

	<h1>Routage</h1>	
---	------------------	---

## 1. Rappel

### 1.1. Donner la définition de l'acronyme IP

### 1.2. Donner le masque sous réseau équivalent à la notation CIDR /21

### 1.3. Compléter le tableau suivant à l'aide du masque sous réseau précédent :

	1er octet	2ème octet	3ème octet	4ème octet
@ IP : 172.18.50.120				
Masque sous- réseau : <b>255.255.248.0</b>				
@ hôtes				
@ Réseau (bits ID hôte à 0)				
@ Broadcast (bits ID hôte à 1)				
Plus petite @ hôte (@ après @ Réseau)				
Plus grande @ hôte (@ avant @ Broadcast)				

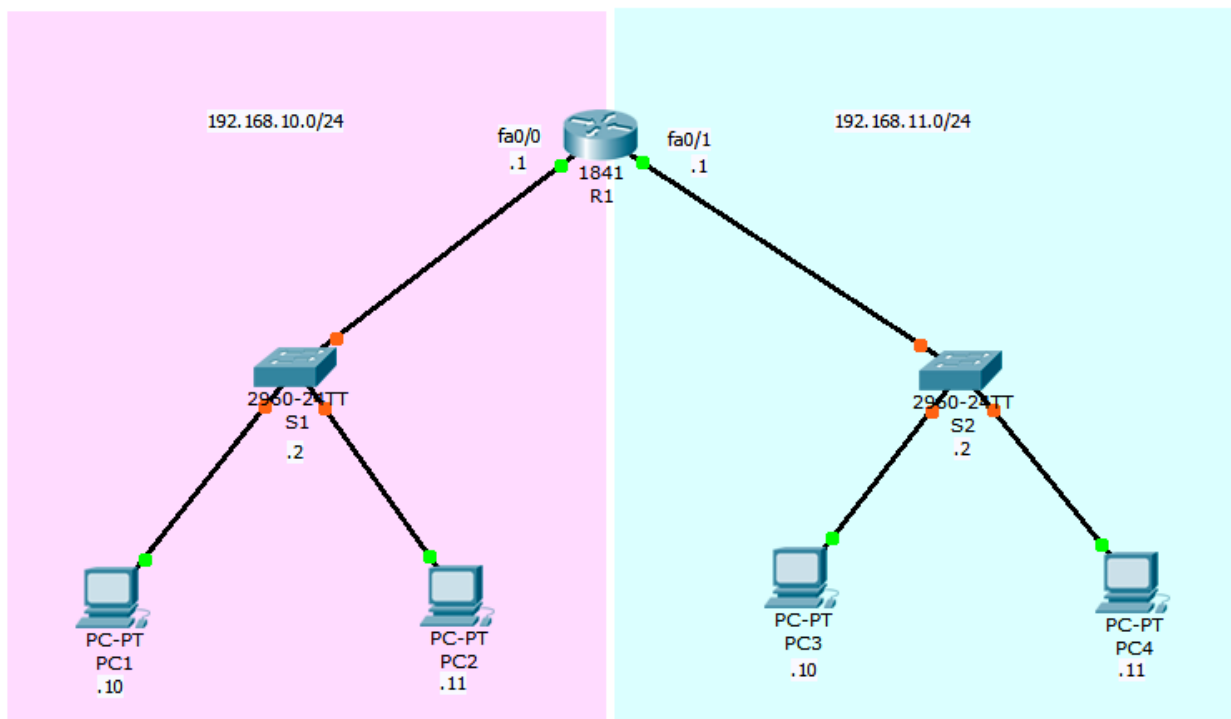
Plage d'adresses hôtes (en décimal) :		à	
---------------------------------------	--	---	--

### 1.4. Calculer le nombre d'adresses IP disponibles.

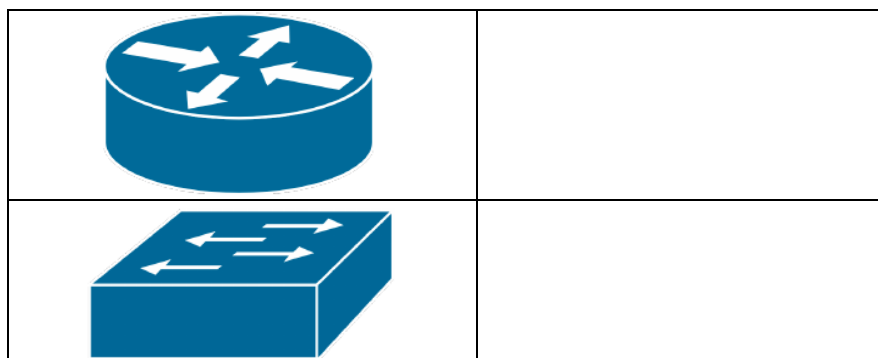
## 2. Principe du routage

Si l'hôte de destination (PC1) se trouve sur le même réseau que l'hôte source (PC2), les paquets de données sont acheminés entre les deux hôtes sur le support local de niveau 2 via des commutateurs (« switches » : S1) 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.

Cependant, si l'hôte de destination (PC3) et l'hôte source (PC1) ne se trouvent pas sur le même réseau, le réseau local achemine le paquet de la source vers son routeur (R1) de passerelle de niveau 3. Le routeur examine la partie réseau de l'adresse de destination du paquet et achemine le paquet à l'interface appropriée. Si le réseau de destination est connecté directement à ce routeur, le paquet est transféré directement vers cet hôte. Si le réseau de destination n'est pas connecté directement, le paquet est acheminé vers un second routeur qui constitue le routeur de tronçon suivant.



### 2.1. Nommer les deux symboles suivants :



**2.2. A minima, combien d'interfaces réseau doit comporter un routeur ?****2.3. Identifier les adresses IP des 2 réseaux qualifiés de locaux.****2.4. A partir du schéma réseau page précédente, compléter le tableau suivant :**

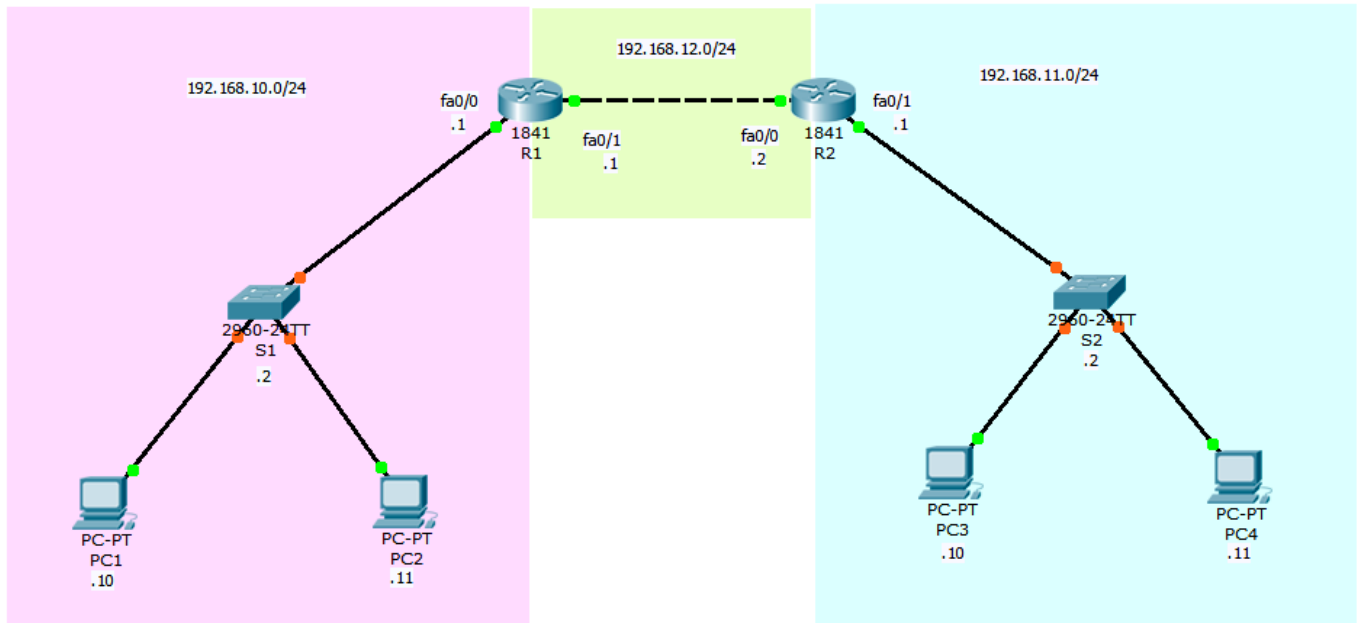
Matériel		Adresse IP	Passerelle
PC1			
PC2			
S1			
PC3			
PC4			
S2			
R1	Fa0/0		
	Fa0/1		

**2.5. Les tables de routage**

Dans des réseaux très complexes, chaque routeur aura une table de routage qui comportera de très nombreuses lignes. 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. En effet, il peut, 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".

## 2.6. La métrique

Dans un protocole de routage, la **métrique** est une mesure de la « distance » qui sépare un routeur d'un réseau de destination. En première approche on l'assimilera au nombre de sauts IP nécessaires pour atteindre le réseau destination. Ainsi, un réseau directement lié à un routeur aura une métrique de 1.



## 2.7. Comment les commutateurs ou les routeurs procèdent-ils pour amener les paquets de données à bon port ?

Dans le schéma ci-dessus, les machines PC1 et PC3 n'ont pas la même adresse réseau car elles n'appartiennent pas au même réseau local. Si PC1 cherche à entrer en communication avec PC3 alors le switch S1 va constater que PC3 n'appartient pas au réseau local (grâce à son adresse IP) et S1 va donc envoyer le paquet de données vers le routeur R1. Cela sera donc au routeur R1 de gérer le "problème" : comment atteindre PC3 ?

Chaque routeur possède une table de routage. Une table de routage peut être vue comme un tableau qui va contenir des informations permettant au routeur d'envoyer le paquet de données dans la "bonne direction".

## 2.8. Comment un routeur arrive à remplir sa table de routage ?

La réponse est simple pour les réseaux qui sont directement reliés au routeur (métrique = 1), mais comment cela se passe-t-il pour les autres réseaux (métrique supérieure à un) ?

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.
- **Le routage dynamique** : tout se fait "automatiquement", on utilise des protocoles RIP (Routing Information Protocol) et OSPF (Open Shortest Path First) qui vont permettre de "découvrir" les différentes routes automatiquement afin de pouvoir remplir la table de routage.

### 3. Routage statique

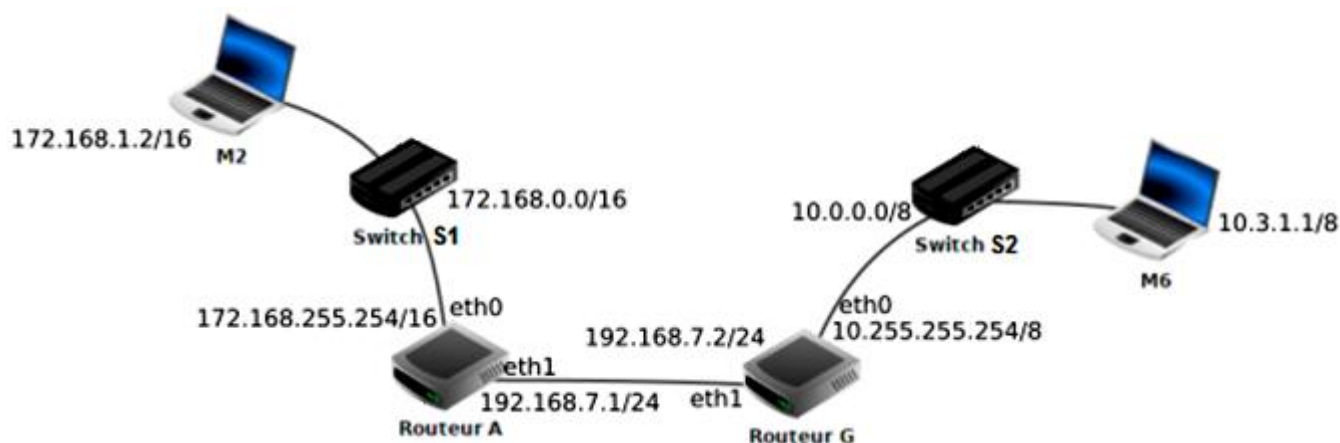
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Économie de bande passante : pas d'encombrement avec des messages d'information et de routage.</li> <li>- Sécurité : pas de diffusion d'information sur le réseau.</li> <li>- Connaissance du chemin à l'avance : On sait exactement par où passent les paquets pour aller d'un réseau à un autre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La configuration de réseaux de taille importante peut devenir assez longue et complexe.</li> <li>- A chaque fois que le réseau évolue, il faut que chaque routeur soit mis à jour manuellement.</li> </ul>

Le routage statique peut être intéressant pour de petits réseaux de quelques routeurs n'évoluant pas souvent. En revanche pour des réseaux à forte évolution ou pour les réseaux de grande taille, le routage statique peut devenir complexe et long à maintenir.

**3.1.** A partir du schéma page précédente, **compléter** la table de routage de R2 :

R1			R2		
Réseau	Moyen pour l'atteindre	Métrique	Réseau	Moyen pour l'atteindre	Métrique
192.168.10.0/24	Entrée R1 : Fa0/0	1			
192.168.12.0/24	Sortie R1 : Fa0/1	1			
192.168.11.0/24	Entrée R2 : 192.168.12.2	2			

**3.2.** A partir du schéma ci-dessous, **compléter** la table de routage du routeur A et G.

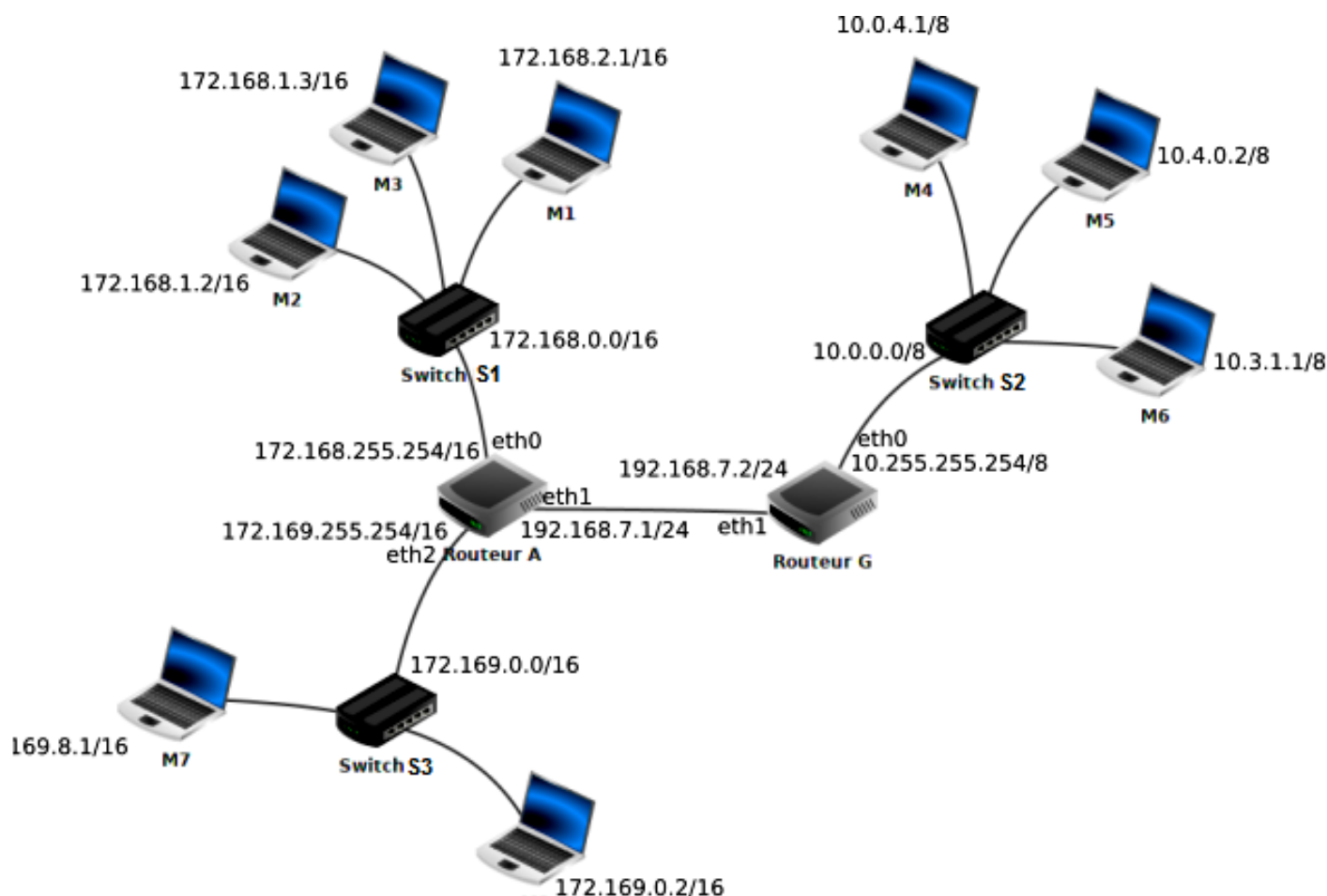


A			G		
Réseau	Moyen pour l'atteindre	Métrique	Réseau	Moyen pour l'atteindre	Métrique

## 4. Le protocole RIP (Routing Information Protocol)

### 4.1. Introduction

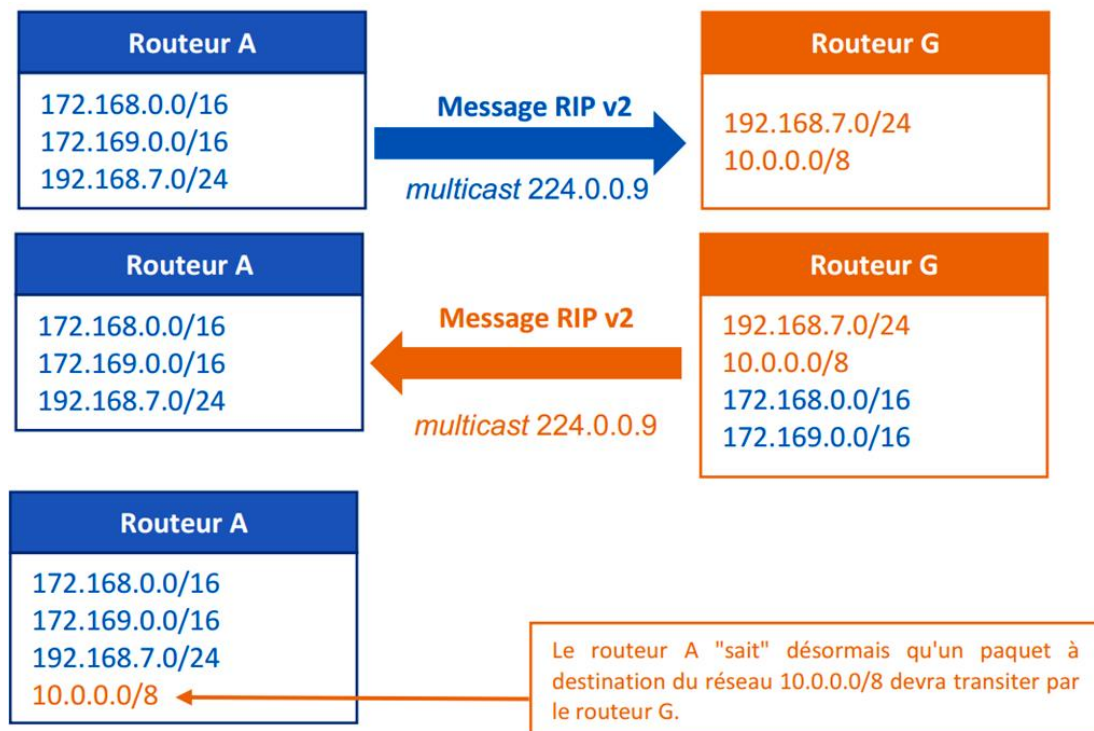
Le protocole RIP s'appuie sur l'algorithme de Bellman-Ford, algorithme permettant de calculer **les plus courts chemins déterminés par le nombre de sauts**. Lors de son initialisation, la table de routage d'un routeur appliquant le protocole RIP contient uniquement les réseaux qui sont directement reliés à lui.



### 4.2. Table de routage **avant** le protocole RIP des routeurs A et G.

Routeur A			Routeur G		
Réseau	Moyen pour l'atteindre	Métrieque	Réseau	Moyen pour l'atteindre	Métrieque
172.168.0.0/16	Entrée A : Eth0	1	10.0.0.0/8	Entrée G : Eth0	1
192.168.7.0/24	Sortie A : Eth1	1	192.168.7.0/24	Sortie G : Eth1	1
172.169.0.0/16	Entrée A : Eth2	1			

Chaque routeur du réseau qui applique le protocole RIP envoie périodiquement (toutes les 30 secondes) à tous ses voisins (routeurs adjacents) un message. Ce message contient la liste de tous les réseaux qu'il connaît. A chaque échange de messages, les routeurs adjacents mettent à jour leur table de routage.



Pour renseigner la colonne "métrique", le protocole utilise le nombre de sauts, autrement dit, le nombre de routeurs qui doivent être traversés pour atteindre le réseau cible (dans la table de routage de A, on aura donc une métrique de 2 pour le réseau 10.0.0.0/8 car depuis A il est nécessaire de traverser le routeur G pour atteindre le réseau 10.0.0.0/8)

#### 4.3. Table de routage **après** le protocole RIP des routeurs A et G.

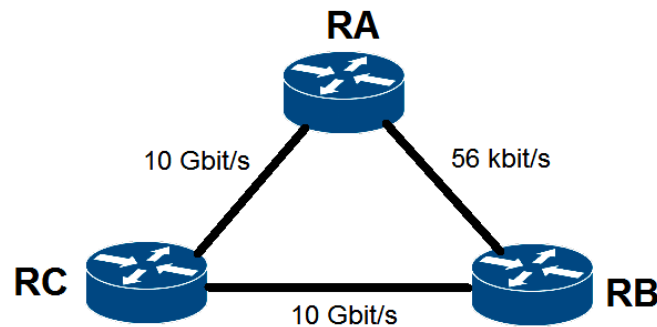
Routeur A	Métrique	Routeur G	Métrique
172.168.0.0/16	1	192.168.7.0/24	1
172.169.0.0/16	1	10.0.0.0/8	1
192.168.7.0/24	1	172.168.0.0/16	2
10.0.0.0/8	2	172.169.0.0/16	2

Le routage RIP appartient à la famille des protocoles à **vecteur de distance**. Avec ce type de protocole, les routeurs envoient régulièrement l'ensemble de leur table de routage aux routeurs voisins, auxquels ils sont directement connectés. Ceux-ci mettent alors à jour leur propre table de routage en tenant compte des informations envoyées. Évidemment, cela consomme beaucoup de débit réseau, ce qui est un défaut majeur. C'est la raison principale pour laquelle ils ne peuvent pas être utilisés sur des réseaux trop importants : les envois prendraient beaucoup trop de temps avec des tables de routage importantes.

#### 4.4. Les limitations du protocole RIP

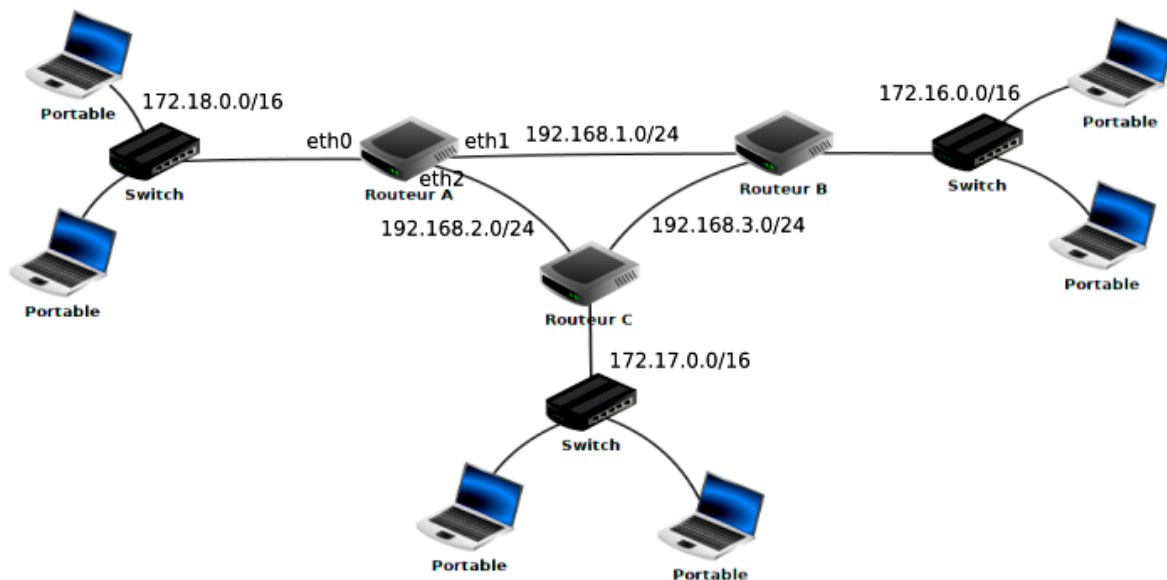
Pour éviter les boucles de routage, le nombre de sauts est **limité à 15**. Au-delà, les paquets sont supprimés. Au-delà de 15 sauts, le protocole RIP affecte une métrique  $\infty$  à la liaison.

Le routage 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 A, B et C, reliés en triangle, RIP préférera passer par la liaison directe A-B même si la bande passante n'est que de 56 kbit/s alors qu'elle est de 10 Gbit/s entre A et C et C et B.



Le protocole RIP est aujourd'hui très rarement utilisé dans les grandes infrastructures. En effet, il génère, du fait de l'envoi périodique de messages, 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.

#### 4.5. Exercice



**Quel** est, le chemin qui sera emprunté par un paquet pour aller d'une machine ayant pour adresse IP 172.18.1.1/16 à une machine ayant pour adresse IP 172.16.5.3/16 ?



**Compléter** la table de routage du routeur A

Réseau	Métrique
Entrée A : 172.18.0.0/16	1

## 5. Le protocole OSPF (Open Shortest Path First)

### 5.1. Introduction

Comme dans le cas du protocole RIP, on retrouve des échanges d'informations entre les routeurs (ces échanges sont plus "intelligents" dans le cas d'OSPF, ils permettent donc de réduire l'occupation du réseau). Le protocole OSPF, au contraire de RIP, n'utilise pas le "nombre de sauts nécessaire" pour établir la métrique, mais la notion de "**coût des routes**". Dans les messages échangés par les routeurs on trouve le coût de chaque liaison (**plus le coût est grand et moins la liaison est intéressante**). Quand on parle de "liaison" on parle simplement du câble qui relie un routeur à un autre routeur.

Le protocole OSPF permet de connaître le coût de chaque liaison entre routeurs, et donc, de connaître le coût d'une route (en ajoutant le coût de chaque liaison traversée). On notera que pour effectuer ces calculs, le protocole OSPF s'appuie sur l'algorithme de **Dijkstra**.

La notion de coût est directement liée au débit des liaisons entre les routeurs. Le débit correspond au nombre de bits de données qu'il est possible de faire passer dans un réseau par seconde. Connaissant le débit d'une liaison, il est possible de calculer le coût d'une liaison à l'aide de la formule suivante :

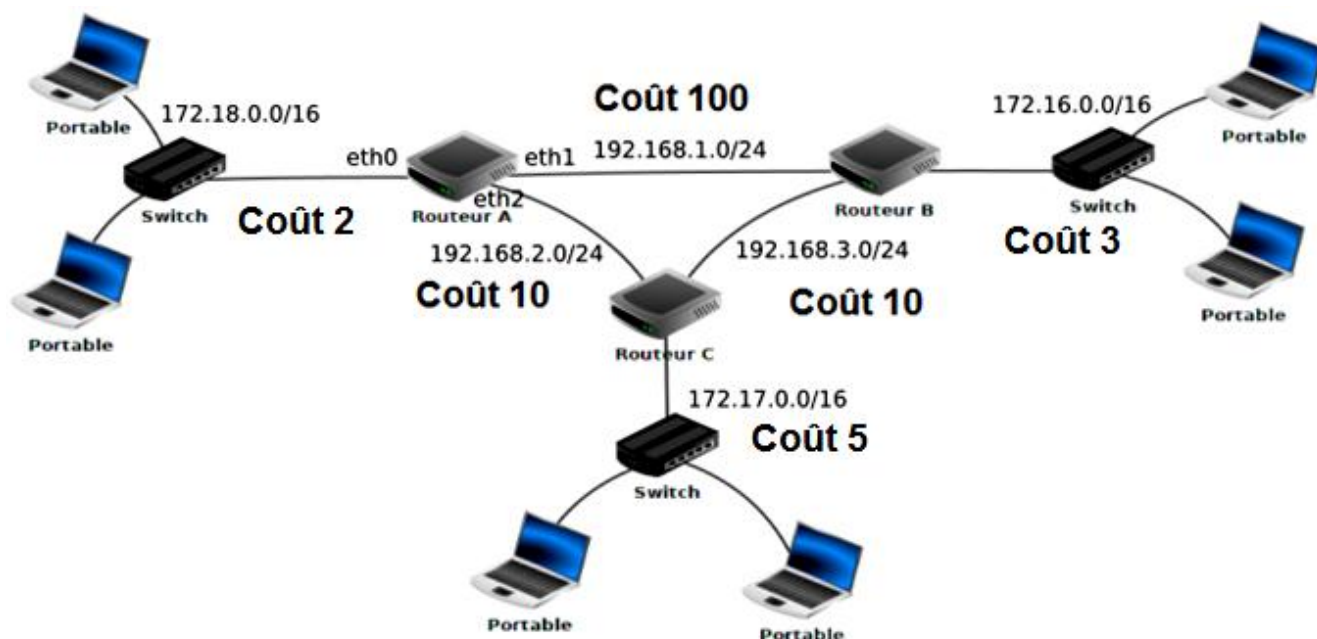
$$\text{Coût} = \frac{\text{Bande passante de référence (en bits/s)}}{\text{Bande passante de l'interface (en bits/s)}} = \frac{10^8 \text{ (en bits/s)}}{\text{débit (en bits/s)}}$$

### 5.2. Exercice

**5.2.1. Calculer** les coûts des routes suivantes :

Route	1	2	3	4	5	6	7	8
Débit	50 kbps	100 kbps	500 kbps	1 Mbps	10 Mbps	100 Mbps	1 Gbps	10 Gbps
Coût							1 <sup>(*)</sup>	1 <sup>(*)</sup>

(\*) Le coût ne peut être qu'un nombre entier Fast Ethernet(100Mbps), Gigabit et 10 Gigas, partagent le même cout.



On donne les débits suivants :

- Liaison routeur A - routeur B : 1 Mbps
- Liaison routeur A - routeur C : 10 Mbps
- Liaison routeur C - routeur B : 10 Mbps

**5.2.2.** En vous basant sur le protocole OSPF (métrique = somme des coûts), **déterminer** la table de routage du routeur A

Réseau	Métrique
172.18.0.0/16	
192.168.1.0/24	
192.168.2.0/24	

**5.2.3. Quel** est, d'après la table de routage construite ci-dessus, le chemin qui sera emprunté par un paquet pour aller d'une machine ayant pour adresse IP 172.18.1.1/16 à une machine ayant pour adresse IP 172.16.5.3/16 ? Préciser la métrique.

# Synthèse

- Un routeur permet de relier ensemble plusieurs réseaux locaux.
- Chaque routeur possède une table de routage. Une table de routage peut être vue comme un tableau qui va contenir des informations permettant au routeur d'envoyer le paquet de données dans la "bonne direction".
- Il existe 2 méthodes permettant de renseigner la table de routage d'un routeur :
  - Le routage statique : chaque ligne doit être renseignée "à la main". Cette solution est seulement envisageable pour des très petits 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.
- Un ensemble de réseaux comportant des routeurs peut être modélisé par un graphe (si nécessaire revoir le cours sur les graphes) : chaque routeur est un sommet et chaque liaison entre les routeurs ou entre un routeur et un switch est une arête. Les algorithmes utilisés par les protocoles de routages sont donc des algorithmes issus de la théorie de graphes.
- Les 2 protocoles au programme de terminale NSI sont les protocoles RIP (Routing Information Protocol) et OSPF (Open Shortest Path First) :
  - Protocole RIP : le protocole RIP s'appuie sur l'algorithme de Bellman-Ford (algorithme qui permet de calculer les plus courts chemins dans un graphe). Le protocole RIP utilise le nombre de sauts comme métrique. Ce protocole est aujourd'hui très rarement utilisé dans les grandes infrastructures.
  - Protocole OSPF : le protocole OSPF s'appuie sur l'algorithme de Dijkstra. Le protocole OSPF utilise le "coût" comme métrique (la notion de coût est directement liée au débit des liaisons entre les routeurs).

## Remarque :

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 sur un routeur. Les paquets Hello sont envoyés à l'adresse IP de multicast 224.0.0.5.

Sources : [pixees.fr](http://pixees.fr)