

Routage dynamique

Un protocole de routage est le langage qu'utilisent les routeurs pour communiquer entre eux afin de partager des informations sur l'état de tables de routage réseau. Avec le routage statique, les tables de routage sont définies et inchangeables. En cas d'échec d'un routeur sur le chemin distant, un paquet ne peut pas arriver à sa destination.

Le routage dynamique procède à la mise à jour automatique des tables en fonction de l'évolution de la configuration du réseau.

Routage dynamique

Un réseau pouvant utiliser plusieurs routes vers la même destination doit utiliser l'acheminement dynamique. Les protocoles de routage prennent en charge des situations complexes d'acheminement plus rapidement et avec plus de précision que l'administrateur système.

Les protocoles de routage ne sont pas conçus uniquement pour commuter vers une route de secours lorsque la voie principale est inutilisable, ils sont aussi conçus pour déterminer quelle est la "meilleure" route vers une destination donnée. Sur un réseau disposant de plusieurs chemins vers la même destination, il convient d'utiliser un protocole de routage dynamique.

	Protocole de routage interne		Protocole de routage externe	
	Vecteur à distance		Etat de lien	Vecteur de chemin
Classful	RIP	IGRP		EGP
Classless	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	BGPv4
IPv6	RIPng	EIGRP v6	OSPFv3	BGPv4 pour IPv6

Protocoles de routage interne

C'est un protocole utilisé au sein d'un système de réseaux indépendants ou autonomes. Ces protocoles sont classés en deux grandes familles utilisant des algorithmes différents :

- les **vecteurs à distance** (RIP, IGRP)
- le **plus court chemin** à état de lien (Dijkstra) comme OSPF

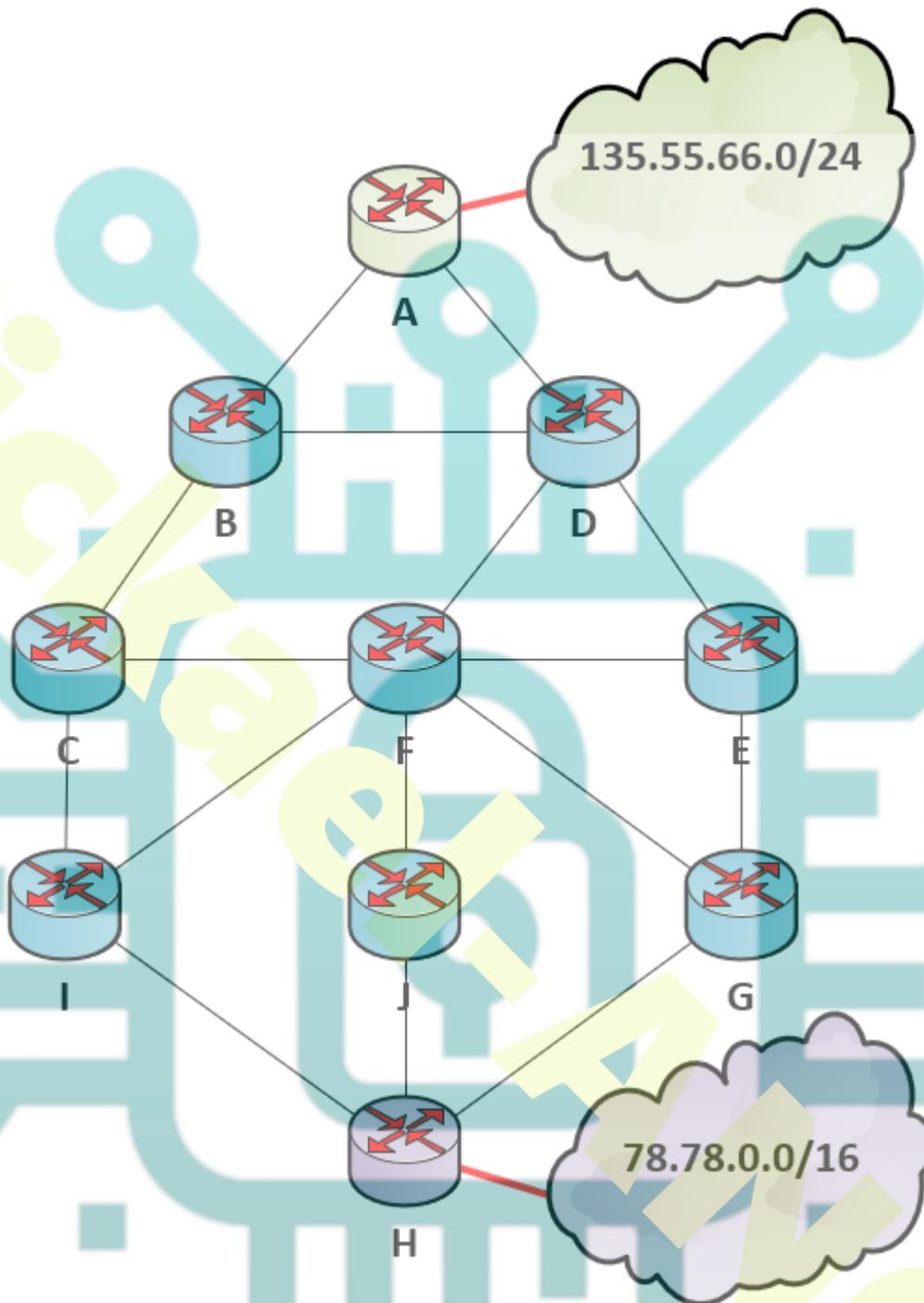
Principe du vecteur à distance

Dans ce type de technologie, un routeur doit évaluer le temps nécessaire pour atteindre les différentes destinations possibles. Pour cela, les routeurs envoient régulièrement à leurs voisins des informations sur la distance où ils se situent par rapport à la destination, c'est à dire le nombre de routeurs à traverser.

Dans ce cas, les routeurs n'ont pas besoin de connaître la cartographie complète du réseau, ils n'ont besoin que des informations que leurs annoncent leurs voisins.

Choix des chemins

Supposons maintenant que cet algorithme est configuré de manière qu'un routeur se voyant proposer deux chemins de coûts identiques sélectionne celui qui lui est proposé par le routeur d'identifiant le plus petit (le routeur "E" gagne sur le routeur "F").

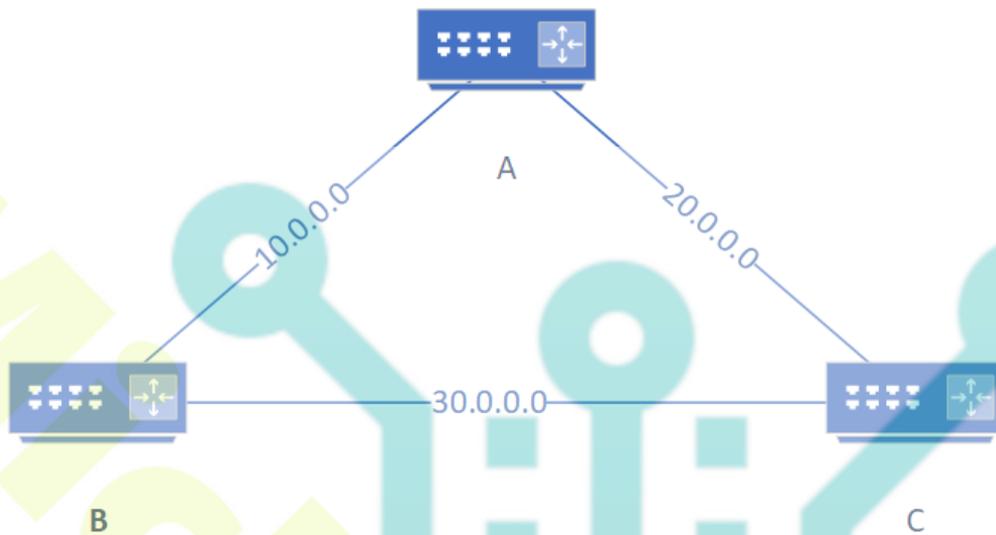


Les chemins utilisés et les routeurs traversés par les paquets du flux de 135.55.66.0/24 vers 78.78.0.0/16 sont les suivants : **A-B-C-I-H**.

Dans le sens inverse, le chemin sera : **H-G-E-D-A**

Calcul des métriques

Dans l'exemple suivant, les routeurs démarre et déclenche les échanges RIP.



A annonce le réseau 10 et 20 à son voisin B et C en indiquant une métrique de 1.

B ignore le message pour le réseau 10 car il possède déjà cette route. Mais, il met à jour sa table de routage pour le réseau 20 qu'il ne connaît pas et incrémente le coût de 1
20.0.0.0 coût = 2 via A

C ignore le message pour le réseau 30 car il possède déjà cette route. Mais, il met à jour sa table de routage pour le réseau 10 qu'il ne connaît pas et incrémente le coût de 1
10.0.0.0 coût = 2 via A

B annonce les réseaux 10 et 30 à A et C avec une métrique de 1.

C ignore le message pour le réseau 30 car il possède déjà la route. C ignore également l'annonce pour le réseau 10 car il a déjà reçu cette route via A

A ignore le message pour le réseau 10 car il possède déjà la route. Mais, il met à jour sa table de routage pour le réseau 30 qu'il ne connaît pas et incrémente le coût de 1
30.0.0.0 coût = 2 via B

C annonce les réseaux 20 et 30 à A et B avec une métrique de 1.

B ignore le message lié au réseau 30 car il possède déjà la route avec la même métrique.

B ignore également l'annonce pour le réseau 20 car il a déjà reçu cette route via **A**

A ignore le message pour le réseau 20 car il possède déjà la route.

A ignore également l'annonce pour le réseau 30 car il a déjà reçu cette route via **B**

Après ce premier passage les routes sont connues par tous les routeurs

Dans ce système, il n'y a qu'une seule route sélectionnée, donc un seul chemin. Les autres liens ne seront utilisés qu'en cas de panne.

RIP

(Routing Information Protocol) est le protocole interne souvent utilisé car très facile à mettre en œuvre.

RIP considère que la **meilleure route** entre un expéditeur et un destinataire correspond à celle utilisant **le plus petit nombre de passerelles**.

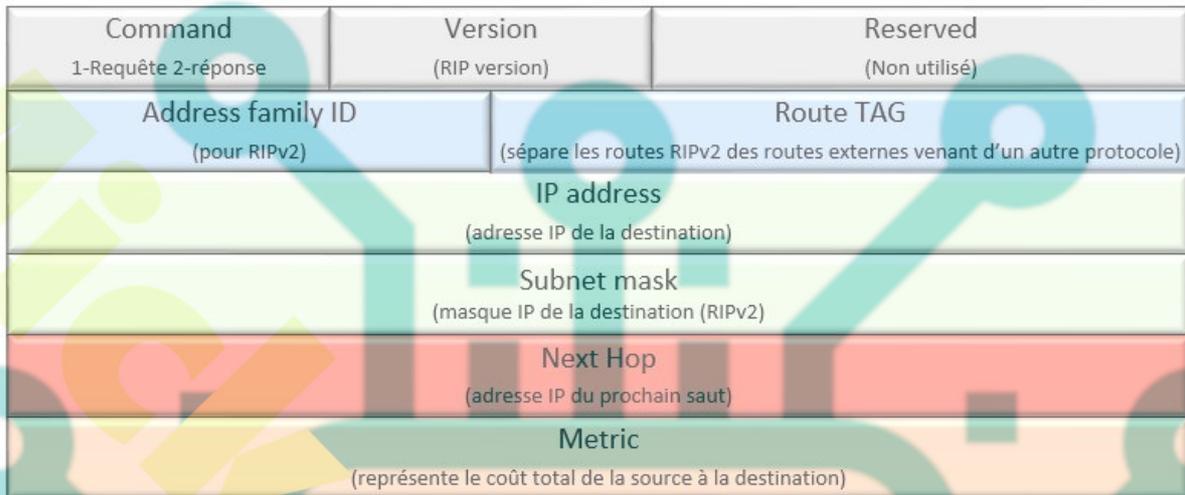
RIPv2 (RFC 2453)

Fonctionnalités supplémentaires de RIP v2 par rapport à RIP v1.

- Transmission d'un masque de sous-réseau avec les routes pour supporter le VLSM (masque à longueur variable)
- L'authentification par mot de passe entre routeurs (possibilité de chiffrer)
- Indicateurs de routes externes (ROUTE TAG) RIP peut transmettre des informations sur les routes découvertes par le biais d'une source externe et redistribuées dans RIP.
- Envoi de mises à jour de routage en multicast (224.0.0.9) à la place du broadcast.
- Protection contre le bouclage.

Limite de RIP

Limité à 15 tronçons, échange de tables entre routeurs toutes les 30 secondes.



Solutions au problèmes de RIP

Route poisoning : lorsqu'une route vers un réseau tombe, le réseau est immédiatement averti d'une métrique de distance infinie (le maximum de sauts +1), plus aucune incrémentation n'est possible.

Split horizon : puisque toutes les interfaces d'un routeur sont censées envoyer des mises à jour de routage, le mécanisme Split horizon empêche un routeur d'envoyer des informations (de métrique plus élevée) à travers l'interface de laquelle il a appris l'information.

Holddown Timer : Une fois qu'une route vers un réseau est tombée, le routeur attend une certaine période de temps avant de croire n'importe quelle autre information de routage à propos de ce réseau.

Triggered Update : lorsqu'une route est tombée, une mise à jour est envoyée immédiatement plutôt qu'à l'expiration du compteur.

<https://www.youtube.com/watch?v=kzablGaqUXM>

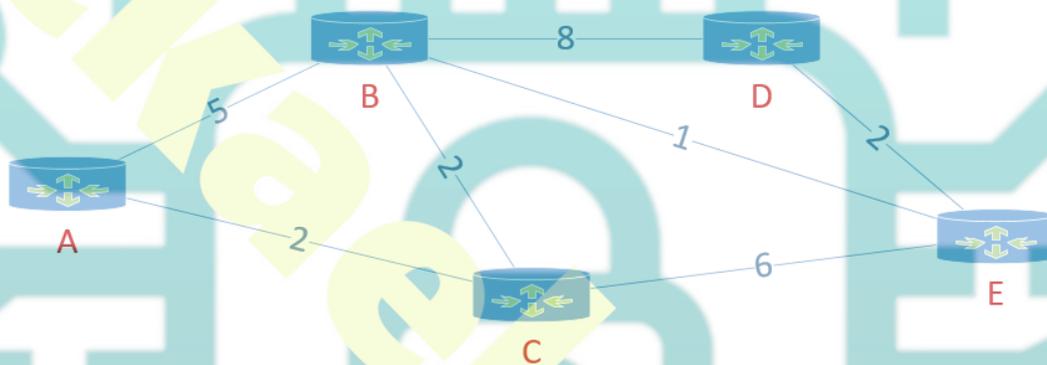
vecteur à distance

Protocole à état de lien

Dans cette technologie, chaque routeur doit posséder la cartographie complète du réseau et trouver lui-même le chemin le meilleur pour arriver à chaque destination.

L'algorithme de DIJKSTRA

Cet algorithme est utilisé pour rechercher les plus courts chemins pour aller d'un endroit à un autre.



	A	B	C	D	E	MEILLEUR
Etape 1	0	*	*	*	*	A(0) 0+0
Etape 2 – partir de A	–	5	2	*	*	C(2) 2+0
Etape 3 – partir de C	–	2	–	*	6	B(4) 2+2
Etape 4 – Partir de B	–	–	–	8	1	E(5) 4+1

Meilleur chemin E-B-C-A

Son principe de fonctionnement est le suivant:

- Le routeur A exécute l'algorithme, et cherche à trouver les meilleurs chemins l'amenant à chaque autre routeur du réseau.

- A commence par diviser l'ensemble des routeurs du réseau en deux groupes, ceux vers lesquels il connaît déjà le meilleur chemin et les autres.
- Au départ, il est le seul membre du premier groupe tous les autres routeurs sont dans le second.
- Dans un premier temps, **il va choisir le meilleur de ses voisins directs** en fonction du critère (débit, délai...). Si plusieurs voisins proposent les mêmes critères, il peut choisir aléatoirement ou en fonction d'un identifiant (nom, adresse IP). A ce moment là, ce premier voisin est intégré dans le premier groupe.
- Dans un deuxième temps A va examiner tous les liens entre un routeur situé dans le premier groupe et un routeur situé dans le second groupe.
- Il va comparer les débits des liens et sélectionner le meilleur. Le routeur du lien sélectionné va passer lui aussi dans le premier groupe.

Au sein du groupe 1, on ne vérifie plus les liens entre les routeurs, on ne vérifie qu'entre les 2 groupes.

Ce processus est répété jusqu'à l'intégration de tous les routeurs du réseau dans le groupe 1. A la fin du processus, le premier groupe contient les routeurs pour lesquels il n'existe pas de meilleur chemin.

On voit bien ici que ces protocoles ne peuvent pas être utilisés sur Internet du fait de leur fonctionnement. En effet, on estime à 1 million environ le nombre de routeurs sur Internet.

<https://www.youtube.com/watch?v=rHylCtXtdNs>

DIJKSTRA

OSPF (RFC 1583)

C'est un protocole à état de lien, utilisant la technique du plus court chemin (SPF)
Il convient aux réseaux de grandes tailles, car **il assure la maintenance** de plusieurs routes vers la même destination et **l'équilibrage de charges**.

Il offre le routage par type de service permettant à un administrateur de gérer les routes en fonction du débit.

Ce protocole est hiérarchique et peut l'on peut découper l'organisation en zones.

Fonctionnement OSPF

1. Chaque routeur découvre son voisinage et conserve une liste de tous ses voisins (2 routeurs OSPF deviennent voisins s'ils possèdent une interface sur le même sous-réseau) Pour découvrir d'autres routeurs OSPF, un routeur OSPF diffuse un message du type OSPF Hello (multicast à l'adresse 224.0.0.5)
2. Un routeur échange les informations topologiques avec ses voisins, puis il stocke ces informations dans sa base de données
3. Il exécute l'algorithme SPF pour calculer les meilleures routes (OSPF calcule le coût d'un lien par la formule $10^8 / \text{bande passante}$) La meilleure route sera la route avec le plus petit coût.
4. Il place ensuite la meilleure route vers chaque sous-réseau dans sa table de routage.

NB. Depuis l'arrivée du gigabit, il est préférable de modifier la valeur de référence sur les routeurs.

Type	Bande Passante	Coût OSPF
T1	1.544 Kb/s	64
Ethernet	10 Mb/s	10
Fast Ethernet	100 Mb/s	1
Giga Ethernet	1 Gb/s	1
TenGiga Ethernet	10 Gb/s	1

Diminuer le trafic

Afin de diminuer le trafic réseau entre tous les routeurs, un routeur désigné est élu, ensuite les échanges ne se font qu'avec lui.

Un DR est élu suivant le principe suivant :

- Chaque routeur possède une priorité. Le routeur qui envoie un message Hello avec la plus grande priorité OSPF est élu DR
- En cas d'égalité, c'est le routeur avec la plus grande adresse IP qui gagne
- Généralement, celui possédant la 2ème plus grande priorité devient BDR

Si le DR est en panne, le BDR devient DR et un nouveau BDR est élu.

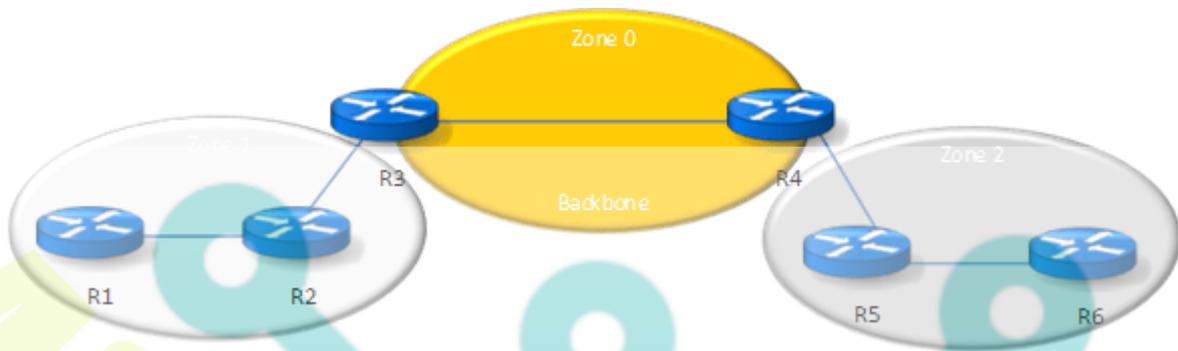
Support des inter réseaux : les zones

Il est possible de regrouper des routeurs dans des entités logiques appelées area ou zone. Dans un contexte où OSPF demande beaucoup de ressources en CPU et en mémoire, cette notion de conception est très importante.

Généralement, on considère qu'une zone peut accueillir plusieurs dizaines de routeurs.

- Chaque zone, identifiée par un numéro, possède sa propre topologie et ne connaît pas la topologie des autres zones.
- Chaque routeur d'une zone donnée ne connaît que les routeurs de sa propre zone, ainsi que la façon d'atteindre une zone particulière, la zone numéro 0.
- Toutes les zones doivent être connectées physiquement à la zone 0 appelée backbone ou réseau fédérateur.
- Le backbone est chargé de diffuser les informations de routage qu'il reçoit d'une zone aux autres zones. Tout routage basé sur OSPF doit posséder une zone 0.

Les routeurs de la zone 1 ne connaissent pas les routeurs de la zone 2 et encore moins la topologie de la zone 2.



Les routeurs R1 et R4 sont particuliers puisqu'ils interconnectent plusieurs zones (on les appelle ABR « Area Border Router » ou routeur de bordure de zone) Ces routeurs maintiennent une base de données topologique pour chaque zone à laquelle ils sont connectés.

Les ABR sont des points de sortie pour les zones, ce qui signifie que les informations de routage destinées aux autres zones doivent passer par l'ABR local de la zone. L'ABR se charge alors de retransmettre les informations de routage au backbone. Les ABR redistribueront ces informations aux autres zones auxquelles ils sont connectés.

<https://www.youtube.com/watch?v=FeZI3X17j84>

Routage OSPF

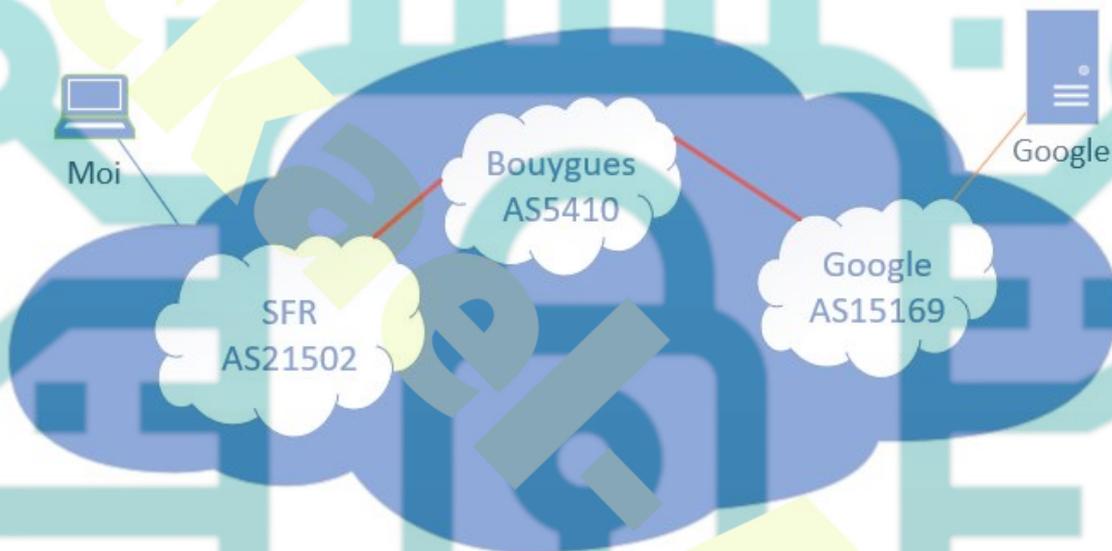
Origine	Distance administrative
Connecté directement	0
Statique	1
BGP Externe	20
EIGRP Interne	90
OSPF	110
RIP	120
EIGRP Externe	170

Distance administrative Cisco

Protocole de routage externe

Lors d'une communication vers internet, le trafic de routage va passer par des réseaux de fournisseurs d'accès.

Ces réseaux se doivent de fournir une communication sur Internet et de permettre pour un client d'un point A de converser avec un client d'un point B.



Fonctionnement

Le routage externe est donc l'interconnexion de plusieurs opérateurs. Ces fournisseurs possèdent des réseaux appelés systèmes autonomes.

Un système autonome est un ensemble de réseaux connectés qui se comporte comme une seule entité de routage externe.

Ces systèmes autonomes possèdent une architecture mondiale, c'est à dire des points d'interconnexion situés dans le monde entier pour les plus gros à l'échelle d'un pays pour les plus petits. Il existe environ 51 000 systèmes autonomes sur Internet.

Les numéros d'AS

Un système autonome est identifié par un numéro unique géré par l'IANA et fournit par les registres régionaux (RIR). Pour l'Europe, c'est RIPE qui est en charge de cette distribution.

Le voisinage

Les AS sont de différentes tailles en termes de points d'interconnexion mais aussi en termes de nombre de voisins.

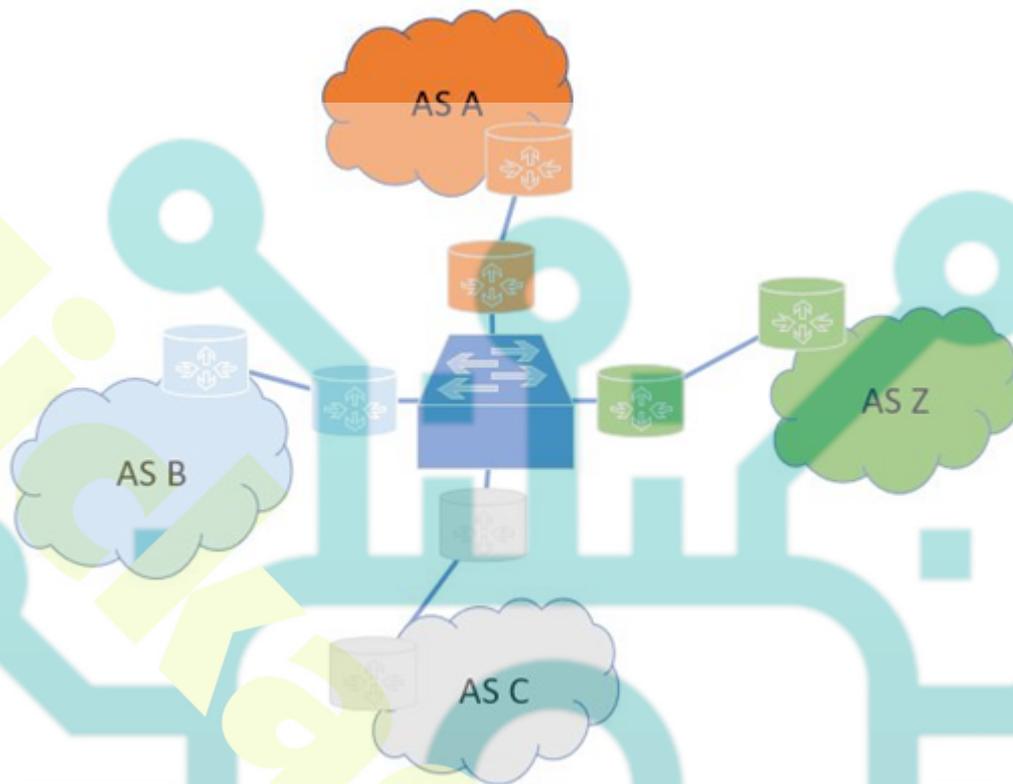
Les voisins sont des systèmes autonomes qui échangent du trafic et qui acceptent le transit de paquets à travers leur réseau.

80% des AS sont des réseaux terminaux, 64% possèdent un ou deux voisins et seul 1% des AS ont plus de 100 voisins. Les 46 plus gros fournisseurs ont eux plus de 1000 voisins.

Les interconnexions d'AS

Pour interconnecter les réseaux d'AS, les fournisseurs passent des contrats de deux types différents, les contrats de Peering et les contrats de transit.

Le **transit** est un accord commercial facturé (en fonction du trafic échangé) entre un client et un fournisseur. Ce dernier assure l'acheminement du trafic du client vers ou depuis le reste de l'Internet.



- *La facturation est basée sur l'analyse du trafic mensuel dont on enlève les 5% les plus gros, c'est ce qu'on appelle 95ème centile.*

Le **Peering** est un accord d'échange direct de trafic entre deux systèmes autonomes et entre leurs clients.

Le trafic n'est pas facturé, les deux AS partagent le coût à condition que le ratio en matière de trafic soit équilibré.

Un accord de Peering est généralement conclu entre deux systèmes autonomes de même importance (étendue géographique, capacité des liens, le nombre de clients ...)

Il existe aussi des solutions appelées point d'échange (IX) qui permettent à des AS de posséder des liens directs de peering (facturés) leur permettant d'optimiser leurs échanges.

Ce point central met en relation différents AS ([FranceIX < https://www.franceix.net/fr/ >](https://www.franceix.net/fr/))

Le protocole BGP

Pour répondre aux faiblesses d'EGP, BGP (Border Gateway Protocol) fut mis en chantier. Contrairement à la plupart des protocoles de routage qui utilisent soit UDP soit IP, BGP

est encapsulé dans TCP (port 179), ce qui est un gage de fiabilité des communications.

BGP est un “protocole de gateway frontière”. Il utilise une nouvelle technologie, dite “vecteurs de chemins”.

Les décisions de routage sur les chemins parcourus utilisent les attributs des préfixes et un ensemble de règles de sélection définies par l'administrateur de l'AS. Chaque entité est identifiée par un numéro d'AS.

Les routeurs BGP connaissent les routes de tous les réseaux d'Internet, ce qui constitue environ à l'heure actuelle des tables de routage de 500000 adresses réseaux (51000 systèmes autonomes).

Les routeurs qui appartiennent au même système exécutent le protocole BGP interne (IBGP), et de ceux qui appartiennent à des systèmes autonomes différents et qui échangent également des mises à jour BGP exécutent le protocole BGP externe (EBGP)