

Chapitre 2 La couche Liaison de Données



Fondements des Réseaux
1^{ère} année ingénieur informatique

ENICARTHAGE



La couche Liaison de Données

Plan du Chapitre

- Fonctions de la couche liaison de Données
- Topologies du réseau
- L'adresse de niveau liaison de données

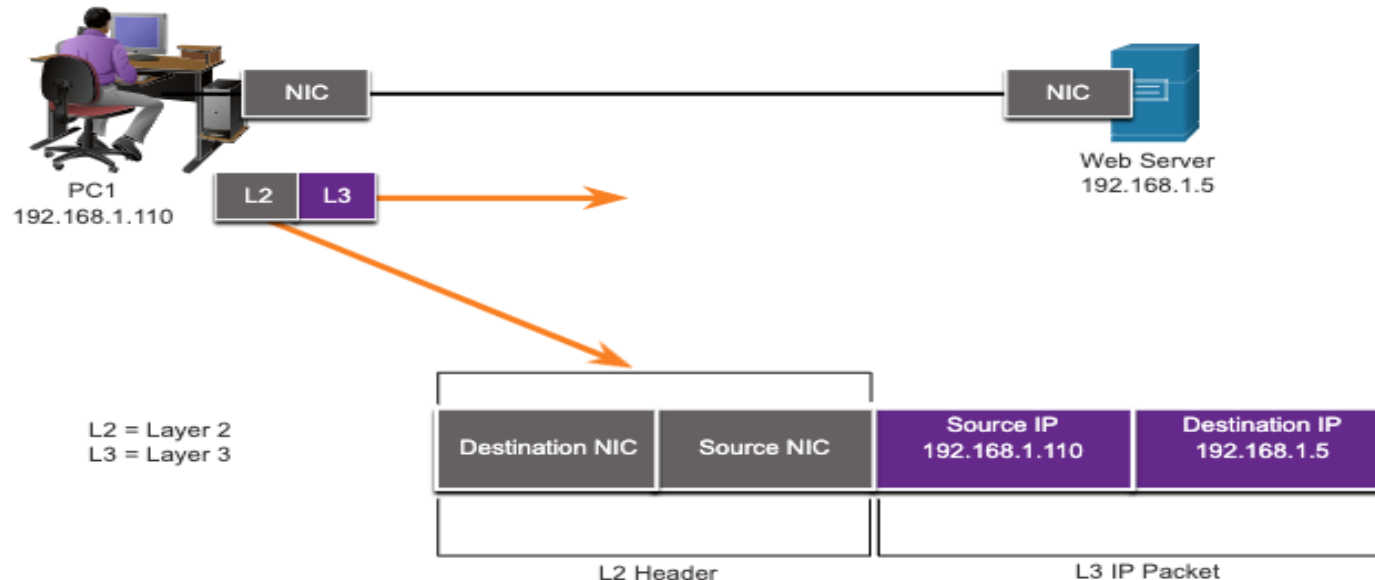
1. Fonctions de la couche liaison de Données





Fonctions de la couche liaison de données

- La Couche liaison de données est responsable des communications entre les cartes d'interface réseau du périphérique final.
- Permet aux protocoles des couches supérieures d'accéder au support de couche physique et encapsule les paquets de couche 3 (IPv4 et IPv6) dans des trames de couche 2.
- Effectue également la détection des erreurs et rejette les trames corrompues.

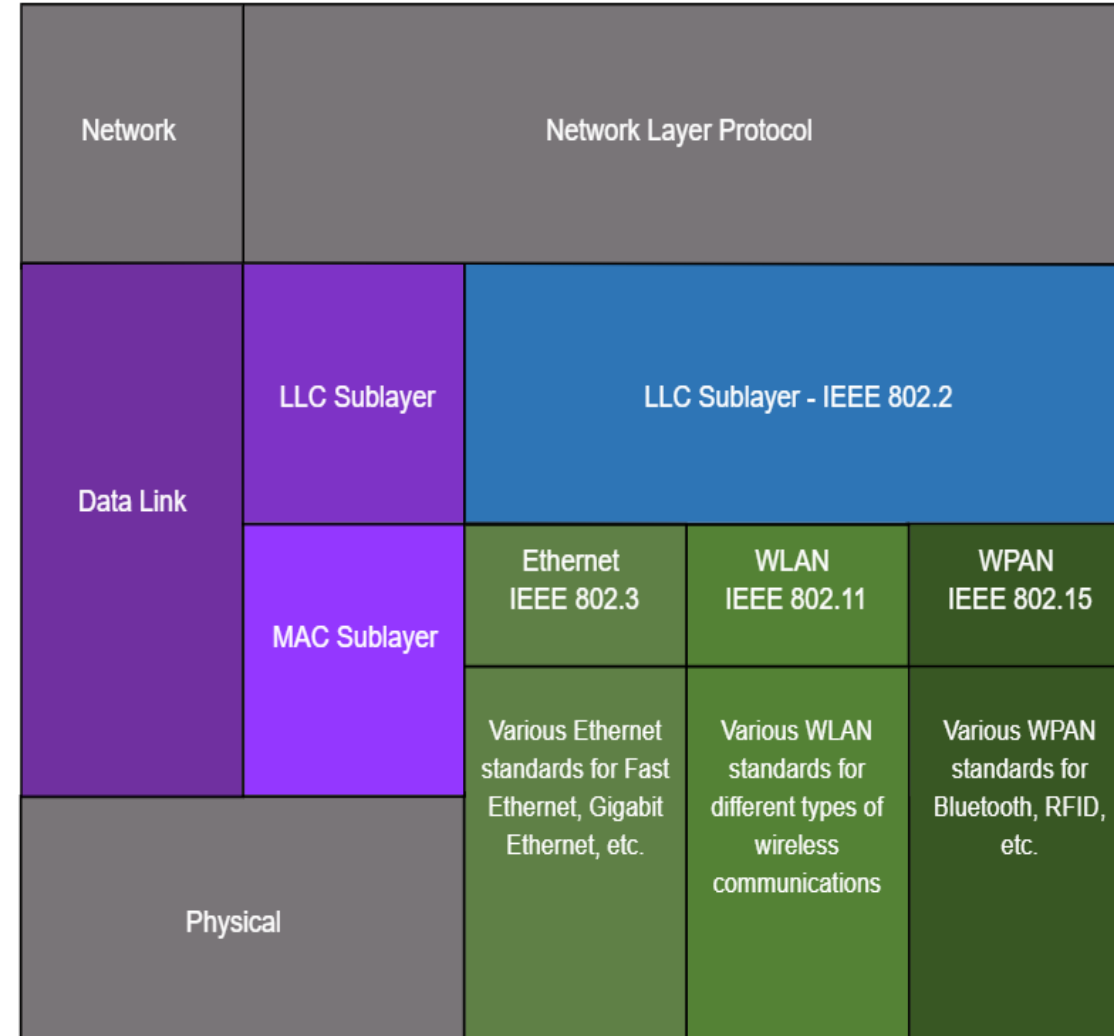




Fonctions de la couche liaison de données

Les normes IEEE 802

- Les normes IEEE 802 LAN/MAN sont spécifiques au type de réseau (Ethernet, WLAN, WPAN, etc.).
- La Couche liaison de données se compose de deux sous-couches: **Sous-couche LLC (Logical Link Control)** et **Contrôle d'accès au support (MAC)**.
 - La sous-couche LLC communique entre le logiciel de mise en réseau sur les couches supérieures et le matériel du périphérique sur les couches inférieures.
 - La sous-couche MAC est responsable de l'encapsulation des données et du contrôle d'accès au support.





Fonctions de la couche liaison de données

Les normes IEEE 802

- Les protocoles de couche liaison de données sont définis par les organisations d'ingénierie:
 - IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers - Institut des ingénieurs en équipements électriques et électroniques)
 - Union Internationale des Télécommunications (UIT)
 - L'Organisation internationale de normalisation (ISO)
 - ANSI (American National Standards Institute)





Fonctions de la couche liaison de données

L'accès au support

- Les paquets échangés entre les nœuds peuvent rencontrer de nombreuses couches de liaison de données et transitions de supports.
- L'adressage de liaison de données est un adressage local, de sorte qu'il aura une source et une destination pour chaque lien du trajet vers la destination
- A chaque saut tout au long du chemin, un routeur exécute quatre fonctions de base de couche 2:
 - Il accepte une trame d'un support réseau ;
 - Désencapsule la trame pour exposer le paquet encapsulé.
 - Réencapsule le paquet dans une nouvelle trame ;
 - Transmet la nouvelle trame sur le support du segment réseau suivant.

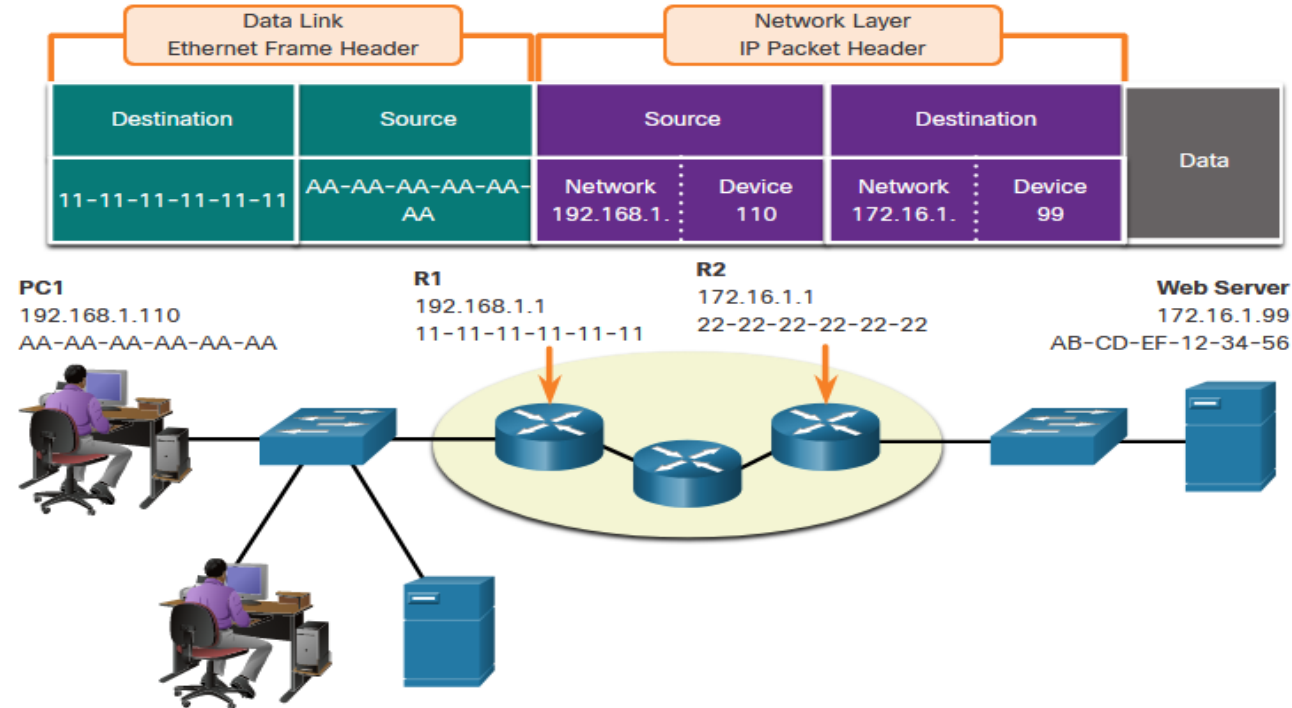


Fonctions de la couche liaison de données

L'accès au support

Lorsque la destination finale est distante, la couche 3 fournit à la couche 2 l'adresse IP de la passerelle par défaut locale, également connue sous le nom d'adresse du routeur.

- La passerelle par défaut est l'adresse IP de l'interface du routeur qui fait partie de ce réseau local et sera la "porte" ou la "passerelle" vers tous les autres sites distants.
- Tous les périphériques du réseau local doivent être informés de cette adresse ou leur trafic sera limité au réseau local uniquement.
- Une fois que la couche 2 sur PC1 est acheminée à la passerelle par défaut (Routeur), le routeur peut alors démarrer le processus de routage pour obtenir les informations vers la destination réelle.

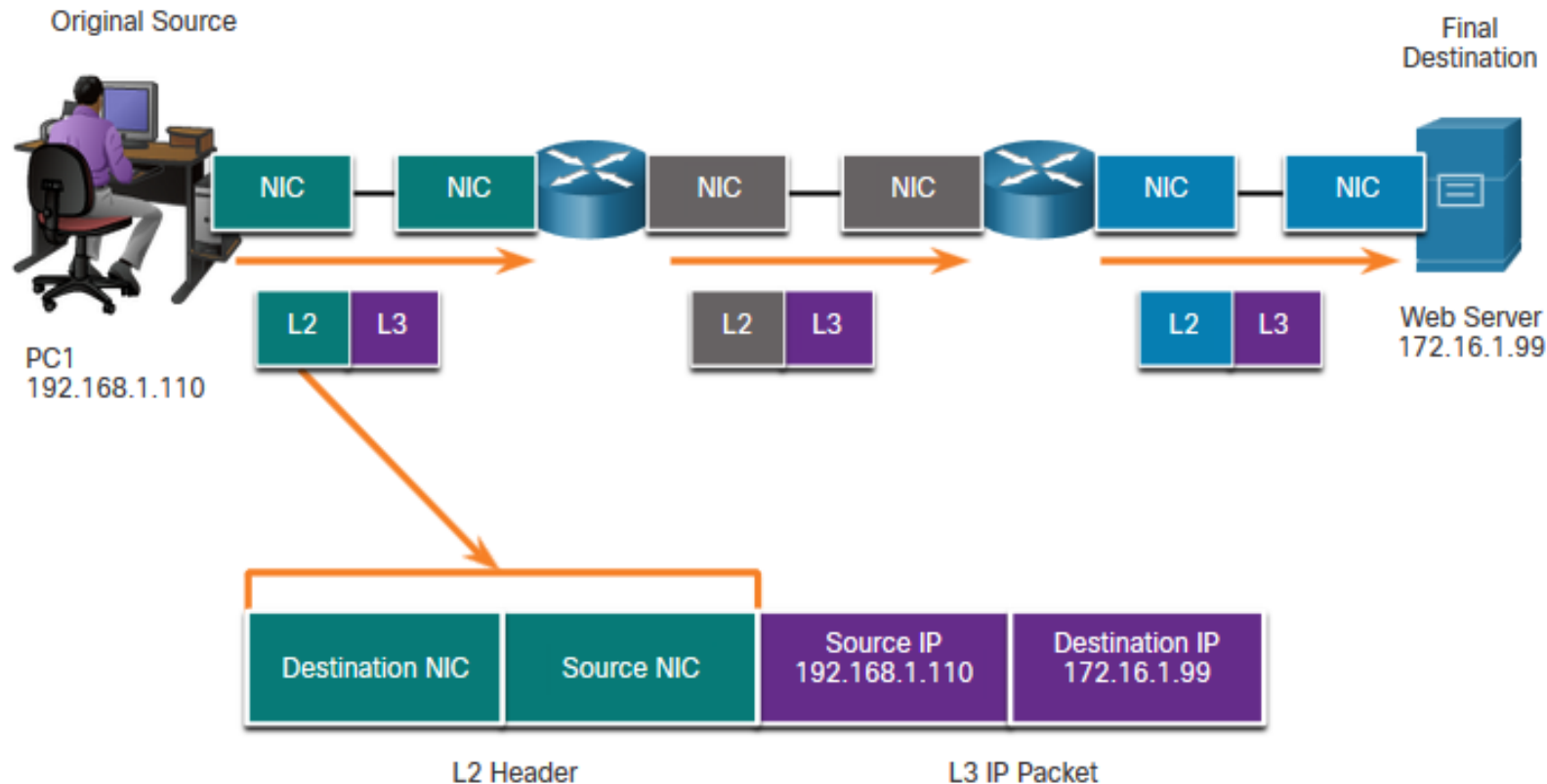




Fonctions de la couche liaison de données

L'accès au support

- L'adressage MAC pour le **premier** segment est:
 - Source — (carte réseau PC1) envoie la trame
 - Destination — (premier routeur - interface DGW) reçoit la trame



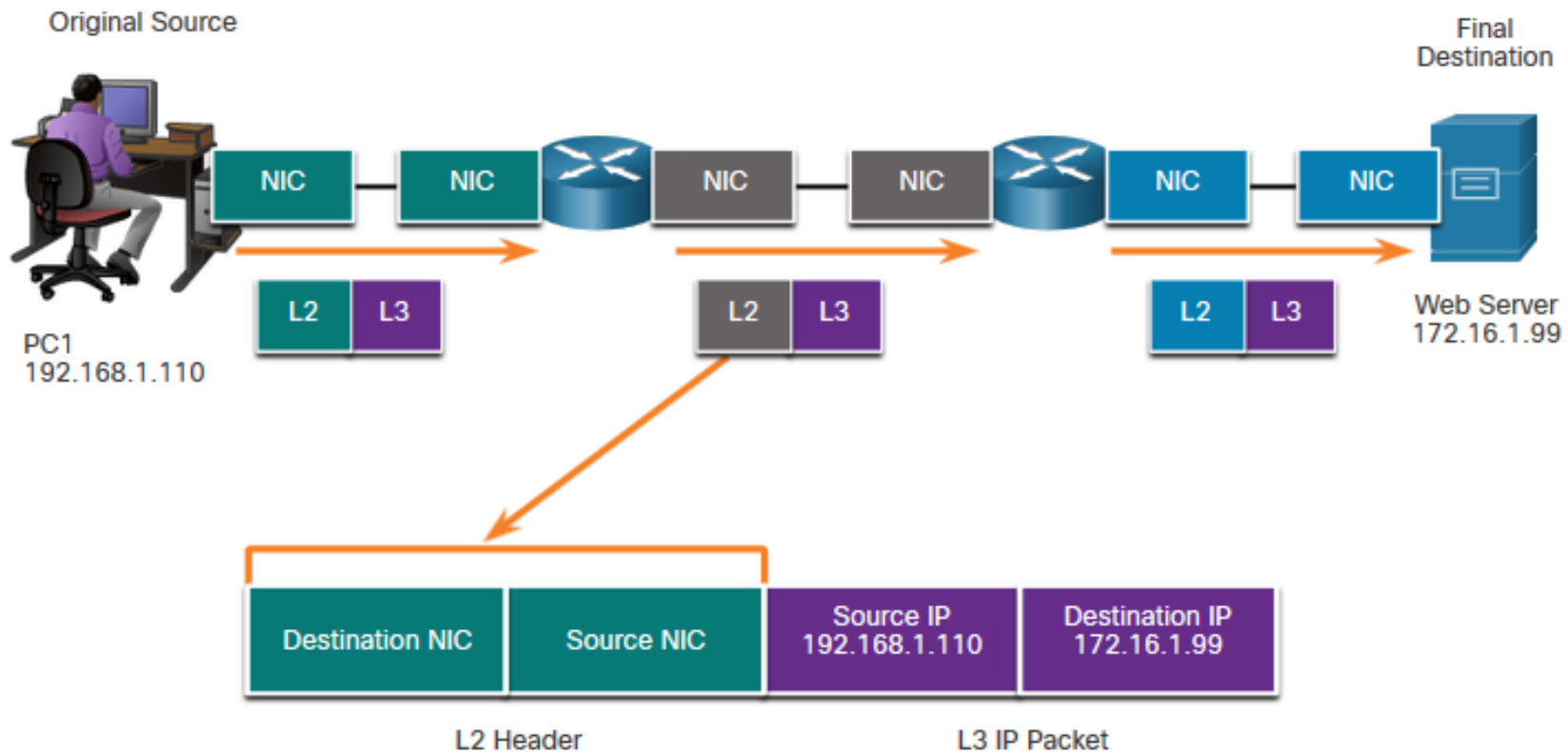


Fonctions de la couche liaison de données

L'accès au support

L'adressage MAC pour le **deuxième** saut est:

- Source — (premier routeur- interface de sortie) envoie la trame
- Destination — (deuxième routeur) reçoit la trame



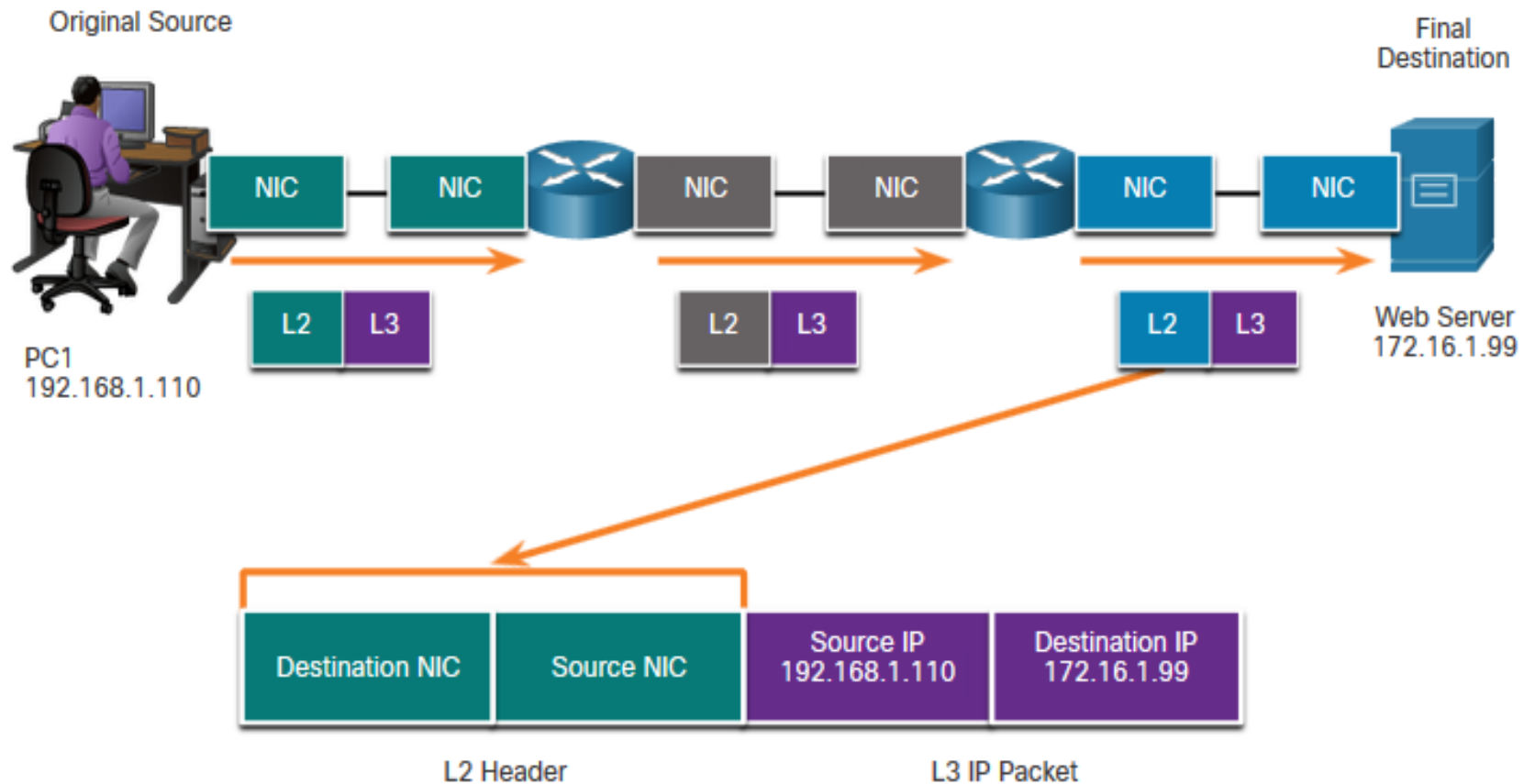


Fonctions de la couche liaison de données

L'accès au support

L'adressage MAC pour le **dernier** segment est:

- Source — (Second Router- Interface de sortie) envoie la trame
- Destination — (carte réseau du serveur Web) reçoit la trame

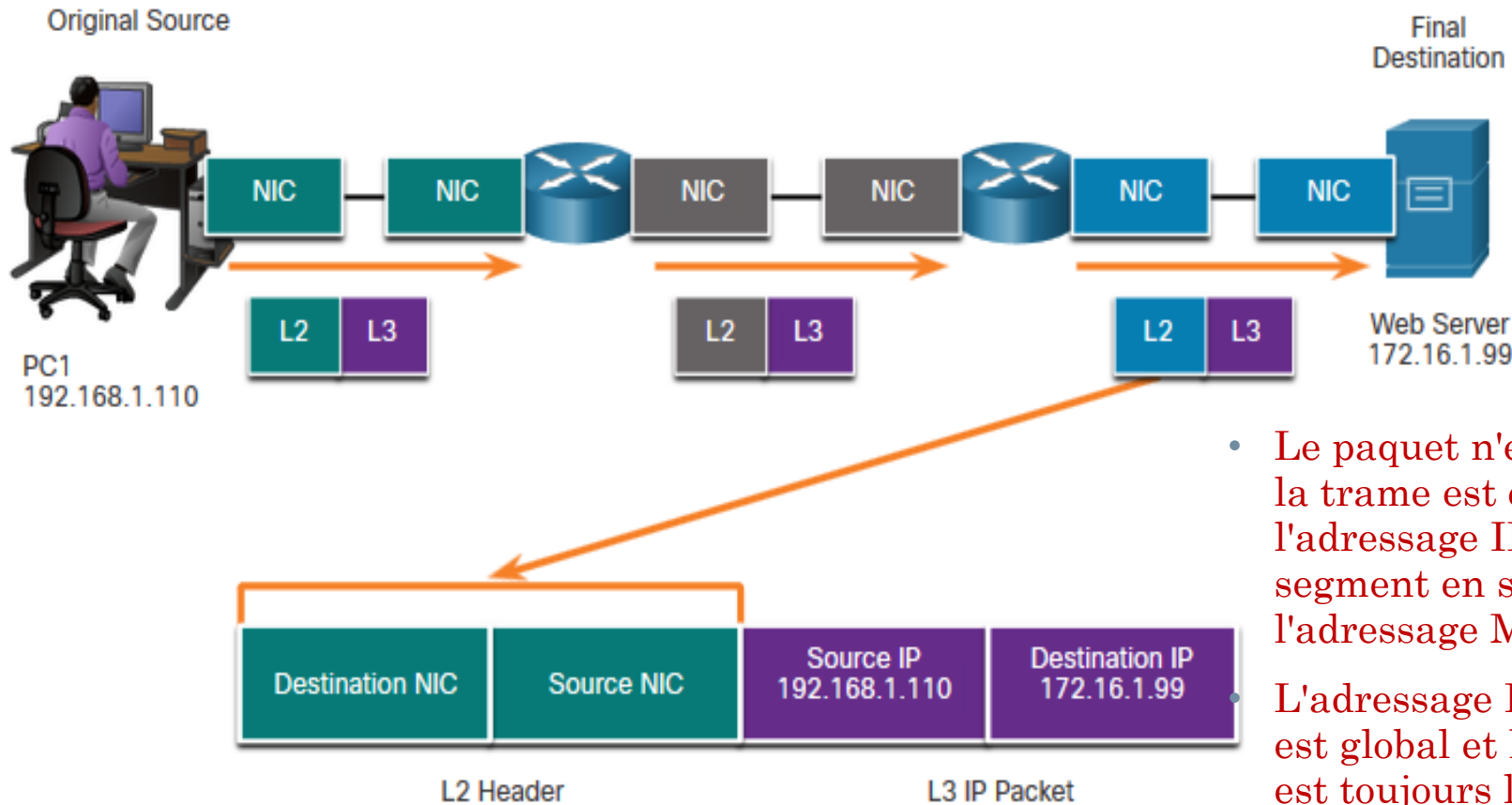




Fonctions de la couche liaison de données

L'accès au support

- Remarquez que le paquet n'est pas modifié, mais que la trame est changée, donc l'adressage IP L3 ne change pas de segment en segment comme l'adressage MAC L2.
- L'adressage L3 reste le même car il est global et la destination ultime est toujours le serveur Web.



- Le paquet n'est pas modifié, mais la trame est changée, donc l'adressage IP L3 ne change pas de segment en segment comme l'adressage MAC L2.
- L'adressage L3 reste le même car il est global et la destination ultime est toujours le serveur Web.

2. Topologies du réseau





Topologies du réseau

Définition

- La topologie d'un réseau constitue l'organisation et la relation des périphériques réseau et les interconnexions existantes entre eux.

- Il existe deux types différents de topologies utilisées pour décrire les réseaux:
 - **Topologie physique** : affiche les connexions physiques et la manière dont les périphériques sont interconnectés.
 - **Topologie logique** : identifie les connexions virtuelles entre les périphériques à l'aide d'interfaces de périphériques et des schémas d'adressage IP.



Topologies du réseau

Topologies WAN

- Il existe trois topologies physiques de réseau étendu courantes:
 - **Point à point** — c'est la topologie WAN la plus simple et la plus courante. Elle se compose d'une liaison permanente entre deux terminaux.
 - **Hub and Spoke** — version WAN de la topologie en étoile, dans laquelle un site central connecte entre eux les sites des filiales à l'aide de liaisons point à point.
 - **Maillée** — cette topologie offre une haute disponibilité, mais nécessite que tous les systèmes finaux soient connectés entre eux.



Topologies du réseau

Topologie WAN point à point

- Les topologies point à point physiques connectent directement deux nœuds.
- Les nœuds n'ont pas besoin de partager le support avec d'autres hôtes.
- En outre, toutes les trames du support ne peuvent se déplacer que vers ou depuis les deux nœuds, les protocoles WAN Point-to-Point peuvent être très simples.



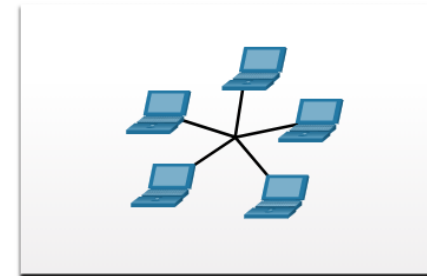


Topologies du réseau

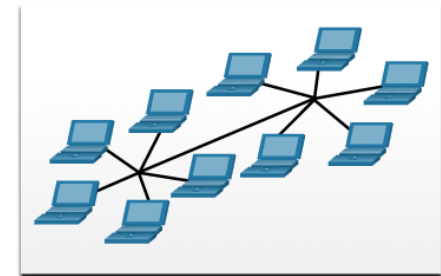
Topologies LAN

- Les périphériques finaux des réseaux locaux sont généralement interconnectés à l'aide d'une topologie **étoile** ou **étoile étendue**. Les topologies étoile et étoile étendue sont faciles à installer, très évolutives et faciles à dépanner.
- Les technologies Ethernet Early et Legacy Token Ring fournissent deux topologies supplémentaires:
 - Topologie en bus** : tous les systèmes finaux sont reliés entre eux et terminent à chaque extrémité
 - Topologie en anneau** — Chaque système d'extrémité est connecté à ses voisins respectifs pour former un anneau.

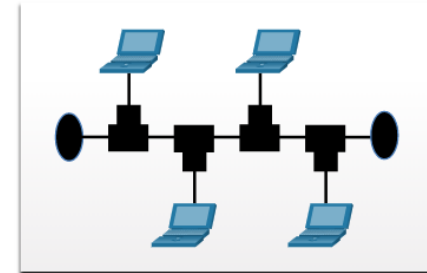
Physical Topologies



Star Topology



Extended Star Topology



Bus Topology



Ring Topology



Topologies du réseau

Communications en mode duplex intégral et semi-duplex

- **Communication en mode semi-duplex**
 - Autorise un seul appareil à envoyer ou à recevoir à la fois sur un support partagé.
 - Utilisée dans les anciennes topologies en bus et avec les concentrateurs Ethernet
- **Communication en mode duplex intégral**
 - Deux périphériques ou plus peuvent simultanément transmettre et recevoir des données sur les supports.
 - Les commutateurs Ethernet fonctionnent en mode duplex intégral.



Topologies du réseau

Méthodes de contrôle d'accès

- **Accès avec gestion des conflits**
 - Tous les nœuds fonctionnant en mode semi-duplex sont en concurrence pour utiliser le support
 - Un protocole doit être implémenté au niveau de la couche MAC pour gérer l'accès et éviter les conflits (collisions), exemple:
 - Le processus d'accès multiple avec écoute de porteuse et détection de collision (CSMA/CD) utilisé sur les réseaux Ethernet.
 - Le processus d'accès multiple avec écoute de porteuse et évitement de collision (CSMA/CA) utilisé sur les réseaux WLANs.
- **Accès contrôlé**
 - Accès déterministe où chaque nœud a son propre temps sur le support.
 - Utilisé sur les anciens réseaux tels que Token Ring et ARCNET.



Topologies du réseau

Méthodes de contrôle d'accès – CSMA/CD

- **CSMA/CD**
 - Utilisé par les anciens réseaux locaux Ethernet, réseaux en bus avec concentrateurs
 - Le concentrateur propage toute communication, même une collision
 - Fonctionne en mode semi-duplex où un seul appareil envoie ou reçoit à la fois.

Processus de détection des collisions CSMA/CD:

- Les périphériques qui transmettent simultanément entraîneront une collision de signal sur le support partagé.
- Les périphériques détectent la collision, arrêtent la transmission et retransmettent après un temps aléatoire
- Chaque périphérique qui transmet des données tient compte du temps dont il a besoin pour la transmission.



Topologies du réseau

Méthodes de contrôle d'accès – CSMA/CA

- **CSMA/CA**
- Utilisé par les WLAN IEEE 802.11.
- Fonctionne en mode semi-duplex où un seul appareil envoie ou reçoit à la fois.

Processus de prévention des collisions CSMA/CA:

- Lors de la transmission, les périphériques incluent également la durée nécessaire pour la transmission.
- Les autres périphériques sur le support partagé reçoivent les informations de la durée du temps et savent combien de temps le support sera indisponible.
- Utilise également des accusés de réception

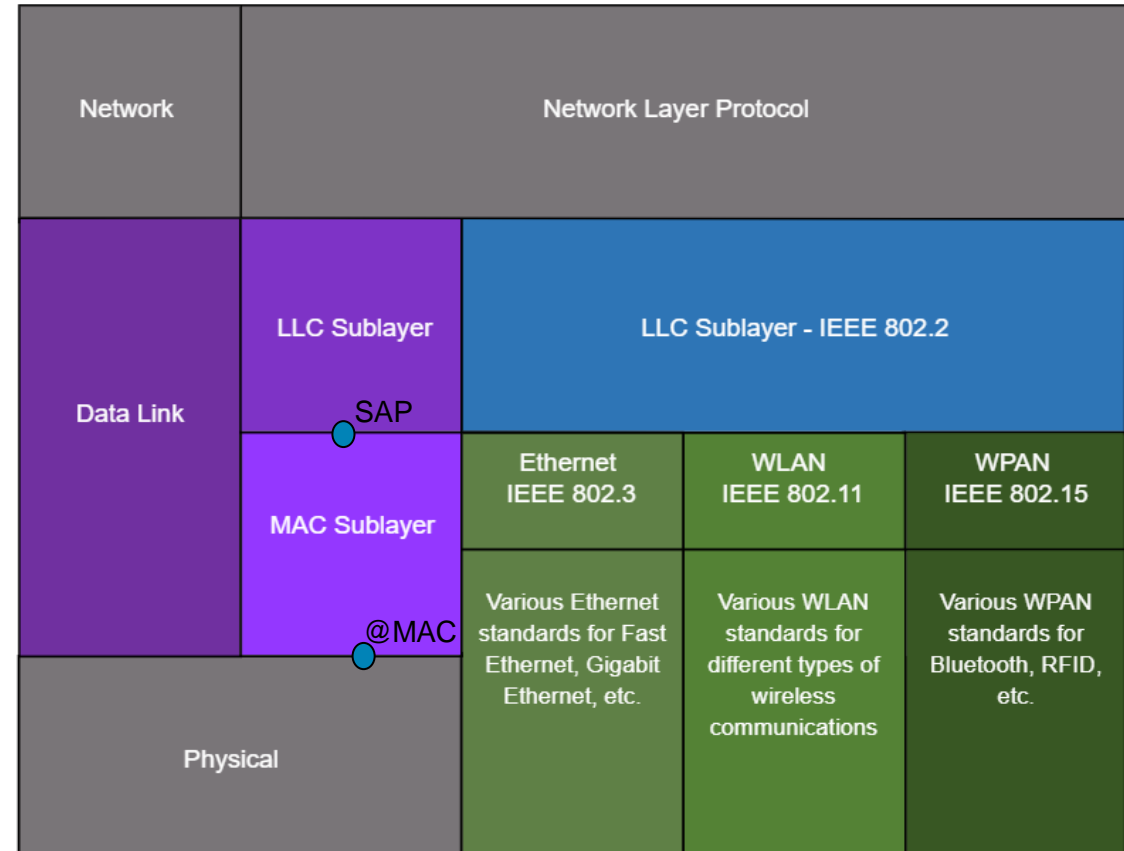
3. Adresse de niveau liaison de données





Adresses de niveau liaison de données

- Deux adresses:
 - L'adresse MAC:
 - Adresse physique
 - La SAP: Service Access Point ;
 - Point d'accès au service de la couche supérieure, i.e. la couche LLC





Adresse de niveau liaison de données

L'adresse MAC

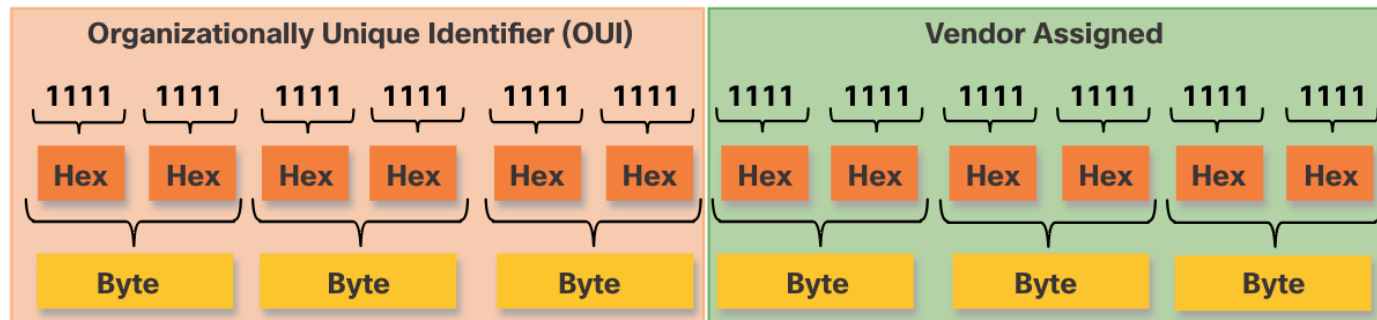
- Dans la norme Ethernet du réseau local, chaque périphérique réseau se connecte au même support partagé. L'adressage MAC fournit une méthode d'identification des périphériques au couche de liaison de données du modèle OSI.
- Norme IEEE 802.1: Une adresse MAC est une adresse à 48 bits exprimée en 12 chiffres hexadécimaux. Parce qu'un octet est égal à 8 bits, nous pouvons également dire qu'une adresse MAC a une longueur de 6 octets.
 - Sachant qu'un octet (8 bits) est un regroupement binaire courant, la plage binaire de 00000000 à 11111111 correspond, dans le format hexadécimal, à la plage de 00 à FF.
 - En hexadécimal, les zéros non significatifs sont toujours affichés pour compléter la représentation de 8 bits.
 - Exemple, la valeur binaire 0000 1010 correspond à 0A au format hexadécimal.
 - Les nombres hexadécimaux sont souvent représentés par la valeur précédée de **0x** (par exemple, 0x73) pour distinguer les valeurs décimales et hexadécimales dans la documentation.
 - L'hexadécimal peut également être représenté par un indice 16, ou le nombre hexadécimal suivi d'un H (par exemple, 73H).



Adresses de niveau liaison de données

L'adresse MAC

- Toutes les adresses MAC doivent être uniques au périphérique Ethernet ou à l'interface Ethernet. Pour ce faire, tous les fournisseurs qui vendent des périphériques Ethernet doivent s'inscrire auprès de l'IEEE pour obtenir un code hexadécimal unique à 6 (c'est-à-dire 24 bits ou 3 octets) appelé l'identifiant unique de l'organisation (OUI).
- Une adresse MAC Ethernet est constituée d'un code OUI de fournisseur hexadécimal à 6, suivi d'une valeur attribuée par le fournisseur hexadécimal à 6.



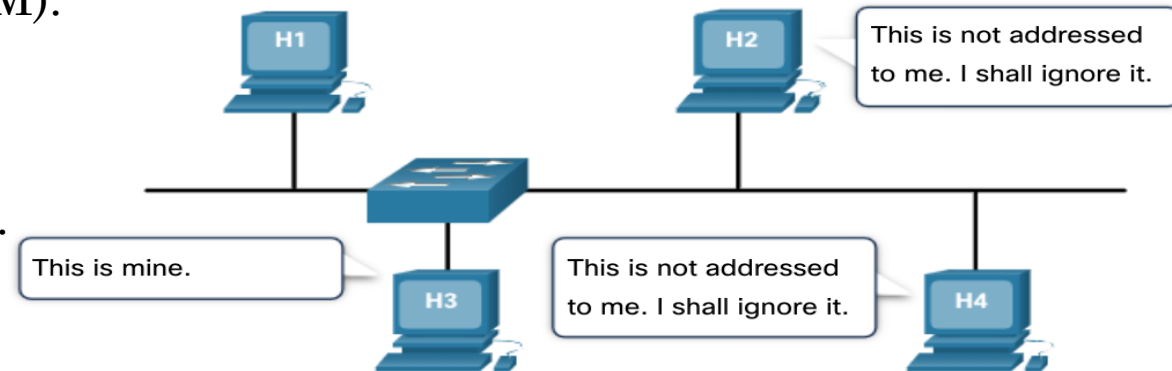


Adresses de niveau liaison de données

L'adresse MAC – Traitement des trames

- Tout périphérique qui est la source ou la destination d'une trame Ethernet possède une carte réseau Ethernet et, par conséquent, une adresse MAC. Cela inclut les postes de travail, les serveurs, les imprimantes, les appareils mobiles et les routeurs
- Lorsqu'un périphérique transfère un message à un réseau Ethernet, l'en-tête Ethernet inclut une adresse MAC source et une adresse MAC de destination.
- Lorsqu'une carte réseau reçoit une trame Ethernet, elle observe l'adresse MAC de destination pour voir si elle correspond à l'adresse MAC physique du périphérique qui est stockée dans la mémoire vive (RAM). En l'absence de correspondance, la carte réseau ignore la trame. Si elle correspond, la carte réseau transmet la trame aux couches OSI, et la désencapsulation a lieu.

Destination Address	Source Address	Data
CC:CC:CC:CC:CC:CC	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Encapsulated data
Frame Addressing		



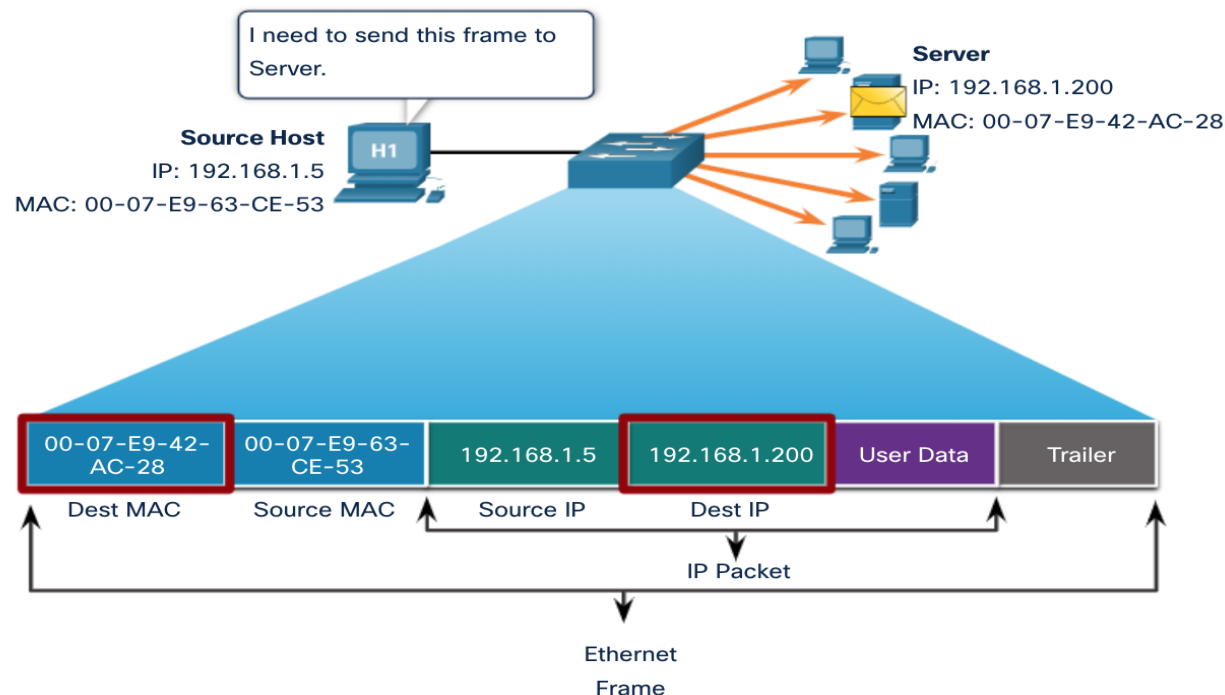


Adresses de niveau liaison de données

L'adresse MAC – adresse de monodiffusion

Remarque: les cartes réseau Ethernet acceptent également les trames si l'adresse MAC de destination est un groupe de diffusion ou de multidiffusion auquel l'hôte appartient.

- Avec Ethernet, des adresses MAC différentes sont utilisées pour la monodiffusion (unicast), la multidiffusion (multicast) et la diffusion (broadcast) sur la couche 2.
- L'adresse MAC de monodiffusion est l'adresse unique utilisée lorsqu'une trame est envoyée à partir d'un seul périphérique émetteur, à un seul périphérique destinataire
- **L'adresse MAC source doit toujours être une monodiffusion.**

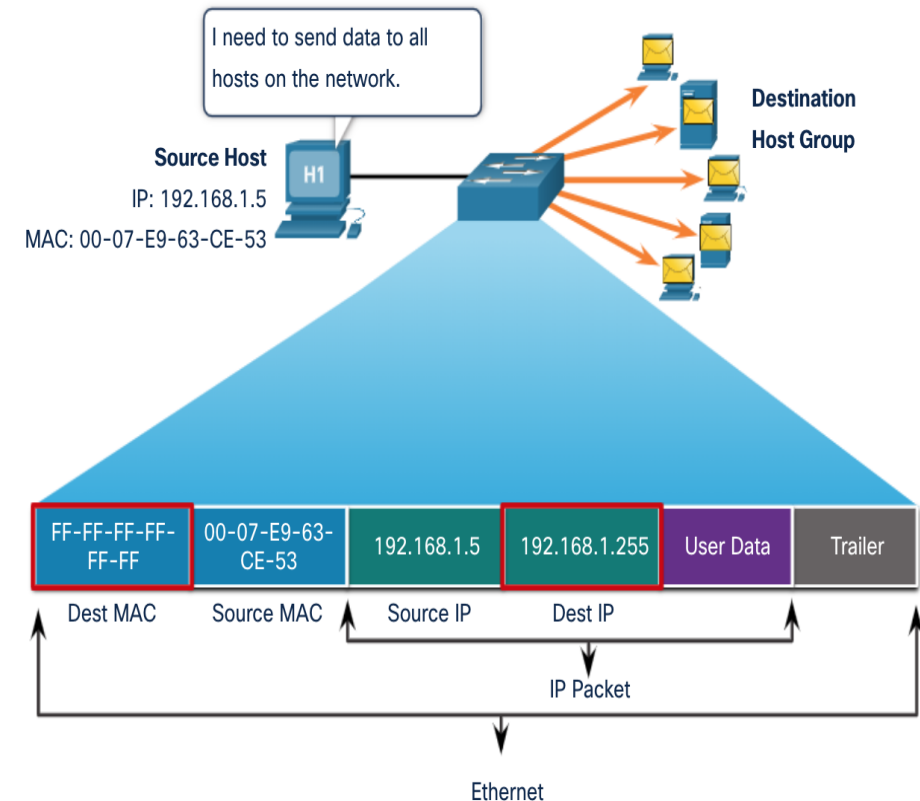




Adresses de niveau liaison de données

L'adresse MAC – adresse de diffusion

- Une trame de diffusion Ethernet est reçue et traitée par chaque périphérique du réseau local
- Caractéristiques d'une diffusion Ethernet:
 - Adresse MAC de destination = FF-FF-FF-FF-FF-FF au format hexadécimal (48 uns en notation binaire).
 - Inonde tous les ports des commutateurs Ethernet sauf le port entrant.
 - Non propagée par un routeur.
 - Si les données encapsulées sont un paquet de diffusion IPv4, cela signifie que le paquet contient une adresse IPv4 de destination qui a toutes les adresses (1) dans la partie hôte. Cette numérotation implique que **tous les hôtes sur le réseau local (domaine de diffusion) recevront le paquet et le traiteront.**

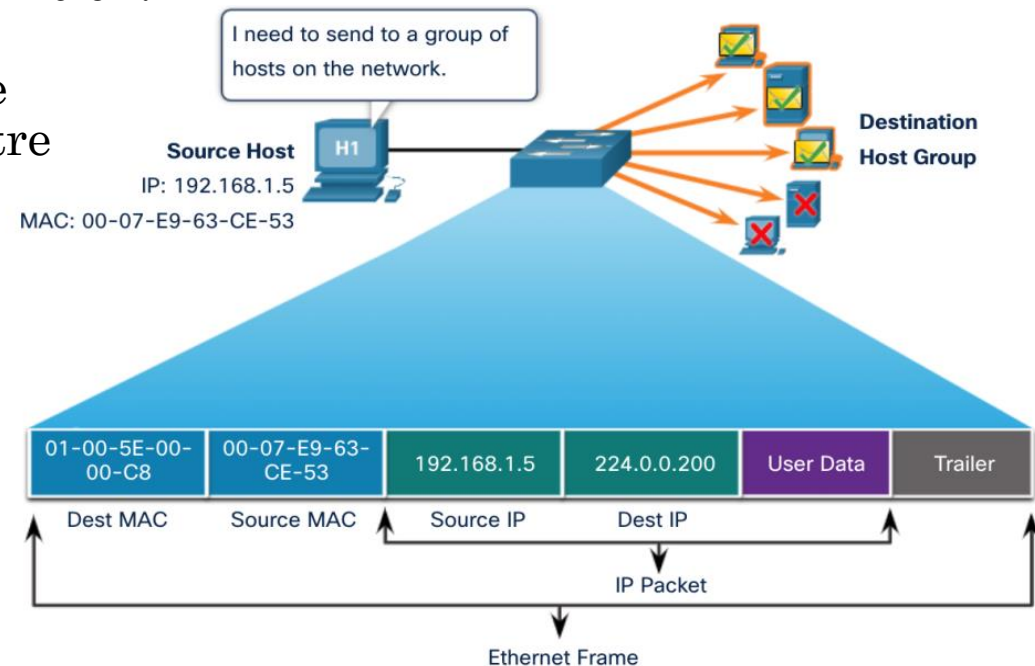




Adresses de niveau liaison de données

L'adresse MAC – adresse de multidiffusion

- Une trame de multidiffusion est reçue et traitée par un groupe de périphériques appartenant au même groupe de multidiffusion.
 - Inondée de tous les ports des commutateurs Ethernet sauf le port entrant, sauf si le commutateur est configuré pour l'écoute multidiffusion.
 - N'est pas transférée par un routeur, sauf si le routeur est configuré pour router les paquets de multidiffusion.
- Dans la mesure où les adresses multidiffusion représentent un groupe d'adresses (parfois appelé groupe d'hôtes), elles ne peuvent s'utiliser que dans la destination d'un paquet. La source doit toujours être une adresse de monodiffusion.
- Comme avec les @ monodiffusion et de diffusion, l'adresse IP multidiffusion nécessite une adresse MAC multidiffusion correspondante pour remettre les trames sur un réseau local.



3. La trame de liaison de données





La trame de liaison de données

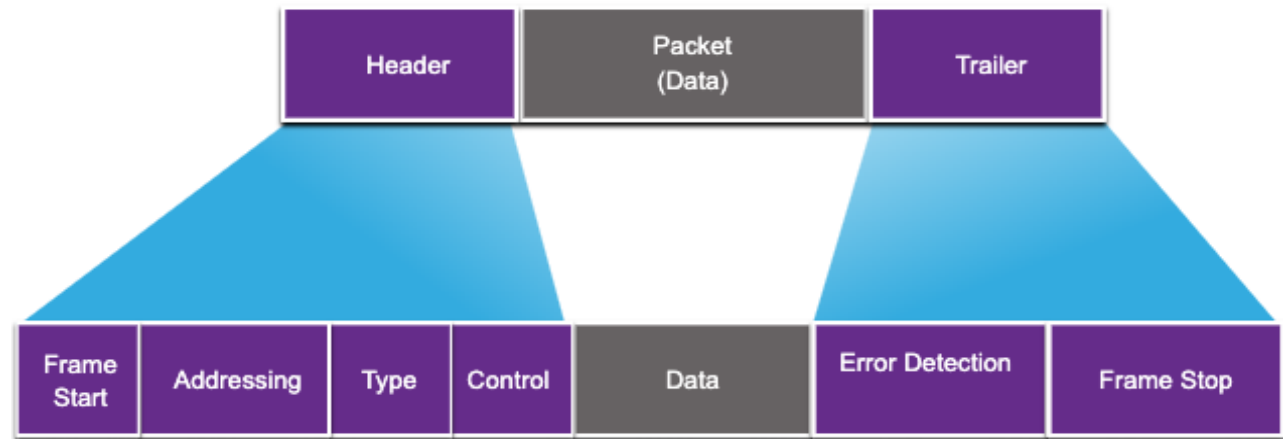
La Trame

- Tous les protocoles de couche liaison de données encapsulent l'unité de données dans l'en-tête et dans la queue de bande pour former une trame.
- La trame de liaison de données comprend trois éléments de base :
 - En-tête
 - Données
 - Queue de bande
- Les champs de l'en-tête et de la queue de bande varient en fonction du protocole de couche liaison de données.
- La quantité d'informations de contrôle requises dans la trame varie pour répondre aux exigences du contrôle d'accès du support et de la topologie logique.



La trame de liaison de données

La Trame – Champs de trame



Champ	Description
Début et fin de trame (frame start/stop)	Identifie le début et la fin de la trame
Adressage	Indique les nœuds source et destination
Type	Identifie le protocole encapsulé de couche 3 (aiguillage)
Contrôle	Identifie les services de contrôle de flux
Données	Contient la charge utile de la trame
Détection des erreurs	Utilisé pour déterminer les erreurs de transmission



La trame de liaison de données

Trames de LAN et WAN

- La topologie logique et le support physique déterminent le protocole de liaison de données utilisé :
 - Ethernet
 - 802.11 sans fil
 - PPP (Point-to-Point Protocol)
 - HDLC (High Level Data Link Control)
 - Frame-Relay
- Chaque protocole effectue un contrôle d'accès au support pour les topologies logiques spécifiées.



La trame de liaison de données

Trames de LAN – Ex: La trame Ethernet

- Exemple: format de la trame Ethernet
 - La taille minimale des trames Ethernet est de 64 octets et la taille maximale de 1 518 octets.
 - Le champ préambule n'est pas inclus dans la description de la taille d'une trame.

