

NIVEAU CCNA · 200-301

OSPF

Les fondamentaux en zone unique

Cours · 8 chapitres · 2 labs guidés · auto-évaluation

Router ID · paquets OSPF · états de voisinage · types de réseaux · DR/BDR · LSA 1 et 2 · SPF et coût

Les Z'héros du Réseau — octobre 2026

Sommaire

Sommaire	2
Comment utiliser ce document	3
1. OSPF : vue d'ensemble	3
2. Router ID et processus OSPF	3
3. Les paquets OSPF	4
4. Les états de voisinage	5
5. Les types de réseaux OSPF	6
6. Élection du DR et du BDR	6
7. La LSDB et les types de LSA	7
8. L'algorithme SPF et le calcul du coût	8
Conventions communes à tous les labs	9
Lab 1 — Première adjacence en zone unique ★	10
Lab 2 — Types de réseaux et élection DR/BDR ★★	12
Questions d'auto-évaluation	14
Aide-mémoire des commandes	14

Comment utiliser ce document

Cette documentation couvre OSPFv2 en zone unique, tel qu'attendu au CCNA : fonctionnement link-state, Router ID, paquets et conditions d'adjacence, états de voisinage, types de réseaux, élection DR/BDR, LSA types 1 et 2 et calcul SPF. Deux labs guidés permettent de tout vérifier en pratique.

La suite (multi-zones, zones spéciales, résumé, filtrage, redistribution, convergence, MPLS, Segment Routing, PE-CE, OSPFv3, IOS-XR) fait l'objet de la documentation de niveau CCNP.

1. OSPF : vue d'ensemble

OSPF (*Open Shortest Path First*) est un protocole de routage intérieur (IGP) à **état de liens** (link-state). OSPFv2 est défini par la **RFC 2328** (IPv4) et OSPFv3 par la **RFC 5340** (IPv6, puis multi-famille d'adresses via la RFC 5838). Chaque routeur décrit ses liens dans des annonces appelées **LSA** (*Link-State Advertisements*), les inonde (*flooding*) dans sa zone, et tous les routeurs d'une même zone construisent une base identique, la **LSDB**. Chacun exécute ensuite l'algorithme de Dijkstra (SPF) en se plaçant à la racine pour calculer l'arbre des plus courts chemins.

Caractéristique	Valeur
Encapsulation	Directement dans IP, protocole 89 (pas de TCP/UDP)
Multicast	224.0.0.5 (AllSPFRouters) · 224.0.0.6 (AllDRouters) · IPv6 : FF02::5 / FF02::6
Distance administrative (Cisco)	110 (intra, inter et externes)
Métrique	Coût = bande passante de référence / bande passante de l'interface (cumulatif)
Type	Link-state, hiérarchique (zones), classless, VLSM, convergence rapide
Fiabilité de l'inondation	Acquittement explicite (LSAck) et retransmission
Rafraîchissement	Chaque LSA est ré-originée toutes les 30 min (LSRefreshTime = 1800 s)
Expiration	MaxAge = 3600 s : une LSA qui atteint 3600 est purgée

1.1 Link-state vs distance-vector

Un protocole à vecteur de distance (RIP, EIGRP dans une certaine mesure) annonce à ses voisins « ce que je sais joindre et à quel coût ». Le récepteur fait confiance au voisin : c'est le *routing by rumor*. Un protocole link-state annonce au contraire « qui je suis, quels sont mes liens et leurs coûts ». Chaque routeur possède donc la **carte complète** de la zone et calcule lui-même les chemins. Avantages : pas de boucles de comptage à l'infini, convergence rapide, vision topologique exploitable par le MPLS-TE et le Segment Routing (TI-LFA). Inconvénients : consommation mémoire/CPU plus élevée, d'où la hiérarchie en zones.

2. Router ID et processus OSPF

Le **Router ID (RID)** est un entier 32 bits écrit en notation pointée, qui identifie de manière unique le routeur dans le domaine OSPF. Il apparaît dans chaque paquet et dans chaque LSA originée par le routeur. Ordre de sélection sur IOS / IOS-XE :

1. La commande `router-id` configurée manuellement ;
2. sinon, la plus haute adresse IP d'une interface **loopback** active ;
3. sinon, la plus haute adresse IP d'une interface physique active.

Le RID n'est choisi qu'au démarrage du processus. Un changement nécessite `clear ip ospf process`. Deux routeurs avec le même RID dans une zone provoquent des instabilités (LSA type 1 qui s'écrasent mutuellement, message « Detected router with duplicate router ID »).

À RETENIR

Bonne pratique : fixe **toujours** le Router ID manuellement, en reprenant l'adresse de la Loopback0. Le RID devient alors prévisible, stable et facile à reconnaître dans la LSDB et les logs.

```
! IOS / IOS-XE
router ospf 1
  router-id 10.0.0.1
  auto-cost reference-bandwidth 100000
  passive-interface Loopback0
!
interface GigabitEthernet0/0
  ip ospf 1 area 0
  ip ospf network point-to-point
```

Deux méthodes d'activation existent sur IOS : la commande `network <adresse> <wildcard> area <n>` sous le processus, ou la commande d'interface `ip ospf <pid> area <n>`, qui est prioritaire si les deux sont présentes. Le numéro de processus (process-id) est local au routeur : deux voisins peuvent avoir des PID différents.

3. Les paquets OSPF

Tous les paquets OSPF partagent un en-tête commun de 24 octets : version (2), type, longueur, **Router ID** de l'émetteur, **Area ID**, checksum, type d'authentification (0 = aucune, 1 = simple, 2 = cryptographique) et 64 bits de données d'authentification.

Type	Nom	Rôle
1	Hello	Découverte et maintien des voisins, élection DR/BDR, vérification des paramètres
2	DBD (Database Description)	Résumé de la LSDB (en-têtes de LSA) lors de la synchronisation initiale
3	LSR (Link-State Request)	Demande des LSA manquantes ou plus récentes
4	LSU (Link-State Update)	Transporte une ou plusieurs LSA complètes
5	LSAck	Acquitte la réception de LSA (fiabilité de l'inondation)

3.1 Contenu du Hello et paramètres qui doivent correspondre

Le Hello contient : masque réseau, Hello interval, options (bits E, N/P, DC, O...), priorité routeur, Dead interval, DR, BDR et la liste des RID des voisins entendus. Pour que deux routeurs deviennent voisins, les éléments suivants doivent **impérativement** correspondre :

Paramètre	Doit matcher ?	Commentaire
Area ID	Oui	Les deux interfaces doivent être dans la même zone
Hello / Dead interval	Oui	10/40 s (broadcast, p2p), 30/120 s (NBMA, p2mp)
Masque de sous-réseau	Oui sur broadcast/NBMA	Ignoré sur point-to-point et sur les liens virtuels
Authentification (type + clé)	Oui	Sinon : « Mismatched authentication type/key »
Flag stub (bit E) / NSSA (bit N)	Oui	Une zone doit être déclarée stub/NSSA sur tous ses routeurs
MTU	Non pour le Hello	Vérifiée dans le DBD : blocage en EXSTART/EXCHANGE
Type de réseau	Non directement	Mais un mélange p2p / broadcast donne des adjacences incohérentes
Router ID	Doit être différent	RID identique = pas d'adjacence
Instance ID (OSPFv3)	Oui	Champ d'en-tête OSPFv3

PIÈGE D'EXAMEN

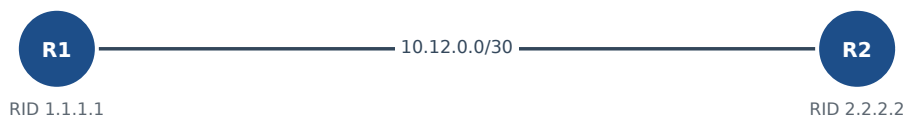
Le piège classique : deux routeurs bloqués en **EXSTART/EXCHANGE**. La cause est presque toujours un **MTU différent** (ou un RID dupliqué). Correction propre : aligner le MTU. Contournement : `ip ospf mtu-ignore`, déconseillé car les LSU trop gros seront fragmentés ou perdus.

4. Les états de voisinage

La machine à états du voisinage est un incontournable de l'examen et du dépannage. Chaque état a une signification précise et un blocage dans un état donné oriente directement vers la cause.

État	Ce qui se passe	Blocage typique — cause
Down	Aucun Hello reçu depuis Dead interval	Lien down, ACL bloquant le proto 89, interface passive
Attempt	NBMA uniquement : Hello unicast envoyé à un voisin configuré	Voisin neighbor injoignable
Init	Hello reçu, mais mon RID n'est pas dans sa liste	Communication unidirectionnelle, ACL/filtre multicast d'un côté, auth
2-Way	Mon RID est dans le Hello du voisin : communication bidirectionnelle	Normal entre deux DROTHER sur un segment broadcast
ExStart	Négociation maître/esclave (plus haut RID = maître) et du numéro de séquence DBD	MTU différent, RID dupliqué
Exchange	Échange des DBD (en-têtes de LSA)	MTU, problèmes unicast
Loading	Envoi des LSR, réception des LSU	LSA corrompues, MTU, perte de paquets
Full	LSDB synchronisées : adjacence complète	—

Exemple : formation d'adjacence R1 — R2



```

R1                                     R2
|-- Hello (voisins vus: aucun) ----->| R2 passe R1 en INIT
|<-- Hello (voisins vus: 1.1.1.1) -----| R1 passe R2 en 2-WAY (puis EXSTART)
|-- DBD vide, I/M/MS=1, seq=x ----->| Négociation : 2.2.2.2 > 1.1.1.1
|<-- DBD vide, I/M/MS=1, seq=y -----| => R2 est MAÎTRE, R1 esclave
|-- DBD MS=0, seq=y, en-têtes LSA ----->| EXCHANGE
|<-- DBD MS=1, seq=y+1, en-têtes LSA -----|
|-- LSR (LSA manquantes) ----->| LOADING
|<-- LSU (LSA complètes) ----->|
|-- LSAck ----->| FULL
  
```

Dans le DBD, le bit **I** (Init) indique le premier paquet, **M** (More) qu'il en reste d'autres, et **MS** (Master/Slave) le rôle de l'émetteur. Seul le maître incrémente le numéro de séquence ; l'esclave répond en reprenant le numéro du maître (acquiescement implicite).

5. Les types de réseaux OSPF

Le type de réseau détermine trois choses : l'utilisation du multicast ou de l'unicast, la présence d'une élection DR/BDR, et la manière dont le lien est représenté dans la LSDB (lien de transit via LSA type 2, ou liens point-à-point dans la LSA type 1).

Type	Hello/Dead	DR/BDR	Voisins	Usage
Broadcast	10/40	Oui	Automatiques (multicast)	Ethernet par défaut
Point-to-point	10/40	Non	Automatiques	Série, GRE, et liens Ethernet cœur SP
Non-broadcast (NBMA)	30/120	Oui	Manuels (neighbor)	Frame Relay historique, hub & spoke
Point-to-multipoint	30/120	Non	Automatiques	Hub & spoke, DMVPN — annonce de /32 par voisin
P2MP non-broadcast	30/120	Non	Manuels	Hub & spoke sans multicast, coût par voisin
Loopback	—	—	—	Annoncée en /32 (sauf network point-to-point sur la Lo)

À RETENIR

Sur un lien Ethernet qui ne relie que **deux routeurs**, configurer `ip ospf network point-to-point` des deux côtés est une excellente pratique : pas d'élection DR/BDR, adjacence plus rapide et LSDB plus simple (pas de LSA type 2).

PIÈGE D'EXAMEN

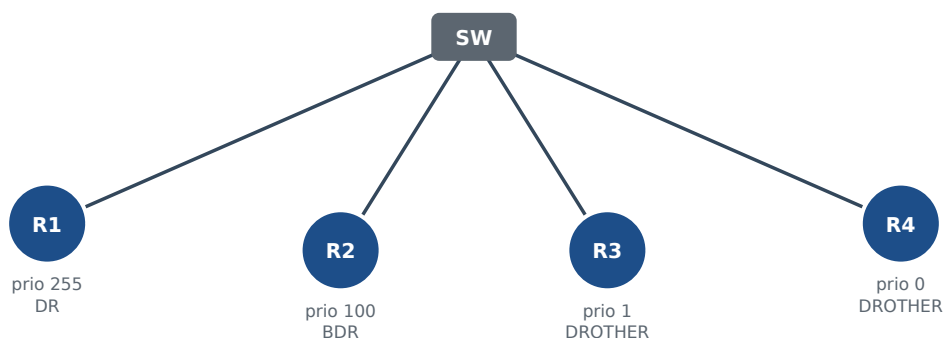
Un réseau broadcast d'un côté et point-to-point de l'autre : les Hello/Dead sont identiques (10/40), l'adjacence peut monter en FULL, mais les deux routeurs décrivent le lien différemment. Le contrôle « two-way connectivity check » du SPF échoue et **les routes n'apparaissent pas** dans la table de routage. Très bon cas de troubleshooting.

6. Élection du DR et du BDR

Sur un segment multi-accès (broadcast ou NBMA), une adjacence complète entre chaque paire de routeurs imposerait $n(n-1)/2$ adjacences. OSPF élit un **Designated Router** (DR) et un **Backup DR** (BDR). Les autres routeurs (DROTHER) forment une adjacence FULL uniquement avec le DR et le BDR, et restent en 2-WAY entre eux. Les DROTHER envoient leurs LSU vers 224.0.0.6 (DR+BDR), le DR les réinonde vers 224.0.0.5.

- Critère 1 : la plus haute **priorité** d'interface (0 à 255, défaut 1). Priorité 0 = jamais DR/BDR.
- Critère 2 : en cas d'égalité, le plus haut **Router ID**.
- L'élection a lieu après le **Wait timer** (= Dead interval, 40 s) au démarrage de l'interface.
- **Non préemptif** : un routeur de priorité supérieure arrivant plus tard ne prend pas la place. Si le DR tombe, le BDR devient DR et un nouveau BDR est élu.
- Le DR origine la **LSA type 2** (Network LSA) qui représente le segment (pseudo-nœud).

Segment broadcast 10.0.123.0/24



Dans cet exemple, R3 et R4 sont en FULL avec R1 et R2, mais en **2WAY/DROTHER** entre eux : c'est normal. Commande de vérification : `show ip ospf neighbor` et `show ip ospf interface Gi0/0`.

7. La LSDB et les types de LSA

Chaque LSA est identifiée par le triplet (**LS Type, Link State ID, Advertising Router**). Sa fraîcheur est déterminée par le **numéro de séquence** (de 0x80000001 à 0x7FFFFFFF, plus grand = plus récent), puis le checksum, puis l'âge (une LSA en MaxAge est considérée plus récente, pour permettre la purge).

Type	Nom	Origine	Portée	Contenu
1	Router LSA	Chaque routeur	Zone	Liens du routeur (point-to-point, transit, stub) et leurs coûts
2	Network LSA	DR	Zone	Masque du segment + liste des routeurs attachés

En zone unique (périmètre CCNA), seules ces deux LSA existent. Les LSA types 3, 4, 5, 7 et les LSA opaques apparaissent avec le multi-zones, la redistribution et MPLS : elles sont traitées dans la documentation de niveau CCNP.

7.1 Le Link State ID selon le type

Type	Link State ID	Advertising Router
1	RID du routeur	RID du routeur
2	Adresse IP de l'interface du DR	RID du DR

7.2 Les quatre types de liens dans une LSA type 1

- **Point-to-point** : Link ID = RID du voisin, Link Data = IP locale de l'interface.
- **Transit** : lien vers un segment avec DR. Link ID = IP du DR, Link Data = IP locale.
- **Stub** : réseau sans voisin (loopback, interface passive, sous-réseau d'un lien p2p). Link ID = adresse réseau, Link Data = masque.
- **Virtual link** : Link ID = RID du voisin VL.

```

R1# show ip ospf database router 1.1.1.1
LS age: 312          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: 80000004    Checksum: 0x5D2A      Length: 60
Number of Links: 3
  Link connected to: another Router (point-to-point)
    (Link ID) Neighboring Router ID: 2.2.2.2
    (Link Data) Router Interface address: 10.12.0.1
    TOS 0 Metrics: 10
  Link connected to: a Stub Network
    (Link ID) Network/subnet number: 10.12.0.0
    (Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
    TOS 0 Metrics: 10
  Link connected to: a Stub Network
    (Link ID) Network/subnet number: 1.1.1.1
    (Link Data) Network Mask: 255.255.255.255
    TOS 0 Metrics: 1

```

8. L'algorithme SPF et le calcul du coût

Le coût d'une interface vaut par défaut **bande passante de référence / bande passante de l'interface**, arrondi à l'entier inférieur avec un minimum de 1. La référence par défaut est 100 Mbit/s : un lien FastEthernet, GigabitEthernet, 10G ou 100G a donc le même coût de 1 ! Il faut absolument augmenter la référence, de manière **identique sur tous les routeurs**.

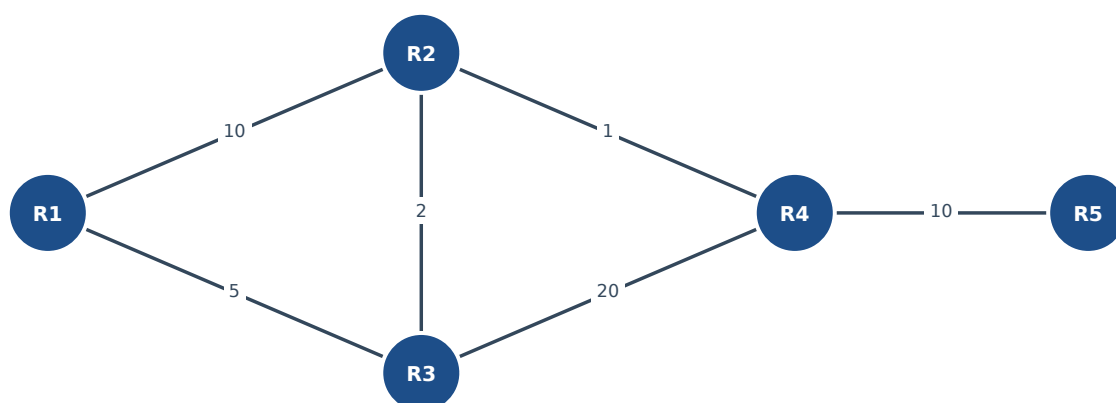
Interface	Réf. 100 Mbit/s	Réf. 100 000 Mbit/s (100G)	Réf. 400 000 (400G)
FastEthernet (100M)	1	1000	4000
GigabitEthernet (1G)	1	100	400
10GigE	1	10	40
100GigE	1	1	4
Bundle 2x10G (20G)	1	5	20

Le coût peut aussi être fixé manuellement par `ip ospf cost <1-65535>` (prioritaire). En production, on préfère souvent des coûts **manuels et documentés** (politique de « metric plan » basée sur la latence ou la capacité) plutôt que des calculs automatiques.

8.1 Déroulé de Dijkstra

1. Le routeur se place à la racine (liste PATHS), coût 0.
2. Il examine les voisins du dernier nœud ajouté et les place dans la liste TENT (candidats) avec leur coût cumulé.
3. Il déplace vers PATHS le candidat de plus faible coût cumulé.
4. Il répète jusqu'à ce que TENT soit vide. Les préfixes (liens stub, LSA 3, 5, 7) sont ensuite rattachés aux nœuds de l'arbre.
5. Un lien n'est utilisé que si les **deux extrémités** l'annoncent (two-way check).

Calcul SPF depuis R1



Étape	PATHS (validés)	TENT (candidats)
1	R1(0)	R2(10), R3(5)
2	R1, R3(5)	R2 : $\min(10, 5+2=7) = 7$ via R3 ; R4(25)
3	R1, R3, R2(7)	R4 : $\min(25, 7+1=8) = 8$ via R3-R2
4	R1, R3, R2, R4(8)	R5(18)
5	R1, R3, R2, R4, R5(18)	vide → fin

Résultat : R1 joint R5 avec un coût 18 via R1→R3→R2→R4→R5, alors que le lien direct R1-R2 (10) semblait plus évident. C'est exactement ce type de raisonnement qu'on te demandera de faire « à la main ».

À RETENIR

En cas d'égalité de coût, OSPF installe plusieurs chemins (**ECMP**) : 4 par défaut sur IOS (maximum-paths jusqu'à 32 ou plus selon plateforme), 16 ou plus sur IOS-XR.

Conventions communes à tous les labs

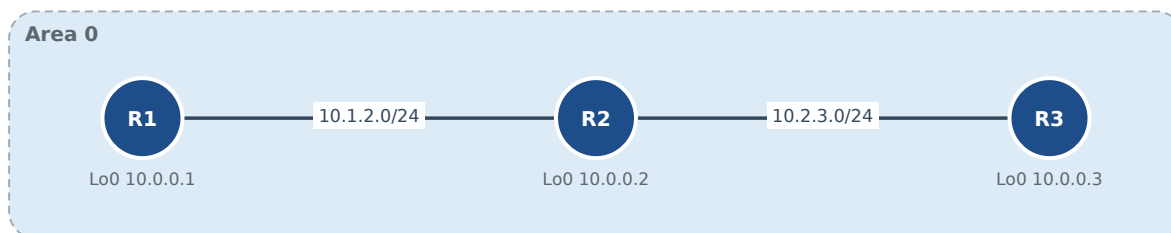
Élément	Convention
Loopback0 de Rx	10.0.0.x/32 (Router ID = 10.0.0.x)
Lien Rx — Ry (x < y)	10.x.y.0/24 : Rx = 10.x.y.x, Ry = 10.x.y.y (ex. R1-R2 : 10.1.2.1 et 10.1.2.2)
Réseaux « clients » simulés	Loopbacks supplémentaires 172.16.x.0/24, 192.168.x.0/24
Bande passante de référence	auto-cost reference-bandwidth 100000 à partir du lab 3
Niveaux	★ découverte · ★★ CCNA+ · ★★★ CCNP · ★★★★★ CCNP SP · ★★★★★★ CCIE

ASTUCE PNETLAB

Images recommandées : **IOL L3** (très léger) ou **VIOS**. Avec IOL, les interfaces se nomment Ethernet0/0, 0/1... et ont une bande passante de 10 Mbit/s : ajoute bandwidth 1000000 sur chaque interface de lien pour retrouver les coûts du document.

Lab 1 — Première adjacence en zone unique ★

Objectifs : activer OSPF, observer la formation d'adjacence, lire la table de voisins et la LSDB, comprendre le Router ID.



Tâches

1. Configurer les adresses IP et les loopbacks.
2. Activer OSPF processus 1, area 0, sur toutes les interfaces avec la commande network sur R1, et la commande d'interface sur R2 et R3.
3. Ne pas configurer de router-id : prévoir quel RID chaque routeur choisira, puis vérifier.
4. Lancer debug ip ospf adj sur R2, puis faire shutdown / no shutdown de l'interface vers R1. Identifier chaque état.
5. Afficher la LSDB : combien de LSA type 1 ? Type 2 ? Pourquoi ?
6. Rendre la Loopback0 passive et fixer manuellement les RID.

Solution

```

R1(config)# interface Loopback0
R1(config-if)# ip address 10.0.0.1 255.255.255.255
R1(config)# interface Ethernet0/0
R1(config-if)# ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
R1(config-if)# no shutdown
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# network 10.0.0.1 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)# network 10.1.2.0 0.0.0.255 area 0
  
```

```

R2(config)# interface Ethernet0/0
R2(config-if)# ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
R2(config-if)# ip ospf 1 area 0
R2(config)# interface Ethernet0/1
R2(config-if)# ip address 10.2.3.2 255.255.255.0
R2(config-if)# ip ospf 1 area 0
R2(config)# interface Loopback0
R2(config-if)# ip address 10.0.0.2 255.255.255.255
R2(config-if)# ip ospf 1 area 0
! Tâche 6
R2(config)# router ospf 1
R2(config-router)# router-id 10.0.0.2
R2(config-router)# passive-interface Loopback0
  
```

```

R2# clear ip ospf process
  
```

Vérifications attendues

```
R2# show ip ospf neighbor
Neighbor ID    Pri   State           Dead Time   Address      Interface
10.0.0.1       1     FULL/BDR        00:00:36   10.1.2.1     Ethernet0/0
10.0.0.3       1     FULL/DR         00:00:33   10.2.3.3     Ethernet0/1

R2# show ip ospf database
          Router Link States (Area 0)
Link ID      ADV Router   Age  Seq#       Checksum Link count
10.0.0.1     10.0.0.1     120  0x80000003 0x00A1B2  2
10.0.0.2     10.0.0.2     118  0x80000004 0x00C3D4  3
10.0.0.3     10.0.0.3     115  0x80000003 0x00E5F6  2
          Net Link States (Area 0)
Link ID      ADV Router   Age  Seq#       Checksum
10.1.2.2     10.0.0.2     118  0x80000001 0x001122
10.2.3.3     10.0.0.3     115  0x80000001 0x003344
```

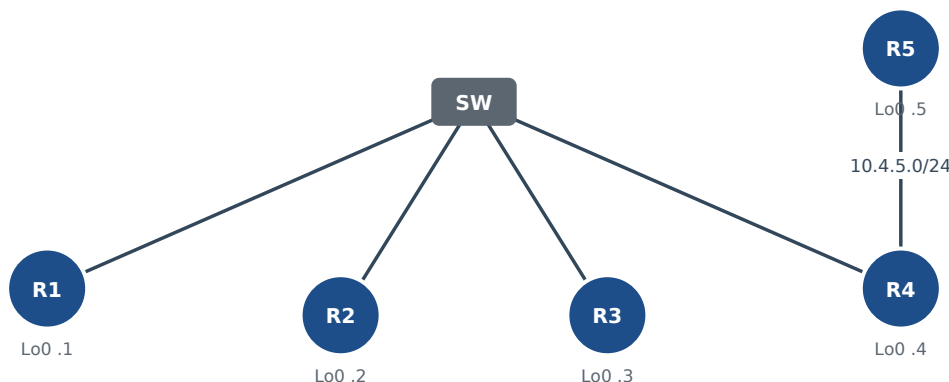
Questions de compréhension

- Pourquoi y a-t-il deux LSA type 2 alors qu'il n'y a que des liens entre deux routeurs ?
Réponse : les interfaces Ethernet sont en type broadcast par défaut ; chaque segment élit un DR qui génère une LSA 2.
- Que se passe-t-il pour le RID si on ajoute une Loopback1 10.0.0.99 sans clear du processus ?
Réponse : rien, le RID n'est réévalué qu'au redémarrage du processus.
- Dans le debug, quel routeur est maître en EXSTART entre R1 et R2 ?
Réponse : celui de plus haut RID, R2.

Lab 2 — Types de réseaux et élection DR/BDR ★★

Objectifs : manipuler la priorité, constater la non-préemption, comparer broadcast et point-to-point, provoquer un problème de type de réseau incohérent.

LAN 10.0.123.0/24 (R1=.1, R2=.2, R3=.3, R4=.4)



Tâches

1. Configurer OSPF area 0 partout. Sans toucher aux priorités, prévoir le DR et le BDR. Attention au moment du démarrage des routeurs.
2. Forcer R1 comme DR (priorité 255) et R2 comme BDR (priorité 100), R3 ne doit jamais être DR/BDR.
3. Constater qu'une simple modification de priorité ne change rien tant que le DR actuel est présent. Provoquer la réélection.
4. Éteindre le DR (R1) : qui devient DR ? Qui devient BDR ?
5. Sur le lien R4-R5, configurer point-to-point sur R4 seulement. Observer l'adjacence, la LSDB et la table de routage de R5.
6. Corriger, puis passer le lien R4-R5 en point-to-point des deux côtés et comparer la LSDB (disparition de la LSA 2).

Solution

```

R1(config)# interface Ethernet0/0
R1(config-if)# ip ospf priority 255
R2(config-if)# ip ospf priority 100
R3(config-if)# ip ospf priority 0
! L'élection n'est pas préemptive : forcer
R1# clear ip ospf process (ou shut/no shut sur les routeurs DR/BDR actuels)
! Tâche 5 (erreur volontaire)
R4(config)# interface Ethernet0/1
R4(config-if)# ip ospf network point-to-point
R5# show ip ospf neighbor -> FULL/ - côté R4 ; FULL/DR côté R5 (ou bloqué)
R5# show ip ospf database router 10.0.0.4 -> lien "point-to-point"
R5# show ip ospf database router 10.0.0.5 -> lien "transit" vers un DR...
R5# show ip route ospf -> routes manquantes (two-way check échoué)
! Correction
R5(config-if)# ip ospf network point-to-point
  
```

PIÈGE D'EXAMEN

Lors de la tâche 4, le BDR R2 devient DR immédiatement, puis une nouvelle élection désigne R4 comme BDR (R3 a la priorité 0, R4 a le plus haut RID parmi les candidats restants). Quand R1 revient, il reste DROTHER : **non-préemption**.

Questions

1. Combien d'adjacences FULL existe-t-il sur le LAN avec 4 routeurs et un DR/BDR ?
5 : DR avec 3 autres, BDR avec 2 autres (R1-R2 est comptée une fois).
2. Pourquoi R3 et R4 restent en 2WAY/DROTHER ?
Les DROTHER ne synchronisent leur LSDB qu'avec le DR et le BDR.

Questions d'auto-évaluation

#	Question	Réponse
1	Quel est le numéro de protocole IP d'OSPF ?	89.
2	Quelle adresse multicast utilisent les DROTHER pour envoyer leurs LSU au DR ?	224.0.0.6 (AllDRouters).
3	Deux routeurs sont bloqués en EXSTART. Cause la plus probable ?	MTU différent (ou RID dupliqué).
4	Quel paramètre du Hello est ignoré sur un lien point-to-point ?	Le masque de sous-réseau.
5	Un nouveau routeur de priorité 255 arrive sur un LAN avec un DR existant. Devient-il DR ?	Non, l'élection n'est pas préemptive.
6	Coût d'une interface 10G avec la référence par défaut ?	1 (comme 1G et 100G).
7	Pourquoi passer les liens Ethernet cœur en point-to-point ?	Pas de DR, pas de LSA 2, adjacence plus rapide, SPF plus simple.

Aide-mémoire des commandes

```

show ip ospf                                # processus, RID, zones, timers SPF
show ip ospf neighbor [detail]
show ip ospf interface [brief]
show ip ospf database [router|network]
show ip route ospf
debug ip ospf adj | hello | events          # avec précaution
clear ip ospf process                       # nécessaire après un changement de RID

```