

Technologie de l'Internet  
Module M2103

*Travaux dirigés*

IUT de Villetaneuse — R&T — DUT R&T

Camille Coti  
camille.coti@iutv.univ-paris13.fr



# 1 TCP/IP — Internet, protocoles et adressage

## Exercice 1.1 : Analyse de trame Ethernet

Analysez la trame Ethernet suivante.

```
0000  00 04 e2 cd b8 32 00 0c f1 38 1d e7 08 00 45 00  ....2.. .8...E.
0010  00 46 00 00 40 00 40 11 b4 f1 c0 a8 02 64 c0 a8  .F..@. ....d..
0020  02 01 80 23 00 35 00 32 da f1 92 0d 01 00 00 01  ...#.5.2 .....
0030  00 00 00 00 00 00 01 31 01 32 03 31 36 38 03 31  ....1 .2.168.1
0040  39 32 07 69 6e 2d 61 64 64 72 04 61 72 70 61 00  92.in-ad dr.arpa.
0050  00 0c 00 01  ....
```

**Question 1 :** Quel est le protocole de communication utilisé par cette trame ?

**Question 2 :** Quelles sont les adresses source et de destination ?

**Question 3 :** Quel est le type de protocole encapsulé ?

**Question 4 :** Analysez l'en-tête du paquet encapsulé. Quel est le protocole encapsulé dedans ?

**Question 5 :** Analysez l'en-tête du protocole encapsulé dans le paquet que vous venez d'analyser à la question précédente.

## Exercice 1.2 : Analyse de trame Ethernet (bis)

Analysez la trame Ethernet suivante.

```
0000  d4 be d9 9c 7a 9c a4 93  4c d2 75 00 08 00 45 00  ....z... L.u...E.
0010  00 3c 00 00 40 00 2f 06  68 05 ae 89 2a 4b 0a 0a  .<..@./ h...*K..
0020  00 d9 00 50 ed 37 f7 c7  46 5a 1f 06 60 27 a0 12  ...P.7.. FZ.. '...'
0030  38 90 b1 27 00 00 02 04  05 b4 04 02 08 0a 6f a3  8..'.... ....o.
0040  84 8a 0f 69 cc 14 01 03  03 05  ....i.... ..
```

**Question 1 :** Quelles sont les adresses source et de destination ?

**Question 2 :** Quel est le type de protocole encapsulé ?

**Question 3 :** Analysez l'en-tête du paquet encapsulé. Quel est le protocole encapsulé dedans ?

**Question 4 :** Analysez l'en-tête du protocole encapsulé dans le paquet que vous venez d'analyser à la question précédente. De quel type de paquet s'agit-il exactement ?

### Exercice 1.3 : Adresses IPv4

**Question 1 :** À quelle classe d'adresses appartient l'adresse IP 8.8.4.4 ?

**Question 2 :** Combien d'adresses réseaux y a-t-il dans cette classe ?

**Question 3 :** Combien d'adresses IP peut-on utiliser dans ce réseau ?

**Question 4 :** Quel est le masque de sous-réseau qui lui est associé ?

**Question 5 :** Quelle est l'adresse réseau ?

**Question 6 :** Donnez l'adresse IP 8.8.4.4 en notation CIDR.

**Question 7 :** Mêmes questions pour l'adresse IP 174.137.42.75.

### Exercice 1.4 : Adresse réseau et masque de sous-réseau

Une entreprise dispose d'une adresse réseau de classe B, 192.168.0.0. Elle souhaite partager son réseau en sous-réseaux. Elle aura un petit nombre de sous-réseaux, mais la contrainte se situe au niveau de leur taille : chaque sous-réseau doit pouvoir contenir jusqu'à 400 machines.

**Question 1 :** Quelle est la taille minimale, en nombre de bits, de la partie locale des adresses IP à utiliser ?

**Question 2 :** Combien d'adresses d'hôtes sont disponibles par sous-réseau en utilisant ce masque ?

**Question 3 :** Combien de sous-réseaux peut-on utiliser dans ce réseau en utilisant ce masque ?

**Question 4 :** Quelles sont les adresses de ces sous-réseaux ?

### Exercice 1.5 : Sous-adressage

Une entreprise dispose d'une adresse réseau de classe A, 10.0.0.0. Elle souhaite partager son réseau en 18 sous-réseaux.

**Question 1 :** Quel est le masque de réseau nécessaire pour différencier les sous-réseaux ?

**Question 2 :** Quelles sont les plages d'adresses utilisables pour des machines dans chaque sous-réseau ?

**Question 3 :** Les sous-réseaux et le réseau internet sont interconnectés par un routeur disposant de plus de 19 ports. Quelle est la table de routage du routeur?

**Question 4 :** Le routeur reçoit sur l'interface reliée à internet un paquet IP ayant pour destinataire 10.100.100.1. Sur quelle interface le renvoie-t-il?

### **Exercice 1.6 : TCP et UDP**

Dans cet exercice, vous allez reconstituer la signalisation du flux de données entre un client (machine A) et un serveur (machine B) existant sous deux versions utilisant chacune un protocole de communication : TCP et UDP.

Le client envoie 38 octets de données au serveur, qui lui renvoie 8500 octets. L'échange est alors terminé. Le MTU est de 1500 octets. La couche réseau utilisée est IP, sans aucune option facultative. On suppose que la taille de la fenêtre TCP est égale à 3 (dans les cas que vous rencontrerez en pratique, elle sera généralement beaucoup plus grande).

**Question 1 :** Considérons dans un premier temps la version UDP. Quels sont les datagrammes UDP envoyés par le client A au serveur B?

**Question 2 :** Combien de paquets IP sont réellement envoyés sur le réseau ?

**Question 3 :** En réponse, quels sont les datagrammes envoyés par la machine B à la machine A ?

**Question 4 :** Combien de paquets IP sont réellement envoyés sur le réseau ?

**Question 5 :** En comptant les en-têtes, quel volume de données est envoyé réellement sur le réseau de A vers B? De B vers A ?

**Question 6 :** Intéressons-nous maintenant à la version TCP de ce programme. On considère qu'aucune option facultative de TCP n'est utilisée. Quels sont les segments TCP échangés entre le client A et le serveur B pour la première communication ?

**Question 7 :** En réponse, quels sont les segments échangés entre la machine B et la machine A ?

**Question 8 :** En comptant les en-têtes, quel volume de données est envoyé réellement sur le réseau de A vers B? De B vers A ?

**Question 9 :** Comparez le volume de données échangées entre les machines selon le protocole de transport utilisé.

## 2 Routage statique I

*NB : ce TD correspond à la réflexion préliminaire sur le réseau mis en œuvre dans le TP 1.*

### Exercice 2.1 : Adressage

Considérons le réseau représenté sur la figure 1.

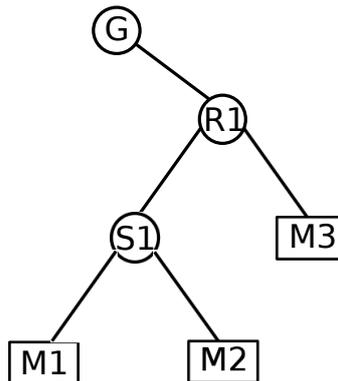


FIGURE 1 – Réseau simple considéré dans cet exercice

L'élément R1 est un routeur. L'élément S est un switch. L'élément G est une passerelle reliant notre réseau avec le monde extérieur. Les éléments M1, M2 et M3 sont des machines. L'interface de la passerelle reliée à notre routeur a pour adresse IP 10.0.2.2/24.

Les machines M1 et M2 sont dans le même sous-réseau d'adresse 192.168.10.0 et M3 est dans un deuxième sous-réseau d'adresse 192.168.20.0.

**Question 1 :** Quel est le masque le plus restrictif qu'il est possible d'utiliser ?

**Question 2 :** À quels sous-réseaux le routeur est-il relié ?

**Question 3 :** Proposez une adresse IP pour chaque machine et pour chaque interface du routeur.

### Exercice 2.2 : Routage dans ce réseau simple

**Question 1 :** Lorsque la machine M1 envoie un message à M2, quel chemin est emprunté par ce message ?

**Question 2 :** Lorsque la machine M1 envoie un message à M3, quel chemin est emprunté par ce message ?

**Question 3 :** Lorsque la machine M1 envoie un message à une machine se trouvant à l'extérieur de notre réseau, quel chemin est emprunté par ce message ?

**Question 4 :** Donnez les tables de routage des machines et du routeur.

### Exercice 2.3 : Extension de ce réseau

Étendons maintenant ce réseau en ajoutant quelques éléments pour obtenir le réseau représenté sur la figure 2.

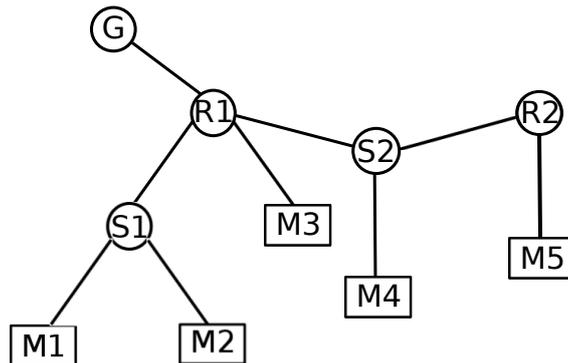


FIGURE 2 – Réseau maintenant considéré dans cet exercice

Nous avons ajouté un second routeur R2, un switch S2 et deux machines M4 et M5. M4 et M5 sont chacune dans un nouveau réseau.

**Question 1 :** En considérant que l'on conserve le même masque que dans les exercices précédents, quelles adresses réseaux peut-on utiliser pour les deux nouveaux réseaux ?

**Question 2 :** Quels éléments du réseau appartiennent à chacun de ces deux réseaux ?

**Question 3 :** Proposez une adresse IP pour les machines M4 et M5, pour les interfaces du routeur R2 et pour la nouvelle interface du routeur R1.

**Question 4 :** Lorsque la machine M1 envoie un message à M4, quel chemin est emprunté par ce message ?

**Question 5 :** Lorsque la machine M1 envoie un message à M5, quel chemin est emprunté par ce message ?

**Question 6 :** Lorsque la machine M5 envoie un message à une machine se trouvant à l'extérieur de notre réseau, quel chemin est emprunté par ce message ?

**Question 7 :** Lorsque la machine M4 envoie un message à M3, quel chemin est emprunté par ce message ?

**Question 8 :** Lorsque la machine M4 envoie un message à M5, quel chemin est emprunté par ce message ?

message ?

**Question 9 :** Que devient la table de routage du routeur R1 ?

**Question 10 :** Donnez la table de routage de la machine M5.

**Question 11 :** Donnez la table de routage de la machine M4.

### Exercice 2.4 : Remodelage du réseau : utilisation d'un backbone

Modifions légèrement ce réseau pour obtenir le réseau représenté sur la figure 3.

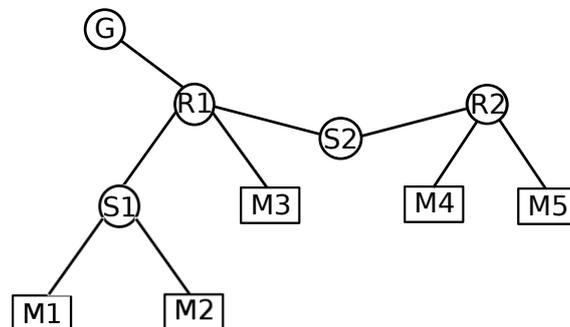


FIGURE 3 – Réseau modifié

Le switch S2 relie uniquement les deux routeurs. La machine M4 est reliée au routeur R2, auquel est également reliée la machine M5.

**Question 1 :** Quelles sont les modifications d'adressage à réaliser ?

**Question 2 :** Lorsque la machine M3 envoie un message à la machine M4, quel chemin est emprunté par ce message ?

**Question 3 :** Que deviennent les tables de routage des deux routeurs R1 et R2 ainsi que de la machine M4 ?

**Question 4 :** Comparez le réseau remodelé à sa version précédente.

## 3 Routage statique II

*NB : ce TD correspond à la réflexion préliminaire sur le réseau mis en œuvre dans le TP 2.*

Le réseau que nous allons considérer dans ce TD ressemble à la figure 4.

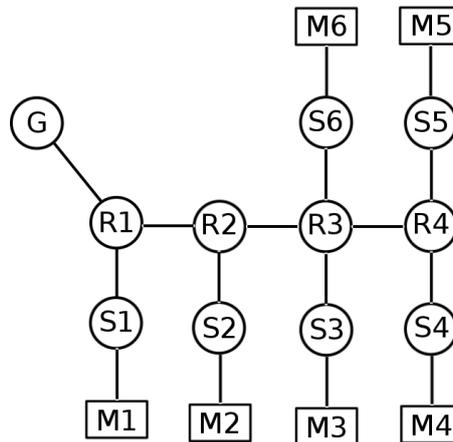


FIGURE 4 – Réseau considéré dans ce TD

Les éléments R1, R2, R3 et R4 sont des routeurs. Les éléments S1, S2, S3, S4, S5 et S6 sont des switches. Les éléments m1, m2, m3, m4, m5 et m6 sont des machines. La *gateway* sert à sortir vers le réseau extérieur. À chaque switch correspond un sous-réseau :

- 10.0.10.0/24 sur le switch 1
- 10.0.20.0/24 sur le switch 2
- 10.0.30.0/24 sur le switch 3
- 10.0.40.0/24 sur le switch 4
- 10.0.50.0/24 sur le switch 5
- 10.0.60.0/24 sur le switch 6

On a également un petit sous-réseau au niveau de chaque liaison entre deux routeurs pour les relier entre eux :

- Entre la gateway et le routeur R1 : 10.0.2.0/24
- Entre R1 et R2 : 10.0.3.0/24
- Entre R2 et R3 : 10.0.4.0/24
- Entre R3 et R4 : 10.0.5.0/24

### Exercice 3.1 : Adressage

**Question 1 :** Quel est le masque de sous-réseau utilisé ici ?

**Question 2 :** Est-ce le masque le plus large possible pour ces adresses réseaux ? Pourquoi utilise-t-on ce masque ici ?

**Question 3 :** À quels sous-réseaux chaque routeur est-il relié ?

**Question 4 :** Proposez une adresse pour les interfaces réseaux de chaque routeur et de chaque

machine.

### Exercice 3.2 : Routage dans le réseau

**Question 1 :** Lorsque la machine **m1** envoie un message à **m2**, par quels routeurs ce message doit-il passer ?

**Question 2 :** Lorsque la machine **m1** envoie un message à **m3**, par quels routeurs ce message doit-il passer ?

**Question 3 :** Lorsque la machine **m3** envoie un message à **m6**, par quel routeur ce message doit-il passer ?

**Question 4 :** Lorsque la machine **m4** envoie un message à **m1**, par quels routeurs ce message doit-il passer ?

**Question 5 :** Par où envoie-t-on les messages destinés à l'extérieur du réseau ?

**Question 6 :** Lorsque la machine **m1** envoie un message à une machine qui est située à l'extérieur du réseau, par quels éléments du réseau ce message doit-il passer ?

**Question 7 :** Lorsque la machine **m5** envoie un message à une machine qui est située à l'extérieur du réseau, par quels éléments du réseau ce message doit-il passer ?

**Question 8 :** Écrivez la table de routage du routeur **R4**.

**Question 9 :** Écrivez la table de routage du routeur **R3**.

**Question 10 :** Écrivez la table de routage du routeur **R2**.

**Question 11 :** Écrivez la table de routage du routeur **R1**.

**Question 12 :** Écrivez les tables de routage des machines.

### Exercice 3.3 : Évolution du réseau

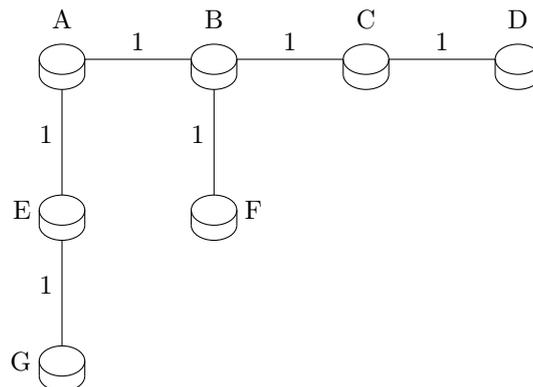
**Question 1 :** Proposez une architecture réseau permettant d'obtenir un réseau équivalent au réseau d'origine mais dans lequel les routeurs sont reliés directement entre eux dans le backbone.

**Question 2 :** Que deviennent les adresses IP des interfaces des routeurs et les tables de routage ?

## 4 Routage dynamique

### Exercice 4.1 : Distance et coût

Considérons le réseau suivant :



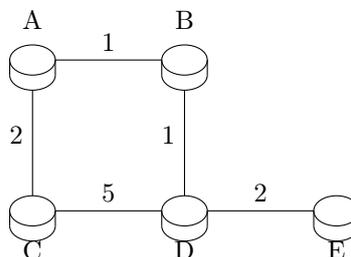
Les chiffres représentés sur les liens réseaux sont les coûts engendrés par la transmission d'un message. Les nœuds du réseau sont des routeurs.

**Question 1 :** Représentez dans un tableau le nombre de sauts nécessaire pour envoyer un message entre chaque paire de nœuds.

**Question 2 :** Qu'en déduisez-vous quant aux coûts de transmission des messages dans ce réseau ?

### Exercice 4.2 : Distance, coût et plus court chemin

Considérons le réseau suivant :



Les chiffres représentés sur les liens réseaux sont les coûts engendrés par la transmission d'un message. Les nœuds du réseau sont des routeurs.

**Question 1 :** Représentez dans un tableau le nombre de sauts nécessaire pour envoyer un message entre chaque paire de nœuds.

**Question 2 :** Représentez dans un tableau le coût induit par l'envoi d'un message entre chaque paire de nœuds.

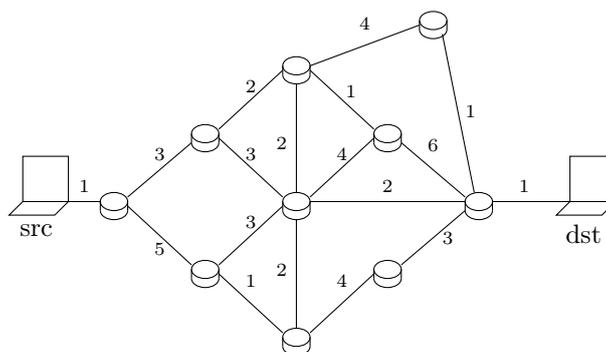
**Question 3 :** Quel est le plus court chemin (en nombre de sauts) entre E et C? Quel est son coût ?

**Question 4 :** Quel est le chemin de coût le plus faible entre E et C? Combien de sauts implique-t-il ?

**Question 5 :** D'après la réponse à la question précédente et le principe d'optimalité, quel est le chemin de coût le plus faible entre D et C ?

### Exercice 4.3 : Protocoles de routage sans tables de routage

Considérons le réseau suivant :



**Question 1 :** Quel sera le coût de transmission d'un message de la machine *src* à la machine *dst* en utilisant l'algorithme par inondation? Combien de messages seront envoyés en tout ?

**Question 2 :** Les coûts associés aux liens de communications correspondent à la latence d'envoi d'un message entre deux nœuds du réseau. Plus ce coût est élevé, plus la transmission d'un message demande du temps. On cherche donc à minimiser ce coût. Même question que précédemment en utilisant l'algorithme de la patate chaude.

### Exercice 4.4 : Compréhension des protocoles

**Question 1 :** Le diamètre est le plus court chemin existant entre les deux nœuds d'un réseau les plus éloignés l'un de l'autre. Quel est le diamètre maximum d'un réseau utilisant RIP ?

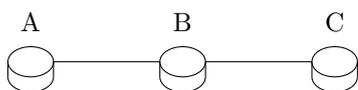
**Question 2 :** Le protocole RIP est considéré comme particulièrement stable dans le sens où il permet intrinsèquement de limiter l'apparition de boucles. Citez un mécanisme de RIP limitant les boucles.

**Question 3 :** Peut-on utiliser des sous-réseaux de tailles différentes dans RIP 1 ? Dans RIP 2 ? Comment ?

**Question 4 :** Dans RIP, quelles sont les informations présentes dans les vecteurs de distance qu'échangent les routeurs ?

### Exercice 4.5 : Mise en place d'un réseau avec RIP

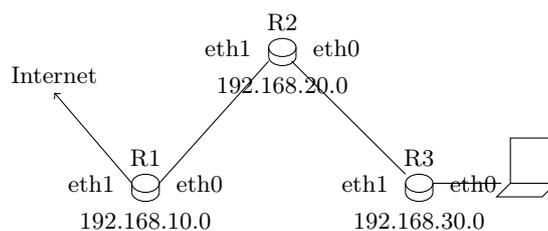
Considérons le réseau RIP suivant :



On allume les routeurs. A est initialisé et envoie en premier, puis C, et enfin B. Quel est le déroulement de la mise en place du routage par RIP ?

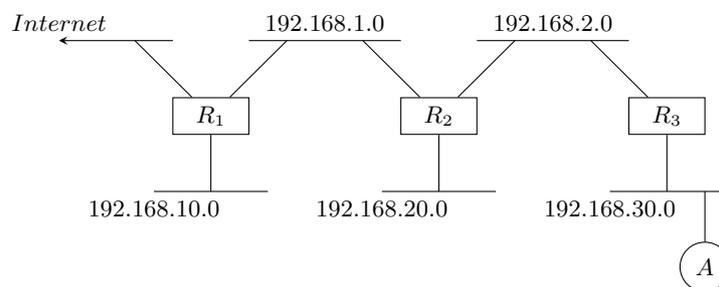
### Exercice 4.6 : Routage et tolérance aux pannes avec RIP

Considérons le réseau suivant :



Concrètement, on considère qu'à chaque routeur est relié un switch sur lequel les machines du réseau local sont reliées. Ainsi, chaque réseau local n'est relié directement qu'à un seul routeur. Les routeurs sont interconnectés entre eux comme représenté par la figure. On utilise des petits sous-réseaux pour les connexions entre les routeurs.

On peut représenter le réseau de la façon suivante :



Les adresses IP des interfaces réseaux des routeurs sont les suivantes :

Nom	eth0	eth1	eth2
R1	192.168.1.253	54.23.1.54	192.168.10.254
R2	192.168.2.253	192.168.1.254	192.168.20.254
R3	192.168.30.254	192.168.2.254	

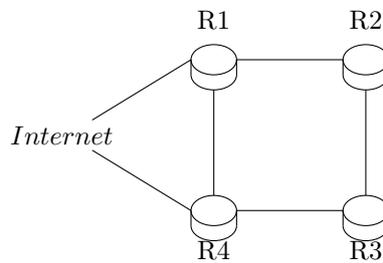
La passerelle sur Internet a pour adresse 54.23.1.254.

**Question 1 :** Donnez une adresse IP possible pour la machine.

**Question 2 :** Donnez l'adresse réseau et un masque possible pour chaque sous-réseau.

**Question 3 :** Donnez les tables de routage des routeurs R1, R2 et R3, ainsi que de la machine.

**Question 4 :** On ajoute un routeur R4 relié à R1 et à R3 sur les nouveaux sous-réseaux dédiés 192.168.3.0 et 192.168.4.0. R4 a également une interface sur Internet avec l'adresse 54.23.1.55. Donnez des adresses IP possibles pour ses deux interfaces réseaux eth0 et eth1 et pour les interfaces de R1 et R3 que l'on vient d'allumer.



**Question 5 :** Le réseau local utilise le protocole RIP pour établir ses tables de routage. Quels sont les messages échangés sur le réseau lors de la mise en route du nouveau routeur ?

**Question 6 :** Que deviennent alors les tables de routage ?

**Question 7 :** Le routeur R2 tombe en panne. Quel est alors le scénario avec RIP ?

## 5 Routage dynamique avec BGP

### Exercice 5.1 : Compréhension du protocole Border Gateway Protocol (BGP)

**Question 1 :** D'après les informations dont un routeur BGP dispose sur ses routeurs voisins, comment sait-il si il doit utiliser iBGP ou eBGP pour communiquer avec eux ?

**Question 2 :** Un Autonomous System peut-il utiliser plusieurs adresses réseaux ?

**Question 3 :** Un Autonomous System peut-il utiliser des réseaux de classes différentes ?

**Question 4 :** Si un AS ne veut pas que les autres AS sachent qu'il contient certaines adresses, que doit-il faire ?

**Question 5 :** Un paquet est envoyé d'une machine faisant partie d'un AS vers une machine faisant partie d'un autre AS. Quels sont les mécanismes de routage dynamique mis en œuvre pour aller de la source à la destination ?

**Question 6 :** Que se passe-t-il lorsqu'un routeur BGP tombe en panne ? Son AS peut-il être toujours accessible depuis le reste d'Internet ?

**Question 7 :** Que se passe-t-il lorsque la liaison entre deux routeurs BGP faisant partie de deux AS différents tombe en panne ? Leurs AS peuvent-ils être toujours accessibles depuis le reste d'Internet ?

### Exercice 5.2 : Propagation des informations de routage avec BGP

**Question 1 :** La commande `whois` nous donne l'information suivante sur l'AS 2094 :

```
coti@thorim:~$ whois -h whois.ripe.net AS2094
[...]
% Information related to 'AS2057 - AS2106'

as-block:          AS2057 - AS2106

descr:             RIPE NCC ASN block
remarks:           These AS Numbers are assigned to network operators in the RIPE
                   NCC service region.
mnt-by:            RIPE-NCC-HM-MNT
source:            RIPE # Filtered
```

```

% Information related to 'AS2094'

% No abuse contact registered for AS2094

aut-num:          AS2094
as-name:          FR-TELECOM-MANAGEMENT-SUDPARIS
descr:            Telecom & Management Sud Paris
import:           from AS2200 action pref=100; accept ANY
import:           from AS2072 action pref=100; accept AS2072
import:           from AS13049 action pref=100; accept AS13049
export:           to AS2200 announce AS2094
export:           to AS2072 announce AS2094
export:           to AS13049 announce AS2094
[...]

```

Que peut-on en déduire sur les voisins d'où cet AS importe ses données de routage BGP? Sur ceux vers lesquels il exporte ses données de routage BGP?

**Question 2 :** On interroge la base de données du RIPE à propos de ces AS. Représentez sur un schéma les relations entre ces AS en tant qu'opérateurs (transit, peering).

```

coti@thorim:~$ whois -h whois.ripe.net AS2200
[...]
% Information related to 'AS2174 - AS2273'

as-block:         AS2174 - AS2273
descr:            RIPE NCC ASN block
remarks:          These AS Numbers are assigned to network operators in the RIPE
                  NCC service region.
mnt-by:           RIPE-NCC-HM-MNT
source:           RIPE # Filtered

% Information related to 'AS2200'

% No abuse contact registered for AS2200

aut-num:          AS2200
as-name:          FR-RENATER
descr:            Reseau National de telecommunications pour la Technologie
                  l'Enseignement et la Recherche
descr:            FR
import:           from AS-RENATER accept <^AS-RENATER+$>
import:           from AS-SFINX-MEMBERS action pref=190; accept <^AS-SFINX-MEMBERS .+$>
import:           from AS20965 action pref=300; accept ANY
import:           from AS7500 action pref=190; accept AS7500
import:           from AS1273 action pref=300; accept ANY
import:           from AS3257 action pref=300; accept ANY
export:           to AS-RENATER announce ANY
export:           to AS-SFINX-MEMBERS announce AS-RENATER
export:           to AS20965 announce AS-RENATER AS7500
export:           to AS12654 announce AS-RENATER
export:           to AS21357 announce AS-RENATER

```

```
export:      to AS1273   announce AS-RENATER
export:      to AS3257   announce AS-RENATER
[...]
```

```
coti@thorim:~$ whois -h whois.ripe.net AS2072
[...]
% Information related to 'AS2057 - AS2106'

as-block:    AS2057 - AS2106
descr:       RIPE NCC ASN block
remarks:     These AS Numbers are assigned to network operators in the RIPE
             NCC service region.
mnt-by:      RIPE-NCC-HM-MNT
source:      RIPE # Filtered

% Information related to 'AS2072'

% No abuse contact registered for AS2072

aut-num:     AS2072
as-name:     FR-RENATER-REVE
descr:       Reseau REVE
import:      from AS2200 action pref=100; accept ANY
import:      from AS2094 action pref=100; accept AS2094
export:      to AS2200 announce AS2072
export:      to AS2094 announce AS2072
[...]
```

```
coti@thorim:~$ whois -h whois.ripe.net AS13049
[...]
% Information related to 'AS12557 - AS13223'

as-block:    AS12557 - AS13223
descr:       RIPE NCC ASN block
remarks:     These AS Numbers are assigned to network operators in the RIPE
             NCC service region.
mnt-by:      RIPE-NCC-HM-MNT
source:      RIPE # Filtered

% Information related to 'AS13049'

% No abuse contact registered for AS13049

aut-num:     AS13049
as-name:     FRONTIER
descr:       Frontier Software SARL
descr:       Located in Paris & Evry, France
org:         ORG-FS3-RIPE
import:      from AS24776 accept ANY
export:      to AS24776 announce AS-FRONTIER
[...]
```

### Exercice 5.3 : Fichier de configuration d'un routeur BGP

Considérons la configuration d'un routeur BGP suivante

```
hostname ext01 router bgp 2389
bgp router-id 123.45.67.89
 network 123.45.224.0/19
 network 27.223.0.0/16
 neighbor 98.76.65.54 remote-as 2179
```

**Question 1 :** Quel est le numéro de l'Autonomous System auquel il appartient ?

**Question 2 :** Quelle est l'adresse IP de ce routeur ?

**Question 3 :** Quels sont les réseaux déclarés par ce routeur ?

**Question 4 :** Quelles sont les informations nécessaires à un routeur BGP pour savoir quelle route doit emprunter un paquet ?

**Question 5 :** À quel(s) routeurs BGP ce routeur est-il connecté ? Communiquent-ils en Internal BGP ou en External BGP ?

### Exercice 5.4 : Configuration des routeurs d'un AS

Considérons un AS comme suit :

- Son numéro d'AS est 11223
- Trois routeurs BGP : ext01, ext02 et ext03
- Leurs adresses IP sont, respectivement, 111.222.3.4, 111.222.3.5 et 111.222.3.6
- L'AS souhaite déclarer au reste d'Internet les préfixes 111.222.3.0/24, 111.222.4.5/24 et 111.222.6.0/25.
- ext01 et ext02 sont connectés à l'AS 21398 via le routeur d'adresse IP 7.7.2.3.
- ext02 et ext03 sont connectés à l'AS 894 via le routeur d'adresse IP 22.53.12.6.
- ext01 et ext03 sont connectés à l'AS 8931 via le routeur d'adresse IP 76.65.54.32.
- ext01 est également connecté à l'AS 22819 via le routeur d'adresse IP 210.33.250.4.

**Question 1 :** Sur un schéma, dessinez l'interconnexion entre les routeurs BGP. Spécifiez quelles liaisons utilisent eBGP ou iBGP.

**Question 2 :** Écrivez la configuration BGP de chaque routeur.

**Question 3 :** Considérons que les AS déclarent les préfixes suivants :

AS	Préfixe
21398	7.0.0.0/8
8931	76.0.0.0/8
894	22.0.0.0/10
22819	210.33.250.0/24

Décrivez, étape par étape, la propagation des informations de routage BGP dans l'AS 11223 et auprès de ses voisins lorsque l'AS 11223 est relié à Internet. On considèrera que tous les routeurs de l'AS 11223 sont allumés et reliés à leurs voisins en même temps.

**Question 4 :** Donnez l'évolution des tables de routage des routeurs lorsque l'AS 11223 est mis en service.

**Question 5 :** Que se passe-t-il si le routeur ext02 tombe en panne ? Les routeurs restants peuvent-ils encore atteindre tous les préfixes ?

**Question 6 :** Que se passe-t-il si le routeur ext01 tombe en panne ? Les routeurs restants peuvent-ils encore atteindre tous les préfixes ?

## 6 IPv6

### Exercice 6.1 : Adresses IPv6

**Question 1 :** Combien d'adresses IPv6 sont théoriquement disponibles ?

**Question 2 :** Donnez une écriture abrégée de l'adresse IPv6 suivante :

1fff:0000:0a88:0085:3a00:1000:ac1f:8001

**Question 3 :** Donnez une écriture abrégée de l'adresse IPv6 suivante :

1fff:0000:0a88:85a3:0000:0000:ac1f:8001

**Question 4 :** Donnez une écriture développée de l'adresse IPv6 suivante :

fe80::d9ff:e9c:7a9c

**Question 5 :** On souhaite utiliser le mécanisme NAT64, c'est-à-dire utiliser une adresse IPv6 pour une machine qui utilise IPv4. L'adresse IPv4 de la machine est 192.168.0.1. Quelle est l'adresse IPv6 correspondante ?

**Question 6 :** Donnez l'adresse IPv4 correspondant à cette adresse IPv6 NAT64 :

64:ff9b::c810:10

**Question 7 :** L'adresse suivante ou son écriture est-elle valide ?

1fff::a88:85a3::ac1f:8001

**Question 8 :** L'adresse suivante ou son écriture est-elle valide ?

de3v:gf01:de16:ab32::0a88:1ac5:cf88

**Question 9 :** Quels sont les trois principaux types d'adresses IPv6 ?

**Question 10 :** L'adresse fe80::1:2 est-elle routable ?

**Question 11 :** L'adresse 2000::4864:48a4:be5 est-elle routable ? quelle est sa portée ?

**Question 12 :** Quelle est la portée de l'adresse ff02::1 ?

**Question 13 :** Écrivez sous forme développée l'adresse ::1. Est-elle routable ?

## Exercice 6.2 : Capture de trame IPv6

Analysez la trame Ethernet suivante :

```
0000  d4 be d9 9c 7a 9c 00 25  64 c4 2e 82 86 dd 60 00  . . . . z . . % d . . . . ' .
0010  00 00 00 40 3a 40 fe 80  00 00 00 00 00 00 02 25  . . . @ : @ . . . . . . . . %
0020  64 ff fe c4 2e 82 fe 80  00 00 00 00 00 00 d6 be  d . . . . . . . . . . . . . .
0030  d9 ff fe 9c 7a 9c 81 00  b6 51 58 a2 00 05 60 81  . . . . z . . . . . QX . . . . ' .
0040  5f 53 00 00 00 00 29 7f  0c 00 00 00 00 00 10 11  _S . . . . . ) . . . . . . . .
0050  12 13 14 15 16 17 18 19  1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21  . . . . . . . . . . . . . . !
0060  22 23 24 25 26 27 28 29  2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31  "#$%&'() *+, - . / 01
0070  32 33 34 35 36 37  234567
```

## Exercice 6.3 : Cohabitation entre IPv4 et IPv6 : 6to4

Le protocole *6to4* est défini dans la RFC 3056. C'est ce qu'on appelle un *mécanisme de transition* : il s'agit d'un protocole servant à faire cohabiter IPv4 et IPv6 en attendant le déploiement complet d'IPv6. En particulier, il permet d'inter-connecter un réseau IPv4 et un réseau (ou un hôte) IPv6. On peut aussi l'utiliser pour faire communiquer des hôtes IPv6 sur un réseau IPv4. Les réseaux utilisant IPv4 et IPv6 sont reliés par des *routeurs 6to4*.

**Question 1 :** Sur un schéma, représentez :

- Deux réseaux IPv6 non connectés entre eux
- Un réseau IPv4 les reliant, et donc connecté d'une part à l'un des réseaux IPv6 et d'autre part au deuxième réseau IPv6
- Les routeurs 6to4 reliant ces réseaux entre eux.

**Question 2 :** À chaque adresse publique IPv4, 6to4 associe un préfixe IPv6 d'une longueur de 48 bits et contenant l'adresse IPv4. Quel est le préfixe IPv6 correspondant à l'adresse 96.157.2.56 ?

**Question 3 :** Quel est le préfixe IPv6 correspondant à l'adresse 132.203.15.3 ?

**Question 4 :** Représentez sur votre schéma les adresses des routeurs 6to4.

**Question 5 :** Placez maintenant une machine dans chaque réseau IPv6. Par quel chemin doivent transiter les paquets allant de l'une à l'autre ? Quelle version d'IP est utilisée sur chaque portion du trajet ?

**Question 6 :** Comment doit être configuré le routage des machines pour que cela soit possible ?

**Question 7 :** Comment les paquets IPv6 peuvent-ils être transmis sur le réseau IPv4 ?

**Question 8 :** À quelle adresse le paquet est-il transmis sur le réseau IPv4 ?

**Question 9 :** Une fois arrivé au deuxième routeur 6to4, comment le paquet est-il acheminé vers son destinataire ?