






La couche Accès réseau – Ethernet

Présentation basée sur les modules de la Cisco Networking Academy (NetAcad)



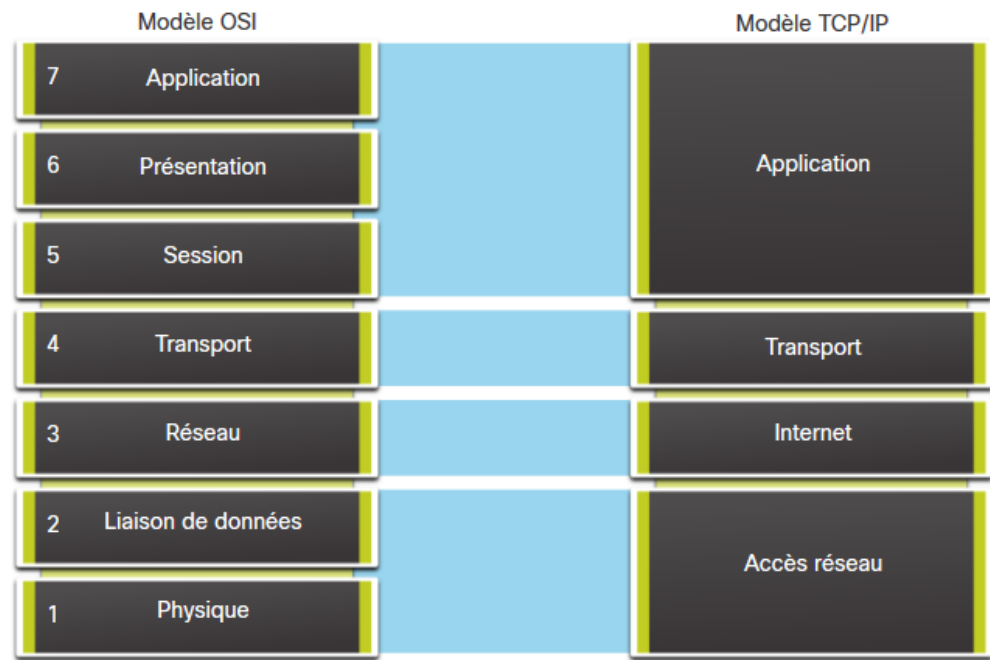
PLAN

-  Accès réseau (la couche liaison)
-  Accès réseau (la couche physique)
-  Protocole d'accès réseau (Ethernet)
-  Transmission et réception dans un réseau Ethernet
-  Câblage d'un réseau local

Accès Réseau (Liaison)

Modèles de Référence

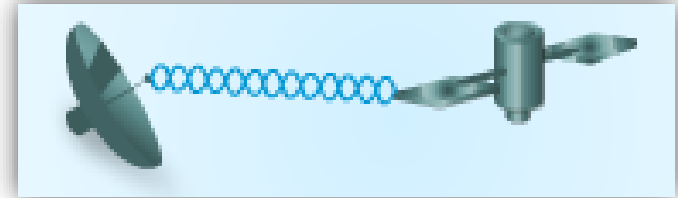
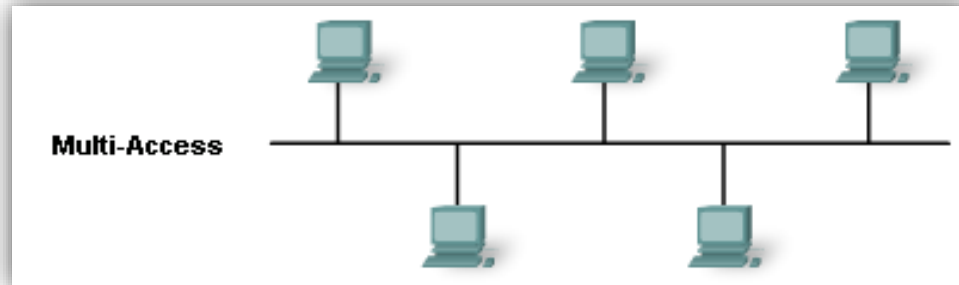
Modèles en couches - RAPPEL



- Nous aborderons aujourd’hui la couche accès réseau du modèle TCP/IP.
- La couche accès réseau correspond aux couches Liaison et Physique du modèle OSI.

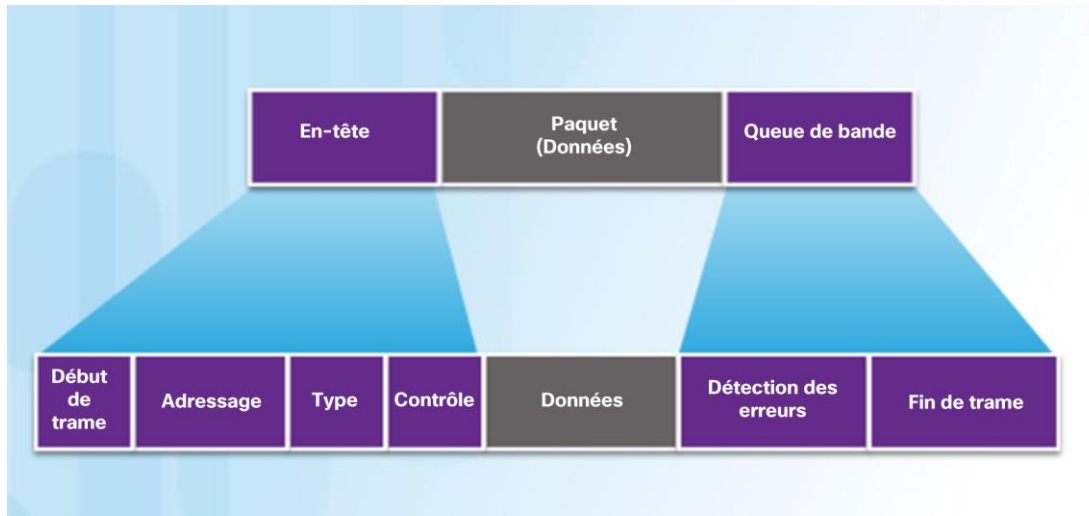
Rôles de la couche liaison

- **Protocoles** de couche liaison : **Bluetooth**, **WiFi**, **Ethernet**, **PPP**, **ATM**, **3GPP**, ...
 - Fourni les **moyens** pour **échanger** des **données** entre des nœuds partageant un médium physique.
- Le **protocole** de couche 2 est **lié** au médium de transmission.
 - Il doit **gérer l'accès** au médium
 - **Intégrer** un **adressage** lorsque le médium est partagé
 - Peut également **intégrer** des **fonctions** de **sécurité** et **d'optimisation** de l'énergie (Ex: sans fil)



La trame

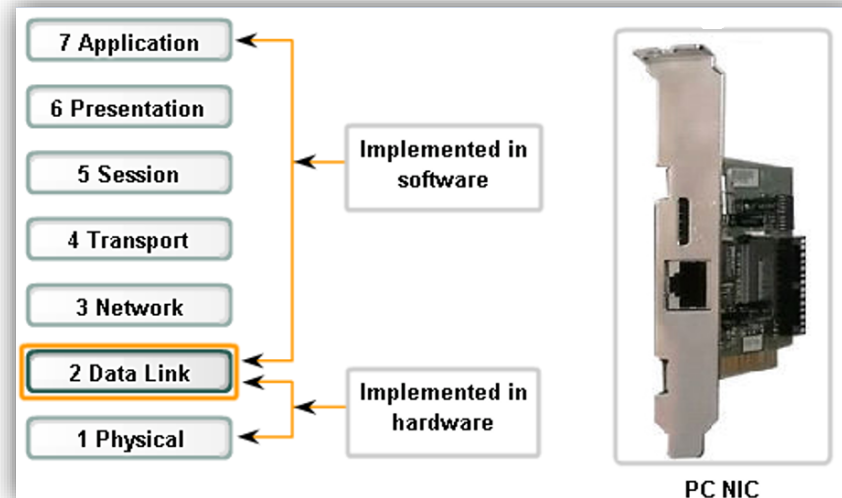
- Au niveau de la **couche 2**, l'unité de données échangées s'appelle **trame**.
- En général, voici les champs que l'on retrouve dans une trame.



- **Début et de fin de trame :**
À la **couche physique**, il n'y a que des **bits**.
Le protocole de la couche liaison doit pouvoir déterminer le **début** et la **fin** de **chaque trame**.
- **Adressage :**
Lorsque plusieurs nœuds **partagent** le même médium.
- **Type**
Identifie le **type** de **données transporté** (ex: un paquet IP).
- **Contrôle**
De très simple à très complexe. Dépend du protocole.
- **Données**
- **Détection des erreurs**
Valeur permettant de **vérifier** que la trame ne contient pas d'erreur.

Connexion à la couche physique

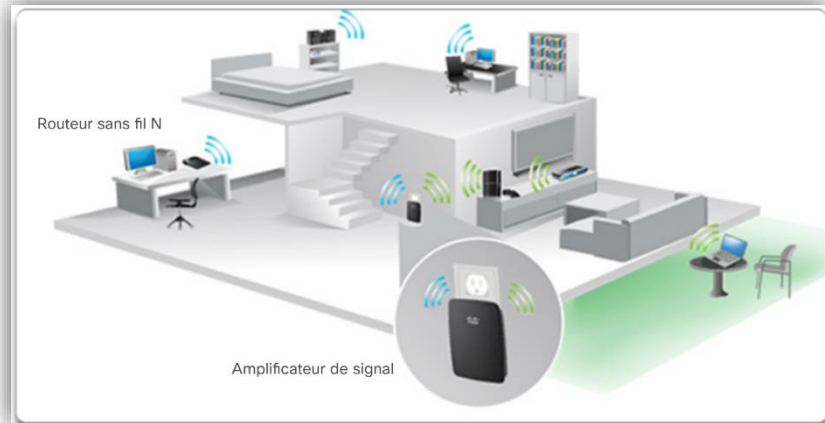
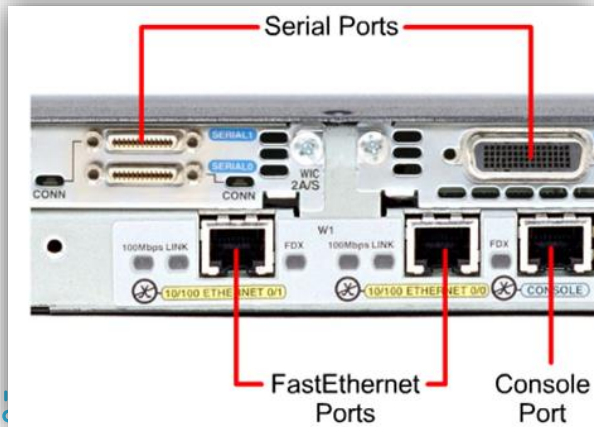
- La couche liaison **connecte** la couche réseau à la couche physique.
 - Couche réseau et couches supérieures : **implantation logicielle**
 - Couche physique : implantation **matérielle**
 - → **convertie** les bits de la trame en **signaux transmis sur un câble**, une **fibre** ou **sans-fil**.
 - Couche liaison : **implantation matérielle et logicielle** → Elle prépare une trame et doit accéder au médium physique. Une carte d'interface supportant le protocole de couche liaison est nécessaire.



Connexion à la couche physique (suite)



- Les cartes d'interface réseau (**NIC** en anglais) permettent de **connecter** un **périphérique** à un **réseau**.
- Il existe des **NIC** pour différentes **technologies** de réseau (Ethernet / WiFi / LTE / Bluetooth / Starlink)
- Souvent **intégré** au **périphérique**.
- Un **routeur** a **plusieurs** interfaces réseau.

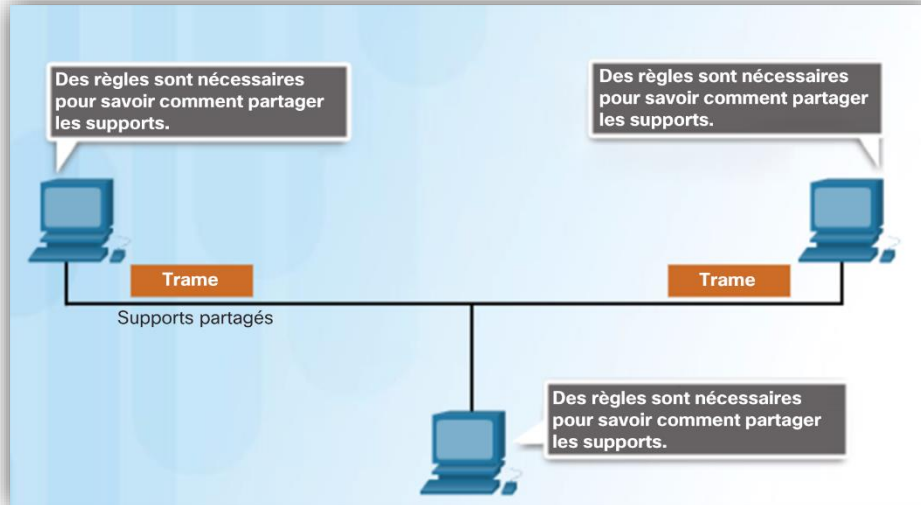
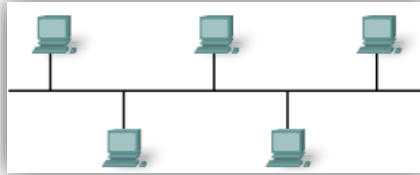


Partage du support de transmission

Point-to-Point (médium non partagé)



Multi-access (médium partagé)



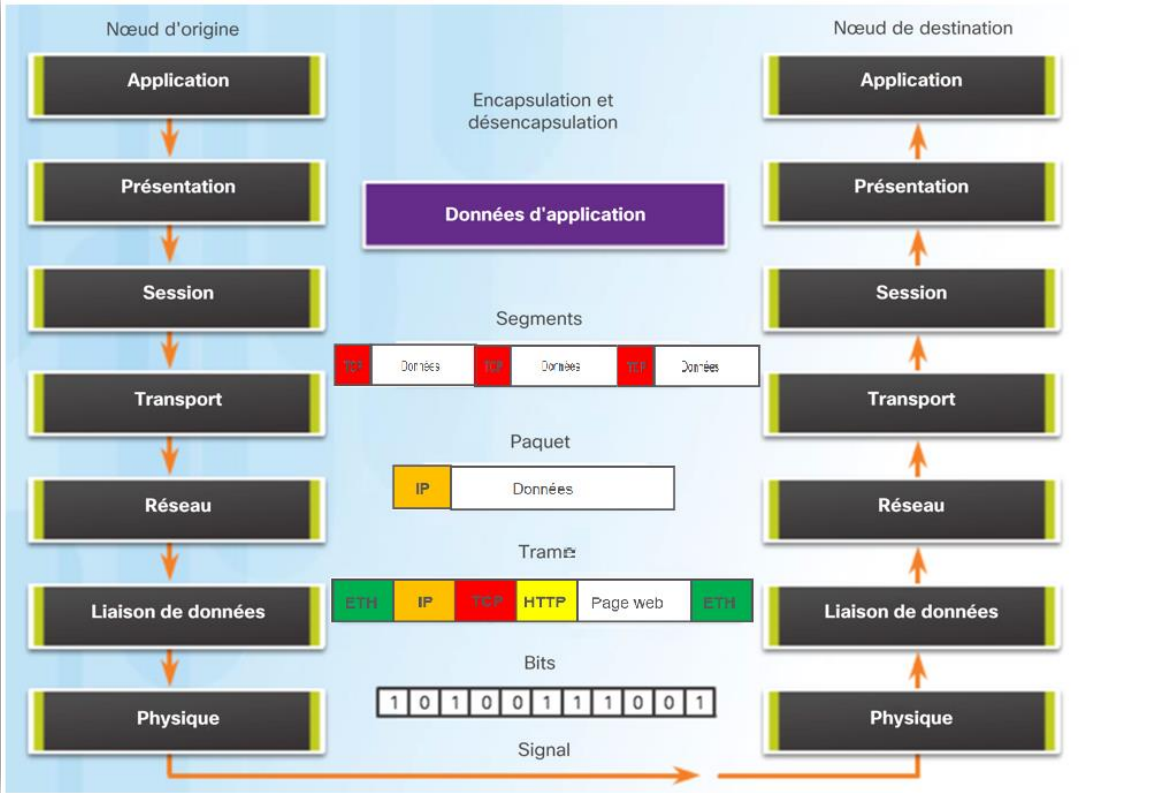
- Dans certains cas, le médium de transmission est **partagé**. Dans ce cas, un **contrôle d'accès** au médium est **nécessaire**.
 - Peut se comparer au **trafic automobile**.

Un véhicule peut accéder à la route en se fondant dans la circulation, en attendant son tour à un stop ou en obéissant à des feux de circulation.
- **Pour** chaque station « **voyant** » la **trame**, une adresse est nécessaire pour déterminer la destination.

Accès Réseau (Physique)

Rôle de la couche physique

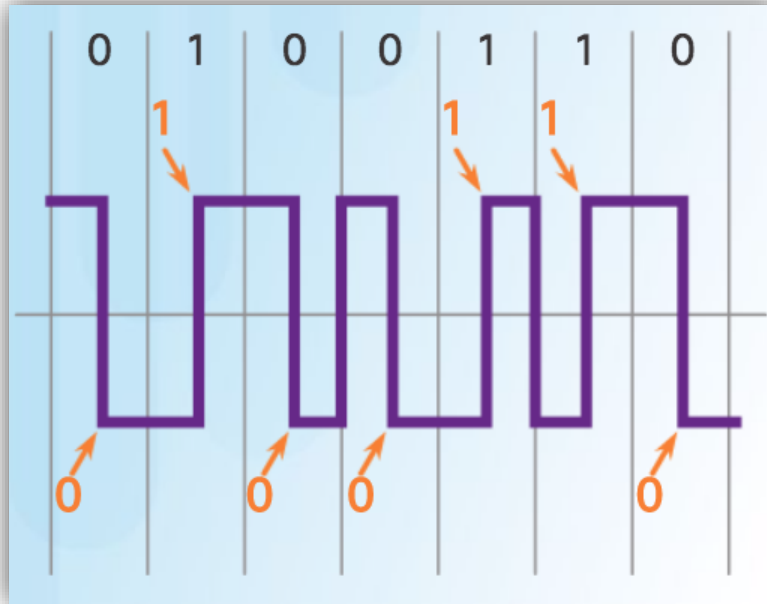
Couche physique



- Fournis le **moyen** de **transporter** les **bits** constituant une **trame** sur le médium de transmission.
- **Code** les **bits** de la **trame** en **signaux** transmis sur le médium (**support**).

Caractéristiques de couche physique

Codage



La transition a **lieu** au milieu de chaque période binaire.

- Le codage **convertit** les **bits** de la trame en **signaux électriques** ou **optiques** qui sont **transmis** sur le **médium**.
- Les normes de **couche physique** doivent définir le **type** de **signal** représentant un **1** et celui représentant un **0**.

Caractéristiques de couche physique

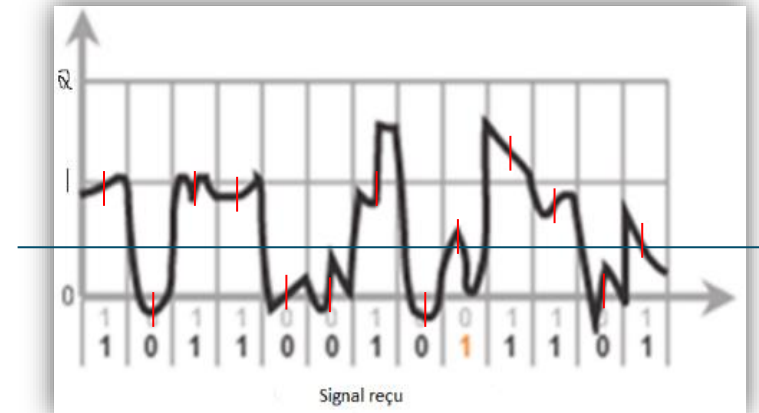
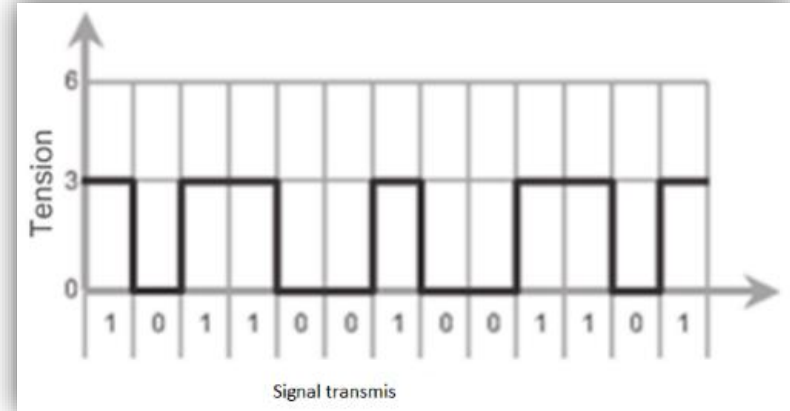
Bande passante

- La **capacité** d'un **support** à **transmettre** des données.
- La bande passante : le **nombre de bits** pouvant être transmis sur un **médium**, par **seconde**.

Unité de bande passante	Abréviation	Équivalence
Bits par seconde	bit/s	1 bit/s = unité fondamentale de bande passante
Kilobits par seconde	kb/s	1 kb/s = 1000 bps = 10^3 bps
Mégabits par seconde	Mb/s	1 Mb/s = 1 000 000 bps = 10^6 bps
Gigabits par seconde	Gb/s	1 Gb/s = 1 000 000 000 bps = 10^9 bps
Térabits par seconde	Tb/s	1 Tb/s = 1 000 000 000 000 bps = 10^{12} bps

Limites et erreurs

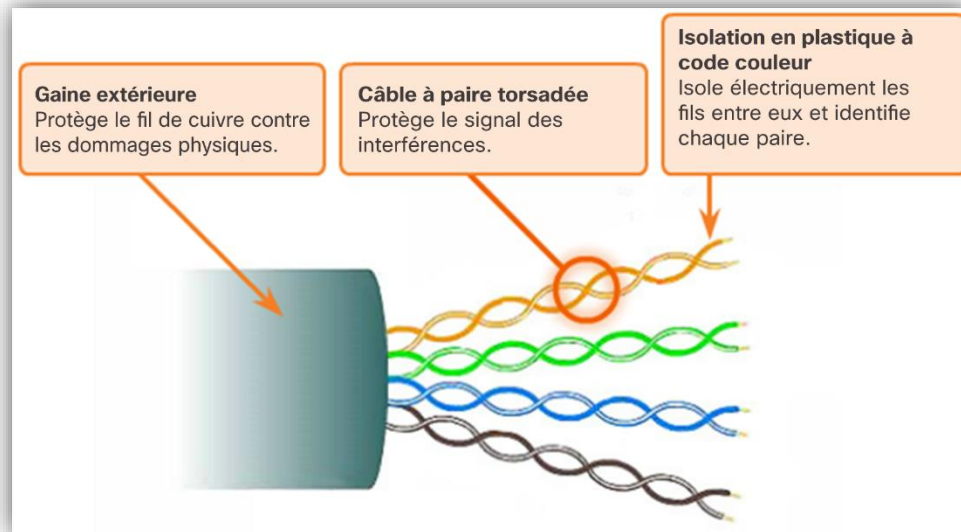
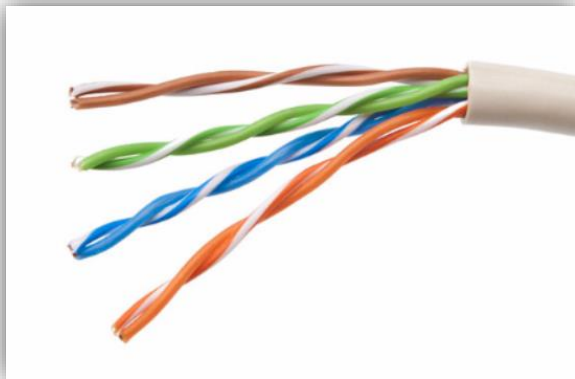
- Les **bits** sont transmis sur le médium à l'aide de signaux.
- Lors de leur « voyage » sur le médium, les signaux perdent de l'amplitude (**atténuation**). Au pire, les signaux sont tellement faibles que le récepteur n'est pas en mesure de « **lire** » les signaux reçus.
- Tous les supports doivent **respecter** des **limites de distance**.
- Plusieurs **phénomènes physiques** déforment les signaux lors de leur transit sur le médium.
 - Lorsque le récepteur transforme les signaux reçus en **bits**, il est possible que la « **lecture** » soit **erronée** et que le récepteur décode mal le signal reçu. Il en résulte un **bit en erreur**.
 - Tous les supports génèrent plus ou moins d'erreurs. Il est nécessaire d'avoir des **protocoles** qui **détectent** les **erreurs** de transmission et qu'il y ait des **mécanismes** permettant de **corriger** ces **erreurs**.



Médium, câble à paires torsadées

Câble à paires torsadées non blindé

- Le câblage à paires torsadées non blindé (**UTP**) est le support réseau **le plus courant**.
 - Il se termine par des connecteurs **RJ-45**.
 - Il est utilisé pour relier des **hôtes réseau** à des **périphériques réseau**, tels que des commutateurs.
 - Il se compose de **quatre paires de fils torsadés** afin de limiter les interférences causées par les signaux d'autres fils.
 - Les **codes couleur** facilitent le raccordement des câbles.



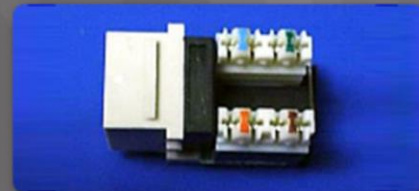
Connecteurs RJ-45

- Le câble à paires torsadées se termine par un connecteur **RJ-45**.
- Le connecteur **RJ-45** est le composant **mâle** serti à l'extrémité du câble.
- La prise (**port**) est le composant **femelle** d'un périphérique réseau, d'une prise murale ou d'un panneau de connexions.
- La norme **TIA/EIA-568** décrit la correspondance des codes couleur des fils avec les broches (**brochage**) pour les câbles **Ethernet**.

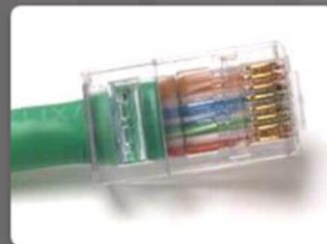
Connecteurs UTP RJ-45



Prises UTP RJ-45



Connecteur incorrect
Les fils sont à nu, non torsadés et ne sont pas entièrement couverts par la gaine.



Connecteur correct
Les fils sont détorsadés sur la longueur nécessaire au raccordement du connecteur.

Médium, câble à paires torsadées

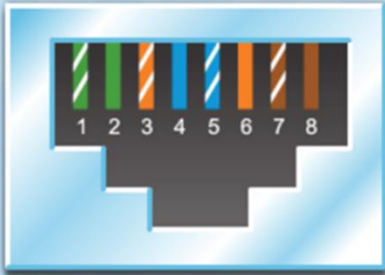
Brochage, câble droit et croisé

Paire 3

Paire 2

Paire 1

Paire 4



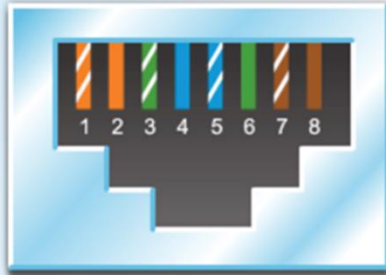
T568A

Paire 3

Paire 2

Paire 1

Paire 4



T568B

Type de câble	Standard	Application
Ethernet droit	T568A aux deux extrémités ou T568B aux deux extrémités	Connecte un hôte réseau à un périphérique réseau tel qu'un commutateur ou un concentrateur.
Ethernet croisé	Une extrémité T568A, l'autre T568B	<ul style="list-style-type: none">Connecte deux hôtes réseau.Connexion de deux périphériques réseau intermédiaires (commutateur à commutateur ou routeur à routeur)
Inversé	Exclusif à Cisco	Connecte un port série de station de travail à un port console de routeur, à l'aide d'un adaptateur.

Propriétés du câblage en fibre optique



- Actuellement, les câbles à fibre optique sont utilisés dans quatre domaines d'application :

- Réseaux d'entreprise
- FTTH (Fiber-to-the-home)
- Réseaux longue distance
- Réseaux sous-marins

- Transmet les données sur de **plus longues distances** et avec une **bande passante** beaucoup plus **grande**.
- Médium causant beaucoup **moins d'atténuation** et beaucoup **moins sensible aux perturbations électromagnétiques**.
- Un **fil** en **verre** très pur et transparent, à la fois flexible et très fin.
- Les **bits** sont **codés** sur la fibre sous forme **d'impulsions lumineuses**.

Types de fibre optique

Monomode

Produit un seul chemin direct pour la lumière



Cœur en verre = 9 microns

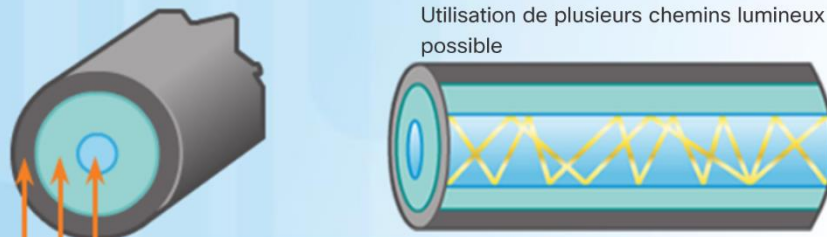
Enveloppe en verre de 125 microns de diamètre

Revêtement polymère

- Cœur de petit diamètre
- Moins de dispersion
- Adapté aux applications longue distance
- Utilise le laser comme source du signal lumineux
- Couramment utilisé dans des réseaux fédérateurs sur campus pour des distances de plusieurs milliers de mètres

Multimode

Utilisation de plusieurs chemins lumineux possible



Cœur en verre = 50/62,5 microns

Enveloppe en verre de 125 microns de diamètre

Revêtement

- Cœur de diamètre plus grand que celui des câbles monomodes
- Permet une plus grande dispersion et donc une perte de signal
- Adapté aux applications longue distance, mais plus courtes que pour les câbles monomodes
- Utilise habituellement des LED comme source du signal lumineux
- Couramment utilisé sur des réseaux locaux ou des distances de quelques centaines de mètres au sein d'un réseau de campus

Connecteurs à fibre optique



Connecteurs ST



Connecteurs SC



Connecteur LC



Connecteurs LC bidirectionnels multimodes

Propriétés des transmissions sans fil

- Les supports sans fil transmettent les bits à l'aide de signaux électromagnétiques.
- **Contraintes** du **sans-fil** :
 - Zone de couverture
Des **matériaux de construction** utilisés dans les bâtiments et structures, ainsi que le terrain local, limitent la **couverture**.
 - Interférences
Perturbation par des appareils aussi courants que les éclairages fluorescents, les fours à micro-ondes et d'autres communications sans fil.
 - Sécurité
Les périphériques et les utilisateurs non autorisés à accéder au réseau peuvent quand même accéder à la transmission.
 - Support partagé
Le médium est partagé entre tous les utilisateurs sans fil, même par le voisin.



Protocole accès réseau : Ethernet

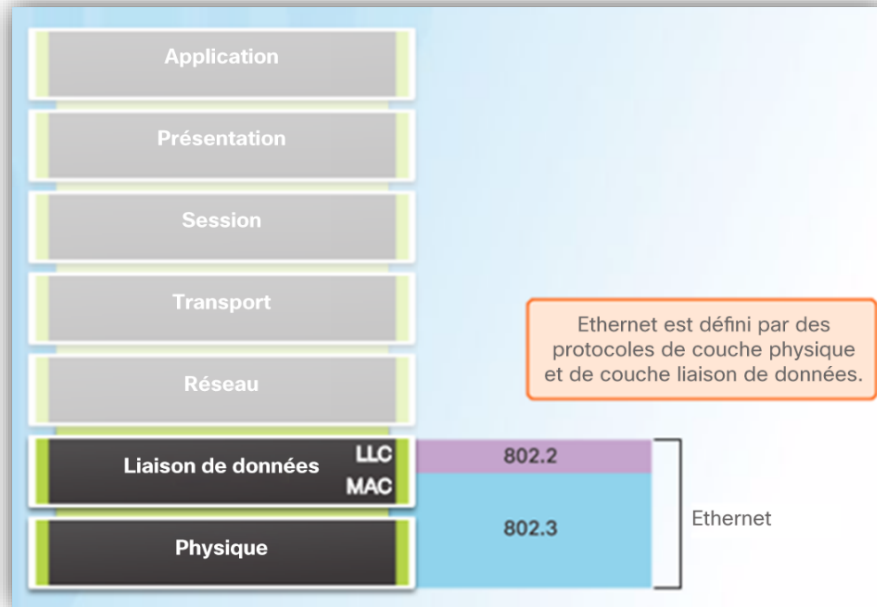
Évolution d'Ethernet

- Standard de l'**IEEE**.
- Depuis **1973**, les normes d'Ethernet se sont développées et spécifient désormais des versions plus **rapides** et plus **flexibles**.
- Au **début** : **Ethernet**, protocole de LAN à **10 Mbps**.
- **Maintenant** :
 - **Ethernet**, protocole **WAN** pour interconnecter des sites distants. Jusqu'à **400 Gbps**
 - **Ethernet** comme protocole sur les **réseaux d'accès DOCSIS** (Cable Modem, Vidéotron)
 - **Ethernet** comme protocole sur les **réseaux d'accès PON** (Câble optique, Bell)
 - **Ethernet** sur pratiquement toutes les **technologies câblées**...

La couche MAC

- Pour l'**IEEE**, la couche liaison se divise en deux sous-couches, **LLC** et **MAC**.
 - **LLC (802.2)** :
Commune à tous les protocoles d'accès réseau définis par l'**IEEE** (Ethernet, WiFi, Bluetooth, etc.)
 - **MAC** s'occupe de :
 - **Contrôler l'accès** au médium pour transmettre une trame.
 - **Récupère** les **trames** arrivant sur le médium
 - **Délimitation** des **trames**
 - **Adressage** (**adresse MAC**)
 - **Détection** des **erreurs**

Ethernet (802.3) : Spécifie la sous-couche d'accès au médium (MAC) et les normes de transmission physique.



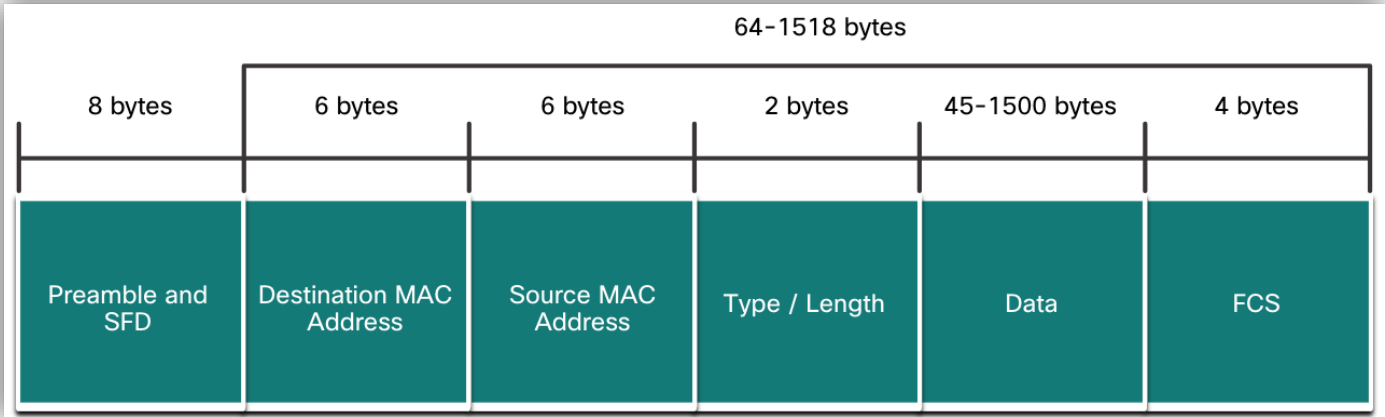
Normes de couche physique

- **Ethernet** est la technologie **LAN** la plus répandue aujourd'hui.
- Prends en charge des bandes passantes de:
 - 10, 100 et 1000 Mbps
 - 10, 40, 100, 200 et 400 Gbps.
 - 800 Gbps et 1.6 Tbps (bientôt)
- La **façon** dont Ethernet permet les différents débits sur câble à paires torsadées et fibre optique est définie par différentes normes de couche physique. ([lien](#))

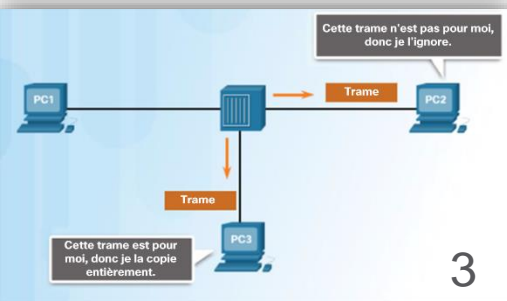
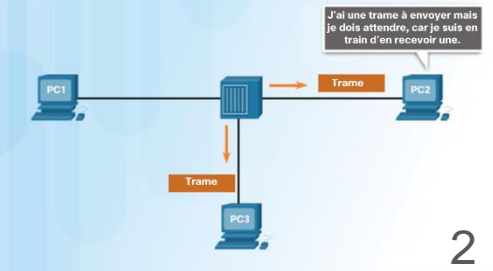
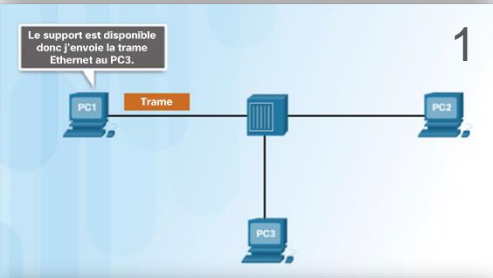
Couche liaison de données	Sous-couche de contrôle de liaison logique (LLC)									
	Contrôle de l'accès aux supports 802.3									
Couche physique	Sous-couche de signalisation physique		10BASE-5 (500 m) 50 Ohms Coax Type N	10BASE-2 (185 m) 50 Ohms Coax BNC	10 Base-T (100 m) 100 ohms UTP RJ-45	100BASE-TX (100 m) 100 ohms UTP RJ-45	1000BASE-CX (25 m) 150 ohms STP mini-DB-9	1000BASE-T (100 m) 100 ohms UTP RJ-45	1000BASE-ST (220 à 550 m) MM Fiber SC	1000BASE-LX (550 à 5 000 m) MM ou SM Fiber SC
	Support physique									

Champs de la trame (MAC)

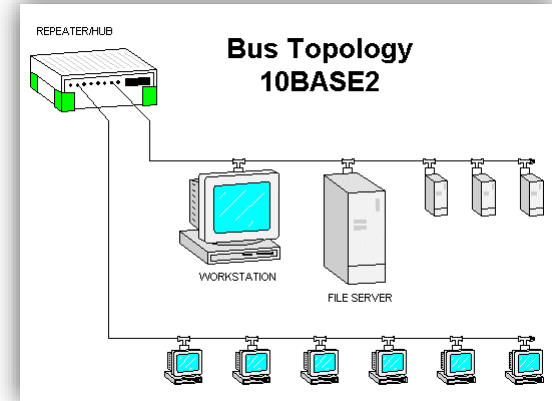
- Taille **minimale**, excluant le préambule : **64 octets**.
- Taille **maximale** : **1518 octets** (Transport Max. de 1500 octets)
- **Préambule** : Détermine le **début** d'une trame.
- **Type/Length** : Type de données transporté (ex: un paquet IP)
- **FCS** : Checksum (Si pas de **bits** en **erreur**).
- **Adresses** : Pour déterminer la destination et pour l'acheminement.



Accès au médium – CSMA / CD



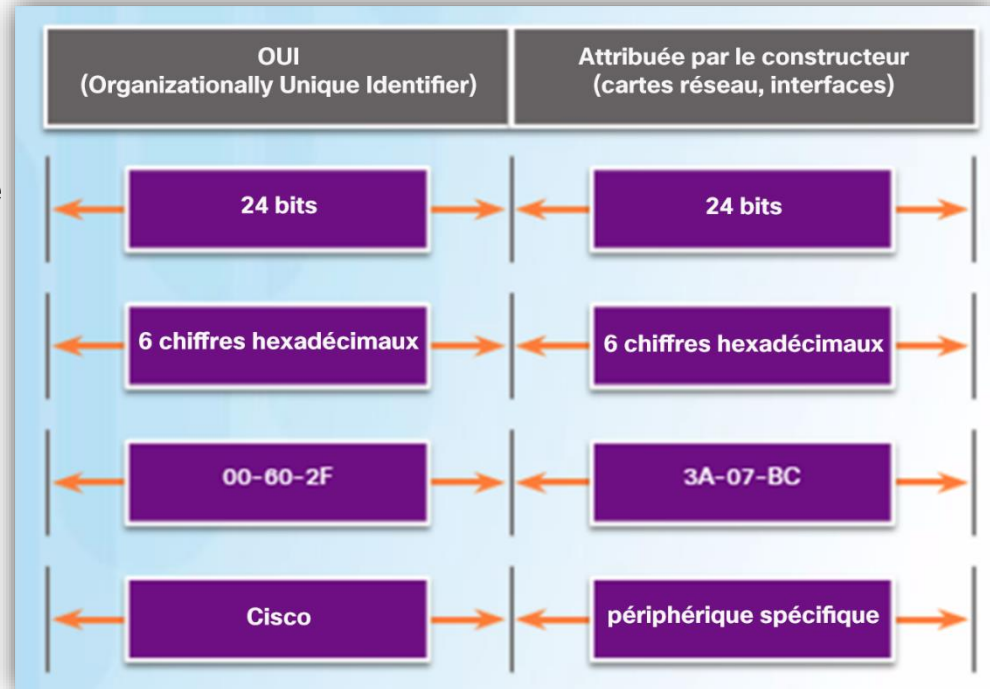
- Avec les **anciens réseaux** Ethernet, toutes les stations sont branchées sur un même câble ou sur un équipement appelé concentrateur (hub) dont le comportement imite la propagation dans un **médium partagé**.
- Toutes les stations reçoivent tous les signaux transmis par toutes les stations: Toutes les stations reçoivent la **trame transmise**.



- L'accès au médium se fait avec la méthode **CSMA/CD**.
 - La station **écoute** le **médium**, s'il est libre, elle transmet.
 - Il est possible que **deux stations débutent** la **transmission** au **même moment**: deux signaux se retrouvent sur le médium.
 - **Détection** de l'échec de transmission (**collision**)
 - Nouvelle **tentative** de transmission.

Composition d'une adresse MAC

- L'**IEEE** attribue un (plusieurs) code **OUI** aux **manufacturiers** qui produisent des périphériques réseau **IEEE** (**Ethernet/WiFi**)
- Les **3 premiers octets** de l'adresse doivent être un des codes **OUI** du **manufacturier**.
- Toutes les **interfaces** créées avec le même identifiant **OUI** doivent avoir une valeur différente dans les 3 derniers octets.
- Cette façon de faire permet de s'assurer que toutes les interfaces, produites par **différents manufacturiers**, ont une **adresse MAC différente**.



Représentations des adresses MAC

- Utilisez la commande **ipconfig/all** sur un hôte Windows pour identifier l'adresse MAC d'une interface Ethernet. Sur les hôtes MAC ou Linux, c'est la commande **ifconfig** qui est utilisée.
- Selon le périphérique et le système d'exploitation, différentes représentations des adresses MAC s'affichent.

Avec des traits d'union 00-60-2F-3A-07-BC

Avec des signes deux-points 00:60:2F:3A:07:BC

Avec des points 0060.2F3A.07BC

```
C:\Users\Bernard>ipconfig /all

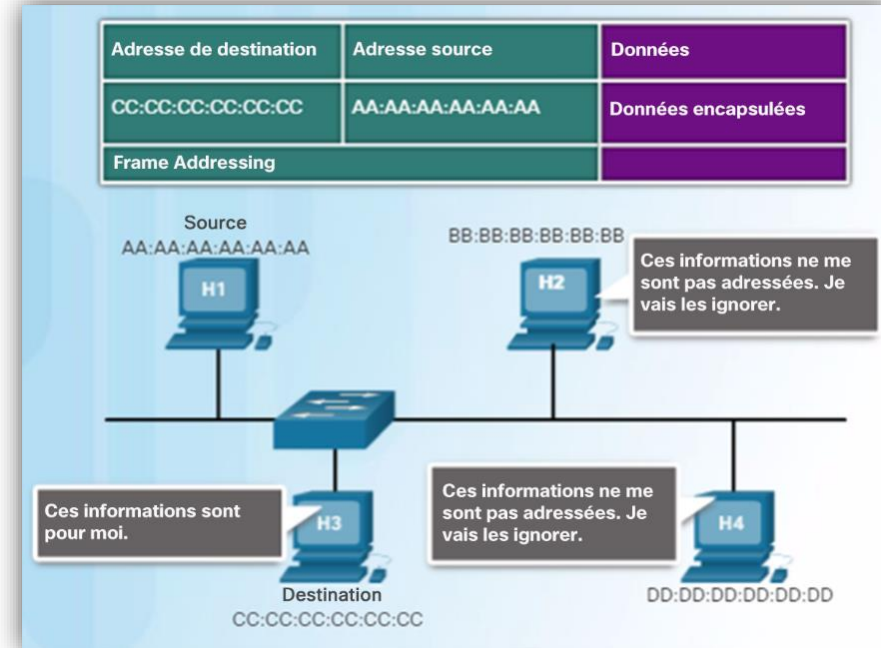
Carte Ethernet :

    Suffixe DNS propre à la connexion. . . : home
    Description. . . . . : Intel(R) 82579LM Gigabit Network
    Adresse physique . . . . . : FC-4D-D4-3B-04-3D
    DHCP activé. . . . . : Oui
    Adresse IPv4. . . . . : 192.168.2.112(préfére)
    Masque de sous-réseau. . . . . : 255.255.255.0
    Bail obtenu. . . . . : 12 avril 2022 23:56:07
    Bail expirant. . . . . : 17 avril 2022 20:43:07
    Passerelle par défaut. . . . . : 192.168.2.1
    Serveur DHCP . . . . . : 192.168.2.1
    Serveurs DNS. . . . . : 192.168.2.1
```

Transmission et réception dans un réseau Ethernet

Transmission et réception d'une trame

- Lorsqu'un périphérique transmet une trame sur un réseau Ethernet, il **ajoute** les **adresses MAC source** et de **destination**.
- Lorsqu'une carte réseau **reçoit** une **trame Ethernet**:
 - Elle **regarde** l'**adresse MAC** de **destination** pour voir si elle correspond à son adresse.
 - Si c'est le cas, la **trame** est **mise en mémoire**
 - le **checksum** est **vérifié**
 - et le contenu transporté passe à la **couche supérieure**.

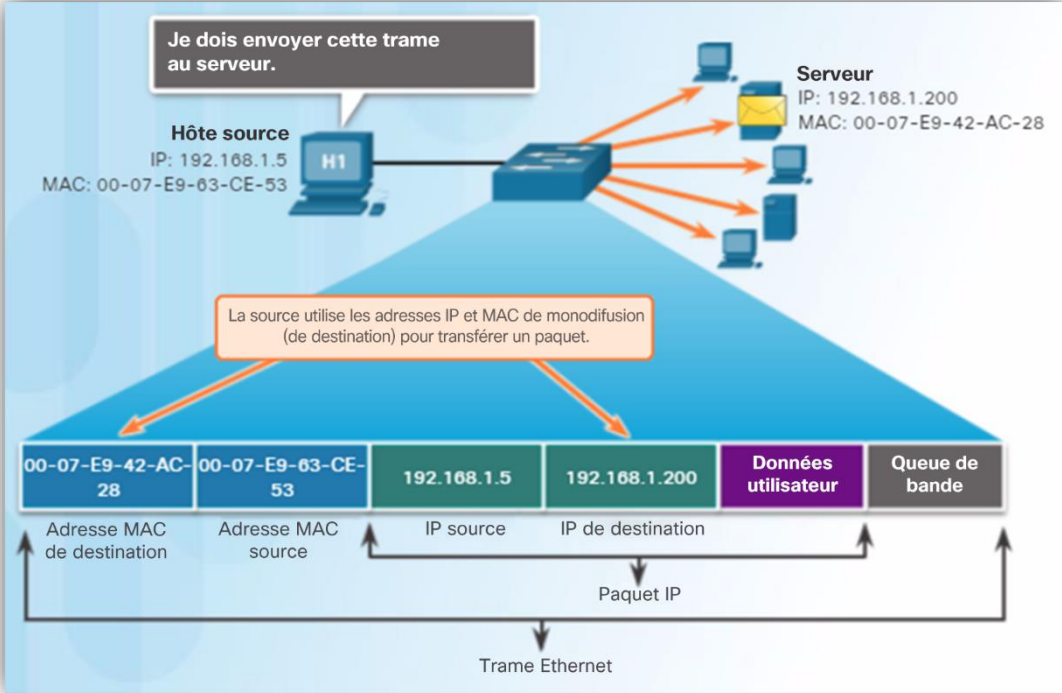


Les adresses MAC

Adresse MAC de monodiffusion

L'adresse MAC de **monodiffusion** est utilisée lorsque la trame est envoyée à un seul destinataire.

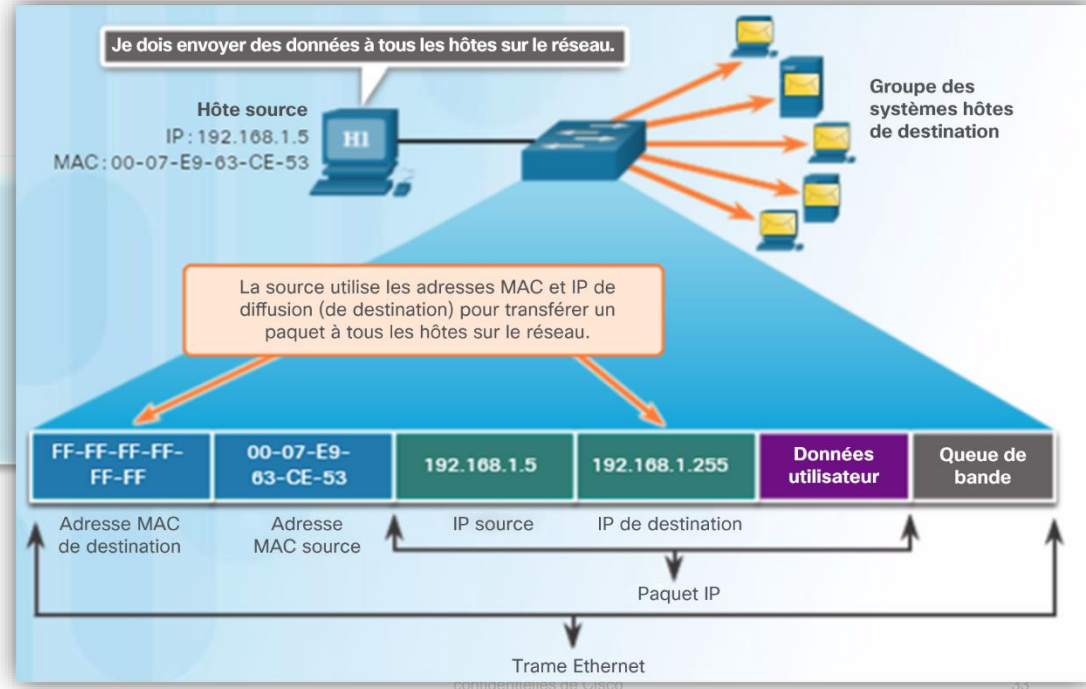
- L'adresse **source** est **TOUJOURS** une **adresse de monodiffusion**, c'est l'adresse du périphérique source.



Adresse MAC de diffusion

L'adresse MAC de diffusion est utilisée lorsque la trame doit être traitée par toutes les stations du réseau.

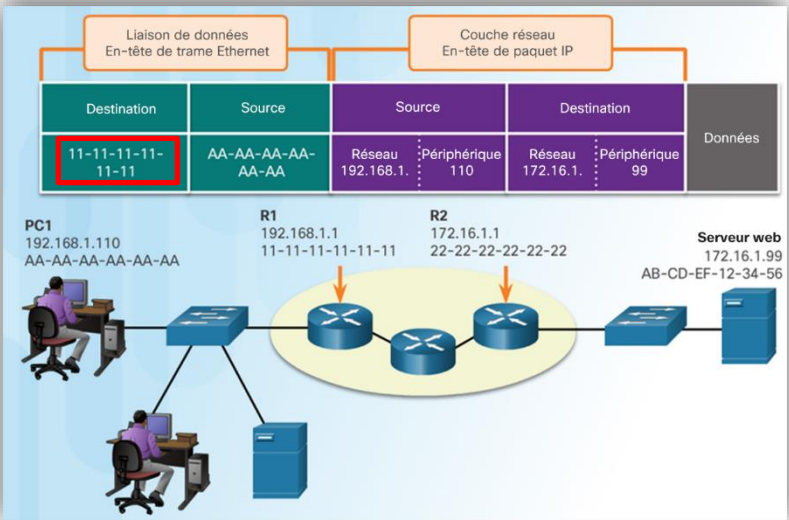
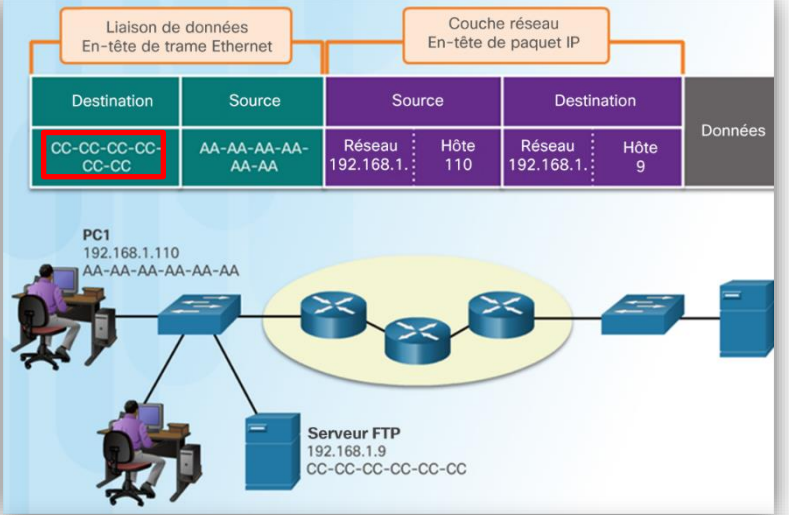
- L'adresse MAC de destination de **diffusion** : **FF-FF-FF-FF-FF-FF**.
- Toutes les stations **copieront** la **trame** en **mémoire** et ont **l'obligation** de la **traiter**.



Limite de l'acheminement

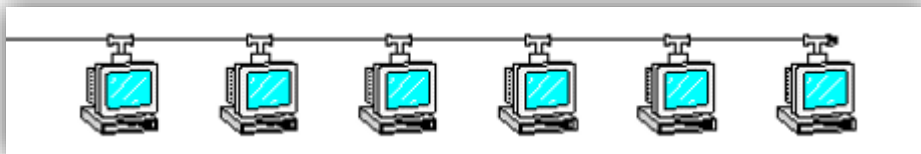
- Destination finale : Réseau local :
 - La trame Ethernet est envoyée **au périphérique de réception**.
 - **Adresse MAC de destination** : adresse du périphérique de réception.

- Destination finale : Réseau distant :
 - La trame Ethernet est envoyée à la **passerelle par défaut**.
 - **Adresse MAC de destination** : adresse de la passerelle par défaut.

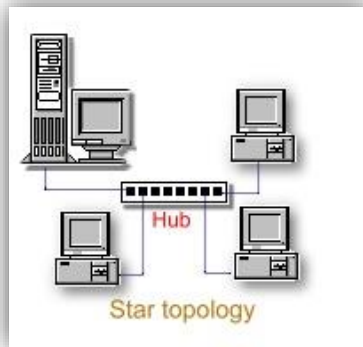
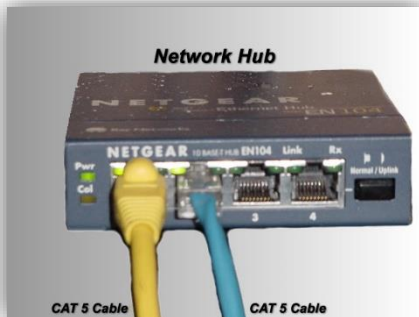


Interconnexion des stations d'un réseau Ethernet

- Il y a **très longtemps**, un **câble coaxial** **interconnectait** toutes les stations d'un même réseau selon une topologie appelée **BUS**.

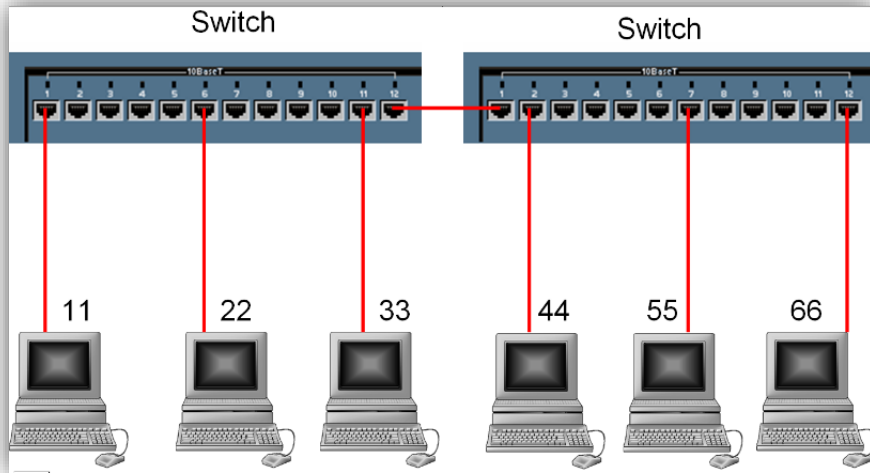
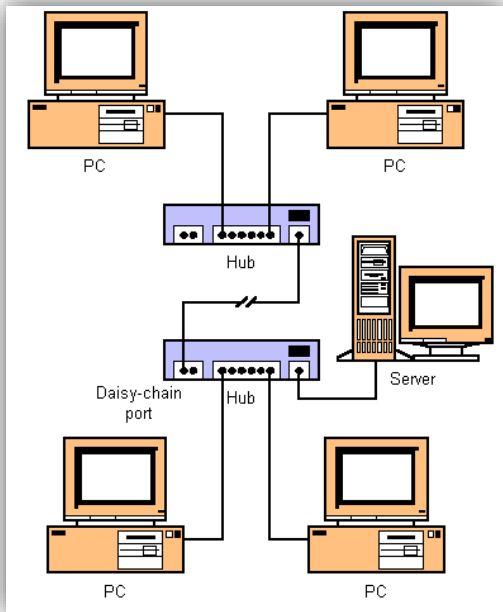


- Il y a **moins longtemps**, un équipement appelé concentrateur (hub) interconnectait toutes les stations d'un réseau. Cet équipement ne faisait que répéter les signaux électriques.



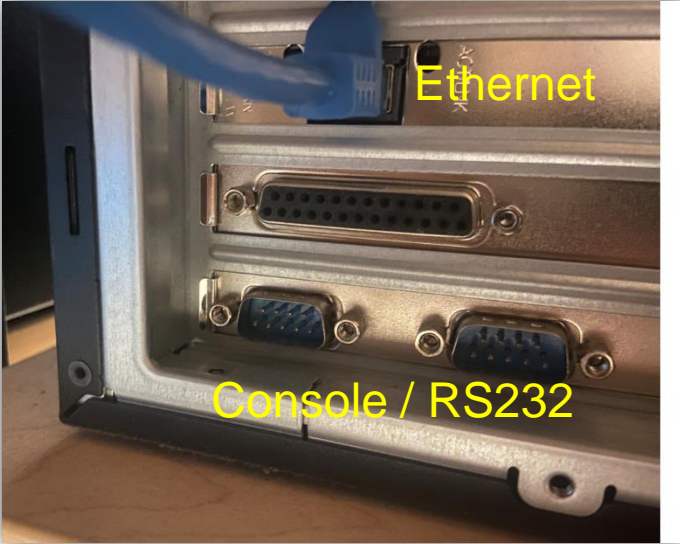
Interconnexion des stations d'un réseau Ethernet (suite)

- Aujourd'hui, l'équipement **interconnectant** les stations d'un réseau Ethernet s'appelle un **commutateur**. Nous verrons le fonctionnement du commutateur au prochain cours.
- Il est possible **d'interconnecter** plusieurs **concentrateurs** (autrefois) ou plusieurs **commutateurs** afin d'augmenter le nombre de stations connectées au même réseau Ethernet.



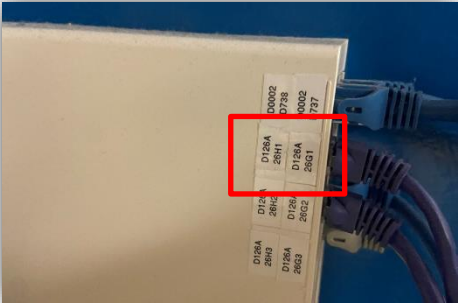
Câblage d'un réseau Ethernet

Câblage entre le PC et le mur



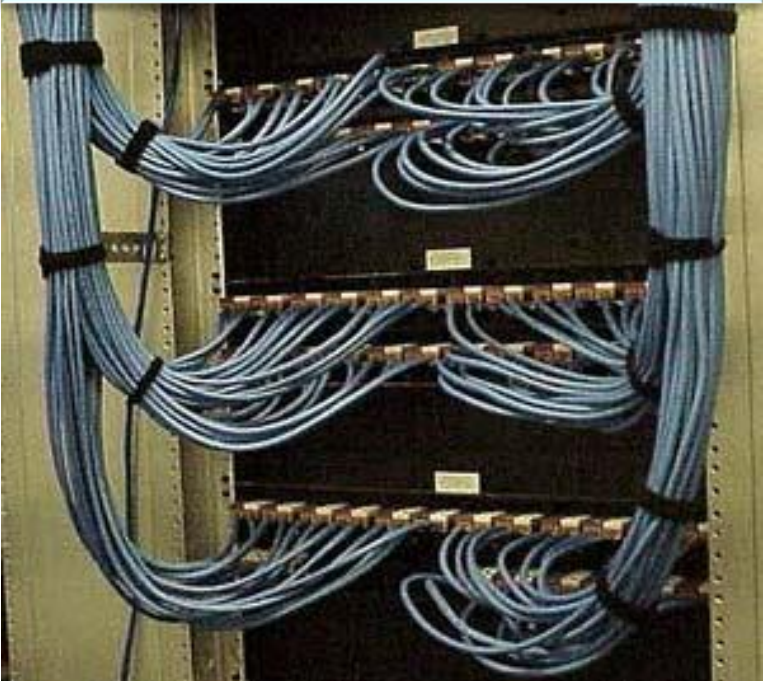
Derrière la prise murale, il y a des câbles qui vont vers la salle d'équipements

Prises murales, pour brancher votre PC

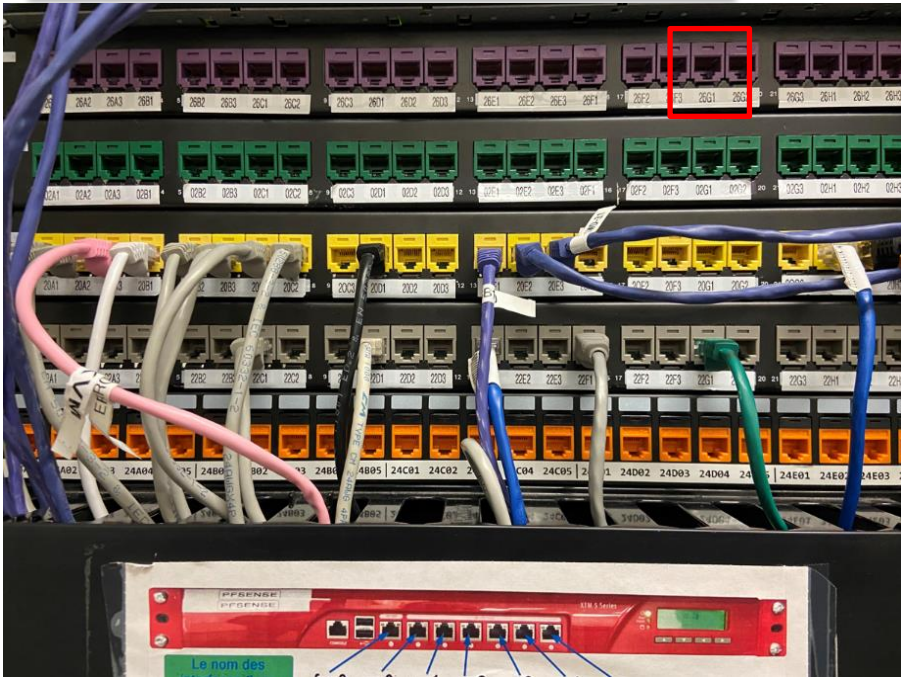


Câblage entre la prise murale et la salle de réseau

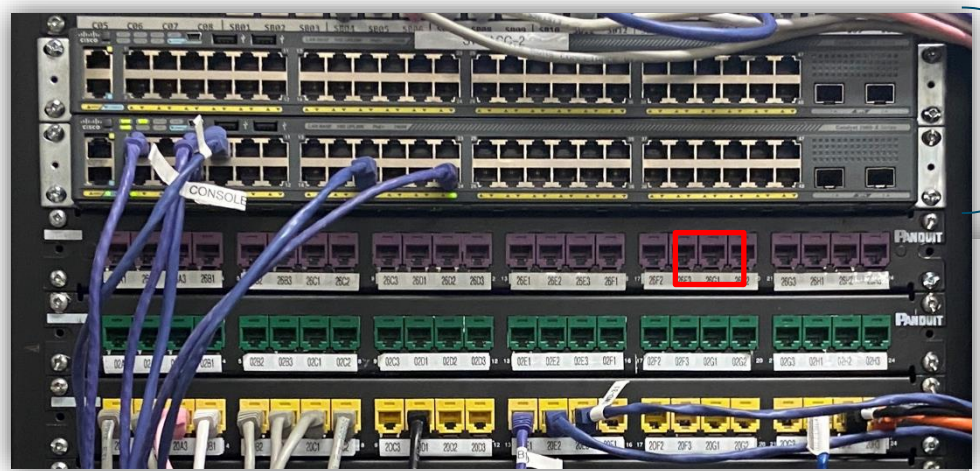
Panneau raccordement (arrière)
Vers les prises murales des labos



Panneau raccordement (avant)
Vers équipements de la salle



Câblage entre le panneau de raccords et le périphérique



Commutateurs

Panneaux de raccordements

