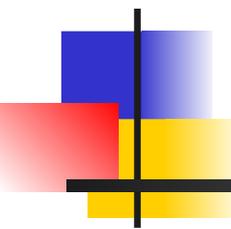


Lyon 1



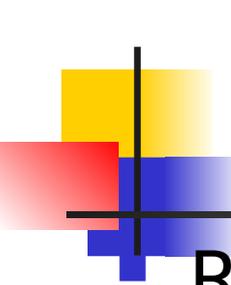
3.C : Routage IP

Olivier GLÜCK

Université LYON 1 / Département
Informatique

Olivier.Gluck@univ-lyon1.fr

<http://perso.univ-lyon1.fr/olivier.gluck>



Le routage dans IP

■ Routeur :

- passerelle entre sous-réseaux
- une adresse IP par interface (par sous-réseau)
- communications à l'intérieur d'un même sous-réseau sans passer par un routeur
- acheminement à partir de l'@ destination (& logique avec le netmask de chaque entrée de la table de routage)

■ Mise à jour de la table de routage :

- Manuelle = **routage statique**
 - commande "route" des stations unix
 - langage de commande des routeurs (ip route ...)

- Automatique = **routage dynamique**

- processus sur les stations et les routeurs

- échanges d'informations de routage :
protocoles de routage

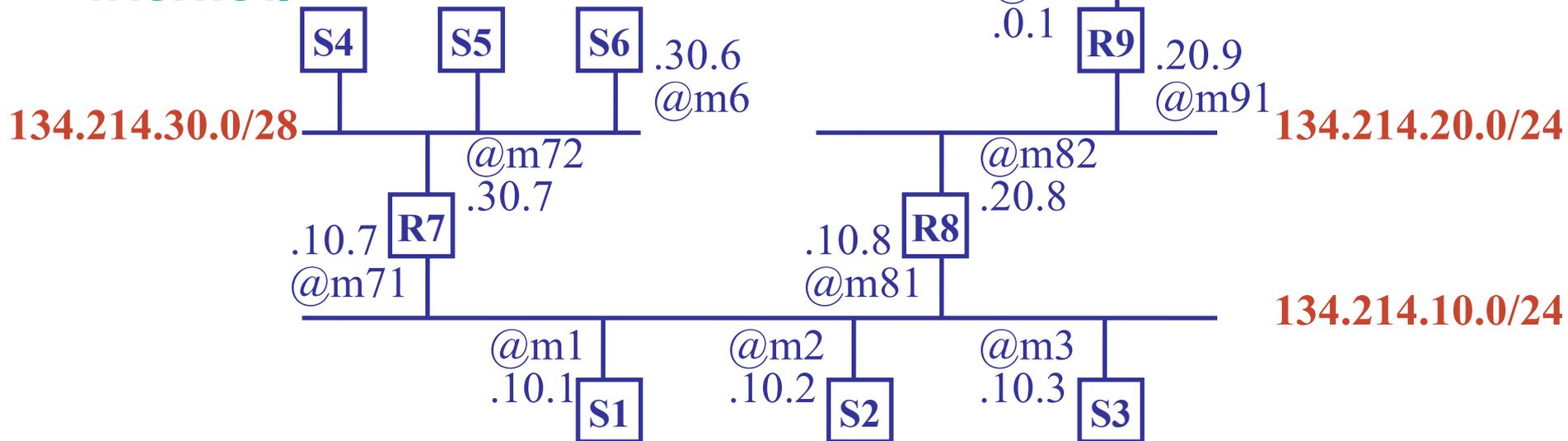
Exemple de routage IPv4

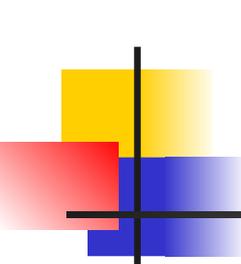
Table de routage de S2

destination	netmask	gateway	int	cost
134.214.10.0	255.255.255.0	-	eth0	0
134.214.30.0	255.255.255.240	134.214.10.7	-	1
default	0.0.0.0 ou /0	134.214.10.8	-	-

0.0.0.0/0 est la route par défaut.

C'est le réseau de plus grande taille qui représente tout l'Internet.





Routage statique

- La commande **ip route** permet d'indiquer une route :
 - vers un réseau (net) ou vers un équipement (host)
 - ou une route par défaut (default)
- Syntaxe :

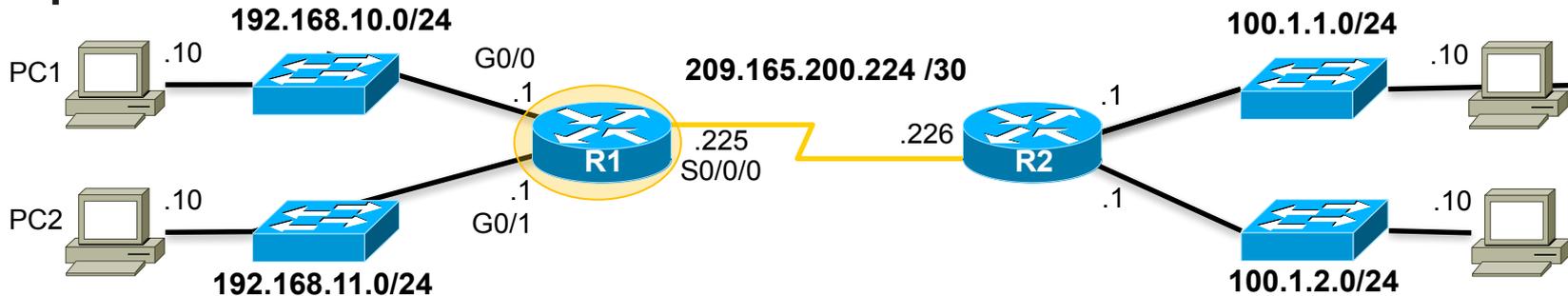
```
ip route add |delete [net|host]
  destination |default gateway metric
```
- En général, sur les équipements non routeur, on définit uniquement une route par défaut

Exemple de table de routage d'hôte IPv4



```
C:\Users\PC1> netstat -r
<Output omitted>
IPv4 Route Table
=====
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway           Interface        Metric
0.0.0.0                    0.0.0.0          192.168.10.1     192.168.10.10   25
127.0.0.0                  255.0.0.0        On-link          127.0.0.1       306
127.0.0.1                  255.255.255.255  On-link          127.0.0.1       306
127.255.255.255           255.255.255.255  On-link          127.0.0.1       306
192.168.10.0               255.255.255.0    On-link          192.168.10.10   281
192.168.10.10             255.255.255.255  On-link          192.168.10.10   281
192.168.10.255            255.255.255.255  On-link          192.168.10.10   281
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link          127.0.0.1       306
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link          192.168.10.10   281
255.255.255.255           255.255.255.255  On-link          127.0.0.1       306
255.255.255.255           255.255.255.255  On-link          192.168.10.10   281
=====
<Output omitted>
```

Table de routage d'un routeur IPv4



```
R1#show ip route
```

```
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2  
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP  
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area  
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR  
P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
100.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
D 100.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0
```

```
D 100.1.2.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Serial0/0/0
```

```
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
```

```
C 192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

```
L 192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

```
192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
```

```
C 192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```

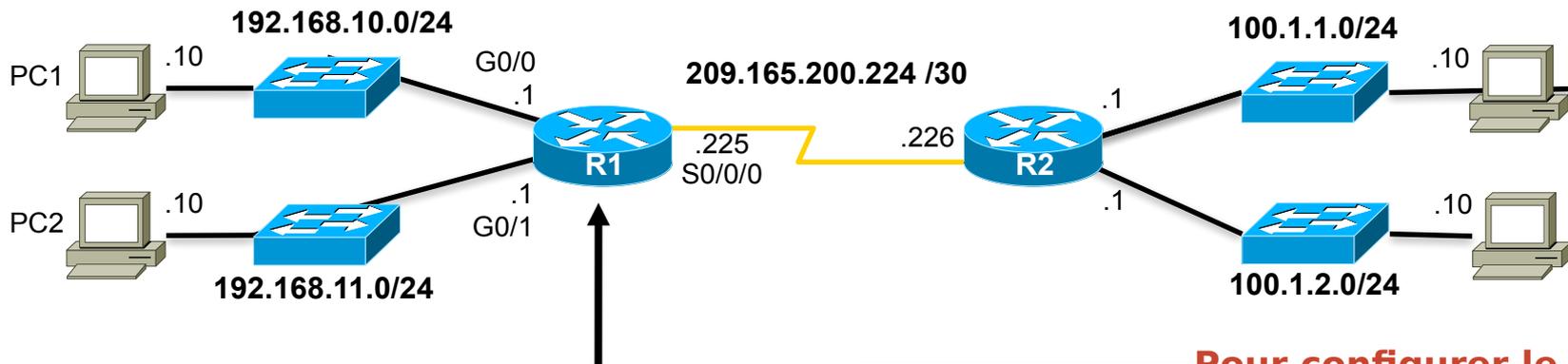
```
L 192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```

```
209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
```

```
C 209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
L 209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
```

Etapes de la configuration d'un routeur



```
Router> enable
Router# configure terminal
Enter configuration commands, one per line.
Terminez par CNTL/Z.
Router(config)# hostname R1
R1(config)#
```

OU

```
Router> en
Router# conf t
Enter configuration commands, one per line.
Terminez par CNTL/Z.
Router(config)# ho R1
R2(config)#
```

Pour configurer le routeur
Donne un nom au routeur

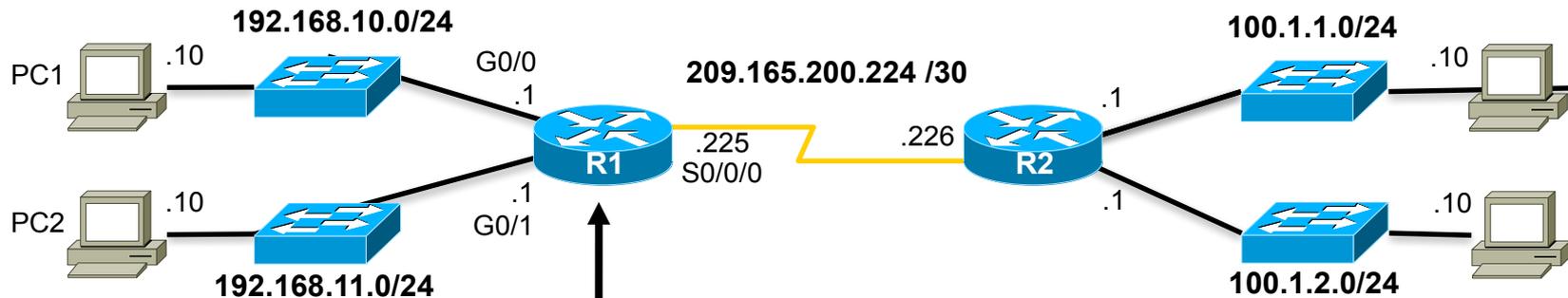
```
R1(config)# ip route 100.1.1.0/24 209.165.200.226
R1(config)# ip route 100.1.2.0/24 209.165.200.226
R1(config)#
```

Ajout des routes vers les 2 réseaux distants

```
R1# copy running-config startup-config
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
```

Sauvegarde de la configuration courante pour le prochain démarrage du routeur

Configuration des interfaces d'un routeur



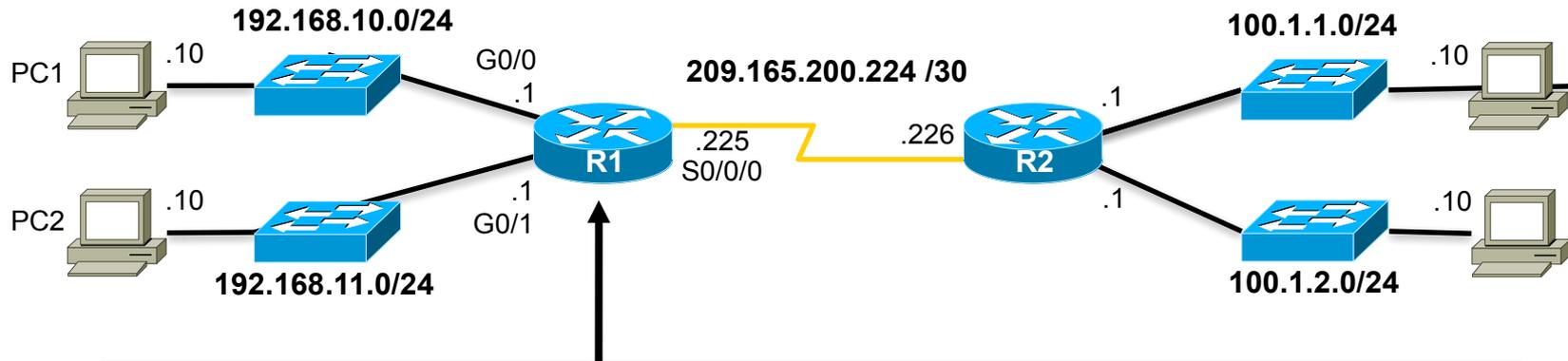
```
R1# conf t
Enter configuration commands, one per line.  Terminez par CNTL/Z.
R1(config)#
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)# ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
R1(config-if)# description Link to LAN-10
R1(config-if)# no shutdown
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0,
changed state to up
R1(config-if)# exit
R1(config)#
R1(config)# int g0/1
R1(config-if)# ip addr 192.168.11.1 255.255.255.0
R1(config-if)# des Link to LAN-11
R1(config-if)# no shut
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/1, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/1,
changed state to up
R1(config-if)# exit
R1(config)#
```

**Configuration
de l'interface
G0/0**

**Configuration
de l'interface
G0/1**

**Il manque la configuration de
S0/0/0**

Vérification de la config. des interfaces



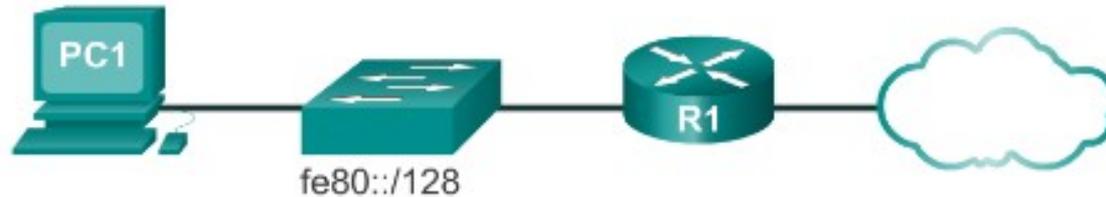
```
R1# show ip interface brief
Interface                IP-Address      OK? Method Status          Protocol
GigabitEthernet0/0      192.168.10.1   YES manual up              up
GigabitEthernet0/1      192.168.11.1   YES manual up              up
Serial0/0/0              209.165.200.225 YES manual up              up
Serial0/0/1              unassigned     YES NVRAM  administratively down down
Vlan1                    unassigned     YES NVRAM  administratively down down
R1#
R1# ping 209.165.200.226

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 209 165 200 226, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/9 ms

R1#
```

Exemple de table de routage d'hôte IPv6

fe80::2c30:3071:e718:a926/128
2001:db8:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128



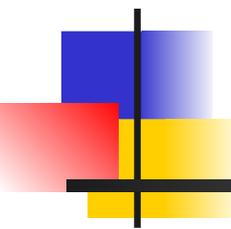
```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

```
<Output omitted>
```

```
IPv6 Route Table
```

```
-----  
Active Routes:
```

If	Metric	Network Destination	Gateway
16	58	::/0	On-link
1	306	::1/128	On-link
16	58	2001::/32	On-link
16	306	2001:0:9d38:953c:2c30:3071:e718:a926/128	On-link
15	281	fe80::/64	On-link
16	306	fe80::/64	On-link
16	306	fe80::2c30:3071:e718:a926/128	On-link
15	281	fe80::b1ee:c4ae:a117:271f/128	On-link
1	306	ff00::/8	On-link
16	306	ff00::/8	On-link
15	281	ff00::/8	On-link

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a vertical black line intersecting a horizontal black line. To the left of the intersection are three overlapping squares: a blue one on top, a red one on the left, and a yellow one on the bottom.

Les protocoles de routage de l'Internet

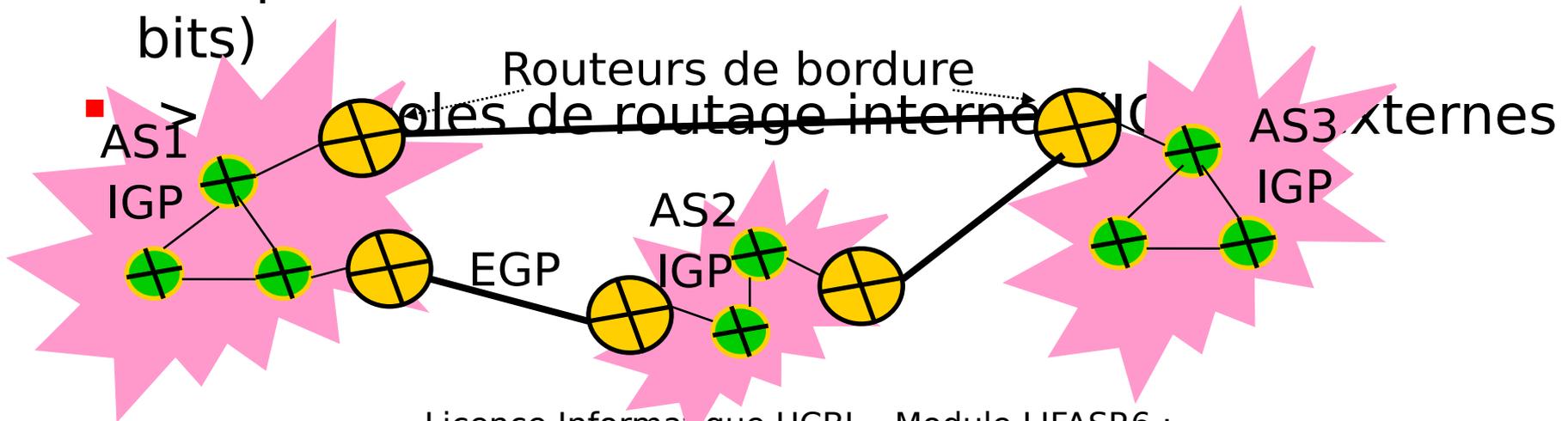
Systemes autonomes

Routage interne : RIP et OSPF

Routage externe : EGP et BGP

Systemes autonomes (rappels)

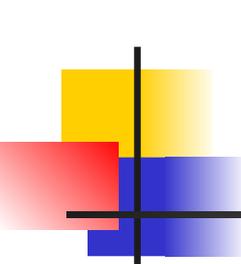
- Autonomous System (AS)
 - ensemble de reseau et de routeurs sous une administration unique (entreprise, campus, reseau regional, coeur de reseau national, ...)
 - permet de limiter les echanges d'informations de routage
 - chaque AS se voit attribuer un numero d'AS (16 bits)



Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 :
Réseaux

Protocoles de routage de l'Internet

- Protocoles de routage internes (intra-AS)
 - **RIP** (RFC 1058), RIP-2 (RFC 1721 à 1724)
 - Routing Information Protocol
 - type vecteur de distance
 - **OSPF** - Open Short Path First (RFC 2178)
 - type état de liens
- Protocoles de routage externes (inter-AS)
 - **EGP** - Exterior Gateway Protocol (RFC 827)
 - premier protocole externe utilisé dans Internet
 - **BGP** - Border Gateway Protocol (RFC 1771)
 - définit les échanges internes au domaine (iBGP) et externes (eBGP)

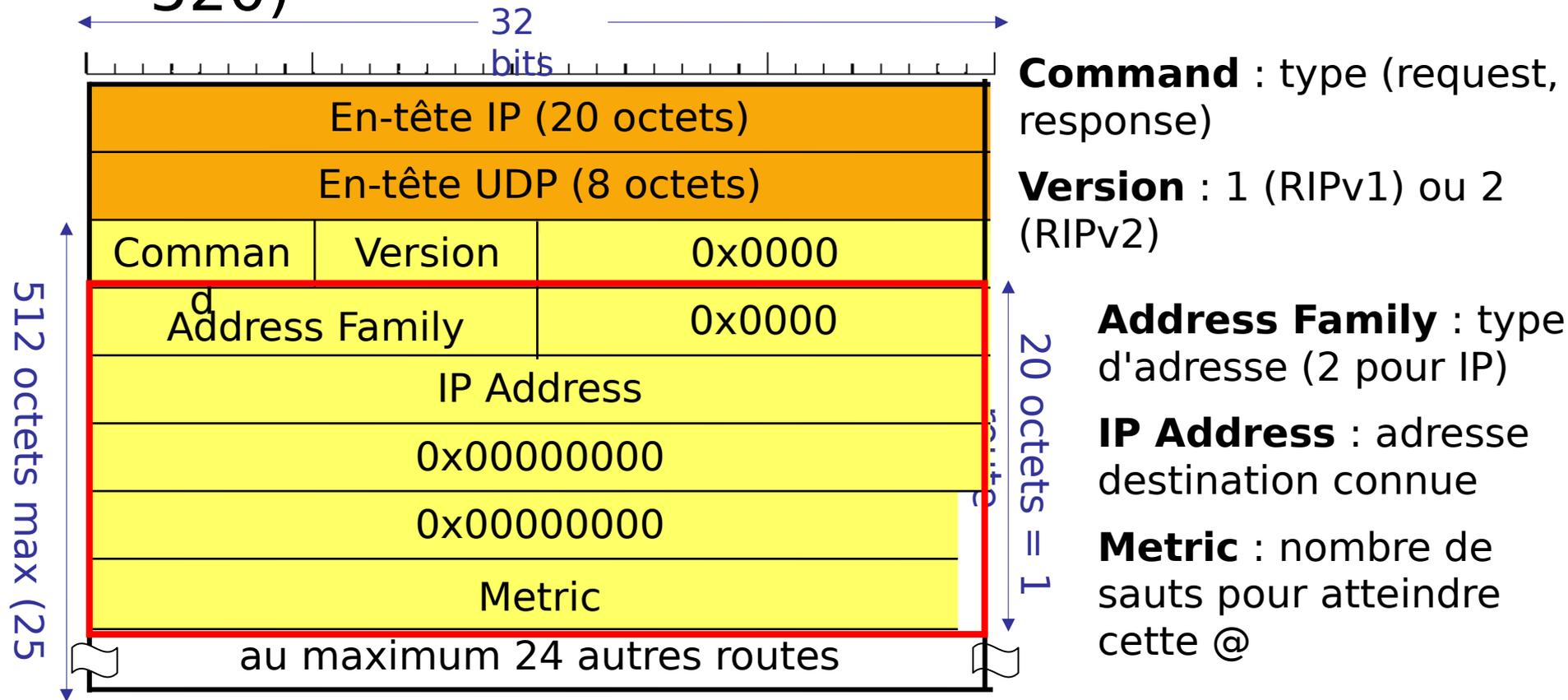


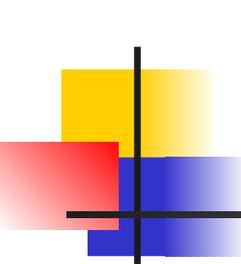
RIP - Principe

- Un nœud construit sa table de routage en fonction des vecteurs de distance reçus de ses voisins
- métrique = nombre de sauts (entre 1 et 15)
 - 16 = valeur maximum (représente l'infini)
 - utilisable uniquement à l'intérieur de domaines peu étendus
- Le routeur diffuse toutes les 30 secondes un message RIP à ses voisins contenant la liste des réseaux qu'il peut atteindre avec leur distance
 - si aucun message pendant 180s, route inaccessible (d=16)

RIP - Message RIPv1

- Encapsulé dans un datagramme UDP (port 520)





RIP - avantages/désavantages

■ Avantages

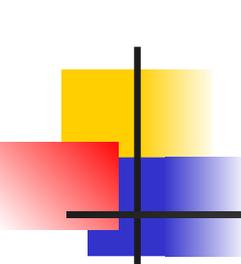
- très utilisé et très répandu sur tous les équipements
- s'adapte automatiquement (panne, ajout de réseau, ...)

■ Désavantages

- la distance ne tient pas compte de la charge, du débit, du coût des lignes, ...
- distance maximale = 15
- trafic important (toutes les 30s) + temps de convergence
- pas d'authentification des messages (attaques de routeurs en générant des "faux" messages RIP)

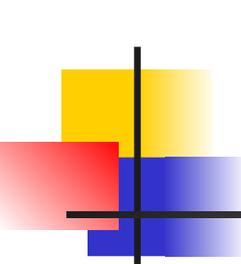
■ Conclusion

- utiliser RIP sur un petit réseau que l'on contrôle



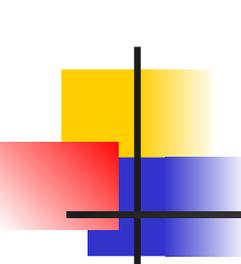
RIP - RIPv2

- Remédie à certains inconvénients de RIPv1 en restant compatible (et en utilisant les champs 0x0)
 - permet le routage des sous-réseaux (véhicule le netmask dans le vecteur de distance)
 - diffusion multicast (224.0.0.9) : permet aux routeurs RIPv1 d'ignorer les messages RIPv2
 - possibilité d'authentification (cryptée ou non) des messages



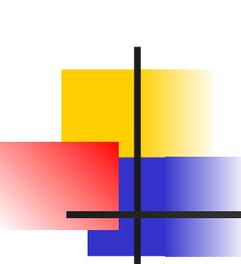
OSPF - Principe

- Routage à état des liens
 - chaque nœud
 - évalue le coût pour joindre ses voisins selon une certaine métrique (plusieurs métriques peuvent être utilisées simultanément)
 - construit un paquet contenant les infos relatives à chacun de ses liens (voisins)
 - le diffuse à tout le monde (par inondation)
 - calcule la route de moindre coût pour atteindre chaque entité du réseau
 - ensuite, les routeurs s'échangent uniquement les changements détectés dans la topologie
 - chaque nœud a une vision globale de la cartographie du réseau



OSPF - Aires

- Le routage est hiérarchisé pour
 - limiter la diffusion (inondation)
 - réduire le temps de calcul des routes (*Dijkstra*)
- Un AS est divisé en aires (*area*) ou zones
 - une aire ne connaît que l'état des liaisons internes à l'aire
 - deux niveaux de routage : intra-area et inter-area
 - chaque aire est identifiée par un numéro sur 32 bits
- Ne pas confondre AS et aires
 - AS : un ou plusieurs réseaux sous une même autorité ; deux AS peuvent utiliser un protocole interne différent

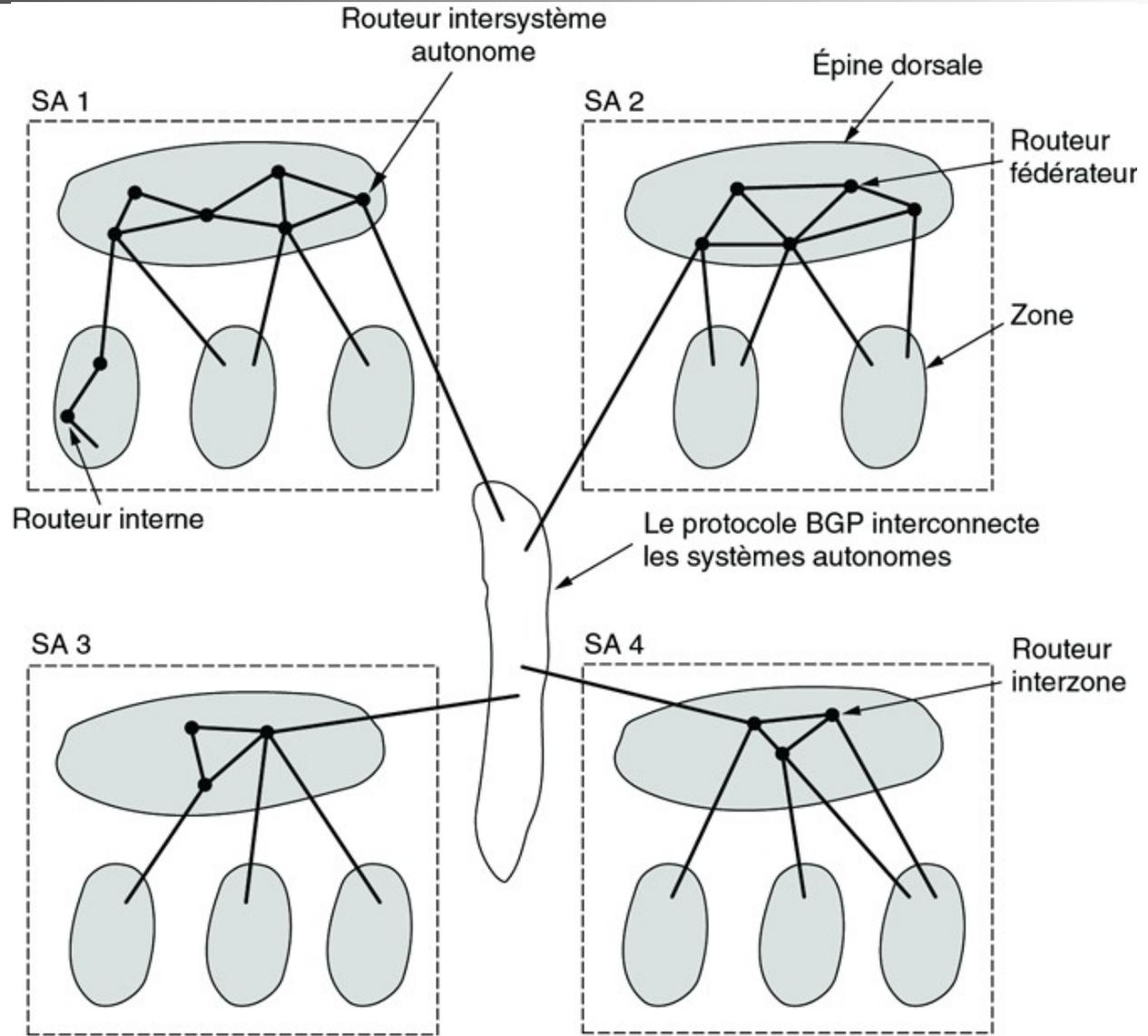


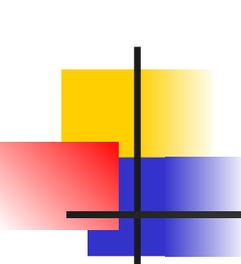
OSPF - Hiérarchie des aires (1)

- Un AS contient une aire "épine dorsale" ou fédératrice (la zone 0.0.0.0) qui assure l'acheminement entre les autres aires
- Toutes les autres aires sont reliées à la zone *backbone* par au moins un routeur
- Chaque routeur qui est relié à deux zones ou plus fait partie de l'épine dorsale
- Trois catégories de routeurs
 - routeurs internes à une zone (50 max par zone)
 - routeurs fédérateurs ou inter-zones qui connectent au moins deux zones
 - routeurs inter-AS (routeurs de bordure) qui échangent les informations de routage entre

OSPF - Hiérarchie des aires (2)

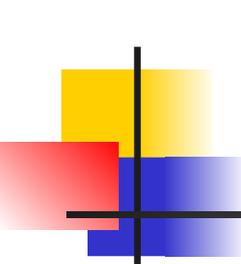
**4 AS OSPF
interconnectés
par BGP**





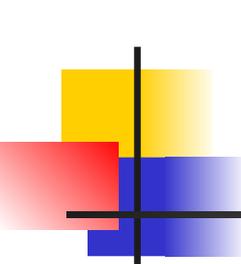
OSPF - Hiérarchie des aires (3)

- Dans chaque zone, découverte de la topologie de la zone et calcul des plus courts chemins
- Les routeurs fédérateurs reçoivent les informations locales à leurs zones pour calculer la meilleure route pour atteindre chaque routeur de l'AS
- Cette information est ensuite communiquée à tous les routeurs inter-zones qui la répercutent au sein de leurs zones
- Si les réseaux et sous-réseaux d'une zone ont des adresses IP contiguës, le routeur inter-zones ne signale qu'une seule route



OSPF - Types de messages

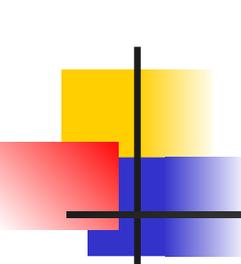
- 5 types de messages
 - message "Hello" : découvrir les voisins et déterminer le coût pour les joindre
 - message de "description de la base de données" : annonce les mises à jour dont le routeur dispose
 - message de "requête d'état de lien" : demande des informations à un routeur désigné
 - message de "mise à jour d'état de lien" : indique les coûts depuis le routeur émetteur vers ses voisins
 - message d'acquiescement d'état de lien : acquiescement d'une réception d'état de lien



OSPF - Fonctionnement (1)

- A l'initialisation, avec des messages "Hello"
 - élection d'un **routeur désigné** dans chaque zone
 - chargé de la diffusion des informations dans la zone
 - permet de limiter les messages d'inondation
 - un routeur désigné de *backup* est également élu
 - chaque routeur envoie des messages "Hello" pour découvrir ses voisins
- Chaque routeur envoie ses états de liens au routeur désigné avec des messages "mise à jour d'état de lien"
 - après la découverte des voisins ou quand l'état d'un lien change

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 :

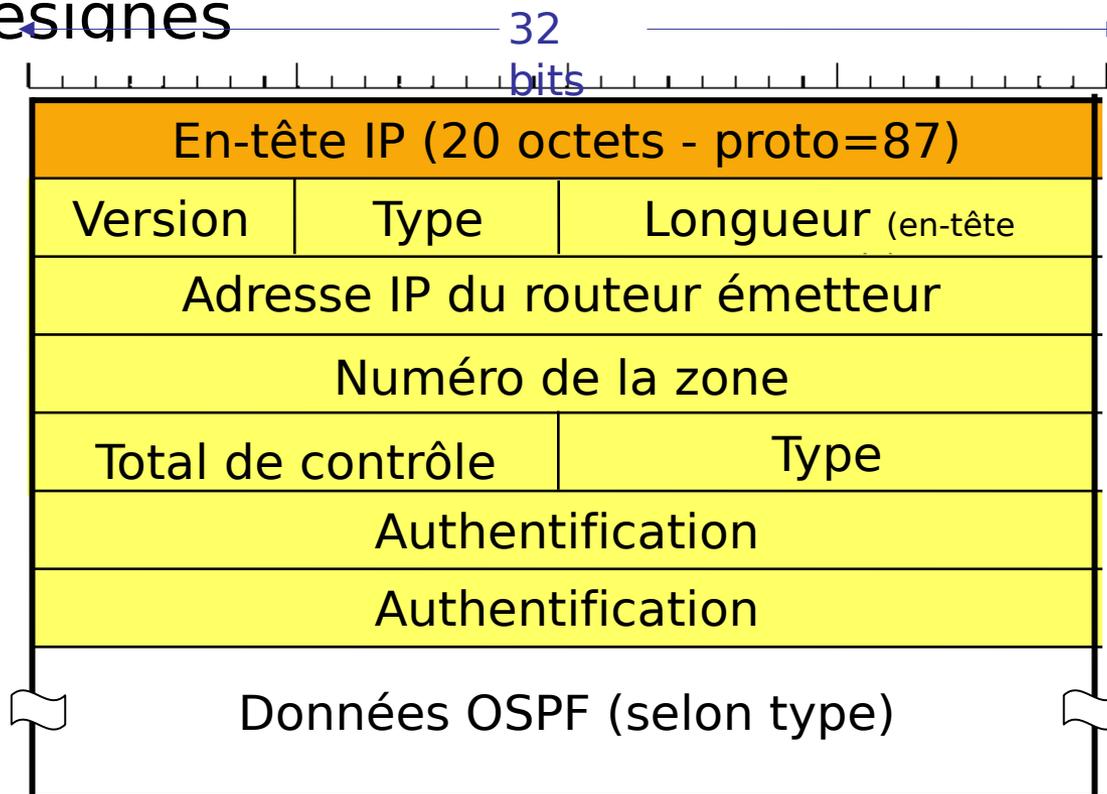


OSPF - Fonctionnement (2)

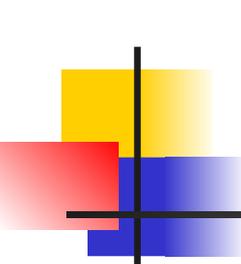
- Chaque message contient un numéro de séquence qui indique l'âge du message (permet de savoir quelle est l'information la plus récente)
- Les messages "description de base de données" contiennent les numéros de séquence de tous les états de lien connus du routeur émetteur du message
 - permet de savoir quel routeur détient l'information la plus récente
 - utilisés quand une liaison devient accessible
- Les messages "requête d'état de lien" permet à un routeur de demander au routeur désigné l'ensemble des états qu'il connaît

OSPF - Message OSPF

- Directement au-dessus d'IP (proto=87)
- Adresses multicast
 - 224.0.0.5 pour adresser les routeurs de l'aire
 - 224.0.0.6 pour adresser les routeurs désignés



En-tête OSPF



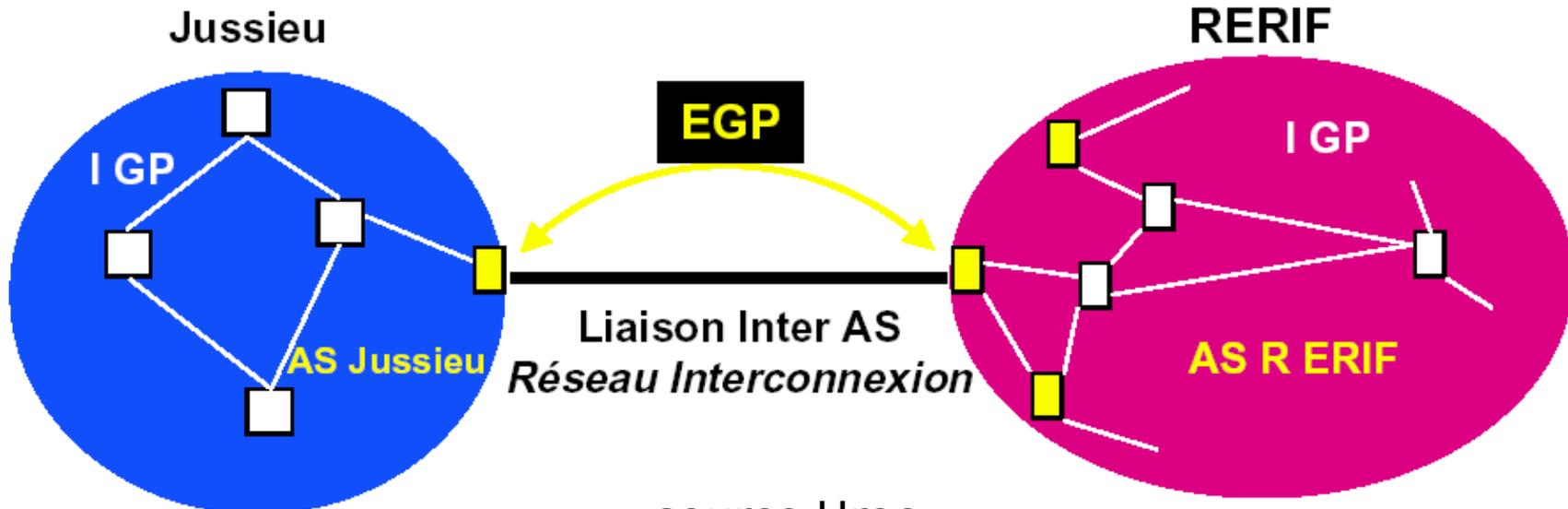
OSPF - Conclusion

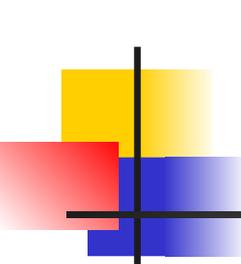
- Protocole complexe encore peu mis en œuvre mais
 - remédie aux inconvénients de RIP
 - temps de convergence
 - OSPF adapté aux grands domaines
 - OSPF prend en compte plusieurs métriques
 - autres avantages d'OSPF
 - permet de router les sous-réseaux
 - peut assurer un routage différent selon le champ ToS IP (adapte le type de service demandé à la bonne métrique)
 - permet l'équilibrage de charge entre différentes routes de même coût

EGP

Premier protocole externe utilisé dans Internet (désormais remplacé par BGP)

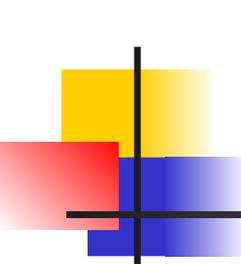
- Echanges entre routeurs déclarés comme "pairs"
 - deux routeurs de bordure s'échangent à intervalles réguliers la liste des réseaux accessibles dans leur AS respective (pas de diffusion)
 - tout le trafic entre 2 AS passe par le même





BGP - Stratégies de routage

- Besoin de prendre en compte dans les stratégies de routage des considérations d'ordres
 - politique : certains AS peuvent refuser de faire transiter du trafic externe ou le trafic sortant de tel AS préfère transiter par tel AS que tel autre...
 - de sécurité : du trafic en provenance de tel AS ne doit pas transiter par tel AS
 - économique : la traversée d'une AS peut être payante...
- La prise en compte de ces stratégies ne fait pas partie du protocole (configuration

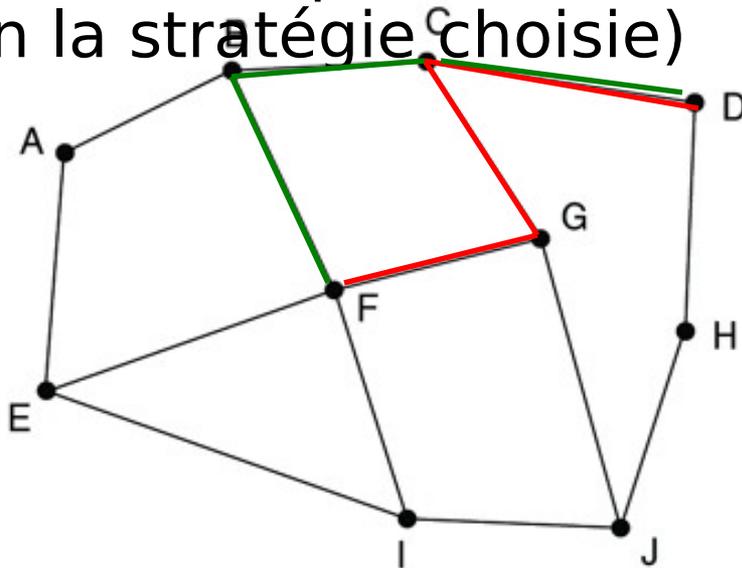


BGP - Principe (1)

- Deux routeurs BGP établissent une connexion TCP pour s'échanger des infos de routage :
 - numéro de l'AS
 - liste des sous-réseaux de l'AS
 - distance relative vers chacun des sous-réseaux de l'AS
 - adresse IP du routeur (interne) d'accès à ces réseaux
- Quatre types de messages :
 - messages d'ouverture : ouverture d'une session BGP entre deux routeurs
 - messages de mise à jour : signaler à un *peer router* le changement d'état d'une route interne à l'AS
 - messages de notification : clore une session BGP

BGP - Principe (2)

- Type vecteur de distance mais les paires s'échangent le chemin complet correspondant à chaque destination (pas uniquement le coût)
- Exemple : pour la destination D, F utilise actuellement FGCD et apprend d'autres routes de ses voisins (il peut alors choisir celle qu'il préfère selon la stratégie choisie)



(a)

Informations reçues par F de la part de ses voisins à propos de D

De la part de B : «J'utilise BCD»
De la part de G : «J'utilise GCD»
De la part de I : «J'utilise IFGCD»
De la part de E : «J'utilise EFGCD»

(b)