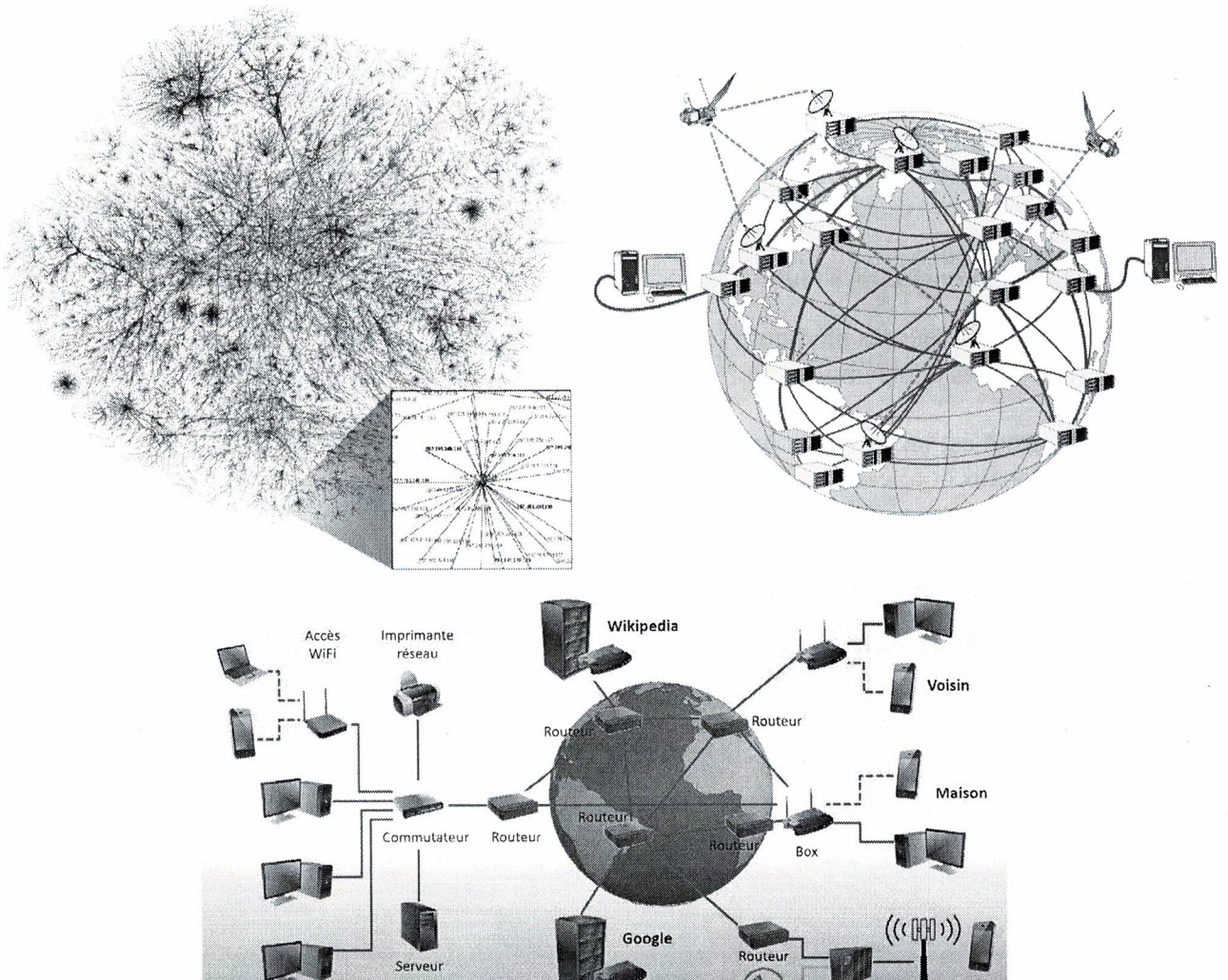


Réseau

1) Introduction



Un réseau informatique permet à un ensemble de ressources matérielles et logiciels soit de communiquer soit d'échanger des données via un protocole de communication.

Selon la taille et la portée du réseau informatique on peut catégoriser les réseaux :

- Personal Area Network (PAN) ou réseau personnel
- Local Area Network (LAN) ou réseau local
- Metropolitan Area Network (MAN) ou réseau métropolitain
- Wide Area Network (WAN) ou réseau étendu
- Global Area Network (GAN) ou réseau global

Réseau

On utilise les réseaux pour :

- le courrier électronique (e-mail) ;
- le Web (les pages avec liens et contenus multimédia de ces sites Web) ;
- les communications téléphoniques
- la transmission de vidéos et d'audio en direct (ou *streaming*)
- l'échange de fichiers par FTP (*File Transfer Protocol*).
- les ressources partagées (les serveurs, les bases de données, les imprimantes)

Pour les construire, il faut :

- des liaisons physiques (câbles, fibres) ou des liaisons hertziennes
- des équipements d'interconnexion (commutateurs (switchs), routeurs (router))

Internet est un réseau informatique mondial constitué d'un ensemble de réseaux nationaux, régionaux et privés.

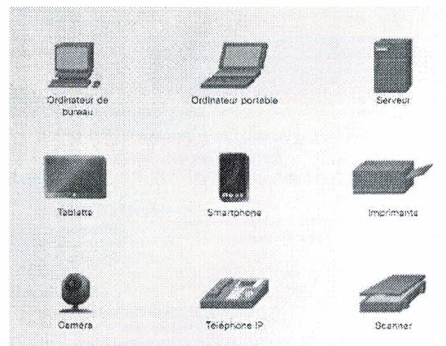
Pour communiquer, il faut utiliser :

- des protocoles de communication :

II] Le protocole TCP /IP

1) Définition

TCP/IP signifie (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*). C'est le principal protocole de communication sur le réseau internet. Il se base sur l'adressage IP qui permet de fournir à chaque machine connectée au réseau une adresse.



Ce protocole repose sur la notion de paquets.

Avant d'être envoyées sur un réseau, des données (son, photo, vidéo, texte, etc.) vont être "découpées" en plusieurs morceaux et chaque morceau sera envoyé dans un paquet différent.

Une fois tous les paquets arrivés à destination, la donnée d'origine pourra être reconstituée. L'ordre d'arrivée des paquets peut être quelconque et les chemins utilisés par les paquets sur le réseau, pour arriver à destination peuvent être différents (notion de route ou routage).

Réseau

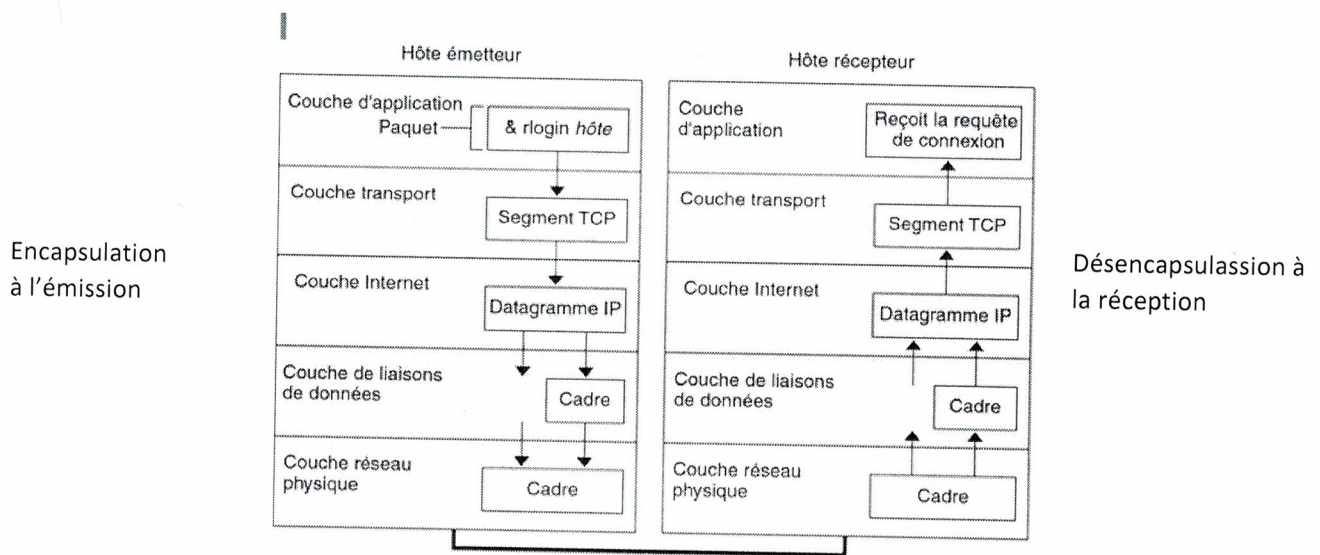
2) Modèle

Le modèle TCP/IP est applicable à n'importe quelle machine (indépendamment du système d'exploitation pour un ordinateur).

Le système de protocoles TCP/IP a été décomposé en plusieurs couches effectuant chacune une tâche précise.

Le terme de couche précise que les données qui transitent sur le réseau traversent plusieurs niveaux de protocoles.

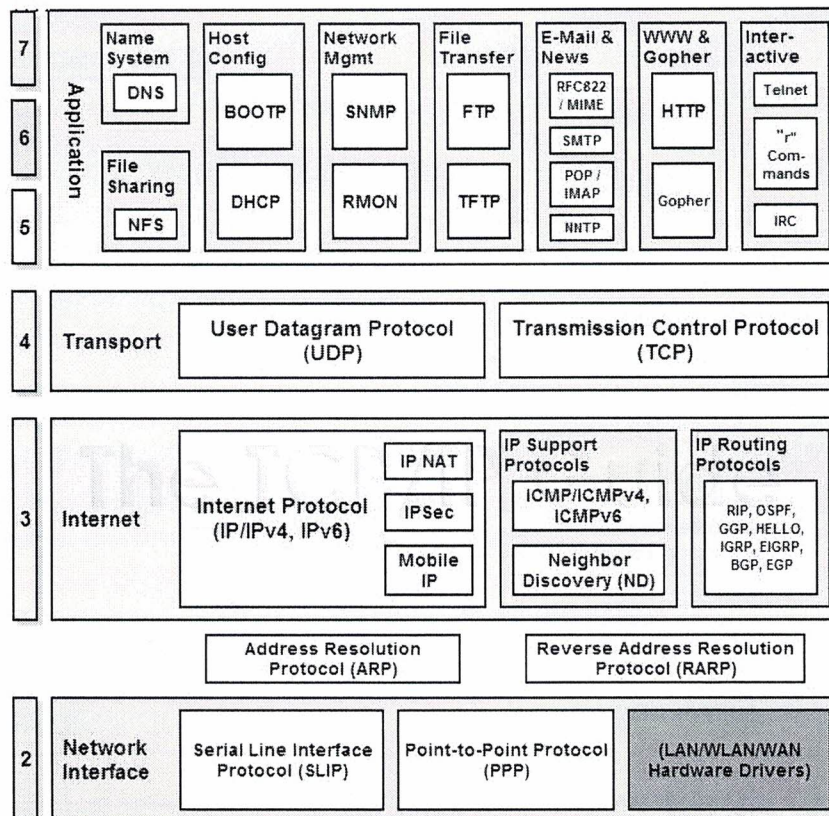
Les couches effectuent ces tâches les uns après les autres dans un ordre précis.



A chaque phase d'encapsulation:

- Les protocoles HTTP, FTP, SMTP, DNS, sont associés à la couche "Application"
- les protocoles TCP et UDP sont associés à la couche "Transport"
- le protocole IP est associé à la couche "Internet"
- les trames Ethernet (ou Wifi) sont associées à la couche "Accès réseau"

Réseau



La **carte** réseau (appelée **Network Interface Card** en anglais et notée **NIC**) constitue l'**interface** entre l'ordinateur et le câble du réseau.

II] L'adressage IP (Internet Protocol)

1) Les types d'adresse

- En IPv4, Les adresses IPv4 sont codés sur 4 octets (soit $4 \times 8\text{bits} = 32\text{bits}$) :

Soit 4 294 967 296 adresses possibles.

- Les adresses IPv6 sont codés sur 16 octets (soit $16 * 8\text{bits} = 128\text{bits}$) :

Soit $3,4028 \cdot 10^{38}$ adresses possibles.

Rappel : un octet peut prendre 256 valeurs entre 0 et 255 soit :

- en binaire entre 0000 0000 et 1111 1111
- en hexadécimal entre 00 et FF

Exemple d'adresse IPv4 : 192.168.0.1

- En binaire : 1100 0000 1010 1000 0000 0000 0000 0001 (32 Bits !)
- en Hexadécimal : C0 A8 00 01

Réseau

2) Propriétés de l'adressage IP

Une adresse IP est composée de deux parties :

- L'identificateur (ID) du réseau : net-ID à gauche : le réseau contenant les hôtes.
- L'identificateur de l'hôte : host-ID à droite pour désigner les hôtes de ce réseau.

Net ID	Host ID
192.168.0	1

Les réseaux sont répartis dans différentes classes, les plus usuels sont :

- la classe A : le 1^{er} octet sur les 4 est associé à l'identificateur du réseau et les 3 autres à l'identificateur de l'hôte.
- la classe B : les 2 premiers octets sur les 4 sont associés à l'identificateur du réseau et les 2 autres à l'identificateur de l'hôte.
- la classe C : les 3 premiers octets sur les 4 sont associés à l'identificateur du réseau et le dernier à l'identificateur de l'hôte.

On utilise l'écriture **CIDR** (Classless InterDomain Routing) pour une adresse IPv4 associée à :

- Un réseau de classe C 192.168.0.1 /24 → les 3 premiers octets (192.168.0) soit 24bits (« /24 ») sont associés à l'identificateur du réseau.
- Un réseau de classe B 192.168.0.1 /16 → les 2 premiers octets (192.168) soit 16bits (« /16 ») sont associés à l'identificateur du réseau.
- Un réseau de classe A 192.168.0.1 /8 → le premier octet (192) soit 8bits (« /8 ») est associé à l'identificateur du réseau.

Certaines adresses IP ne sont pas disponibles :

- une adresse réseau ne peut pas être attribuée à un hôte. Un hôte ne peut avoir l'adresse IP 192.168.1.0/24 ou encore l'adresse IP 25.0.0.0/8
- les adresses IP qui ont tous les octets de la partie hôte à 255 ne sont pas utilisables (ce sont des adresses de broadcast qui permettent d'envoyer des données vers toutes les machines d'un réseau),
exemples : 192.167.24.255/24, 172.28.255.255/16 ou encore 4.255.255.255/8 sont des adresses de broadcast

Le Domain Name System (abrégé en : DNS), disponible dans le monde entier est responsable de la **résolution des noms de domaine** sur Internet, c'est-à-dire de la traduction des noms d'appareil en adresses IP et inversement.

Réseau

3) Masque de sous-réseau

Un **masque de sous-réseau** (désigné par *subnet mask*, *netmask* ou *address mask* en anglais) est un masque indiquant le nombre de bits d'une adresse IPv4 utilisés pour identifier le réseau, et le nombre de bits utilisés pour les hôtes (ce qui indique aussi le nombre d'hôtes possibles dans ce réseau).

Le masque de sous-réseau a le même format que l'adresse IP.

Par défaut on trouve :

- pour la classe A : 255.0.0.0
- pour la classe B : 255.255.0.0
- pour la classe C : 255.255.255.0

Exemple : pour l'adresse IP 192.168.2.1/24, "192.168.2" permet d'identifier le réseau (une machine appartient au réseau d'adresse 192.168.2.0)

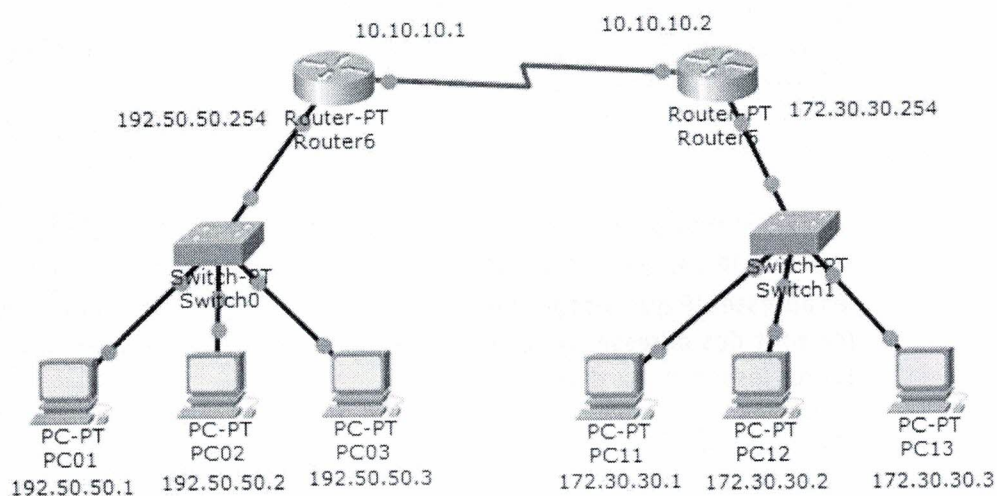
- Pour trouver l'adresse réseau il faut remplacer l'identificateur de l'hôte par des 0.
- L'identificateur de l'hôte "1" permet d'identifier la machine sur le réseau.

Toutes les machines appartenant au même réseau devront posséder la même adresse réseau (sinon elles ne pourront pas communiquer ensemble, même si elles sont bien physiquement reliées).

III] Le routage

1) Le routeur

Un routeur est un matériel qui relie plusieurs réseaux. Il doit avoir une interface (carte réseau) dans chacun des réseaux auquel il est connecté.



Il doit aiguiller les paquets reçus entre les différents réseaux. On appelle cela le routage. Un routeur est un matériel de couche 3 du protocole TCP/IP

Remarque : un ordinateur ayant deux cartes réseau pourra être un routeur.

Réseau

2) Protocole de routage

Les protocoles de routage d'un système "détectent" les autres systèmes sur le réseau.

- Lorsque le système source et le système cible résident sur le même réseau, le chemin emprunté par les paquets pour se rendre de l'un à l'autre s'appelle une route directe.
- Si les paquets doivent effectuer au moins un saut au-delà du système source, le chemin reliant le système source et le système cible s'appelle une route indirecte.

Les chemins connus sont conservés dans une table de routage. Un routeur dispose de ces tables construites soit statiquement (par un humain), soit dynamiquement (par un programme).

3) Table de routage

IPv4 Table de routage				
=====				
Itinéraires actifs :				
Destination réseau	Masque réseau	Adr. passerelle	Adr. interface	Métrique
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.254	192.168.0.10	35
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	192.168.0.10	291
192.168.0.10	255.255.255.255	On-link	192.168.0.10	291
192.168.0.255	255.255.255.255	On-link	192.168.0.10	291
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	192.168.0.10	291
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	192.168.0.10	291
=====				

Destination réseau et masque réseau : Plage d'adresse de destination déterminée par le couple Destination réseau / Masque réseau

Adresse passerelle : adresse IP du routeur qui pourra acheminer ce message

Adresse interface : adresse IP de la carte réseau par laquelle le message sort

Métrique : Indique le coût relatif de l'itinéraire pour atteindre la destination

Réseau

Une table de routage contient donc :

1. les adresses IP des réseaux et des *passerelles* (cartes réseaux) auxquels le routeur est directement relié.
2. l'adresse IP 0.0.0.0 (celle d'internet) sera associée à la passerelle qui fera circuler le message vers internet. Ce sera l'adresse IP du routeur qui pourra acheminer ce message vers internet.
3. les adresses IP des réseaux auxquels le routeur n'est pas directement lié. La passerelle sera l'adresse de la carte réseau du routeur qui mène à ces réseaux.

4) Métrique

Dans un protocole de routage, la **métrique** est une mesure de la « distance » qui sépare un routeur d'un réseau de destination.

Elle peut correspondre :

- au nombre de sauts IP nécessaires pour atteindre le réseau destination, comme avec le protocole RIP ;
- à un *coût* numérique qui dépend de la bande passante des liens franchis, comme dans le protocole OSPF ;
- au résultat d'un calcul plus complexe, qui tient compte de la charge, du délai, du MTU, etc.

Quand plusieurs chemins vers une même destination sont possibles car ils ont la même métrique, le protocole préférera celui dont la métrique est la plus faible.

Si plusieurs chemins fournis par le même protocole de routage ont la même **métrique**, le routeur fera de la répartition de charge (*Load Balancing*). Le procédé consiste à envoyer les paquets en les divisant sur les différents chemins possibles.

Exemple : si 3 chemins ont la même métrique, 1/3 des paquets prendra le premier chemin, 1/3 le second et 1/3 le troisième.

Réseau

5) Le protocole RIP (Routing Information Protocol)

Les caractéristiques communes des versions 1 et 2

- Le protocole de routage RIP fait partie des protocoles de routage de vecteur de distance.
- La métrique utilisée est le nombre de saut d'un routeur à l'autre (liaison entre deux routeurs) ou le nombre de routeurs traversés pour atteindre le réseau où se trouve l'hôte de destination.
- Le nombre de saut maximum est de 15, à partir de 16 routeurs le paquet est perdu.
- Trois instances de temporisation
 - o Mise à jour de la table de routage toutes les 30 secondes
 - o Temporisation d'invalidation = 180 secondes sans nouvelle de cette route, le routeur marque le routeur de destination injoignable
 - o Temporisation d'effacement = 240 secondes sans nouvelle de la route injoignable, le routeur l'efface de sa table de routage au bout de 240s.
- Envoi ses mises à jour de routage sur toutes les interfaces du routeur par défaut, et envoi la totalité de sa table de routage

Exemple :

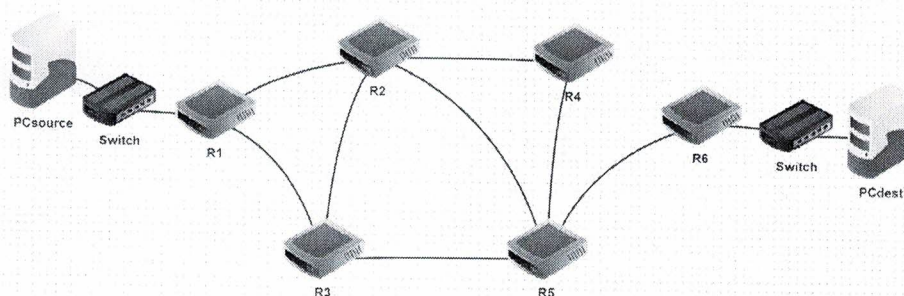


Table de routage de R1: les routes mémorisées ont les métriques les plus faibles !

Destination	Routeur suivant	Métrique (nombre de sauts)
R2	R2	1
R3	R3	1
R4	R2	2
R5	R3	2
R6	R3	3

Réseau

6) Le protocole *OSPF* (Open Shortest Path First)

Il fait partie de la catégorie des protocoles *à état de lien*.

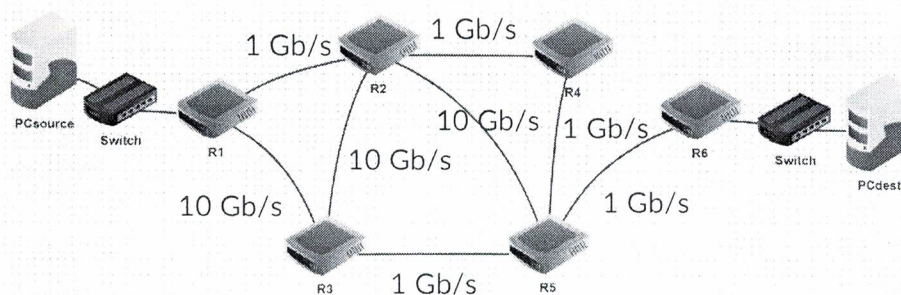
La métrique utilisée est le coût des routes (on ajoute le coût de chaque liaison traversée). Pour faire le calcul de ces routes l'algorithme de Dijkstra est utilisé.

Le coût d'une liaison entre deux routeurs est donné par $c = 10^8 / \text{débit de la liaison}$.

Dans le cas où un débit serait supérieur à 10^8 bits/seconde il est possible de prendre une puissance de 10 plus grande pour le calcul de coût, par exemple $c = 10^9 / \text{débit de la liaison}$.

Exemple :

Une liaison de 1 Gb/s aura un coût de 1 et une liaison de 10 Gb/s aura un coût de 0,1.



Liaisons	Coût
R1-R2	1
R2-R3	0.1
R1-R3	0.1
R3-R5	1
R2-R4	1
R2-R5	0.1
R4-R5	1
R5-R6	1

Destination	Routeur suivant	Métrique (coût)
R2	R3	0.2
R3	R3	0.1
R4	R3	1.2
R5	R3	0.3
R6	R3	1.3