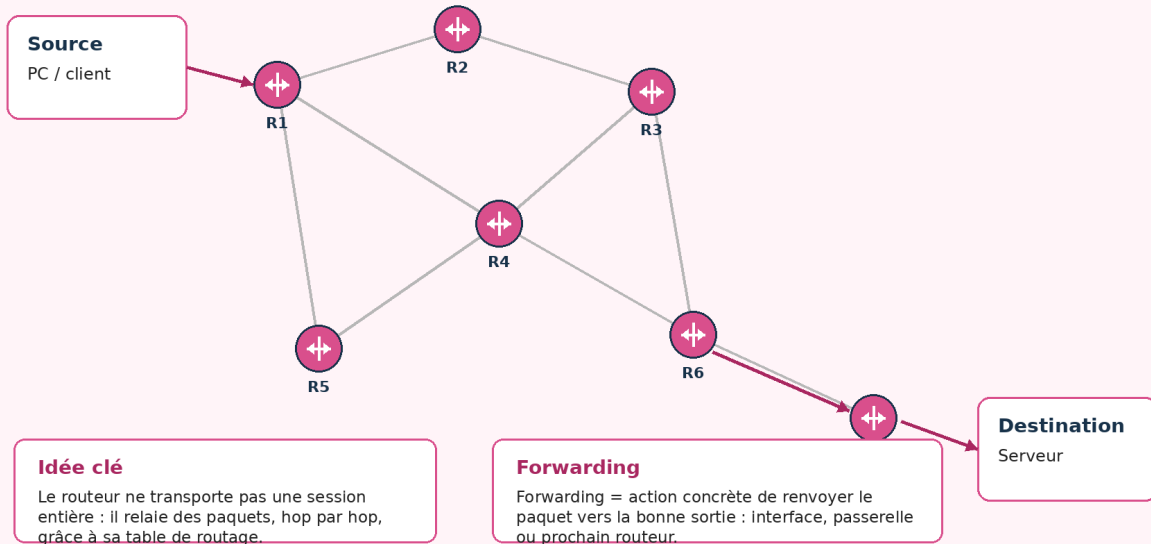


Cours TSSR — Routage

CIDR • RIR / AS • Tables de routage • Algorithmes • Routage statique et dynamique

Routage : transporter un paquet vers une destination



Objectif du document : Objectif : comprendre le routage sans se perdre dans les termes, avec les notions importantes mises en avant et des schémas propres.

Sommaire

- 1. Historique et rôle du routage
- 2. Classification des communications réseau
- 3. Calcul de l'adresse de diffusion IPv4
- 4. Blocs CIDR, RIPE, RIR, LIR, AS et backbones
- 5. CIDR, classless et VLSM
- 6. Tables de routage
- 7. EGP, BGP, IGP et fonctionnement des AS
- 8. Croissance des tables BGP
- 9. Algorithmes de routage
- 10. Routage dynamique
- 11. Routage statique
- 12. Distance administrative et routes statiques flottantes
- 13. Commandes Cisco utiles
- 14. Résumés à connaître pour le titre

1. Historique et rôle du routage

Historique

Le déploiement complet du routage a longtemps été freiné par plusieurs éléments historiques et techniques.

Présence historique des opérateurs

Les opérateurs télécoms occupaient historiquement une place dominante dans les communications. Ils disposaient de monopoles sur les télécommunications, ce qui limitait l'évolution rapide vers de nouveaux modèles de communication réseau.

La commutation de circuit

La commutation de circuit est à la base de la communication téléphonique traditionnelle, notamment avec le réseau PSTN. Par nature, elle est incompatible avec le routage, car elle monopolise un circuit pendant toute la durée de la communication.

La poussée du déploiement d'Internet

Le développement d'Internet a fortement accéléré l'évolution des réseaux. Les enjeux financiers liés à Internet sont devenus bien plus importants que ceux des opérateurs historiques.

- Tout passera dans TCP/IP.
- Y compris la voix, avec la VoIP.

Routage et transfert de paquets

Le routage est une technique qui consiste à choisir des chemins dans un réseau afin de transporter des données d'une source vers un ou plusieurs destinataires.

- Relayer des paquets : forwarding.
- Faire passer les paquets d'un segment réseau à un autre.
- Utiliser une table de routage pour choisir la sortie adaptée.

À retenir : Le routeur travaille principalement en couche 3 : il utilise les adresses IP et sa table de routage pour orienter les paquets.

Routage : transporter un paquet vers une destination

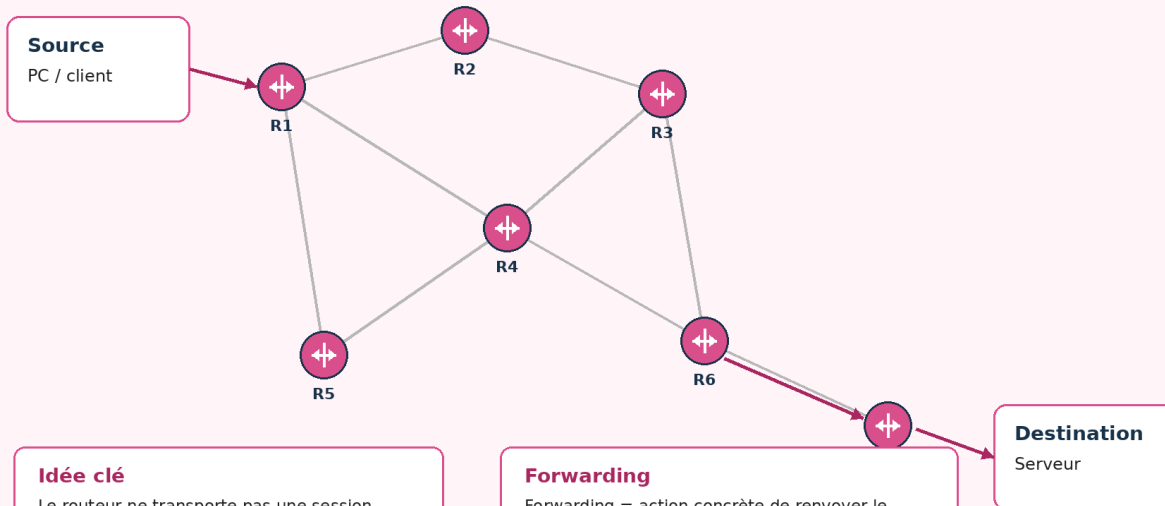


Schéma propre : routage et forwarding.

2. Classification des communications réseau

La classification dépend du nombre de destinataires concernés par la communication.

Classification selon le nombre de destinataires

1

Unicast

Une seule destination

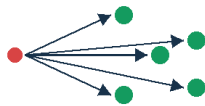


Exemple collège : le professeur parle à un seul élève.

2

Broadcast

À toutes les machines

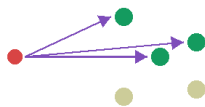


Exemple collège : le CPE fait une annonce à tout le collège.

3

Multicast

Les machines s'abonnent et sont notifiées

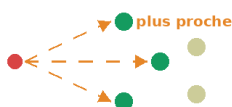


Exemple collège : seul le club théâtre reçoit le message.

4

Anycast

Redirection du trafic vers le plus efficace, souvent le plus proche



Exemple collège : l'élève va vers le surveillant disponible le plus proche.

5

Geocast

Vers une zone géographique donnée



Exemple collège : message uniquement pour une aile ou un bâtiment.

À retenir : Unicast = 1 / Broadcast = tous / Multicast = groupe / Anycast = point le plus efficace / Geocast = zone

Classification : unicast, broadcast, multicast, anycast et geocast.

Unicast

L'unicast correspond à une communication vers une seule destination. Il s'agit d'un échange entre un émetteur et un seul destinataire.

- Au sens liaison de données OSI : communication point à point entre deux hôtes.
- Au sens réseau OSI : le routage IP achemine les paquets de la source vers la destination.
- Commandes pour suivre le chemin : traceroute sous Linux, tracert sous Windows.

Broadcast

Le broadcast consiste à envoyer un message à toutes les machines d'un réseau. Le sous-réseau limite le domaine de diffusion.

- L'adresse de broadcast est généralement la dernière adresse IP du sous-réseau.
- Exemple : pour 192.168.1.7/24, le broadcast est 192.168.1.255.

Multicast

Le multicast consiste à envoyer un message à un groupe de machines. Les machines s'abonnent à un groupe de diffusion multipoint pour recevoir les données.

- En unicast, on envoie autant de paquets que de destinataires.
- En multicast, le paquet est émis une seule fois puis copié par le réseau si nécessaire.
- La source ne connaît pas forcément tous les destinataires.
- Le multicast utilise principalement UDP.
- Plage IPv4 multicast : 224.0.0.0 à 239.255.255.255.

Anycast

L'anycast consiste à rediriger le trafic vers le point le plus efficace, souvent le plus proche. Il est intéressant pour la haute disponibilité, le load balancing et l'amélioration des performances.

Geocast

Le geocast consiste à diriger le trafic vers une zone géographique donnée. Il peut être rapproché de l'anycast lorsque le choix du point dépend d'une zone.

3. Calcul de l'adresse de diffusion IPv4

Fonctionnement : on garde la partie réseau de l'adresse IP, puis on bascule tous les bits de la partie hôte à 1.

À retenir : Adresse de diffusion = adresse réseau + tous les bits hôte à 1.

Calcul de l'adresse de diffusion IPv4

Élément	Décimal	Binaire
Adresse IP	192.168.1.10	11000000.10101000.00000001.00001010
Masque	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000
Adresse réseau	192.168.1.0	11000000.10101000.00000001.00000000
Masque inversé	0.0.0.255	00000000.00000000.00000000.11111111
Broadcast	192.168.1.255	11000000.10101000.00000001.11111111

Règle simple

On garde la partie réseau de l'adresse IP, puis on met tous les bits de la partie hôte à 1.
Broadcast = adresse réseau + tous les bits hôte à 1.

Exercice : 172.16.0.0/12 et 192.128.64.7/24 → calculer leur adresse de diffusion.

Schéma propre : calcul du broadcast IPv4.

Méthode avec le masque

1. Calculer le complément à 1 du masque de sous-réseau.
2. Cela revient à inverser les bits du masque.
3. Faire un OU logique entre l'adresse réseau et le complément du masque.

Exercices du cours

- Calculer l'adresse de diffusion du réseau 172.16.0.0/12.
- Calculer l'adresse de diffusion de l'adresse IP 192.128.64.7/24.

4. Blocs CIDR, blocs RIPE, RIR, LIR, AS et backbones

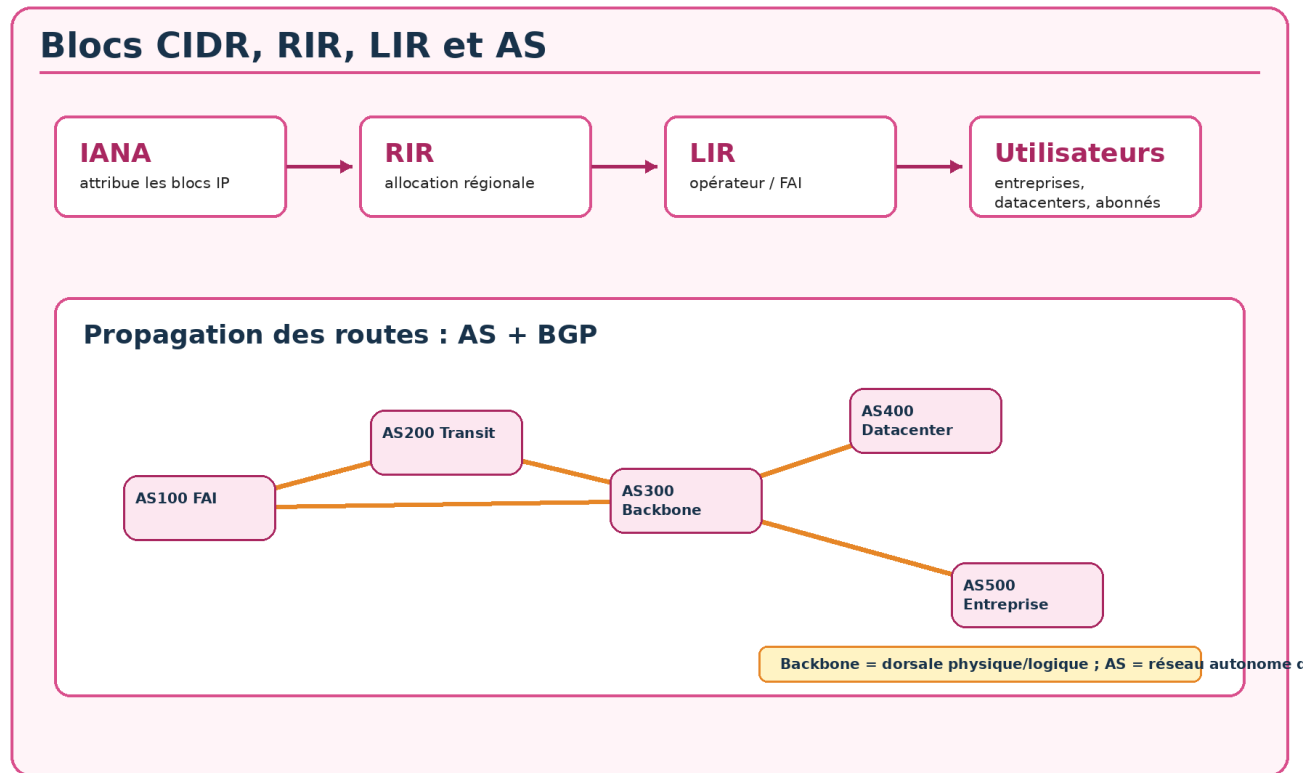


Schéma propre : allocation IP et propagation des routes.

Blocs CIDR et blocs RIPE

Les blocs d'adresses IP sont organisés et distribués progressivement par différents organismes. L'objectif est de répartir les adresses IP de manière structurée, afin qu'elles puissent ensuite être utilisées et annoncées dans les réseaux.

RIR — Regional Internet Registry

Un RIR est un organisme régional chargé de gérer l'allocation des blocs d'adresses IP, souvent par zone géographique.

Attribution des blocs IP

- Les blocs IP sont d'abord attribués aux RIR par l'IANA.
- Les RIR attribuent ensuite ces blocs aux LIR.

LIR — Local Internet Registry

Un LIR est typiquement un opérateur de télécommunications, un fournisseur d'accès Internet ou un organisme chargé d'attribuer des adresses IP.

- Il existe souvent plusieurs LIR par pays.
- Le LIR attribue les IP aux utilisateurs finaux : entreprises, data centers, abonnés Internet.

Une fois le bloc alloué

Une fois qu'un bloc IP est attribué, les protocoles de routage dynamique prennent le relais. Ils permettent d'annoncer les routes et de rendre les blocs joignables dans les réseaux.

À retenir : L'allocation des blocs IP est administrative. La propagation des routes est assurée par les protocoles de routage.

Consultation de la base de données

```
whois @IP
whois 8.8.8.8
```

AS — Autonomous System

Un AS correspond à un ensemble de routeurs et de réseaux informatiques placés sous une même administration.

- Fournisseur d'accès Internet.
- Opérateur de transit.
- Data center.
- Grande entreprise.

À retenir : AS = réseau autonome administré par une même entité. Chaque AS définit sa propre politique de routage.

Backbone

Les backbones sont des infrastructures physiques et logiques. Ils servent de dorsales réseau. Des AS utilisent cette infrastructure pour effectuer le routage.

À retenir : Backbone = grande infrastructure réseau. AS = réseau autonome qui peut utiliser cette infrastructure pour router le trafic.

5. CIDR, classless et VLSM

CIDR — Classless Inter-Domain Routing

CIDR signifie Classless Inter-Domain Routing. Il correspond à une logique d'adressage sans classe.

Référence CIDR : Correction de cohérence : les notes parlaient de RFC 1138, mais la référence historique de CIDR est plutôt RFC 1338 puis RFC 1518/1519. RFC 4632 actualise ensuite la stratégie CIDR. Le contenu à retenir reste : abandon de la logique classful, agrégation de routes et usage du préfixe IP/masque.

Objectif de CIDR

- Agréger plusieurs entrées de routage en une plage unique et continue.
- Réduire fortement le nombre d'entrées dans les tables de routage.
- Permettre une organisation indépendante des classes A, B et C.

À retenir : Avec CIDR, l'adresse IP seule ne suffit plus : il faut aussi connaître le masque. Exemple : 192.168.1.0/24.

VLSM — Variable Length Subnet Mask

CIDR permet l'utilisation du VLSM, c'est-à-dire des masques à longueur variable. Cela permet de découper l'espace d'adressage en blocs de tailles différentes.

- /30 pour des clients en point à point.
- /24 pour des réseaux locaux avec environ 200 postes.
- Un bloc /19 peut être visible depuis l'extérieur, tout en étant redécoupé à l'intérieur du réseau du FAI.

À retenir : VLSM = utiliser des masques différents dans un même bloc pour adapter la taille des sous-réseaux.

6. Tables de routage

Fonctionnement général

Dans un réseau, les routeurs communiquent entre eux afin de connaître les réseaux disponibles et de choisir les chemins à utiliser.

- Informations sur les voisins directs, souvent gérées au niveau Ethernet, couche 2 OSI.
- Tables de routage, qui listent les réseaux connus.
- Algorithmes de routage et d'échange, qui propagent et mettent à jour les routes.

À retenir : Les tables de routage sont des bases de données décentralisées : chaque routeur possède sa propre table.

Rôle d'une table de routage

Une table de routage contient les routes connues par le routeur. Chaque route indique une destination et la sortie à utiliser pour l'atteindre.

- Un port matériel.
- Une adresse IP.
- Un routeur voisin.
- Une interface de sortie.
- Une passerelle ou un next-hop.

Trois cas de routes

Type de route	Principe	À retenir
Directement connectée	Le réseau est relié directement à une interface du routeur. La trame transite au niveau couche 2, via le champ destination de la trame.	Le routeur connaît déjà ce réseau grâce à son interface.
Statique	Route configurée manuellement par l'administrateur réseau.	Écrite en dur, non apprise automatiquement.
Dynamique	Route apprise automatiquement par les échanges entre routeurs.	Repose sur des algorithmes et protocoles de routage.

Tables incomplètes et complètes

- Table incomplète : contient seulement une liste limitée de réseaux connus et une route par défaut. Tout ce qui n'est pas dans la liste passe par cette route.
- Table complète : contient la liste des destinations publiques par blocs d'adresses. Cas des backbones et de la default-free zone. En 2018, environ 700 000 entrées BGP étaient évoquées dans le cours.

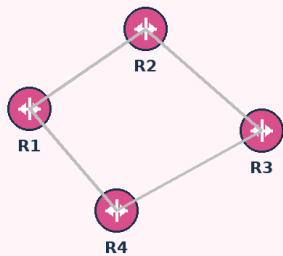
À retenir : Table incomplète = certaines routes + route par défaut. Table complète = grandes routes publiques sans besoin de route par défaut.

7. IGP, EGP, BGP et fonctionnement des AS

Fonctionnement des AS : IGP, EGP et BGP

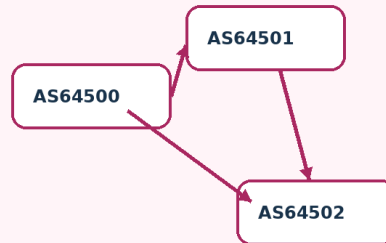
Dans un AS

IGP = Interior Gateway Protocol
Routage automatique à l'intérieur d'un AS.
Exemples : OSPF, RIP, IS-IS, EIGRP.



Entre AS

EGP = Exterior Gateway Protocol
Routage entre plusieurs AS.
BGP échange des préfixes IP et des chemins AS.



À retenir : IGP = routage interne dans un AS / EGP-BGP = routage externe entre AS.

Schéma propre : IGP dans un AS / EGP-BGP entre AS.

IGP — Interior Gateway Protocol

La famille IGP regroupe les protocoles de routage utilisés à l'intérieur d'un AS. Ils permettent le routage automatique interne, sous la responsabilité de l'administration qui gère l'AS.

- Exemples : OSPF, RIP, IS-IS, EIGRP.
- Dans un fonctionnement avec BGP, les routes internes sont découvertes dans l'AS puis peuvent être annoncées vers l'extérieur.

EGP — Exterior Gateway Protocol

La famille EGP regroupe les protocoles utilisés à l'extérieur des AS. Ils permettent le routage entre plusieurs AS.

- Les AS ne sont pas tous interconnectés directement.
- Une communication traverse souvent plusieurs AS.
- Les AS échangent des préfixes IP et des chemins AS.
- En résumé : une route est associée à un AS.

BGP — Border Gateway Protocol

BGP a remplacé l'ancien EGP historique. Il est utilisé pour le routage entre grands réseaux et systèmes autonomes.

- Adressage sans classe.
- Décentralisation des tables de routage.
- Gestion des routes entre AS.
- Élimination des boucles grâce à l'analyse des chemins AS.
- BGP est défini par RFC 4271.

eBGP et iBGP

Type	Utilisation	À retenir
eBGP	Entre plusieurs AS différents.	BGP externe entre grands réseaux.
iBGP	À l'intérieur d'un même AS.	BGP interne dans un même AS.

Attention : Un AS possède un ASN. Un routeur peut posséder un Router ID. Ne pas confondre les deux.

8. Croissance des tables de routage

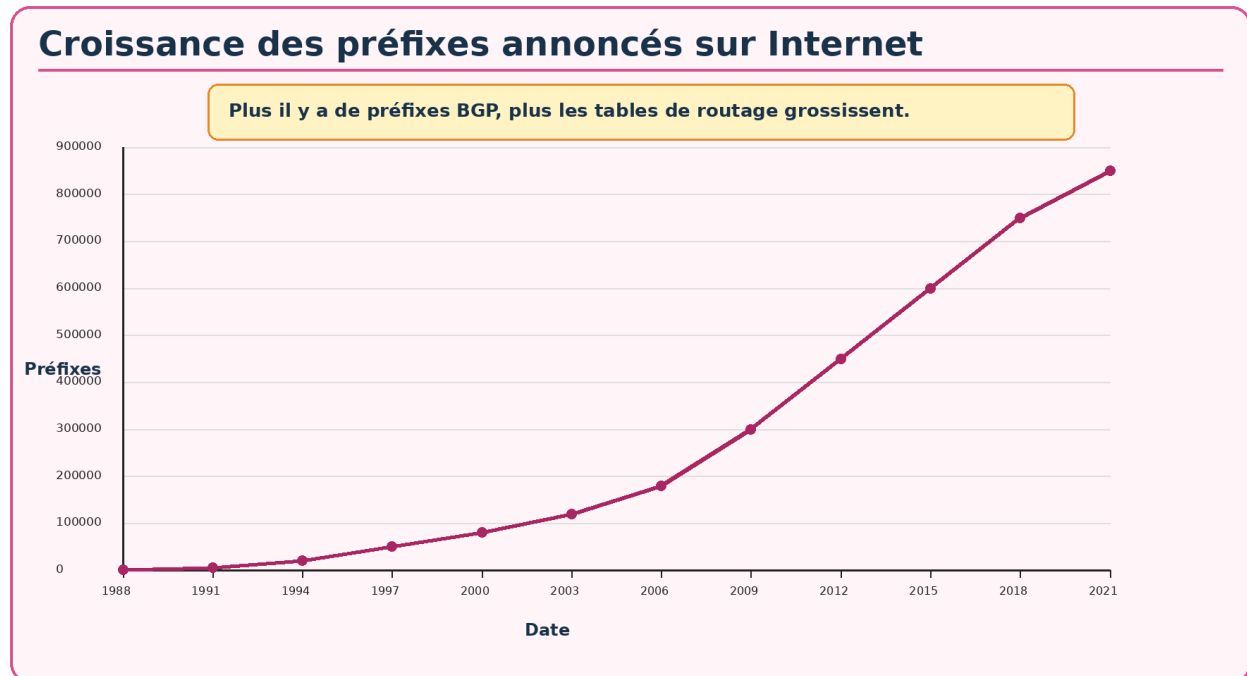


Schéma propre : croissance des préfixes annoncés.

Les tables de routage peuvent devenir très volumineuses, surtout dans les grands réseaux utilisant BGP. Cette croissance peut poser des problèmes de performance et de capacité pour les routeurs.

Limite 768k en BGP

Une limite importante évoquée dans le cours est la limite des 768k routes en BGP, liée à la capacité de certains routeurs à gérer un très grand nombre d'entrées.

Solutions possibles

- Route Reflector et confederations : organiser plus efficacement les échanges BGP.
- Réseaux hiérarchiques et agrégation de routes : regrouper plusieurs routes en une route plus générale.
- Capacités matérielles des routeurs : mémoire, puissance de traitement, stockage des routes.
- Partitionnement et filtrage de routes : conserver ou propager seulement certaines routes utiles.

9. Algorithmes de routage

Un algorithme de routage est une partie logicielle d'un routeur. Il permet de gérer les routes, de choisir les chemins et de mettre à jour les informations de routage.

- Récupérer ou recevoir les mises à jour des routes.
- Mettre à jour les tables de routage.
- Consulter les tables de routage.
- Choisir la meilleure ligne de sortie.
- Propager les mises à jour dans le cas du routage dynamique.

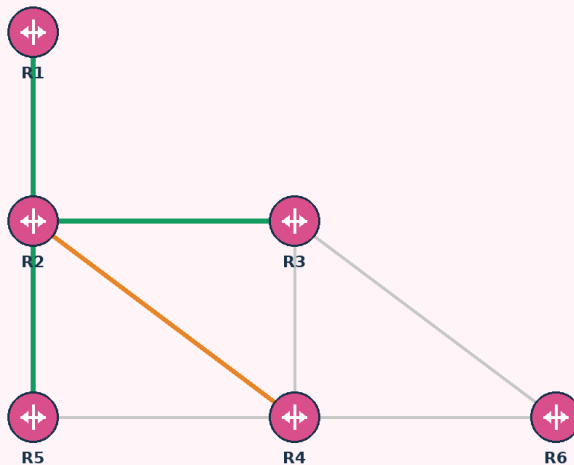
À retenir : L'algorithme de routage aide le routeur à choisir le meilleur chemin disponible, en évitant les pannes, congestions ou selon d'autres critères comme le chemin le plus court.

Algorithmes à vecteur de distance

Les algorithmes à vecteur de distance sont appelés Distance Vector Algorithms. Exemples : RIP, IGRP, EIGRP. Ils sont basés sur l'algorithme de Bellman-Ford.

- Aucun routeur ne possède une vue complète du réseau.
- La diffusion des routes se fait avec les voisins.
- Les vecteurs représentent la distance vers les autres nœuds.
- La distance est souvent un nombre de sauts, ou HOP.
- La distance peut être pondérée selon les besoins : bonus / malus.

Algorithme à vecteur de distance : apprendre grâce aux voisins



Étape 1

R1 s'annonce à R2.
R2 ajoute R1 à sa table pour 1 saut.

Étape 2

R2 transmet à R3 et R5.
Ils ajoutent R1 dans leur table pour 2 sauts.

Choix de route

Le routeur choisit généralement le chemin avec le moins de sauts. En cas d'égalité, un choix peut être arbitraire ou dépendre du protocole.

Schéma propre : vecteur de distance.

Au démarrage, le routeur apprend son voisinage et le coût pour atteindre ses voisins. Il récupère la liste des destinations, le coût total, le voisin à utiliser et le next-hop. Il constitue alors sa table de routage, ou plus précisément une table de distance.

En fonctionnement normal, les routeurs continuent d'apprendre les uns des autres. Quand un réseau tombe, les routeurs qui l'utilisent désactivent l'entrée correspondante et communiquent la mise à jour aux voisins.

Algorithmes à état de lien

Les algorithmes à état de lien sont appelés Link State Algorithms. Exemples : OSPF, IS-IS. Ils utilisent notamment l'algorithme de Dijkstra pour résoudre le problème du plus court chemin.

- Les routeurs possèdent un graphe complet du réseau.
- Ils connaissent l'état des liens vers les routeurs suivants.
- Chaque nœud construit sa propre cartographie du réseau.
- Si un routeur ne connaît pas un autre routeur dans sa cartographie, il ne peut pas l'utiliser dans ses calculs.

Algorithme à état de lien : carte du réseau + Dijkstra

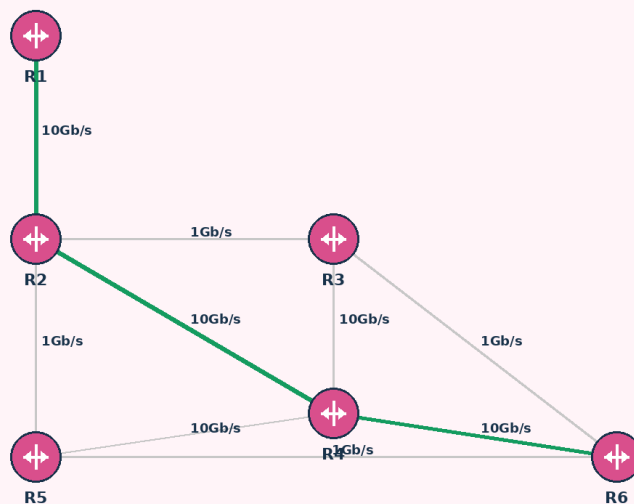


Table de voisinage R2

R1	10Gb/s
R3	1Gb/s
R4	10Gb/s
R5	1Gb/s

Meilleure route R1 → R6

R1 regarde ses liens directs.
Le meilleur lien passe par R2,
puis R4, puis R6.
Chemin retenu : R1 → R2 → R4 → R6.

Schéma propre : état de lien et chemin R1 vers R6.

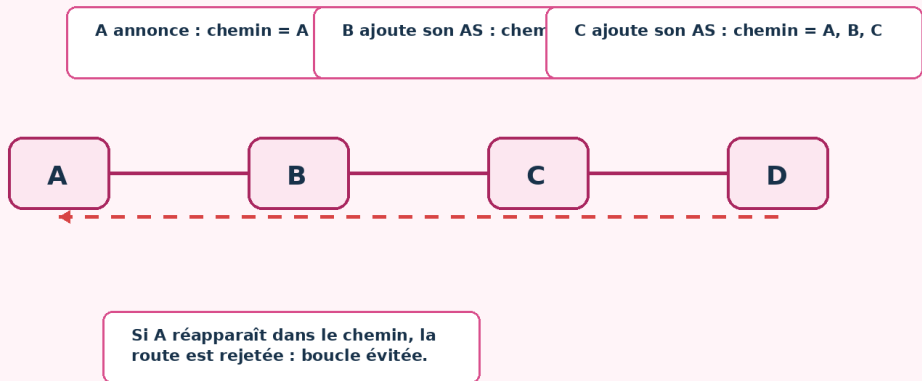
Chaque routeur identifie ses liens directs, avec des informations comme le débit, la qualité ou la pondération. Il propage ensuite ces informations aux autres routeurs. Le routeur utilise un algorithme de plus court chemin pour construire un arbre, qui sert ensuite à établir sa table de routage.

Algorithmes à vecteur de chemin

Les algorithmes à vecteur de chemin sont appelés Path-Vector Algorithms. Exemples : EGP, BGP. Ils utilisent un algorithme spécifique, avec une logique proche de Bellman-Ford.

- Ne se base pas uniquement sur le coût.
- Analyse surtout le chemin emprunté par la route.
- Évite ou supprime les boucles de routage.
- Utilisé dans les systèmes autonomes.
- Utilise des informations comme les BGP Path Attributes.

Algorithme à vecteur de chemin : BGP / AS-PATH



À retenir : BGP analyse le chemin AS-PATH ; il ne se base pas seulement sur le coût.

Schéma propre : vecteur de chemin / AS-PATH.

Comparaison des algorithmes de routage

Vecteur de distance	État de lien	Vecteur de chemin
Bellman-Ford (RIP)	Dijkstra (OSPF)	BGP / AS-PATH
Partage des tables de routage	Partage de l'état des liaisons	Partage des chemins AS
Vue locale par voisinage	Carte du réseau	Chemin entre AS
Convergence plus lente	Convergence rapide	Dépend des politiques BGP
Simple mais limité	Plus robuste pour grands réseaux internes	Adapté aux grands réseaux Internet
Exemples : RIP, IGRP, EIGRP	Exemples : OSPF, IS-IS	Exemples : EGP, BGP

À retenir : le vecteur de distance apprend par voisins ; l'état de lien construit une carte ; BGP regarde le chemin AS.

Tableau propre : comparaison des familles d'algorithmes.

10. Routage dynamique

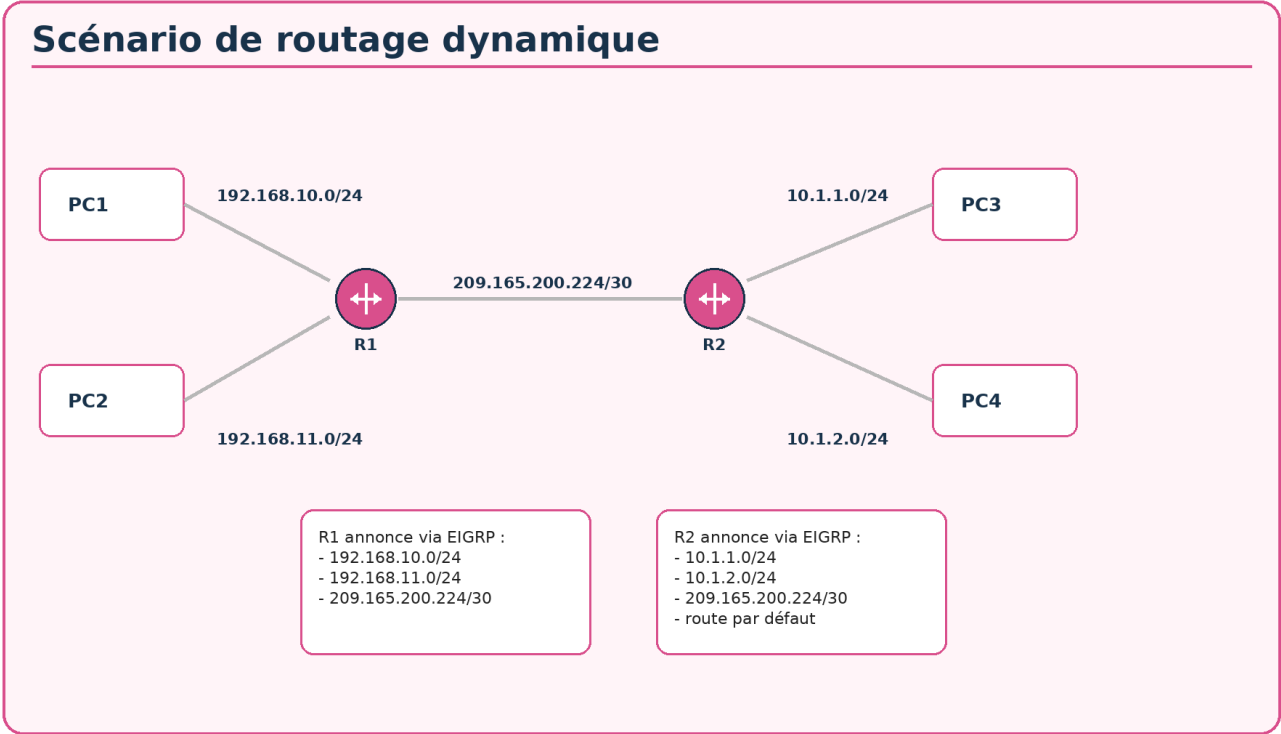


Schéma propre : scénario de routage dynamique.

Le routage dynamique correspond à la configuration automatique des tables de routage. Les routes sont annoncées sur le réseau et les routeurs apprennent les uns des autres.

- Les routes sont annoncées sur le réseau.
- Le routage dynamique utilise de la bande passante.
- Le chemin n'est pas connu à l'avance.
- Les routeurs apprennent les uns des autres.

Rôles

- Faciliter la maintenance des tables de routage dans des réseaux de grande taille.
- S'adapter à des changements significatifs de topologie.
- Assurer le routage sur les nœuds du réseau accessibles par beaucoup de routes.
- Éviter l'intervention manuelle pour chaque route.
- Détecter et découvrir les réseaux.
- Partager automatiquement les informations avec les autres routeurs.
- Mettre à jour automatiquement les tables de routage.
- Gérer le meilleur chemin selon diverses méthodes : congestion, distance, etc.
- Déterminer automatiquement une autre route si le chemin optimal devient inutilisable.

Protocoles de routage dynamique

Protocole	Définition	RFC / organisme	Idée à retenir
EIGRP	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol	Cisco / RFC 7868	Protocole dynamique, historiquement Cisco.
OSPF	Open Shortest Path First	IETF / RFC 2328, 2740, 5340	Protocole à état de lien utilisant Dijkstra.

IS-IS	Intermediate System-to-Intermediate System	IETF / RFC 1142	Protocole à état de lien utilisé dans de grands réseaux.
RIP	Routing Information Protocol	IETF / RFC 1058	Ancien protocole à vecteur de distance, basé sur les sauts.

Inconvénients du routage dynamique

- Problèmes potentiels de sécurité, car les routes sont annoncées sur le réseau.
- Utilisation de ressources importantes : CPU pour le calcul et la communication.
- Utilisation de bande passante pour communiquer les routes aux voisins.
- Maintenance manuelle plus complexe en cas de grandes tables.
- Compréhension technique nécessaire des algorithmes de routage.

11. Routage statique

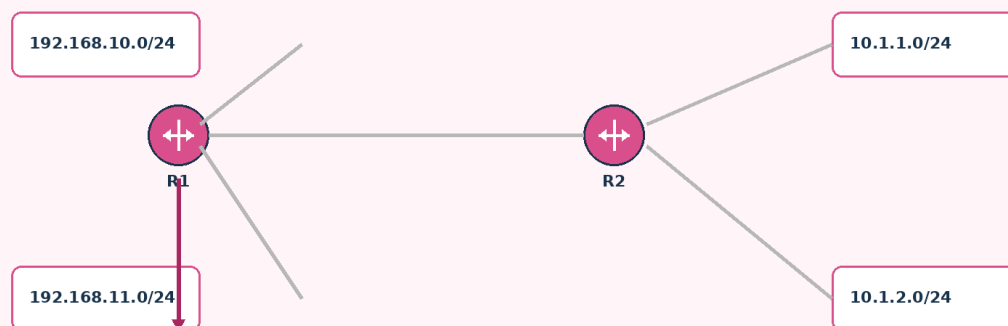
Le routage statique est configuré en dur dans la table de routage. Les routes ne sont pas annoncées sur le réseau.

- Pas d'utilisation de bande passante pour annoncer les routes.
- Le chemin est connu à l'avance.
- Adapté aux petits réseaux avec peu de changements significatifs.
- Utilisé en réseau d'extrémité, souvent derrière l'accès d'un FAI.

Rôles

- Faciliter la maintenance dans les réseaux de petite taille.
- Assurer le routage en réseau d'extrémité accessible par peu de routes.
- Envoyer le trafic au-delà du routeur.
- Mettre en place une route par défaut ou une passerelle par défaut.
- Utiliser un seul chemin pour sortir quand le réseau à atteindre n'a qu'un chemin.

Route statique par défaut : 0.0.0.0/0



Commande Cisco sur R1

```
R1(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Serial0/0/0
0.0.0.0/0 = tout le trafic qui ne correspond à aucune route plus précise.
```

Dans la table de routage

```
S* 0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/0
S = route statique
* = candidate pour être route par défaut
```

Conditions d'utilisation

- Toutes les routes à utiliser doivent être déclarées dans la table de routage.
- Elles doivent être rentrées manuellement par l'administrateur réseau.
- À chaque changement de topologie, les routes doivent être modifiées, effacées ou supprimées.
- La sauvegarde des scripts de configuration est essentielle, surtout en cas de panne.

Passerelle par défaut

La notion de passerelle par défaut implique la configuration des postes clients. DHCP joue un rôle déterminant dans l'auto-configuration. La passerelle par défaut est la dernière route utilisée quand aucune autre route n'est disponible après recherche dans la table de routage.

Inconvénients

- Temps de configuration initiale.
- Maintenance des routes.
- Risques d'erreur lors de la configuration, surtout quand les réseaux deviennent conséquents.
- Intervention requise des administrateurs pour les mises à jour.
- Aucune capacité d'évolution automatique.
- Exige une connaissance complète du réseau et une cartographie exhaustive.

Avantages

- Très adapté aux petits réseaux avec peu de routes externes.
- Utile quand il est nécessaire d'avoir de la sécurité, car les routes ne sont pas communiquées sur le réseau.
- Peut cohabiter avec du routage dynamique.
- En pratique, les routeurs peuvent disposer de routes statiques performantes et de routes dynamiques pour la redondance des pannes.

12. Distance administrative et routes statiques flottantes

AD — Administrative Distance

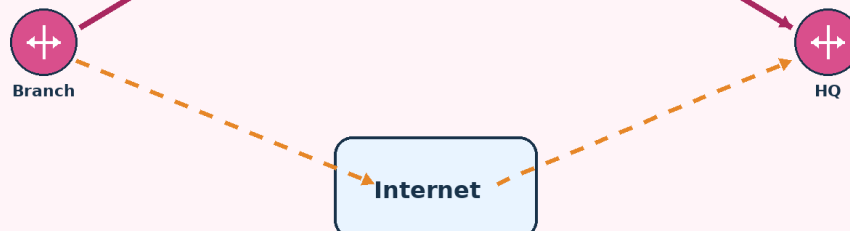
La distance administrative permet de départager plusieurs routes vers une même destination. Plus une route a une valeur faible, plus elle est prioritaire.

- Les routes statiques ont une AD de 1 par défaut.
- Pour surcharger une route dynamique, une route statique avec AD faible sera prioritaire.
- Pour créer une route de secours, on augmente l'AD de la route statique afin qu'elle soit utilisée seulement si la route principale tombe.

À retenir : AD faible = route prioritaire. AD élevée = route de secours possible.

Route statique flottante : chemin de secours

Route principale : liaison WAN privée.
AD plus faible = route utilisée en priorité.



Route flottante : route statique de secours.
Elle a une distance administrative plus élevée.
Elle prend le relais si la route principale tombe.

Schéma propre : route statique flottante.

Routes statiques flottantes

Les routes statiques flottantes fournissent un chemin de secours en cas d'échec du lien par défaut ou de la route principale. La route flottante possède une distance administrative supérieure à celle de la route principale.

- Cas pratique : une entreprise utilise une route dynamique avec EIGRP.
- Elle possède un réseau WAN privé.
- Elle souhaite une route de secours si le lien WAN privé tombe.
- La route de secours prend alors le relais.

13. Configuration de routes statiques Cisco

Syntaxe générale

```
Routeur# ip route network mask { next-hop-ip | exit-intf }  
  
# next-hop-ip : IP du prochain routeur sur la route  
# On peut aussi indiquer l'interface vers laquelle l'IP se trouve
```

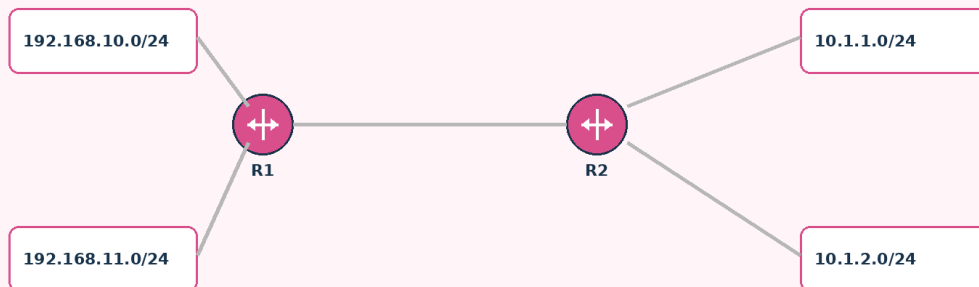
Route par défaut

```
Routeur# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Ethernet0
```

Route vers un réseau précis

```
Routeur# ip route 172.31.10.0 255.255.255.0 10.10.10.2 101
```

Routes statiques : interface de sortie ou next-hop IP



Route par interface réseau

`ip route 192.168.10.0 255.255.255.0 S0/0/0`
Le routeur sort par une interface précise.

Route vers le tronçon suivant

`ip route 192.168.11.0 255.255.255.0 209.165.200.225`
Le routeur envoie vers l'IP du prochain routeur.

Schéma propre : route par interface ou par next-hop IP.

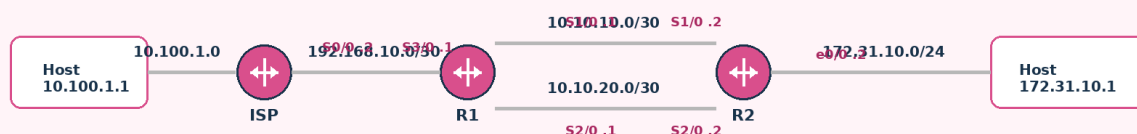
Exemple pratique 1

- Deux sous-réseaux dans le LAN de R1 : 192.168.10.0/24 et 192.168.11.0/24.
- Objectif : router tout le trafic vers l'extérieur par l'interface Serial 0/0/0.

Exemple pratique 2

- Deux sous-réseaux dans le LAN de R2 : 10.1.1.0/24 et 10.1.2.0/24.
- Objectif : router indépendamment les deux sous-réseaux de R1.
- Une route statique peut utiliser l'interface de sortie.
- Une route statique peut utiliser l'IP du tronçon suivant.

Cas pratique 2 : chemins et routes statiques



But : comprendre quelle route statique permet d'atteindre le réseau distant, et quel next-hop utiliser selon le chemin

Schéma propre : cas pratique 2.

Comparaison des deux solutions

- Les deux solutions sont acceptables.
- Sur le fond, les deux font la même chose : proposer une route vers l'extérieur et rendre les sous-réseaux accessibles depuis chacun des sites.
- Le fonctionnement est différent : la première solution route tout le trafic s'il n'y a pas de route déjà définie ; la seconde route les sous-réseaux en 192 sans proposer de route par défaut.

Cas particulier des routes sans Next Hop IP

- La route est insérée dans la table de routage uniquement si l'interface est active.
- Approche non recommandée : le routeur considère que chacun des hôtes du réseau cible est directement connecté à cette interface.
- Le routeur réalise alors des requêtes ARP.
- Cela augmente le cache ARP et l'utilisation CPU.
- Avec le Next Hop IP, le routeur ne pratique pas de requêtes ARP inutiles.
- Le Next Hop IP permet aussi de réaliser une route de secours et de rendre la route déterministe.

14. Résumés à connaître pour le titre

Terme	Définition simple
Routage	Technique permettant de choisir des chemins dans un réseau afin de transporter des données d'une source vers un ou plusieurs destinataires.
Forwarding	Action de relayer concrètement un paquet vers la bonne sortie.
Table de routage	Table qui indique les réseaux connus et la sortie à utiliser pour atteindre une destination.
Route par défaut	Route utilisée quand aucune route plus précise ne correspond à la destination.
Routage statique	Routes configurées manuellement par l'administrateur.
Routage dynamique	Routes apprises automatiquement grâce aux échanges entre routeurs.

IGP	Protocoles de routage utilisés à l'intérieur d'un AS.
EGP	Protocoles de routage utilisés entre plusieurs AS.
BGP	Protocole de routage entre systèmes autonomes, utilisé pour Internet.
Distance administrative	Valeur qui détermine la priorité d'une route : plus elle est faible, plus la route est prioritaire.
Next hop	Prochain routeur à contacter pour atteindre une destination.
HOP	Nombre de sauts, c'est-à-dire nombre de routeurs traversés.
CIDR	Notation IP/masque indiquant le nombre de bits réseau, par exemple /24.
VLSM	Utilisation de masques de sous-réseau de tailles différentes.

À retenir : Statique = configuré à la main. Dynamique = appris automatiquement. IGP = interne à un AS. BGP/EGP = externe entre AS. CIDR/VLSM = adressage sans classe et découpage flexible.

Références techniques vérifiées

- RFC 4271 : Border Gateway Protocol 4 (BGP-4).
- RFC 4632 : Classless Inter-domain Routing (CIDR), obsolète RFC 1519.
- RFC 6793 : BGP Support for Four-Octet Autonomous System Number Space, remplace RFC 4893.
- RFC 3021 : utilisation des préfixes /31 sur les liens point à point.
- Notes de cours.