

## Chap. V Le protocole de routage dynamique OSPF

Le protocole OSPF (Open Shortest Path First) est un protocole de routage à état de liens qui a été développé pour remplacer le protocole de routage à vecteur de distance RIP. OSPF est un protocole de routage sans classe qui utilise le concept de zones pour son évolutivité. Les principaux avantages d'OSPF sur RIP sont une convergence rapide et une évolutivité vers la mise en œuvre de réseaux bien plus importants.

OSPFv2 est défini pour les réseaux IPv4, et OSPFv3 est défini pour les réseaux IPv6. OSPF est capable d'assurer un routage par type de service (champ TOS du datagramme IP), il peut aussi assurer l'équilibrage de charge entre plusieurs routes de même coût.

OSPF utilise l'algorithme SPF (Shortest Path First - chemin le plus court d'abord), plus connu sous le nom d'algorithme de Dijkstra, afin d'élire la meilleure route vers une destination donnée. Cet algorithme cumule les coûts de chaque chemin, depuis leur source jusqu'à leur destination.

Soit la topologie suivante:

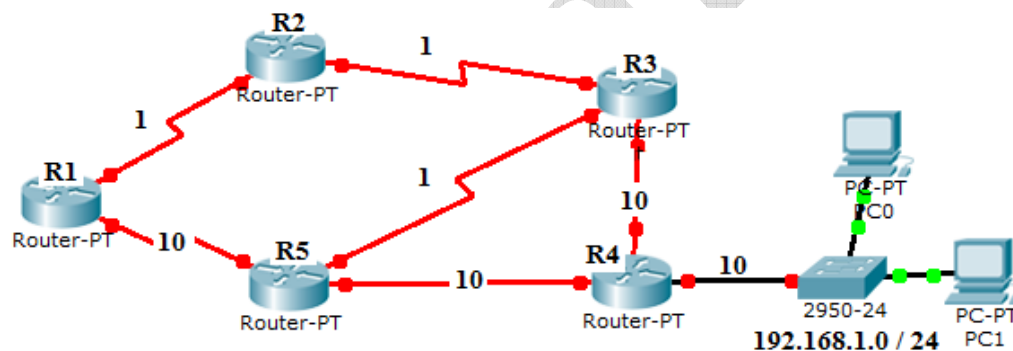


Figure V.18 Exemple de topologie

Supposons que du routeur R1 on cherche à atteindre le réseau 192.168.1.0/24 (Figure V.18). Le protocole RIP choisira la route passant par R5 puisque c'est la plus courte en termes de saut.

Si on suppose que les liens représentés sous forme d'éclairs soient "rapides" (type Ethernet à 100 Mbps : R1-R2, R2-R3, R3-R5) et que les liens "droits" soient "lents" (type Ethernet à 10 Mbps : R1-R5, R5-R4), le choix de RIP n'est plus du tout approprié.

OSPF fonctionne différemment. Il attribue un coût à chaque **liaison** (ou **lien** pour OSPF) afin de privilégier l'élection de certaines routes. Plus le coût est faible, plus le lien est intéressant.

## V.16 Éléments de bases

### V.16.1 La métrique OSPF

La métrique OSPF s'appelle le coût. Le coût d'une route OSPF est la valeur cumulée depuis un routeur jusqu'au réseau de destination.

Citation du document RFC 2328 : « *Un coût est associé au niveau de la sortie de chaque interface de routeur. Ce coût est configurable par un administrateur système. Plus le coût est faible, plus l'interface sera utilisée pour acheminer le trafic de données.* »

Pour calculer un coût, l'IOS de Cisco cumule les bandes passantes des interfaces de sortie depuis le routeur vers le réseau de destination.

À chaque routeur, le coût d'une interface =  $10^8 / \text{bande passante}$

**Remarque :** On divise  $10^8$  à la puissance 8 par la bande passante de l'interface pour que les interfaces dont les valeurs de bande passante sont les plus hautes obtiennent un coût inférieur, après calcul.

### V.16.2 Lien

Dans les protocoles de routage à état de liens, **un lien** désigne **une interface de routeur**.

### V.16.3 État de liens

Les informations relatives à l'état de ces liens sont appelées **état de liens**. Ces informations incluent :

- l'adresse IP et le masque de sous-réseau de l'interface ;
- le type de réseau, par exemple Ethernet (diffusion) ou la liaison série point à point ;
- le coût du lien ;
- les éventuels routeurs voisins sur ce lien.

### V.16.4 Zone (area)

Une zone OSPF est un groupe de routeurs qui partagent les informations d'état de liens. Tous les routeurs OSPF de la même zone doivent avoir les mêmes informations dans leur base de données à état de liens, ce qui est possible parce que tous les routeurs diffusent leur état de liens individuel à tous les autres routeurs de la zone.

Le réseau est divisé en plusieurs zones de routage (subdivision logique du réseau) qui contiennent des routeurs et des hôtes. La hiérarchie introduite par OSPF est limitée à deux niveaux (Figure V.19).

Chaque zone, identifiée par un numéro, possède sa propre topologie et ne connaît pas la topologie des autres zones. Chaque routeur d'une zone donnée ne connaît que les routeurs de sa propre zone ainsi que la façon d'atteindre une zone particulière : **la zone numéro 0**. Toutes les zones doivent être connectées physiquement à la zone 0 (appelée backbone ou réseau fédérateur). Elle est constituée de plusieurs routeurs interconnectés. Le backbone assure l'acheminement interzone.

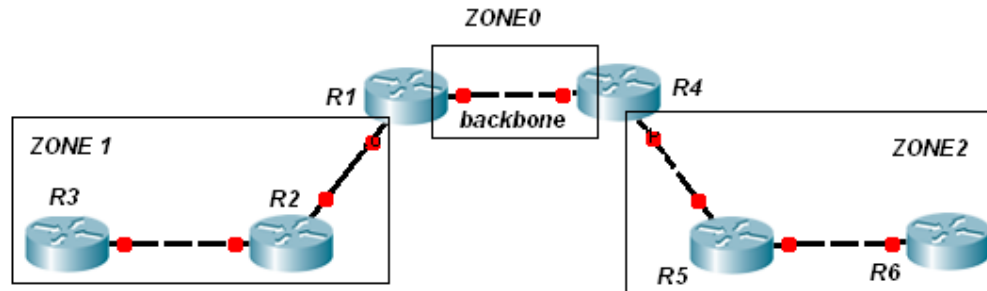


Figure V.19 Un réseau découpé en trois zones

Les routeurs R1 et R4 sont particuliers puisqu'ils sont "à cheval" entre plusieurs zones (on les appelle **ABR** pour **Area Border Router** ou **routeur de bordure de zone**). Ces routeurs maintiennent une base de données topologique pour chaque zone à laquelle ils sont connectés. Les ABR sont des points de sortie pour les zones ce qui signifie que les informations de routage destinées aux autres zones doivent passer par l'ABR local à la zone.

### V.16.5 La base de données topologique

Avec OSPF, tous les routeurs d'une même zone travaillent sur une base de données topologique identique qui décrit la zone. Cette base est construite pendant une première phase de découverte.

### V.16.6 L'ID de routeur

L'ID de routeur OSPF permet d'identifier chaque routeur de façon unique dans le domaine de routage OSPF. **Un ID de routeur est tout simplement une adresse IP**. Les routeurs Cisco définissent leur ID de routeur en utilisant trois critères, selon la priorité ci-dessous :

1. Utilisation de l'adresse IP configurée avec la commande **router-id** du protocole OSPF.
2. Si **router-id** n'est pas configuré, le routeur choisit l'adresse IP la plus élevée parmi ses interfaces de bouclage IP. L'avantage d'une interface de bouclage est que, contrairement aux interfaces physiques, elle ne peut pas tomber en panne. Pour être à l'état up, l'interface de bouclage ne dépend pas de câbles réels ou d'un périphérique contigu.

3. Si aucune interface de bouclage n'est configurée, le routeur choisit l'adresse IP active la plus élevée parmi ses interfaces physiques.

L'ID de routeur est utilisé par le routeur compatible OSPF pour :

- **Identifier le routeur** - L'ID de routeur est utilisé par d'autres routeurs pour identifier de façon unique chaque routeur au sein du domaine OSPF.
- **Participer à la sélection du routeur désigné (DR)** - Dans un environnement de réseau local (LAN) à accès multiple, le choix du routeur désigné s'effectue grâce à l'ID du routeur si aucune priorité n'est configurée (ou s'il y a une égalité de priorité entre routeurs).

### V.17 Processus de routage à état de liens

Tous les routeurs du réseau vont effectuer le processus de routage à état de liens qui suit pour atteindre un état de convergence :

1. Chaque routeur prend connaissance des réseaux qui lui sont connectés directement : détection des interfaces qui se trouvent dans l'état *up*.
2. Chaque routeur est responsable de la détection de ses voisins sur les réseaux connectés directement. Les routeurs effectuent cette détection en échangeant des paquets Hello avec les autres routeurs situés sur des réseaux connectés directement. Un voisin est un routeur qui prend en charge le même protocole à état de liens.

**Remarque :** Si un routeur ne reçoit pas de paquet Hello sur une interface, il ne poursuivra pas les étapes du processus de routage à état de liens sur la liaison correspondante.

Lorsque deux routeurs à état de liens apprennent qu'ils sont voisins, ils forment *une contiguïté*. Les paquets Hello continuent de s'échanger entre deux voisins contigus, et assurent une fonction de « veille » pour surveiller l'état du voisin. Si un routeur cesse de recevoir des paquets Hello d'un voisin, ce dernier est considéré comme injoignable et la contiguïté est interrompue.

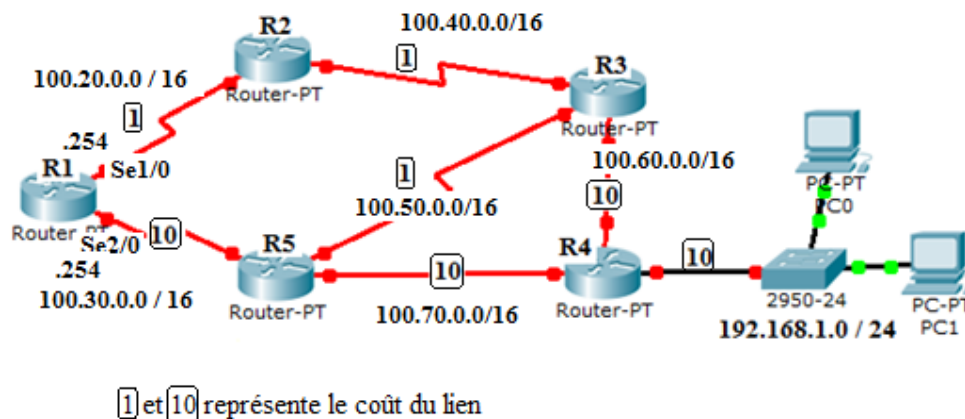
3. Chaque routeur construit un *paquet à état de liens LSP (Link-State Packet)* contenant l'état de chacun des liens connectés directement. Il procède en enregistrant toutes les informations sur chaque voisin, notamment l'ID du voisin, le type de lien et la bande passante (coût).
4. Chaque routeur diffuse le LSP à tous ses voisins, qui stockent l'ensemble des paquets LSP reçus dans une base de données. Les voisins diffusent ensuite le LSP à leurs voisins, jusqu'à ce que tous les routeurs de la zone aient reçu le LSP. Chaque routeur stocke une copie de chaque LSP reçu de ses voisins dans une base de données locale.

**Un LSP doit être envoyé uniquement :**

- lors du démarrage initial du routeur ou du lancement du processus de protocole de routage sur ce routeur ;
- lorsque la topologie a été modifiée, notamment en cas d'activation ou de désactivation d'un lien ou d'établissement ou de rupture d'une contiguïté entre voisins.

5. Chaque routeur utilise la base de données pour élaborer une carte complète de la topologie et calcule le meilleur chemin vers chaque réseau de destination. Le routeur possède ainsi une carte complète de l'ensemble des destinations de la topologie et des routes pour les atteindre. L'algorithme SPF sert à construire la carte de la topologie (l'arborescence SPF) et à déterminer le meilleur chemin vers chaque réseau.

**Exemple :**



**Figure V.20 Exemple de topologie**

La figure V.20 montre R1 lié à deux (02) réseaux connectés directement :

- réseau Se1/0 sur le réseau 100.20.0.0/16 ;
- réseau Se2/0 sur le réseau 100.30.0.0/16 ;

Les informations relatives à l'état des liens de R1

**Lien 1 :**

- l'adresse IP et le masque de sous-réseau : 100.20.0.0/16
- Adresse IP de l'interface : 100.20.0.254
- le type de réseau : sérial
- le coût du lien : 1
- les routeurs voisins : R2

**Lien 2 :**

- l'adresse IP et le masque de sous-réseau : 100.30.0.0/16
- Adresse IP de l'interface : 100.30.0.254
- le type de réseau : sérial (point à point)
- le coût du lien : 10
- les routeurs voisins : R5

Une fois qu'un routeur a établi des contiguïtés, il est en mesure de créer des paquets à état de liens (LSP) relatifs à ses propres liens.

Exemple des LSP de R1 (Figure V.20):

R1 -> R2; Serial point-to-point network; 100.20.0.0/16; Coût 1

R1 -> R5; Serial point-to-point network; 100.30.0.0/16; Coût 10

Après le processus de diffusion, le routeur R1 a reçu les informations d'état de liens relatives à chaque routeur de sa zone de routage. L'exemple suivant montre les informations d'état de liens que R1 a reçues et stockées dans sa base de données à état de liens (de la Figure V.20). R1 inclut également ses propres informations d'état de liens dans sa base de données à état de lien.

#### **Base de données à état de liens de R1 :**

##### **Paquets LSP de R2**

Connecté au voisin R1 sur le réseau 100.20.0.0/16 ; coût : 1

Connecté au voisin R3 sur le réseau 100.40.0.0/16 ; coût : 1

##### **Paquets LSP de R3**

Connecté au voisin R2 sur le réseau 100.40.0.0/16 ; coût : 1

Connecté au voisin R4 sur le réseau 100.60.0.0/16 ; coût : 10

Connecté au voisin R5 sur le réseau 100.50.0.0/16 ; coût : 1

##### **Paquets LSP de R5**

Connecté au voisin R1 sur le réseau 100.30.0.0/16 ; coût : 10

Connecté au voisin R3 sur le réseau 100.50.0.0/16 ; coût : 1

Connecté au voisin R4 sur le réseau 100.70.0.0/16 ; coût : 10

##### **Paquets LSP de R4**

Connecté au voisin R3 sur le réseau 100.60.0.0/16 ; coût : 10

Connecté au voisin R5 sur le réseau 100.70.0.0/16 ; coût : 10

**Possède un réseau 192.168.1.0 / 24 ; coût : 10**

##### **Paquets LSP de R1**

Connecté au voisin R2 sur le réseau 100.20.0.0/16 ; coût : 1

Connecté au voisin R5 sur le réseau 100.30.0.0/16 ; coût : 10

Grâce aux informations de plus courts chemins déterminés par l'algorithme SPF (Figure V.21), les chemins peuvent maintenant être ajoutés à la table de routage.

**Remarque :** OSPF peut gérer plusieurs tables de routage et router en fonction du TOS. Le routage sera déterminé selon la valeur du champ TOS du datagramme IP.

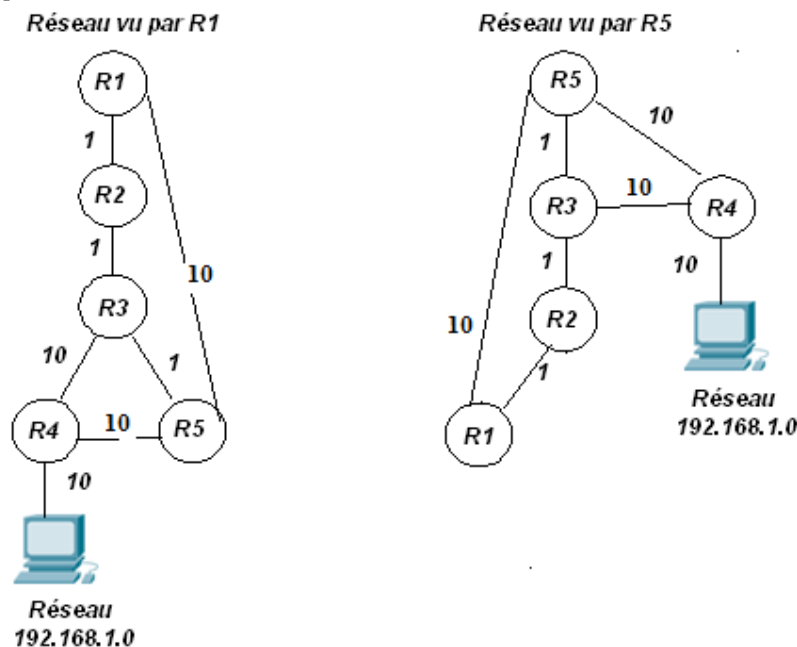


Figure V.21 Arborecence SPF de R1 et R5

Sur R1, voici un extrait de la table de routage calculée par SPF au sujet du réseau 192.168.1.0 :

Réseau de destination	Moyen de l'atteindre	Coût
192.168.1.0	R2	22

Table V.1 : Extrait de la table de routage de R1

Sur R5, on aura l'extrait suivant :

Réseau de destination	Moyen de l'atteindre	Coût
192.168.1.0	R4	20

Table V.2 : Extrait de la table de routage de R5

## V.18 Message OSPF

La partie donnée d'un message OSPF est encapsulée dans un paquet. Cette zone de données peut inclure un des cinq (05) types de paquets OSPF.

En-tête de trame de Liaison de données	En-tête de paquet IP	En-tête de paquet OSPF	Données spécifiques de type de paquet OSPF
--	----------------------	------------------------	--

Figure V.22 Message OSPF encapsulé

L'en-tête de paquet OSPF est inclus dans chaque paquet OSPF, quel que soit son type. L'en-tête de paquet OSPF et les données spécifiques relatives à son type sont ensuite encapsulés dans le paquet IP. Dans l'en-tête de paquet IP, le champ protocole est défini à **89** pour indiquer OSPF, et l'adresse de destination a pour valeur une des deux adresses

multidiffusion suivantes : **224.0.0.5** ou **224.0.0.6**. Si le paquet OSPF est encapsulé dans une trame Ethernet, l'adresse MAC de destination est elle aussi une adresse multidiffusion : **01-00-5E-00-00-05** ou **01-00-5E-00-00-06**.

### V.18.1 Types de paquets OSPF

Chaque type de paquet OSPF a un objectif spécifique dans le processus de routage OSPF :

1. **Hello** : les paquets Hello servent à établir puis à maintenir la contiguïté avec d'autres routeurs OSPF.
2. **DBD** : le paquet descripteur de base de données contient une liste abrégée de la base de données à état de liens du routeur expéditeur et est utilisé par les routeurs de destination pour contrôler la base de données à état de liens locale.
3. **LSR** : les routeurs de destination peuvent alors demander plus d'informations sur n'importe quelle entrée du DBD, en envoyant un paquet LSR (*Link-State Request*).
4. **LSU** : les paquets LSU (*Link-State Update*) sont utilisés pour répondre aux LSR, ainsi que pour annoncer de nouvelles informations. Les LSU contiennent sept types différents de LSA (*Link-State Advertisements*).
5. **LSAck** : lors de la réception d'un paquet LSU, le routeur envoie un paquet LSAck (*Link-State Acknowledgement*) pour en confirmer la bonne réception.

### V.18.2 Intervalles des paquets Hello et Dead OSPF

Pour que deux routeurs puissent former une contiguïté de voisinage OSPF, ils doivent d'abord s'entendre sur trois valeurs : **l'intervalle Hello**, **l'intervalle Dead (arrêt)** et **le type de réseau**.

**L'intervalle Hello** indique la fréquence à laquelle un routeur OSPF envoie des paquets Hello. Par défaut, les paquets Hello OSPF sont envoyés toutes les 10 secondes sur des segments à accès multiple et point à point.

**L'intervalle Dead** est la période, exprimée en secondes, pendant laquelle le routeur attendra de recevoir un paquet Hello avant de déclarer le voisin « hors service ». Cisco utilise par défaut le quadruple de l'intervalle Hello. Pour les segments à accès multiple et point à point, cette période est de 40 secondes.

Si l'intervalle Dead expire avant que les routeurs ne reçoivent un paquet Hello, OSPF supprime le voisin de sa base de données à état de liens. Le routeur diffuse alors l'information d'état de liens concernant le voisin « hors service » vers toutes les interfaces OSPF.



## V.19 Le fonctionnement d'OSPF sur les réseaux à accès multiple

Un réseau à accès multiple est un réseau comportant plus de deux périphériques sur le même support partagé. Les réseaux à accès multiple sont des réseaux de diffusion car tous les périphériques du réseau peuvent voir toutes les trames de diffusion. Ce sont également des réseaux à accès multiple, car de nombreux hôtes, imprimantes, routeurs et autres périphériques peuvent être membres du même réseau.

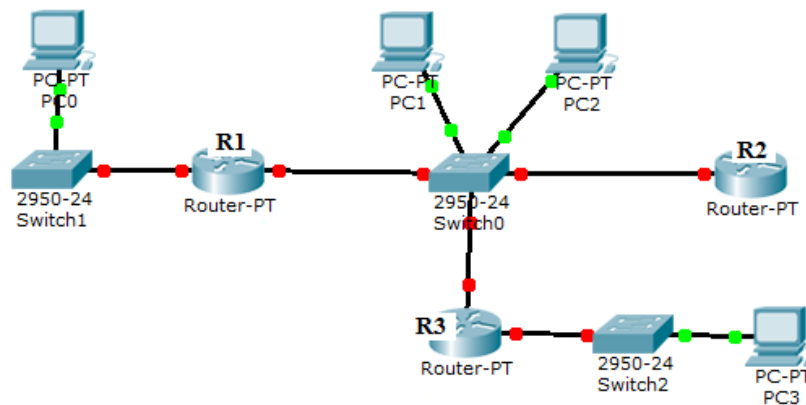


Figure V.23 Un réseau à accès multiple

Les LSA sur les réseaux à accès multiple peuvent présenter deux difficultés pour OSPF :

1. La création de contiguïtés multiples, une pour chaque paire de routeurs.
2. Une diffusion massive de LSA (Link-State Advertisements).

**La solution** pour gérer le nombre de contiguïtés et la diffusion des LSA sur un réseau à accès multiple est le **routeur désigné (DR)**.

Dans les réseaux à accès multiple, OSPF sélectionne un routeur désigné (Designated Router - DR) comme point de collecte et de distribution des LSA envoyées et reçues. Un routeur désigné de sauvegarde (Backup Designated Router - BDR) est également choisi en cas de défaillance du routeur désigné. Tous les autres routeurs deviennent des DROthers (ce qui signifie qu'ils ne sont ni DR, ni BDR).

Les routeurs d'un réseau à accès multiple choisissent un DR et un BDR. Les DROthers constituent des contiguïtés avec le DR et le BDR du réseau. Cela signifie qu'au lieu de diffuser les LSA à l'ensemble des routeurs du réseau, les DROthers envoient leurs LSA uniquement au DR et au BDR en utilisant l'adresse multidiffusion de 224.0.0.6 (ALLDRouters - tous les routeurs DR). Le DR est chargé de transmettre les LSA arrivant d'un routeur vers les autres routeurs. Il utilise l'adresse multidiffusion 224.0.0.5 (AllSPFRouters - tous les routeurs OSPF). Au final, un seul routeur assure la diffusion de l'ensemble des LSA dans le réseau à accès multiple.

### Sélection du DR/BDR

Pour sélectionner le *routeur désigné (DR)* et le *routeur désigné de sauvegarde (BDR)*, les critères suivants sont appliqués :

- DR : Il s'agit du routeur dont la priorité d'interface OSPF est la plus élevée.
- BDR : Il s'agit du routeur dont la priorité d'interface OSPF est la seconde valeur la plus élevée.
- Si les priorités d'interface OSPF sont identiques, *l'ID de routeur* le plus élevé prévaut.

Au lieu d'utiliser uniquement l'ID du routeur pour décider quels routeurs deviendront DR et BDR, il est préférable de contrôler le choix de ces routeurs. Pour cela la notion de priorité a été introduite.

Les **priorités** sont des valeurs d'interface spécifique (**0 – 255**), elles procurent un meilleur contrôle sur les réseaux à accès multiple OSPF. Elles permettent également de faire en sorte qu'un routeur soit DR dans un réseau et DROther dans un autre.

**Remarque :** Lorsqu'elle est attribuée à un routeur, la valeur 0 empêche sa sélection en tant que DR ou BDR.

Un DROther ne constitue des contiguïtés FULL (complètes) qu'avec le DR et le BDR, mais continue de fournir des contiguïtés de voisinage avec tous les DROthers qui rejoignent le réseau. Cela signifie que tous les routeurs DROther du réseau à accès multiple continueront de recevoir des paquets Hello de tous les autres routeurs DROther.

Une fois le DR sélectionné, il le reste jusqu'à ce que l'une des situations suivantes se produise :

- le DR tombe en panne ;
- le processus OSPF sur le DR échoue ;
- l'interface à accès multiple du DR ne fonctionne plus.

**Remarque :** Le DR devenant le point central pour la collecte et la distribution des LSA, il est important qu'il dispose d'une puissance et d'une capacité mémoire suffisantes pour assumer cette responsabilité.

### V.20 Avantages

Les protocoles de routage à état de liens présentent plusieurs avantages sur les protocoles de routage à vecteur de distance.

**Élaboration d'une carte topologique :** Les protocoles de routage à état de liens créent une carte topologique, ou arborescence SPF de la topologie de réseau. Les protocoles de routage à vecteur de distance ne possèdent pas de carte topologique du réseau.

**Convergence rapide :** À la réception d'un paquet à état de liens (LSP), les protocoles de routage à état de liens diffusent *immédiatement* le LSP sur toutes les interfaces, à l'exception de celle sur laquelle il a reçu le LSP. Un routeur qui utilise un protocole de routage à vecteur de distance doit traiter toutes les mises à jour de routage dans sa table de routage avant de les diffuser vers les autres interfaces, même lorsqu'il s'agit de mises à jour déclenchées.

**Mises à jour déclenchées :** Après la diffusion initiale des LSP, les protocoles de routage à état de liens n'envoient un LSP *que* lorsqu'un changement de topologie intervient. Ce dernier ne contient que les informations relatives au lien concerné.

**Conception hiérarchique :** Les protocoles de routage à état de liens comme OSPF et IS-IS utilisent le concept de zones. Plusieurs zones créent un schéma hiérarchique des réseaux, ce qui permet un meilleur groupement (résumé) des routes et l'isolement des problèmes de routage dans une zone.

## V.21 Authentification

Comme d'autres protocoles de routage, OSPF peut être configuré pour l'authentification. Les protocoles RIPv2, EIGRP, **OSPF**, IS-IS et BGP peuvent tous être configurés pour chiffrer et authentifier leurs informations de routage. Cette pratique garantit que les routeurs n'accepteront que les informations en provenance de routeurs ayant été configurés avec le même mot de passe ou les mêmes informations d'authentification.

**Remarque :** L'authentification ne chiffre pas la table de routage du routeur.