

Les Algorithmes Dynamique de Routage

Sommaire

- Fonction de routage
- Les techniques de routage/classification
- Algorithmes de routage statique
- Algorithmes de routage dynamique
 - **Routage à vecteur de distance** (Vector-Distance)
 - **Routage à État de liens** (Link-state)
- Routing Information Protocol (RIP)
- Open Shortest Path First (OSPF)

Fonction de routage

- **Fonction de routage** :
 - L'acheminement (« datagram forwarding »)
 - La mise à jour des tables de routage
- **L'acheminement** :
 - réception d'un datagramme
 - consultation de la table de routage qui indique le meilleur chemin
 - retransmission du datagramme
- **Mise à jour des table de routage**
 - base de données répartie des routes
 - Protocole de mise à jour des tables de routage

Fonction de routage

- **Politiques de routage** : comment la route est-elle choisie ?
 - **politique déterministe** (routage statique) : la décision de routage ne dépend pas de l'état du réseau ; le choix de la route est défini une fois pour toute lors de l'initialisation
 - **politique adaptative** (routage dynamique) : le chemin emprunté est fonction de données sur l'état du réseau ; les tables de routage sont régulièrement mises à jour.
- **Protocoles de routage** : comment sont construites et mises à jour les tables de routage ?

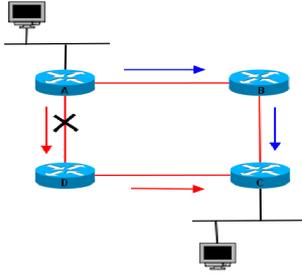
Politiques de routage

- Différentes politiques de routage :
 - **Statique vs. adaptatif**
 - Calcul des routes a priori **vs.** routes en fonction du trafic et des changements de topologie
 - **Centralisés vs. Distribués**
 - Routes calculées par un centre qui possède toute l'information **vs.** collaboration en vue d'élaborer les meilleures routes

Routage statique

- **Routage statique ou non adaptatif**
 - Choix de la route à emprunter calculé à l'avance (en hors ligne)
 - Mise à jour manuelle
 - Fastidieux et risque d'erreur important si grand réseau
 - Routes par défaut dans le cadre de la configuration statique
- **Protocoles de routage statique**
 - Routage par le plus court chemin

Adaptation aux modifications topologiques



- Soit une route statique entre les routeur A et D
- Le chemin entre A et D est indisponible :
 - pas de communication possible avec le réseau destination
- Avec le routage dynamique, un autre chemin existe via B

Routage dynamique

- **Routage adaptatif ou dynamique**
 - Adaptatif à l'évolution du réseau (vie et mort des routeurs et de leurs liaisons)
 - Les tables de routage sont mises à jour dynamiquement et régulièrement en fonction de l'état du réseau.
 - Permet de choisir la route optimale.
- **Protocoles de routage dynamique**
 - Routage par vecteur de distance (distance vector routing): RIP
 - Routage à état des liens (link state routing): OSPF

Temps de convergence

La convergence a lieu lorsque tous les routeurs Utilisent une vue identique de la topologie de réseau

Après une modification de topologie, Les routeurs doivent recalculer les routes, Ce qui interrompt le routage

Le processus et le temps nécessaires aux routeurs pour converger de nouveau varient selon les protocoles de routage utilisés

Table de routage

- **Contient les champs suivants :**
 - ◆ Destination
 - ◆ Interface de sortie
 - ◆ Métrique
 - ◆ Distance administrative
 - ◆ Prochain saut
 - ◆ Moyen d'apprentissage

Table de routage

- **Métrique:**
 - valeur numérique utilisée par les protocoles de routage
 - permet le choix du meilleur chemin
 - RIP (nombre de sauts), OSPF (coûts), IGRP (bande passante, délai, charge, etc.), ...
- **Distance administrative :**
 - permet de définir un ordre de préférence entre les protocoles de routage
 - utilisé quand plusieurs protocoles concourent pour une même entrée

Protocole	Distance administrative
Directement connecté	0
statique	1
OSPF	110
RIP	120
EGP	140

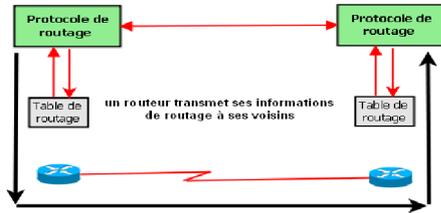
Table de routage

- **Moyen d'apprentissage :**
 - indique le moyen d'apprentissage pour chaque entrée de la table de routage

Code	Protocole
C	Directement connecté
S	statique
R	RIP
O	OSPF
*	Candidat par défaut

Routage dynamique

- Deux fonctions de base :
 - gestion d'une table de routage,
 - distribution opportune des informations aux autres routeurs sous la forme de mises à jour du routage.



Routage dynamique

- Un protocole de routage décrit les éléments suivants :
 - comment envoyer les mises à jour,
 - les informations contenues dans ces mises à jour,
 - le moment où les informations doivent être envoyées,
 - comment localiser les destinataires des mises à jour.

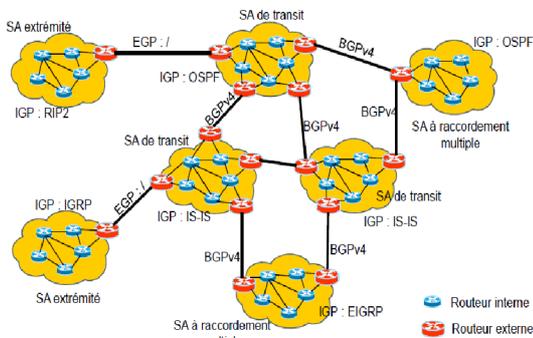
Caractéristiques d'un protocole de routage

- Consommation en bande passante sur les lignes :
 - Trafic unicast, multicast, broadcast ?
- Optimisation de la route :
 - Critères d'optimisation
 - Nombre de sauts, délai, débit, coût,....
 - Compromis optimisation / stabilité
 - Partage de charge ou non entre routes de même métriques
- Prise en compte des adresses sans classes :
 - VLSM : Variable Length Subnet Mask
- Temps de convergence :
 - Problèmes de passage à l'échelle
- Authentification des messages

Routage intra & inter domaine

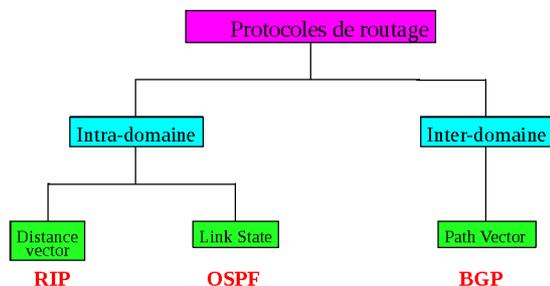
- Découpage en entités administratives, appelées **systèmes autonomes** (en général une entreprise).
- Le routage au sein d'un système autonome est dit **routage intra domaine** (Interior Gateway Protocol).
- Le routage entre systèmes autonomes est dit **routage inter domaine** (Border Gateway Protocol)

Routage intra & inter domaine



Source: Cisco system

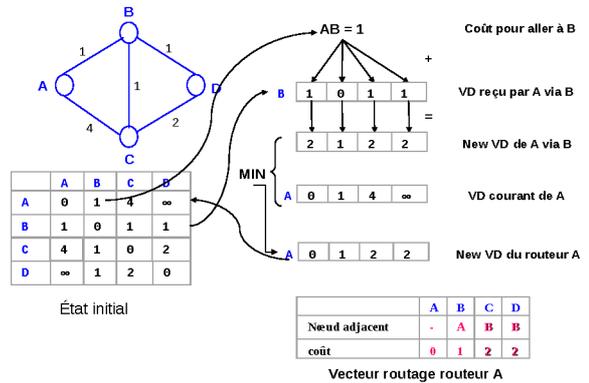
Routage intra & inter domaine



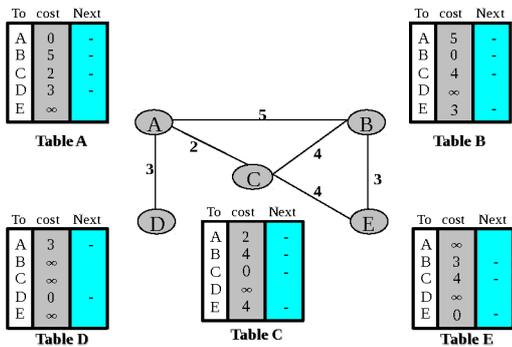
Routage à vecteur de distance

- **Vecteur de distance** : RIP, IGRP
 - Chaque nœud maintient une Table (i.e. **vecteur**) contenant les **réseaux destinations** et les **distances minimales** pour les atteindre ;
 - **Destination** : Préfixe IP du réseau destination
 - **Distance** : Métrique (Nombre de sauts, cout,...)
- Chaque routeur transmet son vecteur de distance à ses voisins :
 - Chaque routeur ne connaît que les réseaux sur lesquels il est raccordé (**distance de 1** de ces réseaux),
 - Périodiquement et/ou à chaque changement
 - RIPV1 utilise le **broadcast IP** (255.255.255.255)
 - RIPV2 utilise le **multicast IP** (224.0.0.9)
 - Chaque routeur met à jour son propre vecteur en fonction de ceux de ses voisins

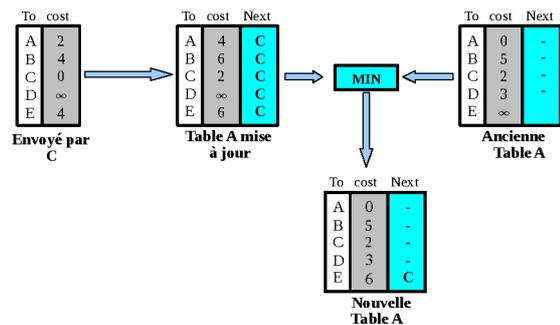
Découverte du réseau avec DV – Principe



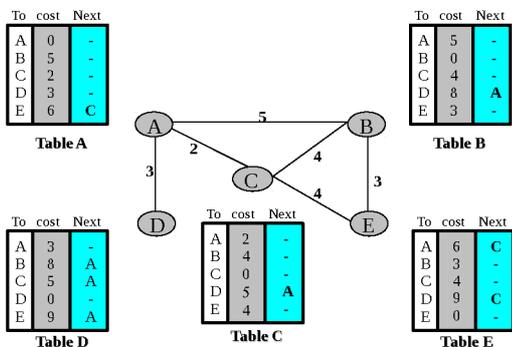
DV – Initialisation des tables



DV – MAJ des tables



DV – État de convergence



Algorithme Vector-distance

- Principes :
 - État initial : chaque routeur connaît que ses voisins immédiats :
 - Son adresse, ses interfaces, ses (sous-)réseaux directs
 - Chaque routeur maintient localement une liste des meilleures routes
 - Table de routage <@ de destination, distance, @ du prochain routeur>
 - Chaque routeur actif diffuse un **extrait** de sa table de routage (message de routage: un **vecteur** <@ de destination, distance>)
 - Périodiquement (30s), à tous leurs voisins immédiats
 - Tous les routeurs mettent à jour leur tables de routage en conséquence
 - L'adresse du prochain routeur est implicitement celui de l'émetteur du message.

Algorithme DV - MAJ

- Chaque vecteur est comparé aux entrées de la table de routage :
- L'entrée n'existe pas dans la table et la métrique reçue n'est pas infinie :
 - une nouvelle entrée : **nouvelle distance = distance reçue + 1**
- L'entrée existe et sa métrique est supérieure à celle reçue :
 - Mise à jour de l'entrée : **nouvelle distance = distance reçue + 1.**
- L'entrée existe et son prochain routeur est celui d'où provient la liste :
 - Mise à jour de l'entrée :
 - **Nouvelle distance = augmentation ou diminution de la distance.**
- Sinon rien.

VD : Problèmes

- **Convergence lente:**
 - Les changements de topologie ne sont pas immédiatement pris en compte :
 - il faut que le changement soit détecté et que l'information se propage
 - les routeurs sont nombreux et sont éloignés
- **Le rebond :**
 - Des boucles de routage peuvent se produire : certains datagrammes y circulent sans fin
- **Incrémentation infinie (comptage à l'infini) :**
 - La distance des stations inaccessibles s'accroît (lentement) jusqu'à l'infini en raison de la présence d'informations erronées dans les tables de routage

Rebond entre deux nœuds

Bouclage et convergence lente après changement de topologie

- Le lien entre R1 et N1 casse
 - R1 annule cette route
- R2 annonce (N1,2) vers R1 et R3
 - R1 met à jour sa table vers N1 et croit pouvoir passer par R2
- R1 et R3 annoncent la route N1 (N1,3)
 - R2 met à jour sa table vers N1
- R2 annonce (N1,4) vers R1 et R3
 - R1 met à jour sa table vers N1
- R1 et R3 annoncent la route N1 (N1,5)
 - R2 met à jour sa table vers N1
- Etc...
- Jusqu'à l'annonce d'une distance infinie
 - Dans RIP, distance de 16 = infini



N1	1	2	3
N1	∞	2	3
N1	3	2	3
N1	3	4	3
N1	6	4	3
N1	3	6	3

Le rebond : Solutions

Split Horizon

- Ne pas annoncer l'information sur l'interface où on a appris cette information.
- Évite les boucles de routage sur une même ligne : pas de comptage à l'infini (16)

Retour sur l'exemple précédent :

- Le lien entre R1 et N1 casse
 - R1 annule cette route
- R2 annonce (N1,2) vers R3
 - R2 ne peut annoncer la mise à jour vers R1 à cause du split horizon
- R1 annonce (N1,∞) vers R2
 - R2 met à jour sa table vers N1
 - R3 ne peut annoncer sa mise à jour vers R2 (split horizon)
- R2 annonce (N1,∞) vers R3
 - R3 met à jour sa table vers N1

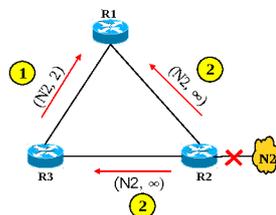


N1	1	2	3
N1	∞	2	3
N1	∞	2	3
N1	∞	∞	3
N1	∞	∞	∞

Le rebond : Solutions

Route poisoning

- Quand un routeur s'aperçoit qu'une route connectée n'est plus valide, il l'annonce avec une métrique infinie (16)
 - Au lieu de simplement ne plus la diffuser
- Le récepteur doit supprimer la route de sa table de routage
 - R1 et R3 suppriment leur route vers N2
 - Évite à R1 de croire que la route via R3 est bonne.

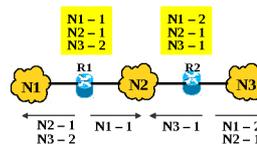


Le rebond : Solutions

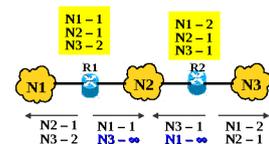
Split Horizon avec Poison Reverse

- Variante de Split Horizon utilisée par Cisco (dans RIP)
- Dans la direction où les routes ont été apprises, on annonce ces routes avec une métrique infinie.

Split horizon simple



Split horizon avec poison reverse



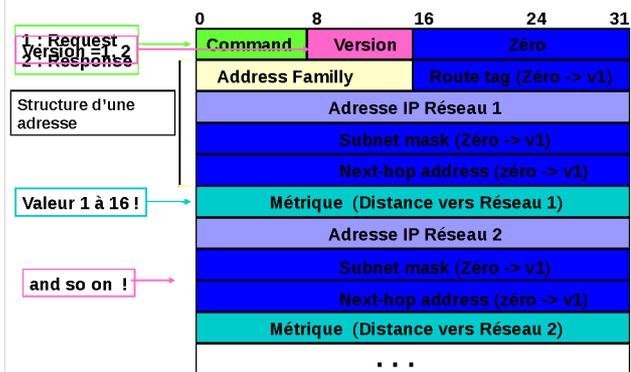
Le rebond : Solutions

- **Hold Down**
 - Quand un routeur apprend l'indisponibilité d'une route (route poisoning), il ignore toute information sur cette route pendant un certain temps
 - Arbitrairement on attend 3 périodes de mise à jour
 - Bonne probabilité pour que l'information se soit propagée dans le réseau
 - Temps de convergence minimum d'un DV
 - $3 * 30 = 90$ secondes pour RIP
- **Triggered Updates**
 - Envoi d'une mise à jour déclenchée dès que le routeur apprend qu'une route est défaillante (sans attendre la prochaine échéance de 30s)
 - Déclenchement anticipé des temporisations hold down sur les autres routeurs (amélioration du temps de convergence).

RIP : Routing Information Protocol

- **Protocole intérieur, RFC 1058**
 - Deux Version RIP v1.0 et RIP v2.0
- **Utilise les ports UDP 520 (IPv4), 521 (IPv6)**
- **Diffusion des informations de routage**
 - toutes les 30 secondes
 - contient liste des réseaux qu'il peut atteindre
 - avec leur distance (nombre de sauts)
- **Commande router rip sous Cisco**

RIP : Format des messages



RIP: Contraintes

- **RIP a une limite de 15 sauts.** Taille du réseau au plus 15 routeurs.
- **L'envoi périodique de l'entièreté des tables de routage en broadcast.** Problème de bande passante du réseau.
- **RIP ignore les paramètres de délai et de coût.** Uniquement basé sur le nombre de sauts quelque soit la bande passante/délais des lignes.
- **RIP converge plus lentement.** Dans les très grands réseaux, la convergence peut prendre plusieurs minutes.
- **RIP v1 est un protocole sans classe.** Il ne supporte pas VSLM
- **Bouclage**, éventuellement à l'infini
- **Améliorations apportées par RIP v2.0**
 - Gestion de sous-réseaux (véhicule le netmask)
 - Utilisation de Multicast IP (224.0.0.9) au lieu de Broadcast IP
 - Authentification des mises à jour de routage

Concept d'état de lien (1)

- Dans DV, le routage est basé sur les vecteurs distances issues des tables de routage des nœuds voisins :
 - Vue de la topologie de réseau à partir de la perspective des voisins.
 - Ajout de vecteurs de distance d'un nœud à un autre.
- L'état d'un lien: État des interfaces et des relations d'adjacences avec les routeurs voisins.
- L'ensemble de ces états de liens forme la base de données états de liens (**link-state database**) qui est identique sur tous les routeurs de l'inter-réseau.

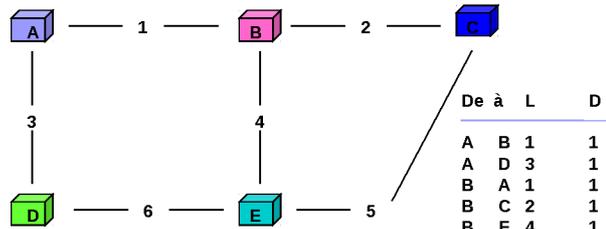
Concept d'état de lien (2)

- Dans l'algorithme à état de lien, chaque nœud maintient une base de données topologique de tous les états de liens de l'inter-réseau.
- L'algorithme à état de lien ne diffuse, sur le réseau, que les modifications qu'il a détecté, lien inaccessible, coût modifié...

Algorithme du Link-State

- Chaque routeur est chargé de prendre contact avec ses voisins pour connaître leur existence et leur identité
 - Paquets « Hello » émis périodiquement (en multicast sur un réseau local)
- Chaque routeur construit un paquet "Link State Packet" (LSP) contenant la liste des noms et des coûts d'accès vers chacun de ses voisins
- Le paquet LSP est transmis à tous les routeurs, qui gardent le LSP le plus récent de chaque routeur :
 - Transmission par inondation contrôlée
 - Les LSP sont annoncés en cas de changement et périodiquement
- Chaque routeur connaît alors la topologie complète du réseau, et calcule la route pour chaque destination :
 - Algorithme de Dijkstra

Algorithme du Link-State – Principes

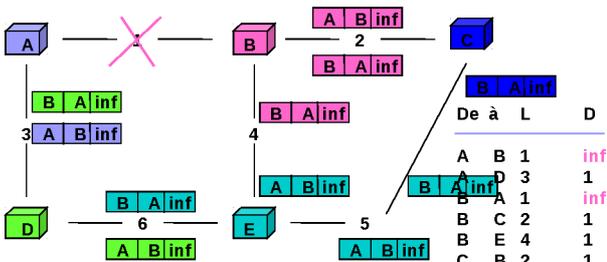


De	à	L	D
A	B	1	1
A	D	3	1
B	A	1	1
B	C	2	1
B	E	4	1
C	B	2	1
C	E	5	1
D	A	3	1
D	E	6	1
E	B	4	1
E	C	5	1
E	D	6	1

Tous les nœuds ont la même base de données
=> pas de boucle.

Paquet de A vers C => calcule le plus court chemin et sélectionne B, qui calcule à son tour le plus court chemin vers C.

Algorithme du Link-State : la rupture

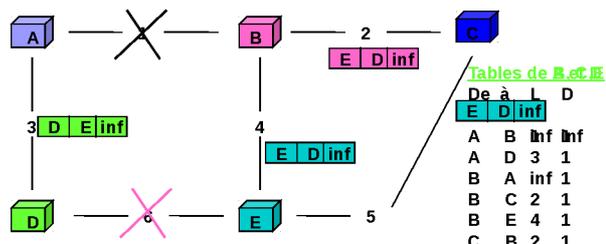


État A-B down : inondation sur tous les interfaces sauf l'interface émetteur.

Lorsqu'un message correspond à un état déjà connu, le message n'est pas retransmis
=> fin de l'inondation

De	à	L	D
A	B	1	inf
A	D	3	1
B	A	1	inf
B	C	2	1
B	E	4	1
C	B	2	1
C	E	5	1
D	A	3	1
D	E	6	1
E	B	4	1
E	C	5	1
E	D	6	1

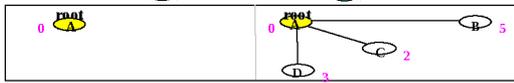
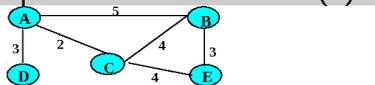
Algorithme du Link-State : incohérences



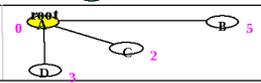
Le calcul SPF corrige les incohérences :
A et D noteront que B, C, E sont inaccessibles;
B, C, E noteront que A et D sont inaccessibles.

De	à	L	D
A	B	inf	inf
A	D	3	1
B	A	inf	1
B	C	2	1
B	E	4	1
C	B	2	1
C	E	5	1
D	A	3	1
D	E	6	inf
E	B	4	1
E	C	5	1
E	D	6	inf

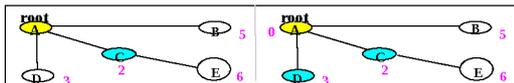
Calcul des plus courts Chemins (1)



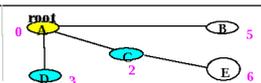
1. Set root to A and move A to tentative list



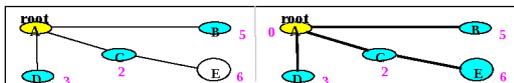
2. Move A to permanent list and add B, C and D to tentative list



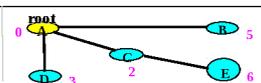
3. Move C to permanent and add E to tentative list



4. Move D to permanent list



5. Move B to permanent list



6. Move E to permanent list (tentative list is empty)

Calcul des Plus Courts Chemins (2)

Table de routage pour le nœud A

Node	Cost	Next Router
A	0	—
B	5	—
C	2	—
D	3	—
E	6	C

Protocole OSPF

- **Open Shortest Path First :**
 - Protocole défini par l'IETF : RFC 2328 (OSPF v2)
 - Routage basé sur l'état des liaisons (Link State Algorithm)
- **Caractéristiques du protocole :**
 - Connaissance absolue de la topologie
 - Pas de boucles ni de comptage à l'infini
 - Convergence plus rapide
 - Possibilités de partage de charge sur des routes à égale métrique
 - Consommation de ressources plus importantes (CPU et mémoire)
 - › Algorithme de Dijkstra
 - Métrique = coût d'une interface
 - › Dépend de la bande passante du lien
 - › Plus la bande passante est élevée plus le coût du lien sera faible
 - Modèle de routage hiérarchique

OSPF – Fonctionnement

- **Plusieurs étapes pour le calcul de la table de routage :**
 - Découverte des routeurs voisins
 - Élection d'un routeur désigné (*DR*)
 - Constitution de la base topologique
 - Construction de la table de routage
 - Maintien de la base topologique

Découverte des voisins (1)

- **Protocole de découverte des voisins : messages "hello"**
 - Les routeurs envoient des messages Hello pour établir et surveiller les "adjacences" avec les voisins
 - › Messages émis sur l'adresse Multicast 224.0.0.5 (routeurs OSPF)
 - Les routeurs ayant reçu chacun un message de l'autre sont voisins
 - › Un routeur se voit dans la liste des voisins de son voisin
 - Chaque routeur génère des **paquet à état de liens (LSA: Link-State-Advertisement)**
 - › Collection de toutes Les relations d'adjacences établies avec le voisinage du routeur

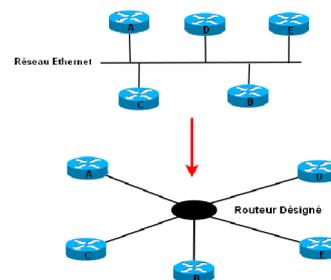
Découverte des voisins (2)

- **Cas d'une relation de voisinage point à point**
 - 2 routeurs seulement sont voisins : ils sont adjacents
 - Les routeurs doivent alors synchroniser leurs bases de données
 - › Voir plus loin
- **Cas d'une relation de voisinage multipoint**
 - Plusieurs routeurs sont voisins sur un réseau multipoint
 - Ils doivent élire un **routeur désigné (DR)** et un routeur désigné de **back-up** sur le réseau
 - Le processus d'élection utilise les mêmes messages Hello

Voisinage point à point

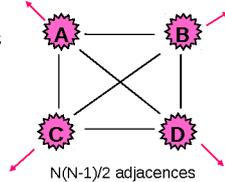


Voisinage multipoint

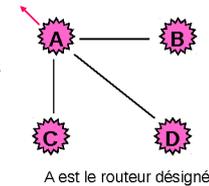


Le routeur désigné (1)

- Sur un réseau multipoint où il y a N routeurs, on aurait $N*(N-1)/2$ adjacences :



- Chaque routeur connecté sur un même LAN doit annoncer (N-1) liaisons
- Au total $N*(N-1)/2$ échanges
- Un routeur est désigné plus «égal que les autres» (DR) :
- Le routeur désigné a une adjacence avec tous les routeurs
- Les routeurs non désignés n'ont pas d'adjacence entre eux
- Seul le DR annonce vers l'extérieur : réduction à N échanges



Le routeur désigné (2)

Avantages :

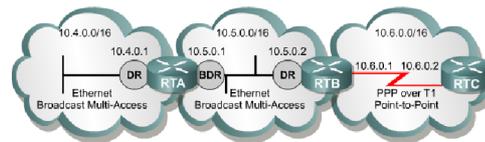
- Simplification de la procédure de synchronisation entre routeurs adjacents
- Diminution du nombre d'enregistrements d'états de liens dans la base
 - Les routeurs non désignés n'annoncent que le routeur désigné
 - Le routeur désigné annonce tous les routeurs
- Simplification de la procédure d'inondation
 - Un nouveau message d'état de lien n'est transmis qu'au routeur désigné (sur l'adresse multicast 224.0.0.6 « les routeurs désignés »)

Protocole d'élection de DR

- Chaque routeur est configuré avec une priorité
 - De 0 à 255 (priorité 0 = non éligible)
 - Le vainqueur est celui de plus haute priorité
- Processus d'élection
 - Si un ou plusieurs voisins se présentent comme backup, on choisit celui de plus haute priorité
 - Si égalité, choix selon le plus grand identifiant OSPF (une adresse IP du routeur, choisie pour l'identifier)
 - Si aucun candidat de backup, choix de la plus haute priorité ou du plus grand identifiant
 - Parmi les candidats DR, choix de la plus haute priorité ou du plus grand identifiant
 - Si aucun candidat DR, on promeut le backup
 - Et on réélit un backup (étapes 1 et 2)

Election de DR et de BDR

Election de DR et BDR sur un réseau



Les routeurs OSPF élisent un DR et un BDR uniquement sur les réseaux IP multi-accès

Source: Cisco system

La base de données

- L'ensemble des routeurs s'échangent les LSA pour construire la base de données d'état des liens
- Les routeurs qui deviennent adjacents synchronisent leurs bases de données :
 - Échange de messages « Database Description », contenant une liste d'ID de liaisons, avec leur n° de version
 - Demande des infos concernant les liaisons manquantes ou obsolètes (messages « Link Status Request »)
 - Chaque routeur qui reçoit des mises à jour d'état de lien (**LSU: link-state update**) :
 - En gardera une copie dans sa base de données
 - Propagera la mise à jour auprès des ses voisins
- La synchronisation de la base de données est ensuite maintenue par le **protocole d'inondation**

La table de routage

- Une fois la base de données synchronisée :
 - Les routeurs sont dits en adjacence complète (Full Adjacency)
 - Calcul l'arbre du chemin le plus court (**Shortest Path Tree**) vers toutes les destinations avec l'algorithme de Dijkstra
 - Le coût** en guise de métrique pour déterminer le meilleur chemin vers une destination.
 - Équilibrage des charges** si plusieurs routes vers une même destination de même coût ;
- En cas de changement, il y aura échange d'informations des paquets LSA et recalcul des plus court chemins.

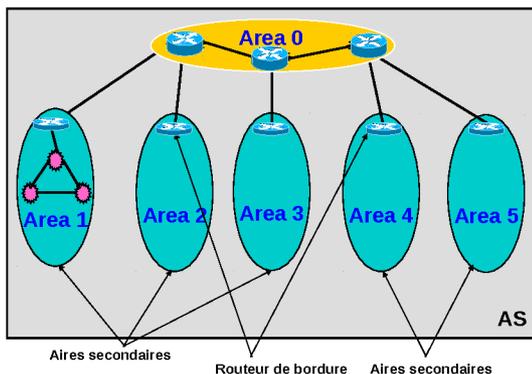
Le protocole d'inondation

- Maintenir la synchronisation de la base de données entre tous les nœuds
- Quand un routeur détecte un changement d'état, il génère une annonce d'état de liaison, et la transmet par inondation :
 - Les paquets ne sont transmis que sur les adjacences
 - Un paquet reçu n'est retransmis que s'il est nouveau (les messages anciens sont éliminés)
 - Sur une liaison point à point, cette annonce est envoyée et acquittée
 - Sur un LAN, elle est envoyée au routeur désigné (adresse de diffusion 224.0.0.6)
 - Le routeur désigné la multicaste sur toutes ses interfaces à tous les routeurs OSPF (adresse 224.0.0.5), qui doivent acquitter l'annonce
 - Retransmission à intervalles réguliers jusqu'à réception de l'acquittement
- A réception de la mise à jour, chaque routeur recalcule sa table de routage

OSPF – Les aires (1)

- Un modèle de routage hiérarchique:
 - Découpage du domaine de routage en aires (Areas) ;
 - Une aire principale permet de relier toutes les aires ;
 - Chaque aire se comporte comme un réseau indépendant:
 - Une base de données d'état des liens propre à l'aire ;
 - L'inondation des LSA s'arrête aux frontières de l'aire ;
 - Les routeurs ne calculent que les routes internes de l'aire ;
 - Limiter les informations de routage dans l'AS

OSPF – Les aires (2)

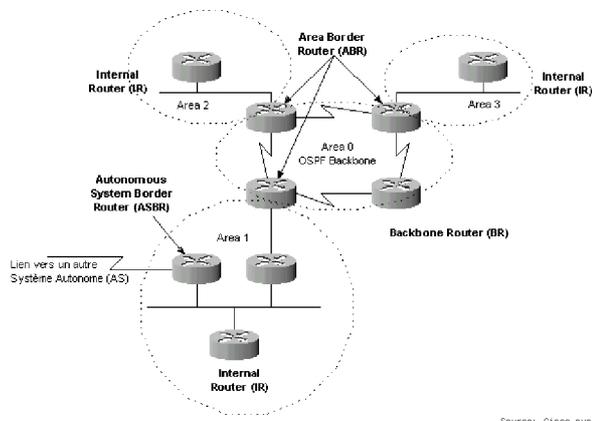


OSPF – Les aires (3)

Trois classes d'Aires:

- **l'Aire backbone (Area 0)** : assure l'interconnexion de toutes les autres zones et l'acheminement interzone.
- **les Aires secondaires** (de 1 à $2^{31}-1$)
- **les Aires terminales (stub area)**
 - Même comportement que les aires secondaires
 - Cette zone n'accepte pas les agrégations de routes extérieures (External Summarization)
 - Bloque donc les LSA de types 4 et 5, et la seule solution pour un routeur de cette zone de voir l'extérieur est de passer par une route configuré par défaut (voir plus loin).

OSPF – Les routeurs (1)



OSPF – Les routeurs (2)

- Peut prendre en charge trois types d'opérations :
 - opération dans une zone,
 - connexion inter-zone,
 - connexion entre systèmes autonomes (AS).
- Trois niveaux de routage :
 - **Intra Area** : entièrement à l'intérieur d'une aire,
 - **Inter Area** : connexion inter-zone,
 - **Inter AS** : connexion entre systèmes autonomes.

OSPF – Les routeurs (3)

- **Internal Router (IR)** : Remplit des fonctions au sein d'une zone uniquement. Permet d'entretenir à jour sa link-state database avec tous les réseaux de sa zone.
- **Backbone Router (BR)** : Routeur appartenant à la zone 0.
- **Area Border Router (ABR)** : Connecte deux ou plusieurs zones.
- **Autonomous System Boundary Router (ASBR)** : Routeur frontière de l'AS qui apprend les routes extérieures à l'AS. Ce type de routeur fera en quelque sorte office de passerelle vers un ou plusieurs AS.

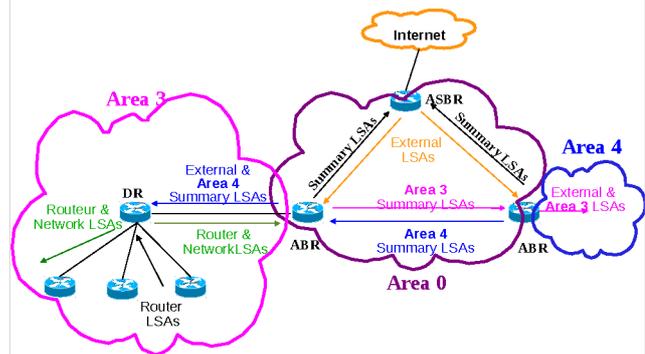
OSPF – Les LSA

- Différents types de LSA:
 - **Router link (LSA type 1)**
 - **Network link (LSA type 2)**
 - **Network summary (LSA type 3)**
 - **ASBR (LSA type 4)**
 - **External (LSA type 5)**

Types de messages LSA

- **LSA de type 1** :
 - Émis par chaque routeur, et propagé dans une aire
 - Contient tous ses liens, avec leurs statuts et leurs coûts
- **LSA de type 2** :
 - Émis par un routeur désigné et propagé dans une aire
 - Contient le préfixe du réseau et les identifiants des autres routeurs du réseau
- **LSA de type 3** :
 - Émis par un ABR et propagé dans l'aire
 - Annonce à une aire les réseaux d'une autre aire, avec leurs métriques
- **LSA de type 4** :
 - Émis par un ABR vers un ASBR (routeur connectant l'aire vers l'extérieur)
 - Contient en autres le coût de la métrique vers l'ASBR
- **LSA de type 5** :
 - Émis par un ASBR et propagé dans toutes les aires
 - Annonce les routes externes à l'AS (obtenues par BGP)

Propagation des LSAs



Entête d'un paquet OSPF

0	7	8	15	16	31
Version		Type		Message length	
Source router IP address					
Area Identification					
Checksum			Authentication type		
Authentication (32 bits)					

- **Type** : identifie le type du message :
 - **Type 1** : message HELLO
 - **Type 2** : description de la base de donnée
 - **Type 3** : demande de l'état d'un lien
 - **Type 4** : mise à jour de l'état d'un lien
 - **Type 5** : acquittement d'un état d'un lien

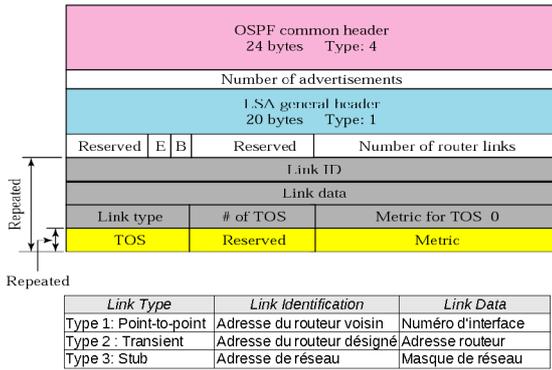
Source: Cisco system

Entête d'un paquet LSA

Link state age	Reserved	E	T	Link state type
Link state ID				
Advertising router				
Link state sequence number				
Link state checksum		Length		

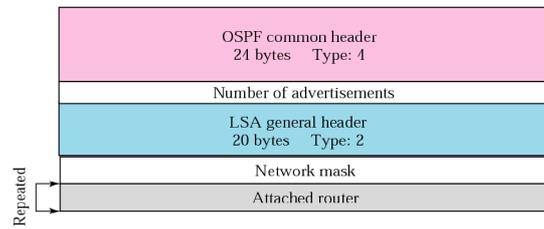
- **LS Age** : Nombre de secondes écoulée depuis que le LSA a été créé.
- **LS Type** : Indique le type de lien que le LSA décrit :
 - › 1 : Router LSAs
 - › 2 : Network LSAs
 - › 3 : Summary LSAs (IP network)
 - › 4 : Summary LSAs (ASBR)
 - › 5 : AS-external LSAs
- **Link State ID** : Identifie le lien (généralement une IP, dépendra du Type)
- **Advertising Router** : L'ip du routeur qui envoie (généralement le DR)
- **LS Sequence Number** : Pour détecter les doublons ou les trop vieux LSAs
- **LS Checksum** : Pour détecter des éventuelles données corrompues.
- **Length** : La taille en byte du LSA (incluant les 20 octets de l'entête)

Router Link LSA



Source: Cisco system

Network Link LSA Format



Source: Cisco system

Exemple de réseau



Exemple de réseau

OSPF common header	Type: 4
Number of advertisements: 1	
LSA general header	Type: 2
255.255.255.0	
10.24.7.14	
10.24.7.15	
10.24.7.16	

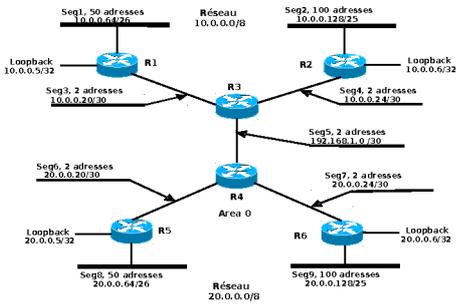
Configuration de base d'OSPF

- **Activation du processus OSPF**
 - **router ospf <process ID>**
- **Activation des annonces de routes**
 - **network <masque générique/adresse IP> area <area ID>**
- **Création d'un RID**
 - **interface Loopback**

Vérification de la configuration OSPF

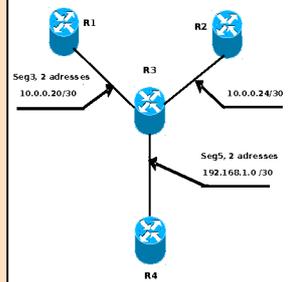
- show ip protocol
- show ip route
- show ip ospf interface
- show ip ospf
- show ip ospf neighbor detail
- show ip ospf database

Exemple de maquette



Configuration de base d'OSPF

```
R3#show running-config
interface Loopback0
ip address 10.0.0.7 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.1.1 255.255.255.252
!
interface Serial0/0/0
ip address 10.0.0.25 255.255.255.252
!
interface Serial0/0/1
ip address 10.0.0.21 255.255.255.252
clockrate 125000
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
!
ip classless
```



État de la base de données sur R3

```
R3# show ip ospf database

OSPF Router with ID (10.0.0.7) (Process ID 1)

  Router Link States (Area 0)

Link ID  ADV Router  Age  Seq#  Checksum
10.0.0.5  10.0.0.5  580  0x80000002  0x004C11
10.0.0.6  10.0.0.6  580  0x80000002  0x00301C
10.0.0.7  10.0.0.7  556  0x80000005  0x00B5B9
10.0.0.8  10.0.0.8  556  0x80000004  0x00CF48
20.0.0.5  20.0.0.5  730  0x80000002  0x009986
20.0.0.6  20.0.0.6  730  0x80000002  0x008391

  Net Link States (Area 0)

Link ID  ADV Router  Age  Seq#  Checksum
192.168.1.1  10.0.0.7  557  0x80000001  0x00E750
```

- C'est le RID (Router ID) du routeur R3 ;
- Le « Link ID » est ici le RID du routeur dont le LSA est originaire ;
- Le « Link ID » correspond à l'adresse IP du routeur désigné (DR) ;
- Le routeur dont le LSA est originaire est bien le DR ;

État des adjacences sur R3 & R4

```
R4# show ip ospf neighbor
Neighbor ID  Pri  State  Dead Time  Address  Interface
10.0.0.7    1    FULL/DR  00:00:32  192.168.1.1  Fa0/0
20.0.0.5    0    FULL/-  00:00:37  20.0.0.22  S0/0/1
20.0.0.6    0    FULL/-  00:00:38  20.0.0.26  S0/0/0

R3# show ip ospf neighbor
Neighbor ID  Pri  State  Dead Time  Address  Interface
10.0.0.8    1    FULL/DR  00:00:38  192.168.1.2  Fa0/0
10.0.0.5    0    FULL/-  00:00:34  10.0.0.22  S0/0/1
10.0.0.6    0    FULL/-  00:00:38  10.0.0.26  S0/0/0
```

- L'état FULL (adjacent) indique qu'il est synchronisé avec le DR.
- L'état DR (DRB) indique que c'est le routeur désigné (de secours) de l'aire 0.
- L'état FULL/- signifie qu'aucun des deux routeurs n'a été désigné comme DR ou BDR, conséquence des liaisons point à point.

Références

- Central Web
- Documentation CISCO :
 - ◆ OSPF Design Guide, Configuring OSPF
 - ◆ Configuring RIP
- Cours Cisco Networking Academy Program (CCNA-1, 2)
- Réseaux et Télécoms, édition Dunod (2003), C. Servin
- Transparents Luc.Saccavini (INRIA), Pierre Laforgue (ENSIMAG)