



# Module 8 : Couche Réseau

Présentation des réseaux V7.0  
(ITN)



# Module 8: Rubriques

**Titre du Module :** Couche Réseau

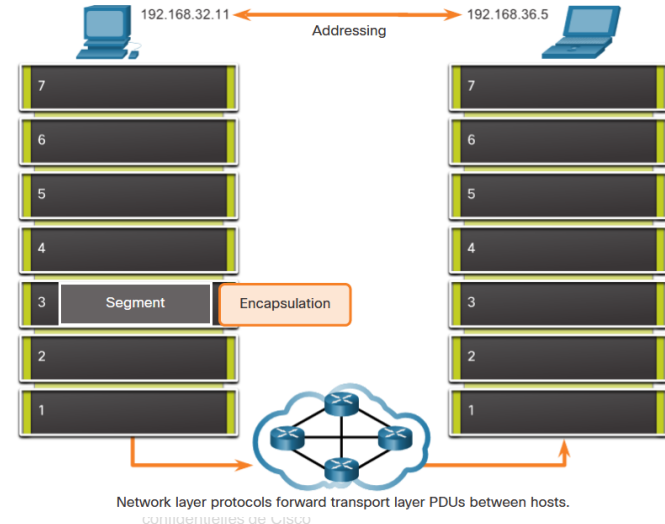
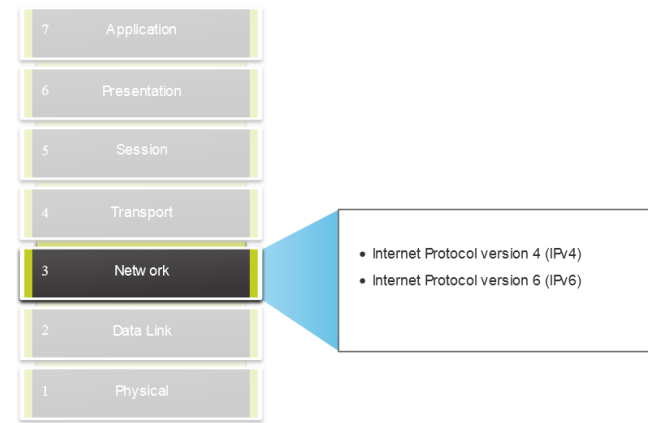
**Objectif du Module:** Expliquer comment les routeurs utilisent les protocoles et les services de la couche réseau pour permettre une connectivité de bout en bout.

Titre du rubrique	Objectif du rubrique
Caractéristiques de la couche réseau	Expliquer comment la couche réseau utilise les protocoles IP pour des communications fiables.
Paquet IPv4	Expliquer le rôle des principaux champs d'en-tête dans le paquet IPv4.
Paquet IPv6	Expliquer le rôle des principaux champs d'en-tête dans le paquet IPv6.
Méthode de routage des hôtes	Expliquer de quelle manière les périphériques réseau utilisent les tables de routage pour diriger les paquets vers un réseau de destination.
Tables de routage des routeurs	Expliquer la fonction des champs dans la table de routage d'un routeur.

# 8.1 Caractéristiques de la couche réseau

# Couche réseau

- Fournit des services qui permettent aux périphériques finaux d'échanger des données
- IP version 4 (IPv4) et IP version 6 (IPv6) sont les principaux protocoles de communication de couche réseau.
- La couche réseau effectue quatre opérations de base :
  - Adressage des périphériques finaux
  - Encapsulation
  - Routage
  - Désencapsulation



# Caractéristiques de la couche réseau

## Encapsulation de l'IP

- Le protocole IP encapsule le segment de couche transport.
- IP peut utiliser un paquet IPv4 ou IPv6 et n'affecte pas le segment de couche 4.
- Les paquets IP seront examinés par tous les périphériques de couche 3 lorsqu'ils traversent le réseau.
- L'adresse IP est identique de la source à la destination.

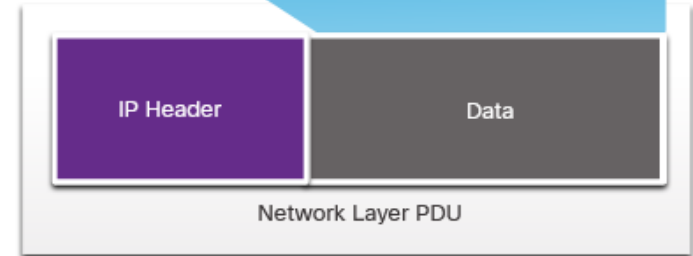
**Remarque:** le NAT modifiera l'adressage, mais sera abordé dans un module ultérieur.

Transport Layer Encapsulation



Transport Layer PDU

Network Layer Encapsulation



Network Layer PDU

IP Packet

# Caractéristiques de l'IP

IP est conçu pour avoir de faibles frais généraux et peut être décrit comme :

- Sans connexion
- Acheminement au mieux
- Indépendant vis-à-vis des supports

# Sans connexion

IP est Sans connexion

- L'IP n'établit pas de connexion avec la destination avant d'envoyer le paquet.
- Aucune information de contrôle n'est nécessaire (synchronisations, accusés de réception, etc.).
- La destination recevra le paquet à son arrivée, mais aucune pré-notification n'est envoyée par IP.
- S'il y a un b...

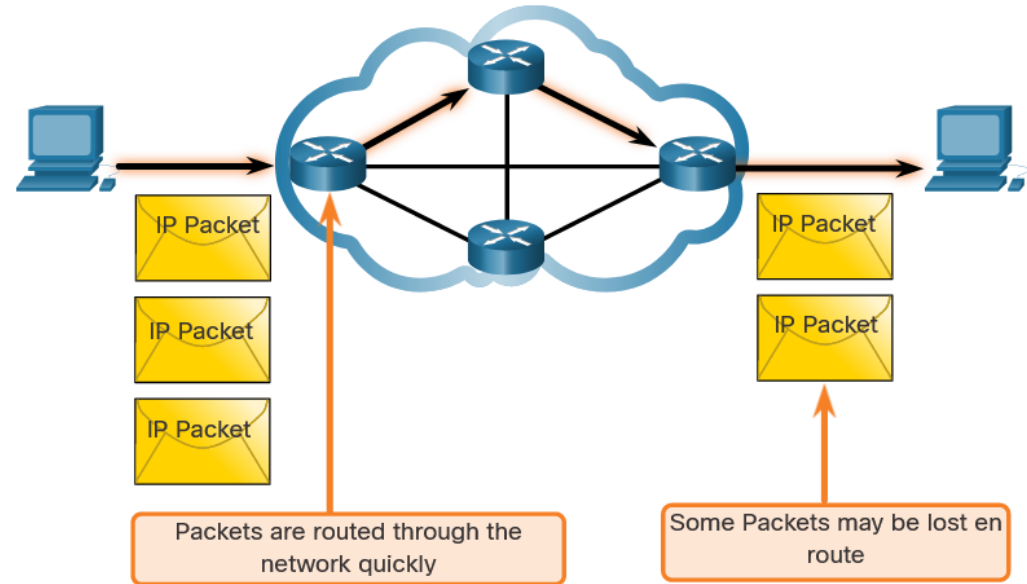


# Caractéristiques de la couche réseau

## Acheminement au mieux

L'IP est l'acheminement au mieux

- IP ne garantit pas la livraison du paquet.
- IP a réduit les frais généraux car il n'existe aucun mécanisme qui permet de renvoyer des données qui ne sont pas reçues.
- IP ne s'attend pas à des accusés de réception.
- IP ne sait pas si l'autre périphérique est opérationnel ou s'il a reçu le paquet.





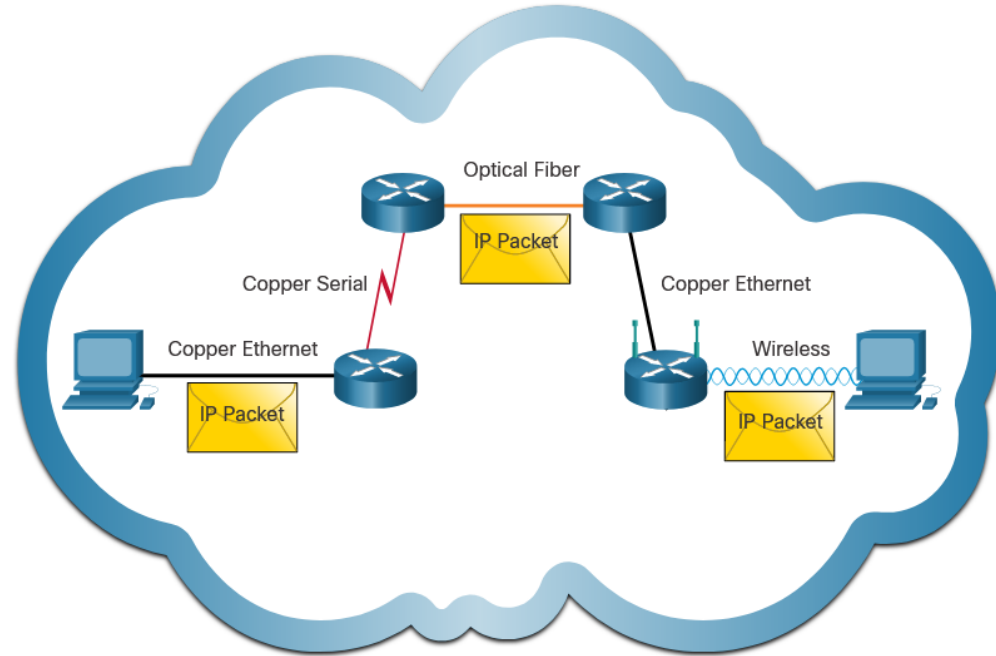
# Indépendant vis-à-vis des supports

L'IP n'est pas fiable :

- Il ne peut pas gérer ou réparer les paquets non livrés ou corrompus.
- L'IP ne peut pas être retransmis après une erreur.
- IP ne peut pas se réaligner sur des paquets hors séquence.
- IP doit s'appuyer sur d'autres protocoles grâce à ces caractéristiques.

L'IP est indépendant vis-à-vis des supports.

- IP ne concerne pas le type de trame requis dans la couche de liaison de données ou le type de support dans la couche physique.
- IP peut être envoyé sur n'importe quel type de support: cuivre, fibre ou sans fil.



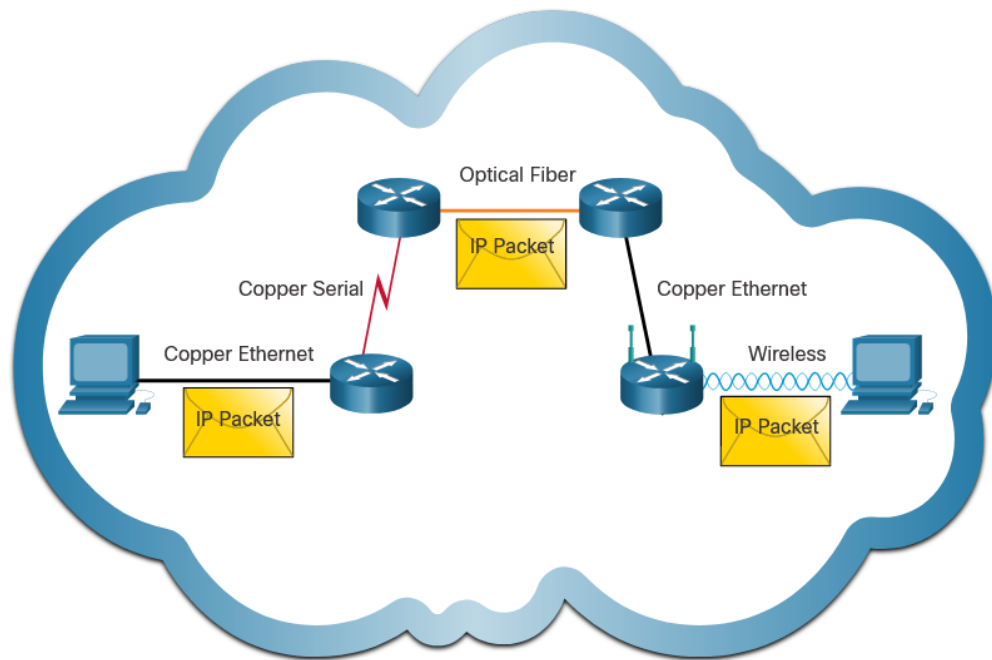
# Indépendant vis-à-vis des supports (suite)

La couche réseau établira l'unité de transmission maximale (MTU).

- La couche réseau reçoit ce message à partir des informations de contrôle envoyées par la couche de liaison de données.
- Le réseau établit ensuite la taille MTU.

La fragmentation est lorsque la couche 3 divise le paquet IPv4 en unités plus petites.

- La fragmentation provoque une latence.
- IPv6 ne fragmente pas les paquets.
- Exemple : Le routeur passe d'Ethernet à un WAN lent avec une MTU est inférieure.



# 8.2 Paquet IPv4

# En-tête de paquet IPv4

IPv4 est le protocole de communication principal pour la couche réseau.

L'en-tête réseau a de nombreux objectifs :

- Il garantit que le paquet est envoyé vers la meilleure direction (vers la destination).
- Il contient des informations pour la gestion de couche réseau dans différents domaines.
- Les informations contenues dans l'en-tête sont utilisées par tous les périphériques de couche 3 qui gèrent le paquet

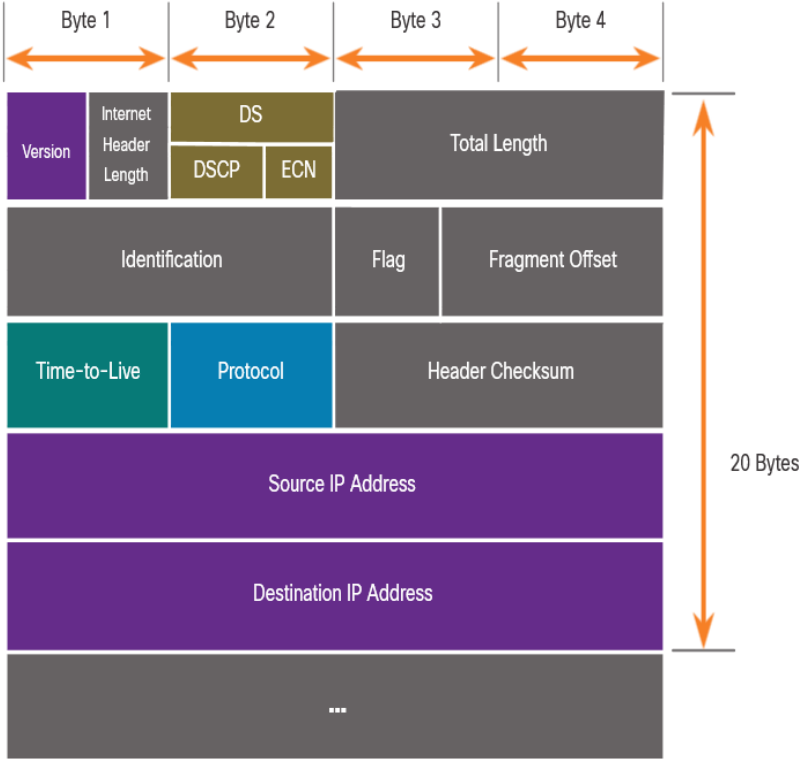
# Paquet IPv4

## Champs de l'en-tête du paquet IPv4

### Caractéristiques de l'en-tête réseau IPv4 :

- C'est en binaire.
- Contient plusieurs champs d'information
- Le diagramme est lu de gauche à droite, 4 octets par ligne
- Les deux champs les plus importants sont la source et la destination.

Les protocoles peuvent avoir une ou plusieurs fonctions.



# Champs de l'en-tête du paquet IPv4

Les champs importants de l'en-tête IPv4 sont :

Fonction	Description
Version	Ce sera pour v4, par opposition à v6, un champ de 4 bits = 0100
Des services différenciés	Utilisé pour la QoS: champ DiffServ — DS ou l'ancien InServ — TOS ou Type de service
Somme de contrôle d'en-tête	Détecter la corruption dans l'en-tête IPv4
Durée de vie (Time to Live, TTL)	Nombre de tronçon de couche 3. Quand il devient zéro, le routeur rejettera le paquet.
Protocole	Protocole de niveau suivant : ICMP, TCP, UDP, etc.
Adresse IPv4 source	Adresse source 32 bits
Adresse IP de destination	Adresse de destination 32 bits

# Démonstration vidéo de paquet IP – Exemples d'en-têtes IPv4 dans Wireshark

Cette vidéo présentera les points suivants :

- Les paquets Ethernet IPv4 dans Wireshark
- les information de contrôle
- La différence entre les paquets

# 8.3 Paquets IPv6



# Limites du protocole IPv4

l'IPv4 présente trois problèmes majeurs :

- La pénurie des adresses IPv4 — Nous sommes trouvé à court d'adresses IPv4.
- La manque de connectivité de bout en bout — Pour que IPv4 survienne aussi longtemps, l'adressage privé et NAT ont été créés. Cela a mis fin aux communications directes avec l'adressage public.
- Augmentation de la complexité du réseau — NAT a été conçu comme une solution temporaire et crée des problèmes sur le réseau comme un effet secondaire de la manipulation des en-têtes réseau adressant. NAT provoque des problèmes de latence et de dépannage.

## Présentation d'IPv6

- IPv6 a été développé par l'Internet Engineering Task Force (IETF)
- IPv6 dépasse les limites des adresses IPv4.
- Améliorations apportées par IPv6 :
  - **Espace d'adressage plus important** — basé sur l'adresse 128 bits et pas sur 32 bits
  - **Traitement plus efficace des paquet** — l'en-tête a été simplifié et comporte moins de champs.
  - **Traduction d'adresses réseau inutile** — grâce au grand nombre d'adressage, il n'est plus nécessaire d'utiliser une adressage privée interne et d'être mappé à une adresse publique partagée.

### IPv4 and IPv6 Address Space Comparison

Number Name	Scientific Notation	Number of Zeros
1 Thousand	10 <sup>3</sup>	1,000
1 Million	10 <sup>6</sup>	1,000,000
1 Billion	10 <sup>9</sup>	1,000,000,000
1 Trillion	10 <sup>12</sup>	1,000,000,000,000
1 Quadrillion	10 <sup>15</sup>	1,000,000,000,000,000
1 Quintillion	10 <sup>18</sup>	1,000,000,000,000,000,000
1 Sextillion	10 <sup>21</sup>	1,000,000,000,000,000,000,000
1 Septillion	10 <sup>24</sup>	1,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Octillion	10 <sup>27</sup>	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Nonillion	10 <sup>30</sup>	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Decillion	10 <sup>33</sup>	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Undecillion	10 <sup>36</sup>	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000

#### Legend



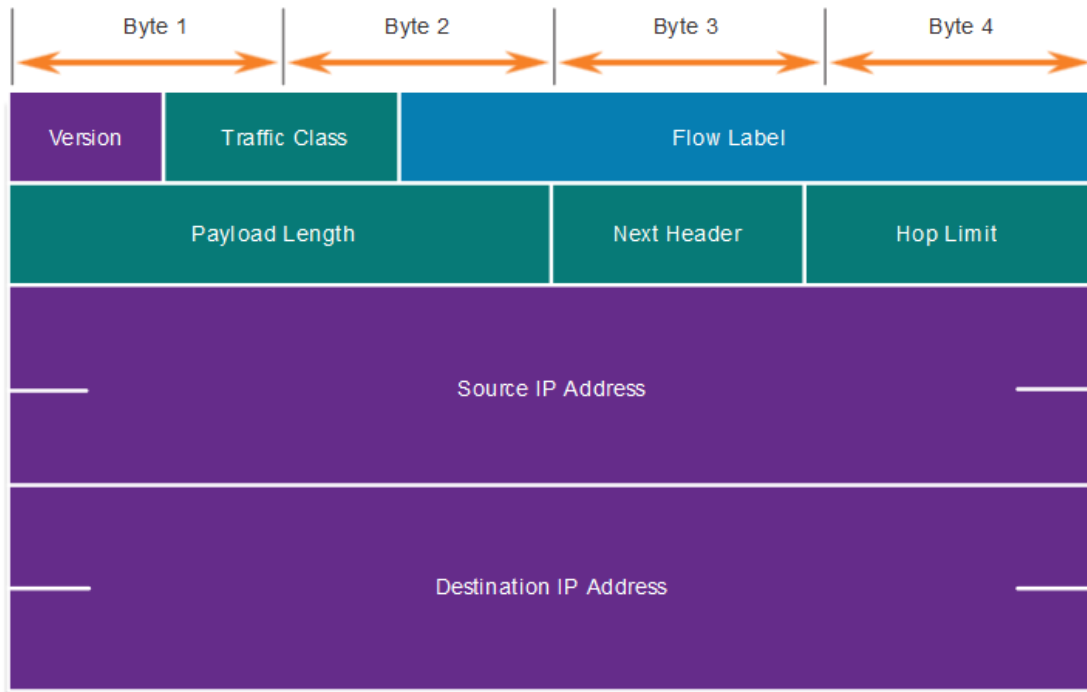
There are 4 billion IPv4 addresses



There are 340 undecillion IPv6 addresses

# Champs d'en-tête de paquet IPv4 dans l'en-tête de paquet IPv6

- L'en-tête IPv6 est simplifié, mais pas inférieure.
- L'en-tête est fixé à 40 octets ou octets de longueur.
- Plusieurs champs IPv4 ont été supprimés pour améliorer les performances.
- Certains champs IPv4 ont été supprimés pour améliorer les performances:
  - Indicateur
  - Décalage du fragment
  - Somme de contrôle d'en-tête



# En-tête de paquet IPv6

Les champs importants de l'en-tête IPv4 sont :

Fonction	Description
Version	Ce sera pour v6, par opposition à v4, un champ de 4 bits = 0110
Classe de trafic	Utilisé pour la QoS: Équivalent au champ DiffServ — DS
Étiquetage de flux	Informe l'appareil de traiter les étiquettes de flux identiques de la même manière, champ 20 bits
Longueur des données utiles	ce champ de 16 bits indique la longueur de la partie données (utiles) du paquet IPv6.
En-tête suivant	Protocole de niveau suivant : ICMP, TCP, UDP, etc.
Limite de nombre de tronçons	Remplace le nombre de tronçons de couche 3 du champ TTL
Adresse IPv4 source	Adresse source 128 bits
Adresse IP de destination	Adresse de destination 128 bits

# En-tête de paquet IPv6 (suite)

Le paquet IPv6 peut également contenir des en-têtes d'extension (EH).

Caractéristiques des en-têtes EH :

- fournisse des informations facultatives sur la couche réseau
- sont facultatifs
- sont placés entre l'en-tête IPv6 et la charge utile
- ils sont utilisés pour la fragmentation, la sécurité, la prise en charge de la mobilité, etc.

**Remarque:** Contrairement à IPv4, les routeurs ne fragmentent pas les paquets IPv6 routés

# Démonstration vidéo de paquet IP – Exemples d'en-têtes IPv6 dans Wireshark

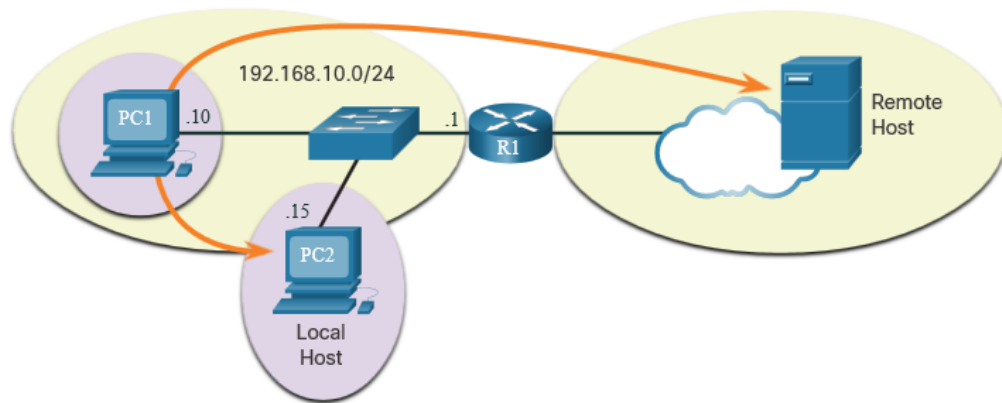
Cette vidéo présentera les points suivants :

- Les paquets Ethernet IPv6 dans Wireshark
- les information de contrôle
- La différence entre les paquets

# 8.4 Méthode de routage des hôtes

# Décisions relatives aux transmissions des hôtes

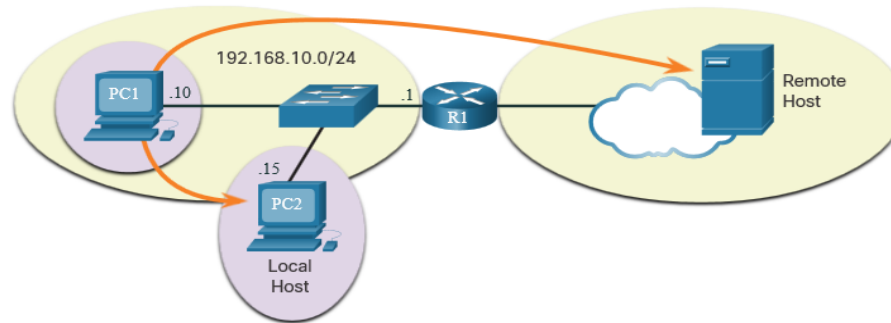
- Les paquets sont toujours créés à la source.
- Chaque unité hôte crée sa propre table de routage.
- Un hôte peut envoyer des paquets aux éléments suivants :
  - Lui-même — 127.0.0.1 (IPv4), ::1 (IPv6)
  - Hôtes locaux — la destination se trouve sur le même réseau local
  - Hôtes distants : les périphériques ne sont pas sur le même réseau local





# Décisions relatives aux transmissions des hôtes (Cont.)

- Le périphérique source détermine si la destination est locale ou distante
- Méthode de détermination :
  - IPv4 — La source utilise sa propre adresse IP et masque de sous-réseau, ainsi que l'adresse IP de destination
  - IPv6 — La source utilise l'adresse réseau et le préfixe annoncés par le routeur local
- Le trafic local est déchargé de l'interface hôte pour être géré par un périphérique intermédiaire.
- Le trafic distant est transféré directement à la passerelle par défaut sur le réseau local.



## Utilisation de la passerelle par défaut

Un routeur ou un commutateur de couche 3 peut être une passerelle par défaut.

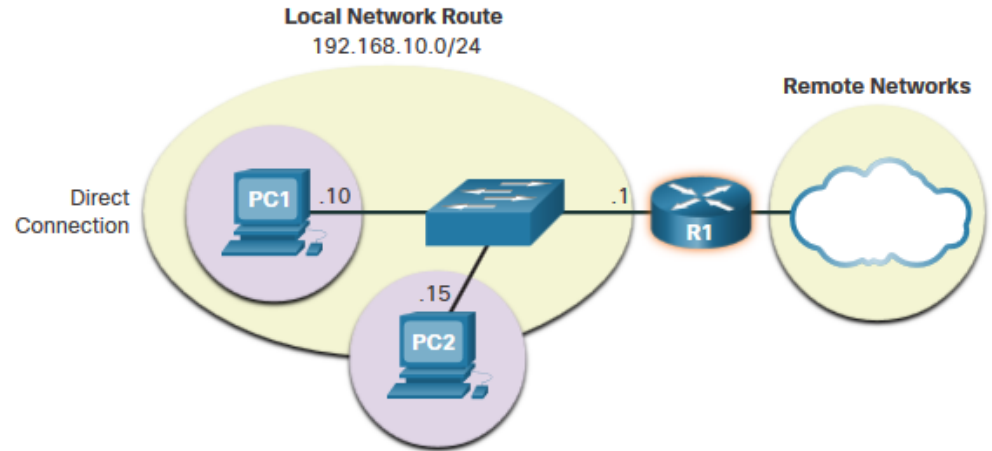
Caractéristiques d'une passerelle par défaut (DGW) :

- Il doit avoir une adresse IP dans la même gamme que le reste du réseau local.
- Il peut accepter les données du réseau local et est capable de transférer le trafic hors du réseau local.
- Il peut acheminer vers d'autres réseaux.

Si un périphérique n'a pas de passerelle par défaut configuré ou une passerelle par défaut est incorrecte, son trafic ne pourra pas quitter le réseau local.

# Un hôte achemine vers la passerelle par défaut

- L'hôte connaîtra la passerelle par défaut (DGW) statiquement ou via DHCP dans IPv4.
- IPv6 envoie le DGW via une sollicitation de routeur (RS) ou peut être configuré manuellement.
- Une DGW est une route statique qui sera une route de dernier recours dans la table de routage.
- Tous les périphériques sur le LAN auront besoin de la DGW du routeur s'ils ont l'intention d'envoyer du trafic à distance.



# Les tables de routage des routeurs

- Sous Windows, utilisez les commandes route print ou netstat -r pour afficher la table de routage PC
- Trois sections affichées par ces deux commandes :
  - Liste des interfaces - toutes les interfaces potentielles et l'adressage MAC
  - Table de routage IPv4
  - Table de routage IPv6



IPv4 Routing Table for PC1

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

IPv4 Route Table

=====

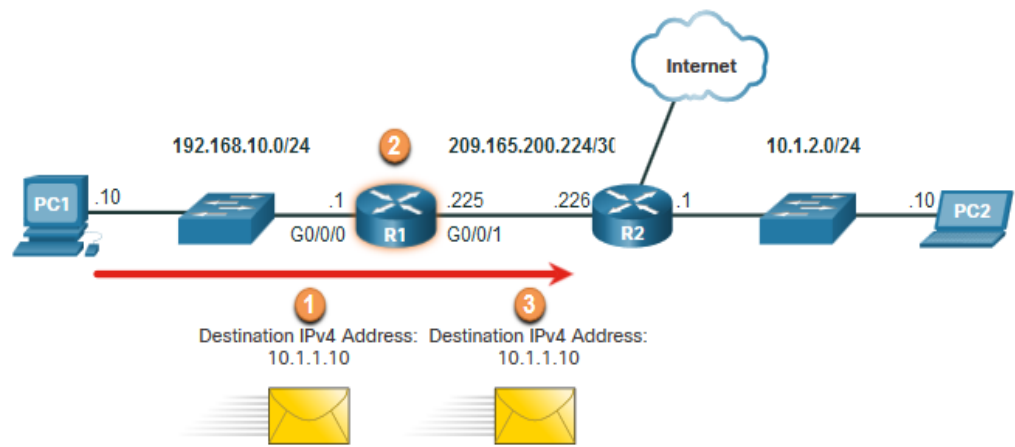
Active Routes:

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

# 8.5 Présentation au routage

# La décision relatives à la transmission de paquet du routeur

Que se passe-t-il lorsque le routeur reçoit la trame du périphérique hôte?



R1 Routing Table

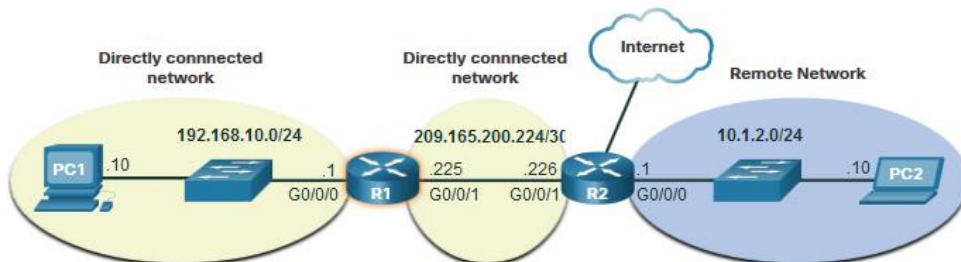
Route	Next Hop or Exit Interface
192.168.10.0 /24	G0/0/0
209.165.200.224/30	G0/0/1
<b>10.1.1.0/24</b>	<b>via R2</b>
Default Route 0.0.0.0/0	via R2

- 1. Packet arrives on the Gigabit Ethernet 0/0/0 interface of router R1. R1 de-encapsulates the Layer 2 Ethernet header and trailer.
- 2. Router R1 examines the destination IPv4 address of the packet and searches for the best match in its IPv4 routing table. The route entry indicates that this packet is to be forwarded to router R2.
- 3. Router R1 encapsulates the packet into a new Ethernet header and trailer, and forwards the packet to the next hop router R2.

# La table de routage du routeur IP

Il existe trois types d'itinéraires dans la table de routage d'un routeur:

- **Directement connecté** — Ces routes sont automatiquement ajoutées par le routeur, lorsqu'une interface est configurée avec une adresse IP et qu'elle est activée
- **Routes distantes** — Ce sont les routes que le routeur n'a pas de connexion directe et peuvent être apprises:
  - Manuellement — avec un itinéraire statique
  - Dynamiquement — en utilisant un protocole de routage pour que les routeurs partagent leurs informations entre eux
- **Route par défaut** - cela transfère tout le trafic vers une direction spécifique s'il n'existe aucune autre route jusqu'à un réseau souhaité dans la table de routage.

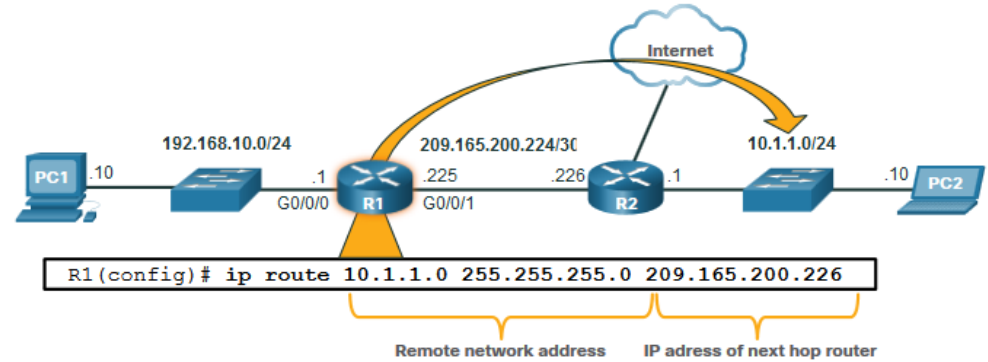


# Présentation au Routage

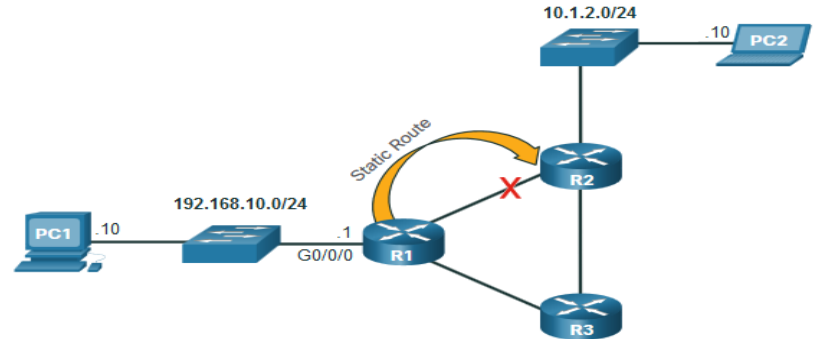
## Routage Statique

Caractéristiques de routage statique :

- Doit être configurées manuellement.
- Doit être ajusté manuellement par l'administrateur en cas de modification de la topologie
- Idéal pour les petits réseaux non redondants
- Souvent utilisé conjointement avec un protocole de routage dynamique pour configurer une chemin par défaut



R1 is manually configured with a static route to reach the 10.1.1.0/24 network. If this path changes, R1 will require a new static route.



If the route from R1 via R2 is no longer available, a new static route via R3 would need to be configured. A static route does not automatically adjust for topology changes.



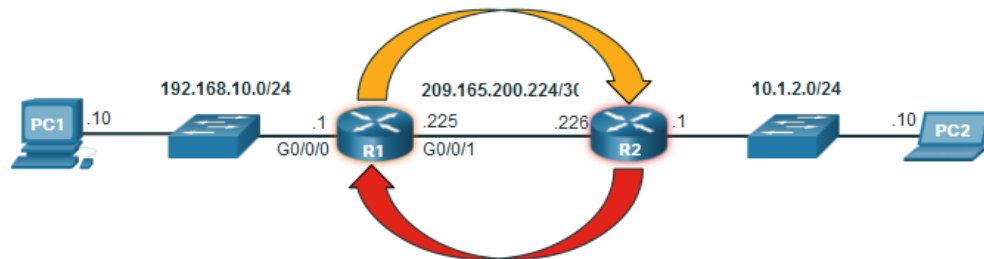
# Présentation au Routage

## Routage Dynamique

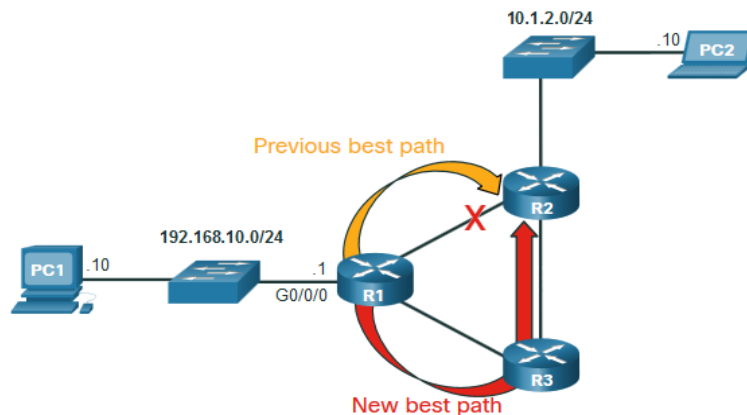
Routes dynamiques automatiquement:

- Découvrir les réseaux distants
- Assurer l'actualisation des informations
- Sélectionner le chemin le plus approprié vers un réseau de destination
- Trouver de nouveaux meilleurs chemins lorsqu'il y a une modification de topologie

Le routage dynamique peut également partager des routes statiques par défaut avec les autres routeurs.



- R1 is using the routing protocol OSPF to let R2 know about the 192.168.10.0/24 network.
- R2 is using the routing protocol OSPF to let R1 know about the 10.1.1.0/24 network.



R1, R2, and R3 are using the dynamic routing protocol OSPF. If there is a network topology change, they can automatically adjust to find a new best path.

## Vidéo - La table de routage du routeur IP

Cette vidéo expliquera les informations contenues dans la table de routage du routeur IPv4.

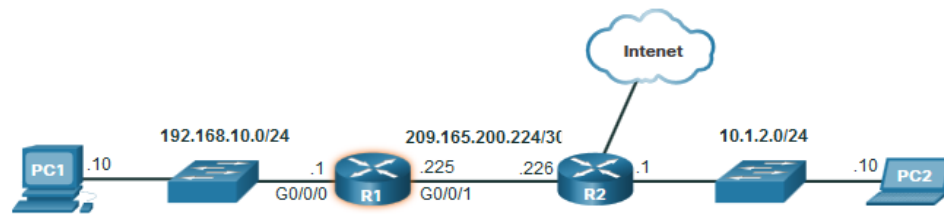
# Présentation au table de routage IPv4

La commande **show ip route** affiche les sources de route suivantes:

- **L** - Adresse IP de l'interface locale directement connectée
- **C** - Réseau connecté directement
- **S** - La route statique a été configurée manuellement par un administrateur
- **O** - OSPF
- **D** - EIGRP

Cette commande affiche les types de routes suivants:

- Directement Connecté – C et L
- Routes Distantes – O, D, etc.
- Routes par défaut – S\*



```
R1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226, GigabitEthernet0/0/1
      10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O      10.1.1.0 [110/2] via 209.165.200.226, 00:02:45, GigabitEthernet0/0/1
      192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L      192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      209.165.200.224/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L      209.165.200.225/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
R1#
```

# 8.6 Module pratique et questionnaire

# Qu'est-ce que j'ai appris dans ce module?

- IP est sans connexion, l'acheminement au mieux et indépendant vis-à-vis des supports.
- IP ne garantit pas la livraison des paquets.
- Un en-tête de paquet IPv4 est constitué de champs contenant des informations importantes sur le paquet.
- IPv6 surmonte le manque de connectivité de bout en bout IPv4 et augmente la complexité du réseau.
- Un périphérique détermine si une destination est elle-même, un autre hôte local et un hôte distant.
- Une passerelle par défaut est un routeur qui fait partie du réseau local et sera utilisé comme une porte vers d'autres réseaux.
- La table de routage contient une liste de toutes les adresses réseau connues (préfixes) et où transférer le paquet.
- Le routeur utilise le masque de sous-réseau le plus long ou la correspondance de préfixe.
- La table de routage comporte trois types d'entrées de routage: les réseaux directement connectés, les réseaux distants et un route par défaut.

