

Résumé du Cours : Réseaux et Protocoles

Dr A. DERDER

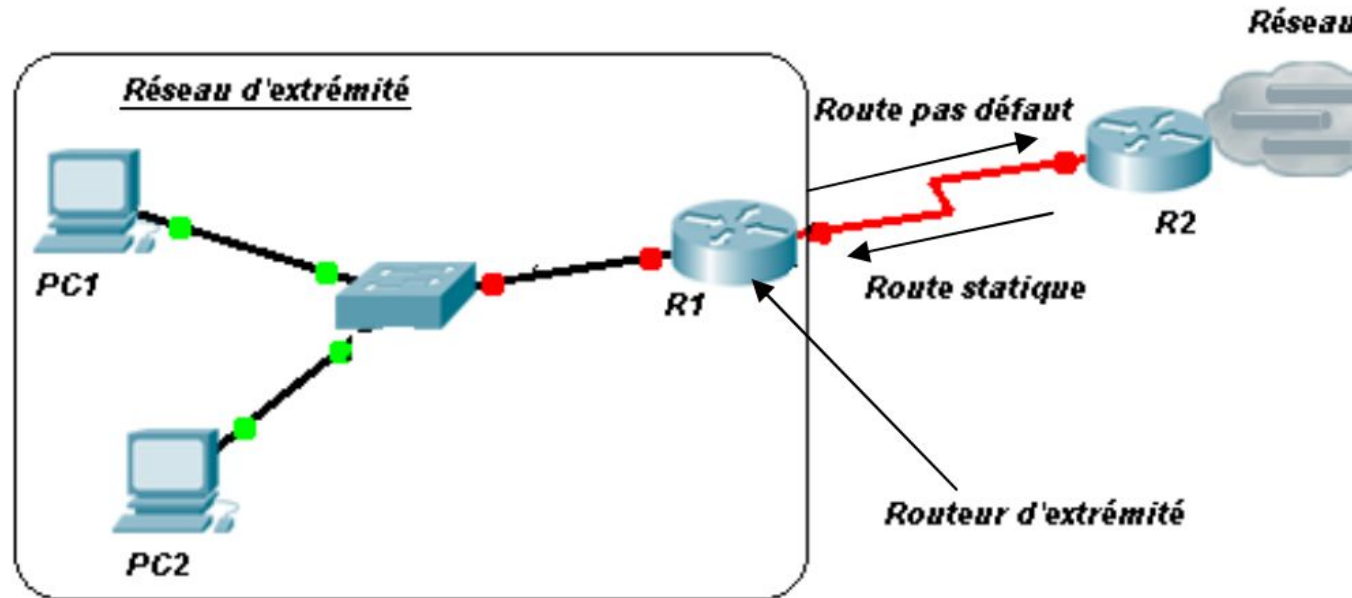
M1 RSD/HPC

Routage Statique

- Le routage statique consiste à indiquer l'adresse IP des réseaux que l'on cherche à atteindre.
- On associe à chaque adresse, le nom de l'interface du routeur ou l'adresse IP du routeur voisin se situant sur la route vers ces réseaux de destination.
- Les routes statiques sont configurées manuellement. Elles définissent un chemin explicite entre deux périphériques réseau.
- Contrairement à un protocole de routage dynamique, les routes statiques ne sont pas automatiquement mises à jour
- Les routes statiques utilisent moins de bande passante que les protocoles de routage dynamique.
- Aucun cycle de processeur n'est utilisé pour calculer et communiquer des routes
- Dans la table de routage, une route statique est identifiée par le code « S ».

Routage Statique

- Une route statique inclut l'adresse réseau et le masque de sous-réseau du réseau distant, ainsi que l'adresse IP du routeur suivant et/ou de l'interface de sortie.
- Les routes statiques sont communément utilisées lors du routage d'un réseau vers un réseau d'extrémité. Un réseau d'extrémité est un réseau accessible par une seule route.



Réseau d'extrémité

Routage Statique

- Pour les grands réseaux, cette opération manuelle (la configuration) peut être fastidieuse et source d'erreurs.
- Lorsqu'un nouveau réseau est ajouté, il faut reconfigurer l'ensemble du réseau
- Le routage statique est principalement utilisé pour les raisons suivantes :
 - faciliter la maintenance des tables de routage dans les réseaux de petite taille qui ne sont pas amenés à se développer de manière significative ;
 - effectuer le routage depuis et vers des réseaux d'extrémité;
 - utiliser une seule **route par défaut**, servant à représenter un chemin vers tout réseau ne présentant aucune correspondance plus spécifique avec une autre route figurant dans la table de routage

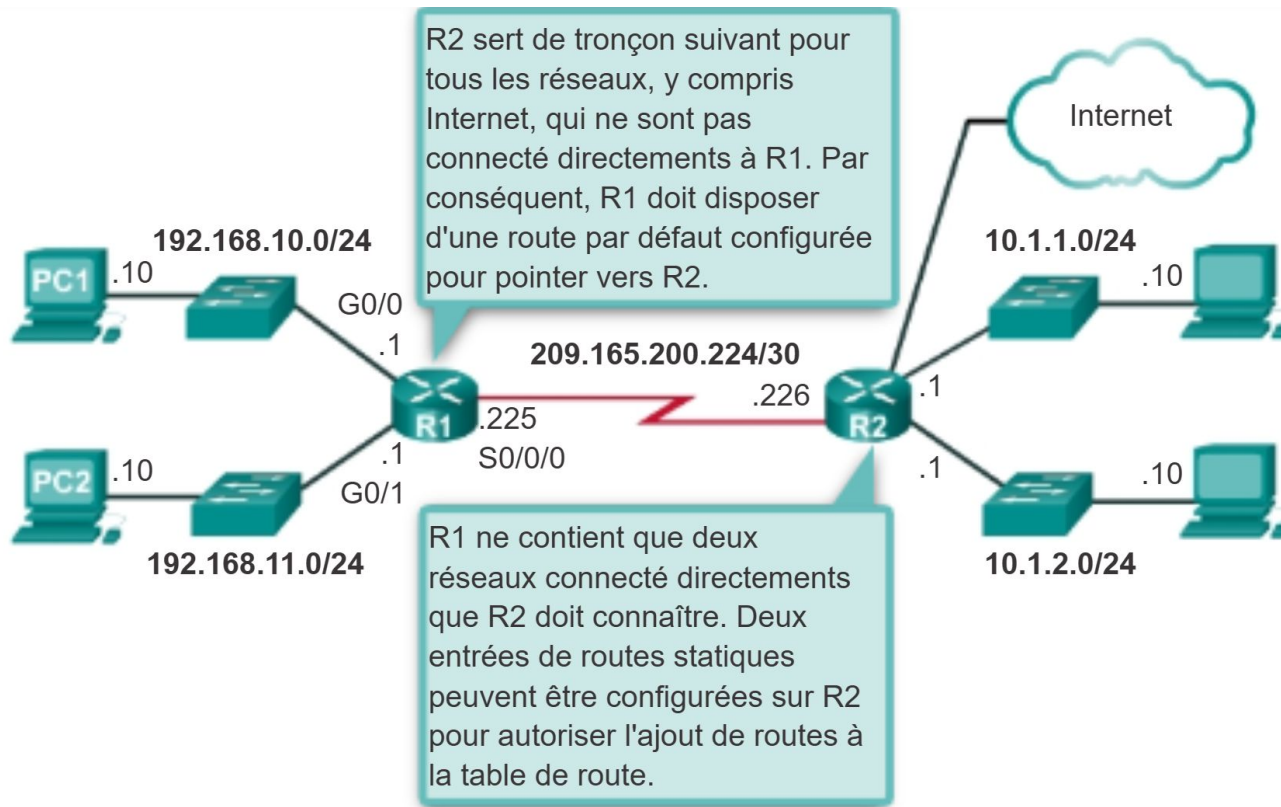
Routage Statique

- **Les types de routes statiques :**
 - **Route statique standard :** pour la connexion d'un réseau distant spécifique
 - **Route statique par défaut :** Quand aucune route de la table de routage ne correspond à l'adresse IP de destination du paquet, on utilise la route par défaut (**l'équivalent au « Default » du Switch Case de la programmation en C**) . Les routes statiques par défaut sont utilisées (**représentée par 0.0.0.0 dans la table de routage**)
 - **Route statique récapitulative (ou résumé de route) :** fait référence à une entrée unique qui regroupe plusieurs sous-réseaux plus spécifiques en un seul ensemble, simplifiant ainsi le processus de routage. Plutôt que d'avoir des entrées distinctes pour chaque sous-réseau, un résumé de route permet de représenter plusieurs d'entre eux sous une seule ligne dans la table de routage.
 - **Route statique flottante :** utilisée dans la configuration de routage pour permettre à une route de secours ou de sauvegarde d'être automatiquement activée en cas de défaillance de la route principale. Les routeurs choisissent normalement la route avec la métrique la plus basse pour diriger le trafic. Cependant, si la route principale échoue ou devient indisponible, la route flottante, avec sa métrique plus élevée, est activée et utilisée pour diriger le trafic.

Routage Statique

Route par défaut

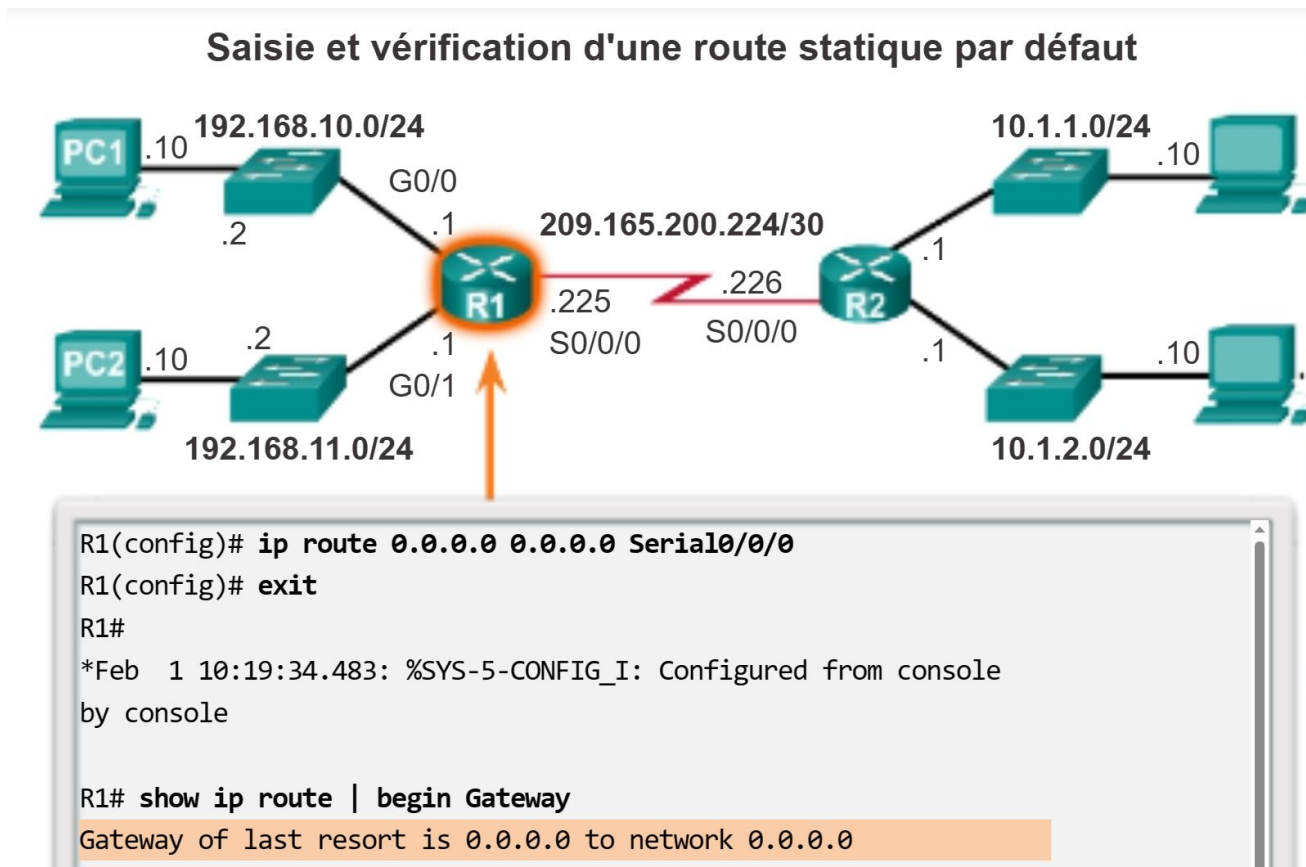
Exemple :



- Une route statique par défaut est utile lorsqu'un routeur ne dispose que d'un seul point de sortie vers un autre routeur, par exemple lorsque le routeur se connecte à un routeur central ou à un fournisseur de services.
- Une route statique par défaut est comparable à une passerelle par défaut sur un hôte. La route statique par défaut indique le point de sortie à utiliser lorsque la table de routage ne contient pas de chemin vers le réseau de destination.

Routage Statique

Route par défaut



- La Figure décrit la configuration d'une route statique par défaut IPv4 sur R1 à l'interface Serial 0/0/0.
- Notez que la configuration de la route a généré une entrée « S* » dans la table de routage. Le « S » signifie que la source de la route est une route statique et l'astérisque (*) identifie cette route comme route par défaut.
- En réalité, elle a été choisie en tant que route par défaut comme l'atteste la ligne indiquant « Gateway of Last Resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0. ».

Routage Statique

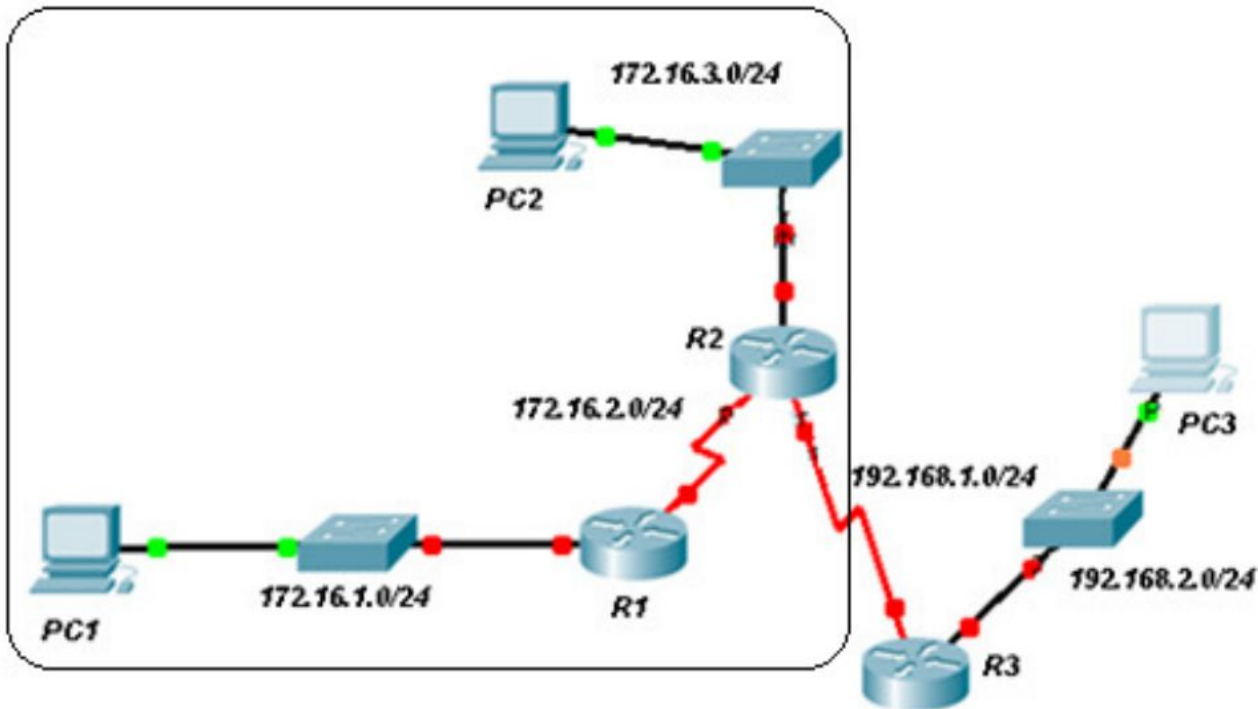
Route statique récapitulative (ou résumé de route)

- La création de tables de routage moins volumineuses permet d'optimiser le processus de recherche dans la table de routage (parce qu'il y a moins de routes à rechercher).
- Si une seule route statique peut être utilisée au lieu de plusieurs routes statiques, la taille de la table de routage est réduite.
- Nous pouvons utiliser une seule adresse réseau pour représenter plusieurs sous-réseaux

Routage Statique

Route statique récapitulative (ou résumé de route)

Exemple :



- R3 possède trois routes statiques (vers les réseaux 172.16.1.0, 172.16.2.0 et 172.16.3.0).
- Les trois routes transfèrent du trafic vers la même interface du routeur R2
- **Nous pouvons résumer les trois routes en une seule**

Routeage Statique

Route statique récapitulative (ou résumé de route)

- Nous allons résumer l'ensemble de ces routes dans une route statique unique. Les trois routes utilisant la même interface de sortie peuvent être résumées vers le réseau unique et nous pouvons créer un seul résumé de routage.

Calcul du résumé :

172.16.1.0 : **10101100.00010000.00000001.00000000**

172.16.2.0 : **10101100.00010000.00000010.00000000**

172.16.3.0 : **10101100.00010000.00000011.00000000**

- Pour trouver le masque de sous-réseau pour le résumé, on commence par le bit le plus à gauche. On progresse vers la droite, en recherchant tous les bits qui correspondent consécutivement. Lorsqu'on rencontre une colonne dont les bits ne correspondent plus, nous à la limite du résumé.
- Dans ce exemple le résumé serait : **172.16.0.0/22**

Routage Statique

Avantages du routage statique :

- le traitement réalisé par le processeur est minimal ;
- facile à comprendre par l'administrateur ;
- facile à configurer.

Inconvénients du routage statique :

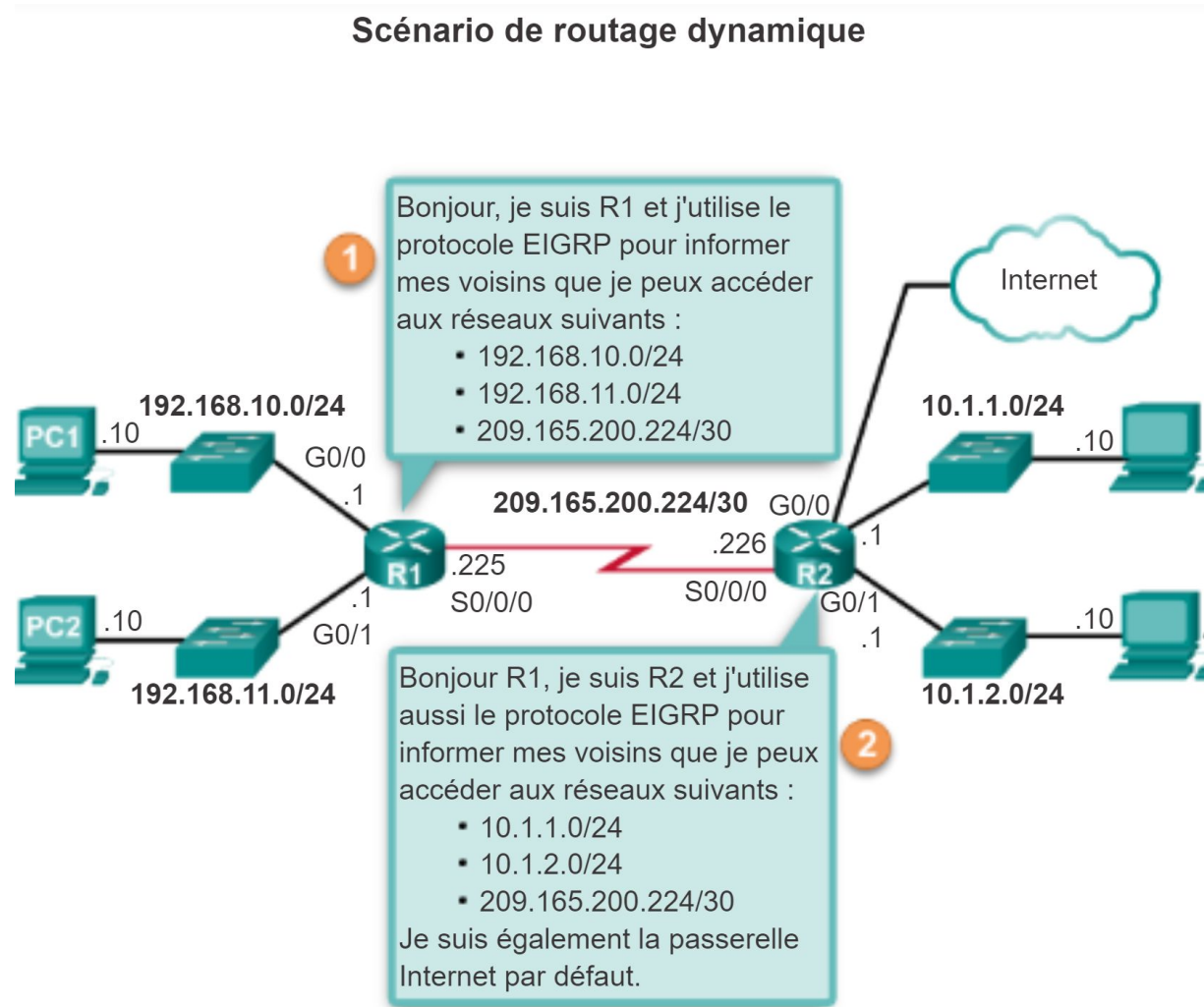
- la configuration et la maintenance prennent du temps ;
- la configuration présente des risques d'erreurs ;
- l'intervention de l'administrateur est requise pour assurer la mise à jour des informations relatives aux routes ;
- n'évolue pas bien avec les réseaux en expansion et la maintenance devient fastidieuse ;
- exige une connaissance complète de l'ensemble du réseau pour une implémentation correcte.

Routage Dynamique

- Les protocoles de routage dynamique sont utilisés par les routeurs pour partager des informations sur l'accessibilité et l'état des réseaux distants.
- effectuent plusieurs tâches, notamment **la détection de réseaux** et la **gestion des tables de routage**.
- **La détection de réseaux** est la capacité d'un protocole de routage à partager des informations concernant les réseaux qu'il connaît avec d'autres routeurs utilisant le même protocole de routage.
- Au lieu de configurer manuellement des routes statiques vers des réseaux distants sur chaque routeur, un protocole de routage dynamique permet aux routeurs de recevoir automatiquement, par le biais d'autres routeurs, les informations nécessaires concernant ces réseaux.
- Ces réseaux, ainsi que le meilleur chemin vers chacun d'eux, sont ajoutés à la table de routage du routeur et identifiés comme des réseaux détectés par un protocole de routage dynamique spécifique.
- Lors de la découverte du réseau, les routeurs échangent des routes et mettent à jour leurs tables de routage. Les routeurs **ont convergé** après avoir terminé leurs échanges et mis à jour leurs tables de routage. Les routeurs gèrent alors les réseaux dans leurs tables de routage.

Routage Dynamique

Exemple : La figure présente un scénario simple illustrant la manière dont deux routeurs voisins échangeraient initialement des informations de routage



Routage Dynamique

- Un routeur exécutant un protocole de routage dynamique ne fournit pas seulement le meilleur chemin vers un réseau ; il détermine également un autre meilleur chemin si le chemin initial devient inutilisable (ou si la topologie change).
- C'est pour cette raison que les protocoles de routage dynamique sont plus avantageux que les routes statiques.
- Car les routeurs utilisant des protocoles de routage dynamique partagent automatiquement des informations de routage avec d'autres routeurs et prennent en compte toute modification de la topologie, **sans nécessiter l'intervention de l'administrateur réseau.**
- Les routeurs Cisco ISR peuvent prendre en charge divers protocoles de routage IPv4 dynamiques, notamment :
 - **EIGRP** (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)
 - **OSPF** (Open Shortest Path First)
 - **IS-IS** (Intermediate System-to-Intermediate System)
 - **RIP** (Routing Information Protocol)

Routage Dynamique

- La fonction des protocoles de routage dynamique inclut les éléments suivants :
 - Découverte des réseaux distants
 - Actualisation des informations de routage
 - Choix du meilleur chemin vers les réseaux de destination
 - Capacité à trouver un nouveau meilleur chemin si le chemin actuel n'est plus disponible

Les principaux composants des protocoles de routage dynamique incluent les éléments suivants :

- **Structures de données** : pour fonctionner, les protocoles de routage utilisent généralement des tables ou des bases de données. Ces informations sont conservées dans la mémoire vive.
- **Messages de protocoles de routage** : les protocoles de routage utilisent différents types de messages pour découvrir les routeurs voisins, échanger des informations de routage et effectuer d'autres tâches afin d'obtenir et de gérer des informations précises relatives au réseau.
- **Algorithme** : un algorithme est une liste précise d'étapes permettant d'accomplir une tâche. Les protocoles de routage utilisent des algorithmes pour faciliter l'échange d'informations de routage et déterminer le meilleur chemin d'accès.

Routage Dynamique

- L'un des principaux avantages des protocoles de routage dynamique est l'échange d'informations de routage entre les routeurs lors de la modification de la topologie.
- Cet échange permet aux routeurs de découvrir automatiquement de nouveaux réseaux et également de trouver d'autres chemins en cas d'échec d'un lien vers un réseau actif.
- Par rapport au routage statique, les protocoles de routage dynamique requièrent une charge administrative moindre.
- Toutefois, l'utilisation de protocoles de routage dynamique implique qu'une partie des ressources d'un routeur est dédiée au fonctionnement du protocole (y compris le temps processeur et la bande passante du lien réseau).
- Malgré les avantages du routage dynamique, le routage statique a encore toute sa légitimité. Selon la situation, l'un conviendra mieux que l'autre. Le routage statique et le routage dynamique peuvent être configurés sur des réseaux moyennement complexes.
- les réseaux combinent généralement le routage dynamique et le routage statique.

Routage Dynamique

Principes fondamentaux des protocoles de routage

- Lorsqu'un routeur est mis sous tension, il ne dispose d'aucune information sur la topologie du réseau. Il ne sait même pas que des périphériques sont connectés à l'autre extrémité de ses liaisons. Les seules informations dont dispose un routeur sont celles de son propre fichier de configuration qui est stocké dans la mémoire vive non volatile. Une fois amorcé avec succès, le routeur applique la configuration enregistrée. Si l'adressage IP est correctement configuré, le routeur détecte d'abord ses propres réseaux connectés directement.
- la table de routage est mise à jour avec tous les réseaux directement connectés
- Si un protocole de routage est configuré, l'étape suivante pour le routeur est de commencer à échanger des mises à jour de routage pour découvrir toutes les routes distantes.
- Le routeur envoie un paquet de mise à jour à toutes les interfaces activées sur le routeur. La mise à jour contient les informations de la table de routage, qui correspondent actuellement à tous les réseaux directement connectés.
- Parallèlement, le routeur reçoit et traite également les mises à jour similaires provenant d'autres routeurs connectés
- Le réseau a convergé lorsque tous les routeurs disposent d'informations complètes et précises sur le réseau entier (**Etat de convergence**)

Routage Dynamique

- Les propriétés de convergence incluent la vitesse de propagation des informations de routage et le calcul des chemins optimaux.
- La vitesse de propagation désigne le temps nécessaire aux routeurs du réseau pour transférer les informations de routage.
- Les propriétés de convergence incluent la vitesse de propagation des informations de routage et le calcul des chemins optimaux.
- La vitesse de propagation désigne le temps nécessaire aux routeurs du réseau pour transférer les informations de routage.
- En général, les protocoles plus anciens, tels que le protocole RIP, convergent lentement, tandis que les protocoles modernes, tels que les protocoles EIGRP et OSPF, convergent plus rapidement.

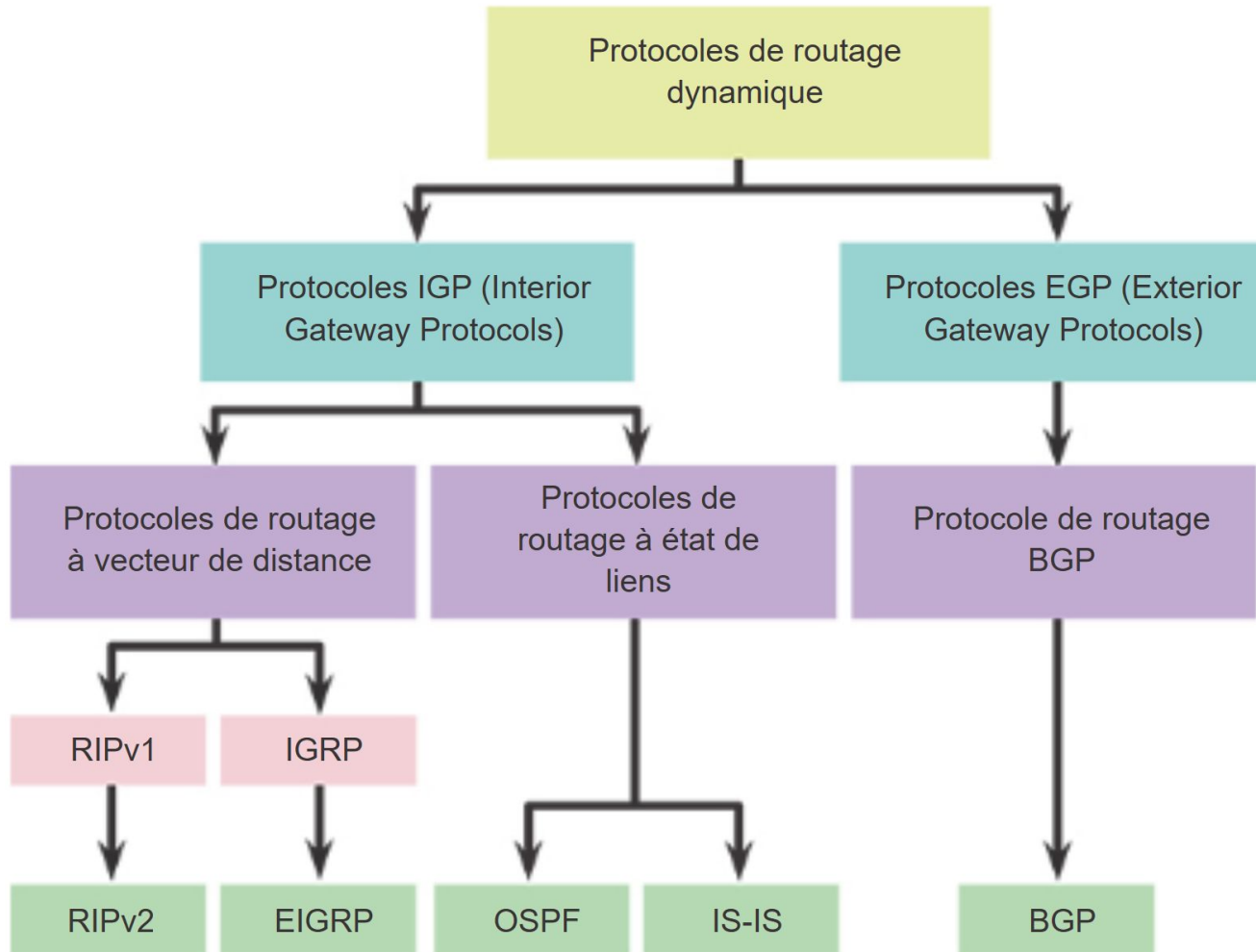
Routage Dynamique

Types de protocoles de routage

- Les protocoles de routage peuvent être classés dans différents groupes selon leurs caractéristiques. Plus précisément, les protocoles de routage peuvent être classés en fonction de leur :
 - **Objectif** - Protocole IGP (Interior Gateway Protocol) ou protocole EGP (Exterior Gateway Protocol)
 - **Fonctionnement** - Vecteur de distance, protocole d'état de liens ou protocole de vecteur de chemin
 - **Comportement** - Par classe (ancien) ou protocole sans classe

Routage Dynamique

Types de protocoles de routage



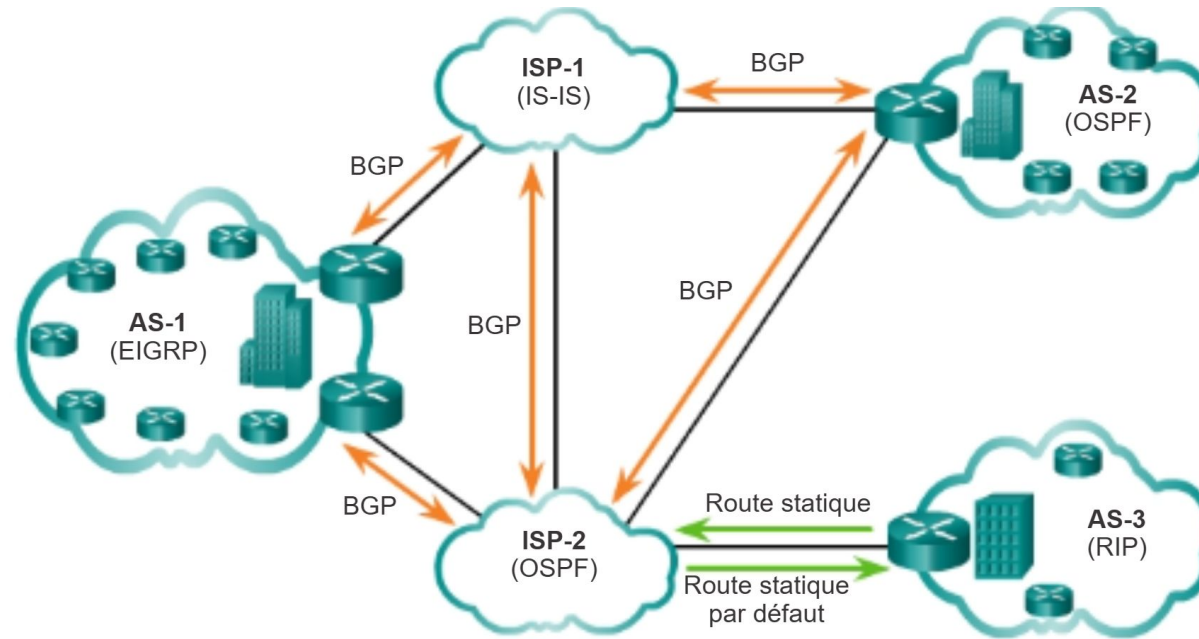
Par exemple, les protocoles de routage IPv4 sont classés comme suit :

- **RIPv1 (ancien)** - IGP, vecteur de distance, protocole par classe
- **IGRP (ancien)** - IGP, vecteur de distance, le protocole par classe développé par Cisco (abandonné depuis l'IOS 12.2 et versions ultérieures)
- **RIPv2** - IGP, vecteur de distance, protocole sans classe
- **EIGRP** - IGP, vecteur de distance, protocole sans classe développé par Cisco
- **OSPF** - IGP, état de liens, protocole sans classe
- **IS-IS** - IGP, état de liens, protocole sans classe
- **BGP** - EGP, vecteur de distance, protocole sans classe

Routage Dynamique

système autonome

Un système autonome (SA) est un ensemble de routeurs au sein d'une administration commune telle qu'une société ou une organisation. Un SA est également appelé « domaine de routage ». Des exemples typiques de SA sont le réseau interne d'une entreprise et le réseau d'un fournisseur d'accès Internet.



Internet repose sur le concept du SA ; par conséquent, deux types de protocoles de routage sont nécessaires : les Protocoles IGP et les protocoles EGP.

Routage Dynamique

•Protocole IGP (Interior Gateway Protocol)

- Utilisé pour le routage au sein d'un SA.
- Il est également appelé « routage intra-SA ».
- Les entreprises, les organisations et même les fournisseurs de services utilisent un protocole IGP sur leurs réseaux internes. Les protocoles IGP incluent les protocoles RIP, EIGRP, OSPF et IS-IS.

•Protocole EGP (Exterior Gateway Protocol)

- Utilisé pour le routage entre des systèmes autonomes.
- Il est également appelé « routage inter-SA ».
- Les fournisseurs de services et les grandes entreprises peuvent être interconnectés au moyen d'un protocole EGP.
- Le protocole BGP (Border Gateway Protocol) est le seul protocole EGP actuellement viable et c'est le protocole de routage officiel utilisé par Internet.

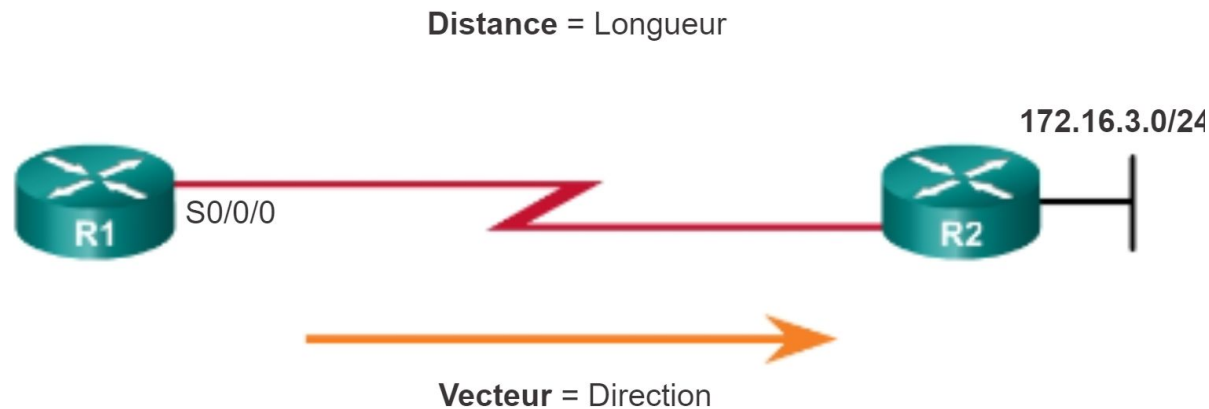
Remarque : puisque le protocole BGP est le seul protocole EGP disponible, le terme EGP est rarement utilisé ; au lieu de cela, la plupart des ingénieurs font simplement référence à BGP.

Routage Dynamique

vecteur de distance

Le vecteur de distance signifie que les routes sont annoncées grâce à deux caractéristiques :

- **Distance** - Identifie la distance par rapport au réseau de destination et est basée sur une métrique comme **le nombre de sauts**, le coût, la bande passante, le délai, etc.
- **Vecteur** - Indique la direction de l'interface du routeur de tronçon suivant ou de l'interface de sortie pour atteindre sa destination.



Par exemple, dans la figure ci dessus, R1 sait que la distance pour atteindre le réseau 172.16.3.0/24 est de 1 saut et que la direction est celle de l'interface S0/0/0 vers R2.

Remarque : en théorie , nous pouvons dire deux sauts, nous comptons le routeur lui meme

Routage Dynamique

vecteur de distance

- Un routeur utilisant un protocole de routage à vecteur de distance ne connaît pas le chemin complet vers un réseau de destination.
- Les protocoles à vecteur de distance utilisent les routeurs comme poteaux indicateurs le long du chemin et ceci jusqu'à la destination finale.
- La seule information dont dispose un routeur à propos d'un réseau distant est la distance ou métrique d'éloignement de ce réseau et le chemin ou l'interface à utiliser pour y accéder.
- Les protocoles de routage à vecteur de distance ne disposent pas d'une véritable carte de la topologie du réseau.

Il existe quatre protocoles IGP à vecteur de distance IPv4 :

- **RIPv1** - Protocole ancien de première génération
- **RIPv2** - Protocole de routage à vecteur de distance simple
- **IGRP** - Protocole propriétaire Cisco de première génération (obsolète et remplacé par EIGRP)
- **EIGRP** - Version avancée du routage à vecteur de distance

Routage Dynamique

état de liens

- À la différence d'un protocole de routage à vecteur de distance, un routeur configuré avec un protocole de routage à état de liens peut créer une « **vue complète** » ou une topologie du réseau en récupérant des informations provenant de **tous les autres routeurs**.
- Les routeurs compatibles RIP envoient des mises à jour régulières de leurs informations de routage à leurs voisins. Les protocoles de routage à état de liens **n'utilisent pas de mises à jour régulières**. Une fois que le réseau a convergé, **une mise à jour d'état de liens est envoyée uniquement en cas de modification de la topologie**

Les protocoles à état de liens sont tout particulièrement adaptés dans les situations suivantes :

- Réseau conçu de manière hiérarchique (il s'agit généralement de grands réseaux)
- Réseau pour lequel une convergence rapide est primordiale
- Administrateurs ayant une bonne connaissance du protocole de routage à état de liens implémenté

Exemple : deux protocoles IGP à état de liens IPv4 :

- **OSPF** : protocole de routage courant basé sur des normes
- **IS-IS** : courant sur les réseaux des fournisseurs

Routage Dynamique

Protocoles de routage par classe

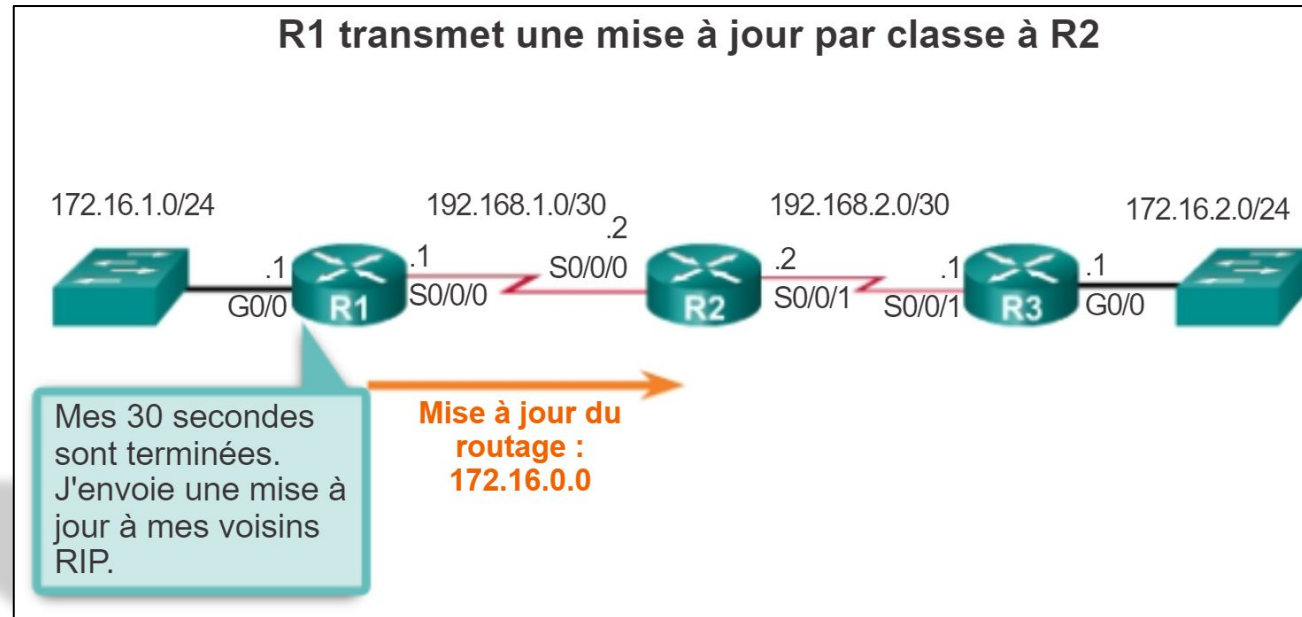
- La distinction la plus notable entre les protocoles de routage « par classe » et « sans classe » est que les protocoles de routage par classe n'envoient pas d'informations de masque de sous-réseau dans leurs mises à jour de routage. Les protocoles de routage sans classe incluent les informations de masque de sous-réseau dans les mises à jour de routage.
- Les deux protocoles de routage IPv4 développés à l'origine étaient RIPv1 et IGRP. Ils ont été créés lorsque des adresses réseau ont été attribuées en fonction des classes (c'est-à-dire, les classes A, B ou C). À cette époque, un protocole de routage n'avait pas besoin d'inclure le masque de sous-réseau dans la mise à jour de routage, parce que le masque de réseau pouvait être déterminé en fonction du premier octet de l'adresse réseau.

Remarque : seuls les protocoles RIPv1 et IGRP sont des protocoles par classe. Tous les autres protocoles de routage IPv4 et IPv6 sont sans classe. L'adressage par classe n'a jamais fait partie du protocole IPv6.

Routage Dynamique

Protocoles de routage par classe

- Le fait que les protocoles RIPv1 et IGRP n'incluent pas les informations de masque de sous-réseau dans leurs mises à jour signifie qu'ils ne peuvent pas fournir de masques de sous-réseau de longueur variable (VLSM).
- Les protocoles de routage par classe créent également des **problèmes sur les réseaux discontinus**. On parle de « réseau discontinu » lorsque des sous-réseaux de la même adresse d'un réseau principal par classe sont séparés par une adresse réseau par classe différente.



Fonctionnement des protocoles de routage à vecteur de distance

- mises à jour entre voisins. Les voisins sont des routeurs qui partagent une liaison et qui sont configurés de manière à utiliser le même protocole de routage.
- mises à jour périodiques. Par exemple, le protocole RIP envoie une mise à jour périodique à tous ses voisins toutes les **30 secondes**. Le protocole RIP effectue cette opération même si la topologie n'a pas changé ; il continue à envoyer des mises à jour. Le protocole RIPv1 atteint l'ensemble de ses voisins en envoyant des mises à jour à l'adresse IPv4 de tous les hôtes, 255.255.255.255, par le **biais d'une diffusion**.
- La diffusion de mises à jour périodiques est inefficace, car les mises à jour consomment de la bande passante et pèsent sur les ressources processeur des périphériques réseau. Chaque périphérique réseau doit traiter un message de diffusion.
- Au lieu de cela, les protocoles RIPv2 et EIGRP utilisent des adresses de multidiffusion de façon à ce que seuls les voisins qui requièrent des mises à jour les reçoivent.

Fonctionnement des protocoles de routage à vecteur de distance

Au centre du protocole à vecteur de distance, l'algorithme de routage sert à calculer les meilleurs chemins et à envoyer ces informations aux voisins.

L'algorithme utilisé pour les protocoles de routage définit les processus suivants :

- Mécanisme d'envoi et de réception des informations de routage
- Mécanisme de calcul des meilleurs chemins et d'installation de routes dans la table de routage
- Mécanisme de détection des modifications topologiques et de réaction à celles-ci

Fonction des algorithmes de routage

- Envoi et réception des mises à jour
- Calcul du meilleur chemin et route d'installation
- Détection des modifications de topologie et réaction vis-à-vis de celles-ci



Réseau	Interface	Saut
172.16.1.0/24	Fa0/0	0
172.16.2.0/24	S0/0/0	0
172.16.3.0/24	S0/0/0	0

Réseau	Interface	Saut
172.16.2.0/24	S0/0/0	0
172.16.3.0/24	Fa0/0	0
172.16.1.0/24	S0/0/0	1

Le protocole RIP

- Le protocole RIP (Routing Information Protocol) était un protocole de routage de première génération pour le protocole IPv4 initialement défini dans le document RFC 1058. Il est facile à configurer, ce qui en fait un bon choix pour les petits réseaux.

Les principales caractéristiques du protocole RIPv1 sont les suivantes :

- Les mises à jour de routage sont diffusées (255.255.255.255) toutes les 30 secondes.
 - Le nombre de sauts est utilisé comme métrique de sélection d'un chemin.
 - Un nombre de sauts supérieur à **15 est considéré comme étant infini (trop loin)**.
-
- le protocole RIPv1 a évolué en protocole de routage sans classe connu sous le nom de RIP version 2 (RIPv2). Le protocole RIPv2 a apporté les améliorations suivantes :
 - **Protocole de routage sans classe** - Prend en charge VLSM et CIDR, car il inclut le masque de sous-réseau dans les mises à jour de routage.
 - **Efficacité accrue** - Transmet les mises à jour à l'adresse de multidiffusion 224.0.0.9, au lieu de l'adresse de diffusion 255.255.255.255.
 - **Entrées de routage réduites** - Prend en charge la récapitulation de route manuelle sur n'importe quelle interface.
 - **Sécurité** - Prend en charge un mécanisme d'authentification visant à sécuriser les mises à jour des tables de routage entre les voisins.

RIP V1 vs RIPV 2

Comparaison entre RIPv1 et RIPv2

Caractéristiques et fonctions	RIPv1	RIPv2
Métrique	Les deux technologies utilisent le nombre de sauts comme simple métrique. Le nombre maximal de sauts correspond à 15.	
Mises à jour transmises à l'adresse	255.255.255.255	224.0.0.9
Prise en charge de VLSM	✗	✓
Prise en charge de CIDR	✗	✓
Prise en charge de la récapitulation	✗	✓
Prise en charge de l'authentification	✗	✓

Références

- <http://cisco.ofppt.info/>
- <https://ccnareponses.com/>
- Formation Cisco ICND1/CCENT Alphorm.com
- <http://stjonum.fr/T/architecture/a2.html>
- Cours de Mme MEDJAHED