

Les bases du routage



**Atelier SI-F
AfNOG 2018, Dakar**

Concepts du routage

- IPv6
- IPv4
- Routage
- Forwarding
- Quelques définitions
- Options sur les politiques de routage
- Protocoles de routage

IPv6

- L'Internet d'aujourd'hui a commencé à utiliser IPv6
 - Les adresses IPv6 sont écrites sur 128 bits
 - La plage d'adresses Internet IPv6 va de 2000::/16 à 3FFF::/16
 - Le reste des adresses est réservé ou a une utilisation spéciale
- Les adresses IPv6 ont une portion pour le réseau et une portion pour l'hôte.

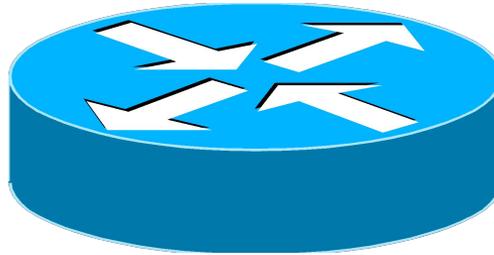
IPv4

- L'Internet continue d'utiliser IPv4
 - (protocole de base)
 - Les adresses IPv4 sont sur 32 bits
 - La plage va de 1.0.0.0 à 223.255.255.255
 - 0.0.0.0 à 0.255.255.255 et 224.0.0.0 à 255.255.255.255 ont une utilisation "speciale"
- Les adresses IPv4 ont une portion pour le réseau et une portion pour l'hôte.

Format d'une adresse IP

- Adresse et masque de sous-réseau
 - IPv4 est écrite sous le format suivant
 - 12.34.56.78 **255.255.255.0** *ou*
 - 12.34.56.78/**24**
 - IPv6 est écrite sous le format suivant
 - 2001:db8::<1>/**128**
 - **Le masque** représente le nombre de bits de la partie réseau dans l'adresse
 - Le reste des bits sont pour la partie hôte

Que fait un routeur?



Une journée dans la vie d'un routeur

Trouver le chemin

transmet les paquets, transmet les paquets,
transmet les paquets, transmet les
paquets...



trouver un chemin alternatif

transmet les paquets, transmet les paquets,
transmet les paquets...

Ce processus est répété jusqu'à ce que le
routeur s'éteigne

Routage versus transmission (Forwarding)

- Router = construire les cartes de connexion et donner les directions
- Forwarding = déplacer les paquets d'une interface à une autre selon les "directions"



Routage IP– Trouver le chemin

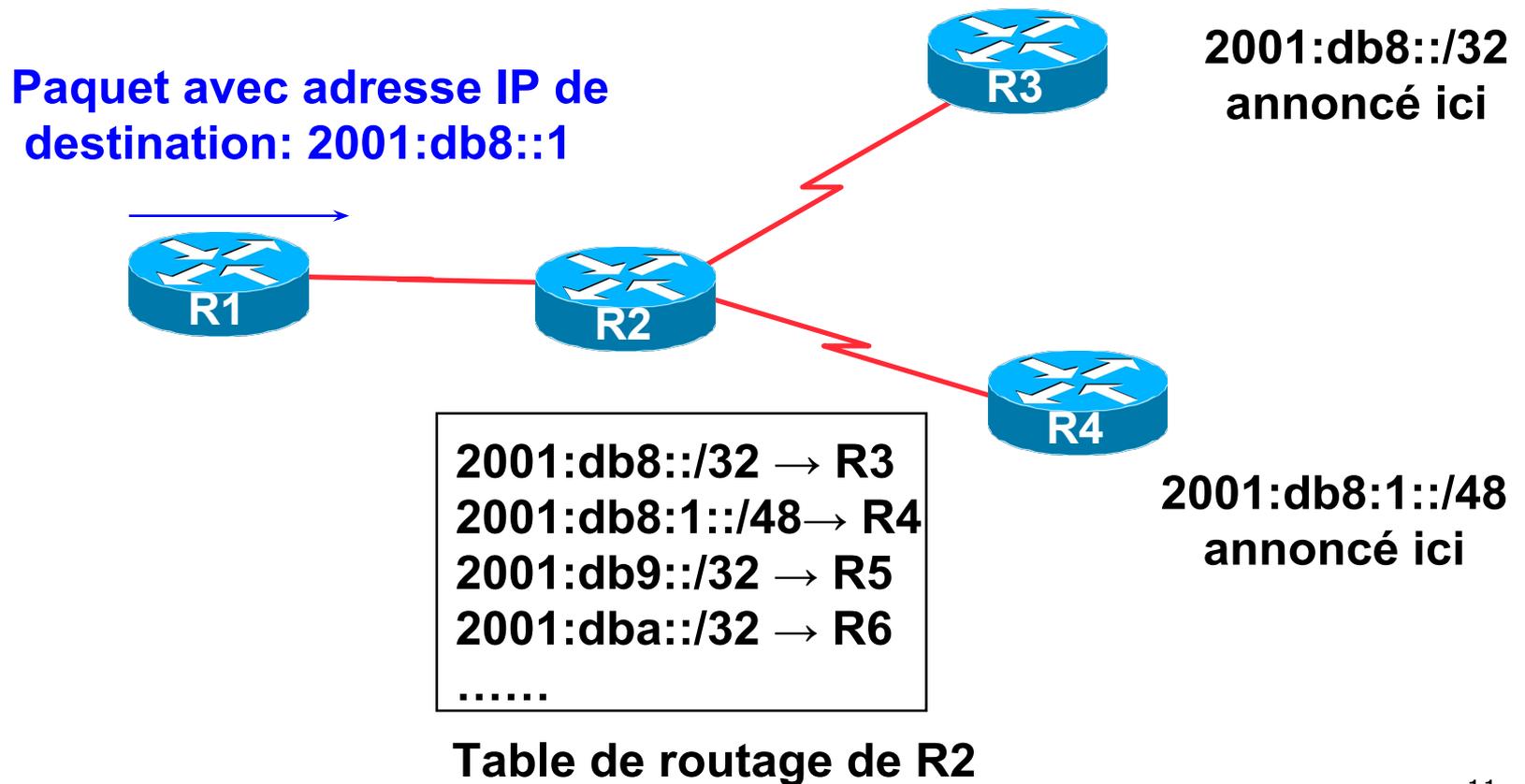
- Le chemin est choisi à partir des informations reçues d'un protocole de routage
- Plusieurs chemins alternatifs peuvent exister, mais
 - Le meilleur chemin est stocké dans la table de **forwarding**
- Les décisions sont mises à jour périodiquement ou en cas de changement de topologie (event driven)
- Les décisions sont basées sur:
 - topologie, politiques et les métriques (nombre de saut, filtrage, délai, bande passante, etc.)

Choix d'une route IP

- Basé sur l'adresse IP de destination
- "la correspondance la plus longue"
(“longest match”)
 - Le préfixe le plus spécifique est préféré aux préfixes moins spécifiques
 - **Exemple:** un paquet avec une destination de 2001:db8::1/128 est envoyé au routeur qui annonce 2001:db8:1::/48 plutôt qu'au routeur annonçant 2001:db8::/32.

Choix d'une route IP

- Basé sur l'adresse IP de destination

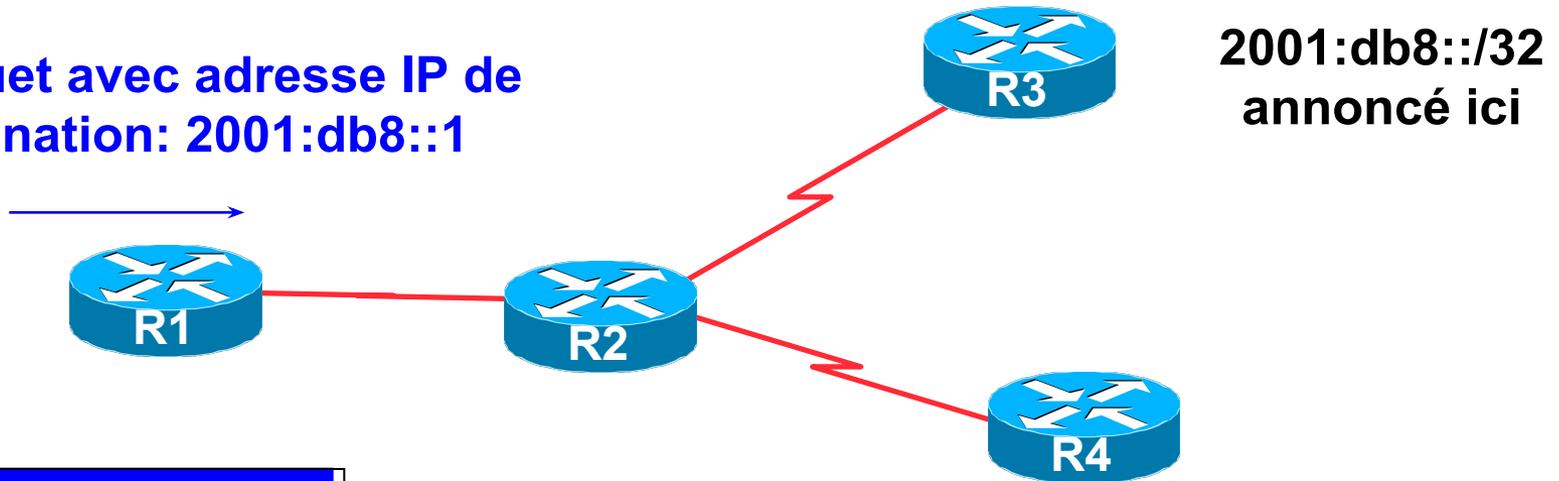


Choix d'une route IP :

Correspondance la plus longue

- Basé sur l'adresse IP de destination

Paquet avec adresse IP de destination: 2001:db8::1



2001:db8::/32 → R3
2001:db8:1::/48 → R4
2001:db9::/32 → R5
2001:dba::/32 → R6
.....

2001:db8::1 && ffff:ffff::

vs.

2001:db8:: && ffff:ffff::

Correspond!

2001:db8:1::/48
annoncé ici

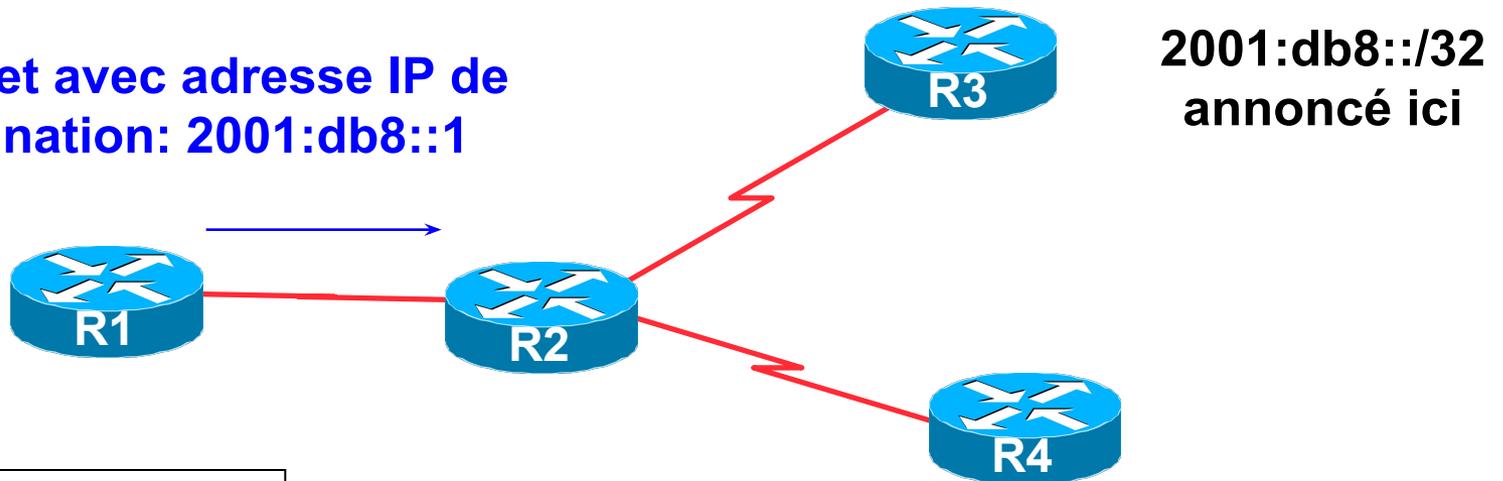
R2's IP routing table

Choix d'une route IP :

Correspondance la plus longue

- Basé sur l'adresse IP de

Paquet avec adresse IP de destination: 2001:db8::1



2001:db8::/32 → R3
2001:db8:1::/48 → R4
2001:db9::/32 → R5
2001:dba::/32 → R6
.....

2001:db8::1 && ffff:ffff:ffff::
vs.
2001:db8:1:: && ffff:ffff:ffff::

Correspond aussi!

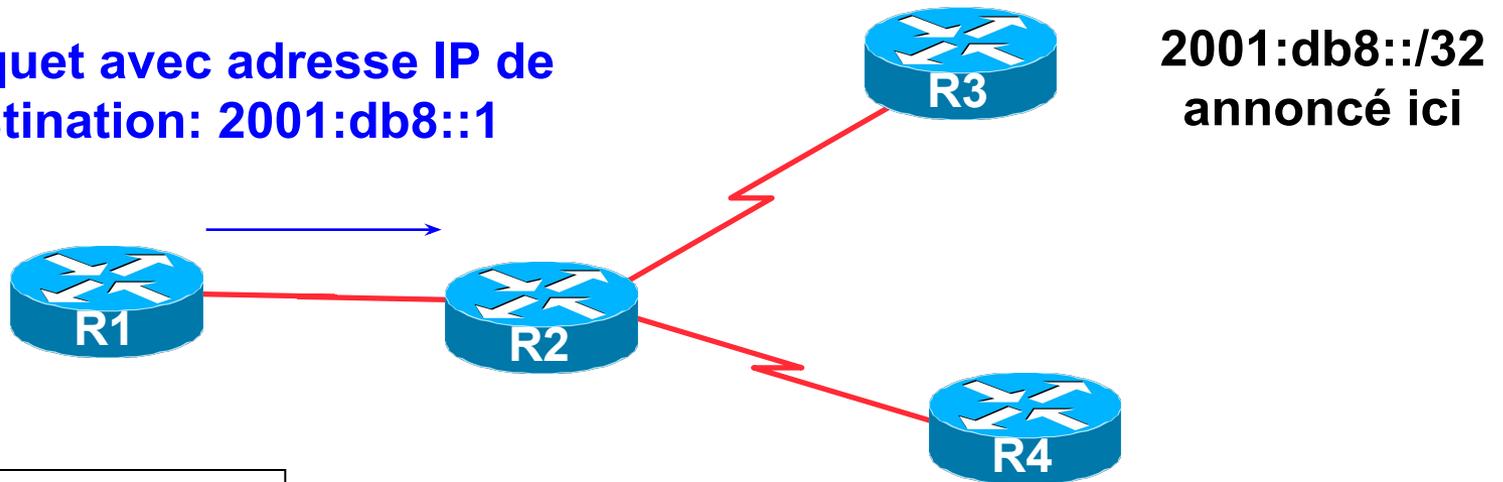
Table de routage de R2

Choix d'une route IP :

Correspondance la plus longue

- Basé sur l'adresse IP de destination

Paquet avec adresse IP de destination: 2001:db8::1



```
2001:db8::/32 → R3
2001:db8:1::/48 → R4
2001:db9::/32 → R5
2001:dba::/32 → R6
.....
```

2001:db8::1 && ffff:ffff::
vs.
2001:db9:: && ffff:ffff::

2001:db8:1::/48
annoncé ici

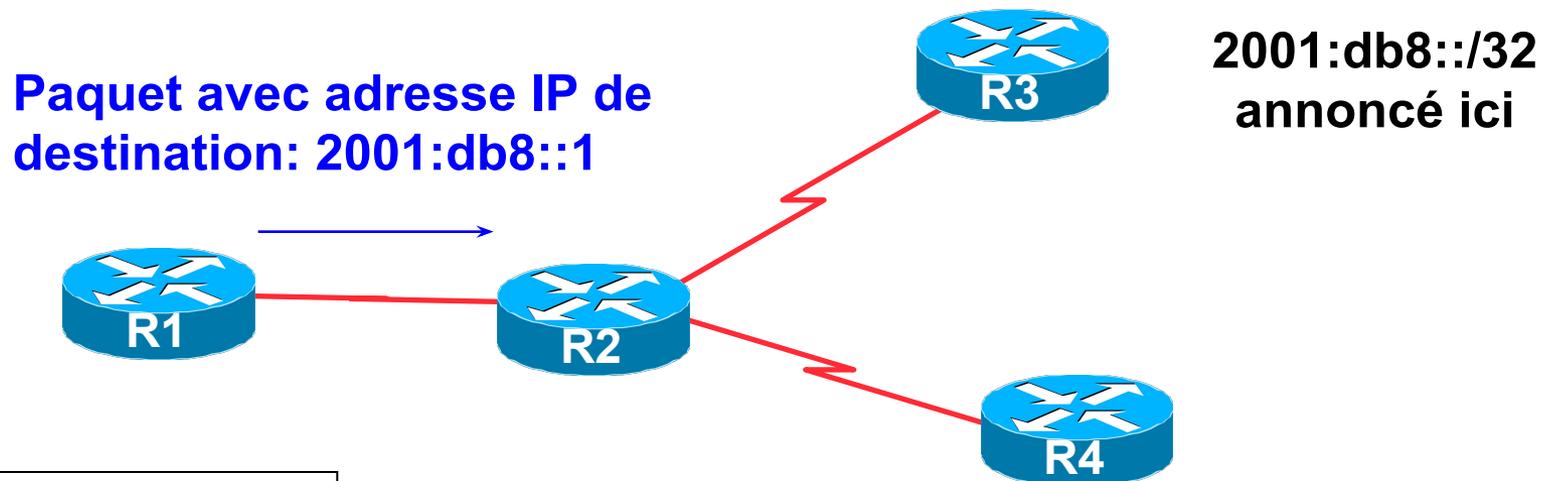
Ne correspond pas!

Table de routage de R2

Choix d'une route IP :

Correspondance la plus longue

- Basé sur l'adresse IP de destination



```
2001:db8::/32 → R3
2001:db8:1::/48 → R4
2001:db9::/32 → R5
2001:dba::/32 → R6
.....
```

2001:db8::1 && ffff:ffff::

vs.

2001:dba:: && ffff:ffff::

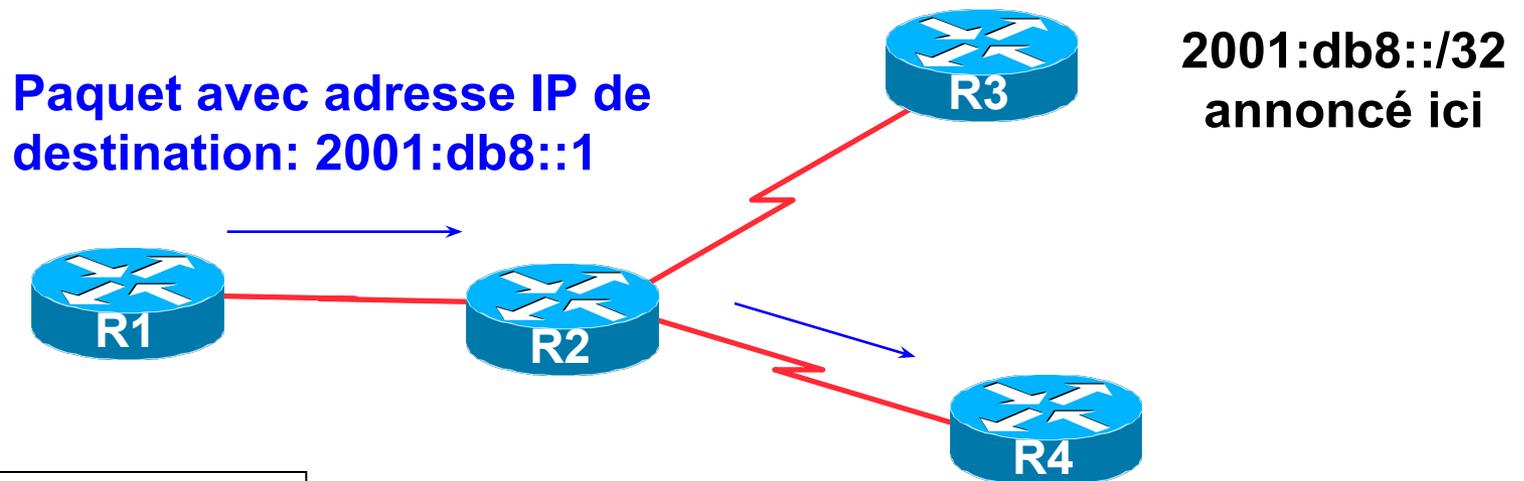
Ne correspond pas!

Table de routage de R2

Choix d'une route IP :

Correspondance la plus longue

- Basé sur l'adresse IP de destination



2001:db8::/32	→ R3
2001:db8:1::/48	→ R4
2001:db9::/32	→ R5
2001:dba::/32	→ R6
.....	

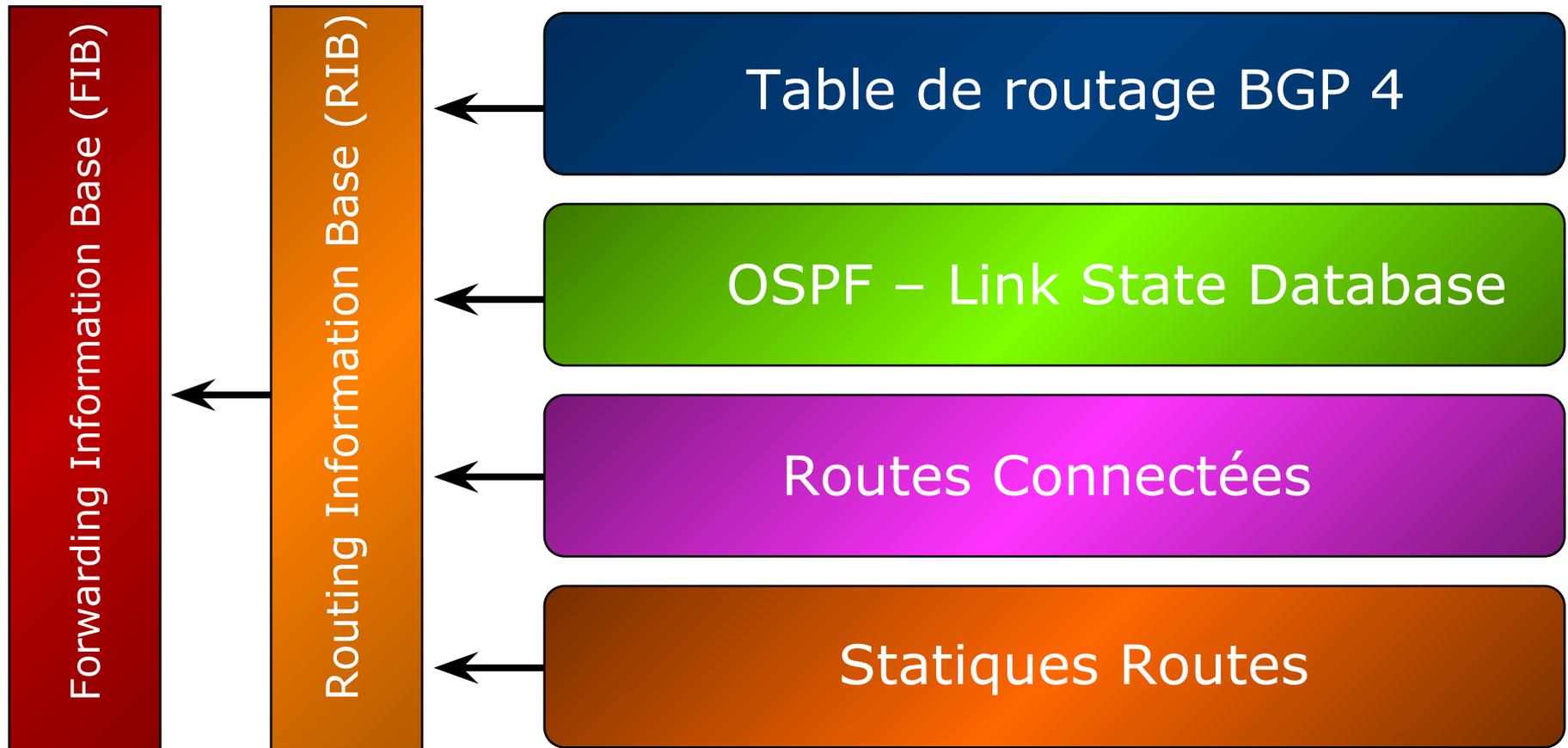
← Correspondance la Plus longue, masque de 48 bits

Table de routage de R2

Transmission IP (Forwarding)

- Le routeur choisit l'interface vers laquelle un paquet doit être envoyé
- La table de transmission (Forwarding table) est remplie à partir du processus de routage
- Décisions de Forwarding:
 - Adresse de destination
 - Classe de service (politiques de queues, précedence, autres)
 - Exigences locales (filtrage de paquets)
- Forwarding est généralement assuré par un matériel spécial

Les tables de routage alimentent la table de Forwarding



RIBs et FIBs

- FIB est la table de Forwarding
 - Elle contient les réseaux de destination ainsi que les interfaces pour aller à ces destinations
 - Utilisée par le routeur pour connaître où envoyer le paquet
 - Attention! Certains l'appellent toujours la table de routage!
- RIB est la table de Routage
 - Elle contient la liste de toutes les destinations et les différents prochains noeuds de sortie par où passer pour joindre ces destinations – et beaucoup d'autres informations !
 - Une seule destination peut avoir plusieurs noeuds de sortie– mais seul le meilleur noeud de sortie est placé dans la FIB

Explicite versus Route par défaut

- Default:
 - simple, moins coûteux(cycles, memoire, bande passante)
 - Faible granularité(jeux de métriques)
- Explicite (default free zone)
 - Plus de charge, complexe, coût élevé, haute granularité
- Hybride
 - minimise la charge
 - Fournit une granularité utile
 - Demande une certaine connaissance du filtrage

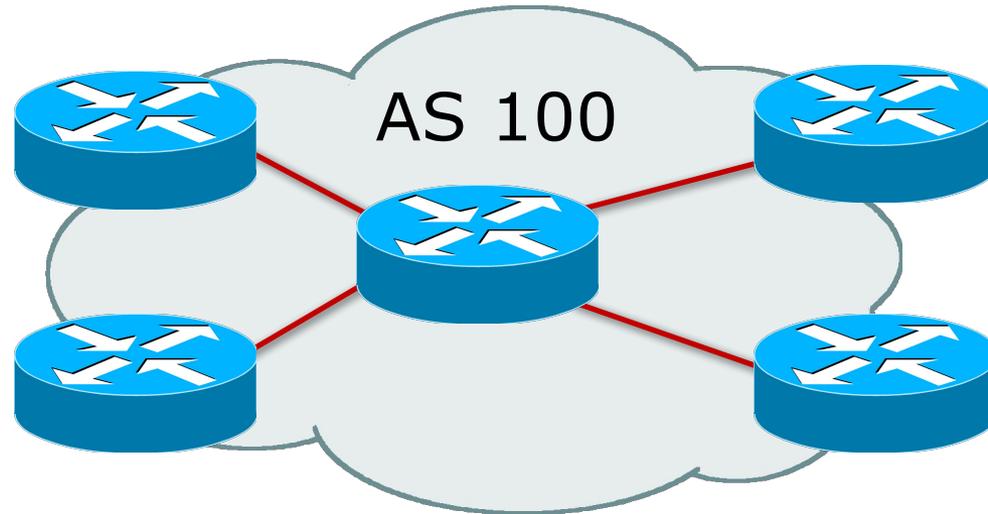
Le Trafic Egress

- Comment les paquets quittent votre réseau
- Le Trafic Egress dépend de:
 - La disponibilité de la route (ce que les autres vous envoient)
 - L'acceptation de la route (ce que vous acceptez des autres)
 - Des politiques et tuning (ce que vous faites des routes reçues des autres)
 - Des accords de Peering et de transit

Le Trafic Ingress

- Comment les paquets arrivent sur votre réseau et les réseaux de vos clients
- Le trafic Ingress dépend de:
 - L'information que vous envoyez et à qui vous l'envoyez
 - De votre adressage IP et de vos Ass
 - Des politiques des autres (ce qu'ils acceptent de vous et ce qu'ils en font)

Autonomous System (AS)

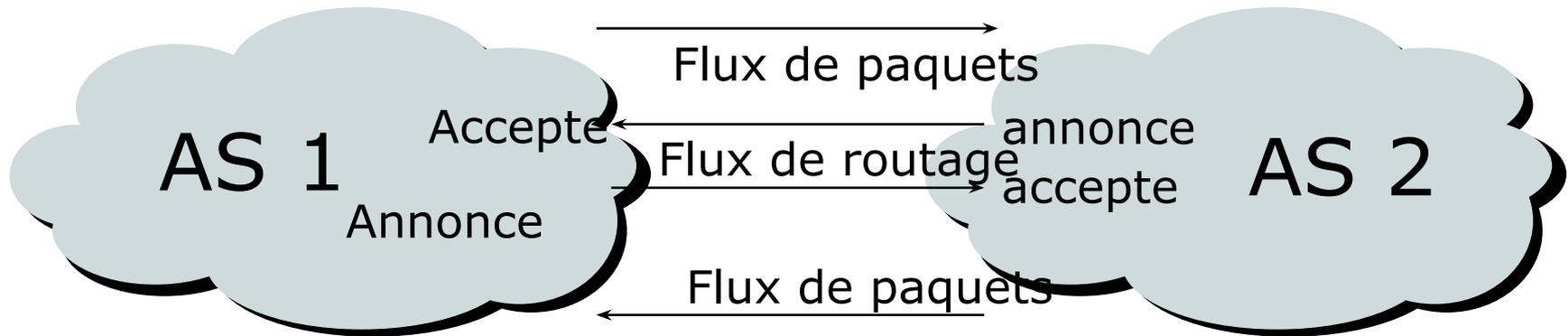


- Collection de réseaux avec la même politique de routage
- Un seul protocole de routage
- Généralement sous la propriété, la confiance et le contrôle administratif d'une seule seule entité

Definition des termes

- **Voisins (Neighbours)**
 - ASs qui s'échangent directement des informations de routage
 - Routeurs qui s'échangent des informations de routage
- **Annoncer**
 - Envoyer des informations de routage à un voisin
- **Accepter**
 - Recevoir et utiliser les informations de routage envoyées par un voisin
- **Provenir (Originate)**
 - Insérer des informations de routage dans des annonces externes (généralement utilisé dans les IGP)
- **Pairs (Peers)**
 - Routeurs dans des ASs voisins ou au sein d'un même AS mais qui s'échangent des informations et des politiques de routage ²⁴

Flux de routage et Flux de paquet



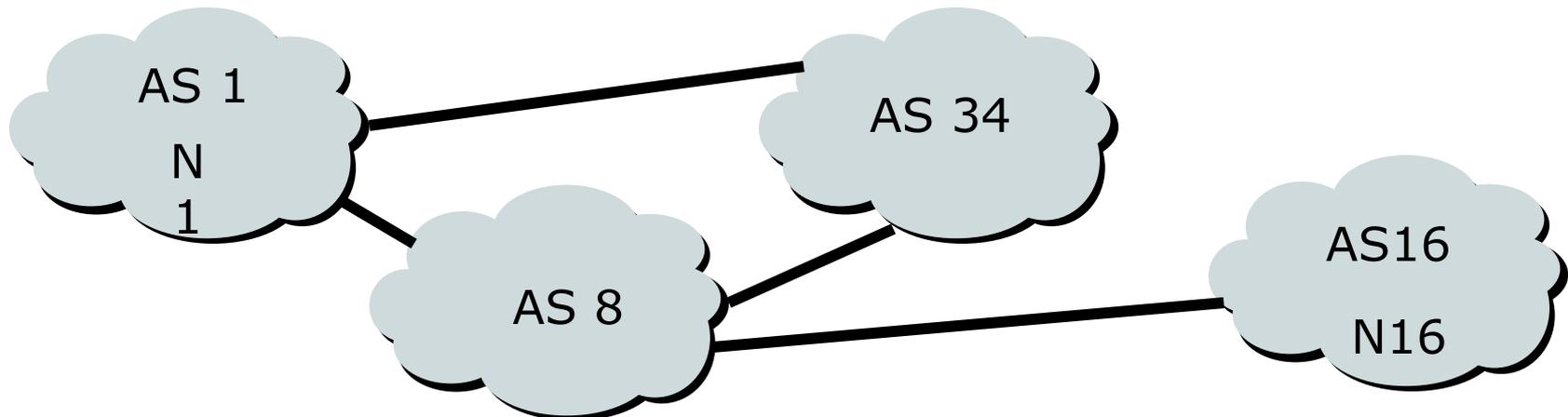
Pour que les réseaux sous AS1 et AS2 communiquent, les conditions suivantes doivent être remplies :

- AS1 doit annoncer à AS2
- AS2 doit accepter de AS1
- AS2 doit annoncer à AS1
- AS1 doit accepter de AS2

Flux de routage et Flux de trafic

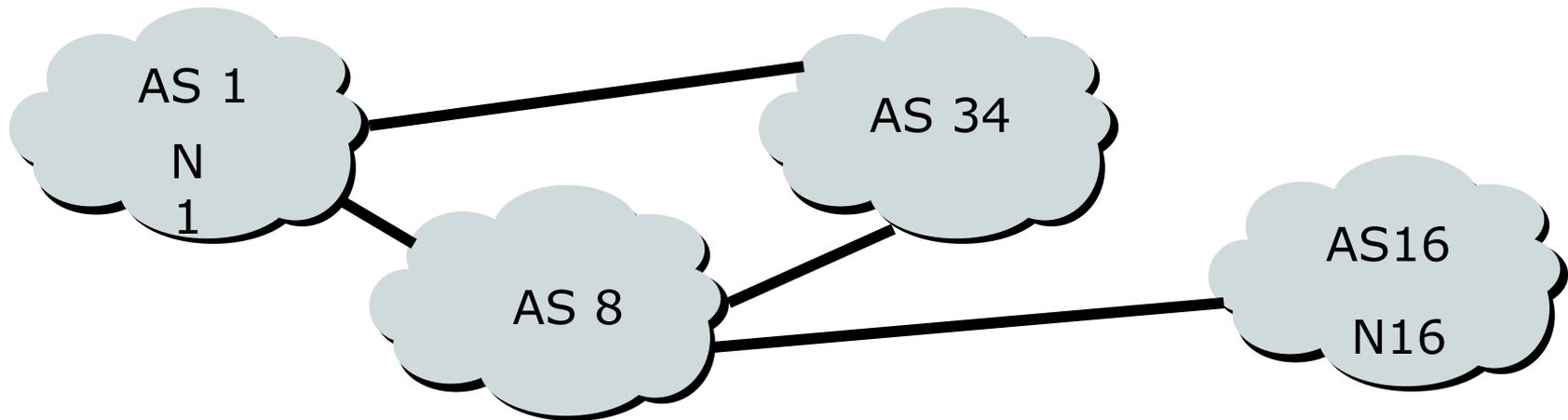
- Le flux de trafic est toujours dans le sens inverse du flux d'information de routage
 - Le filtrage des informations de routage sortant inhibe le flux du trafic entrant
 - Le filtrage des informations de routage entrant inhibe le flux du trafic sortant

Flux de routage/Flux de paquets: Avec des ASes multiples



- Pour que N1 dans AS1 pour envoyer du trafic vers N16 dans AS16:
 - AS16 doit provenir et annoncer N16 à AS8.
 - AS8 doit accepter N16 à partir AS16.
 - AS8 doit annoncer N16 à AS1 ou AS34.
 - AS1 doit accepter N16 à partir AS8 ou AS34.
- Pour le flux de paquets dans les deux sens, des politiques similaires doivent exister pour N1

Flux de routage/Flux de paquets: Avec des ASes multiples

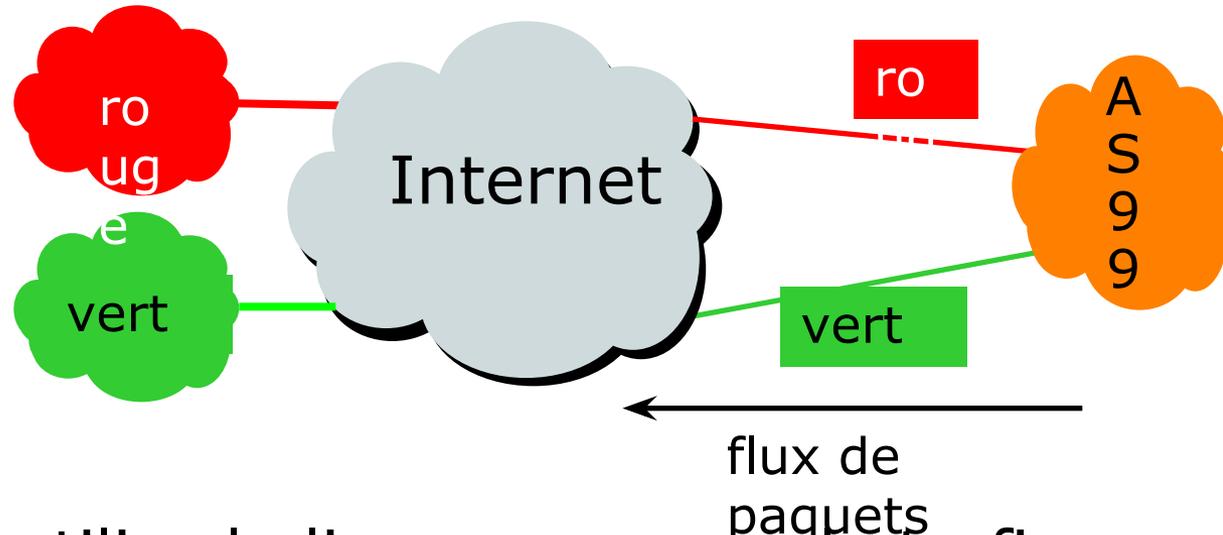


- Comme plusieurs chemins entre sites sont mis en œuvre, il est facile de voir comment les politiques peuvent devenir très complexes.

Politique de routage

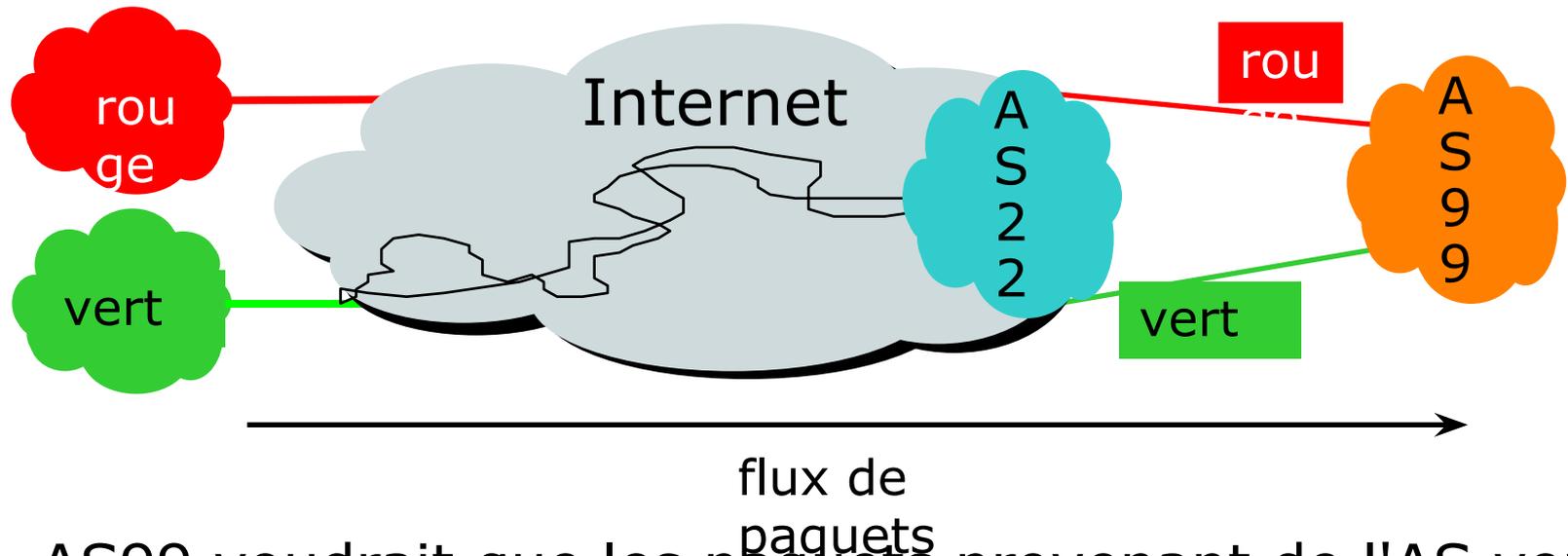
- Utilisé pour contrôler le trafic entrant et sortant du réseau ISP
- L'ISP prend des décisions sur les informations de routage à accepter et à écarter provenant de ses voisins
 - Routes individuelles
 - Routes émises par des ASes spécifiques
 - Routes traversant des ASes spécifiques
 - Routes appartenant à d'autres groupements
 - Les groupements dont vous définissez comme bon vous semble

Limitations de politique de routage



- AS99 utilise le lien rouge pour le trafic vers l'AS rouge et le lien vert pour le reste du trafic
- Pour mettre en œuvre cette politique, AS99 doit:
 - Accepter les itinéraires provenant de l'AS rouge sur le lien rouge
 - Acceptez toutes les autres voies sur le lien vert

Limitations de politique de routage



- AS99 voudrait que les paquets provenant de l'AS vert utilisent le lien vert.
- Mais à moins que AS22 coopère en poussant le trafic de l'AS vert vers le lien vert, AS99 ne peut faire que très peu pour atteindre cet objectif

Problèmes des politiques de routage

- October 2013:
 - 14690 IPv6 préfixes & 470000 IPv4 préfixes
 - Ce n'est pas réaliste d'établir une politique pour chacune d'elles individuellement
 - 45200 origin AS's
 - Trop nombreux pour essayer de créer des politiques individuelles pour chaque
- Les routes liées à un AS spécifique ou le chemin peuvent être instables indépendamment de la connectivité
- Solution: Les Groupes d' ASs sont une abstraction naturelles à des usages de filtrage

Protocoles de routage



Nous savons maintenant ce que
signifie le routage ...
... Mais qu'est-ce que les routeurs
obtiennent?
Et pourquoi faisons-nous cela de
toute façon?

1: Comment fonctionne le routage?

- Internet est constitué des fournisseurs de services Internet qui se connectent les uns aux autres
- Comment un fournisseur d'accès Internet au Kenya peut dire à un fournisseur de services Internet au Japon quels clients il a?
- Et comment est-ce que cet ISP peut envoyer des paquets de données aux clients du ISP au Japon, et obtenir des réponses
 - Après tout, comme sur l'Ethernet local, du flux de paquets à deux voies est nécessaire pour la communication entre deux dispositifs

2: Comment fonctionne le routage?

- L'ISP au Kenya pourrait acheter une connexion directe de l'ISP au Japon
 - Des milliers de fournisseurs d'accès auraient besoin de milliers de connexions, et le coût serait astronomique
- Au lieu de cela, l'ISP au Kenya peut dire aux ISP voisins les clients qu'il a
 - Et les ISP voisins transmettent cette information à leurs voisins, et ainsi de suite
 - Ce processus se répète jusqu'à ce que l'information parvienne à l'ISP au Japon

3: Comment fonctionne le routage?

- Ce processus est appelé " routage "
- Les mécanismes utilisés sont appelés " Protocoles de routage "
- Le routage et les protocoles de routage assurent que l'Internet puisse évoluer, et que des milliers d'ISP peuvent fournir une connectivité à l'autre, nous donnant ainsi l'Internet que nous connaissons aujourd'hui

4: Comment fonctionne le routage?

- L'ISP au Kenya ne transmet pas à ses voisins ISP les noms des ses clients
 - (Les équipements de réseau ne comprennent pas les noms)
- Il a reçu plutôt un bloc d'adresses IP en tant que membre du Registre Internet Régional desservant le Kenya
 - Ses clients ont reçu de l'espace d'adressage de ce bloc d'adresses dans le cadre de leur " service Internet "
 - Et il annonce ce bloc adresse à ses voisins ISP - c'est ce qu'on appelle l'annonce d'une " route "

Protocoles de routage

- Les routeurs utilisent " des protocoles de routage " pour échanger des informations de routage entre eux
 - **IGP** est utilisé pour désigner le processus en cours d'exécution sur les routeurs à l'intérieur d'un réseau ISP
 - **EGP** est utilisé pour désigner le processus en cours entre les routeurs voisins directement connectés aux réseaux ISP

Qu'est-ce qu'un IGP?

- Interior Gateway Protocol
- Est utilisé au sein d'un système autonome
- Comporte des informations sur les préfixes des infrastructures internes
- Deux IGP sont largement utilisés:
 - OSPF
 - ISIS

Pourquoi avons-nous besoin d'un IGP?

- Meilleure Conception du backbone de l'ISP
 - Hiérarchie
 - Limiter la portée de l'échec
 - Utilisé uniquement pour les adresses **d'infrastructure** des ISP, pas pour clients ou autres
 - L'objectif de conception est de minimiser le nombre des préfixes dans IGP pour faciliter l'évolutivité et la convergence rapide

Qu'est-ce qu'un EGP?

- Exterior Gateway Protocol
- Utilisé pour transmettre des informations de routage entre systèmes autonomes
- Découplée de l'IGP
- L'EGP actuel est BGP

Pourquoi avons-nous besoin d'un EGP?

- Concevoir un réseau étendu évolutif
 - Hiérarchie
 - Limiter la portée de l'échec
- Définir la frontière administrative
- Politiques
 - Contrôle de l'accessibilité des préfixes
 - Fusionner des organismes distincts
 - Connecter des IGP multiples

Comparaison entre Protocoles de routage Intérieur et Extérieur

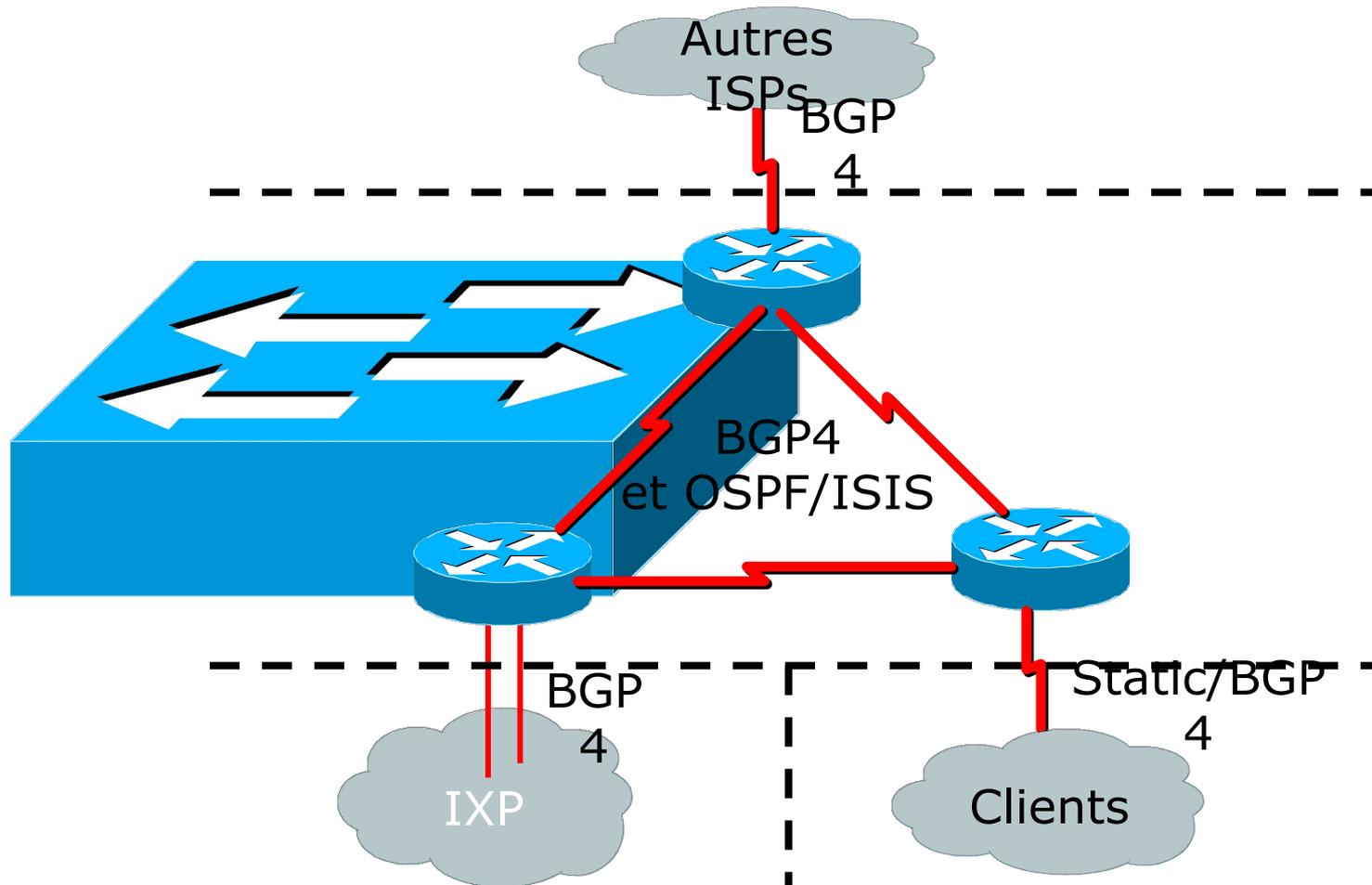
- Intérieur
 - découverte automatique de voisin
 - généralement fait confiance à ses routeurs IGP
 - préfixes vont à tous les routeurs IGP
 - lie les routeurs ensemble dans un seul AS
- Extérieur
 - Peers configurés spécialement
 - connexion avec les réseaux extérieurs
 - établir des limites administratives
 - lie les AS ensemble

Intérieur versus Extérieur

Protocoles de routage

- Intérieur
 - Transporte que des adresses de l'infrastructures ISP
 - Les ISP ont pour but de maintenir l'IGP petite pour l'efficacité et l'évolutivité
- Extérieur
 - Transporte des préfixes des clients
 - Transporte des préfixes Internet
 - Les EGPs sont indépendants de la topologie du réseau ISP

Hiérarchie des protocoles de routage



Cisco IOS: Distances Administratives par défaut

Route Source	Default Distance
Connected Interface	0
Static Route	1
Enhanced IGRP Summary Route	5
External BGP	20
Internal Enhanced IGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EGP	140
External Enhanced IGRP	170
Internal BGP	200
inconnu	255

Les bases du routage



**Atelier SI-F
AfNOG 2018, Dakar**