

# Chapitre 3

## Protocoles de routage

### 3.1 Adressage

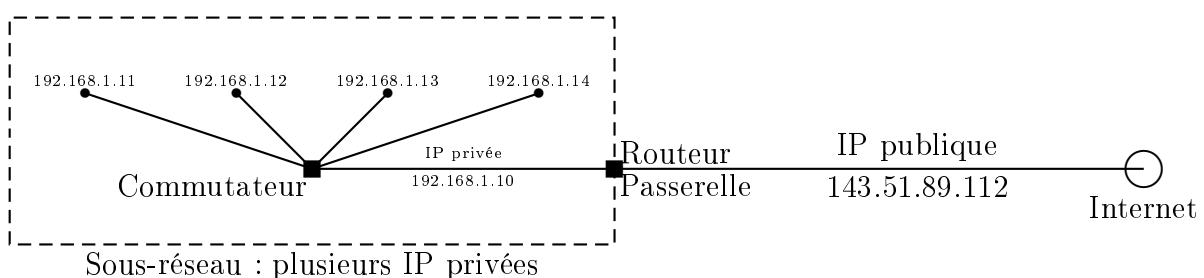
Une **adresse MAC** (*Media Access Control*) est un identifiant physique stocké dans une interface réseau. Elle est unique au monde et est constituée de six octets, il existe donc potentiellement  $2^{48}$  (environ 281 000 milliards) d'adresses MAC possibles. Elle constitue la couche inférieure de la couche de liaison, c'est-à-dire la couche deux du modèle OSI.

Une **adresse IP** (*Internet Protocol*) est un numéro d'identification codé sur quatre octets qui est attribué de façon permanente ou provisoire à chaque périphérique relié à un réseau informatique qui utilise l'IP. Elle est à la base du système d'acheminement (le routage) des paquets de données sur Internet.

Chaque « objet IP » est identifié par une adresse IP qui contient :

- l'adresse du réseau IP local (extraite grâce au masque de sous réseau) ;
- le numéro de la machine dans le réseau IP local.

Chaque « objet IP » est physiquement connecté à un réseau local par Éthernet, Wifi ou Bluetooth. La communication avec d'autres « objets IP » appartenant au même réseau se fait directement via le réseau local par l'intermédiaire d'un « commutateur ». La communication avec d'autres « objets IP » d'autres réseaux IP distants se fait via des routeurs.

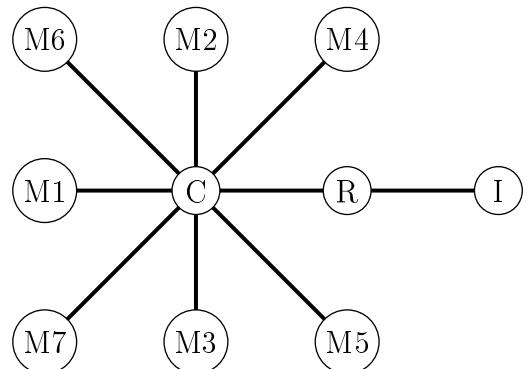


## 3.2 Routage

### 3.2.1 Principe

Si l'hôte de destination se trouve sur le même réseau que l'hôte source, les paquets de données sont acheminés entre les deux hôtes sur le support local via des **commutateurs** (*switches* en anglais) sans nécessiter la présence d'un routeur. Les commutateurs construisent une **table d'adresses MAC** des machines IP connectées à eux. Ils se basent sur ces adresses MAC enregistrées pour commuter les trames.

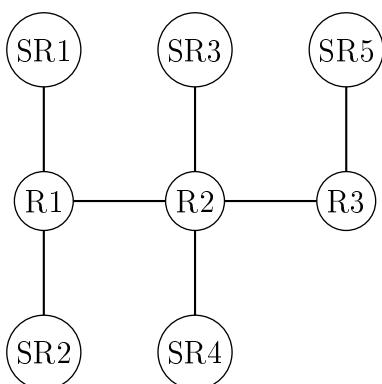
**Exemple :** Considérons le sous-réseau ci-contre composé des machines une à sept, d'un commutateur C et d'un routeur R ; I symbolise Internet ou un autre sous-réseau relié au routeur. Si  $M_1$  désire communiquer avec une autre machine du sous-réseau,  $M_6$  par exemple, alors il est inutile de passer par le routeur, le commutateur peut directement les mettre en relation.



Si l'hôte de destination et l'hôte source ne se trouvent pas sur le même réseau, le réseau local achemine le paquet de la source vers son **routeur**. Le routeur examine la partie réseau de l'adresse de destination du paquet et achemine le paquet à l'interface appropriée. Si le sous-réseau de destination est connecté directement à ce routeur, le paquet est transféré directement vers cet hôte. Sinon, le paquet est acheminé vers un second routeur qui constitue le routeur de tronçon suivant. Le transfert du paquet devient alors la responsabilité de ce second routeur. De nombreux routeurs ou sauts tout au long du chemin peuvent traiter le paquet avant qu'il n'atteigne sa destination.

Contrairement aux commutateurs, les routeurs se basent quant à eux sur les adresses IP pour transporter les données.

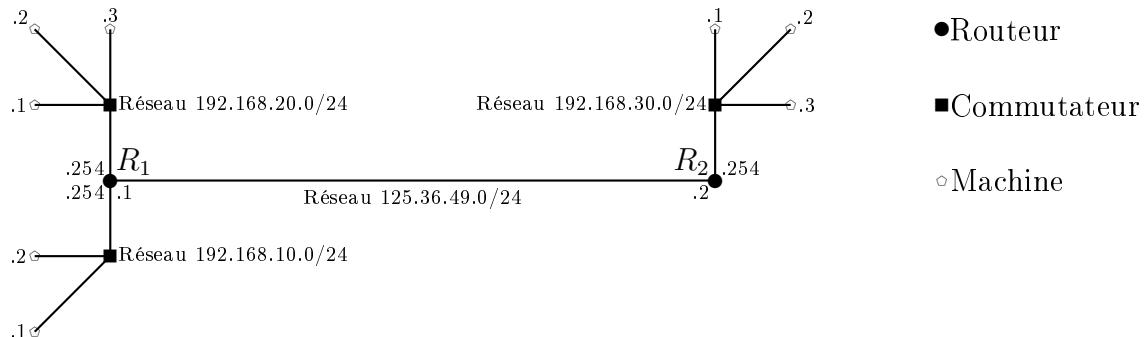
**Exemple :** Considérons le réseau ci-contre composé des cinq sous-réseaux SR reliés par les routeurs R. Si une machine du sous-réseau SR1 souhaite communiquer avec une machine du sous-réseau SR2, comme ces deux réseaux sont reliées par le routeur R1, celui-ci peut effectuer un routage direct entre les deux machines. Par contre, Si une machine du sous-réseau SR1 souhaite communiquer avec une machine du sous-réseau SR5, comme ces deux réseaux ne sont pas reliées par le routeur R1, celui-ci doit transférer les données de SR1 à un autre routeur (R2 en l'occurrence et ce dernier à R3) afin que celui-ci achemine les données à SR3.



**Remarque :** il est important de noter que les routeurs font partie des sous-réseaux qui leur sont connectés et forment des sous-réseaux entre eux. Ainsi, dans l'exemple ci-dessus, le routeur R2 fait partie de quatre sous-réseaux : SR3 et SR4, mais aussi les deux sous-réseaux (R1 & R2) et (R2 & R3).

Comme un routeur peut appartenir à plusieurs sous-réseaux et que les sous-réseaux ont des adresses IP différentes (obtenues grâce au masque de sous-réseau), cela implique qu'un routeur a autant d'adresses IP que de sous-réseaux auxquels il est connecté.

**Exemple :** Considérons le réseau ci-dessous.



Le routeur  $R_1$  fait partie des trois sous-réseaux ci-dessous :

- 192.168.10.0/24;
- 192.168.20.0/24;
- 125.36.49.0/24.

Il a donc une adresse IP dans chacun d'entre eux. En l'occurrence :

- 192.168.10.254 ;
- 192.168.20.254 ;
- 125.36.49.1.

Aucun paquet ne peut être acheminé sans route. Que le paquet provienne d'un hôte ou qu'il soit acheminé par un routeur intermédiaire, le routeur a besoin d'une route pour savoir où l'acheminer. S'il n'existe aucune route vers un réseau de destination, le paquet ne peut pas être transféré. Les routeurs utilisent des **tables de routage** qui contiennent les routes qu'ils connaissent.

### 3.2.2 Tables de routage

Les tables peuvent être construites selon deux méthodes :

**Le routage statique** : la table de routage est construite manuellement. Cette solution n'est envisageable que sur des petits réseaux.

**Le routage dynamique** : les tables de routages sont construites automatiquement à l'aide de protocoles spécifiques comme le protocole **RIP** (Routing Information Protocol) ou **OSPF** (Open Shortest Path First) par exemple.

En réalité, il s'agit en général d'un mélange des deux avec dans la majorité des cas une grande proportion de routes dynamiques. En effet, les tables de routage doivent évoluer dès que le réseau est modifié – on parle de changement de topologie du réseau (une machine apparaît

sur le réseau, un routeur est hors service, un serveur dysfonctionne, etc) – et il n'est pas envisageable que cela soit fait manuellement.

Les tables de routages contiennent les informations suivantes :

- les adresses du routeur lui-même ;
- les adresses des sous-réseaux auxquels le routeur est directement connecté ;
- les routes statiques, c'est-à-dire configurées explicitement par l'administrateur ;
- les routes dynamiques, apprises par des protocoles de routage dynamique comme BGP, OSPF, IS-IS, etc. ;
- une route par défaut ; elle indiquera comment acheminer le trafic qui ne correspond à aucune entrée dans la table de routage ; en son absence, le routeur éliminera un paquet dont la destination n'est pas connue ; elle permet aussi d'éviter que la table de routage ne deviennent trop grande ;
- une métrique ou distance administrative.

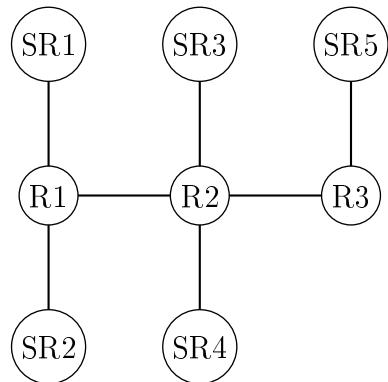
Quand plusieurs routes sont possibles, c'est la route ayant le plus grand identifiant réseau (identifiable à la valeur du masque) qui est utilisée. Si plusieurs routes avec le même identifiant réseau existent, l'arbitrage a lieu en fonction du type de route : les routes directement connectées auront la priorité sur les autres, les routes statiques et dynamiques sont départagées par une distance administrative paramétrable (calculable à l'aide de protocoles comme BGP, OSPF, RIP, etc). Si tous les paramètres sont égaux, le routeur pourra distribuer le trafic entre ces routes ou n'en utiliser qu'une seule.

Un ordinateur connecté à un réseau local connaîtra typiquement la route directement connectée (le sous-réseau) et une route par défaut vers le routeur du sous-réseau.

L'ensemble des routeurs n'ayant pas de route par défaut est appelé la default-free zone d'Internet (en réalité, il s'agit d'un peu plus que cela). Ces routeurs disposent d'une table de routage Internet complète, que l'on appelle aussi table de routage globale ou table BGP globale.

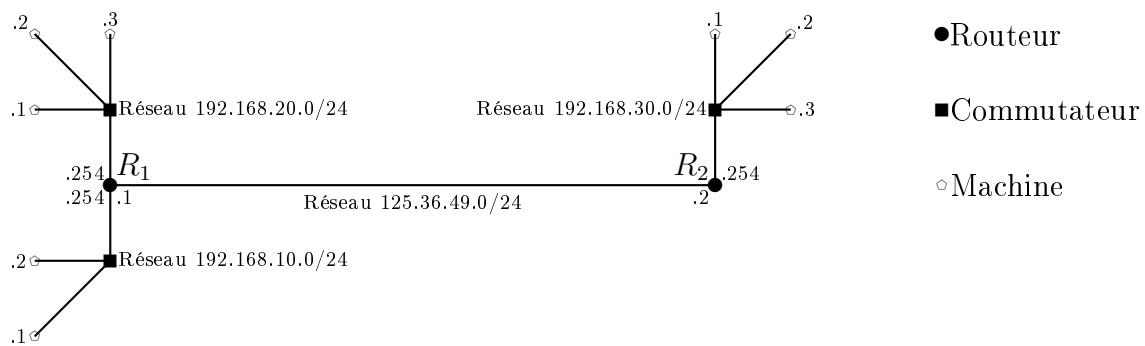
**Exemple :** Considérons à nouveau le réseau ci-contre. Une table de routage simplifiée de R1 pourrait être celle-ci :

Destination	Passerelle
SR1	R1
SR2	R1
SR3	R2
SR4	R2
SR5	R2



La **passerelle** est le prochain routeur à qui envoyer les données afin que celui-ci les achemine à destination à son tour. Si le sous-réseau de destination est directement connecté au routeur, la passerelle est le routeur lui-même, sinon, il s'agit d'un autre routeur directement connecté à notre routeur. On le remarque dans l'exemple ci-dessus, R1 n'a pas R3 dans sa table de routage car il n'y est pas connecté, seulement R2.

**Exemple :** Reprenons le réseau ci-dessous. Celui-ci étant plus détaillé, il est possible de donner des tables de routage qui le sont plus aussi.



Ci-dessous, les tables de routage de  $R_1$  et de  $R_2$  en utilisant une route par défaut pour ce dernier (symbolisée par l'adresse de destination  $0.0.0.0$ ). L'**interface** est le chemin de sortie du routeur pour envoyer ses données vers la passerelle. On peut la considérer comme une adresse IP ou un canal physique (port Ethernet par exemple).

$R_1$		
Destination	Passerelle	Interface
$192.168.10.0/24$	$192.168.10.254$	$192.168.10.254$
$192.168.20.0/24$	$192.168.20.254$	$192.168.20.254$
$125.36.49.0/24$	$125.36.49.1$	$125.36.49.1$
$192.168.30.0/24$	$125.36.49.2$	$125.36.49.1$

$R_2$		
Destination	Passerelle	Interface
$192.168.30.0/24$	$192.168.30.254$	$192.168.30.254$
$0.0.0.0/0$	$125.36.49.1$	$125.36.49.2$

### 3.3 Protocoles de routage

#### 3.3.1 Protocole RIP

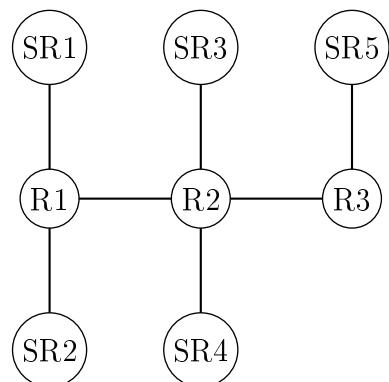
##### Principe

Le protocole RIP (Routing Information Protocol) est un protocole de routage dans lequel la métrique correspond au nombre de sauts d'un routeur à un autre que vont devoir effectuer des données pour atteindre leur destination à partir d'un routeur. Si les données doivent naviguer entre deux sous-réseaux reliés par un même routeur, il n'y a aucun saut à effectuer entre deux routeurs et la métrique est donc 0.

### 3.3. PROTOCOLES DE ROUTAGE

**Exemple :** Considérons encore une fois le réseau ci-dessous. En ajoutant la métrique du protocole RIP, la table de routage simplifiée de  $R_1$  serait celle-ci :

R1		
Destination	Passerelle	Métrique
SR1	R1	0
SR2	R1	0
SR3	R2	1
SR4	R2	1
SR5	R2	2



La construction et la mise à jour des tables de routage se font de la façon suivante. Initialement, chaque routeur ne connaît que les sous-réseaux qui lui sont directement reliés. Il envoie ensuite à ses voisins à intervalles réguliers sa table de routage et ceux-ci lui renvoient la leur en retour ; il s'en sert alors pour mettre à jour la sienne. On a alors quatre cas possibles :

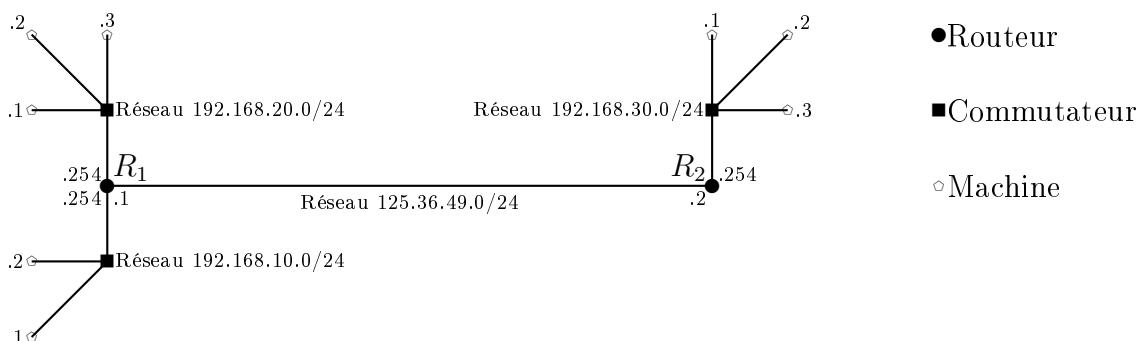
- le routeur reçoit une nouvelle route et l'ajoute à sa table de routage ;
- le routeur reçoit un chemin plus court pour rejoindre une destination connue, il met à jour sa table ;
- le routeur reçoit un autre chemin plus long pour une destination connue, il l'ignore ;
- le routeur reçoit une route existante avec une métrique plus élevée : un problème est survenu, il met à jour sa table avec le nouveau chemin et ignore l'ancien.

Dans le protocole RIP, la distance maximale autorisée pour un paquet est de quinze sauts. Si un paquet tourne en rond sur le réseau et traverse plus de quinze nœuds, le paquet est détruit, il faut relancer la requête client-serveur.

Un routeur considère que son voisin est en panne s'il ne reçoit pas de réponse à une demande RIP après un certain laps de temps (trois minutes, par défaut). Si un routeur détecte qu'un sous-réseau est devenu inaccessible, il propage l'information à ses voisins en envoyant une route avec une distance de seize nœuds.

Les distances ne pouvant dépasser quinze liaisons traversées, ou sauts, ce principe limite l'usage du protocole RIP aux petits réseaux. L'avantage d'une faible valeur de distance autorisée est que cela limite le délai de convergence (le délai pour que tous les routeurs aient une vision commune de l'état du réseau).

**Exemple :** Reprenons le réseau ci-dessous et construisons les tables de routages de  $R_1$  et  $R_2$ .



Initialement, les routeurs  $R_1$  et  $R_2$  ne connaissent que les réseaux qui leur sont directement connectés avec une métrique 0. On a donc

$R_1$			
Destination	Passerelle	Interface	Métrique
192.168.10.0/24	192.168.10.254	192.168.10.254	0
192.168.20.0/24	192.168.20.254	192.168.20.254	0
125.36.49.0/24	125.36.49.1	125.36.49.1	0

$R_2$			
Destination	Passerelle	Interface	Métrique
192.168.30.0/24	192.168.30.254	192.168.30.254	0
125.36.49.0/24	125.36.49.2	125.36.49.2	0

Le routeur  $R_1$  envoie une demande RIP à  $R_2$  avec les informations de sa propre table de routage.  $R_2$  peut alors comparer les sous-réseaux qu'il connaît avec ceux de  $R_1$ . Il connaît déjà le sous-réseau 125.36.49.0/24 avec une métrique de 0, il ne va donc pas le modifier. Par contre, il ne connaît pas les sous-réseaux 192.168.10.0/24 et 192.168.20.0/24, il peut donc les ajouter à sa table en augmentant la métrique de 1 pour tenir compte du saut supplémentaire pour passer de  $R_2$  à  $R_1$ . La table de  $R_2$  peut donc devenir :

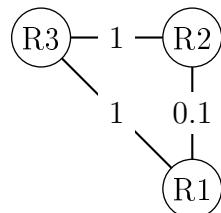
$R_2$			
Destination	Passerelle	Interface	Métrique
192.168.30.0/24	192.168.30.254	192.168.30.254	0
125.36.49.0/24	125.36.49.2	125.36.49.2	0
192.168.10.0/24	125.36.49.1	125.36.49.2	1
192.168.20.0/24	125.36.49.1	125.36.49.2	1

Une fois sa table mise à jour,  $R_2$  renvoie les informations de sa propre table à  $R_1$ . Ce dernier découvre l'existence du sous-réseau 192.168.30.0/24 qu'il peut donc ajouter à sa table en augmentant la métrique de 1.

$R_1$			
Destination	Passerelle	Interface	Métrique
192.168.10.0/24	192.168.10.254	192.168.10.254	0
192.168.20.0/24	192.168.20.254	192.168.20.254	0
125.36.49.0/24	125.36.49.1	125.36.49.1	0
192.168.30.0/24	125.36.49.2	125.36.49.1	1

### Inconvénients du protocole RIP

RIP ne prend en compte que la distance entre deux machines en ce qui concerne le saut, mais il ne considère pas l'état de la liaison afin de choisir la meilleure bande passante possible. Si l'on considère un réseau composé de trois routeurs R1, R2 et R3, reliés en triangle, RIP préférera passer par la liaison directe R1-R2 même si la bande passante n'est que de 0,1 Gbit/s alors qu'elle est de 1 Gbit/s entre R1 et R3 et R3 et R1.



De facto, le protocole RIP est aujourd'hui très rarement utilisé dans les grandes infrastructures. En effet, il génère, du fait de l'envoi périodique de message, un trafic réseau important (surtout si les tables de routages contiennent beaucoup d'entrées). On lui préfère donc souvent le protocole OSPF qui corrige les limitations évoquées précédemment.

#### 3.3.2 Protocole OSPF

##### Principe

Le protocole OSPF (Open Shortest Path First) est un protocole de routage dans lequel la métrique correspond au coût d'un chemin évalué à l'aide de la bande passante. Le coût  $c$  se calcule à l'aide du débit  $d$  exprimé en bit/s grâce à la formule suivante :

$$c = \frac{10^8}{d}.$$

**Exemple :** Le tableau suivant donne les coûts d'un chemin pour différents ordres de grandeur en bande passante.

Débit	1 kbit/s	1 Mbit/s	1 Gbit/s
Coût	100 000	100	0,1

Les routeurs OSPF doivent établir une relation de voisinage avant d'échanger des mises à jour de routage. Les voisins OSPF sont dynamiquement découverts en envoyant des paquets « Hello » sur chaque interface OSPF d'un routeur. Ces derniers sont envoyés à l'adresse IP de multicast 224.0.0.5. Parmi les données échangées par paquets Hello, les suivantes doivent notamment être identiques pour que les routeurs deviennent voisins :

- l'identifiant de zone (on reviendra sur la notion de zones plus bas) ;
- l'identifiant de sous-réseau ;
- des minuteurs permettant de déterminer si un routeur reste inactif trop longtemps ;
- un identifiant du routeur (une adresse IP par exemple).

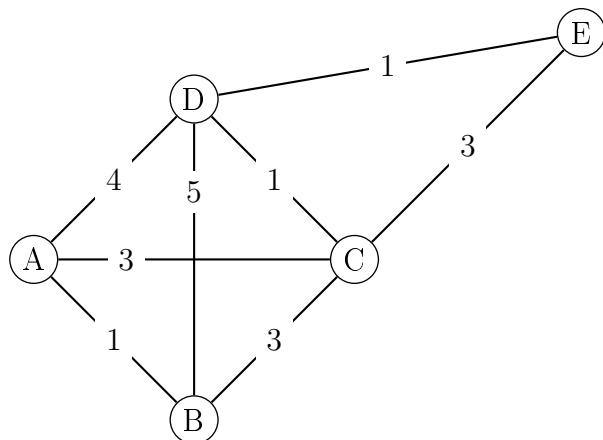
Par défaut, OSPF envoie des paquets Hello toutes les 10 secondes sur un réseau Ethernet (intervalle Hello). Une minuterie morte (dead timer) correspond à quatre fois la valeur de l'intervalle Hello, donc si un routeur sur un réseau Ethernet ne reçoit pas au moins un paquet Hello d'un voisin OSPF pendant 40 secondes, les routeurs déclarent que ce dernier est non fonctionnel.

Quand un routeur de la même zone reçoit un de ces paquet Hello, il envoie un accusé de réception afin de prouver que la liaison est toujours active. Si ce routeur ne connaît pas déjà le routeur dont il reçoit un paquet, ils échangent les informations dont ils disposent sur la topologie du réseau. Ces messages sont appelés messages LSA (Link State Advertisement) ; ils ne sortent jamais de leur zone. Après un certain nombre d'échanges de messages LSA, tous les routeurs d'une zone donnée ont une vision commune de l'état du réseau.

### Plus court chemin

Une fois le réseau cartographié par les routeurs, ceux-ci peuvent déterminer le plus court chemin jusqu'à une destination grâce au protocole OSPF. Il s'agit du chemin dont la somme des coûts de tous les sous chemins empruntés est minimale. Il déterminé à l'aide de l'algorithme de Djikstra (du nom de son inventeur E. W. Djikstra).

**Exemple :** Considérons le réseau ci-dessous constitué des routeurs A, B, C, D et E. Avec les coût de chaque chemin exprimé sur l'arête le représentant.



Application de l'algorithme de Djikstra afin de déterminer le plus court chemin entre A et E.

A	B	C	D	E	Choix
0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	A
1(A)	3(A)	4(A)	$\infty$		B
	3(A)	4(A)	$\infty$		C
		4(C)	7(C)	D	
			5(D)	E	

On trouve A-C-D-E avec un coût de 5.

À chaque étape, on note les nœuds accessibles depuis le nœud en cours ou depuis les nœuds précédemment choisis en notant le coût cumulé d'accès au prochain nœud. Si un nœud est accessible depuis plusieurs nœuds déjà visités à une étape, on garde le chemin ayant le coût le plus faible. Enfin, le nœud disponible ayant le coût le plus faible est choisi pour l'étape suivante. Il s'agit d'un algorithme glouton, en effet, à chaque étape, on fait un choix minimisant un coût local et non global. Cependant, ces choix conduisent à une optimisation du coût global.

### Notions de zones

OSPF utilise le concept de zone (ou d'aire) afin d'alléger les tables de routage et les processus de mises à jour de ces dernières. Une zone est un regroupement logique de réseaux et de routeurs contigus. Tous les routeurs dans la même zone ont la même table de topologie, mais ils ne connaissent pas les routeurs dans les autres zones.

### 3.3. PROTOCOLES DE ROUTAGE

Chaque zone du réseau OSPF est connectée à une zone « colonne vertébrale » ( *backbone* ou *area 0*) directement ou indirectement. Tous les routeurs connectés à une zone en font partie. Ils doivent avoir le même ID de zone pour devenir des voisins OSPF. On distingue plusieurs types de routeurs.

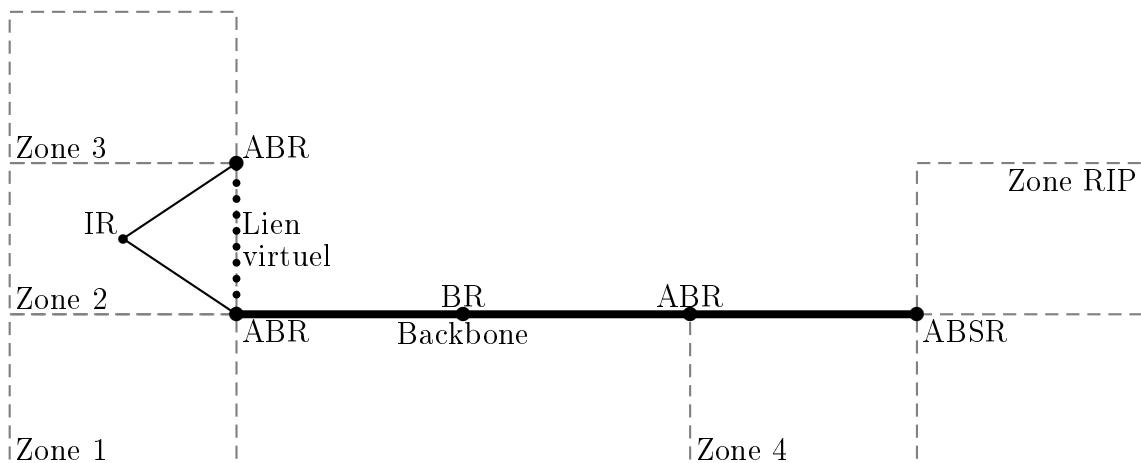
**Backbone Router (BR)** : ce sont les routeurs faisant partie de la backbone ou aire 0. Ils peuvent faire partie d'une autre aire mais pas nécessairement.

**Area Border Router (ABR)** : ce sont des routeurs qui relient plusieurs zones entre elles. Directement ou indirectement, tous les ABR font partie de la *backbone*; dans le cas indirect, on parle de lien virtuel.

**Internal Router (IR)** : ce sont les routeurs dont toutes les interfaces se trouvent dans la même aire.

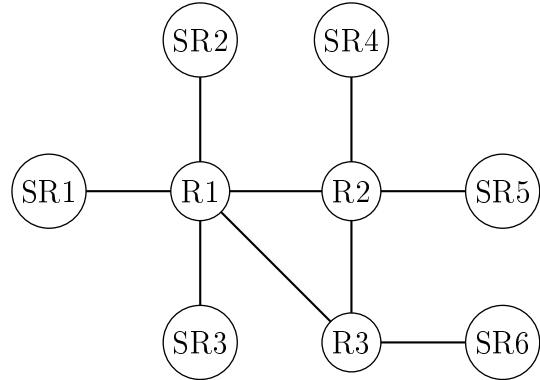
**Autonomous System Boundary Router (ABSR)** : ce sont les routeurs connectant un réseau OSPF à d'autres domaines de routage (RIP, EIGRP, etc).

Des routeurs internes à une zone souhaitant communiquer avec des routeurs d'une autre zone doivent donc passer par un ABR. Les routeurs Abr sont également chargés de communiquer les meilleures routes de leur zone à toutes les autres zones en passant par la backbone.



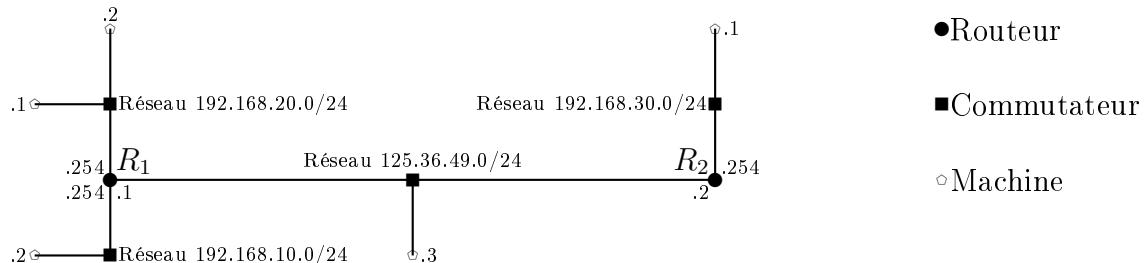
### 3.4 Exercices

**Exercice 3.1. [Tables simples]** On considère le réseau simplifié ci-dessous où les R{X} sont des routeurs et les SR{X} des sous-réseaux. Donner les tables de routages des trois routeurs.

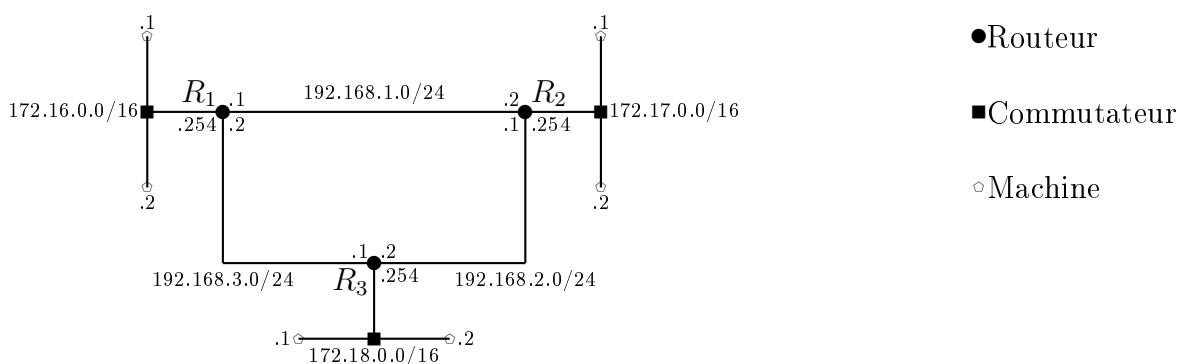


**Exercice 3.2. [Tables détaillées]** On considère le réseau ci-dessous. Donner les tables de routages détaillées des deux routeurs selon le modèle suivant :

Destination	Passerelle	Interface
-------------	------------	-----------



**Exercice 3.3. [Protocole RIP]** Construire étape par étape les tables de routages du réseau ci-dessous à l'aide du protocole RIP ; chaque routeur ne connaîtra donc initialement que les sous-réseaux auxquels il appartient.



### 3.4. EXERCICES

---

**Exercice 3.4. [Mises à jour de tables]** Un routeur  $R_1$  possède la table de routage suivante avec le protocole RIP.

$R_1$				
Destination	Masque	Passerelle	Interface	Métrique
122.0.0.0	255.0.0.0		122.68.104.254	0
155.212.0.0	255.255.0.0		155.212.60.254	0
215.37.88.0	255.255.255.0		215.37.88.60	0
222.135.200.0	255.255.255.0	215.37.88.254	215.37.88.60	1
94.0.0.0	255.0.0.0	122.68.104.18	122.68.104.254	3
196.35.250.0	255.255.255.0	122.68.104.18	122.68.104.254	5
140.16.1.0	255.0.0.0	122.68.104.18	122.68.104.254	9
217.66.40.0	255.255.255.0	155.212.60.37	155.212.60.254	12
40.0.0.0	255.0.0.0	215.37.88.254	215.37.88.60	15

Il reçoit les deux extraits de tables suivantes de la part de deux de ses voisins (ils sont donc directement reliés) :  $R_2$  et  $R_3$ .

$R_2$				
Destination	Masque	Passerelle	Interface	Métrique
215.37.88.0	255.255.255.0		215.37.88.254	0
222.135.200.0	255.255.255.0		222.135.200.90	0
140.50.102.0	255.255.0.0	222.135.200.254	222.135.200.90	4
217.66.40.0	255.255.255.0	222.135.200.254	222.135.200.90	10
155.212.0.0	255.255.0.0	215.37.88.60	215.37.88.254	1

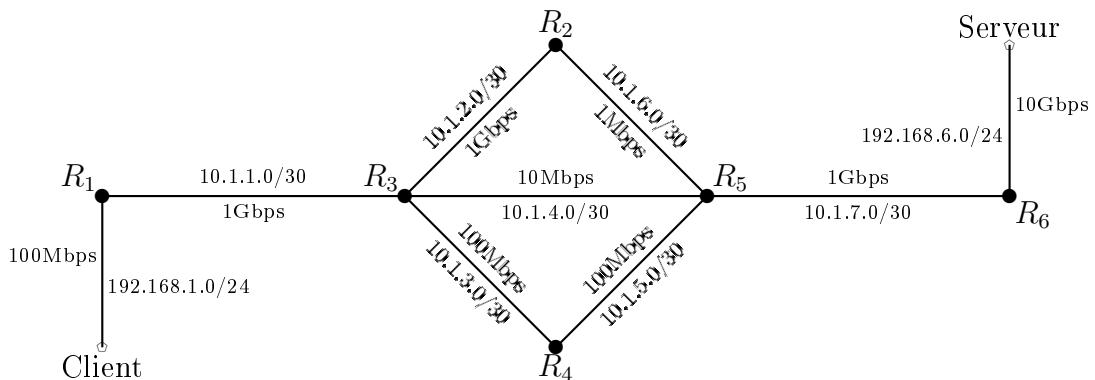
$R_3$				
Destination	Masque	Passerelle	Interface	Métrique
122.0.0.0	255.0.0.0		122.68.104.18	0
12.0.0.0	255.0.0.0		12.160.255.254	0
40.0.0.0	255.0.0.0	61.14.53.254	61.14.53.26	14
140.16.1.0	255.255.0.0	61.14.53.254	61.14.53.26	5
140.50.102.0	255.255.0.0	222.135.200.254	222.135.200.90	2
234.182.74.0	255.255.255.0	12.160.255.254	12.160.255.254	16
196.35.250.0	255.255.255.0	12.160.255.254	12.160.255.254	8

- Déterminer les réseaux reliant les routeurs  $R_1$  à  $R_2$  et  $R_1$  à  $R_3$  puis les adresses de chacun d'entre eux dans ceux-ci.
- Quelles modifications seront appliquées à la table de routage du routeur  $R_1$  d'après les extraits ci-dessus ? On pourra récupérer les tables dans un fichier tableur disponible dans le dossier Protocoles de Routage.

**Exercice 3.5. [Protocole OSPF]** Construire étape par étape les tables de routages du réseau de l'exercice 3.3 à l'aide du protocole OSPF ; chaque routeur ne connaîtra donc initialement que les sous-réseaux auxquels il appartient. On considérera les débits suivants entre les routeurs.

$$— R_1R_2 : 1 \text{ Mbps} ; \quad — R_1R_3 : 10 \text{ Mbps} ; \quad — R_2R_3 : 10 \text{ Mbps}.$$

**Exercice 3.6.** On considère le réseau ci-dessous.



- Combien d'adresses peut-on utiliser sur le sous-réseau 10.1.1.0/30 ?
- Donner une adresse IP valide à  $R_1$  pour ce sous-réseau.
- Si la machine client veut envoyer un message à la machine serveur, comment le routeur  $R_3$  sait-il à quel routeur voisin il doit envoyer les paquets à destination de serveur ?
- Nommer les différentes colonnes de la table de routage partielle ci-dessous du routeur  $R_1$  pour le protocole RIP. Les abréviations eth. et wlan désignent respectivement des liaisons Ethernet et sans fil comme le Wifi.

10.1.1.0/30		eth0	0
192.168.1.0/24		wlan0	0
10.1.2.0/30	10.1.1.2	eth0	1
10.1.3.0/30	10.1.1.2	eth0	1
10.1.4.0/30	10.1.1.2	eth0	1

- Quelle est l'adresse IP du routeur  $R_3$  pour le sous-réseau 10.1.1.0/30 ?
- Selon le protocole RIP, quelle valeur maximale peut prendre la quatrième colonne d'une table de routage pour que la route concernée soit prise en compte ?
- En cas de panne sur le réseau, comment un routeur fait-il savoir à ses voisins qu'un sous-réseau est devenu inaccessible ?
- À l'aide du protocole RIP, déterminer le chemin qui sera emprunté par des données transitant entre le client et le serveur.
- À l'aide du protocole OSPF, déterminer le chemin qui sera emprunté par des données transitant entre le client et le serveur. On précisera son coût.