

# 8.3

## Le routage

### 8.3.1 Un premier montage

#### Exercice 8.183

Réaliser le montage suivant sur votre simulateur préféré, vérifier le bon fonctionnement en effectuant un envoi IP et un ping, comme le montre la figure suivante :

Réseau local

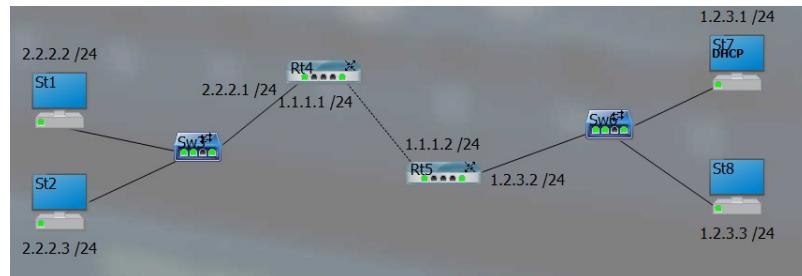


- On vérifiera notamment que la passerelle soit 1.2.3.2  
Quel est le nom du réseau sur lequel sont ces machines ?

#### Exercice 8.184

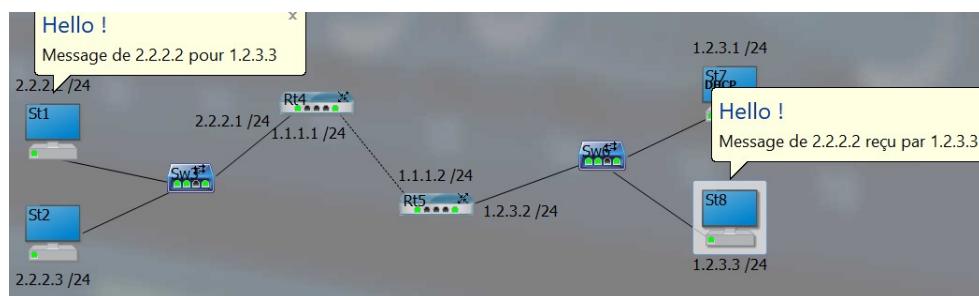
- Réaliser le montage suivant :

Montage avec 2 routeurs



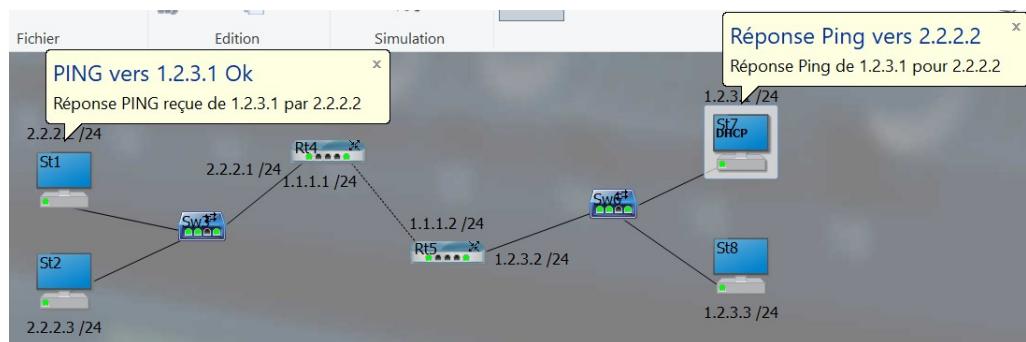
- Vérifier son fonctionnement en effectuant des envois de paquets IP ...

Envoi d'un paquet IP



- ...ainsi que des ping :

## Envoi d'un paquet IP



4. Donner le nom de tous les réseaux.
  5. Afficher ensuite la table de routage de Rt4, et analyser-la :

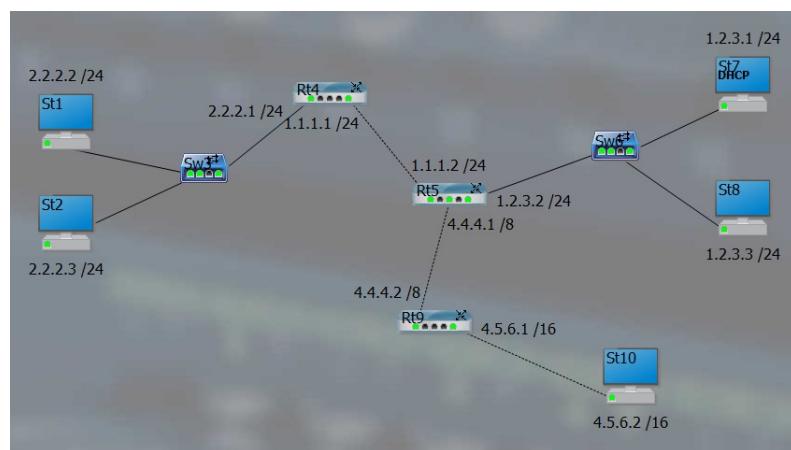
## Table de routage

Réseau	Masque	Passerelle	Interface	Distance
2.2.2.0	255.255.255.0		2.2.2.1	0
0.0.0.0	0.0.0.0	2.2.2.1	2.2.2.1	1
1.1.1.0	255.255.255.0		1.1.1.1	0
1.2.3.0	255.255.255.0	1.1.1.2	1.1.1.1	1

### Exercice 8.185

Réaliser le montage suivant, avec 3 routeurs :

Réseau local

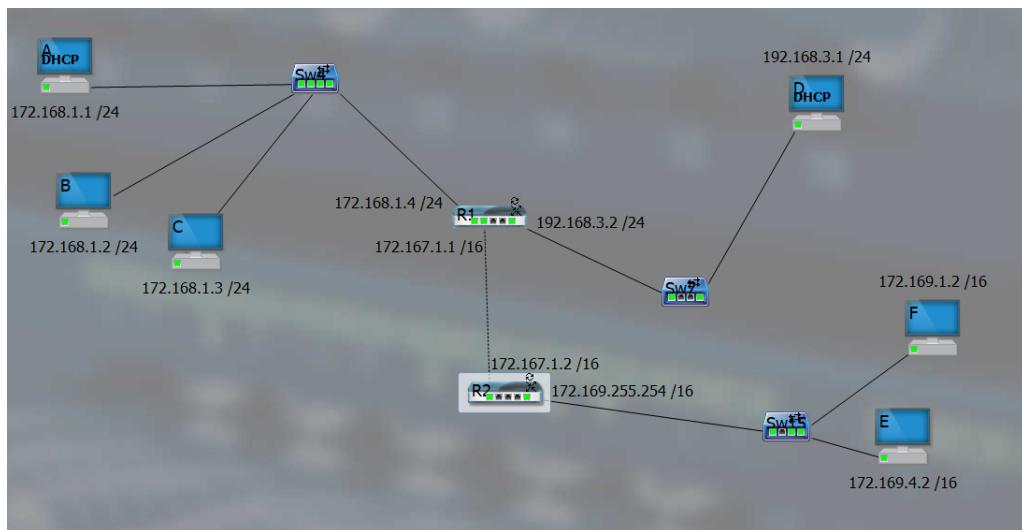


- #### 1. Lister les différents réseaux

### 8.3.2 Qu'est ce qu'une table de routage ?

On considère le réseau suivant :

## Réseau local



Si on affiche la table de routage de R1, on a :

## Réseau local

Table de routage				
<input type="checkbox"/> Manuelle   Table de Rt5				
Réseau	Masque	Passerelle	Interface	Distance
172.168.1.0	255.255.255.0		172.168.1.4	0
172.167.0.0	255.255.0.0		172.167.1.1	0
192.168.3.0	255.255.255.0		192.168.3.2	0
172.169.0.0	255.255.0.0	172.167.1.2	172.167.1.1	1

Réseau	Masque	Passerelle	Interface	Distance
0 . 0 . 0 . 0	0 . 0 . 0 . 0	0 . 0 . 0 . 0	0 . 0 . 0 . 0	0
<input type="button" value="Ajouter"/> <input type="button" value="Modifier"/> <input type="button" value="Supprimer"/> <input type="button" value="Vider"/> <input type="button" value="Remplir"/> <input type="button" value="Fermer"/>				

Voici les informations présentes dans la table de routage de R1 :

- le routeur 1 est directement relié au réseau 172.168.1.0/24 par l'intermédiaire de son interface 172.168.1.4/24
- le routeur 1 est directement relié au réseau 192.168.3.0/24 par l'intermédiaire de son interface 192.168.3.2/24
- Le routeur 1 est directement relié au réseau 172.167.0.0/16 par l'intermédiaire de son interface 172.167.1.1/16 (réseau uniquement composé des routeurs 1 et 2)
- Le routeur 1 n'est pas directement relié au réseau 172.169.0.0/16 mais par contre il "sait" que les paquets à destination de ce réseau doivent être envoyé à la machine d'adresse IP 172.167.1.2/16 (c'est à dire le routeur 2)

On a donc :

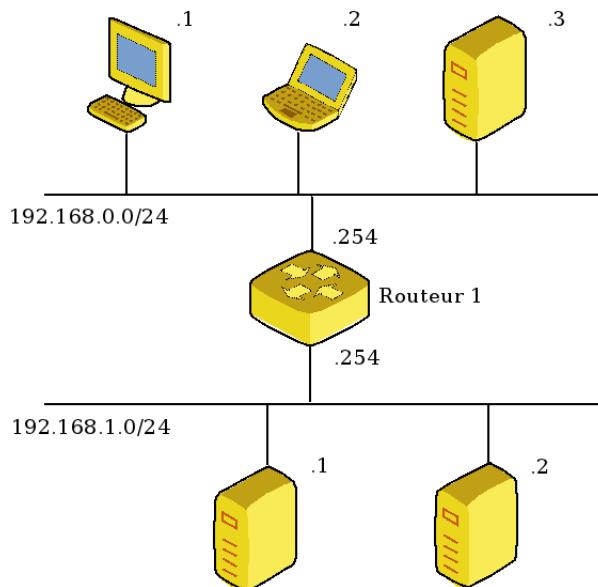
Réseau	Passerelle	Interface
172.168.1.0/24		172.168.1.4
192.168.3.0/24		192.168.3.2
172.167.0.0/16		172.167.1.1
172.169.0.0/16	172.167.1.2/16	172.167.1.1

### Exercice 8.186

Faire de même avec le routeur R2, sans remplir la colonne distance.

### Exercice 8.187

Voici en figure suivante un schéma réseau qui contient plusieurs réseaux. Donnez la table de routage du routeur.



### 8.3.3 Allocation d'adresses

Chaque interface réseau possède une adresse IP publique afin d'être joignable de n'importe quel hôte présent dans l'Internet public.

Il existe 4 modes de communication :

**unicast** : La communication a lieu entre la source et une destination

**multicast** : Une source envoie le même contenu à plusieurs destinations

**broadcast** : Les données sont envoyées à toutes les interfaces du réseau local

**anycast** : Plusieurs destinations possèdent la même adresse IP. La communication a lieu entre une source et l'IP de la destination la plus proche de la source

Il existe les adresses **IPv4** et les adresses **IPv6** :

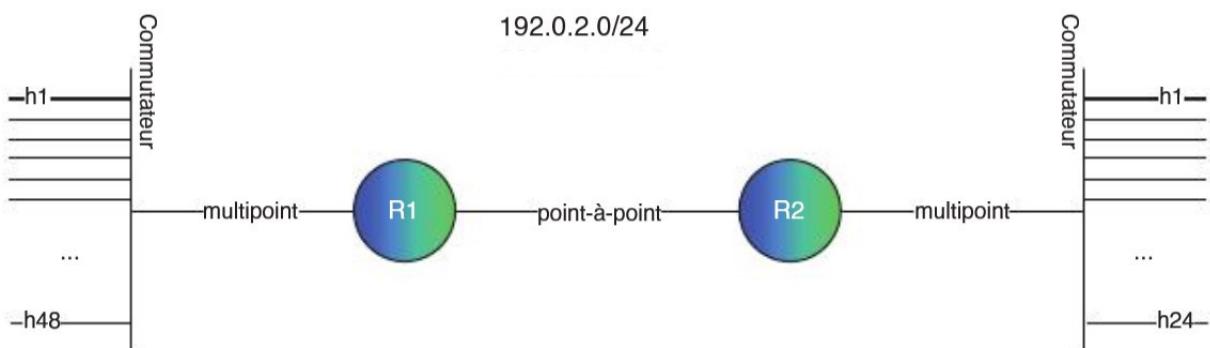
- Les adresses **IPv4** sont représentées sur 32 bits. On utilise souvent la notation décimale pointée. Par exemple, si on considère le réseau 10.0.0.0/24, la première adresse utile du réseau est 10.0.0.1. L'adresse 10.0.0.255 est l'adresse du broadcast, pour joindre toutes les machines du réseau.

- Les adresses **IPv6** sont représentées sur 128 bits, et permet de pallier la pénurie d'adresse IPv4. On utilise souvent une notation hexadécimale, en séparant les 8 groupes de 2 octets par des "deux-points". Par exemple, Le préfixe  $2001:\text{db8:1f89::}/48$  représente l'ensemble des adresses qui commence à  $2001:\text{db8:1f89:0:0:0:0}$  et finit à  $2001:\text{db8:1f89:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff}$ .

### Exercice 8.188

Soit le réseau suivant possédant le préfixe  $192.0.2.0/24$ . On veut allouer un préfixe au réseau local multipoint de gauche, à celui de droite, ainsi qu'au lien point-à-point entre les deux routeurs.

Rappel : Dans un préfixe IPv4, deux adresses sont réservées et ne peuvent être allouées : la première adresse, qui identifie le sous-réseau, et la dernière adresse, qui est utilisée comme adresse de « broadcast », c'est-à-dire pour la diffusion de paquets à tous les équipements du sous-réseau.



- Il y a 48 hôtes dans le sous-réseau de gauche. Il faut donc un préfixe qui comprend 50 adresses, en comptant les deux adresses réservées. On cherche à déterminer le plus "gros" préfixe. Quel est ce préfixe, ce sous-réseau ?
- Il y a 24 hôtes dans le sous-réseau de droite. Il faut donc un préfixe qui comprend au moins 26 adresses, en comptant les deux adresses réservées. On cherche à déterminer le plus "gros" préfixe. Quel est ce préfixe, ce sous-réseau ?
- Quel est le plus gros préfixe pour le réseau du milieu ?

Compléter le tableau suivant :

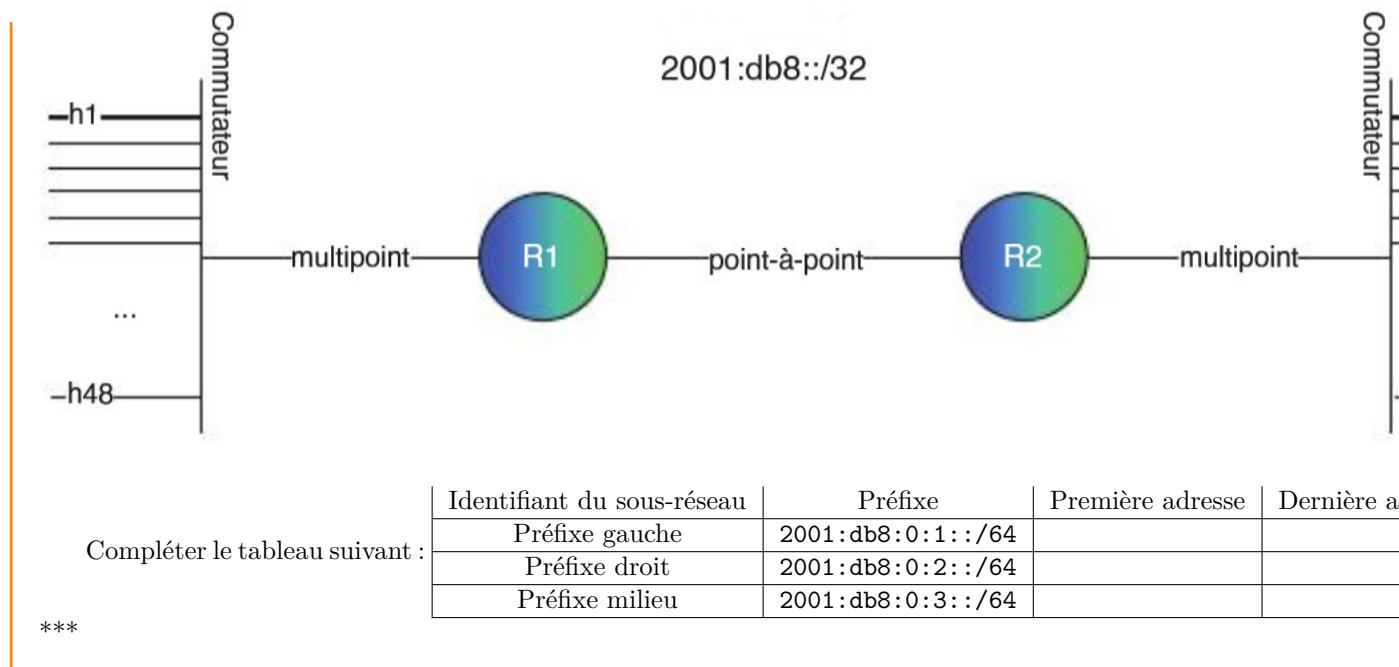
Identifiant du sous-réseau	Préfixe	Première adresse	Dernière adresse
Préfixe gauche			
Préfixe droit			
Préfixe milieu			

\*\*\*

### Exercice 8.189

Soit le réseau suivant, possédant le préfixe  $2001:\text{db8:}/32$ . Quels sont les sous-préfixes alloués aux différentes ressources, c'est-à-dire le réseau local multipoint de gauche, celui de droite, ainsi qu'au lien point-à-point entre les deux routeurs ?

Rappel : En IPv6, il n'est plus nécessaire de réservier une adresse pour l'identification du préfixe ni pour du broadcast.



### 8.3.4 Le routage en ligne de commande !

Obtenir son adresse IP et sa passerelle par défaut

```
C:\Users\DUThoIT>ipconfig
```

```
Adresse IPv4 . . . . . : 192.168.0.23
Masque de sous-réseau. . . . . : 255.255.255.0
Passerelle par défaut. . . . . : 192.168.0.1
```

Table de routage de mon pc

```
C:\Users\DUThoIT>route print
```

```
IPv4 Table de routage
=====
Itinéraires actifs :
=====
Orde de traitement
=====
Destination réseau   Masque réseau   Adr. passerelle   Adr. interface Métrique
  0.0.0.0           0.0.0.0       192.168.0.1      192.168.0.23    55
  127.0.0.0         255.0.0.0     On-link          127.0.0.1      331
  127.0.0.1         255.255.255.255  On-link          127.0.0.1      331
  127.255.255.255  255.255.255.255  On-link          127.0.0.1      331
  192.168.0.0       255.255.255.0    On-link          192.168.0.23    311
  192.168.0.23     255.255.255.255  On-link          192.168.0.23    311
  192.168.0.255    255.255.255.255  On-link          192.168.0.23    311
  224.0.0.0          240.0.0.0     On-link          127.0.0.1      331
  224.0.0.0          240.0.0.0     On-link          192.168.0.23    311
  255.255.255.255  255.255.255.255  On-link          127.0.0.1      331
  255.255.255.255  255.255.255.255  On-link          192.168.0.23    311
=====
```

## Remarque

- L'ordre de traitement de la table de routage va des masques les plus longs aux plus petits. C'est à dire que le routeur va d'abord comparer les sous-réseaux avec le masque 255.255.255.255 pour finir par comparer les sous-réseaux avec le masque 0.0.0.0. (flèche rouge)
- On peut exclure pour plus de lisibilité :
  - le broadcast (en bleu)
  - le loopback (en vert)
  - et le multicast (en orange)
- On trouve par ordre de priorité de traitement :
  - Route vers l'ordinateur lui-même, "Destination réseau" et "Adresse interface" ont la même valeur. On remarquera le masque entièrement à 255 (/32 en CIDR) qui permet de désigner un réseau (une plage) limitée à une seule adresse.
  - Route vers le réseau local 192.168.0.0 sur lequel est connecté l'ordinateur. "On-link" indique que l'ordinateur est directement connecté au réseau concerné, il n'y a donc pas besoin de routeur pour l'atteindre.
  - Et également ma passerelle par défaut (Remarquer que 0.0.0.0 signifie ici défaut) avec la passerelle 192.168.0.1.c'est la route utilisée si aucune autre route possible n'a été trouvée dans la table de routage

## La commande ping

La command **ping** permet d'envoyer un paquet ICMP à une adresse de destination. Le but principal est d'envoyer des messages d'état et des messages d'erreurs. Pour effectuer les tests de connectivité, la commande **ping** envoie périodiquement un paquet IP incluant un message ICMP de demande d'echo et affiche le résultat de la réponse.

```
C:\Users\DUTHOIT>ping 192.168.0.1

Envoi d'une requête 'Ping' 192.168.0.1 avec 32 octets de données :
Réponse de 192.168.0.1 : octets=32 temps=1 ms TTL=64
Réponse de 192.168.0.1 : octets=32 temps=1 ms TTL=64
Réponse de 192.168.0.1 : octets=32 temps=1 ms TTL=64
Réponse de 192.168.0.1 : octets=32 temps=2 ms TTL=64

Statistiques Ping pour 192.168.0.1:
  Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%),
Durée approximative des boucles en millisecondes :
  Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Moyenne = 1ms
```

```
C:\Users\DUThoIT>ping google.fr

Envoi d'une requête 'ping' sur google.fr [172.217.168.227] avec 32 octets de données :
Réponse de 172.217.168.227 : octets=32 temps=23 ms TTL=116
Réponse de 172.217.168.227 : octets=32 temps=19 ms TTL=116
Réponse de 172.217.168.227 : octets=32 temps=18 ms TTL=116
Réponse de 172.217.168.227 : octets=32 temps=19 ms TTL=116

Statistiques Ping pour 172.217.168.227:
    Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%),
Durée approximative des boucles en millisecondes :
    Minimum = 18ms, Maximum = 23ms, Moyenne = 19ms
```

## Quelle route ?

```
C:\Users\DUThoIT>tracert www.google.Fr

Détermination de l'itinéraire vers www.google.Fr [172.217.168.227]
avec un maximum de 30 sauts :

 1      1 ms    23 ms      *      RT [192.168.0.1]
 2      *        *          *      Délai d'attente de la demande dépassé.
 3      *        6 ms      6 ms   10.148.2.2
 4     10 ms    8 ms      9 ms   10.148.2.1
 5      *        *          *      Délai d'attente de la demande dépassé.
 6      *        *          *      Délai d'attente de la demande dépassé.
 7      *        *          *      Délai d'attente de la demande dépassé.
 8      *        *          *      Délai d'attente de la demande dépassé.
 9      *        *          *      Délai d'attente de la demande dépassé.
10      *        *          *      Délai d'attente de la demande dépassé.
11      *        *          *      Délai d'attente de la demande dépassé.
12     18 ms    18 ms    19 ms  ams15s40-in-f3.1e100.net [172.217.168.227]

Itinéraire déterminé.
```

### 8.3.5 Routage par le plus court chemin

Un réseau maillé peut être représenté par un graphe  $G=(X,E)$  avec  $X$  l'ensemble des routeurs, et  $E$  l'ensemble des lignes de transmission.

Un chemin entre deux routeurs correspond donc à une suite alterné de sommets et d'arêtes. Il est possible d'associer un coût à chaque arête, et d'obtenir ainsi un graphe valué (ou pondéré).

La recherche du plus court chemin consiste alors à trouver la chaîne dont la somme des coût est la plus faible. Cette somme pourra correspondre, en fonction de la situation, au nombre de routeurs traversés , à la distance géographique, au trafic sur un chemin...

Dans des réseaux très complexes, chaque routeur aura une table de routage qui comportera de très nombreuses lignes (des dizaines voir des centaines...). En effet chaque routeur devra savoir vers quelle interface réseau il faudra envoyer un paquet afin qu'il puisse atteindre sa destination. On peut trouver dans une table de routage plusieurs lignes pour une même destination, il peut en effet, à partir d'un routeur donné, exister plusieurs chemins possibles pour atteindre la destination. Dans le cas où il existe plusieurs chemins possibles pour atteindre la même destination, le routeur va choisir le "chemin le plus court". Pour choisir ce chemin le plus court, le routeur va utiliser la métrique : plus la valeur de la métrique est petite, plus le chemin

pour atteindre le réseau est "court". Un réseau directement lié à un routeur aura une métrique de 0.

Comment un routeur arrive à remplir sa table de routage ?

La réponse est simple pour les réseaux qui sont directement reliés au routeur (métrique = 0), mais comment cela se passe-t-il pour les autres réseaux (métrique supérieure à zéro) ?

Il existe 2 méthodes :

- le routage statique : chaque ligne doit être renseignée "à la main". Cette solution est seulement envisageable pour des très petits réseaux de réseaux
- le routage dynamique : tout se fait "automatiquement", on utilise des protocoles qui vont permettre de "découvrir" les différentes routes automatiquement afin de pouvoir remplir la table de routage tout aussi automatiquement. Dans la section suivante, nous étudierons :
  - Le protocole RIP
  - Le protocole OSPF

### 8.3.6 Protocoles de routages

Les protocoles de routage de l'information permettent aux routeurs qui inter-connectent les réseaux de partager des informations relatives à l'acheminement du trafic entre ces réseaux. On trouve plusieurs protocoles de routage, dont notamment les protocoles **RIP** (Routing Information Protocol) et **OSPF** (Open Shortest Path First).

 Il peut y avoir plusieurs protocoles de routage activés sur un même routeur. Chaque protocole construit sa propre **table de routage**. Ces tables sont combinées pour former la **table d'acheminement**