

IP : fragmentation et routage

- Correction -

1. Fragmentation des paquets IP

1.1 Soit un réseau constitué de 5 routeurs IP (R1 ... R5) et de trois stations A, B et C qui doivent communiquer (Figure 1).

Chaque liaison entre hôtes (station ou routeur) est étiquetée par son MTU (Maximum Transmission Unit). Le MTU définit la taille maximale d'un paquet IP qui peut être véhiculé dans les trames d'un réseau physique particulier. Ce paramètre est rattaché à une interface réseau du hôte (de numéro p_i et d'adresse IP de classe B) pour fragmenter les données avant leur transmission sur la liaison.

On suppose que A doit émettre 1520 octets de données vers B.

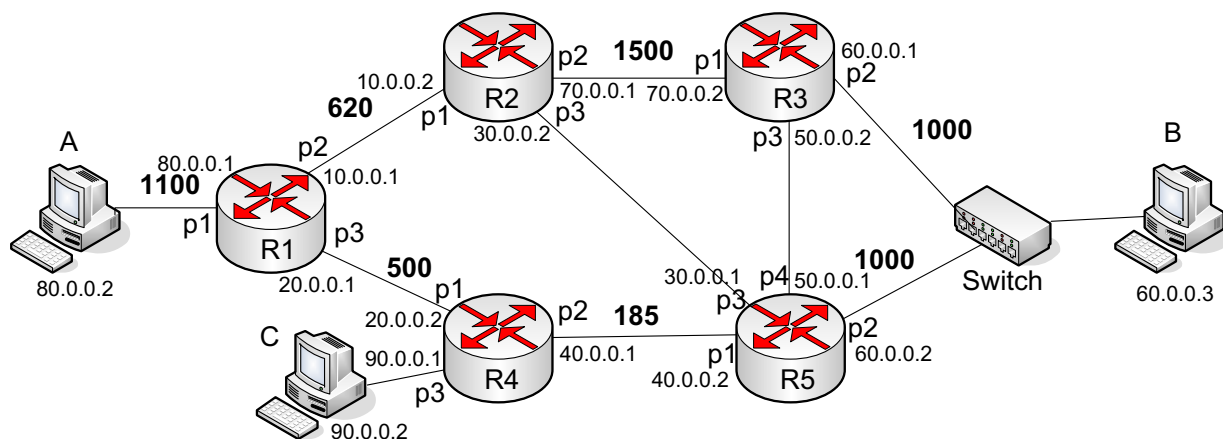
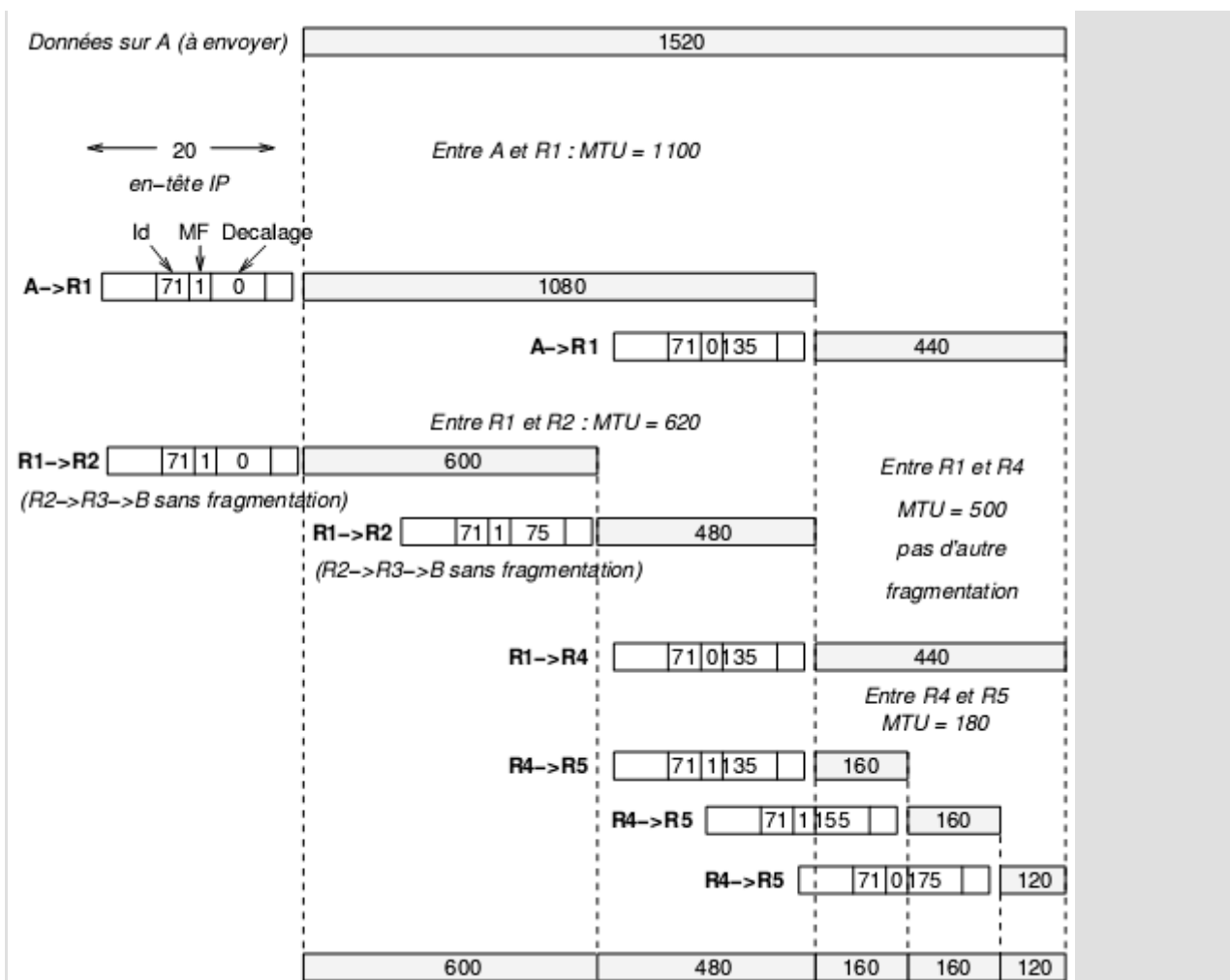


Figure 1 – Architecture de réseau

1.1 Décrivez les fragmentations réalisées pour la transmission d'un paquet IP émis par A à destination de B, en supposant que le routeur R1 transmet alternativement les trames qu'il reçoit vers R2-R3 puis vers R4-R5. Précisez pour chaque fragment de paquet, les valeurs des champs (Identification, More Fragment Flag, Offset). On supposera que la valeur initiale de l'Identifiant du paquet est 71.



1.2 Justifiez le fait que la régénération des paquets fragmentés n'a lieu que sur la station destinataire et non sur les routeurs.

Certains routeurs ne voient pas passer la totalité des fragments d'un paquet IP, ils ne peuvent donc pas reconstruire le datagramme original. De plus, l'opération de défragmentation nécessite de la mémoire et du calcul. La philosophie de IP est de simplifier les fonctions dans le réseau (c'est-à-dire exécutées par les routeurs) et de repousser les traitements complexes (contrôle de flux, contrôles d'erreurs, chiffrement, fragmentation, etc ...) aux extrémités du réseau (c'est-à-dire exécutés par les stations).

2. Routage des paquets IP

Soit le réseau de la Figure 1 (question 1 ci-dessus). A chaque liaison, supposée symétrique, est associée une distance égale à 1. On supposera que les routeurs mettent en œuvre un protocole de routage de type vecteur de distance avec l'algorithme Bellman-Ford.

2.1 Quelle est la longueur maximale d'une route dans un réseau IP utilisant le protocole de routage RIP ? Comment s'assurer qu'un paquet IP ne bouclera pas sans fin en raison d'une table erronée ?

La route la plus longue traverse au maximum 16 routeurs. Les paquets IP transmis par une source sont initialisés avec le champ TTL (Time To Live) égal à 16. A chaque passage dans un routeur, le champ TTL du paquet est décrémenté de 1. Lorsqu'un paquet arrive dans un routeur avec une valeur TTL égale à 1, le routeur détruit ce paquet, limitant les routes à 16 nœuds traversés au maximum.

2.2 On supposera que le réseau vient d'être mis en service par l'administrateur et que chaque routeur n'a qu'une connaissance locale de la topologie du réseau (il ne connaît que ses routeurs voisins et ses sous-réseaux voisins). Donner les tables de routage initiales des différents routeurs telles que configurées par l'administrateur, en suivant le format de table ci-dessous.

Adresse IP du réseau destination	Masque du reseau	adresse IP du prochain routeur	Métrique (Hop Count) nbre de sauts	numéro de l'interface

A T=0

R1

Dest. network	Next hop	Interf .	Metric (HC)
10.0.0.0/8	direct	P2	0
20.0.0.0/8	direct	P3	0
80.0.0.0/8	direct	P1	0

R2

Dest. network	Next hop	Interf .	metric
10.0.0.0/8	direct	P1	0
30.0.0.0/8	direct	P3	0
70.0.0.0/8	direct	P2	0

R3

Dest. network	Next hop	Interf .	metric
50.0.0.0/8	direct	P3	0
60.0.0.0/8	direct	P2	0
70.0.0.0/8	direct	P1	0

R4

Dest. network	Next hop	Interf .	metric
20.0.0.0/8	direct	P1	0
40.0.0.0/8	direct	P2	0
90.0.0.0/8	direct	P3	0

R5

Dest. network	Next hop	Interf .	metric
30.0.0.0/8	direct	P3	0
40.0.0.0/8	direct	P1	0
50.0.0.0/8	direct	P4	0
60.0.0.0/8	direct	P2	0

2.3 Donner le vecteur de distance du routeur R1, que l'on notera VR1.

VR1 = ([10.0.0.0/8, 0], [20.0.0.0/8, 0], [80.0.0.0/8, 0])

2.4 On considèrera la séquence d'échange de vecteurs de distance suivante:

<i>Instant</i>	<i>Evénement</i>
T ₁	R2, R4 reçoivent VR1 (vecteur de distance de R1)
T ₂	R1, R3, R5 reçoivent VR2

Donnez la table de routage des routeurs suite à l'échange des vecteurs de distances VR1 et VR2.

À T₁, R2 et R4 reçoivent VR1 = ([10.0.0.0, 0], [20.0.0.0, 0], [80.0.0.0, 0])

R2

Network	Next hop	Int.	metric
10.0.0.0	direct	P1	0
30.0.0.0	direct	P3	0
70.0.0.0	direct	P2	0
80.0.0.0	10.0.0.1	P1	1
20.0.0.0	10.0.0.1	P1	1

R4

Network	Next hop	Int.	metric
20.0.0.0	direct	P1	0
40.0.0.0	direct	P2	0
90.0.0.0	direct	P3	0
10.0.0.0	20.0.0.1	P1	1
80.0.0.0	20.0.0.1	P1	1

À T₂, R1, R3, R5 reçoivent VR2 = ([10.0.0.0/8, 0], [20.0.0.0/8, 1], [30.0.0.0/8, 0], ([70.0.0.0/8, 0], [80.0.0.0/8, 1])

R1

Network	Next hop	Int.	metric
10.0.0.0	direct	P2	0
20.0.0.0	direct	P3	0
80.0.0.0	direct	P1	0
30.0.0.0	10.0.0.2	P2	1
70.0.0.0	10.0.0.2	P2	1

R3

Network	Next hop	Int.	metric
50.0.0.0	direct	P3	0
60.0.0.0	direct	P2	0
70.0.0.0	direct	P1	0
10.0.0.0	70.0.0.1	P1	1
20.0.0.0	70.0.0.1	P1	2
30.0.0.0	70.0.0.1	P1	1
80.0.0.0	70.0.0.1	P1	2

R5

Network	Next hop	Int.	metric
30.0.0.0	direct	P3	0
40.0.0.0	direct	P1	0
50.0.0.0	direct	P4	0
60.0.0.0	direct	P2	0
10.0.0.0	30.0.0.2	P3	1

70.0.0.0	30.0.0.2	P3	1
20.0.0.0	30.0.0.2	P3	2
80.0.0.0	30.0.0.2	P3	2

2.5 Pourquoi et au bout de combien de temps une route est elle considérée comme non valide puis supprimée de la table d'un routeur ?

Toutes les 30 secondes, le daemon RIP (routed) qui s'exécute sur le routeur, transmet sur le port 520 (UDP) sa table de routage vers tous ces routeurs voisins, sous la forme de paquets IP broadcast (255.255.255.255). Si un routeur voisin ne répond pas au bout de 180 sec (3 mns), toutes les routes passant par ce routeur sont invalidées avec un coût mis à 16 (infini). Ces routes sont conservées durant encore 120 sec (2 mns), puis supprimées de la table si aucun paquet RIP n'est reçu de ce routeur.

2.6 Travaux pratiques : RIP

2.6.1 - Visualiser la table de routage sur le serveur et sur le client, avec la commande : **route**

La commande **route**, tout comme **ifconfig** sert à la fois à connaître l'état de la table de routage de l'hôte et à configurer de nouvelles routes statiques au besoin.

Exemple de table de routage sous windows avec la commande système (C:\route print)

Description	Destination du réseau	Masque de réseau	Passerelle	Interface	Métrique
Itinéraire par défaut	0.0.0.0	0.0.0.0	10.0.0.1	10.0.0.169	1
Réseau de bouclage	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
Réseau local	10.0.0.0	255.0.0.0	10.0.0.169	10.0.0.169	1
Adresse IP locale	10.0.0.169	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
Adresses multicast	224.0.0.0	240.0.0.0	10.0.0.169	10.0.0.169	1
Adresse de diffusion limitée	255.255.255.255	255.255.255.255	10.0.0.169	10.0.0.169	1

Exemple de table de routage sous Linux/UNIX avec la commande système (\$route)

```
# route -n
Kernel IP routing table
Destination    Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
192.168.1.0    0.0.0.0        255.255.255.0   U        0      0        0 eth0
0.0.0.0        192.168.1.1    0.0.0.0         UG       0      0        0 eth0
```

2.6.2 – Sur le serveur ajouter une route vers le client au moyen de la commande ci-dessous, et visualiser la nouvelle table:

```
route add -net 192.168.119.0 netmask 255.255.255.0 eth0 metric 0
```

- Lancer l'analyseur de protocole Wireshark sur le serveur. Puis lancez le daemon RIP « **routed** » sur le serveur grâce à la commande ci-dessous. Analyser les paquets RIP transmis par le serveur:

```
[prof@machine] $/etc/init.d/routed start.
```

Exercice 3. Table de routage IP : Jeu des 7 erreurs

Rappels :

- On peut adresser directement tout poste connecté physiquement à son réseau et partageant la même adresse réseau au niveau IP.
- Un poste qui émet un paquet à destination d'un autre réseau IP, utilise une passerelle (routeur) qui se trouve sur son réseau.
- Les adresses de diffusion générale (255.255.255.255) ne passent pas les routeurs.
- L'adresse 0.0.0.0 est l'adresse par défaut (default sous unix), elle signifie "ailleurs", dans le sens où on utilise cette ligne de table pour router les paquets dont l'adresse de destination ne correspond à aucune adresse de la table de routage.
- L'adresse 127.0.0.1 est l'adresse de loopback, elle permet à un poste de "s'auto adresser".
- Chaque ligne de la table de routage se lit de la façon suivante : Pour atteindre l'adresse réseau (colonne 2) de masque réseau (colonne 3), je passerai par la passerelle (colonne 4) en utilisant la carte réseau d'adresse IP (colonne 5).

Question : sept erreurs se sont glissées dans la table de routage suivante, saurez vous les retrouver ?

Numéro de ligne	Adresse réseau	Masque réseau	Adresse passerelle	Interface
1	0.0.0.0	0.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1
2	200.100.40.0	255.255.255.0	200.100.40.2	200.100.40.1
3	200.100.40.1	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
4	200.100.40.255	255.255.255.255	200.100.40.2	200.100.40.1
5	200.100.50.0	255.255.255.0	200.100.50.1	200.100.50.1
6	200.100.50.1	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1
7	200.100.50.255	255.255.255.255	200.100.50.1	200.100.50.1
8	200.100.60.0	255.255.255.0	200.100.60.1	200.100.40.1
9	200.100.70.0	255.255.255.0	200.100.40.2	200.100.40.1
10	200.100.80.0	255.255.255.0	200.100.40.2	200.100.50.1
11	200.100.90.32	255.255.255.224	200.100.40.2	200.100.40.1
12	200.100.90.64	255.255.255.224	200.100.40.2	200.100.40.1
13	200.100.90.128	255.255.255.0	200.100.40.2	200.100.40.1
14	201.0.91.0	255.255.255.0	200.100.50.2	200.100.50.1
15	201.0.91.255	255.255.255.255	200.100.50.2	200.100.50.1
16	255.255.255.255	255.255.255.255	200.100.50.2	200.100.50.1

Réponses :

- 1) Ligne 1 : la route par défaut renvoie à l'ordinateur lui-même, il s'agit trivialement d'une boucle
- 2) Ligne 2 : On passe par un routeur pour atteindre le réseau dont fait partie l'ordinateur. La colonne « Passerelle » doit être renseigné avec « DIRECT »
- 3) Ligne 4 : on passe par un autre routeur pour transmettre les paquets de diffusion dirigés (directed broadcast) alors qu'il s'agit de paquets destinés au réseau IP dont fait partie l'ordinateur. Même erreur que « Ligne 2 ». La colonne « Passerelle » doit être renseignée avec « DIRECT »
- 4) Ligne 8 : Le réseau IP du routeur est différent du réseau IP de l'interface, on ne peut donc pas atteindre le routeur. La colonne « Passerelle » doit être renseignée avec une adresse d'interface dans le réseau « 200.100.40.0/8 »)
- 5) Ligne 10 : Même motif que la ligne 8,
- 6) Ligne 13 : Le masque de sous-réseau n'est pas bon. Dans tous les cas l'application du masque (255.255.255.0) sur l'adresse de destination IP d'un paquet ne donnera pas l'adresse 200.100.90.128. Il faudrait corriger la colonne masque avec « 255.255.255.128 »
- 7) Ligne 16 : 255.255.255.255 est une adresse de diffusion limitée au réseau local, elle ne peut franchir un routeur. La colonne « Passerelle » doit être renseignée avec « DIRECT »