

# Réseau : modèle OSI

L. Nana  
Université de Bretagne  
Occidentale

# Plan

---

- ✓ Introduction
- ✓ Concepts réseaux
- ✓ Modèle OSI
- ✓ Mise en œuvre de réseaux
  - Réseau locaux
  - Conclusion

# Réseaux locaux

---

- Présentation générale
- Ethernet
- Interconnexion de réseaux locaux
- Réseaux locaux virtuels (VLAN)
- Adresses IP
- Protocoles de contrôle Internet
- Le serveur de nom de domaine (DNS)

# Réseaux locaux (LAN – Local Area Network)

---

- Réseaux privés fonctionnant dans un seul bâtiment ou à proximité (maison, immeuble de bureaux, usine, etc.).
- Réseaux d'entreprises = réseaux locaux déployés par des organisations
- But : partage de ressources et échange d'informations
- LAN sans fils très répandus de nos jours:
  - Chaque ordinateur intègre un modem radio et une antenne lui permettant de communiquer avec un équipement appelé **Point d'Accès, routeur sans fil ou station de base**.
  - Cet équipement relaie les informations entre les ordinateurs sans fils et entre ces derniers et l'Internet.

# Réseaux locaux (LAN – Local Area Network)

---

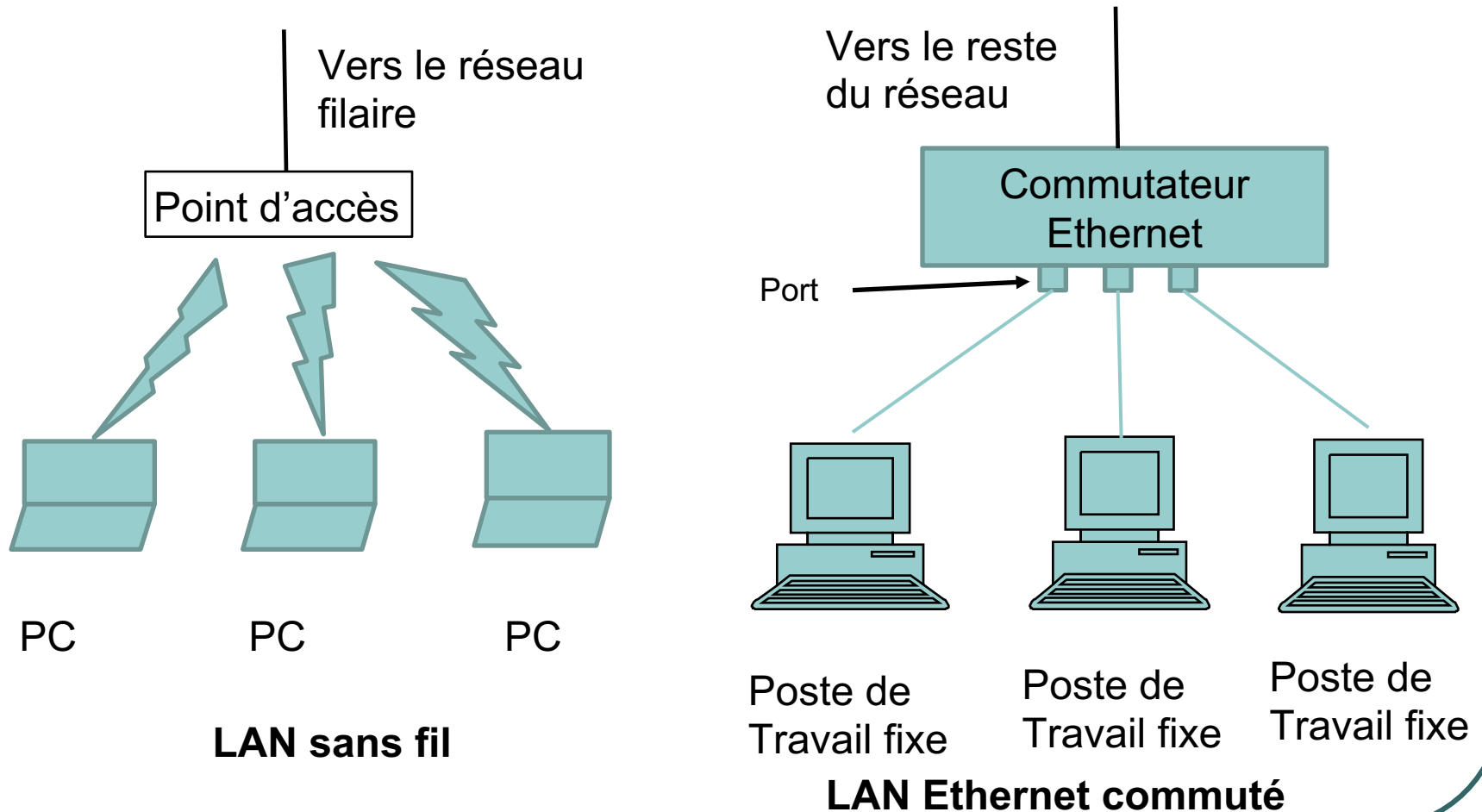
- Si toutes les machines sont assez proches, elles peuvent également communiquer en mode poste à poste: c'est ce que l'on appelle **réseau Ad Hoc**.
- Norme IEEE 802.11 plus connue sous le nom Wi-Fi (Wireless Fidelity): débit de 1 à plusieurs centaines de Mbit/s
- LAN filaires:
  - Différentes technologies de transmission: cuivre, fibre optique.
  - Temps de transmission le plus long limité et connu d'avance en raison de la taille limitée du LAN (quelques ms/ns)
  - Débits de 100Mbit/s à 1 Gbit/s, faible délai, très peu d'erreurs
  - Performances supérieures à celles des LAN sans fil.

# Réseaux locaux (LAN – Local Area Network)

---

- Topologie très souvent construite à partir de liens point à point.
- Norme : IEEE 802.3, plus connue sous le nom **Ethernet** est la plus répandue pour les LAN filaires
- **Ethernet classique:**
  - Ordinateurs connectés grâce à un seul câble linéaire
  - Une seule machine émet à la fois: un mécanisme d'arbitrage résout les conflits
- **Ethernet commuté:** version moderne de l'Ethernet classique
  - Chaque ordinateur est relié à un **commutateur**, par une liaison point à point, le reliant à 1 port de ce dernier.
  - Le protocole utilisé pour la communication est **Ethernet**
  - Le commutateur relaye les paquets entre les ordinateurs connectés à ses ports, en se basant sur l'adresse présente dans chaque paquet.

# Réseaux locaux (LAN – Local Area Network)



# Réseaux locaux (LAN – Local Area Network)

---

- Des commutateurs peuvent être connectés via leurs ports pour former des LAN de plus grande taille
- Il est possible de subdiviser un grand LAN physique en 2 LAN logiques plus petits:
  - On parle de réseaux virtuels ou VLAN
  - Exemples de besoins: séparation de réseaux de machines de services différents hébergés dans un même bâtiment afin de faciliter leur gestion, salles de TP, etc.



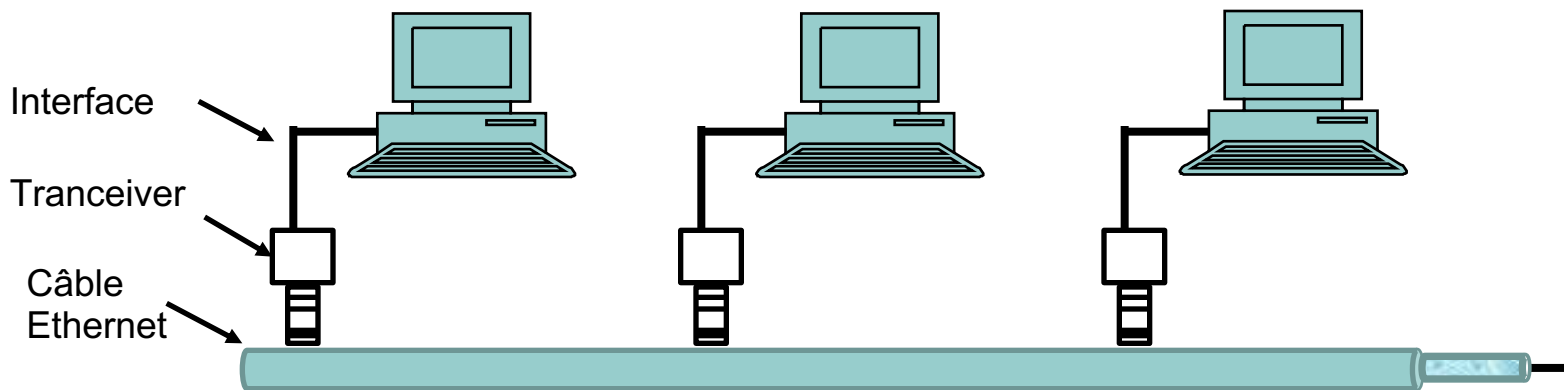
# Réseaux locaux

---

- ✓ Présentation générale
- Ethernet
- Interconnexion de réseaux locaux
- Réseaux locaux virtuels (VLAN)
- Adresses IP
- Protocoles de contrôle Internet
- Le serveur de nom de domaine (DNS)

# Ethernet classique

- Architecture



- Débit compris entre 3 et 10 Mbits/s
- Le câblage Ethernet est soumis à une longueur maximale de segment (sans amplification) sur laquelle le signal se propage.

# Ethernet classique

---

- Possibilité de connecter plusieurs câbles avec des **répéteurs** pour avoir des réseaux de grande taille.
- **Répéteur**: dispositif de couche physique qui reçoit, amplifie et retransmet les signaux dans les 2 directions.
- Les câbles connectés à l'aide du répéteur se comportent comme un seul long câble avec toutefois le petit délai introduit par ce dernier.

# Ethernet classique

## Format des trames

---

octets	8	6	6	2	0-1500	0-46	4
Champs	Préambule	Adresse de destination	Adresse source	Longueur/ Type	Données	Remplissage	Total de contrôle

- Le préambule contient la séquence 10101010 à l'exception du dernier octet (appelé **délimiteur** SoF/Start of Frame dans la norme IEEE 802.3), qui a ses 2 derniers bits à 1
- Cette séquence produit un signal de forme rectangulaire permettant à l'horloge du récepteur de se caler sur celle de l'émetteur.

# Ethernet classique

## Format des trames

---

- 1<sup>er</sup> bit de l'adresse de destination: 0 pour une adresse ordinaire, 1 pour une adresse de groupe (**diffusion restreinte / multidestinataire / multicast**)
- Tous les bits de l'adresse de destination à 1: **diffusion générale / broadcast**
- Les adresses sont uniques et attribuées par un organisme central, l'IEEE:
  - Une station peut communiquer avec n'importe quelle autre en indiquant uniquement son adresse.

# Ethernet classique

## Format des trames (norme 802.3)

---

- L'adresse compte 48 bits (6 octets):
  - 3 premiers octets: destinés à 1 OUI (Organizationally Unique Identifier), identifient un fabricant qui reçoit  $2^{24}$  adresses
  - 3 derniers octets: attribués par le fabricant qui programme l'adresse complète dans la carte réseau avant sa commercialisation.
- Le champ Type est utilisé pour indiquer au récepteur ce qu'il doit faire de la trame:
  - Exemple: 0x0800 => données = paquet IPv4

# Ethernet classique

## Format des trames (norme 802.3)

---

- Le champ « Données » comporte les données à transmettre
- Une trame de données valide doit avoir une taille minimale de 64 octets, afin de permettre la bonne gestion des collisions
- Le champ « Remplissage » est utilisé pour faire passer la taille totale de la trame à 64 octets en cas de taille de données inférieure à 38 octets.

# Ethernet classique

## Format des trames (norme 802.3)

---

- Le champ « Total de contrôle » comporte la valeur de CRC (contrôle de redondance cyclique) qui permet de détecter si les bits de la trame ont été correctement transmis



# Ethernet classique

## Limitations et évolutions

---

- Limitations
  - Architecture plus complexe qu'un simple câble
  - Problème de ruptures de liaison et de connexions faibles
- Evolution: câblage différent
  - Intégration d'un **hub** central
  - Chaque station est reliée au hub par un câble dédié
  - Rôle du hub: relier électriquement tous les câbles comme s'ils étaient soudés.

# Ethernet classique

## Limitations et évolutions

---

- Atouts

- Réutilisation du câblage existant des opérateurs téléphoniques
- Ajout ou suppression d'une station plus simple
- Ruptures de câbles mieux détectées

**=> ont fait des hubs en paires torsadées l'Ethernet dominant.**

- Inconvénients:

- Longueur des câbles limitée à 200m
- Pas de réelle augmentation de la capacité

*=> solution: passer à Ethernet 100Mbits/s, 1 Gbit/s ou plus*

*=> Insuffisant avec la croissance du multimédia et des serveurs surpuissants*

# Ethernet commuté

---

- Répond au problème de charge accrue
- Cœur de la solution : **commutateur (switch)**
  - Aspect externe semblable à celui du hub: fournit 4 à 48 ports dotés chacun d'un port RJ-45 auquel peut être connecté 1 ordinateur avec un câble à paire torsadée
  - Fonctionnement très différent:
    - Analyse chaque trame et identifie le(s) destinataire(s)
    - N'émet les trames qu'aux ports auxquels elles sont destinées, avec un débit pouvant atteindre plusieurs Gbit/s,
    - Chaque port relaye les trames reçues vers la cible via le câble.

# Ethernet commuté

---

- La transmission des trames uniquement vers les destinataires offre plus de sécurité que dans le cas du hub
- Il est possible d'utiliser le commutateur comme **concentrateur** en raccordant un de ses ports à un hub.
- Les hubs sont plus simples et moins coûteux que les commutateurs, mais avec la baisse des prix des commutateurs, les hubs sont devenus quasiment obsolètes.

# Autre évolutions d'Ethernet

---

- Des évolutions d'Ethernet visant à augmenter les débits de transmission ont été développées
  - Fast Ethernet: débit de 100 Mbits/s, avec câbles de type paire torsadé ou fibre optique et possibilité de raccordement de hubs et de commutateurs.
  - Gigabit Ethernet: débit de 1Gbit/s, avec câblage en cuivre ou fibre optique et possibilité de raccordement de hubs et de commutateurs
  - 10 Gigabit Ethernet: débit de 10 Gbit/s, avec câblage en cuivre ou fibre optique (datacenters, MAN, ...)
  - L'évolution vers 40 et 100Gbits/s ont été initiés

# Ethernet

## Remarques

---

- Aujourd'hui, la plupart des ordinateurs sont équipés d'interfaces Ethernet pouvant fonctionner à 10, 100, 1000Mbit/s
- Certains câbles permettent de transmettre l'information dans les 2 sens sans interférence entre les 2: on parle de câble duplex. C'est le cas pour certains câbles utilisés avec Fast Ethernet, Gigabit Ethernet et 10 Gigabit Ethernet.

# Réseaux locaux

---

- ✓ Présentation générale
- ✓ Ethernet
  - Interconnexion de réseaux locaux
  - Réseaux locaux virtuels (VLAN)
  - Adresses IP
  - Protocoles de contrôle Internet
  - Le serveur de nom de domaine (DNS)

# Commutation au niveau liaison des données

---

- Besoin fréquent:
  - d'interconnecter des LAN au sein d'entreprises:
    - LAN initialement mis en œuvre de façon indépendante pour répondre au besoin d'autonomie et/ou aux spécificités des services.
    - LAN d'organisation à large périmètre, ayant des bâtiments éloignés les uns des autres : interconnexion moins coûteuse que le regroupement sur 1 même LAN
  - de diviser logiquement un LAN en plusieurs LAN pour mieux répartir la charge et faciliter la maintenance.



# Commutation au niveau liaison des données

---

- L'équipement réseau appelé ***pont*** permet de répondre à ces besoins
- Le pont agit au niveau de la couche liaison de données: il utilise les adresses contenues dans les paquets pour les orienter vers les ports des destinataires.
- Remarque:
  - Les ***commutateurs Ethernet*** précédemment abordés correspondent à l'***appellation moderne des ponts***.
  - On peut donc utiliser indifféremment les termes pont et commutateur.

# Synthèse du positionnement des équipements d'interconnexion

---

Couche application

Passerelle application

Couche Transport

Passerelle transport

Couche réseau

Routeur (ou passerelle réseau)

Couche liaison de données

Commutateur, pont

Couche physique

Répéteur, hub

# Synthèse du positionnement des équipements d'interconnexion

---

- Les passerelles de transport connectent des ordinateurs qui utilisent des protocoles de transport avec connexion différents (par exemple TCP/IP pour l'un et SCTP - Stream Control Transmission Protocol - pour l'autre)
- Les passerelles d'applications comprennent le format et le contenu des données et traduisent les messages d'un format à un autre.

# Réseaux locaux

---

- ✓ Présentation générale
- ✓ Ethernet
- ✓ Interconnexion de réseaux locaux
  - Réseaux locaux virtuels (VLAN)
  - Adresses IP
  - Protocoles de contrôle Internet
  - Le serveur de nom de domaine (DNS)

# LAN virtuels (VLAN)

---

- Concept normalisé par le comité IEEE 802.1Q
- Offrent le moyen permettant de configurer entièrement le câblage de façon logicielle.
- Implémentés dans des commutateurs conçus spécifiquement dans ce but.

# LAN virtuels (VLAN)

---

- Mise en place du réseau par l'administrateur:
  - Décider du nombre de VLAN à créer
  - Répartir les ordinateurs entre les VLAN et nommer les VLAN.
  - Créer des tables, dans les commutateurs pour VLAN, leur précisant quels VLAN sont accessibles par quels ports
- Les nouvelles cartes Ethernet sont compatibles avec 802.1Q

# LAN virtuels (VLAN)

---

- Le format de trame 802.3 est repris et modifié par l'ajout de quelques champs dont des champs spécifiques au VLAN : Identifiant du protocole du VLAN, Identificateur du VLAN.
- A l'arrivée d'une trame sur un commutateur pour VLAN, ce dernier récupère l'identificateur de VLAN et sait à partir de sa table de commutation vers quel port envoyer la trame.
- Les commutateurs pour VLAN sont autoconfigurables (construction dynamique des tables à partir des paquets reçus).

# Réseaux locaux

---

- ✓ Présentation générale
- ✓ Ethernet
- ✓ Interconnexion de réseaux locaux
- ✓ Réseaux locaux virtuels (VLAN)
  - Adresses IP
  - Protocoles de contrôle Internet
  - Le serveur de nom de domaine (DNS)



# Adresses IP

---

- L'**adresse IP** est formée de 4 octets (soient 32 bits) séparés par des points, suivis d'un '/' et d'un chiffre:
  - Le chiffre après le / indique le nombre de bits correspondant à l'adresse du réseau
  - Les bits suivant ceux de l'adresse réseau donnent le numéro de la machine dans le réseau.
- Exemple « 193.52.16.45/24 ».
  - Les 24 1ers bits (3 1ers octets) identifient le réseau.
  - Le dernier octet avant / (soit 45) est le numéro unique de la machine dans le réseau.

# Adresses IP

---

- Un réseau correspond à un bloc d'adresses successives
- On appelle **préfixe** du réseau la valeur la plus basse du bloc d'adresses.
- Ils sont parfois décrits uniquement par leur longueur
- Les protocoles de routage doivent transmettre le préfixe au routeur.

# Adresses IP

---

- Le ***masque du réseau*** correspond à la mise à 1 de la totalité des bits de la partie réseau et à 0 de la partie machine.
- Le « ET logique » entre le masque réseau et l'adresse d'une machine permet d'obtenir le *préfixe réseau*

# Adresses IP

---

- Exemple: dans le cas de « 193.52.16.45/24 »
  - Le réseau correspond au bloc d'adresses successives allant de 193.52.16.0/24 à 193.52.16.255/24
  - Le préfixe du réseau est 193.52.16.0/24
  - Le préfixe peut parfois être noté /24
  - Le masque du réseau est 255.255.255.0
- Les numéros de réseaux sont gérés par un organisme international à but non lucratif, l'ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)

# Adresses IP

---

- **Agrégation de route:**
  - C'est la combinaison de plusieurs préfixes pour former un préfixe plus grand.
  - Le préfixe qui en découle est parfois appelé **sur-réseau** (*supernet*).
  - Les adresses sont contenues dans des préfixes de taille variable
  - La même adresse traitée par un routeur comme une adresse /12 sera traitée par un autre routeur comme une adresse /10
  - Fonctionne avec la subdivision en sous-réseaux, avec un **roulage inter-domaine sans classe** ou *CDIR* (*Classless Interdomain Routing*)

# Adresses IP

## Agrégation de route

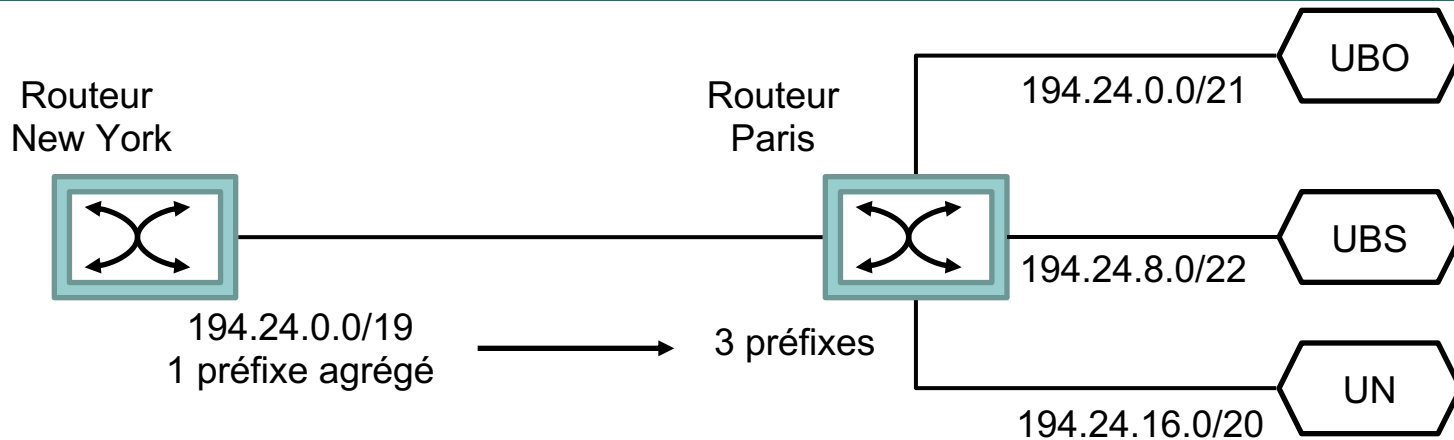
---

Université	Nombre d'adresse	Première adresse	Dernière adresse	Masque
UBO	2048	194.24.0.0	194.24.7.255	255.255.248.0 / 21
UBS	1024	194.24.8.0	194.24.11.255	255.255.252.0 / 22
Non alloué	1024	194.24.12.0	194.24.15.255	255.255.252.0 / 22
UN	4096	194.24.16.0	194.24.31.255	255.255.240.0 / 20

**Tableau récapitulatif de l'affectation des adresses  
(8192 à partir de 194.24.0.0)**

# Adresses IP

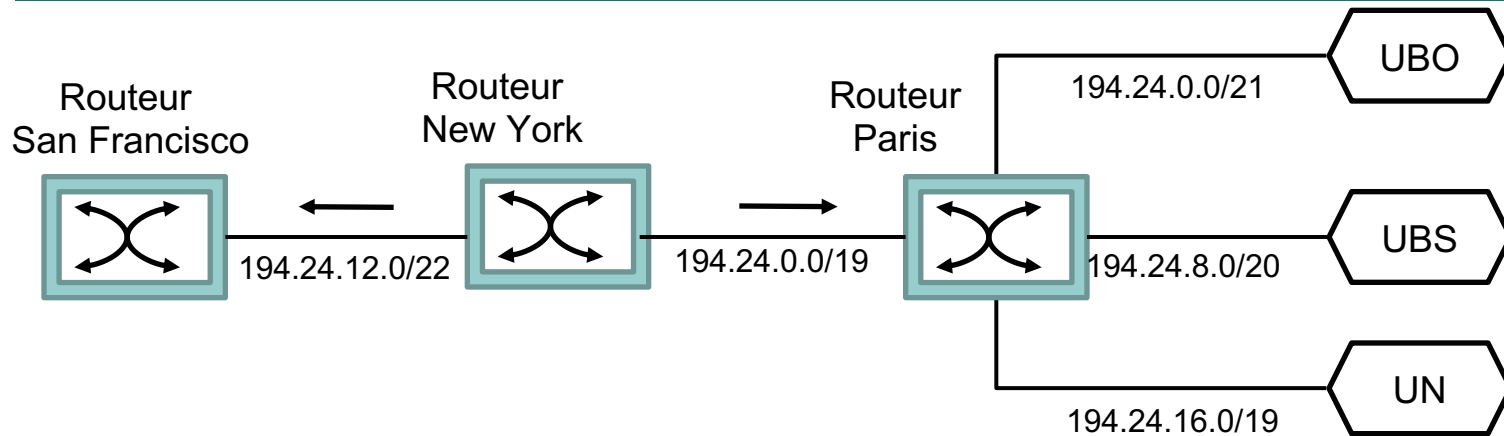
## Agrégation de préfixes



- Le routeur de Paris a besoin d'une entrée différente pour chacun des préfixes dans sa table de routage
- Le routeur de New York n'a besoin que d'une seule entrée dans sa table de routage pour les 3 universités grâce à l'agrégation des 3 préfixes
- L'agrégation permet de réduire le nombre de préfixes à mémoriser dans la table de routage.

# Adresses IP

## Agrégation de préfixes



- Les adresses non allouées précédemment peuvent être allouées à un autre site comme ci-dessus.
- Il y a recouvrement des préfixes mentionnés au niveau du routeur de New York.
- La règle en cas de recouvrement est d'aiguiller le paquet vers le préfixe le plus long.



# Adresses IP

## Adressage par classe

---

- Adressage organisé en 5 classes (A, B, C, D et E), utilisé jusqu'en 1993
- Classe A:
  - 1<sup>er</sup> octet réservé à l'adressage réseau et commençant par 0 => 1<sup>er</sup> octet de 0 à 127
  - 3 derniers octets réservés à l'adressage des machines
- Classe B:
  - 2 premiers octets réservés à l'adressage réseau et 1<sup>er</sup> octet commençant par 10 => 1<sup>er</sup> octet de 128 à 191
  - 2 derniers octets réservés à l'adressage machine

# Adresses IP

## Adressage par classe

---

- **Classe C:**
  - 3 premiers octets réservés à l'adressage réseau et 1<sup>er</sup> octet commençant par 110 => 1<sup>er</sup> octet allant de 192 à 223
  - Dernier octet réservé à l'adressage des machines
- **Classe D:**
  - Le 1<sup>er</sup> octet commence par 1110 => 1<sup>er</sup> octet de 224 à 239
  - 3 derniers octets réservés à l'adresse multicast.
- **Classe E: réservée à une utilisation future**
  - Le 1<sup>er</sup> octet commence par 1111 => 1<sup>er</sup> octet de 240 à 255

# Adresses IP

## Adressage par classe

---

- L'organisation de l'espace d'adressage en classes d'adresses fait perdre de nombreuses adresses
- L'organisation en sous-réseaux a été introduite et a permis de réduire les pertes d'adresses
- Le CIDR a été ensuite mis en place ensuite pour réduire la taille des tables de routage qui pouvaient être gigantesques et poser des problèmes
- Les bits d'appartenance à une classe ne sont plus utilisés, sauf ceux de la classe D dans l'Internet pour le multicast.

# Adresses IP

## Autres adressages spéciaux

---

- 0.0.0.0 : signifie « ce réseau » ou « cet hôte »; utilisée par les hôtes au démarrage.
- Adresse IP avec numéro de réseau à 0: se rattache au réseau en cours;
  - Donne en quelque sorte l'adresse IP relative (comme un chemin relatif de fichier/répertoire).
  - Permet à une machine de se rapporter à son propre réseau sans connaître son numéro, en utilisant tout de même le masque de son réseau.
- L'adresse avec tous les bits à 1 ou tous les bits machine à 1: permet de diffuser sur le réseau local de la machine.

# Adresses IP

## Autres adressages spéciaux

---

- Adresse d'un réseau autre que celui de la machine avec tous les bits suivant à 1 : permet de diffuser sur le réseau distant.
- Adresse avec 1<sup>er</sup> octet à 127: adresse réservée au rebouclage
  - Exemple: 127.0.0.1 très souvent utilisée comme adresse de boucle arrière des machines sous Linux
- Remarques:
  - Les adresses avec tous les bits machines à 0 (à 1) sont réservées pour l'adressage du réseau (pour la diffusion)
  - Dans les sous-réseaux, les adresses de la partie sous-réseau avec tous les bits à 0 ou tous à 1 sont également réservées.

# Adresses IP

## Pénurie d'adresses et solutions

---

- La pénurie d'adresses IP est un problème actuel notamment pour les FAI.
- Solutions:
  - A long terme: passage à des adresses IPv6 sur 128 bits.
  - Solution transitoire :
    - ***Traduction d'adresses de réseaux*** ou ***NAT*** (Network Address Translation).
    - Ne respecte pas le principe d'indépendance des couches).

# Adresses IP

## Traduction d'adresses de réseau

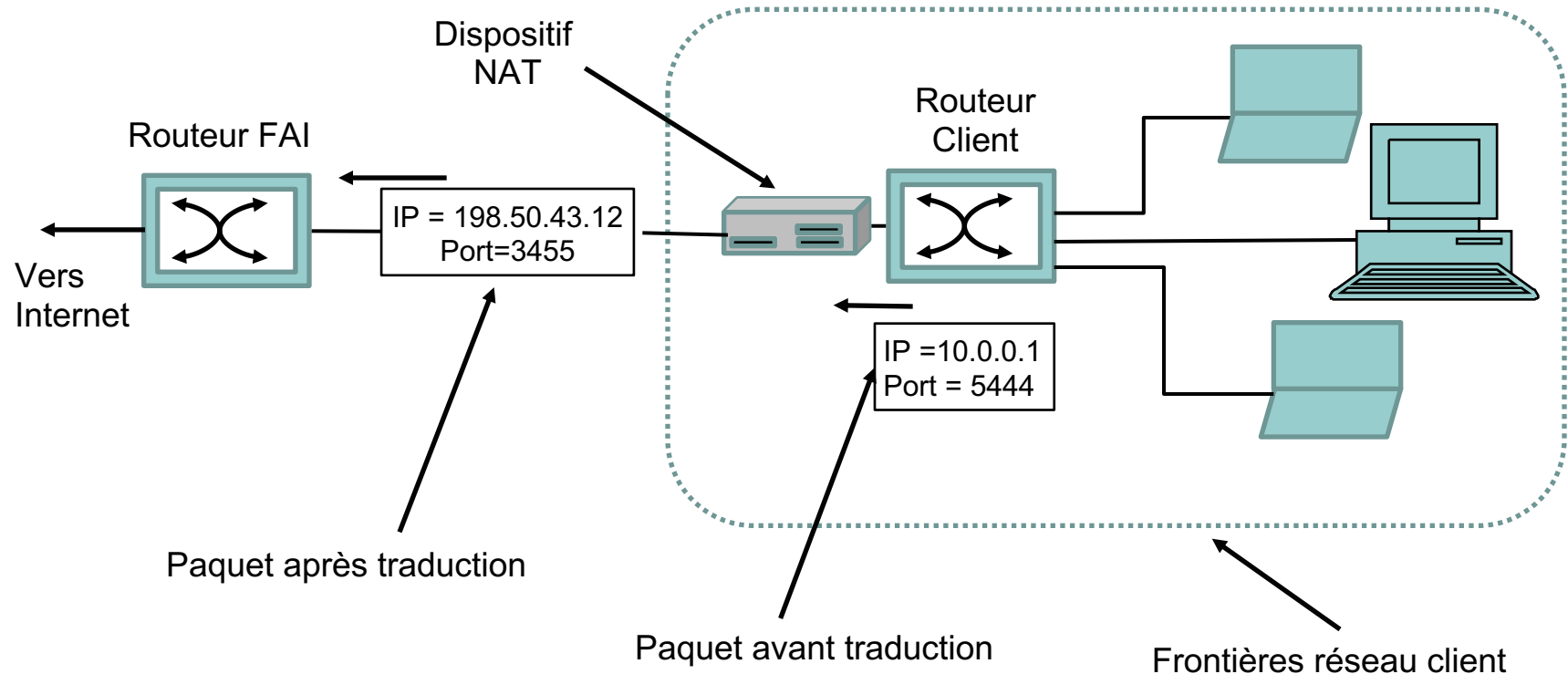
---

- Principe pour 1 FAI:
  - Affecter à chaque foyer ou entreprise 1 seule adresse IP (ou quelques unes)
  - Affectation d'une adresse IP interne unique à chaque ordinateur.
  - Traduction de l'adresse interne en une adresse IP publique partagée lorsqu'un paquet part du réseau interne vers le FAI.
  - La traduction emploie les 3 plages d'adresses IP suivantes déclarées privées. Elle peuvent être utilisées sauf dans des paquets envoyés sur l'Internet.

10.0.0.0	10.255.255.255/8	16 777 216 hôtes
172.16.0.0	172.31.255.255/12	1 048 576 hôtes
192.168.0.0	192.168.255.255/16	65 536 hôtes

# Adresses IP

## Fonctionnement d'un équipement NAT





# Adressage IP:

## IPv6

---

- Adresses à 128 bits
- Problème d'interopérabilité avec IPv4
- Adopté comme standard Internet en 1998, mais très peu utilisé.

# Réseaux locaux

---

- ✓ Présentation générale
- ✓ Ethernet
- ✓ Interconnexion de réseaux locaux
- ✓ Réseaux locaux virtuels (VLAN)
- ✓ Adresses IP
  - Protocoles de contrôle Internet
  - Le serveur de nom de domaine (DNS)

# Protocoles de contrôle Internet

---

- Plusieurs protocoles de contrôles existent au niveau de la couche réseau d'Internet dont **ICMP**, **ARP**, **DHCP**.
- ICMP (Internet Control Message Protocol):
  - **Protocole de messages de contrôle d'Internet**
  - Signale l'occurrence d'événements inattendus pendant le traitement d'un paquet.
    - Exemples d'événements: destination inaccessible (le paquet n'a pas pu être livré), problème de paramètre (champ entête du message invalide), etc.
  - Est également utilisé à des fins de test sur Internet
    - Exemple: commande **ping** qui permet de vérifier si un hôte est actif et connecté à l'Internet.

# Protocoles de contrôle Internet

---

- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol):
  - ***Protocole de configuration dynamique d'hôte***
  - Suppose que chaque réseau a un serveur chargé de la configuration.
  - Au démarrage, l'hôte diffuse, comme avec le protocole ARP, une demande d'adresse IP sur son réseau à l'aide d'un paquet de découverte DHCP.
  - Si le serveur DHCP n'est pas directement relié au réseau de l'hôte, le routeur doit être configuré pour pouvoir recevoir la demande et la lui transmettre.
  - A réception de la demande, le serveur DHCP attribue une adresse IP libre et l'envoie à l'hôte dans un paquet d'offre DHCP (via le routeur si nécessaire).

# Réseaux locaux

---

- ✓ Présentation générale
- ✓ Ethernet
- ✓ Interconnexion de réseaux locaux
- ✓ Réseaux locaux virtuels (VLAN)
- ✓ Adresses IP
- ✓ Protocoles de contrôle Internet
- Le serveur de nom de domaine (DNS)

# Le DNS

---

- Le **serveur de nom de domaine** ou **DNS** (Domain Name Server) est l'une des composantes les plus importantes de la couche application.
- Il a été mis au point en 1983
- Il se charge de la résolution des noms au travers de l'Internet.
- Il permet de convertir un nom de machine en une adresse réseau (machines classiques, serveurs Web) utilisable par les services réseau.

# Le DNS - Fonctionnement

---

- Une application invoque une procédure de bibliothèque appelée un ***résolveur*** (ou ***solveur***) avec la fonction `gethostbyname` en passant en paramètre le nom de la machine.
- Le solveur envoie une requête à un serveur DNS local qui vérifie le nom et retourne une adresse contenant l'adresse IP au résolveur qui se charge de la transmettre à l'application qui a fait la demande initiale.

# Réseaux locaux

---

- ✓ Présentation générale
- ✓ Ethernet
- ✓ Interconnexion de réseaux locaux
- ✓ Réseaux locaux virtuels (VLAN)
- ✓ Adresses IP
- ✓ Protocoles de contrôle Internet
- ✓ Le serveur de nom de domaine (DNS)



# Plan

---

- ✓ Introduction
- ✓ Concepts réseaux
- ✓ Modèle OSI
- ✓ Mise en œuvre de réseaux
- ✓ Réseau locaux
- Conclusion

# Conclusion

---

- Les réseaux occupent une place essentielle dans le fonctionnement des entreprises et des familles, grâce aux possibilités qu'ils offrent pour le partage des données, des équipements et des services, et également pour la communication.
- Le modèle en couche OSI est un standard ISO qui joue un rôle essentiel dans la mise en œuvre des réseaux. Il sert de référence dans le domaine. Il permet de séparer les fonctionnalités du réseau par niveau d'abstraction, ce qui facilite la mise en œuvre et la maintenance.
- Le modèle TCP/IP est l'un des modèles en couche les plus répandus.