

# Routage Dynamique



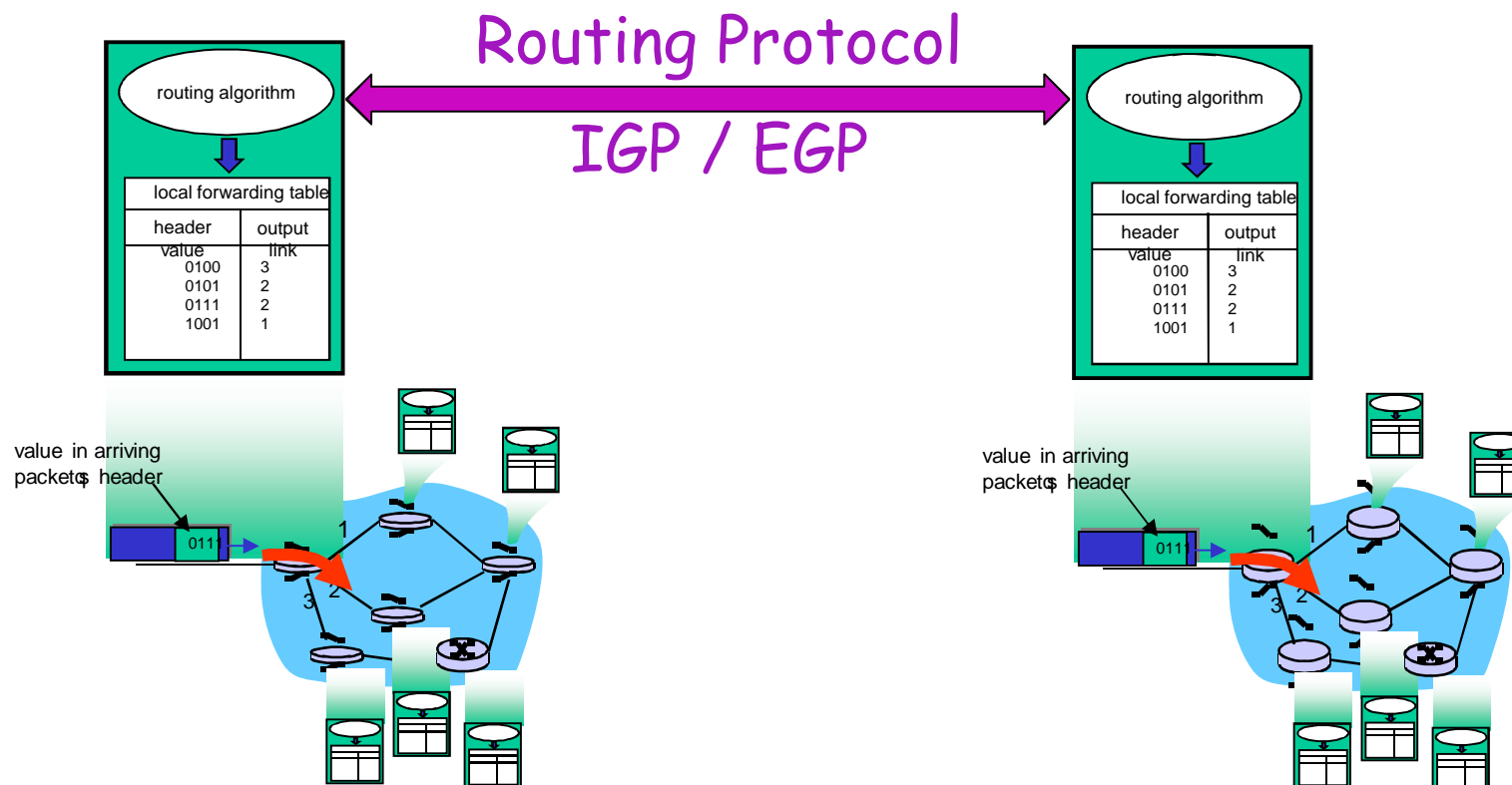
SI-F  
AfNOG 2014

# Caractéristiques désirées d'un routage dynamique

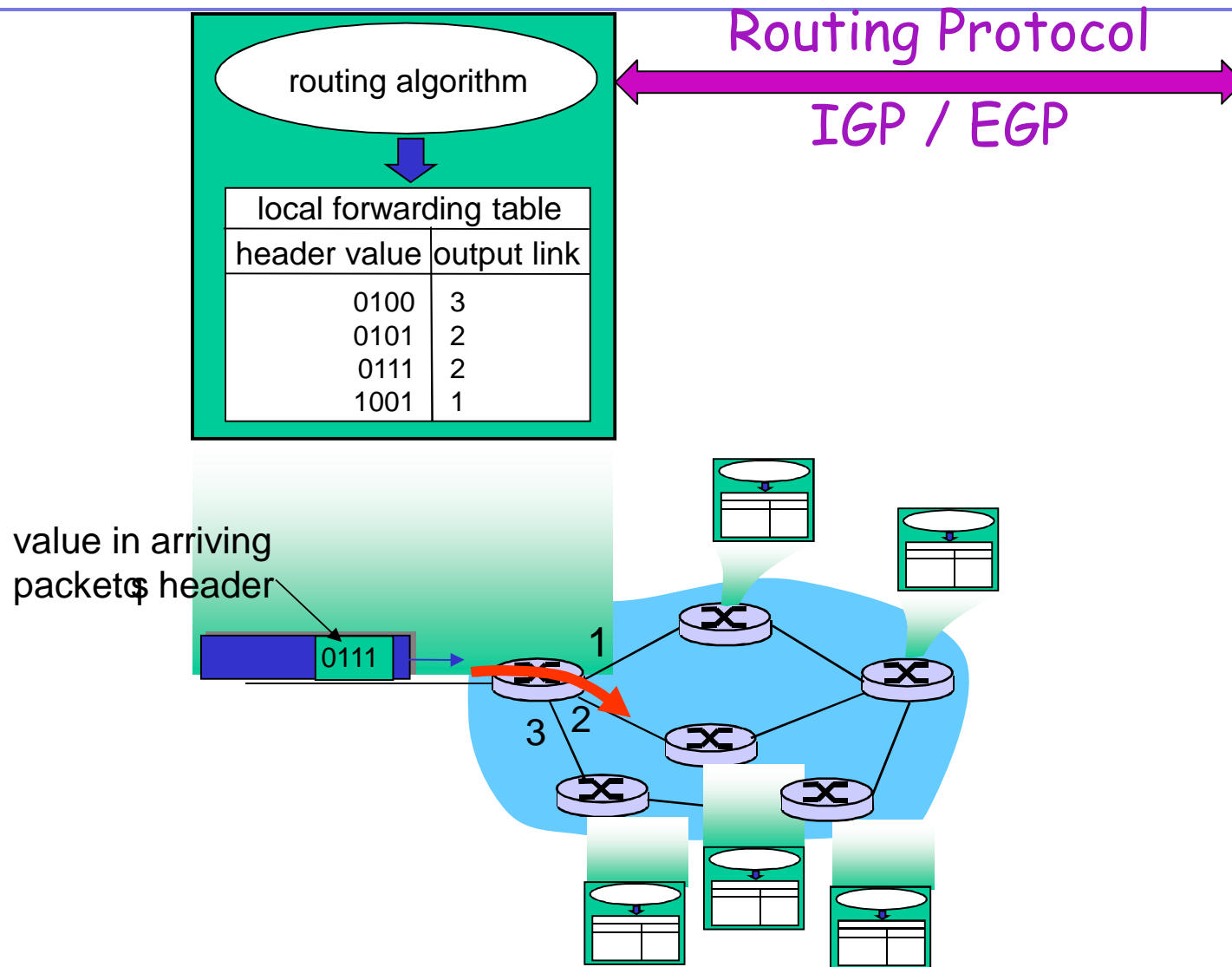
---

- Détecter et s'adapter automatiquement aux changements de topologie
- Fournir un routage optimisé
- Evolutivité (Scalability)
- Robustesse
- Simplicité
- Convergence rapide
- Un certain contrôle sur les choix des routes
  - ex., quels liens préfère t'on utiliser

# Les routeurs parlent en protocoles de routage



# Interactions entre routage et forwarding



# Routage IP . Construction du chemin

---

- Le chemin derive d'information recue par le protocol de routage
- Plusieurs chemins alternatifs peuvent exister
  - Le meilleur next hop est stocké dans la table de **forwarding**
- Les décisions sont mises a jour périodiquement ou lorsque la topologie change (event driven)
- Les décisions sont basées sur:
  - topologie, politiques and métriques (nombre de sauts, filtrage, délais, bande passante, etc.)

# Forwarding IP

---

- Le routeur décide de l'interface sur laquelle envoyer un paquet
- La table de forwarding est construite par le processus de routage
- Décisions de Forwarding:
  - Adresse destination
  - Classe de service (fair queuing, precedence, others)
  - Besoins/exigences locaux (packet filtering)

# Convergence . pourquoi est-ce important?

---

- La convergence c'est lorsque tous les routeurs ont une vue stable du réseau
- Lorsque le réseau n'a pas convergé il y a période de non-fonctionnement (downtime)
  - Les paquets n'arrivent pas où ils devraient arriver
    - Blackholes (les paquets "disparaissent")
    - Boucles de routage (les packets vont et viennent entre les mêmes équipements)
  - Se produit lors d'un changement d'état de routeur ou de liens

# Routage Internet: Hierarchie

---

- L'Internet se compose de Systèmes Autonomes (AS)
- Chaque système autonome est une entité administrative qui
  - Utilise un *Interior Gateway Protocol* (IGP) afin de déterminer les routes à l'intérieur de l'AS
  - Utilise un *Exterior Gateway Protocol* (EGP) afin d'interagir avec les autres AS

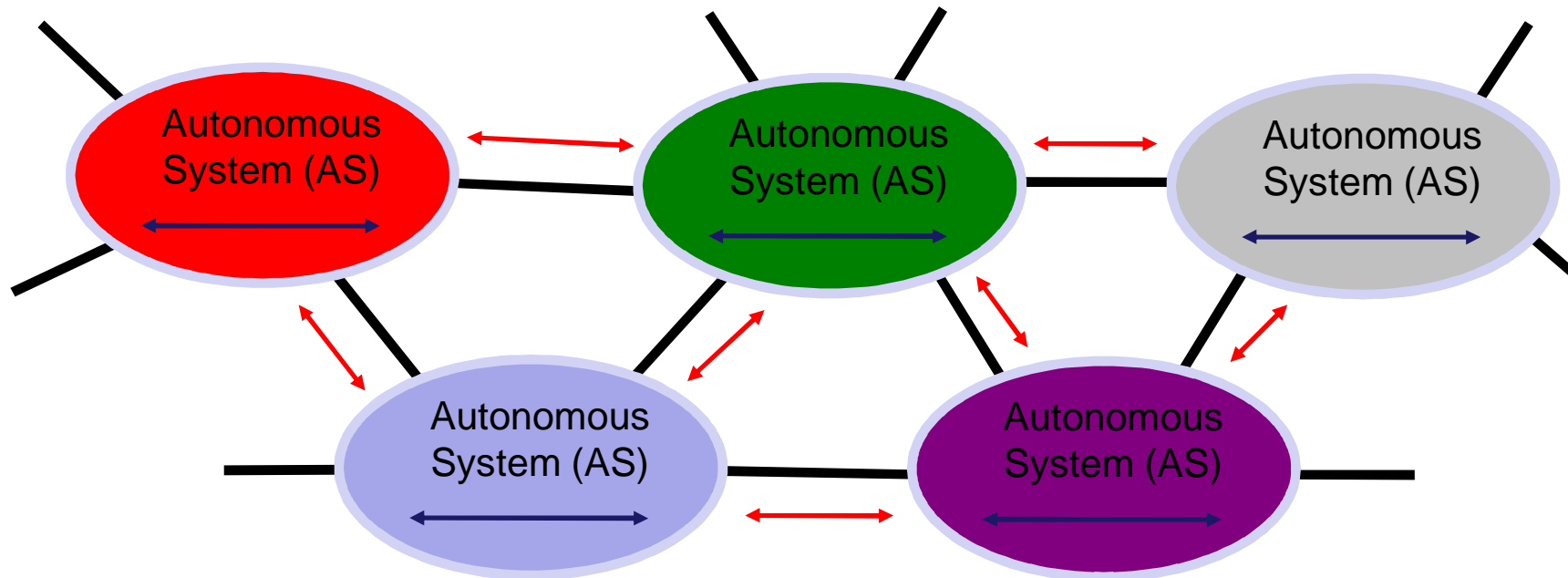


# IGPs et EGPs

---

- Les IGPs fournissent l'information de routage pour intérieur du réseau (LAN, liens du backbone ,etc)
- Les EGPs concernent les autres reseaux hors de votre AS
- Les EGPs considèrent les autres AS comme une boîte noire
  - Il ne connaissent pas les LAN et liens du backbone des autres AS

# Routage Internet: Architecture



Autonomous System: Un ensemble de réseaux IP et de routeurs regis par la même autorité administrative

— Interior Routing Protocol

— Exterior Routing Protocol

# Interior Gateway Protocols

---

- 4 IGPs bien connus aujourd'hui
  - RIP
  - EIGRP
  - OSPF
  - IS-IS

# Exterior Gateway Protocols

---

- Un seul protocole standard de fait:
  - BGP

# 3 aspects du routage: #1

---

- Acquisition d'information à propos des réseaux IP accessible via un internet
  - Configuration de routes statiques
  - Protocoles de routage dynamique (e.g., BGP4, OSPF, RIP, IS-IS)
  - chaque mécanisme/protocole construit une Routing Information Base (RIB)
- "Construction d'une carte"

# 3 aspects du routage: #2

---

- Construction d'une table de Forwarding
  - Synthèse en une table unique de toutes les Routing Information Bases (RIBs)
  - L'information concernant un préfixe destination peut être acquise de multiples façons
  - une précedence est définie parmi les RIBs pour résoudre les conflits sur un préfixe
  - Cette table est appelée Forwarding Information Base (FIB)
- "Utilisation de la carte pour planifier un trajet"
  - En fait, pour planifier un trajet vers toutes les destinations connues

# 3 aspects du routage: #3

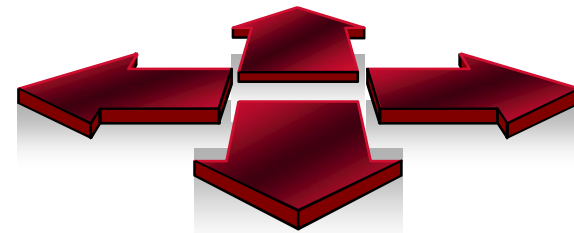
---

- Utilisation de la table de Forwarding pour transmettre des paquets
  - Selection du next-hop et de l'interface de sortie
  - A chaque saut, chaque router prend une décision de façon indépendante
- "Utiliser le trajet planifier pour choisir une direction a chaque intersection"

# Routing versus Forwarding

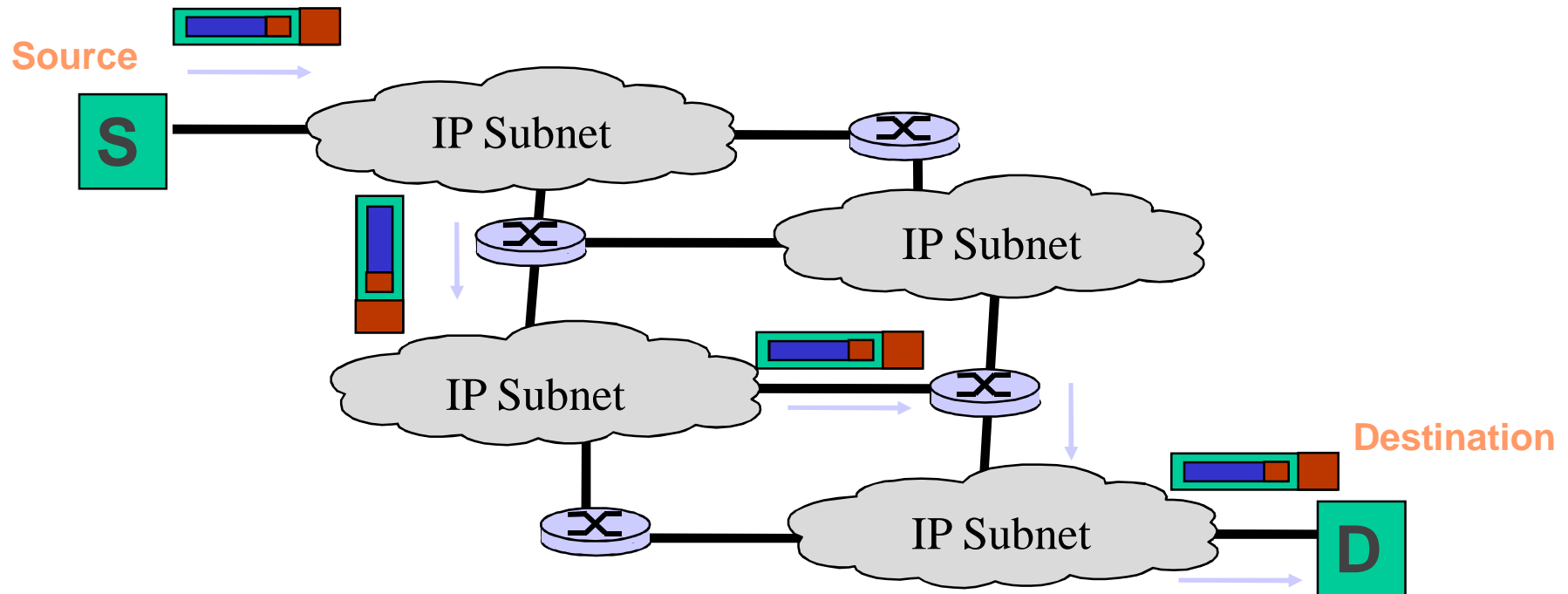
---

- Routing = contruire la carte et donner des directions
- Forwarding = déplacer des paquets entre interfaces selon les "directions"



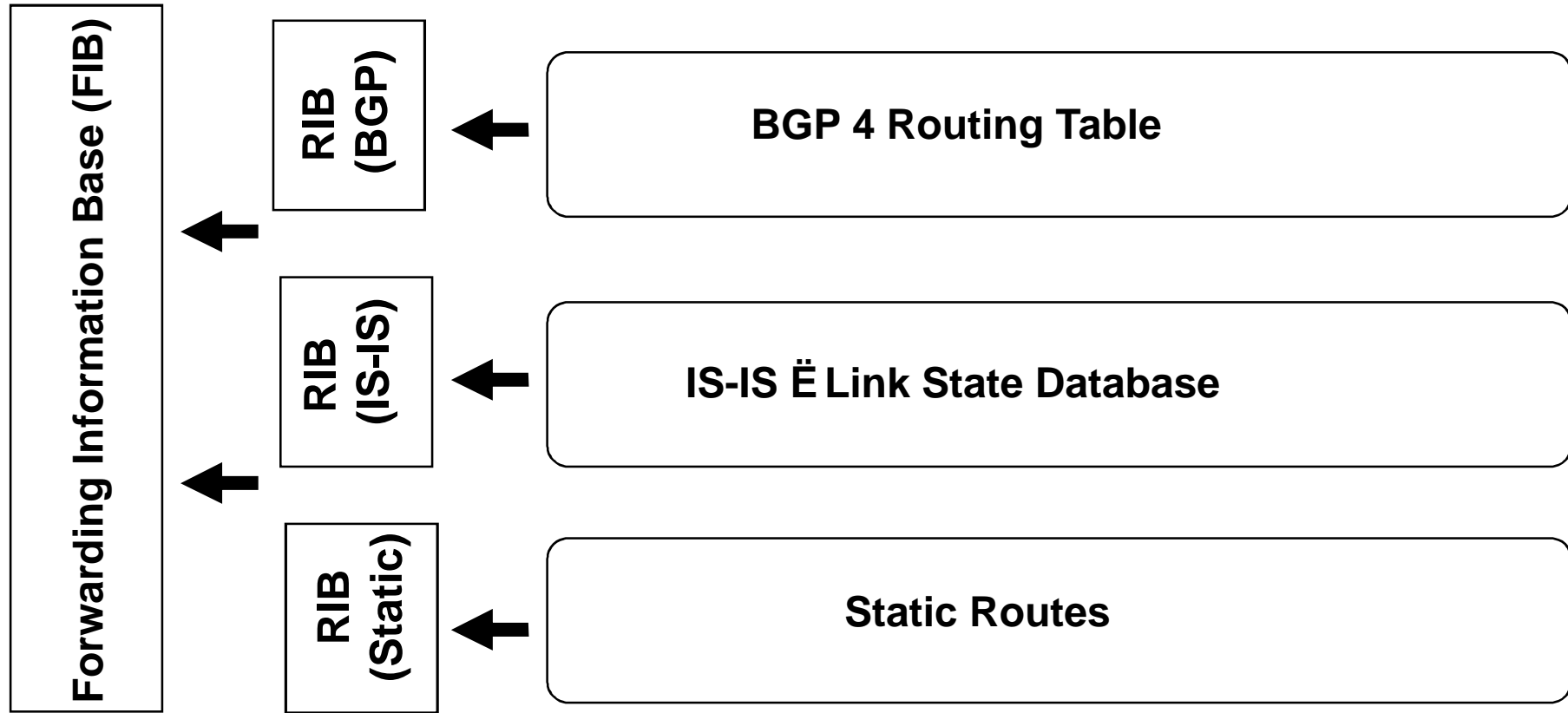


# IP Forwarding



- Décisions de Forwarding:
  - **Adresse destination**
  - Classe de service (fair queuing, precedence, autres)
  - Exigences locales (packet filtering)

# Les tables de routage nourrissent la table de forwarding



# Construction d'une RIB

---

- Chaque protocole de routage construit sa propre Routing Information Base (RIB)
- Chaque protocole traite le « coût » des routes à sa façon.

# Construction de la FIB

---

- Il n'y a qu'UNE table de forwarding!
- Un algorithme permet de choisir un next-hop vers chaque destination IP connue par n'importe quel protocole
  - L'ensemble des destinations IP présentes dans toutes les RIB est collecté
  - Si une destination IP particulière est présente dans une seule RIB, cette RIB détermine le next hop pour cette destination

# Construction de la FIB

---

- Choix d'entrées pour la FIB, cont..
  - Si une destination IP particulière est présente dans plusieurs RIBs, la precedence associée a chaque RIB est utilisée pour déterminer le next hop pour cette destination
  - Ce procédé choisit normalement un seul next-hop vers une destination donnée
- Il n'y a pas de standard pour cela; c'est une décision d'implémentation (qui dépend du vendeur de l'équipement)

# Contenu de la FIB

---

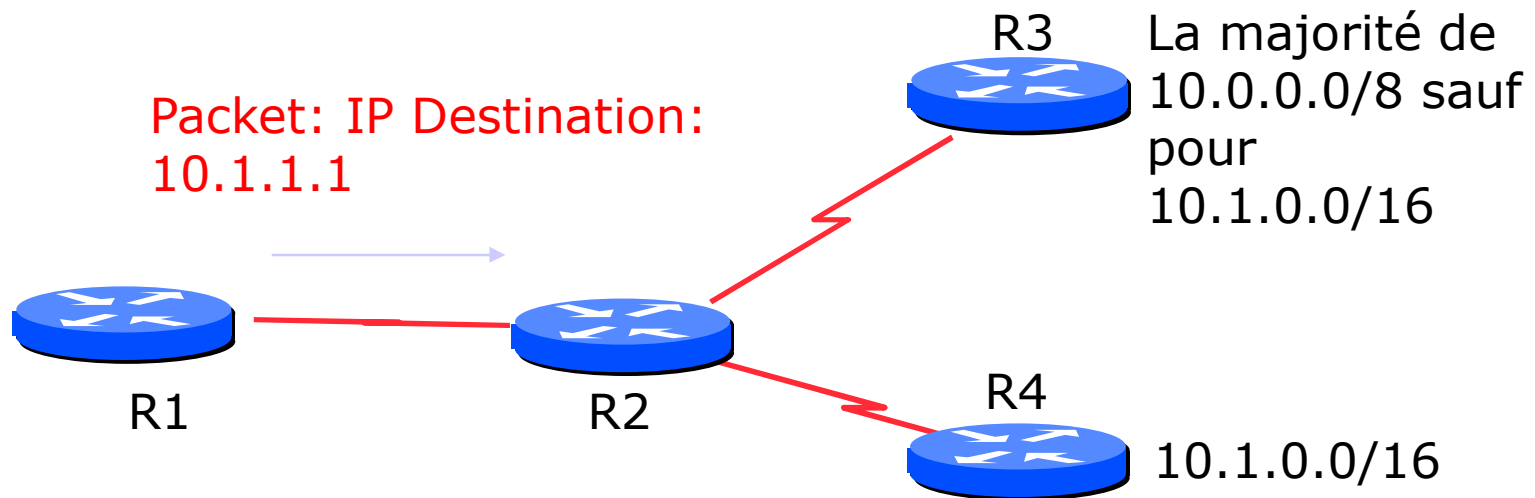
- Sous-réseau IP et masque (ou longueur) des destinations
- Adresse IP du "next hop" pour ce sous-réseau IP
- Identifiant de l'interface du sous-réseau associée au next hop
- Optionnel: métrique de coût associée à cette entrée dans la table de forwarding

# Contenu de la FIB

---

- Route par défaut
  - Où envoyer les paquets s'il n'y a pas d'entrée pour la destination dans la table
  - La plupart des machines ont une seule route par défaut
  - Elle est souvent appelée la « default gateway »
- 0.0.0.0/0
  - correspond pour toutes les destinations possibles, mais n'est souvent pas la plus longue correspondance (longest match, en Anglais)

# IP route lookup: Longest match routing



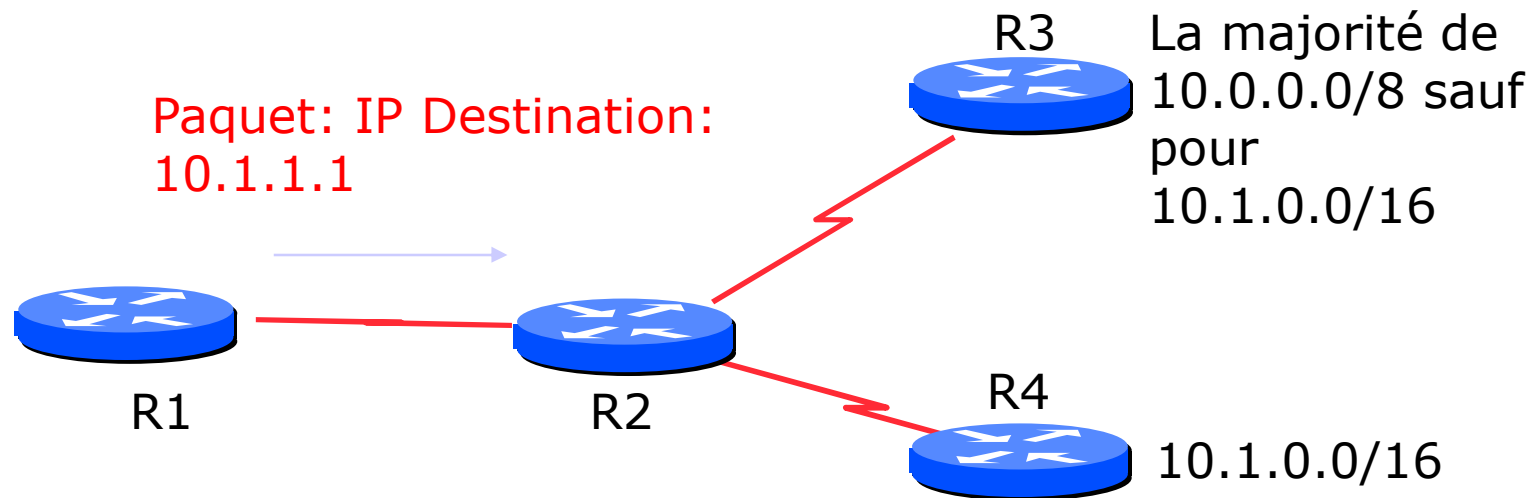
Basé sur  
l'adresse IP  
destination

forwarding table de R2

10.0.0.0/8	→ R3
10.1.0.0/16	→ R4
20.0.0.0/8	→ R5
0.0.0.0/0	→ R1



# IP route lookup: Longest match routing



Basé sur  
l'adresse IP  
destination

forwarding table de R2

10.0.0.0/8	→ R3
10.1.0.0/16	→ R4
20.0.0.0/8	→ R5
0.0.0.0/0	→ R1

Ceci est le longest matching prefix (longueur 16). "R2" envoie le paquet a "R4".

# IP route lookup:

## Longest match routing

- La correspondance la plus longue gagne toujours!!
  - **Beaucoup de gens oublient ceci, même des ingénieurs d'ISP expérimentés**
- La route par défaut est 0.0.0.0/0
  - Suit la logique du longest match. Utilise le même algorithme
  - Correspond à toutes les destinations. C'est toujours la correspondance la plus courte et donc la route de dernier recours.
  - L'équivalent IPv6 est 0:0:0:0:0:0:0:0/0 ou "::/0"

# Vecteur de distance versus état des liens

---

- Vecteur de distance
  - Accumule une métrique à chaque saut traversé par les messages du protocole
- Etat des liens
  - Construit une base de donnée avec la topologie du réseau
  - Calcule le meilleur chemin du nœud courant vers toutes les destinations sur base de la topologie

# Protocole à vecteur de distance

---

- Chaque routeur annonce à ses voisins la "distance" vers les différents sous-réseaux IP
- Chaque routeur calcule sa table des meilleurs next-hop sur base du coût minimum déterminé à partir
  - Du coût reçu de ses voisins vers la destination
  - Et du coût vers ces voisins

# Pourquoi pas RIP?

---

- RIP est un protocole à vecteur de distance
  - Ecoute les routes de ses voisins
  - Installe toutes les routes dans la table de routage
    - Le coût le plus bas gagne
  - Annonce toutes les routes de la table
    - Très simple, très idiot
- La seule métrique est le nombre de sauts
- Un réseau comprend max 16 sauts (pas assez grand)
- Convergence lente (boucles de routage)
- Pas très robuste

# EIGRP

---

- “Enhanced Interior Gateway Routing Protocol”
- Successeur de IGRP qui est classfull
  - IGRP développé par Cisco au milieu des années 1980s pour dépasser les problèmes de scalabilité de RIP
- Protocole de routage propriétaire Cisco
- Protocole à vecteur de distance
  - Très bon contrôle des métriques
- Est encore utilisé dans certains réseaux d'entreprise?
  - Multi-protocole (supporte plus qu'IP)
  - Bonne scalabilité et convergence rapide
  - Supporte l'équilibrage de charge le long de chemins de coût inégal

# Protocoles à état des liens



# Protocoles à état des liens

---

- Chaque router envoi via "multicast" l'état de ses liens directs et sous-réseaux IP à tous les routeurs du réseau
- Chaque routeur construit une vue complète de la topologie pour l'entièreté du réseau basée sur les mises a jours des états des liens
- Chaque routeur calcule la table routage avec ses next-hop sur base de cette vue de la topologie



# Protocoles à état des liens

---

- vise à minimiser les temps de convergence et éliminer les boucles de forwarding lorsque le protocole a convergé. Le coût de cela est une plus grande charge en terme de messages de routage, de mémoire et de CPU
- Permet l'utilisation de plusieurs métriques/coûts

# IS-IS

---

- “Intermediate System to Intermediate System”
- Sélectionné en 1987 par ANSI comme protocole de routage OSI intradomaine (CLNP – connectionless network protocol)
  - Basé sur le travail de DEC pour DECnet/OSI (DECnet Phase V)
- Extensions pour IP développées in 1988
  - NSFnet a déployé son IGP basé sur une version précoce du draft IS-IS-IP

# IS-IS (suite)

---

- Adopté comme proposition de standard ISO en 1989
  - Integrated IS-IS supporte IP et CLNP
- Débat entre les avantages d'IS-IS et OSPF
  - La plupart des grands ISPs ont choisit IS-IS au lieu d'OSPF pour un nombre de raisons que nous allons évoquer plus loin
- 1994-aujourd'hui: déployé par plusieurs très grands ISPs
- Le développement continue à l'IETF en parallèle avec OSPF

# OSPF

---

- Open Shortest Path First
  - "Open" signifie que c'est du domaine public
  - Utilise l'algorithme "Shortest Path First" – parfois appelé "algorithme de Dijkstra"
- IETF Working Group formé en 1988 pour proposer un IGP pour IP
- OSPF v1 publié en 1989 – RFC1131
- OSPF v2 publié en 1991 – RFC1247
- Les développements continuent durant les années 90 jusqu'à aujourd'hui
  - OSPFv3 basé sur OSPFv2 dédié au support d'IPv6

# Fonctionnement d'un protocole de routage à état des liens

---

- Chaque routeur possède une base de données. C'est une carte de toute la topologie
  - Liens
  - Leur état (+ coût)
- Chaque routeur a la même information
- Tous les routeurs calculent le meilleur chemin vers chaque destination
- Tous les changements d'états des liens sont propagés à tous les routeurs du réseau
  - "Propagation globale d'information locale"

# Résumé

---

- Maintenant nous savons:
  - La différence entre routes statiques, RIP, OSPF and IS-IS.
  - La différence entre Routage et Forwarding
  - Qu'un protocole de routage dynamique Routing doit être utilisé dans tous réseau d'ISP
  - Les routes statiques ne sont pas adaptées (don't scale)
  - RIP n'est pas adapté (doesn't scale) et est périmé

# Routage dynamique



SI-F  
AfNOG 2014