

Architecture de réseaux

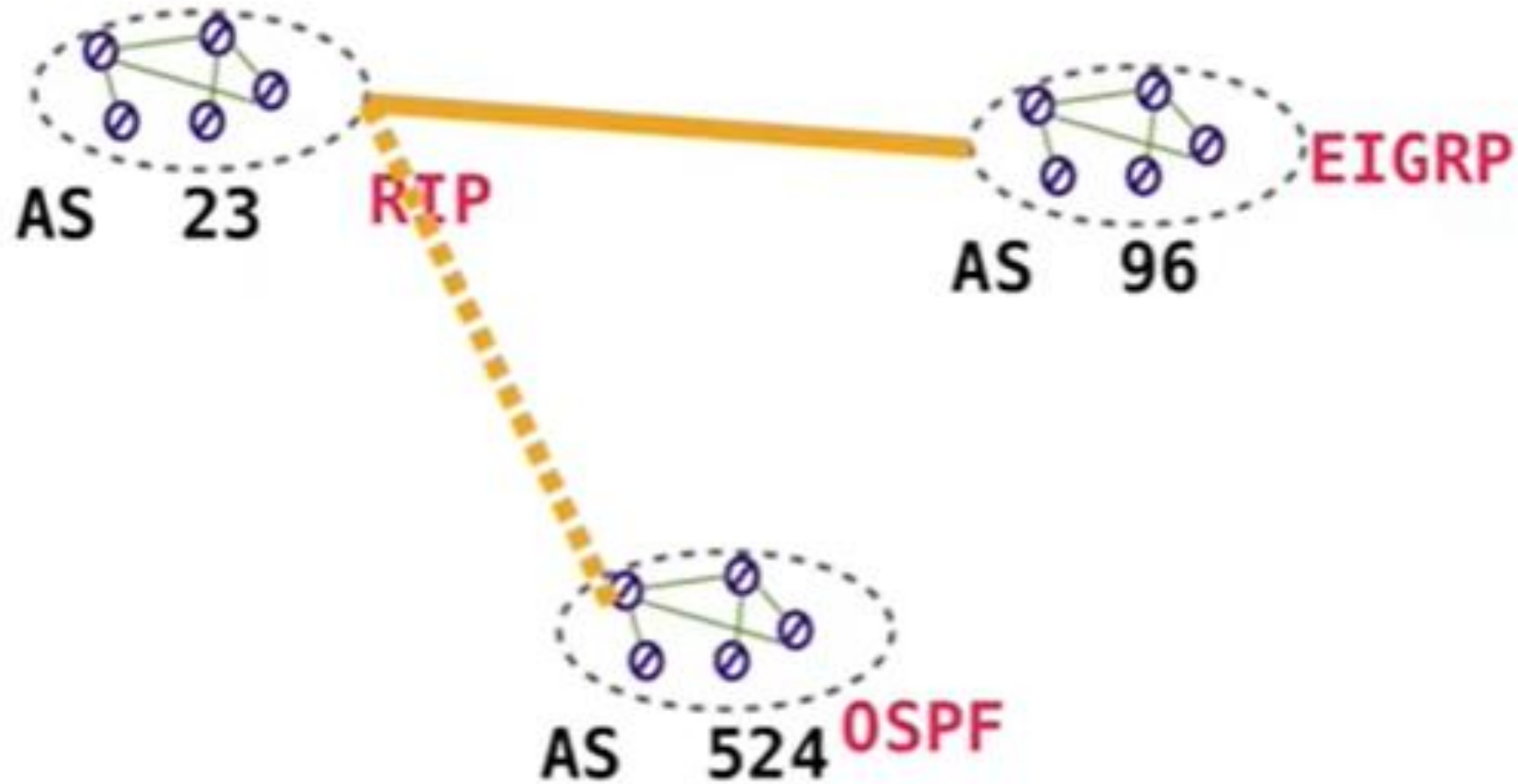
Enseignante: Judith Soulamite Nouho Noutat, Msc en Informatique

Chapitre 4: Conception de réseaux IP étendus avec BGP

Introduction

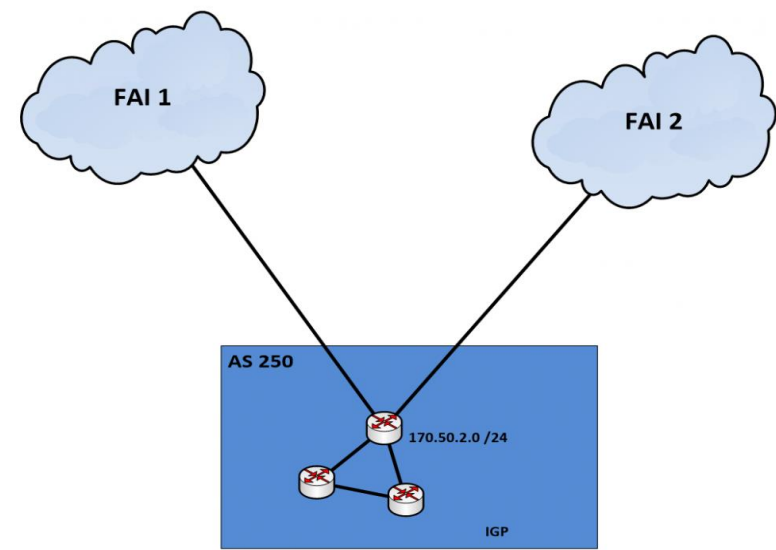
- Le protocole **BGP (Border Gateway Protocol)** est un protocole de routage intersystème autonome (AS, Autonomous System).
 - Protocole EGP (Exterior gateway protocol)
- La principale fonction d'un système qui utilise ce protocole est d'échanger des informations d'accessibilité de réseau avec d'autres systèmes BGP.
- BGP est un standard (interopérable)
- BGP est le protocole utilisé sur internet
- Convergence très lente

Introduction



Utilisation de BGP

- BGP est nécessaire :
 - Pour se connecter à plusieurs fournisseurs de connectivité (Multihoming).
 - Pour se connecter à un point d'échange entre opérateurs.
 - De tels points d'échange sont un outil essentiel pour la connectivité Internet d'un pays : ils permettent aux opérateurs d'un pays d'échanger du trafic directement.
 - Dans le cœur de réseau (Couche core/épine dorsale) d'une très grande entreprise



Quel matériel et logiciel choisir ?

- BGP tourne aujourd'hui sur les routeurs de haut de gamme ainsi que sur toute machine Unix.
- Les logiciels libres:
 - Unix+Zebra: permet de faire du BGP avec un simple PC, et un Unix libre comme Debian ou bien FreeBSD.
- Le système le plus utilisé pour les routeurs BGP est IOS (Internetwork Operating System) de Cisco.
- Les routeurs de Juniper, plus orientés vers le haut de gamme.
- Parmi les autres marques de routeurs BGP qui mettent beaucoup de documentations en ligne, citons Riverstone.



Registre BGP

- Contrairement aux IGP, les EGP comme BGP nécessitent une coordination centralisée : les routes apparaissent dans un espace commun, la DFZ (Default-Free Zone), l'ensemble des routeurs qui n'ont pas de route par défaut.
- Sur internet: **whois AS38566**
AS38566 – NTTCTNET

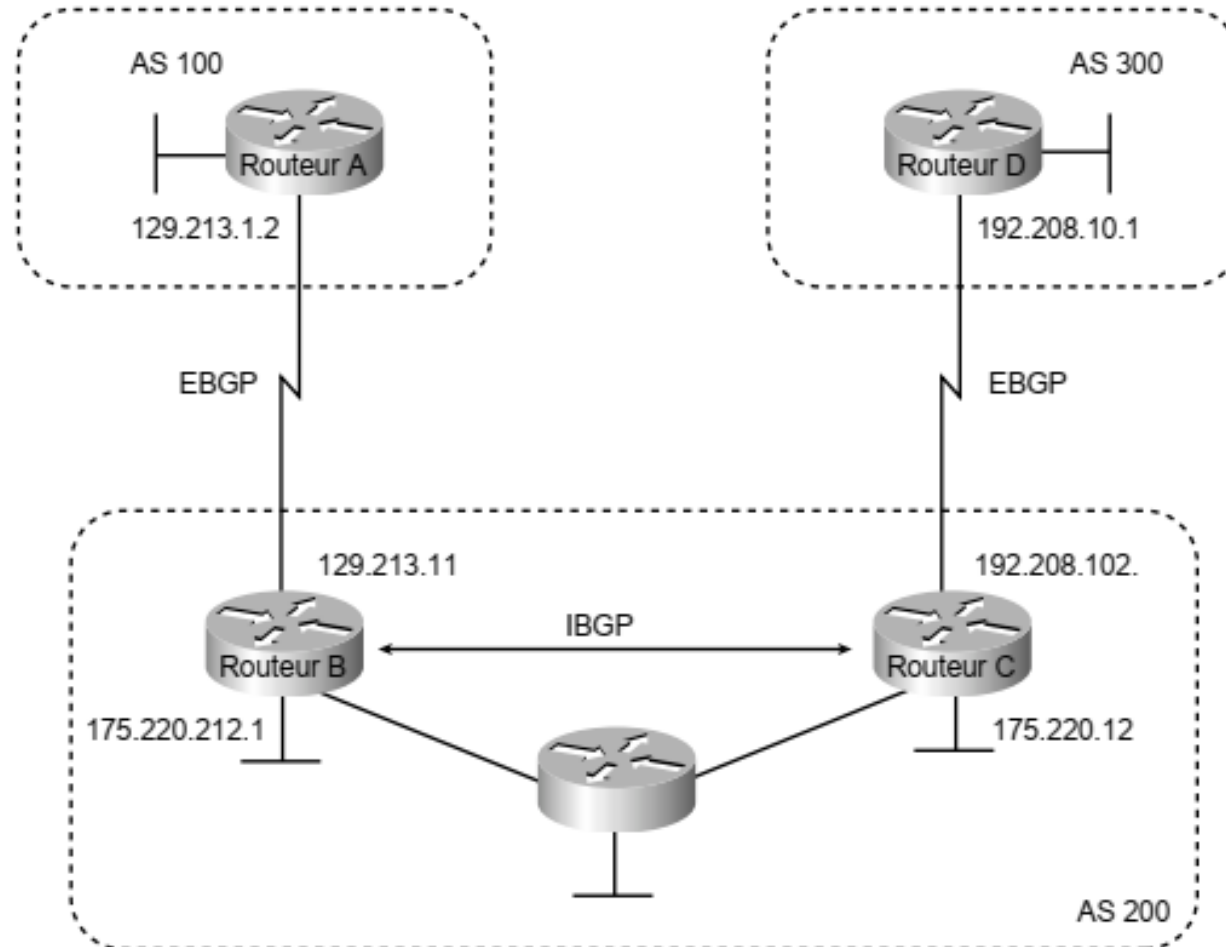
Country	Thailand
Website	global.ntt
Hosted domains	45
Number of IPv4	15,872
Number of IPv6	1.58×10^{29}
ASN type	ISP

Fonctionnement de BGP

- Les routeurs qui appartiennent au même système autonome et qui échangent des mises à jour BGP exécutent le protocole **BGP interne (IBGP, Internal BGP)**
- Les routeurs qui appartiennent à des systèmes autonomes différents et qui échangent également des mises à jour BGP exécutent le protocole **BGP externe (EBGP, External BGP)**.
- BGP utilise TCP (Transmission Control Protocol) comme protocole de transport (plus précisément, le port 179).
 - Deux routeurs ayant établi une connexion TCP afin d'échanger des informations de routage sont désignés par le terme **homologues (peer)** ou **voisins (neighbor)**.

EBGP - IBGP

Figure 4.1
*EBGP, IBGP et
plusieurs systèmes
autonomes.*



Fonctionnement de BGP

- Les informations de routage consistent en une série de numéros de AS qui décrivent le chemin complet vers le réseau de destination.
 - BGP les exploite pour construire une carte exempte de boucle de AS.
- Les homologues BGP échangent au départ leurs tables de routage BGP complètes.
 - Ensuite, seules les mises à jour différentielles sont envoyées.
 - Ils échangent aussi des messages **keepalive** pour vérifier l'activité des lignes ainsi que des messages de notification en réponse à des erreurs ou des conditions spéciales.

Types de messages BGP

- **Open packet** : Il permet de démarrer une relation de voisinage.
 - C'est le premier message envoyé après qu'une session TCP soit établie.
 - Il contient entre autre la version BGP, l'ID du routeur (l'IP d'une des interfaces), le numéro de l'AS local, et le Hold Down Timer (temps max entre deux messages BGP avant de clore la session).
- **Keep Alive** : Permet de maintenir la relation BPG.
 - Comme BGP n'envoie des MAJ que lors ce que c'est nécessaire (après un changement), il est fort probable que les routeurs ne discutent pas pendant longtemps (si il n'y a pas de changement).
 - Pour s'assurer que la relation de voisinage tient toujours (et que le voisin est toujours là), des Keep Alive sont envoyés.
- **Update** : Permet d'annoncer de nouvelles routes, ou d'en retirer.
 - Quand on annonce une nouvelle route, on donne l'AS Path avec.
 - Il s'agit du chemin que va emprunter le paquet pour arriver à destination.
 - Si le routeur qui reçoit la route pour une destination voit son propre AS dans l'AS Path, il va refuser la route (car cela causerait une boucle de routage).
- **Notification** : Informe le voisin qu'il y a un problème.
 - La relation BGP est arrêtée (ainsi que la session TCP) et le routeur repasse en mode Idle.

Qui gère les systèmes autonomes ?

- Les systèmes autonomes appartiennent généralement à des fournisseurs d'accès à Internet (FAI) ou à d'autres grandes organisations, telles que les sociétés de technologie, les universités, les agences gouvernementales et les institutions scientifiques.
- Chaque AS souhaitant échanger des informations de routage doit disposer d'un numéro de système autonome enregistré (ASN, Autonomous System Number).
- L'IANA (Internet Assigned Numbers Authority, l'autorité d'attribution des nombres sur Internet) attribue des ASN aux registres Internet régionaux (RIR), qui les attribuent ensuite aux FAI et aux réseaux.
- Les ASN se présentent sous la forme de nombres au format 16 bits compris entre 1 et 65534, ainsi que de nombres au format 32 bits compris entre 131072 et 4294967294.
 - Ces ASN sont nécessaires UNIQUEMENT pour le routage BGP externe.

BGP et cartes de routage

- Les cartes de routage (route-maps) sont comme des "scripts de règles" que l'on attache aux sessions BGP.
 - Elles permettent de filtrer, modifier ou redistribuer les routes selon des critères bien définis.
 - Elles sont très puissantes pour mettre en œuvre des politiques de routage fine entre AS.
- Une route-map fonctionne un peu comme une liste de règles conditionnelles:
 - Elle est composée de plusieurs entrées numérotées (par exemple : route-map MAP-BGP permit 10, route-map MAP-BGP deny 20, etc.).
 - Chaque entrée peut faire correspondre (match) certains critères (par exemple une adresse IP, un AS-path, une communauté).
 - Si la correspondance est trouvée, on peut appliquer une action (par exemple, modifier un attribut).

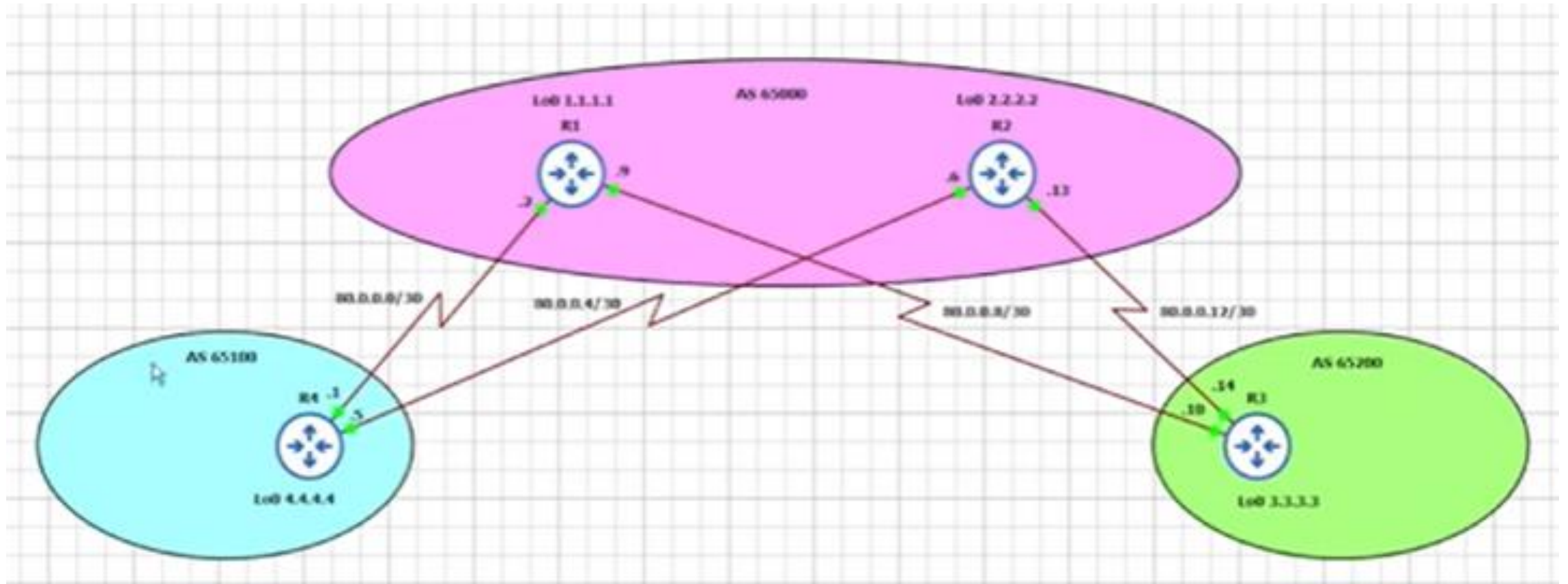
Annonces de réseaux

- Un réseau situé sur un système autonome est dit originaire de ce réseau.
- Pour informer les autres AS de l'existence de ses réseaux, un AS les annonce.
 - Pour cela, BGP offre trois méthodes :
 - **redistribution de routes statiques ;**
 - **redistribution de routes dynamiques ;**
 - **utilisation de la commande network.**

Attributs de BGP

- Lorsqu'un routeur BGP reçoit des mises à jour en provenance de plusieurs systèmes autonomes qui décrivent différents chemins vers une même destination, il doit choisir le meilleur et unique itinéraire pour l'atteindre, puis le propager vers ses voisins.
- La décision est fondée sur la valeur des attributs (comme le prochain saut, les poids administratifs, la préférence locale, l'origine de la route et la longueur du chemin) que la mise à jour contient, ainsi que sur d'autres facteurs configurables par BGP.

Attributs de BGP



Attributs de BGP

- Les attributs et les facteurs que BGP utilise dans son processus de prise de décision:

Numéro	Attribut	Catégorie	Préférence	Description
0	Next-Hop	Well-known, Mandatory		Ignorer les routes ayant un next hop inaccessible
1	Weight	Optional, Local	Le plus haut	Permet de favoriser un voisin. Se configure en local, n'est pas annoncé
2	Local Preference	Well-known, Discretionary	Le plus haut	Métrique appliquée sur une route annoncée dans l'AS (pour les voisins iBGP)
3	Self Originated			Favoriser les routes annoncées par le routeur lui-même (commande Network, Aggregate ou Redistribute)
4	AS Path	Well-known, Mandatory	Le plus court	Choisir la route passant par le moins d'AS
5	Origin	Well-known, Mandatory	IGP<EGP<Inconnue	Préférer une route IGP par rapport à une eBGP. Le type inconnu survient quand une route est redistribuée dans BGP
6	MED	Optional, Non-Transitive	Le plus bas	Permet d'influencer le choix du routeur pour entrer dans l'AS
7	BGP AD		eBGP	Préférer une route apprise par eBGP
8	IGP Cost		La plus basse	Choisir la route avec la métrique iBGP la plus basse vers le Next Hop
9	Multipath			Déterminer si plusieurs routes doivent être installées pour faire du Multipath
10	Age		Le plus ancienne	Ne pas remplacer une route par une nouvelle route qui arrive à égalité au point 9 (même si elle est meilleure sur les points 11, 12, 13)
11	Router ID	Optional, Non-Transitive	Le plus bas	Choisir la route venant du routeur avec l'ID le plus bas
12	Originator ID	Optional, Non-Transitive		Le routeur ignore la route si l'Originator-ID est son propre ID
13	Neighbor address		La plus basse	Choisir la route venant du voisin avec l'IP la plus faible

Critères de sélection de chemin BGP

- BGP ne sélectionne qu'un seul chemin comme meilleur itinéraire.
 - Après l'avoir sélectionné, il le place dans sa table de routage et le transmet à ses voisins.
- Il suit la procédure de sélection ci-dessous pour choisir un itinéraire :
 - 1) Si le chemin spécifie un prochain saut qui est inaccessible, il ignore la mise à jour.
 - 2) Il donne la préférence au chemin comprenant le poids le plus élevé.
 - 3) Si les poids sont identiques, il donne la préférence au chemin qui a la plus grande valeur de préférence locale.
 - 4) Si les valeurs de préférence locale sont les mêmes, il choisit le chemin qui a été transmis par le BGP exécuté sur le présent routeur.
 - 5) Si aucune route ne provient du présent routeur, il choisit le chemin d'attribut AS_path le plus court.
 - 6) Si tous les chemins possèdent la même longueur d'attribut AS_path, il choisit le chemin avec le type d'origine le plus faible (où IGP est inférieur à EGP, qui est lui-même inférieur à Incomplete).
 - 7) Si les codes d'origine sont les mêmes, il choisit le chemin dont l'attribut MED est le plus faible.
 - 8) Si les itinéraires possèdent le même attribut MED, le chemin externe a l'avantage sur le chemin interne.
 - 9) Si les chemins sont toujours les mêmes, il choisit celui passant par le voisin IGP le plus proche.
 - 10) Il choisit le chemin avec l'adresse IP la plus faible, comme spécifié par l'ID du routeur BGP

Stratégies de routage BGP

- Les stratégies BGP permettant de contrôler le flux des mises à jour:
 - les distances administratives ;
 - le filtrage BGP ;
 - les groupes d'homologues BGP ;
 - le routage CIDR et les agrégats d'adresses ;
 - les confédérations ;
 - les réflecteurs de route ;
 - le contrôle d'instabilité de route.

Types de tables BGP

- Le protocole BGP (Border Gateway Protocol) utilise 3 tables pour gérer les routes entre systèmes autonomes (AS).
 - Ces tables permettent à BGP de stocker, sélectionner et propager les meilleures routes selon des critères bien définis.
- **BGP Neighbors table:** Table contenant la liste des voisins à qui le nœud est connecté

```
R4#show ip bgp summary
BGP router identifier 40.0.2.1, local AS number 100
BGP table version is 1, main routing table version 1

Neighbor      V    AS MsgRcvd MsgSent   TblVer   InQ  OutQ Up/Down   State/PfxRcd
14.0.0.1      4    300      7       7         1     0     0 00:03:18         0
```

Types de tables BGP

- **BGP table:** Table contenant toutes les routes BGP reçues des voisins (peers).

```
R1(config-router)#do show ip bgp
BGP table version is 32, local router ID is 1.1.1.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Scale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*>16.0.0.0/24       2.2.2.2           0      100           0 400 600 1
* 1                 3.3.3.3           0      100           0 500 700 600 1
*>16.0.1.0/24       2.2.2.2           0      100           0 400 600 1
* 1                 3.3.3.3           0      100           0 500 700 600 1
*>16.0.2.0/24       2.2.2.2           0      100           0 400 600 i
* 1                 3.3.3.3           0      100           0 500 700 600 i
* 17.0.0.0/24       2.2.2.2           0      100           0 400 600 700 ?
*>1                 3.3.3.3           0      100           0 500 700 ?
* 17.0.1.0/24       2.2.2.2           0      100           0 400 600 700 ?
```

Types de tables BGP

- **Table de routage BGP:** Table interne où BGP conserve les meilleures routes sélectionnées

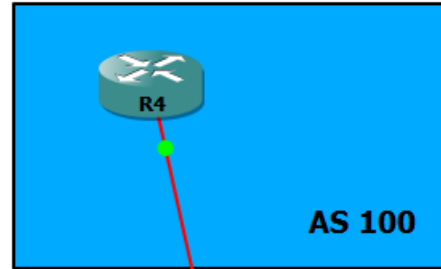
```
R3#show ip route
      1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       1.1.1.1 [110/129] via 10.0.23.2, 00:55:20, Serial0/0
      50.0.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
B       50.0.2.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:54:20
B       50.1.1.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:01:30
B       50.0.0.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:02:31
B       50.1.0.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:02:01
B       50.0.1.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:02:01
      35.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       35.0.0.0 is directly connected, Serial0/1
      3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C       3.3.3.3 is directly connected, Loopback0
      10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O       10.0.12.0 [110/128] via 10.0.23.2, 00:56:26, Serial0/0
C       10.0.23.0 is directly connected, Serial0/0
```

Exemple de configuration BGP

- Topologie

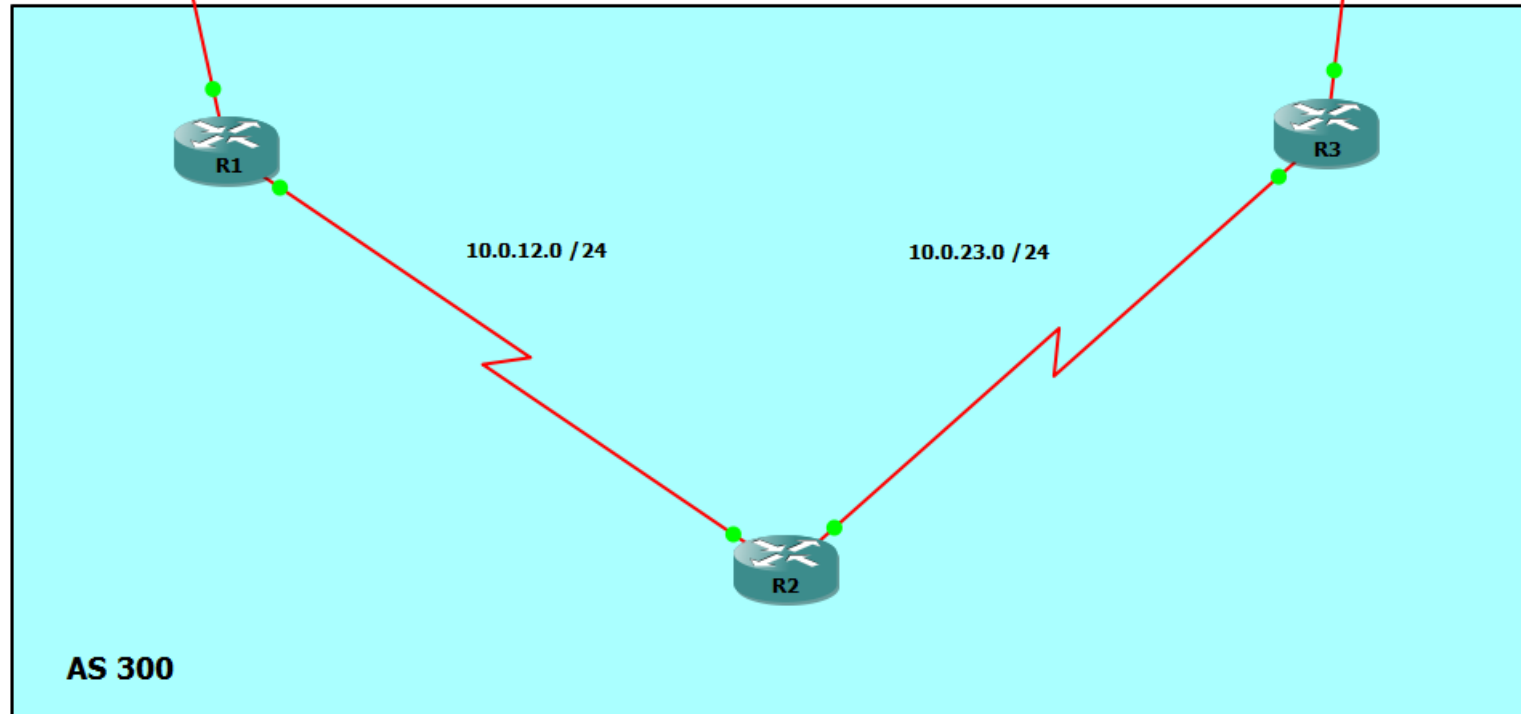
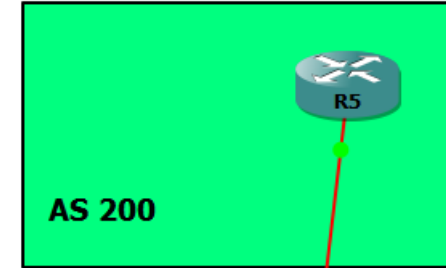
Loopback R4 :

- 40.0.0.0 / 24
- 40.0.1.0 / 24
- 40.0.2.0 / 24



Loopback R5 :

- 50.0.0.0 / 24
- 50.0.1.0 / 24
- 50.0.2.0 / 24



Routage en place :

- eBGP entre R1 et R4
- eBGP entre R3 et R5
- iBGP entre R1 et R3
- OSPF entre R1, R2 et R3

Configuration de base

- Noms des équipements
- Sécurité des lignes console et vty
- Adresses IP
- Interfaces Loopback
- OSPF sur R1, R2 et R3

Relations de voisinage BGP (eBGP)

- Relation eBGP (Routeur R1)
 - Tout d'abord, entrer dans le mode BGP en spécifiant le numéro d'AS
R1(config)#router bgp 300
 - Puis ajouter une relation de voisinage (On spécifie l'IP du voisin ainsi que son AS):
R1(config-router)#neighbour 14.0.0.4 remote-as 100
- Relation eBGP (Routeur R4)
R4(config)#router bgp 100
R4(config-router)#neighbor 14.0.0.1 remote-as 300
- R3 et R5
R3(config)#router bgp 300
R3(config-router)#neighbor 35.0.0.5 remote-as 200

R5(config)#router bgp 200
R5(config-router)#neighbor 35.0.0.3 remote-as 300

Relations de voisinage BGP (eBGP)

- On peut voir la liste des relations comme ceci:

```
R4#show ip bgp summary
BGP router identifier 40.0.2.1, local AS number 100
BGP table version is 1, main routing table version 1

Neighbor      V    AS MsgRcvd MsgSent   TblVer  InQ  OutQ Up/Down  State/PfxRcd
14.0.0.1      4    300      7       7        1    0    0 00:03:18      0
```

- Les relations sont créées.
 - Ce sont des relations eBGP car elles se mettent en place entre deux Autonomous System.

Relations de voisinage BGP (iBGP)

- Relation iBGP
 - Pour une relation iBGP, il est conseillé d'utiliser une IP de Loopback comme IP de voisin.
- Sur R1 et R3, ajouter une interface de Loopback. Ne pas oublier d'inclure cette interface dans le processus OSPF.

```
R1(config)#interface loopback 0  
R1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.255  
R1(config)#router ospf 1  
R1(config-router)#network 1.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

```
R3(config)#interface loopback 0  
R3(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.255  
R3(config)#router ospf 1  
R3(config-router)#network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 0
```

Relations de voisinage BGP (iBGP)

- Ensuite, configurer la relation BGP :

R1(config)#router bgp 300

R1(config-router)#neighbor 3.3.3.3 remote-as 300

R3(config)#router bgp 300

R3(config-router)#neighbor 1.1.1.1 remote-as 300

- Il faut changer la source des messages pour cette relation de voisinage :

R1(config-router)#neighbor 3.3.3.3 update-source loopback 0

R3(config-router)#neighbor 1.1.1.1 update-source loopback 0

Relations de voisinage BGP (iBGP)

```
R1#show ip bgp summary
```

```
BGP router identifier 14.0.0.1, local AS number 300
```

```
BGP table version is 1, main routing table version 1
```

Neighbor	V	AS	MsgRcvd	MsgSent	TblVer	InQ	OutQ	Up/Down	State/PfxRcd
3.3.3.3	4	300	5	5	1	0	0	00:01:34	0
14.0.0.4	4	100	44	44	1	0	0	00:40:00	0

Relation eBGP avec IP de Loopback

R3(config-router)#neighbor 5.5.5.5 ebgp-multihop 2

R5(config-router)#neighbor 3.3.3.3 ebgp-multihop 2

- Il est nécessaire d'utiliser cette commande, car par défaut, une relation eBGP ne peut pas s'établir sur une distance de plus de 1 saut

Distribution de route

- Les routes ne sont pas redistribuées par BGP.
- La commande « Neighbor » ne fait qu'établir la relation BGP.
- Pour annoncer des réseaux (les incluent dans le processus BGP), voici la procédure :

R4(config)#router bgp 100

R4(config-router)#network 40.0.0.0 mask 255.255.255.0

R4(config-router)#network 40.0.1.0 mask 255.255.255.0

R4(config-router)#network 40.0.2.0 mask 255.255.255.0

R5(config)#router bgp 200

R5(config-router)#network 50.0.0.0 mask 255.255.255.0

R5(config-router)#network 50.0.1.0 mask 255.255.255.0

R5(config-router)#network 50.0.2.0 mask 255.255.255.0

Distribution des routes par iBGP

- La relation iBGP entre R1 et R3 ne semble pas permettre la redistribution des routes apprises par eBGP.
- Vous pouvez voir cela sur la table de routage. R3 ne connaît pas les réseaux 40.0.0.0 /22

```
R3#show ip route
      1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       1.1.1.1 [110/129] via 10.0.23.2, 00:55:20, Serial0/0
      50.0.0.0/24 is subnetted, 5 subnets
B       50.0.2.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:54:20
B       50.1.1.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:01:30
B       50.0.0.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:02:31
B       50.1.0.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:02:01
B       50.0.1.0 [20/0] via 35.0.0.5, 00:02:01
      35.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       35.0.0.0 is directly connected, Serial0/1
      3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C       3.3.3.3 is directly connected, Loopback0
      10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O       10.0.12.0 [110/128] via 10.0.23.2, 00:56:26, Serial0/0
C       10.0.23.0 is directly connected, Serial0/0
```


Distribution des routes par iBGP

- Il va donc falloir changer le Next-Hop au moment où R3 annonce les routes à R1.
- R3 va changer le Next-Hop par son IP quand il va redistribuer des routes à R1.
R3(config)#router bgp 300
R3(config-router)#neighbor 1.1.1.1 next-hop-self
- Pareil pour R1 :
R1(config)#router bgp 300
R1(config-router)#neighbor 3.3.3.3 next-hop-self
- Vérification:
R3#show ip route

Les trous noirs causés par BGP

```
R4#ping 50.0.0.1

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 50.0.0.1, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
```

- R2 ne connaît pas la route vers 50.0.0.0 /22.
 - Car celle-ci a été annoncée en BGP. La MAJ est venue de R5, elle est passée par R3 puis a traversé R2 (sans que celui-ci ne la prenne en compte), puis elle est arrivée à R1 (puis R4).
 - Au final, R2 a bien reçu la MAJ. Sauf que comme il n'utilise pas BGP (et donc qu'il n'a pas de relation de voisinage), il ne la pas assimilée. Il s'est contenté de la dirigé vers sa destination (R1).

Les trous noirs causés par BGP

- 3 solutions :
 - Mettre en place un lien direct entre R1 et R3
 - Redistribuer les routes BGP dans OSPF (R2 va donc les assimiler)
 - Mettre en place BGP sur R2

Questions de révision

- 1- Quelle est la différence entre IBGP et EBGP?
- 2- Quels sont les principaux attributs BGP utilisés dans le processus de sélection du meilleur chemin ?
- 3- Citer les tables utilisées par BGP?
- 4- Citer les messages BGP?