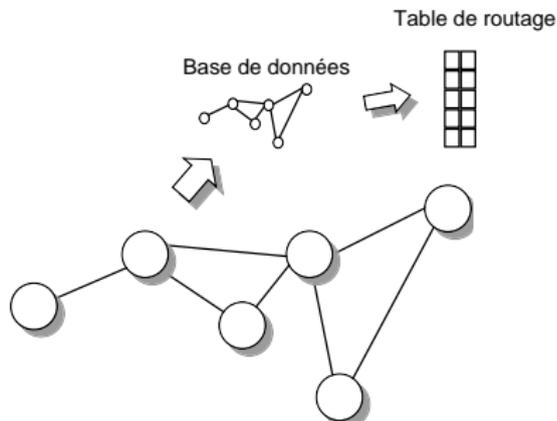


Routage *IGP*
OSPF — *Open Shortest Path First*

Martin Heusse

Protocoles de routage *Link States*

- Exemples : OSPF (le protocole de routage de système autonome conseillé) ; IS-IS ; PNNI
- Structure de données complète : matrice carrée portant les coûts associés à chaque lien
- Principe :



OSPFv2; RFC 2328 (240 pages)

- LSA : unité d'information sur la topologie échangée entre les routeurs
- Mécanisme de découverte et vérification de l'état du voisinage (paquets HELLO)(identification d'un système par son router ID — par défaut l'adresse IP la plus petite du routeur)
- Inondation fiable des changements de topologie
 - ✓ 1 routeur est chargé d'assurer la diffusion fiable sur chaque réseau de diffusion
 - ✓ Au démarrage : synchronisation avec les voisins
- Calcul des plus courts chemins sur chaque routeur (SPF *calculation*)
- Gestion de la cohérence :
 - ✓ Estampillage temporel des LSAs (*time-out*; utilisé pour supprimer un LSA)
 - ✓ Estampillage séquentiel des LSAs (mise à jour seulement pour un LSA plus récent que celui précédemment utilisé)(quand valeur max. atteinte, il faut d'abord supprimer le LSA)
- OSPF permet de gérer un réseau avec 2 niveaux de hiérarchie (notion d'aire)

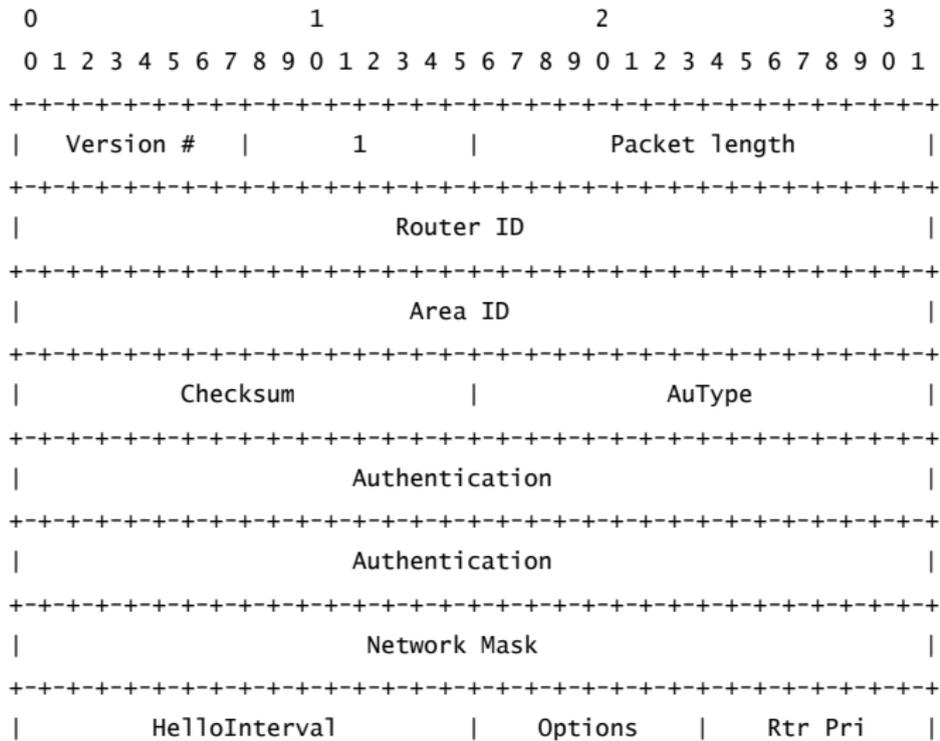
Inondation

- La manière la plus simple de transmettre un paquet à tous les équipements d'un réseau
 - Aucune information de topologie n'est requise
1. Le paquet est ré-émis par le routeur vers tous ses voisins
 2. Qui le re-transmettent à tous leurs voisins **s'ils ne l'ont pas déjà vu passer**
- Chaque paquet circule une fois dans chaque direction sur chaque lien

Paquets OSPF

- HELLO
 - ✓ Découverte des voisins, détection de leur disparition. Multicast à tous les routeurs OSPF
 - ✓ Par défaut, émis toutes les 10s
 - ✓ Destination : AllSPFRouters : 224.0.0.5.
- DATABASE DESCRIPTION
 - ✓ Description de la base de données. Unicast, échange maître-esclave
- LINK STATE REQUEST
- LINK STATE UPDATE
- LINK STATE ACK

Paquets HELLO — découverte / maintien du voisinage



Paquets HELLO — découverte / maintien du voisinage (suite)

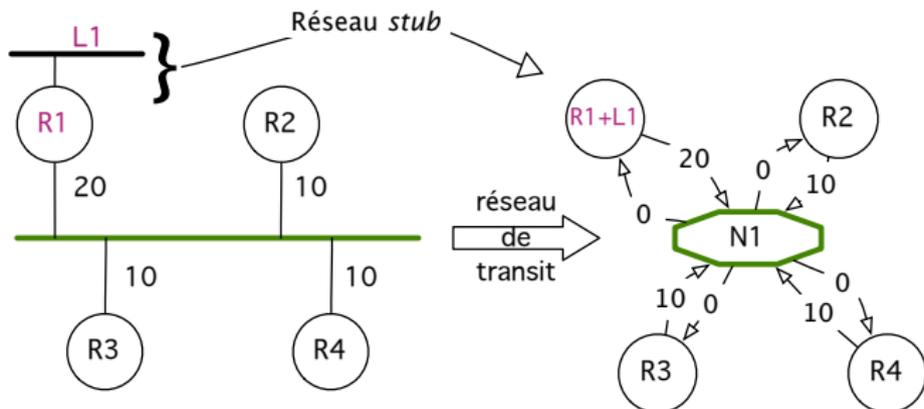
```
+-----+  
|                RouterDeadInterval                |  
+-----+  
|                Designated Router                  |  
+-----+  
|            Backup Designated Router              |  
+-----+  
|                Neighbor                            |  
+-----+  
|                ...                                 |  
+-----+
```

Base de donnée d'état des liens

LS Database

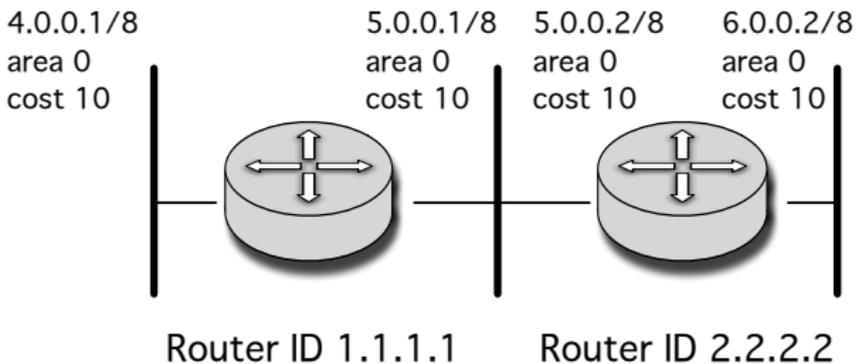
- Type
 1. router-LSAs - states of the router's interfaces
 2. network-LSAs - the set of routers attached to the network
 3. summary-LSAs - summary routes to networks (émis par les ABR)
 4. summary LSAs - summary routes to AS boundary routers
 5. AS-external-LSAs - routes to destinations external to the Autonomous System
- LS ID (par type)
 1. *The originating router's Router ID.*
 2. *The IP interface address of the network's DR*
 3. *The destination network's IP address*
 4. *The Router ID of the described AS boundary router*
 5. *The destination network's IP address*

Base de données



Exemple de base de donnée OSPF

Source : Cisco



Exemple de base de donnée OSPF

Source : Cisco (suite)

```
r2.2.2.2#show ip ospf database
```

OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 2)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	107	0x80000018	0x7966	2
2.2.2.2	2.2.2.2	106	0x80000015	0x6770	2

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
5.0.0.2	2.2.2.2	102	0x80000004	0x7E9D

Exemple de base de donnée OSPF

Source : Cisco (suite)

```
r2.2.2.2#show ip ospf database router 1.1.1.1
```

OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 2)

Router Link States (Area 0)

LS age: 147

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: Router Links

Link State ID: 1.1.1.1

Advertising Router: 1.1.1.1

LS Seq Number: 80000018

Checksum: 0x7966

Length: 48

Number of Links: 2

Link connected to: a Transit Network

(Link ID) Designated Router address: 5.0.0.2

Exemple de base de donnée OSPF

Source : Cisco (suite)

(Link Data) Router Interface address: 5.0.0.1

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 10

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 4.0.0.0

(Link Data) Network Mask: 255.0.0.0

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 10

OSPF : inondation fiable / Routeur désigné

- Chaque LS *update* est acquitté
- Il faut connaître la liste des voisins : mécanisme de HELLO périodique (10s) (détection de la disparition d'un voisin après RouterDeadInterval)
- Problème : sur un LAN, le même LSA peut arriver de plusieurs endroits, etc.
 - ✓ Élection d'un routeur désigné par lien (si au moins 2 routeurs sur ce lien...)(Le routeur de plus grande priorité, plus haut ID—conservation du routeur désigné autant que possible)
 - ✓ Tout LS *update* passe par le DR
 - ▶ Émis à destination de AllDRouters (224.0.0.6)
 - ▶ Ré-émis vers AllSPFRouters
 - ▶ Acquitté en *unicast*
 - ✓ Le DR est aussi chargé de créer le network-LSA du réseau de diffusion

OSPF : inondation fiable / Routeur désigné (suite)

- ✓ Existence d'un routeur désigné de secours (qui reçoit les paquets à dest. de A11DRouters). (Il peut inonder le réseau avec un nouvel LSA, sans passer par le DR : il est adjacent à tous les autres)
- DR : chargé de diffuser l'information à tous les voisins sur les réseau «NBMA» (accès multiple sans diffusion)(genre ATM)

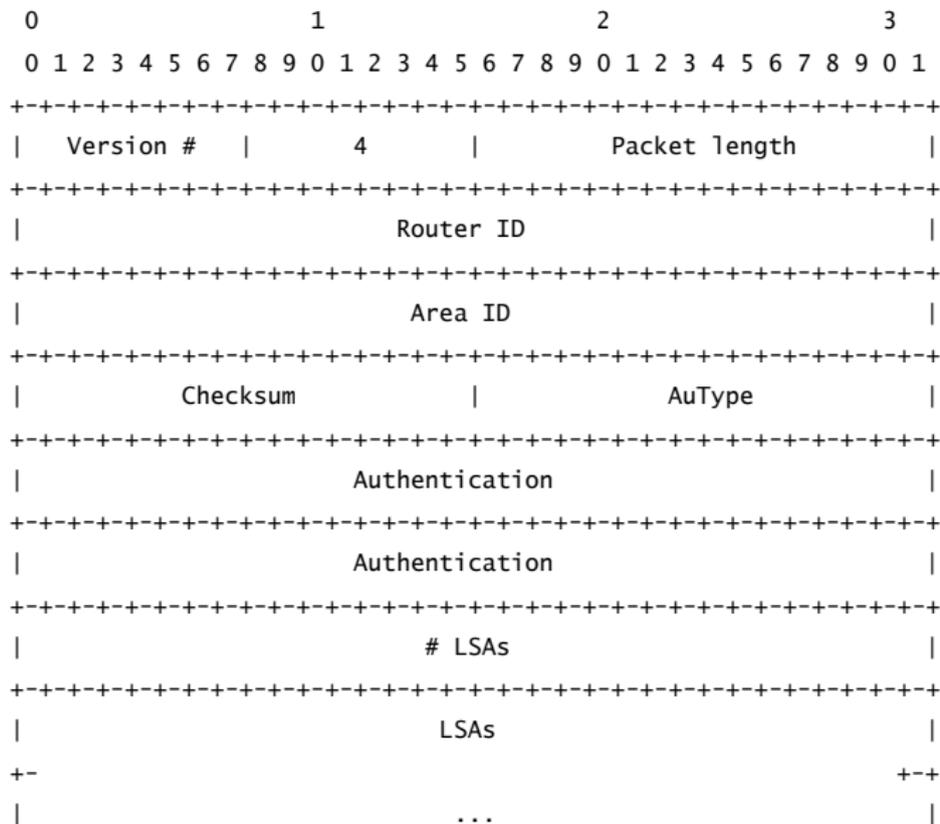
Inondation sur un LAN

Routeur désigné

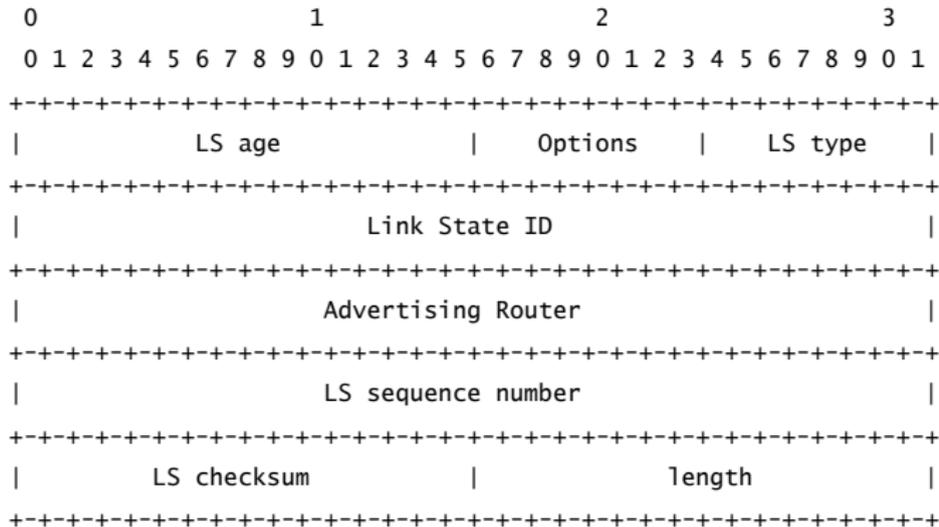
Le routeur désigné

- Il centralise les LS Update sur le réseau de diffusion
- Il créé/gère le LSA du réseau de diffusion
- C'est avec lui que se synchronisent les nouveaux venus.
- BDR
 - ✓ “Adjacent” à tous les autres
 - ✓ Ne maintient pas de Net-LSA : plut lent mais base de donnée plus concise...
 - ✓ Devient le DR si celui-ci a disparu

Paquet LS Update



Structure d'un LSA header



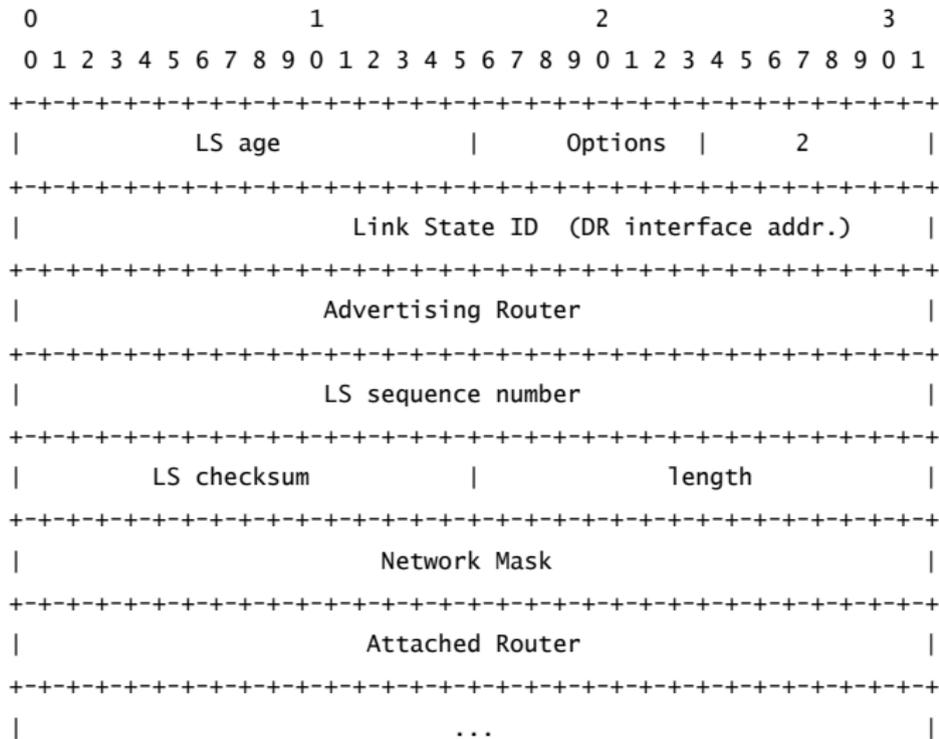
Router-LSA

0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1								
LS age										Options										1																			
Link State ID																																							
Advertising Router (= Link State ID)																																							
LS sequence number																																							
LS checksum															length																								
0 V E B										0										# links																			
Link ID																																							
Link Data																																							
Type										# TOS										metric																			

Router-LSA (suite)

```
+-----+
|                                     |
|                                     ...                                |
+-----+
|   TOS   |   0   |   TOS metric   |
+-----+
|                                     Link ID                            |
+-----+
|                                     Link Data                          |
+-----+
|                                     ...                                |
+-----+
```

Network-LSA



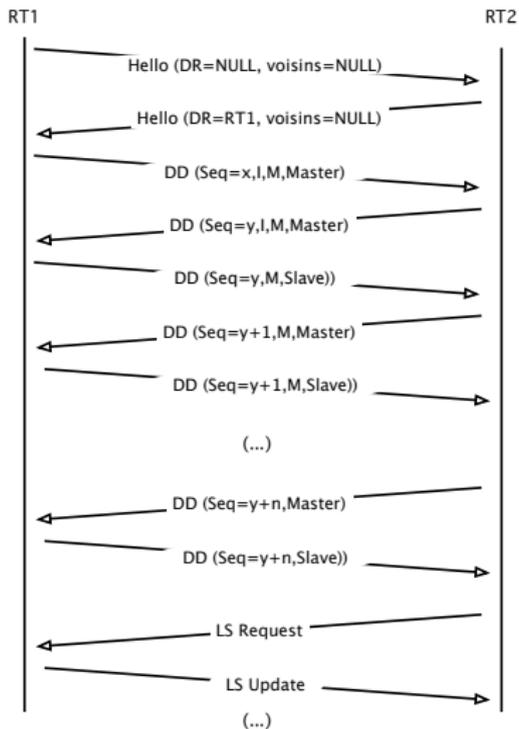
Gestion des LSAs

- Les LSA sont ré-émis toutes les 30 minutes (LSRefreshTime)
- Un LSA plus ancien que MaxAge n'est plus utilisé pour le calcul SPF
- Numéro de séquence : au départ 0x80000001, maximum : 0x7fffffff
- LS Age est incrémenté à chaque retransmission lors de l'inondation.
- Network-LSA :
 - ✓ Créé par le DR sur le lien
 - ✓ En cas de changement de DR, un nouveau network-LSA est créé (par le nouveau DR)
 - ▶ Plus aucun routeur n'est connecté à l'ancien network-LSA !
 - ▶ Si l'ancien DR est toujours vivant, il supprime l'ancien network-LSA (par vieillissement prématuré)

OSPF : Synchronisation au démarrage (Nouveau routeur ↔ routeur désigné)

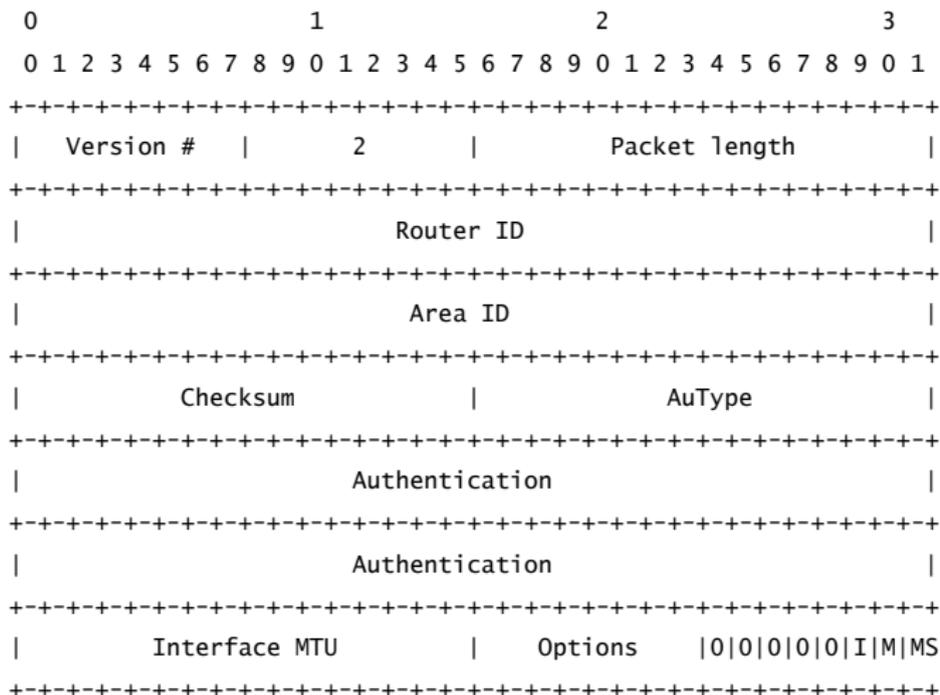
- Phase de description de la base
Protocole maître-esclave :
 - ✓ flags Init, More, Maître/esclave
 - ✓ Le maître est celui qui a le plus grand router ID
 - ✓ l'esclave répète le numéro de séquence du maître (acquiescement), il n'émet pas de paquet de lui même
- Demande des LSA manquant : *LS request*, *LS update* (émis en *unicast*).

OSPF : Synchronisation au démarrage (Nouveau routeur ↔ routeur désigné) (suite)

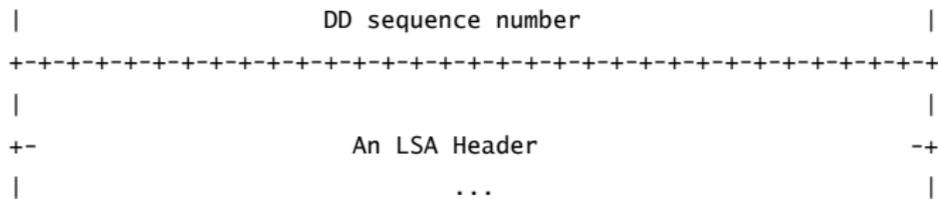


OSPF : Synchronisation au démarrage (Nouveau routeur ↔ routeur désigné) (suite)

Paquet DD

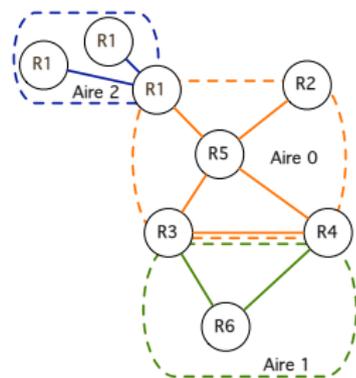


OSPF : Synchronisation au démarrage (Nouveau routeur ↔ routeur désigné) (suite)



OSPF : aires

- Nécessaires pour diminuer la «portée» des LS *Update*
- Une aire *backbone*, l'aire 0 : le réseau d'aires est en fait une étoile → pas de problème de routage inter-aire
- Les LSA sont propagés *au sein* des aires
- Les ABR (*Area Border Router*) créent des *Summary-LSAs*, qui donnent leur distance au réseau en question
- Aire *stub* : un seul point d'accrochage. Les routes externes n'y sont pas propagées (route par défaut à la place).



Aire Stub

- Routes externes remplacés par route par défaut
- Attention, si plusieurs points d'attache à l'aire zéro, il faut que le choix du routeur de sortie de l'aire soit sans conséquence !!

OSPF : quelques points importants

- Les LSAs sont acquittés : inondation fiable
- Routeur désigné : sur un réseau de niveau 2, le routeur chargé de la diffusion des LSA (et de celui du réseau lui même)
Tous les autres n'échangent les LSA qu'avec lui (il existe un BDR : *Backup Designated Router*).
- Mécanisme de re-synchro au démarrage d'un routeur (paquets *database description* : protocole maître-esclave)
- Notion d'aires : 3 types de routeurs (interne ; inter-zone (ABR) ; externe (ASBR))
Chaque routeur maintient
 - ✓ l'état de tous les liens de la zone
 - ✓ un *résumé* des autres zones
 - ✓ routes externes, sauf à l'intérieur des aires «stubs» (une seule route nécessaire)
- L'aire 0 est l'aire *backbone*. Toute autre ABR doit y être attaché, éventuellement virtuellement.

Ce n'est pas tout...

- External LSA (LSA type 5)
 - ✓ Métrique de type 1 : prise en compte de la métrique au delà du routeur (autre protocole de routage) + métrique OSPF
 - ✓ Métrique de type 2 : prise en compte de la route externe la plus « courte » uniquement (la métrique externe domine la métrique interne)(utilisé pour la redistribution de routes BGP)
- *Not-So-Stubby-Area* (LSA type 7)
Aire stub connectée à un domaine RIP par exemple
- Authentification
- *Equal-Cost Multipath* : OSPF installe toutes les routes correspondant à des chemins de coûts égaux