

# Introduction aux réseaux : Plan du module

- Chapitre 1 : Généralités sur les réseaux
- Chapitre 2 : Construire un réseau
- Chapitre 3 : Communiquer dans un réseau
- **Chapitre 4 : Interconnecter des réseaux**
- Chapitre 5 : Faire communiquer les applications
- Chapitre 6 : Découvrir les applications réseau

# Interconnecter des réseaux

## Chapitre IV

# Objectifs spécifiques

- Interconnecter des réseaux grâce au protocole IP
- Adressage logique des équipements : adressage IPv4
- Routage
- Subdivision d'un réseau en sous-réseaux

# Plan

- Introduction
- Protocole IP
- Adressage IP
- Routage
- Subdivision d'un réseau en sous-réseaux

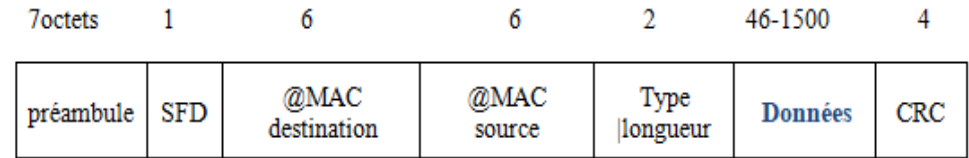
# Introduction(1/3)

- Dans le chapitre précédent, nous avons vu que pour communiquer, le réseau encapsulait les données dans des **frames** et les envoyait en respectant un ensemble de **protocoles**

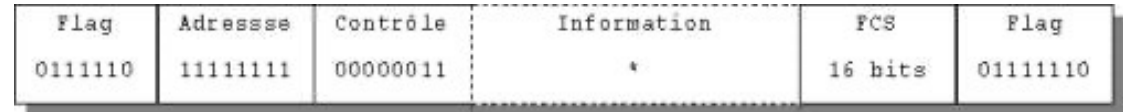
- Chaque technologie réseau a son propre **format de frame**

- **Exemple**

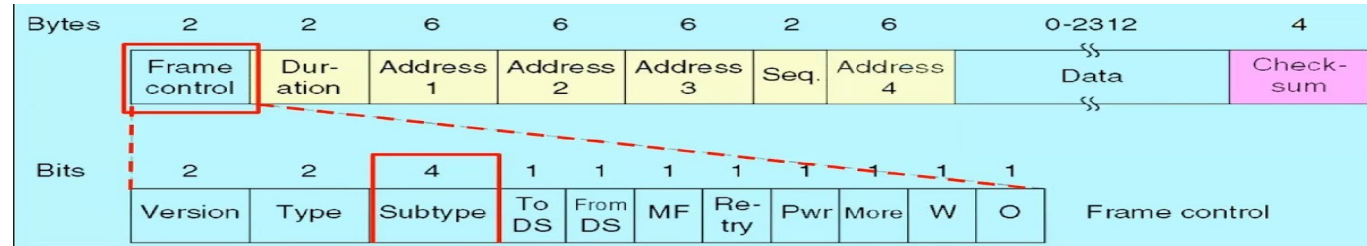
Trame Ethernet



Trame PPP



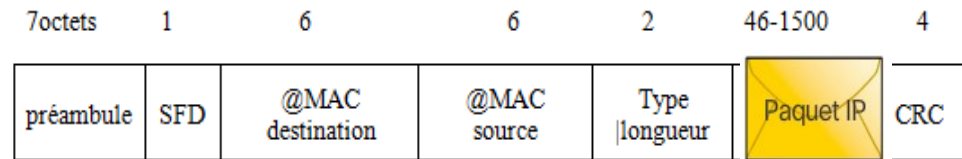
Trame Wifi



# Introduction(2/3)

- Cependant pour s'interconnecter, les réseaux ont besoin de définir un **format de paquet** (PDU de couche réseau) **commun : le paquet IP**
- Le **protocole IP** est le protocole le plus utilisé pour interconnecter des réseaux.
  1. Il définit un **format de paquet unique** que doit respecter le réseau qui s'interconnecte
  2. Il spécifie aussi un **système d'adressage** sur lequel doit se configurer tout réseau qui veut se connecter à d'autres

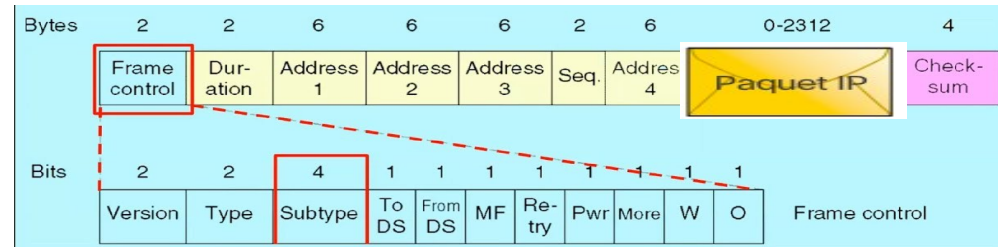
Trame ethernet



Trame PPP



Trame wifi



## Introduction (3/3)

- L'**interconnexion**, l'**adressage** et le **routage** sont des fonctionnalités de couche réseau du modèle OSI ou de couche Internet du modèle TCP/IP
- IP est le **protocole** de la **couche Internet** du modèle **TCP /IP** chargé de l'acheminement des paquets dans une interconnexion de réseau
- Il est considéré comme protocole de **couche réseau** des modèles OSI et hybride

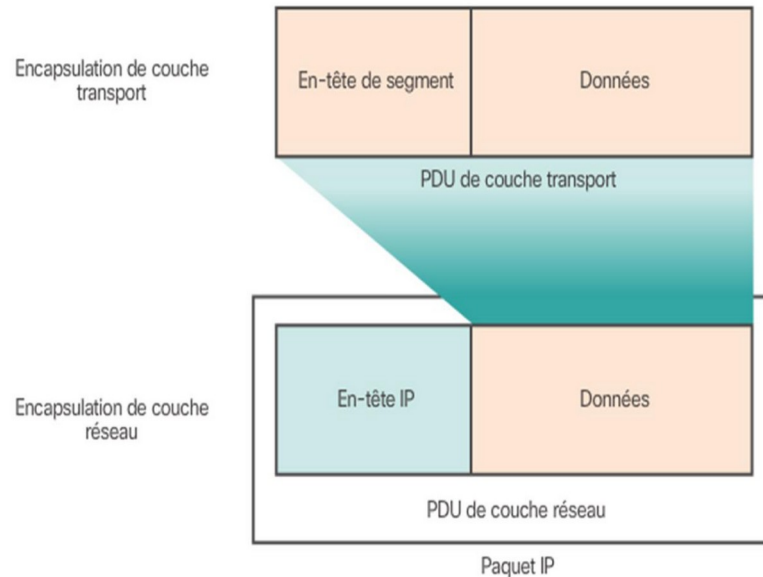
# Protocole IP

## Format de paquet IP



# Paquet IP

PDU de couche réseau = paquet IP



La couche réseau ajoute un en-tête de sorte que les paquets puissent être acheminés via des réseaux complexes et atteindre leur destination. Dans les réseaux TCP/IP, le PDU de couche réseau est le paquet IP.

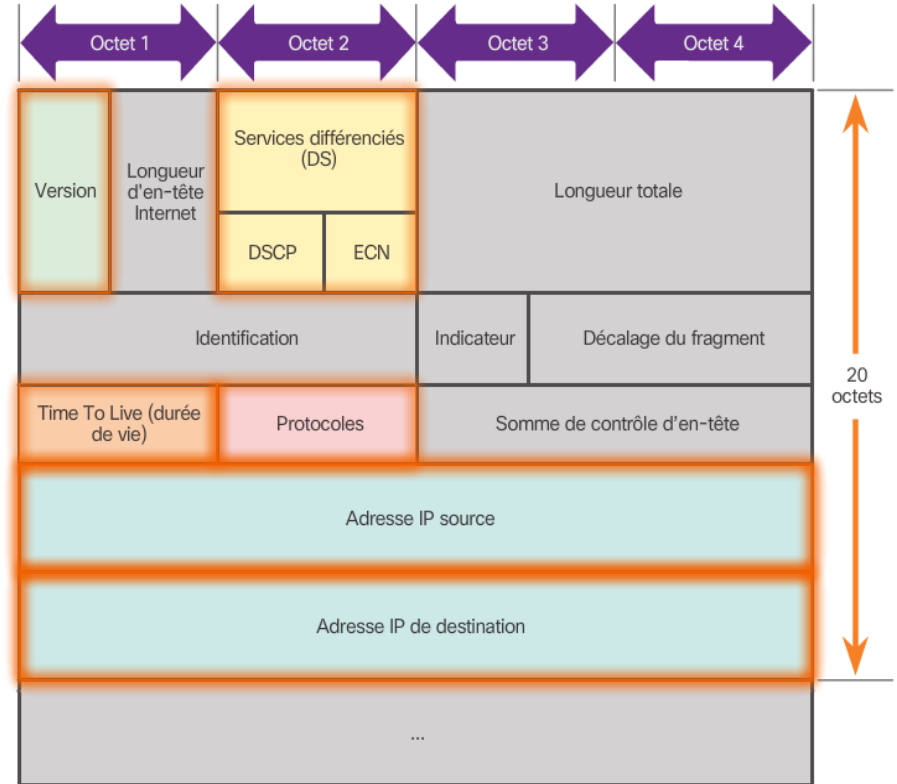
# En-tête IP

- On distingue 2 principales versions du protocole IP :

- **IPv4** et
- **IPv6**

- Version = 0100
- DS = priorité du paquet
- TTL = limite la durée de vie du paquet
- Protocol = protocole de la couche supérieure tel que TCP
- Source IP Address = source du paquet
- Destination IP Address = destination du paquet

## Paquet IPv4





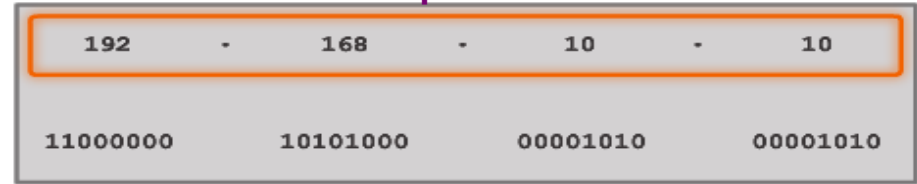
**Protocole IP**

**Adressage IP**

# Adressage IPv4

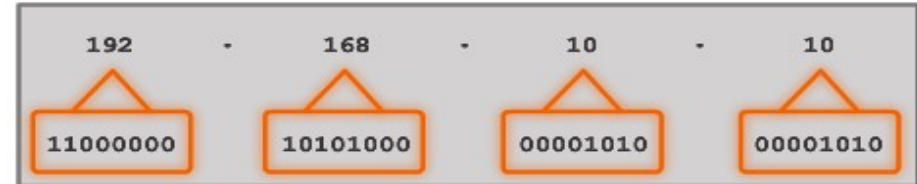
- Les **adresses IPv4** sont constituées de **32 bits** regroupés en 4 octets représentés sous forme décimale

## Notation décimale pointée



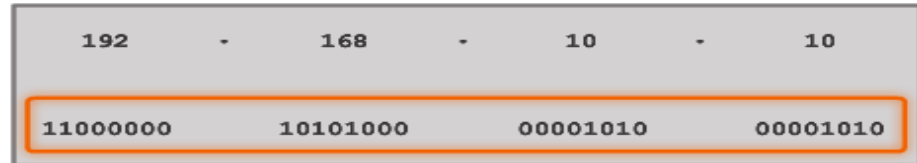
192.168.10.10 est une adresse IP attribuée à un ordinateur.

## Octets



Cette adresse se compose de quatre octets différents.

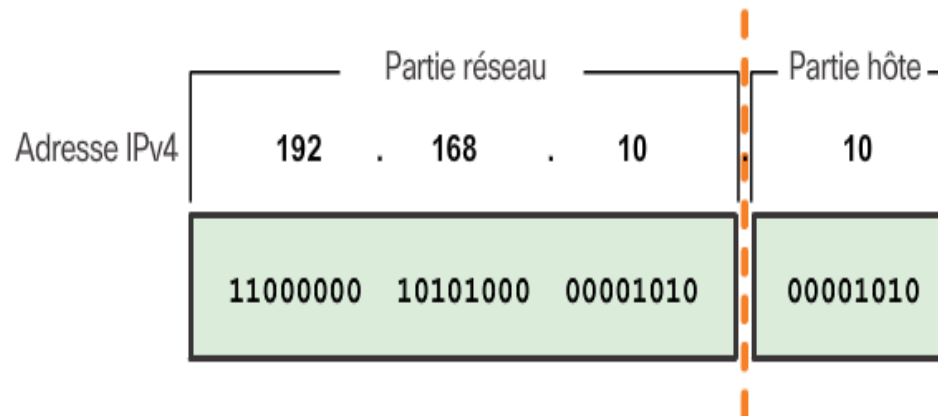
## Notation binaire



L'ordinateur stocke l'adresse sous forme de flux de données complet de 32 bits.

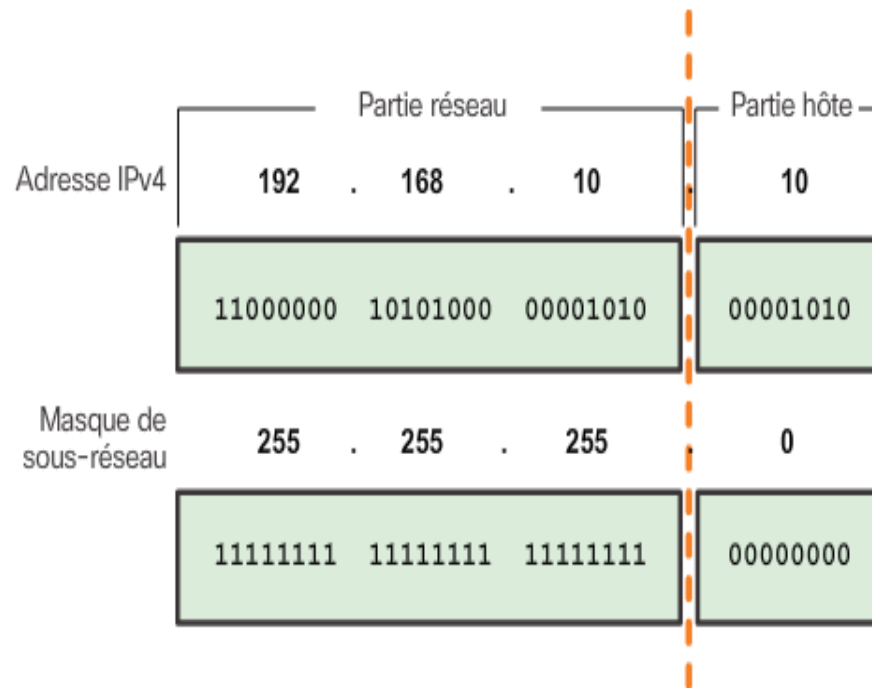
# Structure d'une adresse IPv4

- Une adresse IPv4 est composée de 2 parties :
  - La **partie réseau** et
  - La **partie hôte**



# Masque de sous-réseau(1/3)

- Il est constitué de **32 bits** comme l'adresse IPv4
- Le **masque de sous-réseau** identifie la partie réseau d'une adresse
  - des bits 1 sur la partie réseau et
  - des bits 0 sur la partie hôte



# Masque de sous-réseau(2/3)

- Il est configuré à côté de l'adresse IP sur une interface d'équipement pour déterminer le réseau auquel il appartient

## Configuration IP sur un hôte

Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties

General

You can get IP settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IP settings.

☐ Obtain an IP address automatically

☒ Use the following IP address:

IP address: 192 . 168 . 10 . 10

Subnet mask: 255 . 255 . 255 . 0

Default gateway: 192 . 168 . 10 . 1

☐ Obtain DNS server address automatically

☒ Use the following DNS server addresses

Preferred DNS server: . . .

Alternate DNS server: . . .

☐ Validate settings upon exit

Advanced...

OK Cancel

# Masque de sous-réseau(3/3)

- Adresse réseau

- Pour obtenir l'adresse réseau d'une adresse IP, on effectue un **AND logique** entre une adresse IP et son masque de sous-réseau

Adresse IP	192	.	168	.	10	.	10
Binaire	11000000	10101000	00001010	00001010			
Masque de sous-réseau	255	.	255	.	255	.	0
	11111111	11111111	11111111	00000000			
Résultats AND	11000000	10101000	00001010	00000000			
Adresse réseau	192	.	168	.	10	.	0



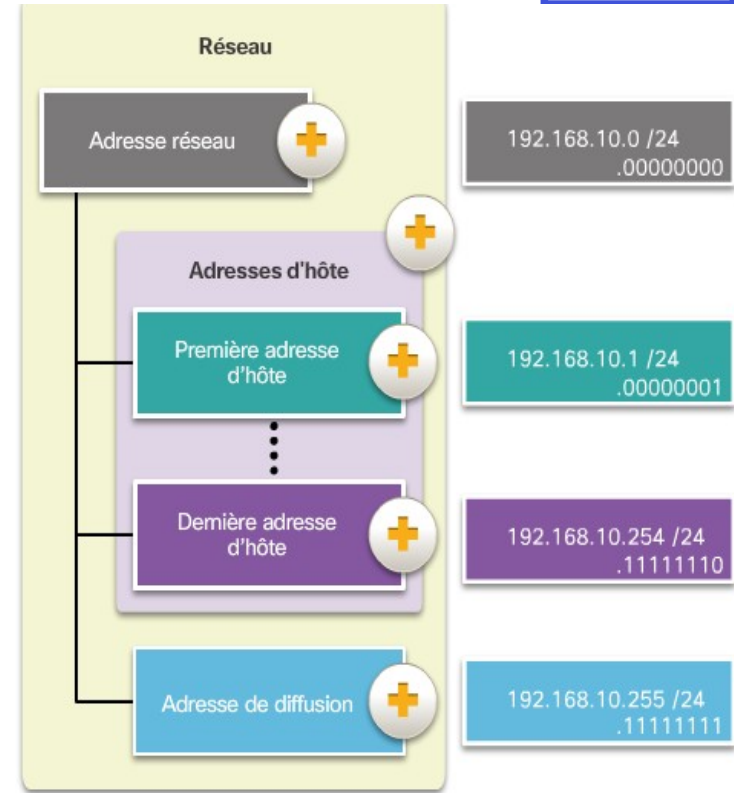
# Longueur de préfixe

- Une autre manière de déterminer la partie réseau d'une adresse IP est la **longueur de préfixe**
  - Raccourci pour identifier un masque de sous-réseau
  - La longueur de préfixe correspond au **nombre de bits à 1** dans le masque de sous-réseau
  - Elle est notée après l'adresse et est séparée d'elle par un slash

Masque de sous-réseau	Adresse 32 bits	Longueur de préfixe
255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000	/8
255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000	/16
255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000	/24
255.255.255.128	11111111.11111111.11111111.10000000	/25
255.255.255.192	11111111.11111111.11111111.11000000	/26
255.255.255.224	11111111.11111111.11111111.11100000	/27
255.255.255.240	11111111.11111111.11111111.11110000	/28
255.255.255.248	11111111.11111111.11111111.11111000	/29
255.255.255.252	11111111.11111111.11111111.11111100	/30

# Adresse réseau, adresse hôte et adresse de diffusion

- **Adresse réseau**
  - permet d'identifier le réseau auquel appartient une adresse.
  - Non configurable sur une interface
  - Sert dans le routage
- **Adresse hôte**
  - Adresse configurable sur une interface
- **Adresse de diffusion**
  - Permet de s'adresser à tous les hôtes d'un réseau
  - Non configurable sur un hôte
  -



# Configuration IP d'une interface d'hôte

- Configuration dynamique

## Attribution dynamique



The screenshot shows the 'Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties' dialog box with the 'General' tab selected. The 'Obtain an IP address automatically' radio button is selected. The 'Obtain DNS server address automatically' radio button is also selected. The 'Validate settings upon exit' checkbox is unchecked. The 'Advanced...' button is visible at the bottom right.

Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties

General Alternate Configuration

You can get IP settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IP settings.

☒ Obtain an IP address automatically

☐ Use the following IP address:

IP address: . . .

Subnet mask: . . .

Default gateway: . . .

☐ Obtain DNS server address automatically

☒ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server: . . .

Alternate DNS server: . . .

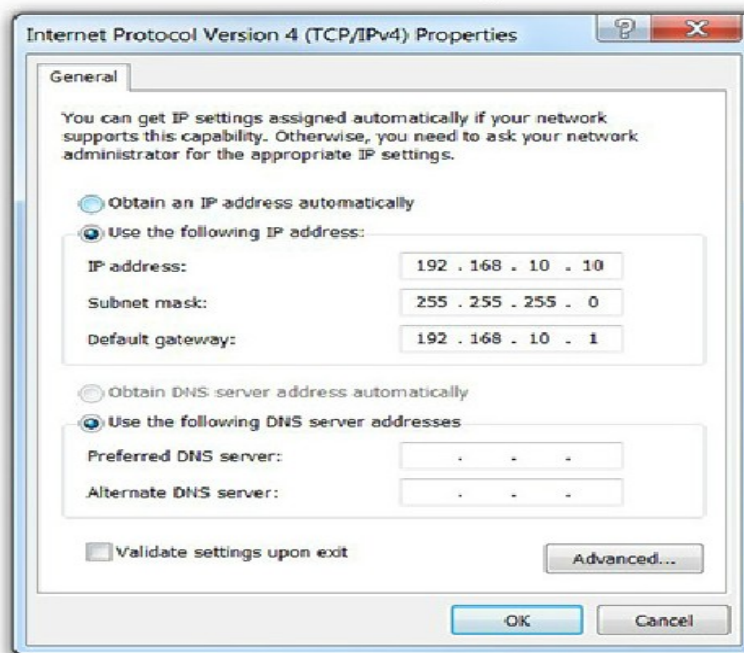
☐ Validate settings upon exit

Advanced...

OK Cancel

- Configuration manuelle

## Attribution statique



The screenshot shows the 'Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties' dialog box with the 'General' tab selected. The 'Use the following IP address' radio button is selected, and the IP address, subnet mask, and default gateway are filled in. The 'Use the following DNS server addresses' radio button is also selected, and the preferred and alternate DNS server addresses are filled in. The 'Validate settings upon exit' checkbox is unchecked. The 'Advanced...' button is visible at the bottom right.

Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) Properties

General

You can get IP settings assigned automatically if your network supports this capability. Otherwise, you need to ask your network administrator for the appropriate IP settings.

☐ Obtain an IP address automatically

☒ Use the following IP address:

IP address: 192 . 168 . 10 . 10

Subnet mask: 255 . 255 . 255 . 0

Default gateway: 192 . 168 . 10 . 1

☐ Obtain DNS server address automatically

☒ Use the following DNS server addresses:

Preferred DNS server: . . .

Alternate DNS server: . . .

☐ Validate settings upon exit

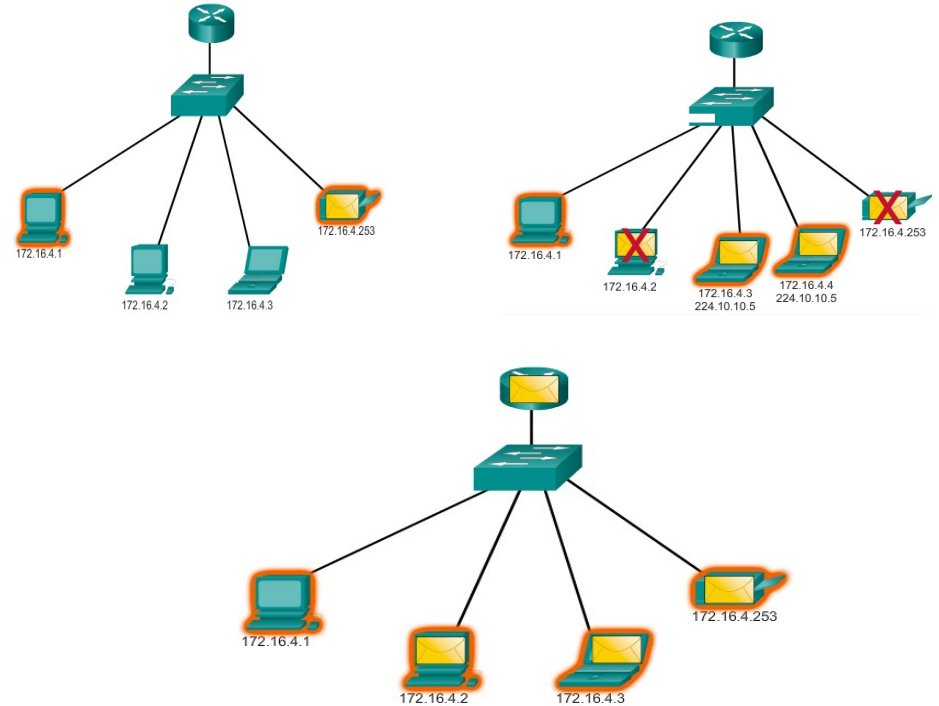
Advanced...

OK Cancel

# Communication IPv4

Trois types d'adresse:

- **Unicast** : communication destinée à un seul
- **Multicast** : communication destinée à plusieurs
- **Broadcast** : communication destinée à tous



# Adresses privées et publiques

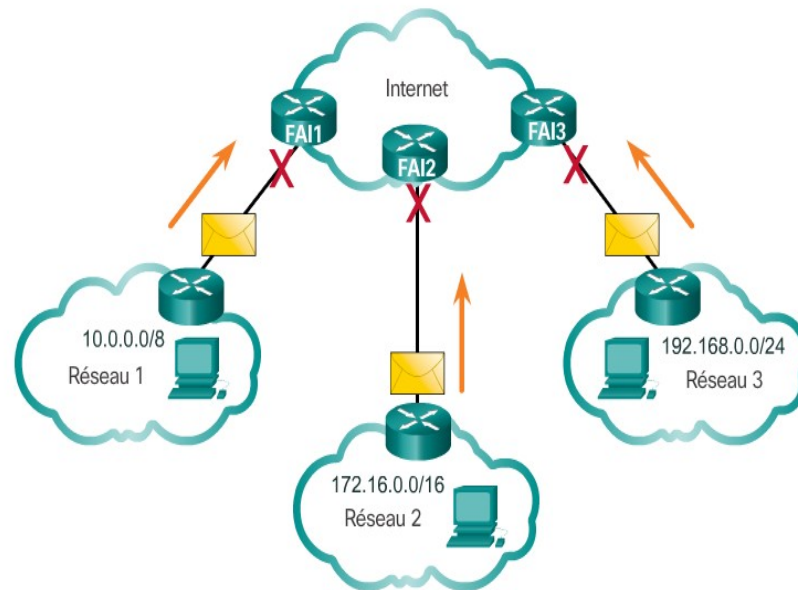
## Adresses privées :

- Adresses non routables sur Internet :
  - 10.0.0.0/8
  - 172.16.0.0/12
  - 192.168.0.0/16

## Adresses publiques

- Adresses routables sur Internet

Les adresses privées ne sont pas routables sur Internet



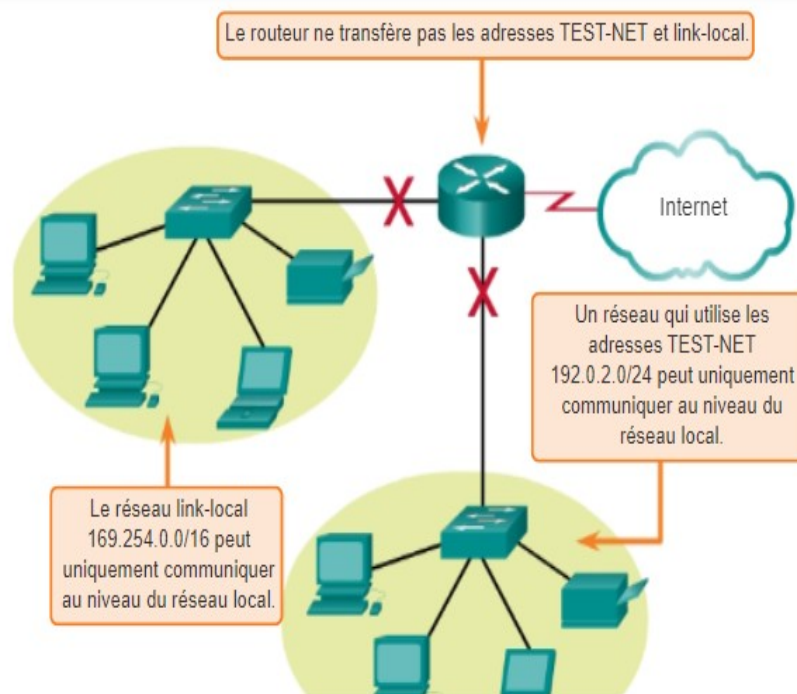
# Attribution d'adresses publiques

- Les adresses publiques sont allouées par une autorité nommée l'IANA(*Internet Assigned Numbers Authority*) puis par des registres régionaux (RIR) :
  - AFRINIC (*African Network Information Center*)
  - RIPE ncc
  - APNIC
  - ARIN
  - LACNIC



# Adresses réservées

- **Adresses de bouclage**
  - **127.0.0.0/8**
  - Adresses localhost : pour s'adresser à soi-même
- **Adresses link-local** ou adresses **APIPA**(Automatic Private IP Addressing)
  - **169.254.0.0/16**
  - Adresses allouées par le SE lorsque le processus DHCP échoue
- **Adresses TEST-NET**
  - **192.0.2.0/24**



# Systèmes d'adressage

- **Ancien système :**

- adressage par classe
- 5 classes d'adresses (dont 3 attribuées : A,B,C , de préfixes respectifs 8, 16, 24)

- **Nouveau système :**

- adressage sans classe
- Adressage CIDR (Classless InterDomain Routing)
- Adresses avec n'importe quelle longueur de préfixes

Spécifications de la classe A	
Bloc d'adresses	0.0.0.0 à 127.0.0.0*
Masque de sous-réseau par défaut	/8 (255.0.0.0)
Nombre maximal de réseaux	128
Nombre d'hôtes par réseau	16 777 214
Bit d'ordre haut	0xxxxxxx.____.____.____

Spécifications de la classe B	
Bloc d'adresses	128.0.0.0 à 191.255.0.0
Masque de sous-réseau par défaut	/16 (255.255.0.0)
Nombre maximal de réseaux	16 384
Nombre d'hôtes par réseau	65 534
Bit d'ordre haut	10xxxxxx.____.____.____

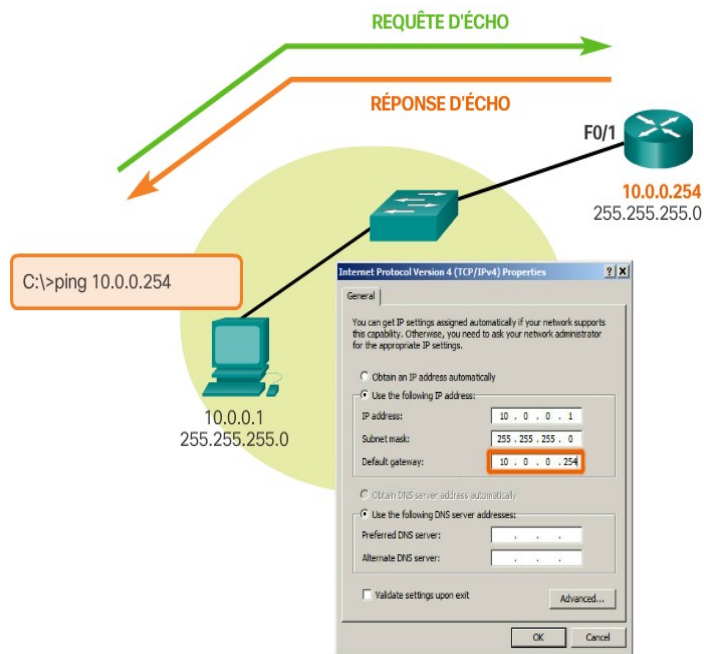
Spécifications de la classe C	
Bloc d'adresses	192.0.0.0 à 223.255.255.0
Masque de sous-réseau par défaut	/24 (255.255.255.0)
Nombre maximal de réseaux	2 097 152
Nombre d'hôtes par réseau	254
Bit d'ordre haut	110xxxxx.____.____.____



# Test de connectivité

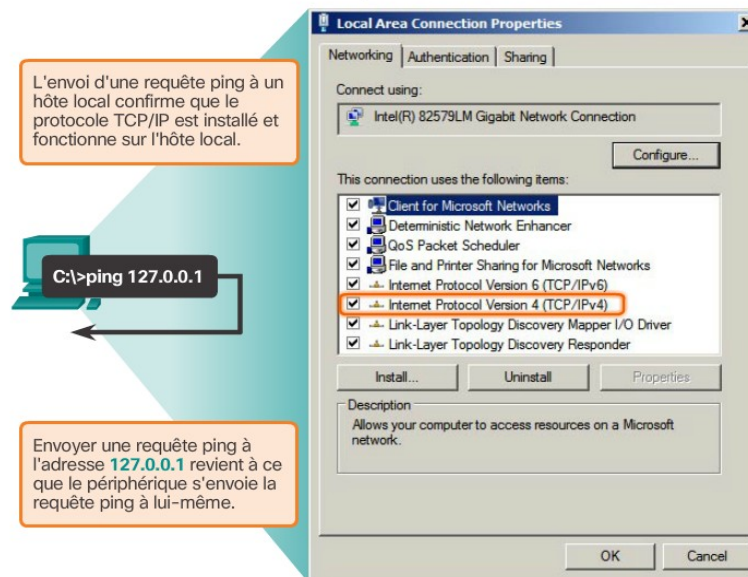
## À un équipement

Test de la connectivité IPv4 au réseau local



- Un ping à soi (**adresse localhost**) permet de tester la pile TCP/IP

Test de la pile TCP/IP locale

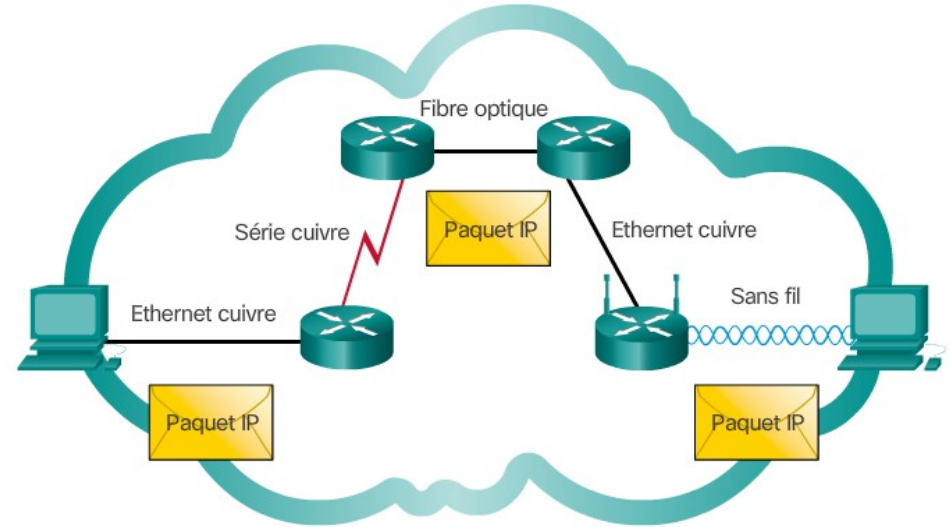


# Protocole IP

## Autres caractéristiques de IP

# Caractéristiques du protocole IP(1/2)

1. **Indépendance du support :**  
les paquets peuvent transiter sur tout type de support



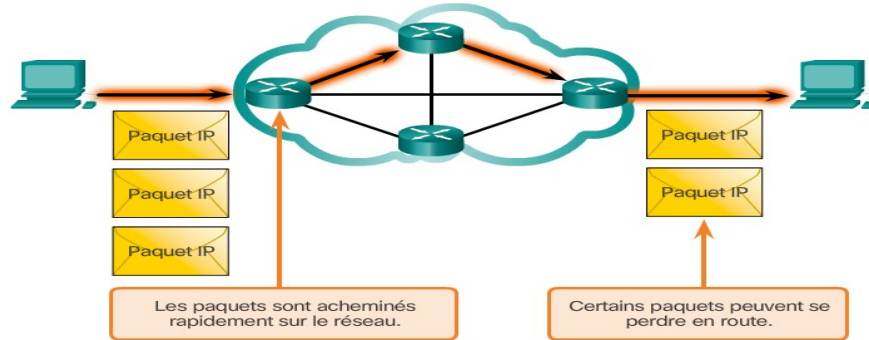
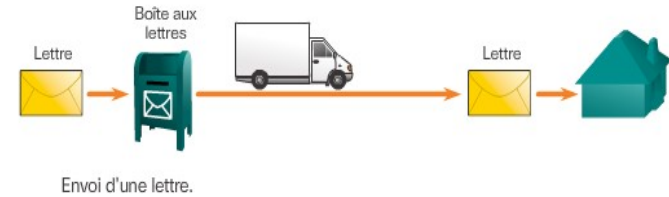
Les paquets IP peuvent transiter par différents supports.

# Caractéristiques du protocole IP(2/2)

2. **sans connexion** : aucune connexion avec le destinataire avant l'envoi des données

3. **Acheminement au mieux** : aucune garantie de livraison

Sans connexion



L'expéditeur ignore :

- si le destinataire est présent ;
- si la lettre est arrivée ;
- si le destinataire peut lire la lettre.

Le destinataire ignore :

- quand elle va arriver.

Acheminement au mieux  
(Best Effort)

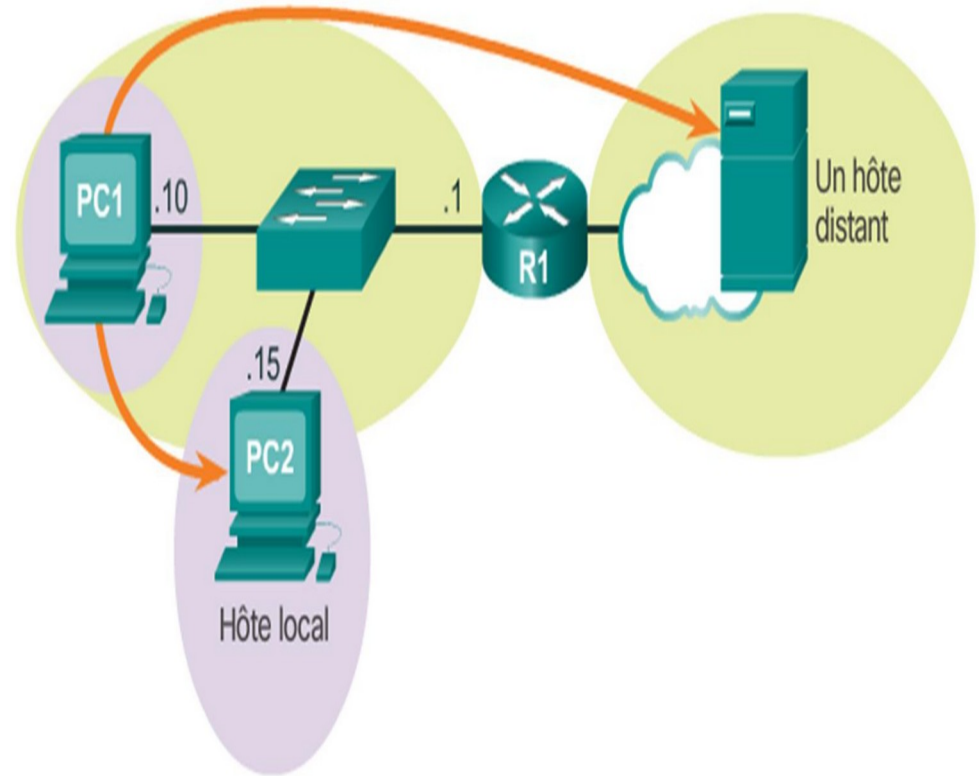
IP est un protocole de couche réseau peu fiable, il ne garantit donc pas que tous les paquets envoyés seront reçus. D'autres protocoles gèrent le processus de suivi des paquets et garantissent leur livraison.

# Routage

**Comment trouver la route vers un réseau donné ?**

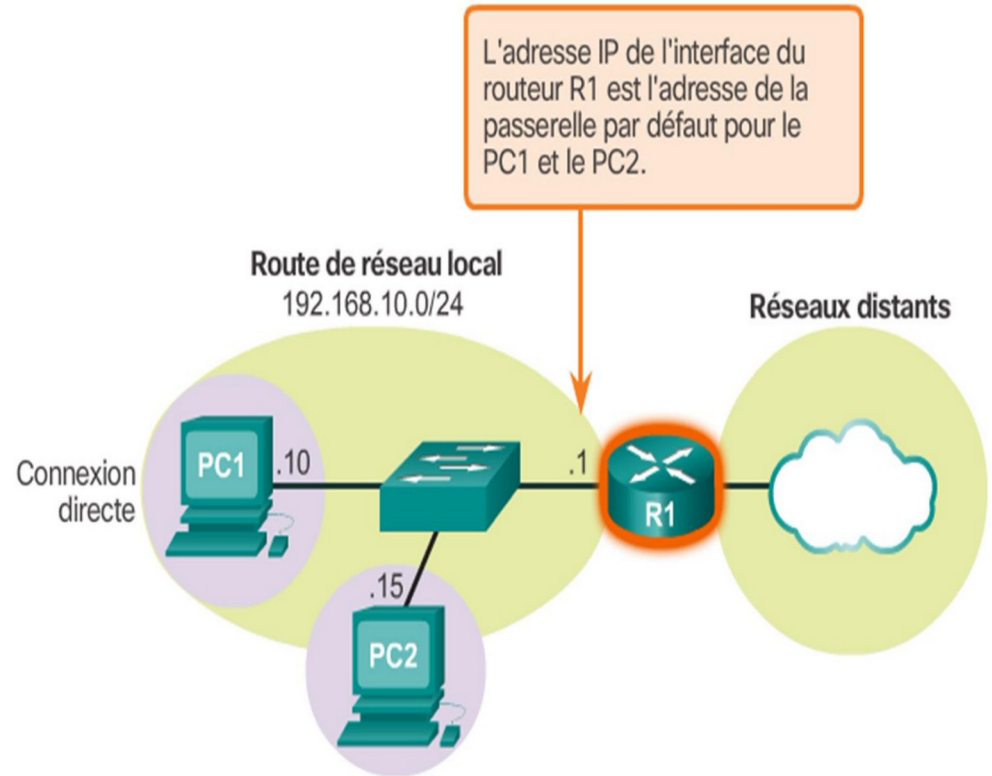
# Routage

- On distingue **3 types de destinations** dans une communication :
  - L'hôte lui-même
  - Un hôte local (ie du même réseau)
  - Un hôte distant (ie d'un autre réseau)
- Pour communiquer, l'hôte consulte sa **table de routage**.
  - Si la destination est un **hôte distant**, la communication passe par une **passerelle par défaut**



# Passerelle par défaut

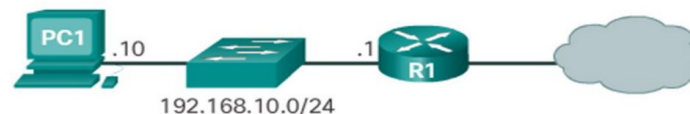
- C'est l'interface du routeur qui relie le réseau à d'autres
- Elle route le trafic vers d'autres réseaux
- Elle possède la même adresse réseau que les autres hôtes du réseau



# Table de routage

- C'est une **structure de données** qui contient les informations qui permettent d'acheminer les **paquets vers leurs destinations**
- Pour afficher la **table de routage d'un hôte**, on utilise la commande **netstat -r**

Table de routage IPv4 pour PC1



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

<résultat omis>

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

=====

<résultat omis>



# Table de routage

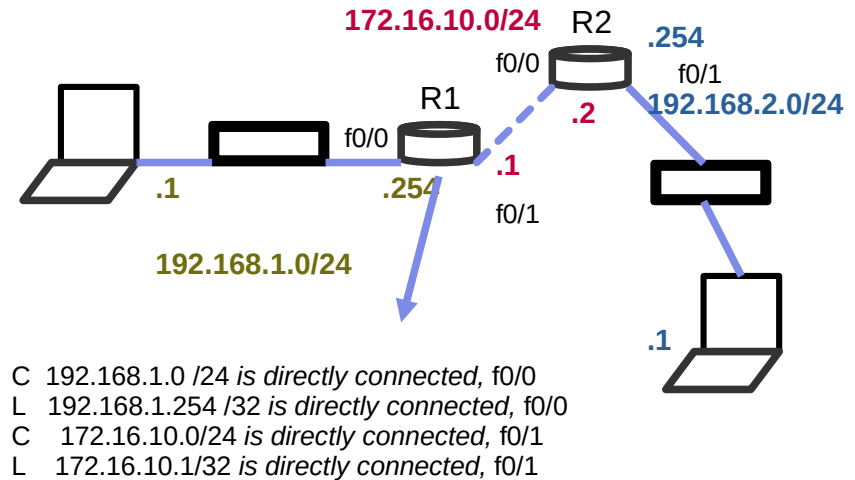
- Pour afficher la **table de routage** d'un routeur, on utilise la commande **show ip route**
- Chaque entrée de la table correspond à une route et précise
  - **Comment** la route est trouvée:
    - Route connectée ou
    - Route définie statiquement ou
    - Route définie par un protocole de routage
    - ...
  - la **destination** de la route
  - l'**interface de sortie** du routeur
  - Le **prochain tronçon** (éventuellement)
  - ...



```
R1#show ip route
<résultat omis>
Gateway of last resort is not set
  10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
D    10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05,
    Serial0/0/0
D    10.1.2.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05,
    Serial0/0/0
  192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C    192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
  192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C    192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L    192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
  209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
C    209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
L    209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
```

# Comment définir la table de routage d'un routeur

- Les routes directement connectées sont automatiquement insérées dans la table de routage
  - Exemple : routes 192.168.1.0 et 172.16.10.0 pour le routeur R1
- Les routes distantes doivent être spécifiées :
  - Soit manuellement : **routing statique**
  - Soit en utilisant un protocole de routage : **routing dynamique**
  - Exemple : la route 192.168.2.0 pour le routeur R1



Pour déterminer la route 192.168.2.0/24 sur **R1**, **statiquement**, on utilise la commande **ip route**

```
R1(config)# ip route 192.168.2.0  
255.255.255.0 f0/1 172.16.10.2
```

# Routage statique

- Défini par l'administrateur
- Efficace lorsque le nombre de routes à définir est faible ou pour accéder à un réseau spécifique
- Les routes statiques doivent être reconfigurées chaque fois que la topologie change
- Les routes statiques ne sont pas annoncées sur le réseau donc offre une meilleure sécurité
- Les routes statiques optimisent la bande passante
- Cependant, le routage statique peut être fastidieux pour l'administrateur(configuration, maintenance et mise à jour) et présente des risques d'erreurs

# Décomposition d'un réseau en plusieurs sous-réseaux

Pourquoi décomposer un réseau en sous-réseaux ?

- Pour réduire le domaine de diffusion
  - les nombreux messages de diffusion ralentissent le fonctionnement du réseau
  - il faut alors créer plusieurs domaines de diffusion plus petits
- Pour mettre en œuvre de la sécurité entre des groupes d'utilisateurs
-

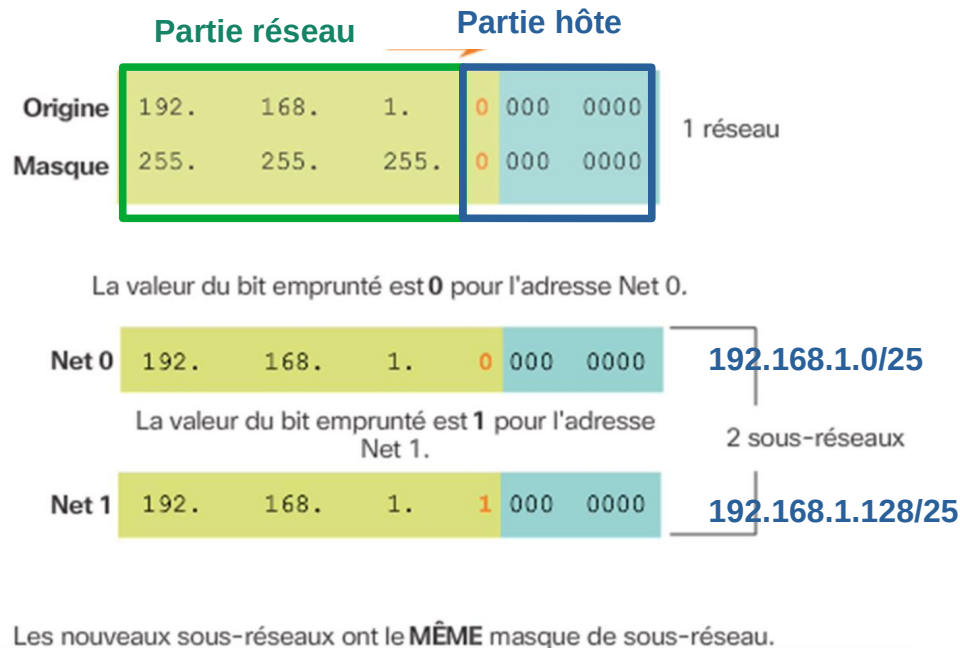
# Comment décomposer un réseau en plusieurs sous-réseaux ?

On peut décomposer un réseau en sous-réseaux, de deux manières principales :

- en sous-réseaux de **taille égale** : FLSM (Fixed Length SubnetMask)
- en sous-réseaux de **tailles différentes** : VLSM (Variable Length Subnet Mask)

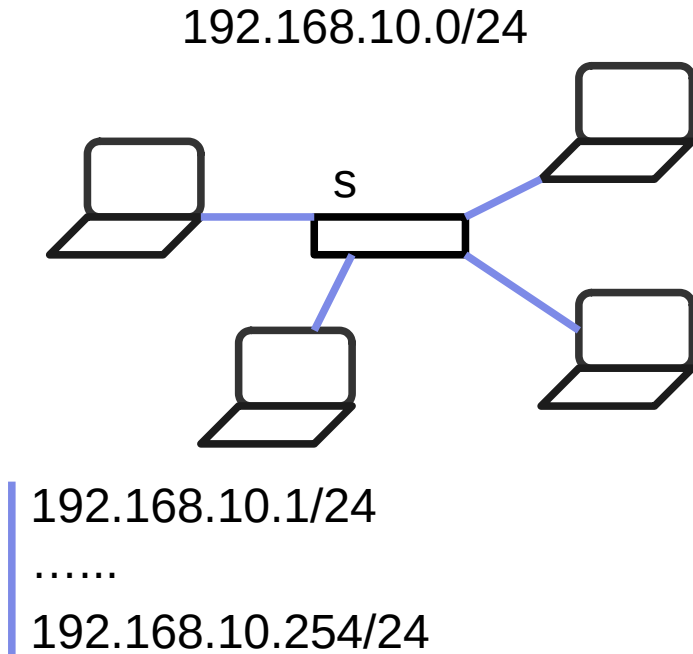
# Décomposition en sous-réseaux de même taille (1/2)

- Exemple:
- Soit le réseau **192.168.10.0/24**
- On veut le subdiviser en 2 sous-réseaux
- Pour avoir 2 sous-réseaux, il faut emprunter 1 bit à la partie hôte
- La longueur du préfixe devient  $24+1=25$  :
- masque sous-réseaux de Net0 et Net1: 255.255.255.128

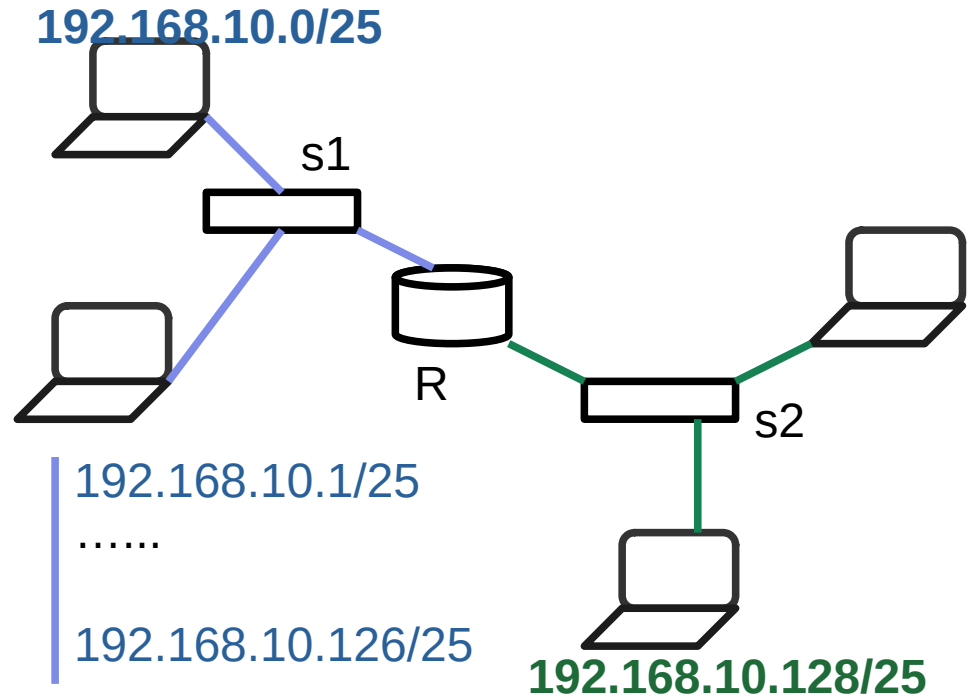


# Représentation des sous-réseaux

- Réseau avant subdivision



- Réseau après subdivision



## Décomposition en sous-réseaux de même taille (2/2)

- On veut subdiviser le réseau **192.168.10.0/24**
- en 4 sous-réseaux
- Pour avoir 4 sous-réseaux, il faut emprunter 2 bits à la partie hôte



# Conclusion

- Dans ce chapitre, nous avons étudié la **communication** dans une interconnexion de réseaux.
- Pour communiquer avec un réseau distant, une machine
  - Doit être configurée dans le même réseau que les hôtes locaux
  - Doit avoir une adresse réseau différente des hôtes distants
  - Doit posséder en plus de son **adresse IP et de son masque de sous-réseau**, une passerelle par défaut configurée dans le même réseau
  - Généralement des adresses IP privées sont configurées sur les réseaux
  - Et lorsque les machines communiquent sur **Internet** les **adresses privées sont traduites en adresses publiques** pour que les paquets puissent circuler sur Internet
- Lorsque des réseaux ne sont pas directement connectés, il faut définir les routes pour les atteindre : c'est le **routing**.
- Lorsqu'un réseau très grand, il est souvent préférable de le subdiviser en plusieurs sous-réseaux pour réduire les trafics de contrôle et pour faciliter sa gestion