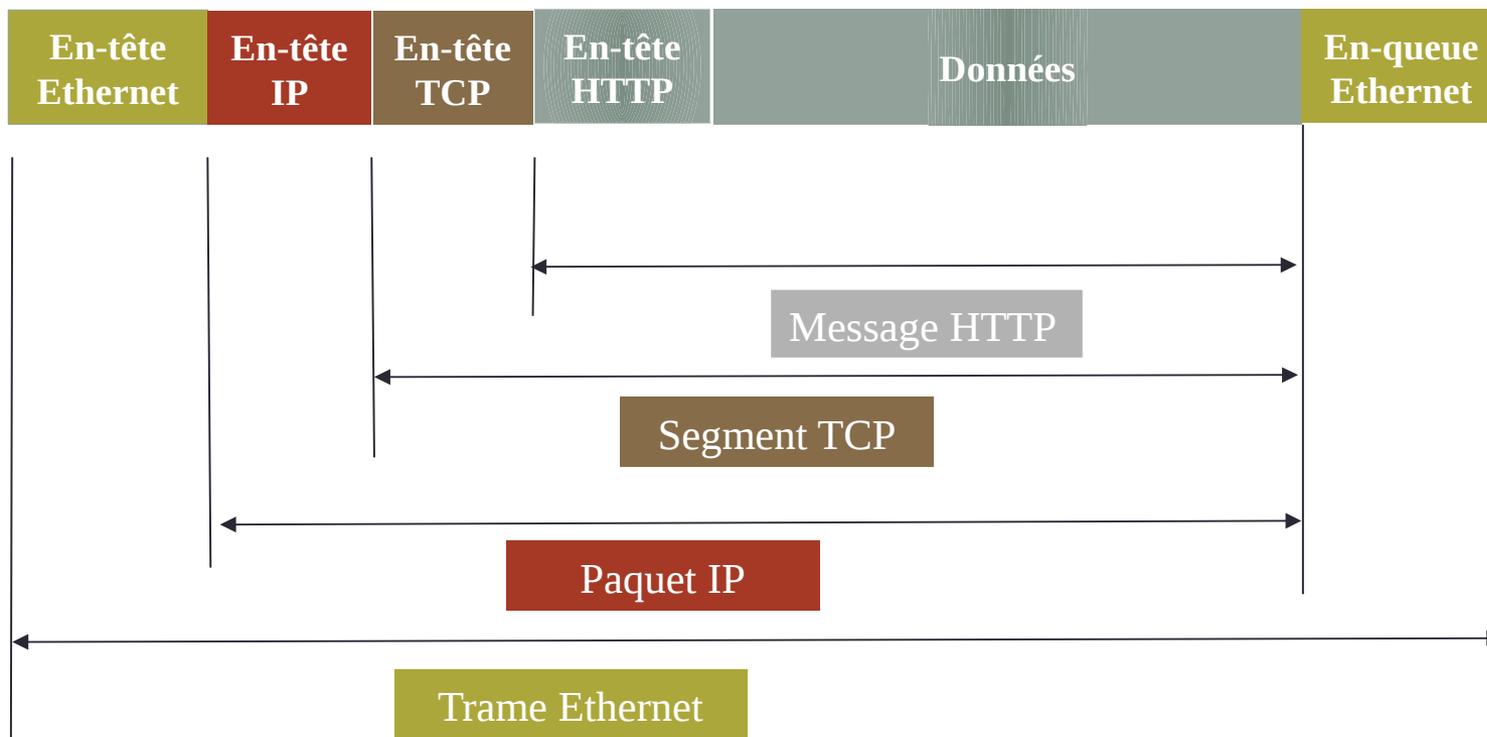


- Proposez un plan d'adressage pour chacun des 3 sous-réseaux (adresse réseau et masque)
- Donnez les adresses d'un PC sur chacun de ces sous réseaux

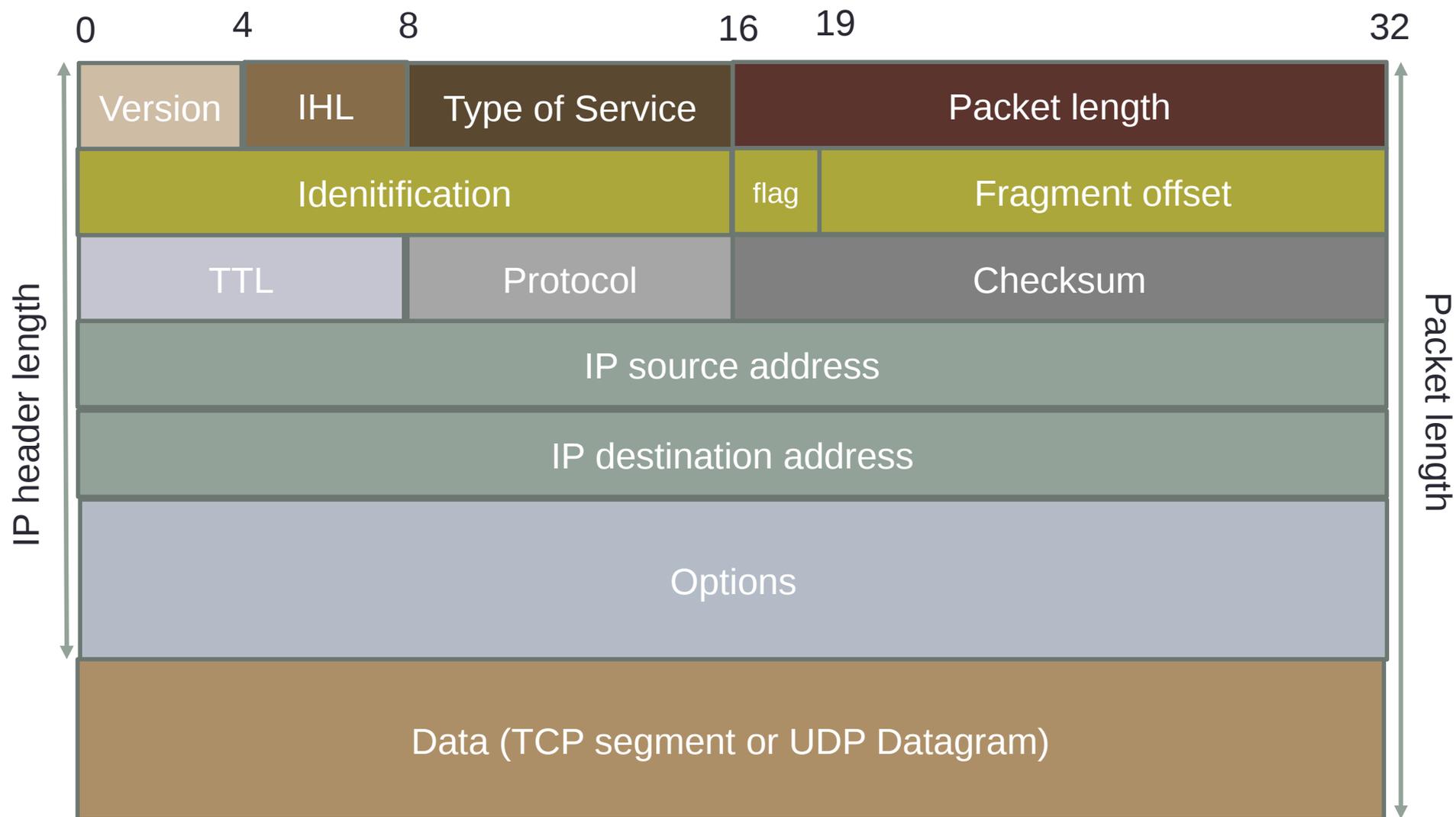
IP: Format des paquets

Encapsulation

- Les paquets IP sont encapsulé dans des trames de niveau 2 (Ethernet, Wi-Fi, etc.)
- Exemple:

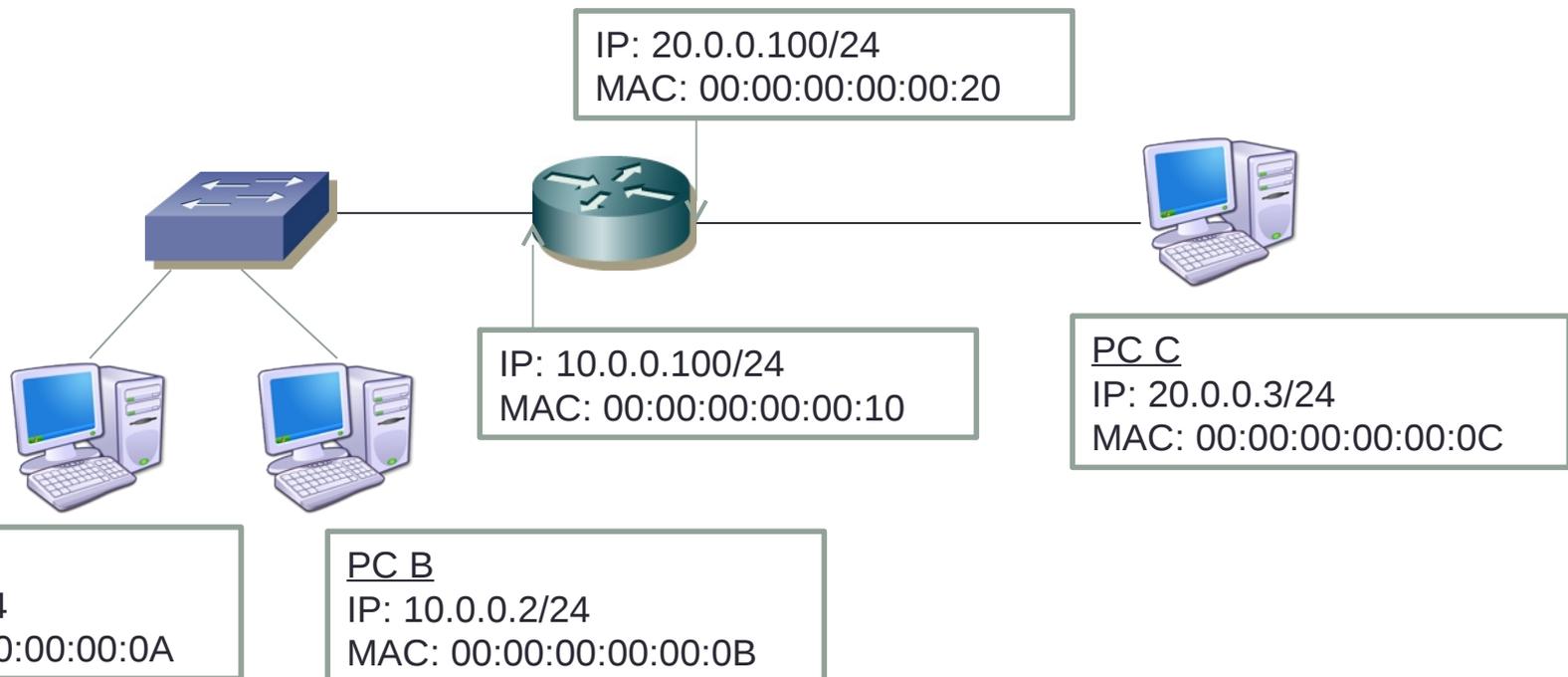


Format du paquet IP



Exercice 10: en-tête IP et adresses

- Donnez l'en-tête IP et Ethernet pour l'émission d'une trame/paquet du PC A vers le PC B. Les paquets transportent des segments TCP.
- Même question pour une transmission du PC A au PC C.



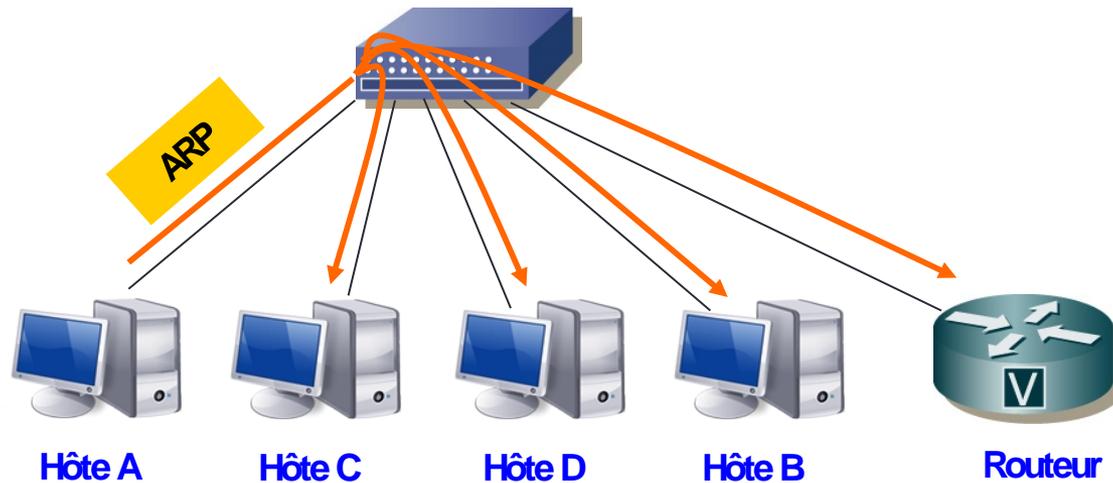
ARP (Address Resolution Protocol)

La résolution d'adresses

La résolution d'adresse

- l'adresse physique est l'adresse sur le sous-réseau soit :
 - l'adresse Ethernet / Wi-Fi (IEEE 802)
- Comment associer une adresse IP à une adresse physique ?
 - Dépendent du type de réseau
 - Deux catégories :
 - Résolution statique (table)
 - Résolution dynamique
 - Exemple de résolution dynamique pour Ethernet, Wi-Fi : ARP

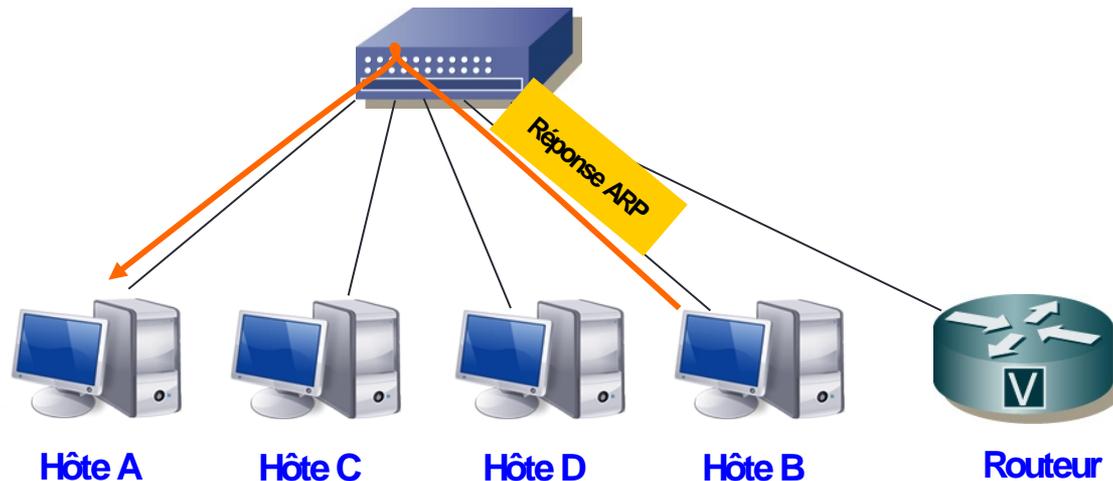
Address Resolution Protocol



Fonctionnement de l'ARP (exemple avec l'Ethernet)

- Recherche par A de l'adresse Ethernet de B (l'adresse IP de B est supposée connue).
- Diffusion (en Ethernet: FF-FF-FF-FF-FF) d'une requête ARP.

Address Resolution Protocol

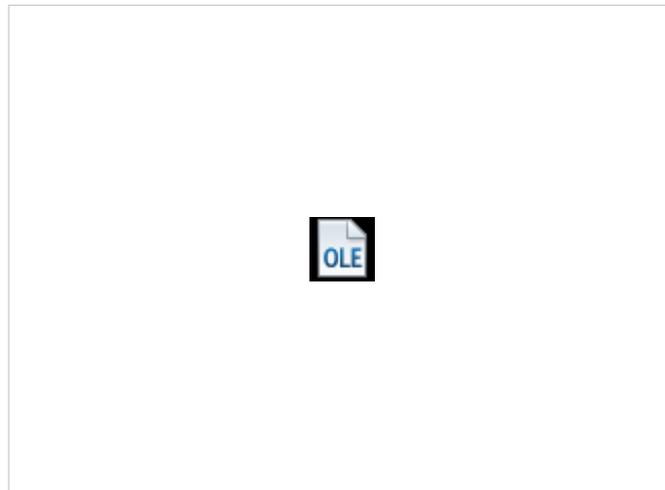


Fonctionnement de l'ARP (exemple avec l'Ethernet)

- Recherche par A de l'adresse Ethernet de B (l'adresse IP de B est supposée connue).
- Diffusion (en Ethernet: FF-FF-FF-FF-FF) d'une requête ARP.
- Si un Hôte reconnaît son adresse IP, il répond en unicast à l'émetteur de la requête. L'un des champs de la réponse contient alors l'adresse MAC de B.

Requête ARP

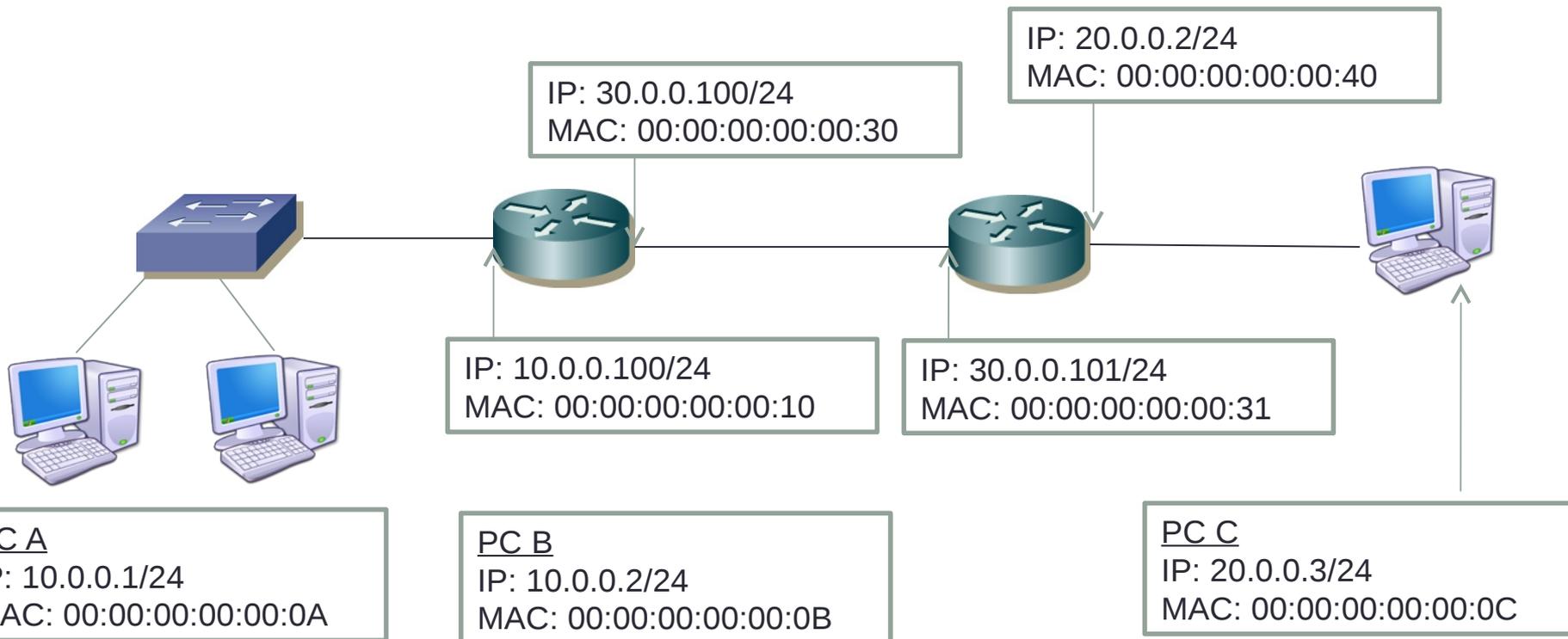
- *Format des requêtes/réponses*
 - *Encapsulés directement dans les trames de niveau 2.*



- Un paquet envoyé entraîne un échange ARP (1 broadcast + 1 réponse)
 - Trafic énorme
 - Gestion de caches pour minimiser les échanges

Exercice 11: requêtes ARP

1. Donnez les adresses Ethernet et IP pour une communication du PC A au PC B, puis du PCA au PC C.
2. Listez toutes les requêtes ARP effectuées avec leur adresse IP cible
3. Donnez le cache ARP des machines et des routeurs.



Cache ARP

- Une table permet de conserver les résolutions ARP qui ont déjà été effectuées.
- Cette table associe les adresses MAC aux adresses IP.
- La gestion de ces caches (temps durant lequel on garde une entrée, etc.) n'est pas normalisé.
- Avant d'émettre un paquet IP,
 - On vérifie que l'adresse MAC correspondante est dans le cache
 - Si oui, on utilise cette adresse MAC (pas de requête ARP)
 - Sinon, on génère une requête ARP

Exercice 12: questions diverses

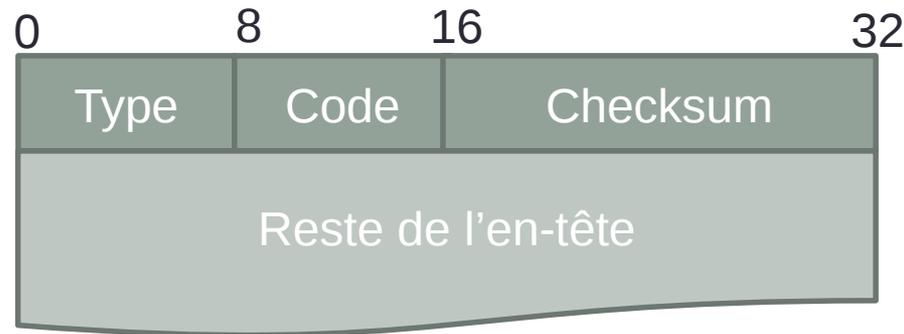
1. Qu'est ce qui garantit l'unicité des adresses MAC?
2. Pourquoi les cartes Ethernet ont elles des adresses?
3. Qu'est ce qui garantit l'unicité des adresses IP?
4. Dans quel ordre sont transmis les en-têtes Ethernet et MAC?
5. Quels sont les champs de l'en-tête IP qui change au cours de l'acheminement?
6. Quels sont les champs de l'en-tête Ethernet qui change au cours de l'acheminement (sur un sous réseau donné)?
7. Qui (quel logiciel) envoi les requêtes ARP? Qui gère le cache ARP?
8. Que se passe t-il si il n'y a pas de réponse à une requête ARP?
9. Une même requête ARP peut elle être diffusée sur plusieurs sous réseau?

ICMP (Internet Control Messages Protocol)

ICMP

Internet Control Message Protocol

- Encapsulé dans un paquet IP
- Permet a un routeur/PC de renvoyer un compte-rendu sur un problème rencontré dans le relayage d'un paquet
- Peut servir à autre chose : ping, etc.
- Son format est le suivant:



Les messages ICMP

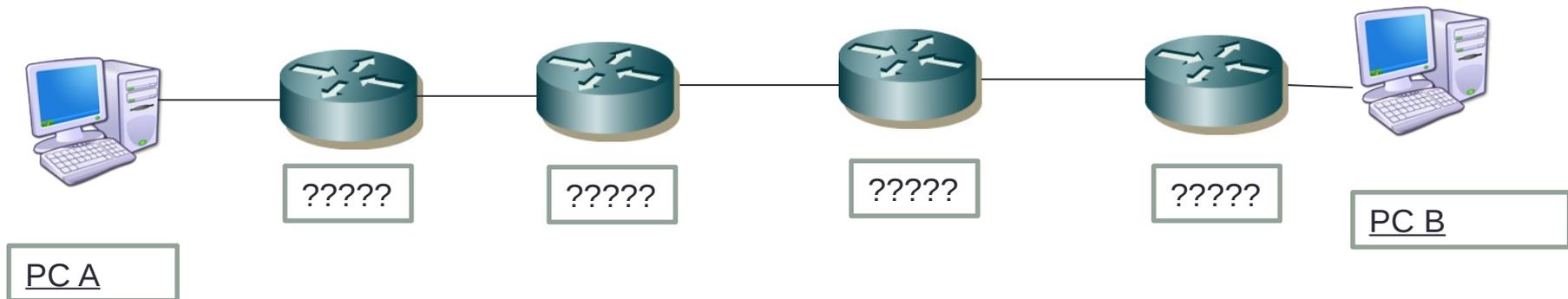
Type	Code	Description
0 - Echo Reply	0	Echo reply (used to ping)
3 - Destination Unreachable	0	Destination network unreachable
	1	Destination host unreachable
	2	Destination protocol unreachable
	3	Destination port unreachable
	4	Fragmentation required, and DF flag set
	5	Source route failed
	6	Destination network unknown
	7	Destination host unknown
	9	Network administratively prohibited
	10	Host administratively prohibited
	11	Network unreachable for TOS
	12	Host unreachable for TOS
	13	Communication administratively prohibited
	14	Host Precedence Violation
	15	Precedence cutoff in effect

Les messages ICMP (suite)

Type	Code	Description
8 - Echo Request	0	Echo request (used to ping)
11 - Time Exceeded	0	TTL expired in transit
	1	Fragment reassembly time exceeded
12 - Parameter Problem: Bad IP header	0	Pointer indicates the error
	1	Missing a required option
	2	Bad length

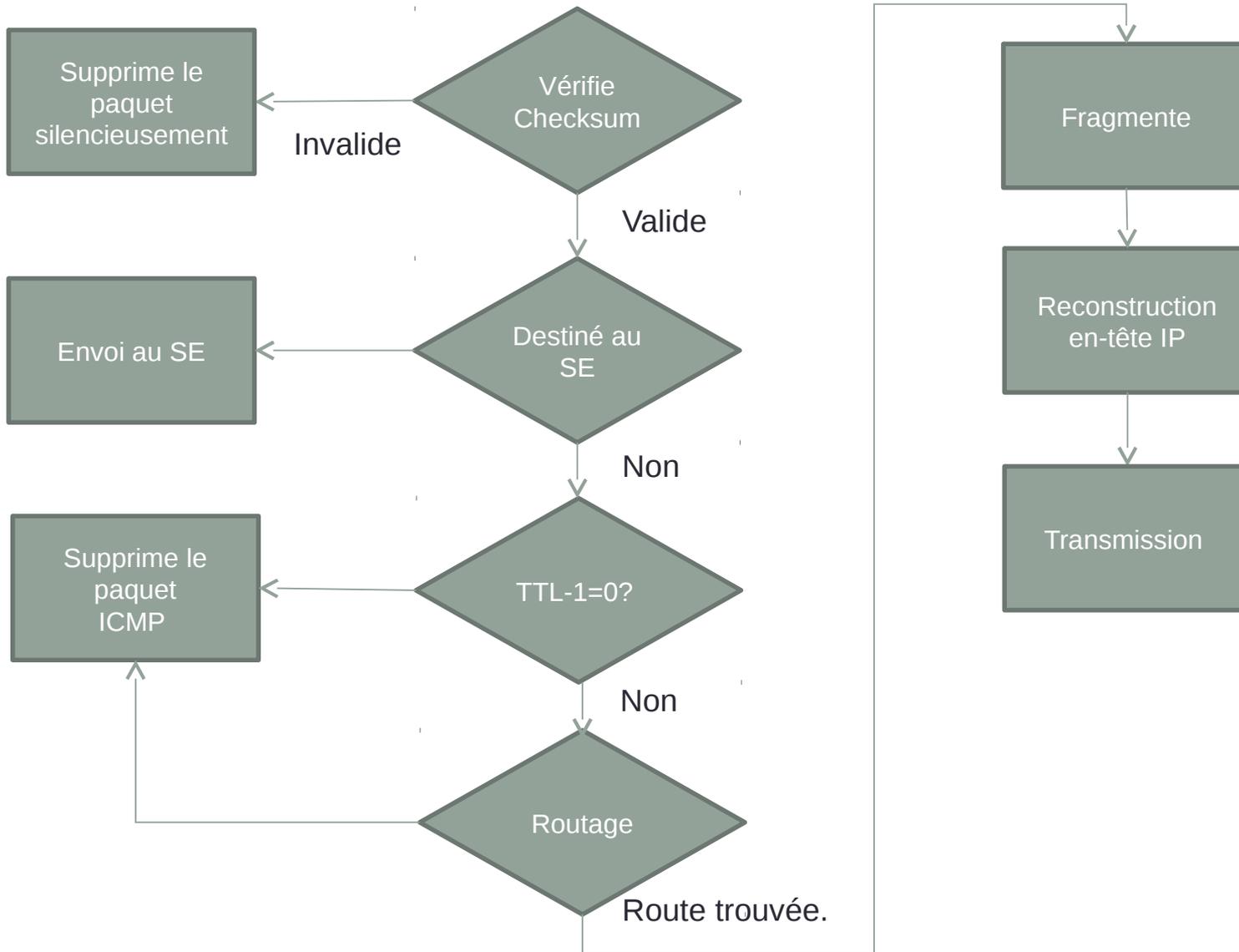
Exercice 13: tracer la route

- On cherche à implémenter une application qui permettra de trouver le chemin entre deux machines.
- Par chemin, on entend adresse IP, éventuellement nom, des routeurs entre les deux machines.
- Comment à partir des messages ICMP cela est-il possible?



IP: Acheminement des paquets et routage (local)

Acheminement



Routage direct - indirect

- Lorsqu'une machine veut émettre un paquet
 - Applique son masque de réseau (ET logique) à l'adresse IP destination. Elle obtient une adresse réseau.
 - Compare cette adresse réseau à sa propre adresse réseau:
 - Si elles sont identiques : routage direct (requête ARP au destinataire)
 - Si elles sont différentes : routage indirecte (on envoie le paquet au routeur: requête ARP au routeur)

Configuration du client

- 3 éléments à configurer
 - Adresse IP
 - Masque de réseau
 - Adresse du routeur

Attention: donnez l'adresse du routeur du même sous réseau (un routeur a plusieurs interfaces).

Sous linux

```
ifconfig eth0 192.168.1.2 netmask 255.255.255.0  
route add default gw 192.168.1.1
```

Sur un routeur cisco (assignation d'une adresse à une interface):

```
router(conf)#interface fastEthernet 0/1  
router(conf-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0  
router(conf-if)#no shutdown  
router(conf-if)#end
```

Exercice 14: routage directe/indirecte?

- Le PC A a deux adresses IP:
 - 12.3.5.8/24 pour sa carte Ethernet
 - 128.12.45.127/25 pour sa carte Wi-Fi
- Indiqué pour les adresses IP destination suivante si il s'agit de routage directe ou indirecte:

Adresse IP destination	Réponse
12.3.7.0	
128.12.45.13	
12.3.5.252	
128.12.45.131	
78.12.34.67	
12.3.5.141	

Exercice 15: configuration et acheminement

- La configuration d'un PC est la suivante:

```
prompt$ ifconfig eth0 123.0.0.1 netmask 255.255.255.0
prompt$ ifconfig wlan0 190.0.0.161 netmask 255.255.255.192
prompt$ route add default gw 190.0.0.129
prompt$
```

- Pour les paquets à destination des adresses suivantes indiquez:
 - Routage directe / Indirecte
 - Adresse IP cible de la requête ARP correspondante

Adresse IP	Adresse IP (suite)
91.1.0.23	34.67.89.1
123.89.7.1	123.0.3.4
190.0.0.225	190.0.0.126
123.0.0.24	56.11.2.1
190.0.0.181	190.0.0.130

Exercice 16: Bonne/mauvaise configuration

- Indiquez si les configurations IP ci-dessous sont bonnes ou mauvaises

Propriétés de : Protocole Internet version 4 (TCP/IPv4)

Général

Les paramètres IP peuvent être déterminés automatiquement si votre réseau le permet. Sinon, vous devez demander les paramètres IP appropriés à votre administrateur réseau.

Obtenir une adresse IP automatiquement

Utiliser l'adresse IP suivante :

Adresse IP : 123 . 0 . 1 . 3

Masque de sous-réseau : 255 . 255 . 255 . 255

Passerelle par défaut : . . .

Obtenir les adresses des serveurs DNS automatiquement

Utiliser l'adresse de serveur DNS suivante :

Serveur DNS préféré : . . .

Serveur DNS auxiliaire : . . .

Valider les paramètres en quittant

Avancé...

OK Annuler

Propriétés de : Protocole Internet version 4 (TCP/IPv4)

Général

Les paramètres IP peuvent être déterminés automatiquement si votre réseau le permet. Sinon, vous devez demander les paramètres IP appropriés à votre administrateur réseau.

Obtenir une adresse IP automatiquement

Utiliser l'adresse IP suivante :

Adresse IP : 145 . 34 . 78 . 111

Masque de sous-réseau : 255 . 255 . 255 . 192

Passerelle par défaut : 145 . 34 . 78 . 65

Obtenir les adresses des serveurs DNS automatiquement

Utiliser l'adresse de serveur DNS suivante :

Serveur DNS préféré : . . .

Serveur DNS auxiliaire : . . .

Valider les paramètres en quittant

Avancé...

OK Annuler

Propriétés de : Protocole Internet version 4 (TCP/IPv4)

Général

Les paramètres IP peuvent être déterminés automatiquement si votre réseau le permet. Sinon, vous devez demander les paramètres IP appropriés à votre administrateur réseau.

Obtenir une adresse IP automatiquement

Utiliser l'adresse IP suivante :

Adresse IP : 123 . 0 . 1 . 3

Masque de sous-réseau : 255 . 255 . 255 . 128

Passerelle par défaut : 123 . 0 . 1 . 134

Obtenir les adresses des serveurs DNS automatiquement

Utiliser l'adresse de serveur DNS suivante :

Serveur DNS préféré : . . .

Serveur DNS auxiliaire : . . .

Valider les paramètres en quittant

Avancé...

OK Annuler

```
prompt$ ifconfig eth0 78.65.34.121 netmask 255.255.254.0
prompt$ ifconfig eth1 89.12.34.56 netmask 255.255.255.0
prompt$ route add default gw 78.65.35.1
```

```
prompt$ ifconfig eth0 143.32.3.5 netmask 255.224.0
prompt$ ifconfig eth1 143.0.129.211 netmask 255.128.0.0
prompt$ route add default gw 143.32.3.1
```

Exercice 17: questions

- Que se passe-t-il si il n'y a pas de routeurs par défaut?
- Une interface IP peut-elle avoir plusieurs adresse IP sur le même sous réseau?
- Une interface IP peut-elle appartenir à plusieurs sous réseau?
- Que se passe-t-il si deux machines du même sous réseau ont la même adresse IP?

Table de routage (1)

- La table de routage permet à un routeur/hôte de connaître le prochain saut (destinataire finale ou routeur)
- Elle est basée uniquement sur les adresses réseaux
- Si routage indirecte, elle indique l'adresse IP du prochain saut et l'interface à utiliser (facultatif) sinon elle indique l'interface (+un flag)
- Structure (adresse réseau ; netmask ; adresse IP du prochain saut ; interface)
- Algorithme de sélection: pour chaque ligne
 - Appliqué le masque de réseau à l'adresse IP destination et comparer avec l'adresse réseau.
 - Si il n'y a pas correspondance passé à l'entrée suivante
 - Sinon envoyé le paquet au prochain saut.

Exemple : on reçoit le paquet IP à destination de 192.168.129.11

Adresse réseau	netmask	@IP prochain saut	Interface
132.23.15.0	255.255.255.0	142.15.1.1	eth0
10.0.0.0	255.0.0.0	142.15.1.2	eth0
192.168.64.0	255.255.128.0	124.3.2.4	eth1
192.168.128.0	255.255.192.0	124.3.2.1	eth1

Question : pourquoi a-t-on besoin de l'adresse IP du prochain saut et pas juste de l'interface?

Table de routage (2)

- Plusieurs entrées de la table de routage peuvent correspondre (dû à l'agrégation des adresses réseau)
- Règle: sélectionner parmi les entrées de la table de routage dont l'adresse réseau correspond au paquet à acheminer celle qui a le plus long masque de réseau (le plus de 1 en binaire).

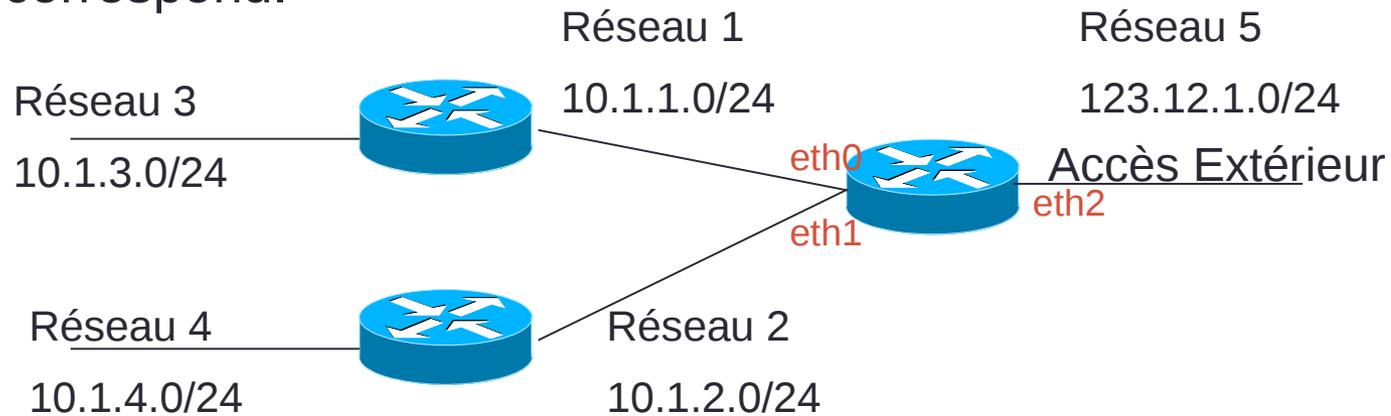
Exemple : on reçoit le paquet IP à destination de 192.168.129.11

Adresse réseau	netmask	@IP prochain saut	Interface
132.23.15.0	255.255.255.0	142.15.1.1	eth0
192.168.0.0	255.255.0.0	142.15.1.2	eth0
192.168.64.0	255.255.128.0	124.3.2.4	eth1
192.168.128.0	255.255.192.0	124.3.2.1	eth1

En pratique les entrées peuvent être classées du plus grand masque de réseau au plus petit.

Route par défaut

- Il y a dans la majorité des cas, une route par défaut. Une route que l'on choisit si aucune entrée de la table de routage ne correspond.



10.1.1.0	255.255.255.0	U	eth0
10.1.2.0	255.255.255.0	U	eth1
123.12.1.0	255.255.255.0	U	eth2
10.1.3.0	255.255.255.0	10.1.1.2	eth0
10.1.4.0	255.255.255.0	10.1.2.2	eth1
0.0.0.0	0.0.0.0	123.12.1.4	eth2

Route par défaut →

Table de routage d'un routeur

Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP, O - OSPF,

B - BGP, > - selected route, * - FIB route

K * 127.0.0.0/8 is directly connected, lo

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo

C>* 160.1.0.0/16 is directly connected, eth1

R>* 160.2.0.0/16 via 163.0.1.1, eth0, 00:37:51

B>* 161.0.0.0/16 via 160.1.0.1, eth1, 00:44:57

B 162.0.0.0/16 via 160.2.0.2, 00:31:04

R>* 162.0.0.0/16 via 163.0.1.1, eth0, 00:36:12

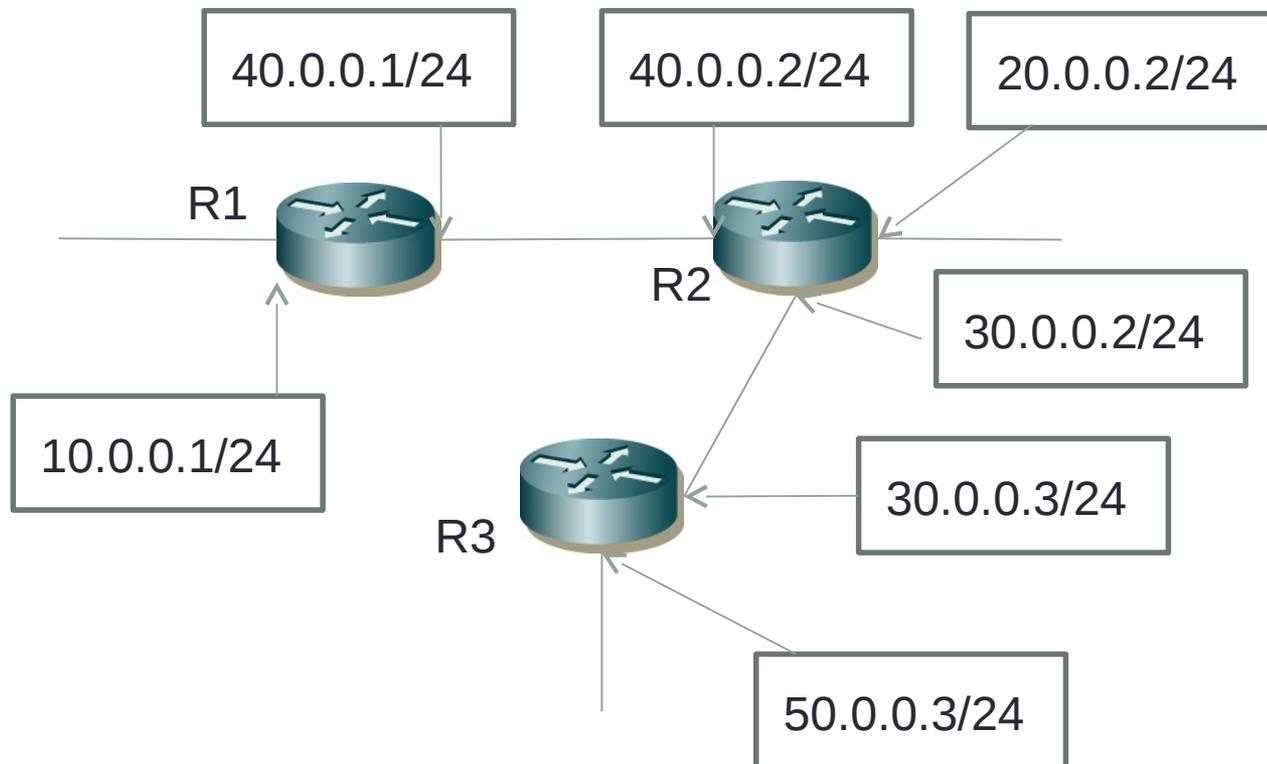
C>* 163.0.1.0/24 is directly connected, eth0

R>* 163.0.2.0/24 via 163.0.1.1, eth0, 00:45:06

R>* 192.168.1.0/24 via 163.0.1.1, eth0, 00:38:04

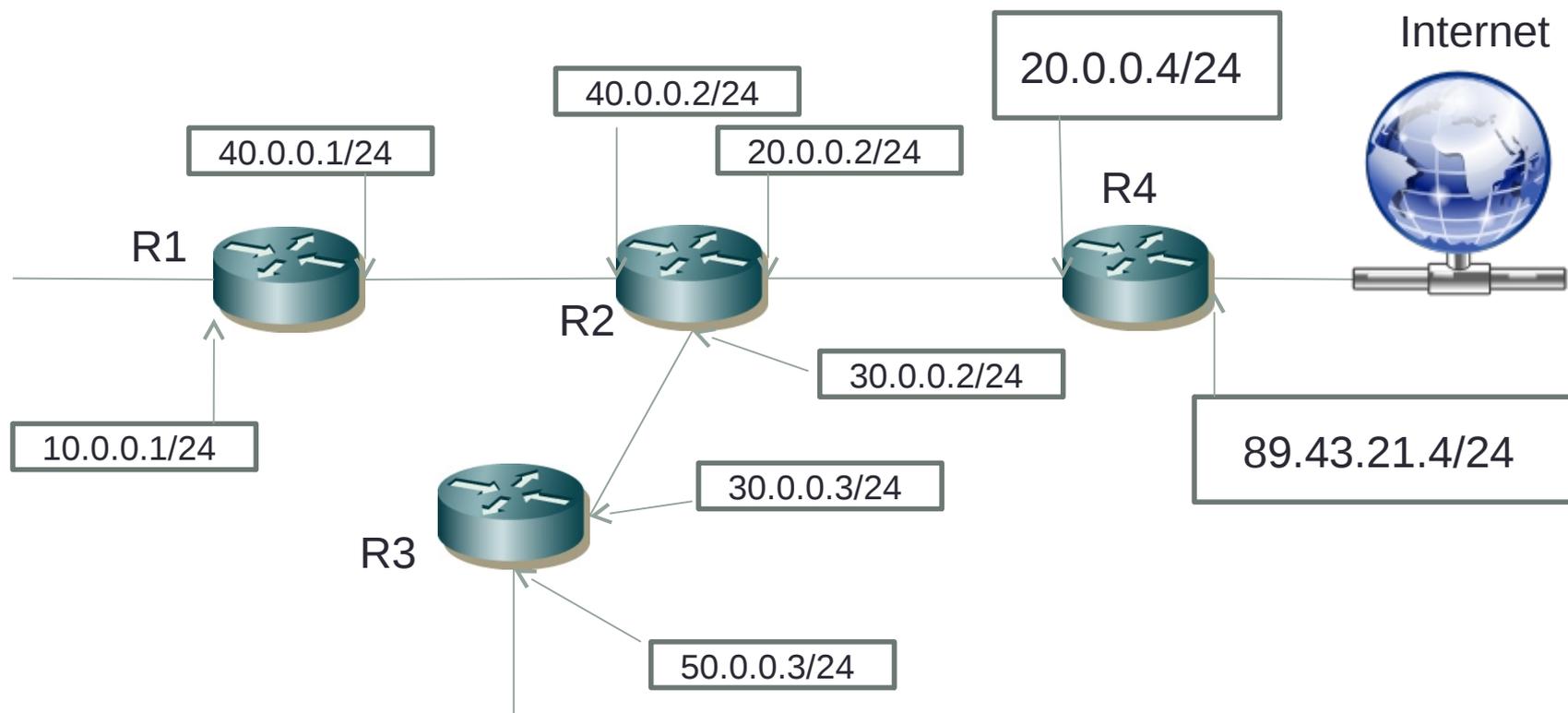
Exercice 18: construire la table de routage

- Pour la topologie ci-dessous, donnez les tables de routage des routeurs.



Exercice 19: accès à Internet

- Un accès à Internet est maintenant accessible au travers du routeur R4.
- Compléter les tables de routage en conséquence.



Exercice 20: déduire la topologie à partir d'une table de routage

On considère un routeur R1 ayant la table de routage suivante.

SubnetNumber	netmask	Next Hop
128.96.39.0/25	255.255.255.128	Interface 0
128.96.39.128/25	255.255.255.128	Interface 1
128.96.40.0/25	255.255.255.128	128.96.39.2 (R2)
192.4.153.0/26	255.255.255.192	128.96.39.131 (R3)
0.0.0.0		128.96.39.3 (R4)

1. Combien d'interfaces possède ce routeur ?
2. Combien de routeurs existent dans ce réseau ?
3. Dessinez la configuration du réseau en faisant figurer les adresses réseau sur chaque sous-réseau, les adresses IP de chaque interface de routeur.
4. Indiquez ce que fait R1 sur réception d'un paquet adressé aux destinations suivantes :

Adresse
128.96.39.10
128.96.40.12
128.96.40.151
192.4.153.17
192.4.153.96

Routage statique

- Rajouter manuellement des entrées dans la table de routage.
- Pour les petits réseaux
- Pour la route par défaut.

Sous linux

```
route add -net 10.1.3.0 netmask 255.255.255.0 gw 10.1.1.1
```

La commande « ip route » fonctionne également.

Sur un routeur cisco :

```
router(conf)#ip route 10.1.0.0 255.255.255.0 10.0.0.1
```

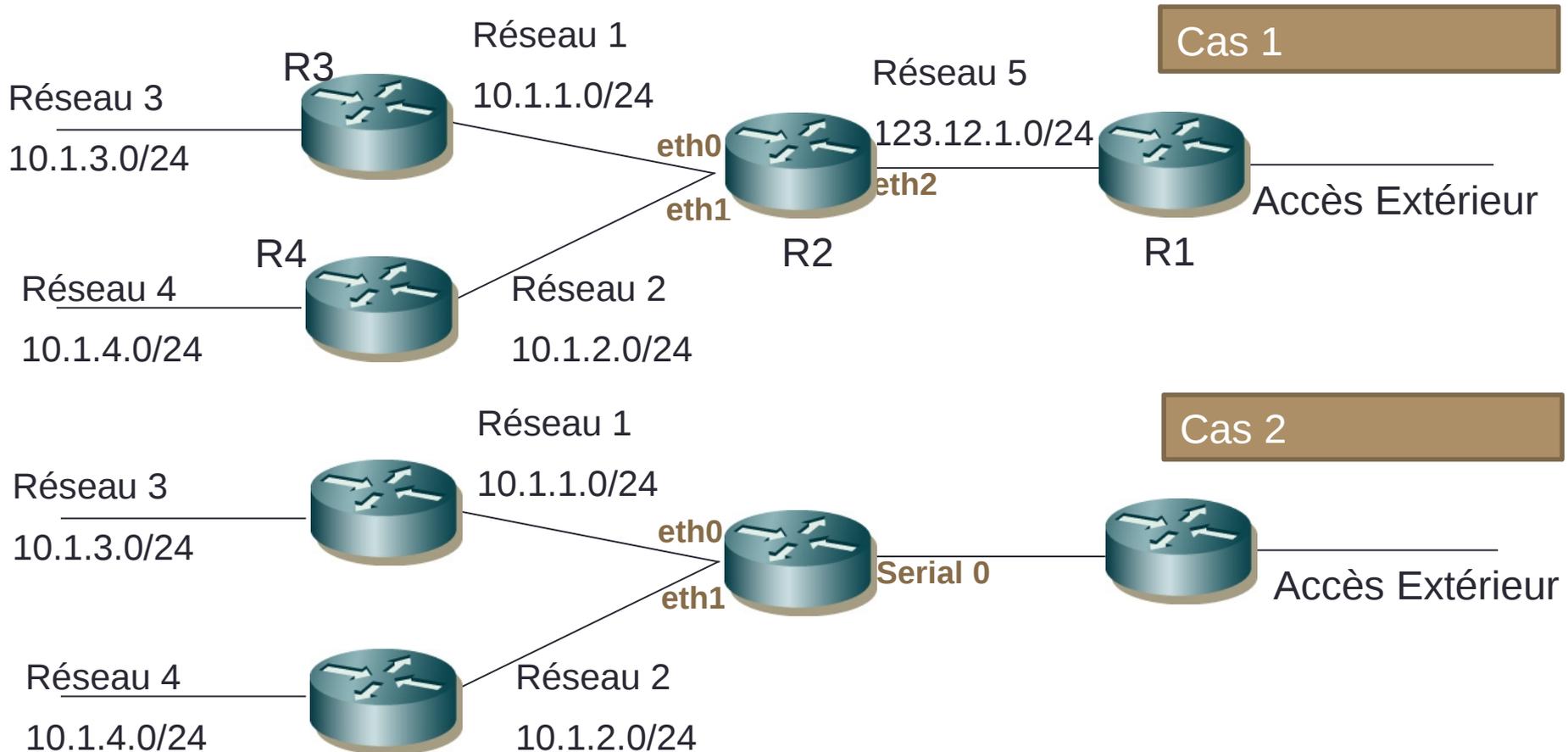
```
router(conf)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.0.2
```

```
router(conf)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 serial 0/2
```

```
router(conf)#exit
```

Exercice 21: routage statique – les commandes

- Quelles sont les commandes à taper sur les routeurs pour avoir une table de routage à jour.
- Note: Vous prendrez le numéro du routeur comme valeur du dernier octet des adresses IP.



Routage dynamique: Protocoles vecteur de distance

Le routage dynamique

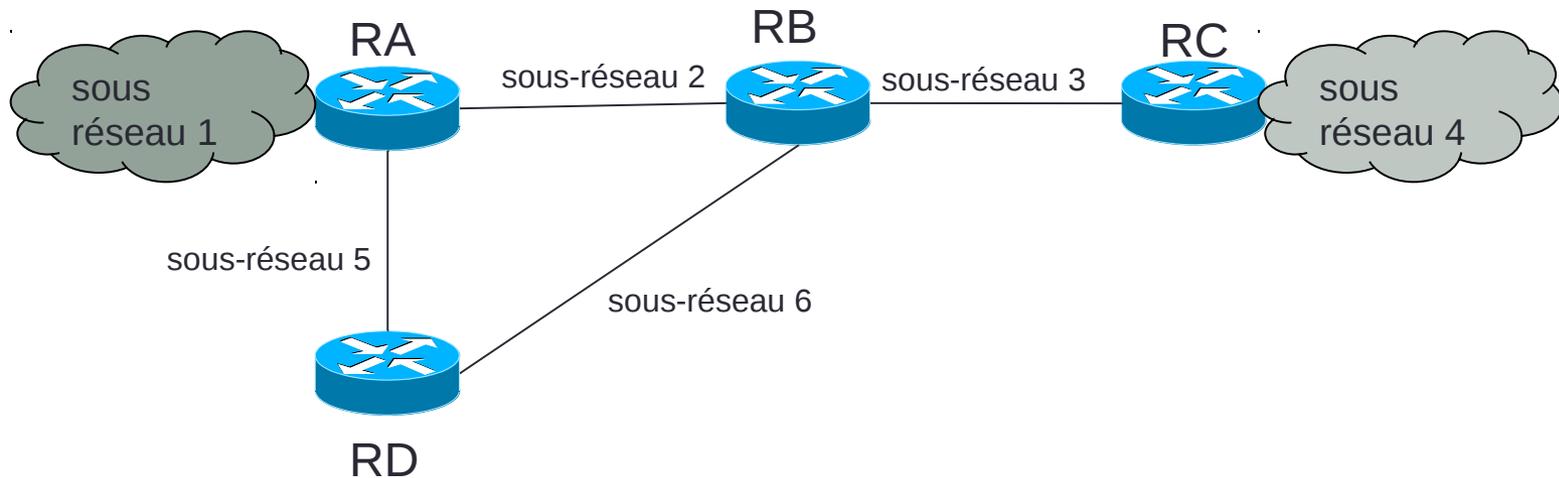
- Principe: mettre à jour les tables de routages à jour sans intervention manuelle
 - Apprentissage des sous réseaux et des routes de manière automatique
 - Apprentissage dynamique: les tables de routage sont mis à jour en fonction des changements de topologie:
 - Changement de routes (rupture de liens, chemin plus court, etc.)
 - Ajout de nouveau réseau
 - Suppression de réseaux plus accessibles

Distance vector - Principes

- Les protocoles de type « Distance vector » sont basés sur des algorithmes développés par Bellman-Ford
- Le terme « distance vector » vient du fait que les routes sont annoncées au moyen de vecteurs (destination, distance), où distance est une métrique (le nombre de sauts pour atteindre la destination)
- Les routeurs diffusent régulièrement à leurs voisins leurs tables de routage (destination – coût)
- Un routeur qui reçoit ces informations compare les routes reçues avec ses propres routes connues et met à jour sa propre table de routage

Distance vector – Cas d'école

- 5 routeurs et 6 liaisons de coût unité



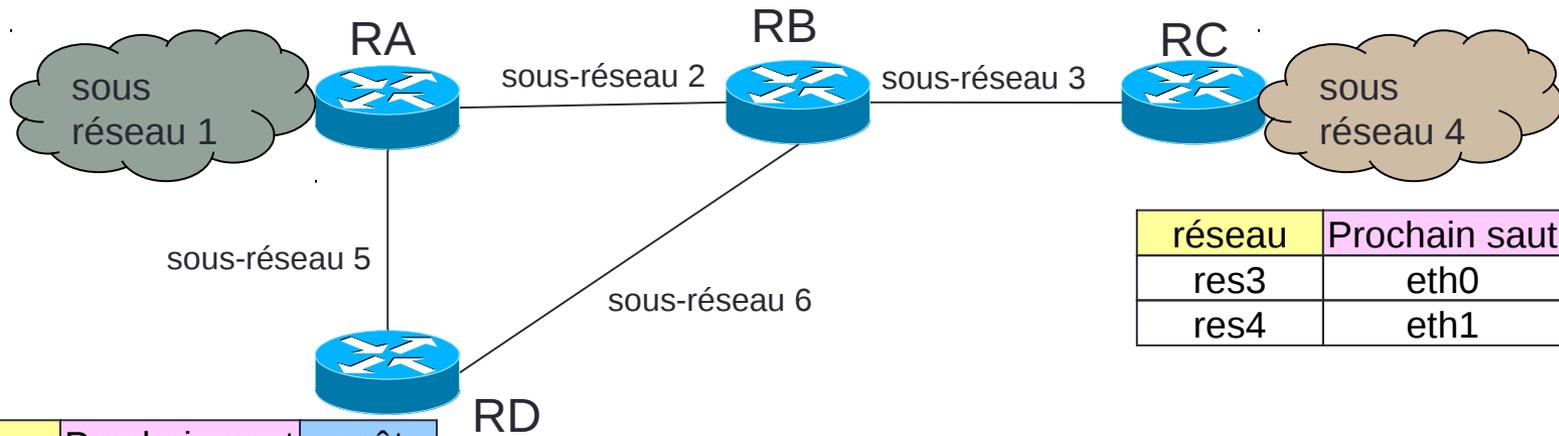
Au démarrage

- Les routeurs n'ont qu'une connaissance minimale de la topologie du réseau : ils ne connaissent que les sous réseaux auxquelles ils sont raccordés.

Distance vector – Table initiale

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res5	eth2	1

réseau	Prochain saut	coût
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res3	eth0	1
res4	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res5	eth0	1
res6	eth1	1

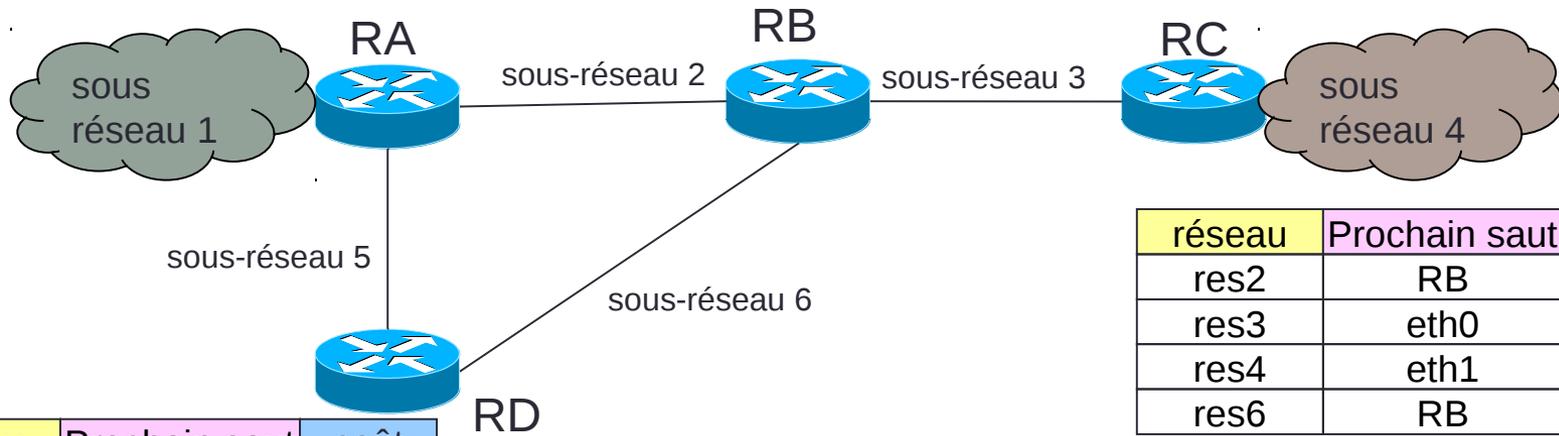
Au démarrage

- Les routeurs n'ont qu'une connaissance minimale de la topologie du réseau : ils ne connaissent que les sous réseaux auxquelles ils sont raccordés.

Distance vector – Après le 1er échange

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	2
res5	eth2	1
res6	RB	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res6	RB	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res5	eth0	1
res6	eth1	1

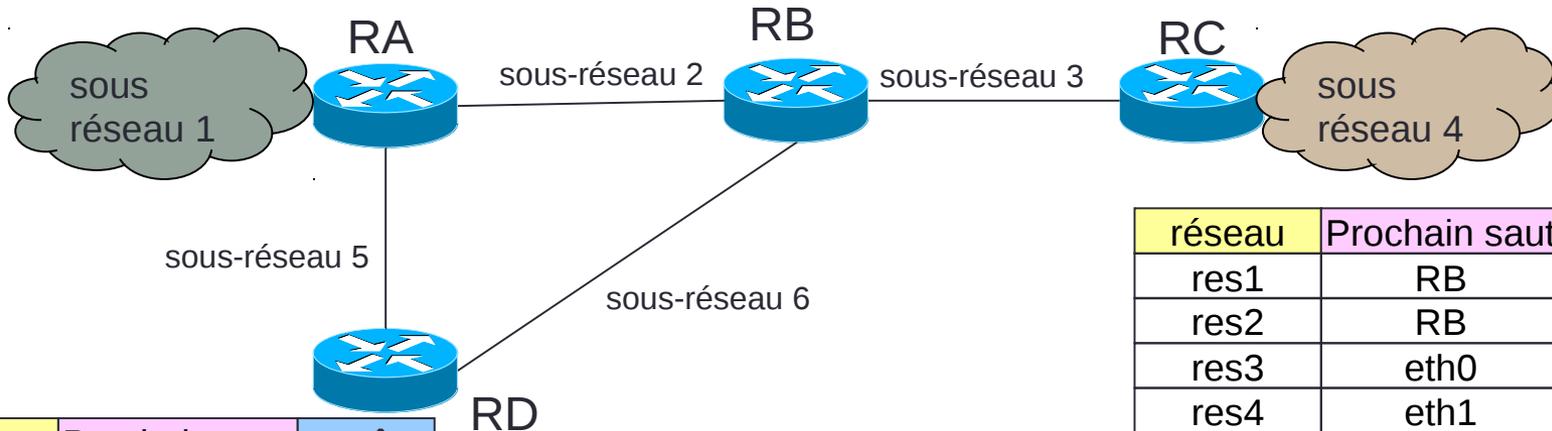
Echange des tables de routage (vecteur de distance)

- Les routeurs échanger leur table de routage.
- Les nouveaux réseaux sont rajoutés à la table de routage. Leurs métriques est incrémentées de 1.

Distance vector – Après le 2ème échange

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth2	1
res6	RB	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	3
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	3
res6	RB	2

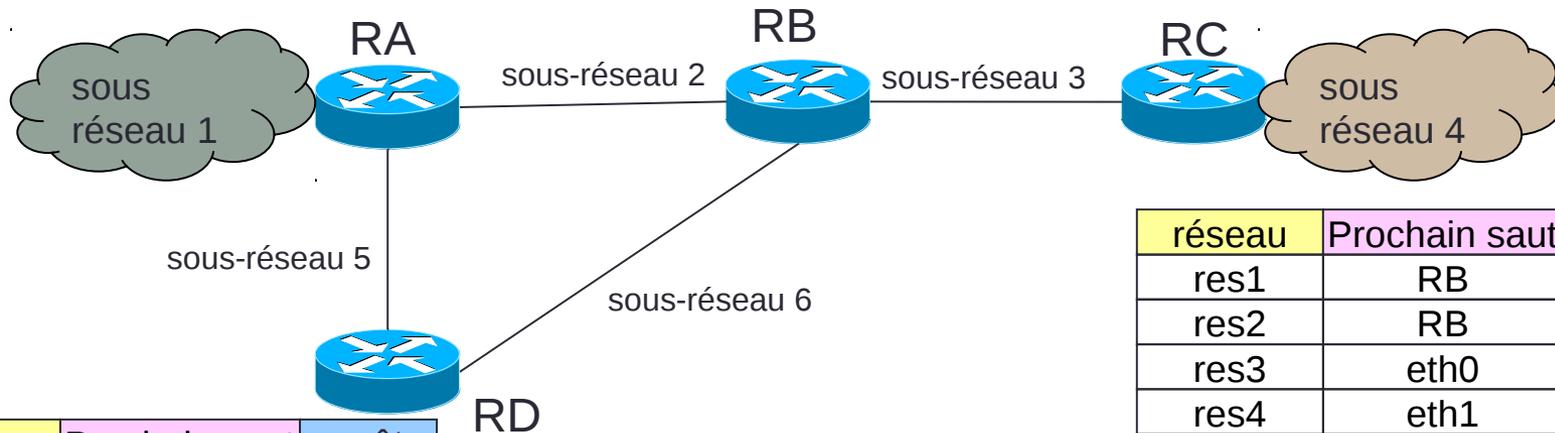
Deuxième échange.

- On connaît tous les sous réseaux.

Distance vector – Après le 3ème échange

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth2	1
res6	RB	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	3
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	3
res6	RB	2

Troisième échange.

- Les tables de routage n'ont pas été modifiées \Rightarrow elles ont convergées.

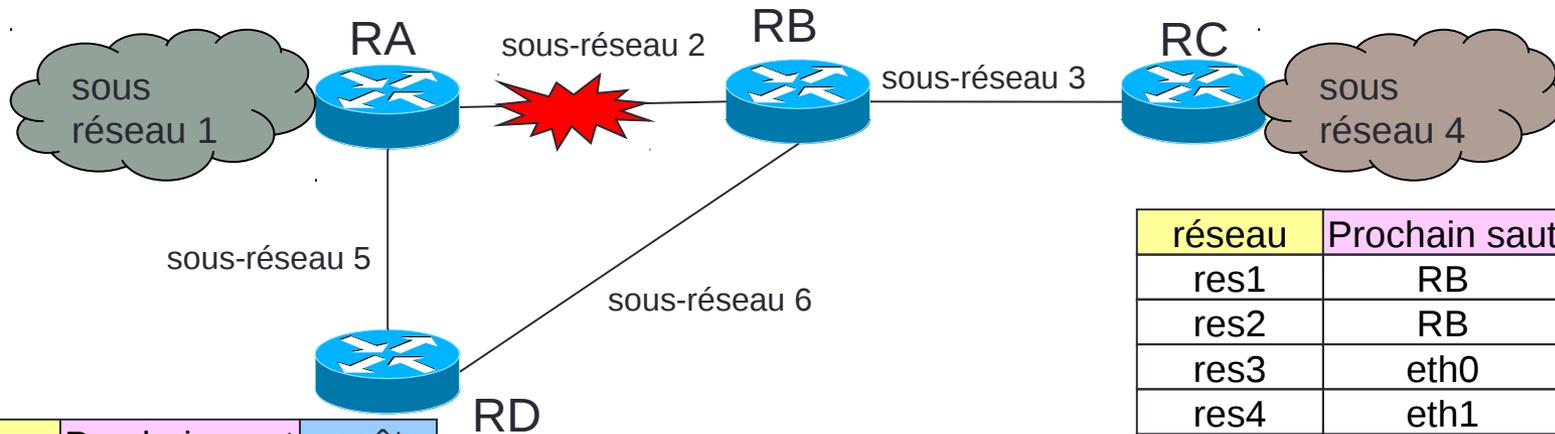
Règles

- A la réception d'un sous réseau venant d'un voisin
 - On rajoute celle-ci si on ne la connaît pas encore
 - Sinon, on compare la métrique à celle de la table de routage
 - si plus court, on prend en compte la nouvelle route dans la table de routage
 - si plus long mais provenant du prochain saut, on met à jour la métrique dans la table de routage
 - Sinon, on ne change rien.

Distance vector – rupture

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	∞
res4	RB	∞
res5	eth2	1
res6	RB	∞

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	∞
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	∞
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	3
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	3
res6	RB	2

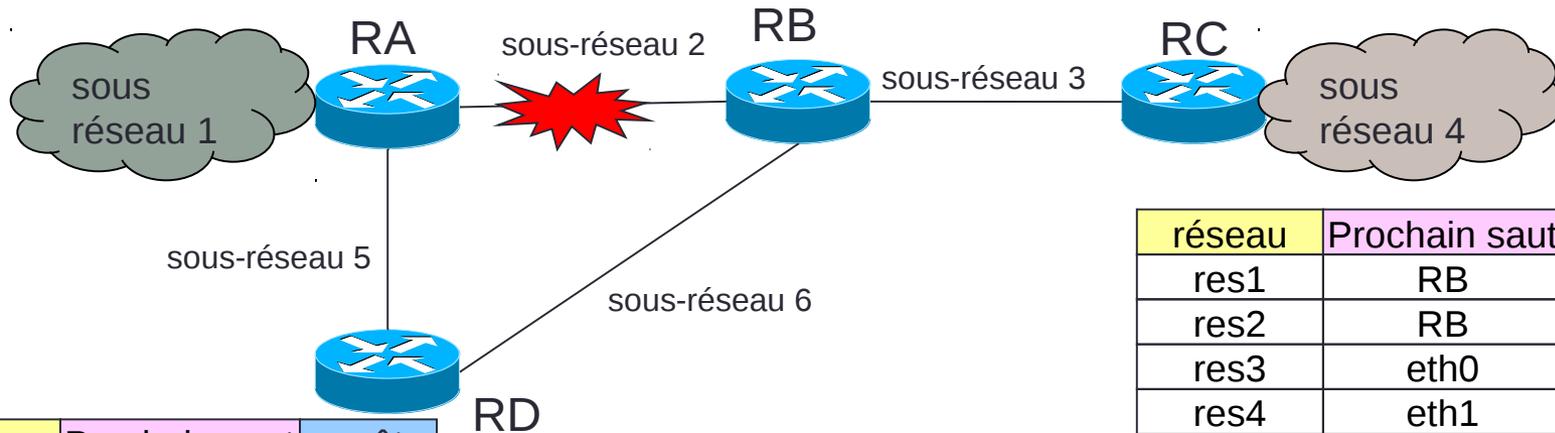
Rupture de la connexion entre RA et RB (le sous réseau reste valide).

- En cas de perte d'un voisin, toutes les routes qui passe par ce voisin sont mises avec une métrique infinie.

Distance vector – propagation du cout infini

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RB	∞
res4	RB	∞
res5	eth2	1
res6	RB	∞

réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	∞
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RA	∞
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	∞
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	∞
res6	RB	2

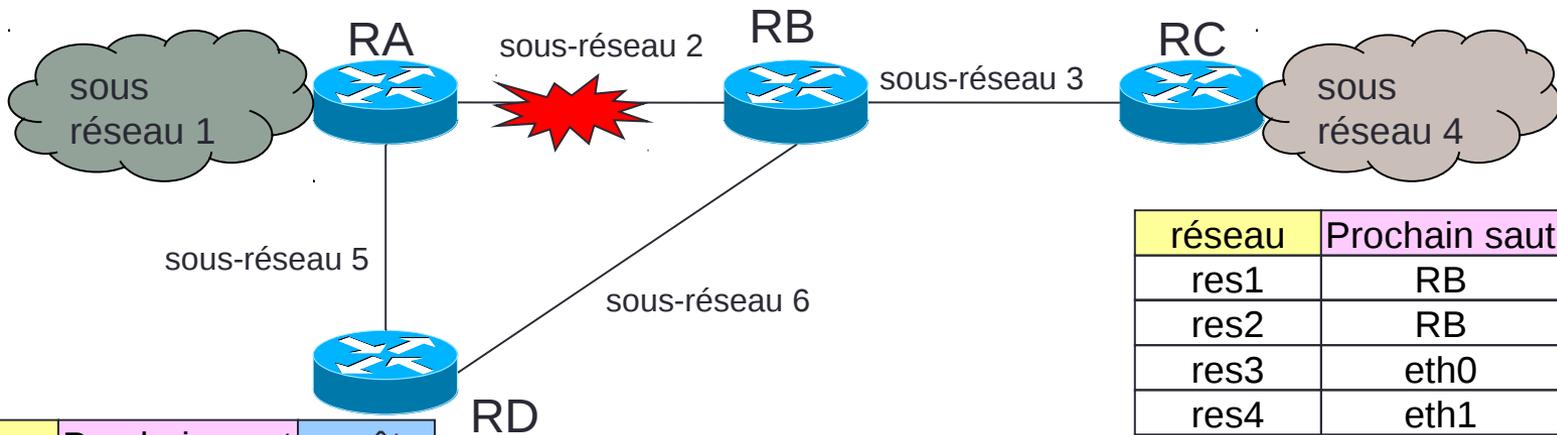
Rupture de la connexion entre RA et RB (le sous réseau reste valide).

- RC reçoit le vecteur de distance de RB

Distance vector – nouveau chemin

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RD	3
res4	RD	4
res5	eth2	1
res6	RD	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RD	3
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RD	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	∞
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	∞
res6	RB	2

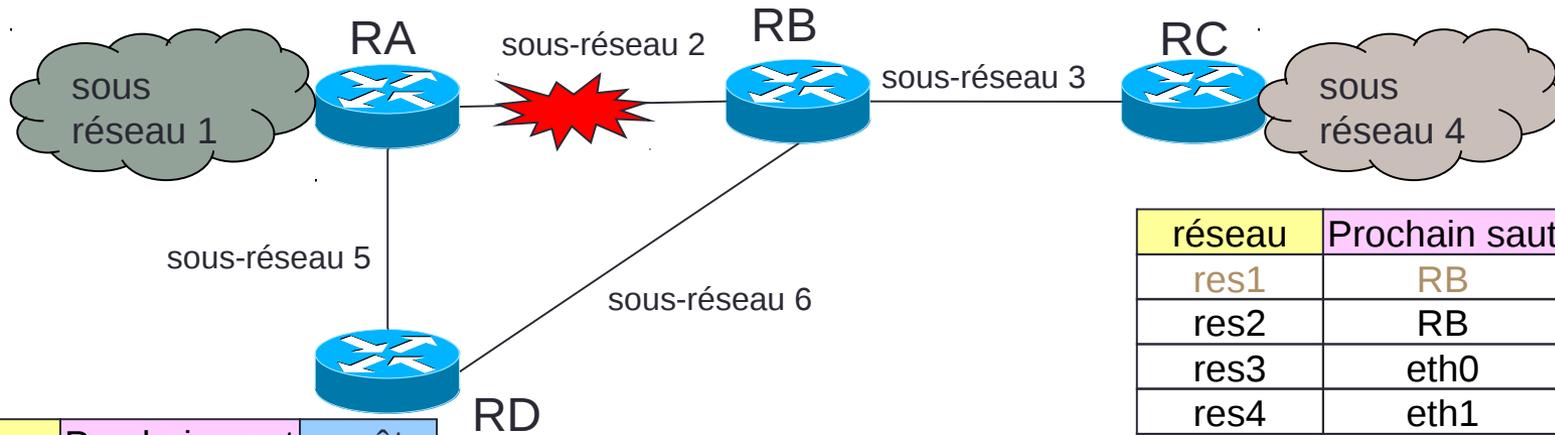
Rupture de la connexion entre RA et RB (le sous-réseau reste valide).

- RC reçoit le vecteur de distance de RB.
- RB et RA reçoivent le vecteur de RD.

Distance vector – nouveau chemin

réseau	Prochain saut	coût
res1	eth0	1
res2	eth1	1
res3	RD	3
res4	RD	4
res5	eth2	1
res6	RD	2

réseau	Prochain saut	coût
res1	RD	3
res2	eth0	1
res3	eth1	1
res4	RC	2
res5	RD	2
res6	eth2	1



réseau	Prochain saut	coût
res1	RA	2
res2	RB	2
res3	RB	2
res4	RB	3
res5	eth0	1
res6	eth1	1

réseau	Prochain saut	coût
res1	RB	4
res2	RB	2
res3	eth0	1
res4	eth1	1
res5	RB	3
res6	RB	2

Rupture de la connexion entre RA et RB (le sous réseau reste valide).

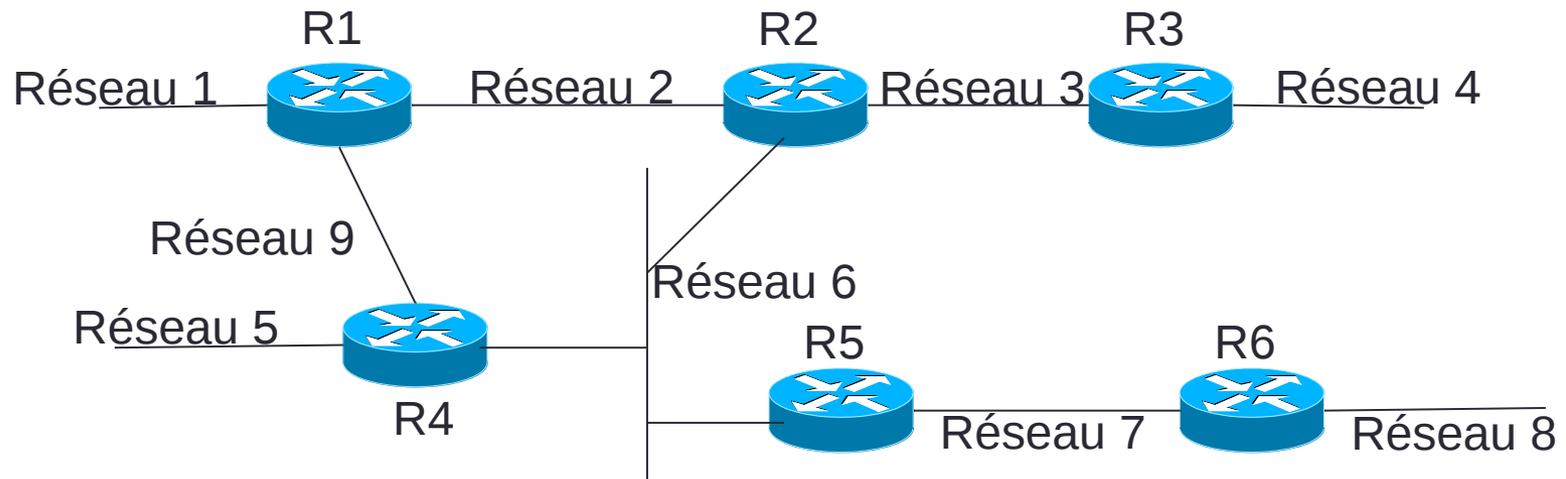
- RC reçoit le vecteur de distance de RB.
- RB et RA reçoivent le vecteur de RD.
- RC reçoit le vecteur de RB.

Algorithme vecteur de distance

- Échange régulier des tables de routage
- Simplicité de l'algorithme
- Convergence lente
- Métrique basique (nombre de sauts)
- Boucles de routages.

Exercice 22: Distance Vector cas simple

- Soit la topologie suivante:
 1. Donnez les tables de routages initiales.
 2. Donnez les vecteurs de distance lors du premier échange. Quelles sont alors les tables de routages?
 3. Donnez les vecteurs de distances des échanges 2, 3 et 4. Quelles sont alors les tables de routages?



Réseau X: 10.0.x.0/24

Exercice 23: boucle de routage

- On considère la topologie ci-dessous.
- Les tables de routages sont censées avoir convergées.
 - Donnez les tables de routages des routeurs.
 - On suppose que le lien entre les routeurs R1 et R2 est rompu.
 - Quelle est la table de routage et le vecteur de distance de R2?
 - On suppose que R3 émet son vecteur de distance avant R2. Déroulez le scénario des échanges des vecteurs de distance et de l'évolution des tables de routage de R2 et R3.
 - Si il y a un problème, proposez une solution.
 - La solution proposée est elle toujours efficace?



RIP

Routing Information Protocol

RIP : caractéristiques principales

- RIP est un standard IETF
- Définit successivement dans les RFC suivants
 - RFC 1058 (RIPv1)
 - RFC 2453 (RIPv2)
 - RFC 2080 (RIPng)
- RIP :
 - Technologie Distance Vector
 - VLSM (pour RIPv2 et RIPng)
 - Plusieurs mécanisme pour éviter les boucles:
 - Split horizon,
 - Triggered updates

RIPv2: fonctionnement

- Messages encapsulés dans des datagrammes UDP (port 520).
- 2 types de messages:
 - Request (au démarrage pour faire converger les tables plus vites)
 - Response (contiennent des entrées de la table de routage).
- 2 types d'émission
 - Multicast: request, unsolicited routing update, triggered update
 - Unicast: response to a request

RIP Database

- RIP conserve un certain nombre d'informations sur les sous-réseaux

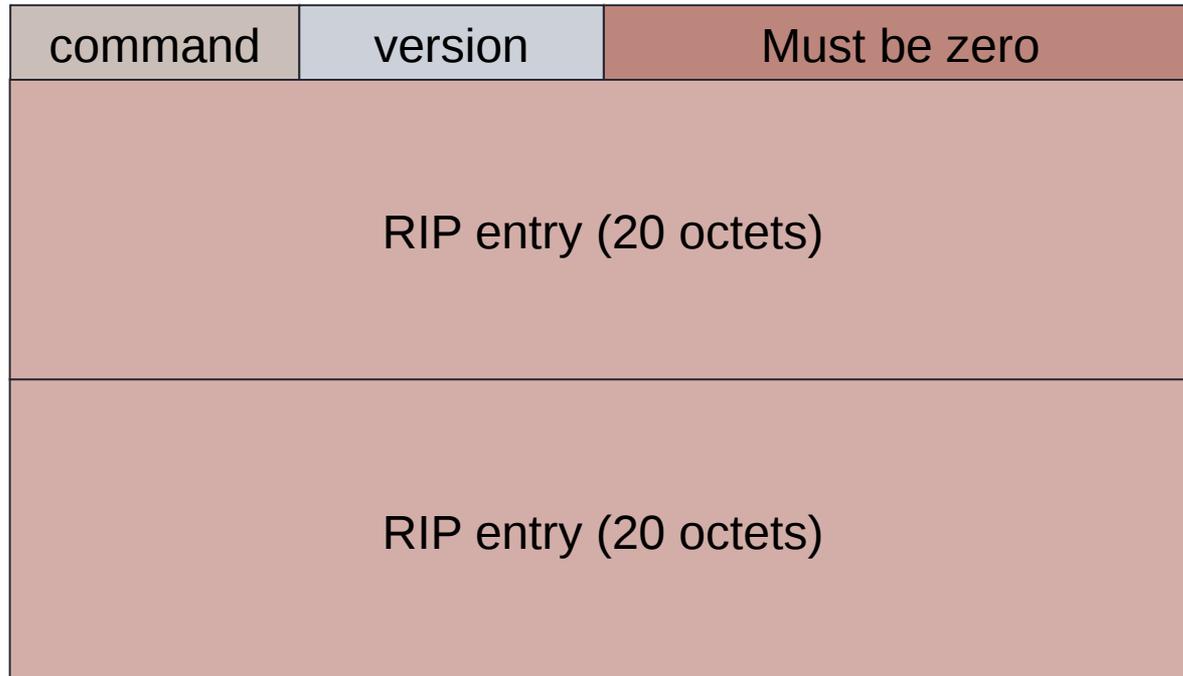
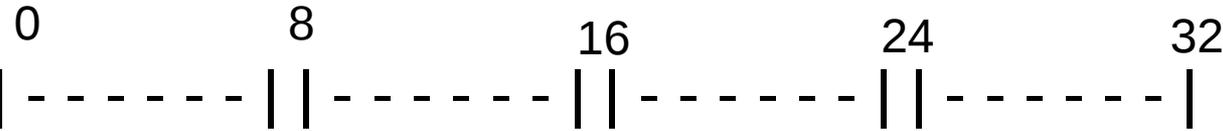
Network	Netmask	Next_Hop	Metric	Route change flag	Time_out	Garbage collection
129.1.10.0	255.255.255.0	111.1.1.1	3	0	150	120
129.2.20.0	255.255.255.0	111.1.1.1	5	0	170	120

Route change flag: indique si la route a été modifié récemment.

Timeout: temps après lequel le sous réseau sera considéré inatteignable.

Garbage Collection: temps durant lequel le réseau avec une métrique infinie reste dans la table.

Format des messages.

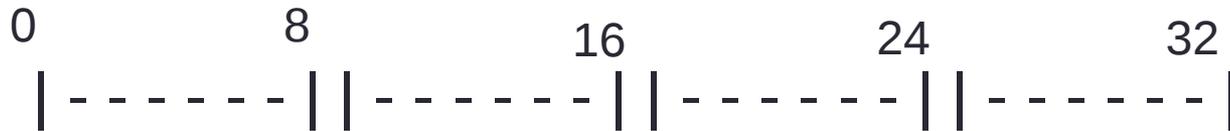


Command: Request (1) – Response (2).

Version: RIPv1 (1), RIPv2 (2), RIPvng (1).

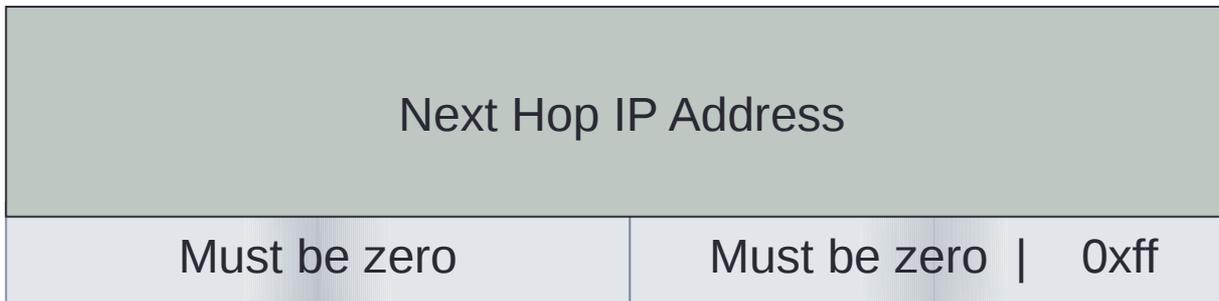
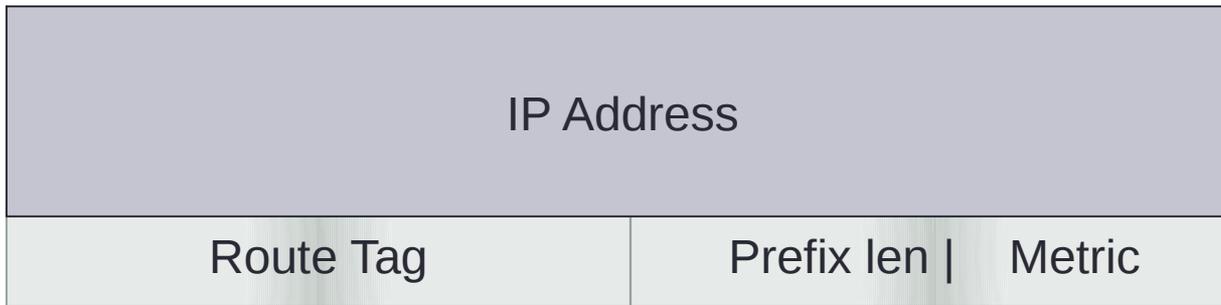
RIP entry: une entrée de la table (base de données RIP).

Format des messages (2)



Address Family Identifier	Route Tag
IP Address	
Subnet Mask	
Next Hop	
Metric	

Format des messages: RIPng (3)



Echanges des messages

- Un message *request* peut être émis lorsqu'un routeur veut obtenir rapidement les informations de ses voisins.
- Un message *response* est émis
 - Toutes les 30 sec (*unsolicited response*).
 - Après une requête d'un voisin
 - Lors d'un *triggered update*.

Exercice 24: RIP

- Soit la table RIP ci-dessous. On suppose que l'on reçoit le message ci-dessous 4 secondes après (et rien d'autre) de la part de 111.1.1.1. Décrivez la nouvelle table et les actions opérés par le routeur.

Network	Netmask	Next_Hop	Metric	Route change flag	Time_out	Garbage collection
129.1.10.0	255.255.255.0	111.1.1.1	3	0	150	120
129.2.20.0	255.255.255.0	111.1.1.1	5	0	170	120
19.3.2.0	255.255.255.0	111.1.1.1	5	0	3	120
111.1.1.0	255.255.255.0	-	1	0	180	120

IP Address	Netmask	Next Hop	Metric
129.1.10.0	255.255.255.0	0.0.0.0	2
129.2.20.0	255.255.255.0	0.0.0.0	7
15.15.15.0	255.255.255.0	0.0.0.0	1