

Chapitre 4 :Accès réseau

Introduction à la physique de la communication

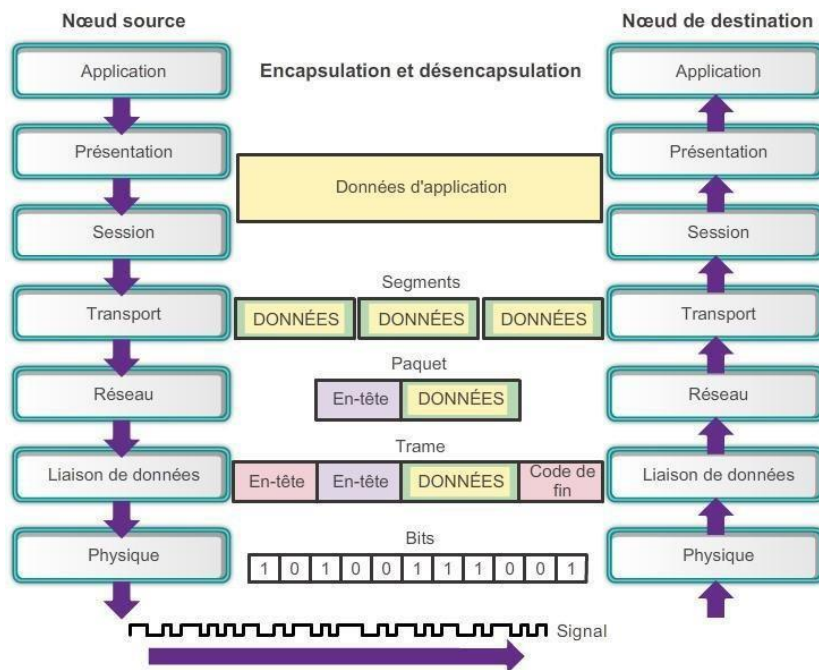
Chapitre 4

1. Les protocoles de couche physique
2. Les supports de transmission
3. Les protocoles de couche liaison de données
4. Le contrôle d'accès au support

1. Les protocoles de couche physique

Rôle de la couche physique

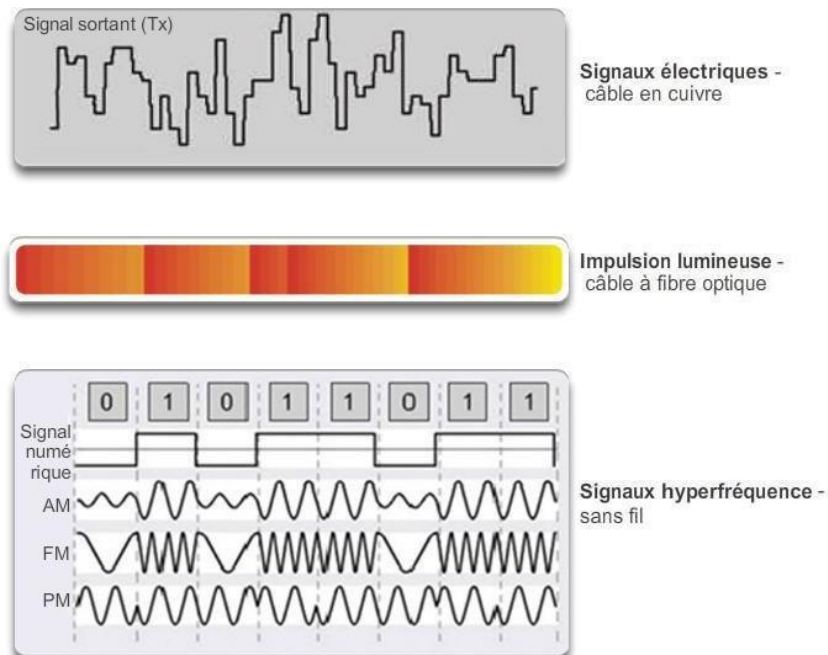
- La couche physique OSI fournit un moyen de transporter sur le support réseau les bits constituant une trame de couche liaison de données. Cette couche accepte une trame complète de la couche liaison de données et la code sous forme d'une série de signaux avant de la transmettre sur le support



Rôle de la couche physique

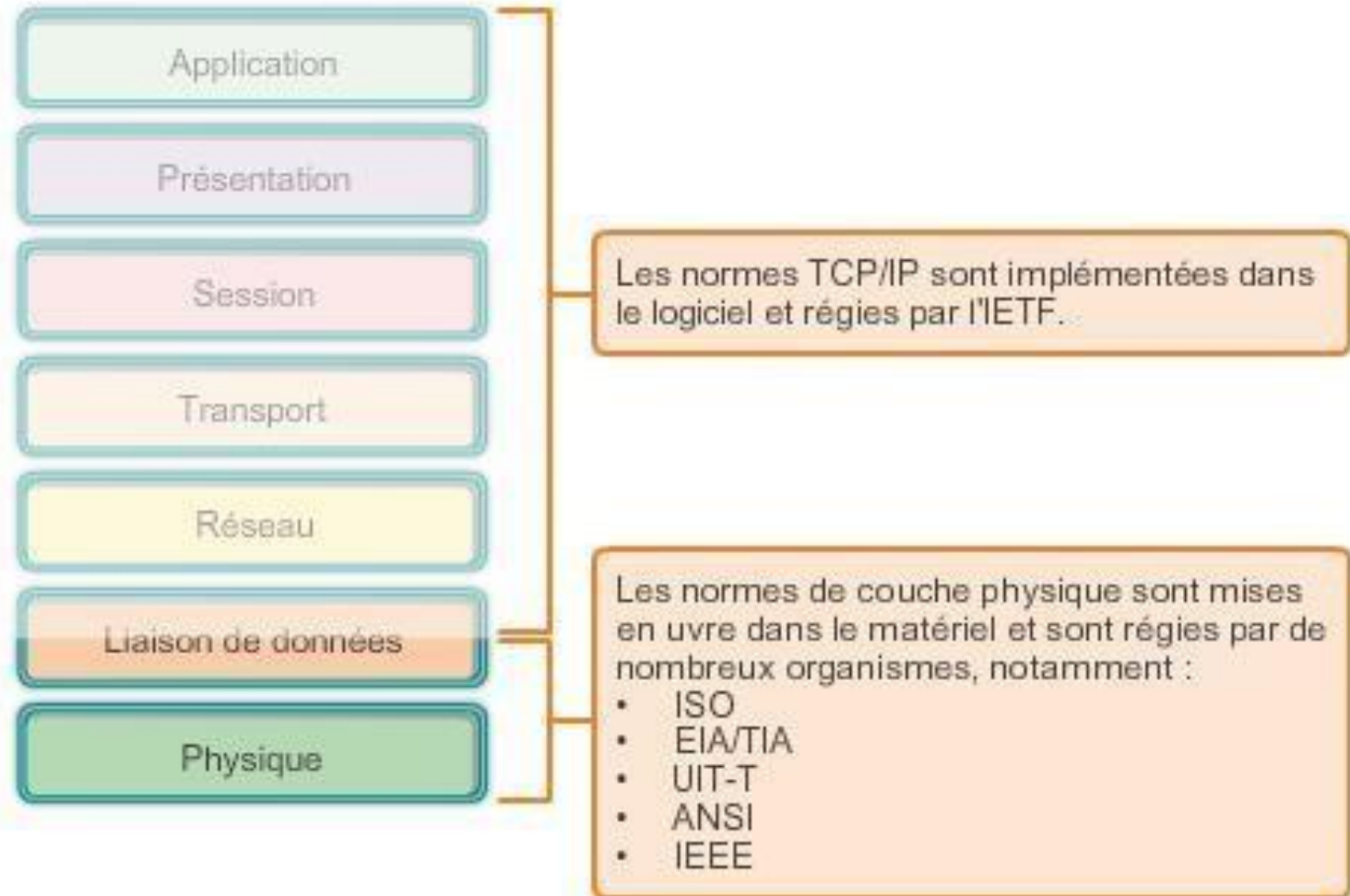
- Le processus subi par les données, du nœud source au nœud de destination, est le suivant :
 - Les données utilisateur sont segmentées par la couche transport, placées dans des paquets par la couche réseau, puis encapsulées sous forme de trames par la couche liaison de données.
 - La couche physique code les trames et crée les signaux électriques, optiques ou ondulatoires (radio) qui représentent les bits dans chaque trame.
 - Ces signaux sont alors envoyés sur le support.
 - La couche physique du nœud de destination récupère ces signaux sur les supports, les convertit en représentations binaires et transmet les bits à la couche liaison de données sous forme de trame complète.

Rôle de la couche physique:les supports



- Il existe trois formes de support réseau. La couche physique code les bits pour chaque type de support comme suit :
- **Câble en cuivre** : les signaux sont des variations d'impulsions électriques.
- **Câble à fibre optique** : les signaux sont des variations lumineuses.
- **Sans fil** : les signaux sont des variations de transmission d'hyperfréquences(ondes).

Rôle de la couche physique:les normes



Rôle de la couche physique:les normes

Le tableau suivant résume quelques normes utilisées dans la couche physique et leurs origines.

Organisme de normalisation	Normes réseau
ISO	<ul style="list-style-type: none">• ISO 8877 : adoption officielle des connecteurs RJ (RJ-11 et RJ-45, notamment)• ISO 11801 : norme de câblage réseau similaire à la norme EIA/TIA 568
EIA/TIA	<ul style="list-style-type: none">• TIA-568-C : normes de câblage de télécommunication utilisées par presque tous les réseaux de voix, de vidéo et de données• TIA-569-B : normes des immeubles commerciaux pour les voies d'accès et les espaces de télécommunications• TIA-598-C : code couleur de la fibre optique• TIA-942 : norme d'infrastructure de télécommunications pour les data centers
ANSI	<ul style="list-style-type: none">• 568-C : brochage RJ-45 - Développée en collaboration avec les organismes EIA et TIA
UIT-T	<ul style="list-style-type: none">• G.992 : ADSL
IEEE	<ul style="list-style-type: none">• 802.3 : Ethernet• 802.11 : LAN sans fil (WLAN) et maillé (certification Wi-Fi)• 802.15 : Bluetooth

Principes fondamentaux de la couche physique

Codage

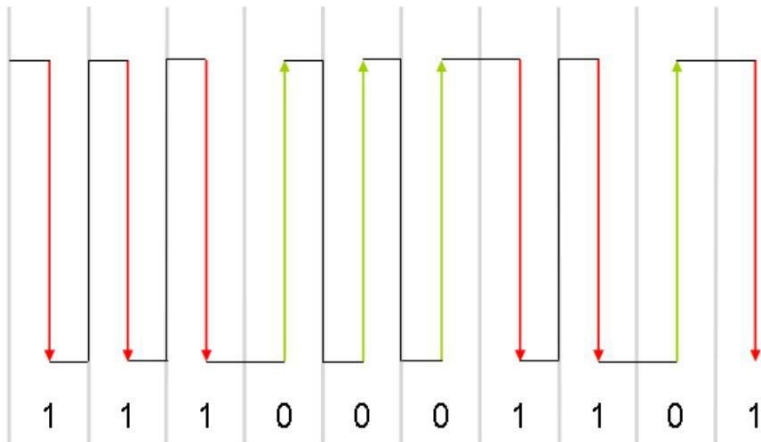
Le codage, ou codage de ligne, est une méthode permettant de convertir un flux de bits de données en une mesure physique.

Dans le cas du réseau, le codage correspond à des variations de tension, de courant ou de lumière utilisées pour représenter les bits (les 0 et les 1).

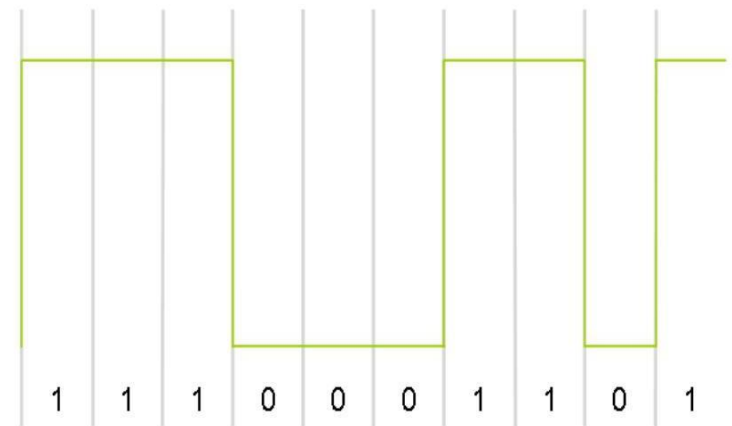
Les méthodes de codage réseau les plus répandues sont les suivantes :

- **Le codage Manchester** : le 0 est représenté par une hausse de tension et le 1 par une baisse de tension.
- **Le codage NRZ (Non-Return to Zero)** : méthode commune de codage des données utilisant deux états appelés « zéro » et « un » et aucune position neutre ou de repos. Un 0 peut être représenté par un niveau de tension et un 1 par une autre tension sur les supports.

Principes fondamentaux de la couche physique



Codage manchester



Codage NRZ

Principes fondamentaux de la couche physique

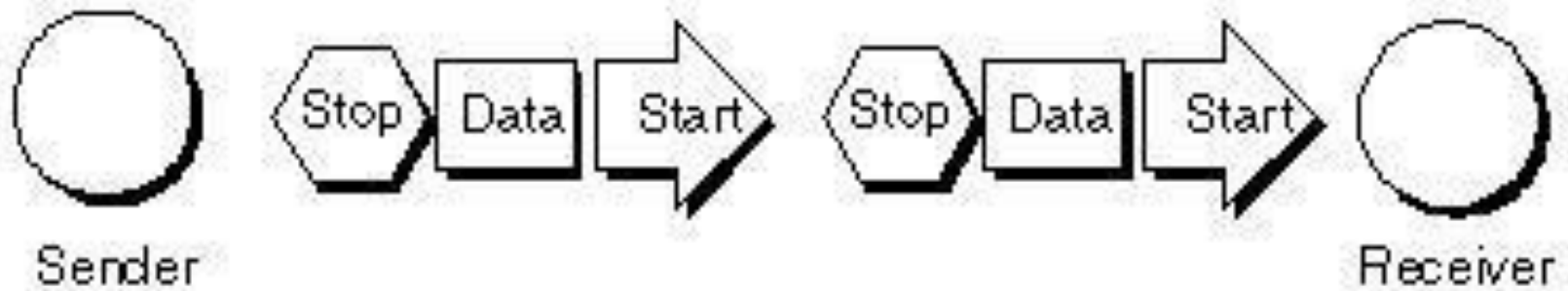
Type de transmission :

Il existe deux types de transmission des signaux entre deux périphériques réseau :

- **Asynchrone** : les signaux de données sont transmis sans signal d'horloge associé. L'intervalle de temps entre les caractères ou les blocs de données peut être défini arbitrairement . Par conséquent, les trames doivent comporter des indicateurs de début et de fin.
- **Synchrone** : les signaux de données sont envoyés avec un signal d'horloge qui se produit à des intervalles réguliers appelés temps bits. le flux de données peut être envoyé d'une façon continue

Principes fondamentaux de la couche physique

Asynchronous



Synchronous



Principes fondamentaux de la couche physique

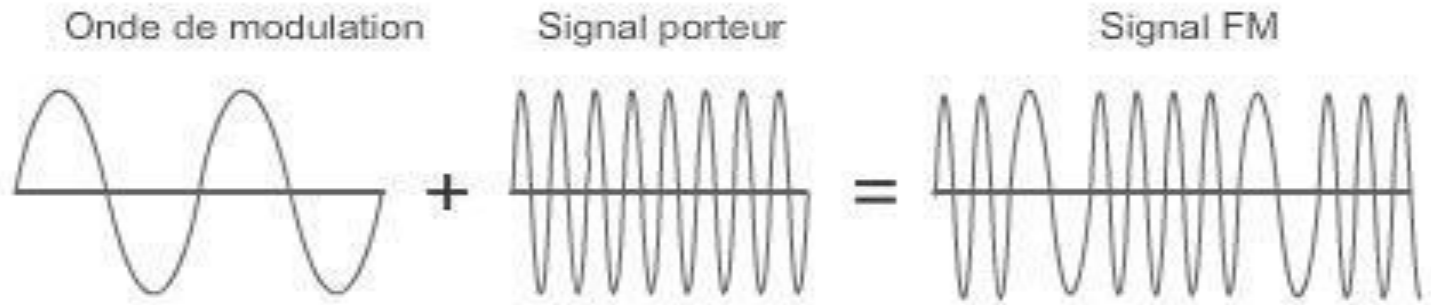
- **La modulation**

La modulation est une technique de transmission des données qui consiste à modifier une onde (porteuse) par la caractéristique d'une autre onde (signal). Les techniques de modulation suivantes sont largement utilisées dans la transmission de données sur un support :

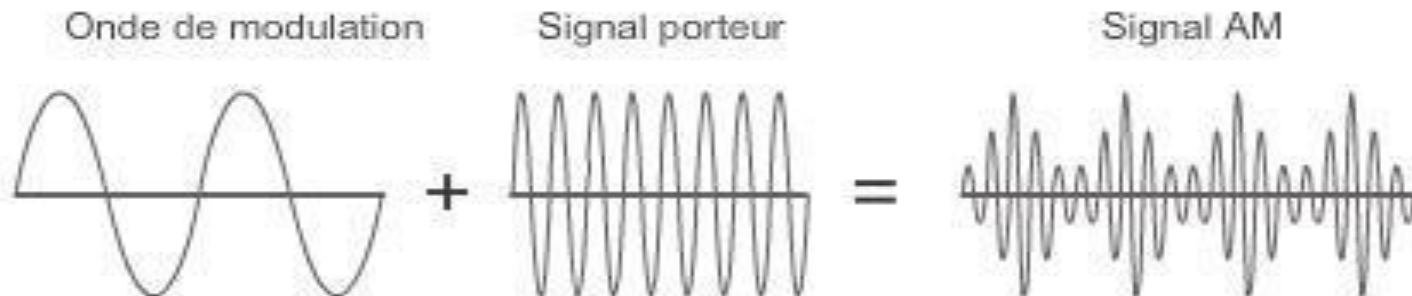
- **Modulation de fréquence (FM)** : méthode de communication dans laquelle la fréquence porteuse varie selon le signal.
- **Modulation d'amplitude (AM)** : technique de transmission dans laquelle l'amplitude de la porteuse varie selon le signal.
- **Modulation par impulsions et codage (PCM)** : technique dans laquelle un signal analogique, tel que la voix est converti en un signal numérique en échantillonnant l'amplitude du signal et en exprimant les différentes amplitudes sous forme binaire. La fréquence d'échantillonnage doit être au moins deux fois supérieure à la plus haute fréquence du signal.

Principes fondamentaux de la couche physique

Modulation de fréquence (FM)



Modulation d'amplitude (AM)



Principes fondamentaux de la couche 1: Bande passante

- La bande passante est la capacité d'un support à transporter des données. La bande passante mesure la quantité de données pouvant être acheminées entre une source et une destination pendant une période donnée. Elle est généralement exprimée en kilobits par seconde (kbit/s) ou en mégabits par seconde (Mbit/s).
- La bande passante est une propriété des supports physiques utilisés pour la transmission

Unité de bande passante	Abréviation	Équivalence
Bits par seconde	bits/s	1bit/s = unité fondamentale de bande passante
Kilobits par seconde	Kbit/s	1Kbit/s = 1000bit/s = 10^3 bit/s
Mégabits par seconde	Mbits/s	1Mbit/s = 1000000bit/s = 10^6 bit/s
Gigabits par seconde	Gbits/s	1Gbit/s = 1000000000bit/s = 10^9 bit/s
Térabits par seconde	Tbit/s	1Tbit/s = 1000000000000bit/s = 10^{12} bit/s

Principes fondamentaux de la couche 1:Débit



- Le débit est la mesure du transfert de bits sur le support pendant une période donnée.
- En raison de différents facteurs, le débit ne correspond généralement pas à la bande passante spécifiée . De nombreux facteurs influencent le débit, notamment :
 - la quantité de trafic
 - le type de trafic
 - la latence(retard) créée par le nombre de périphériques réseau rencontrés entre la source et la destination

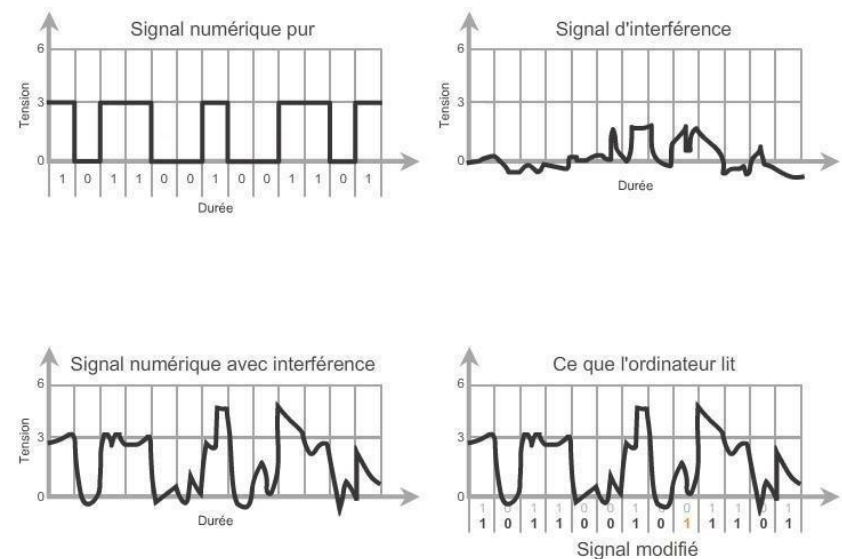
2. Les supports de transmission

Supports de transmission: Câblage en cuivre

- Les supports en cuivre sont souvent utilisés , car ils sont moins chères, faciles à installer et qu'ils présentent une faible résistance au courant électrique. Cependant, les supports en cuivre sont limités par la distance et les interférences du signal.
- Les données sont transmises sur les câbles en cuivre sous forme d'impulsions électriques. plus la distance de transmission du signal est longue, plus il se détériore selon un phénomène dit d'atténuation du signal. Pour cette raison, tous les supports en cuivre sont soumis à des restrictions de distance strictes spécifiées par des normes.

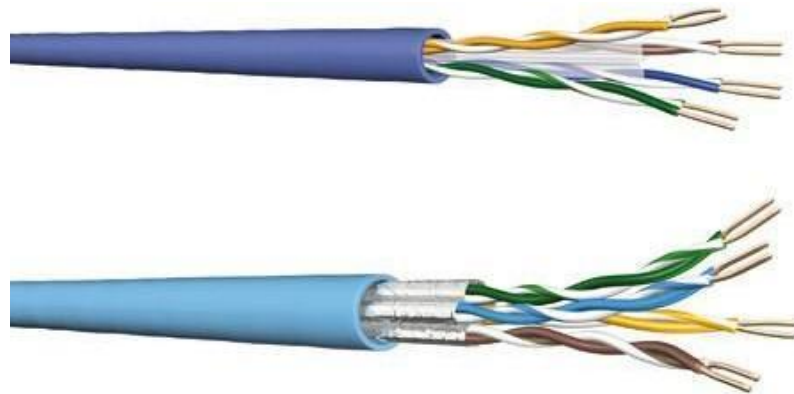
Câblage en cuivre:Caractéristiques des supports de transmission en cuivre

- La durée et la tension des impulsions électriques sont également susceptibles de subir des interférences de deux sources :
 - Interférences électromagnétiques (EMI) ou interférences radioélectriques (RFI)** : les signaux électromagnétiques et radioélectriques peuvent déformer et détériorer les signaux de données transportés par les supports en cuivre. Les sources potentielles d'interférences EMI et RFI sont notamment les ondes radio et les appareils électromagnétiques tels que les éclairages fluorescents ou les moteurs électriques
 - Diaphonie** : la diaphonie est une perturbation causée par les champs électriques ou magnétiques d'un signal dans un câble au signal traversant le câble adjacent



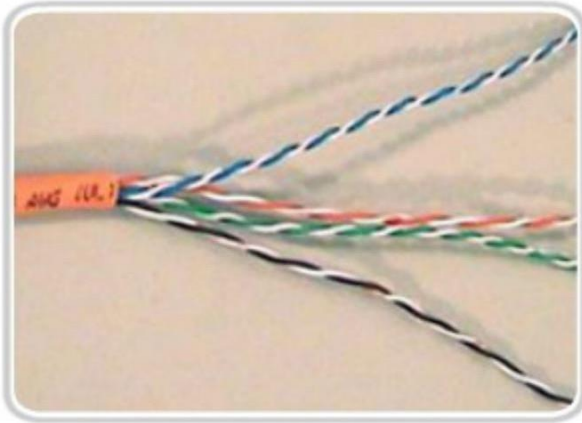
Câblage en cuivre:Caractéristiques des supports de transmission en cuivre

- Pour contrer les effets négatifs des **perturbations électromagnétiques et radioélectriques**, certains types de câbles en cuivre sont entourés d'un blindage métallique.
- Pour contrer les effets négatifs de **la diaphonie**, certains types de câbles en cuivre utilisent des paires de fils opposés torsadés qui annulent la perturbation.

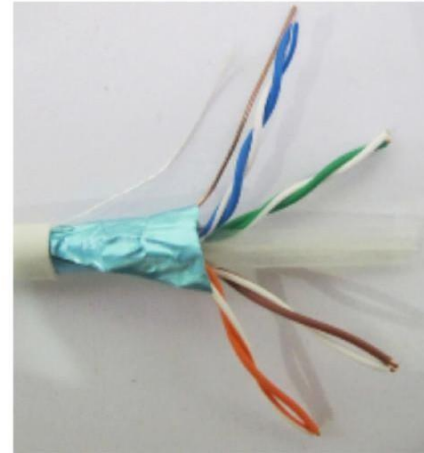


Câblage en cuivre: Supports de transmission en cuivre

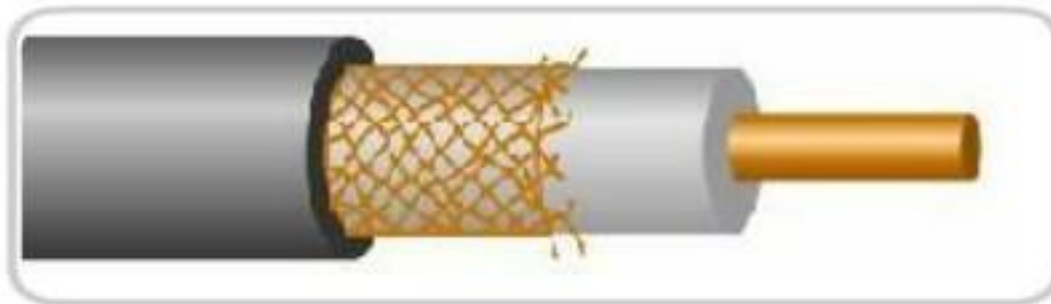
Il existe trois types de câbles en cuivre :



Câble à paires torsadées
non blindées (UTP)



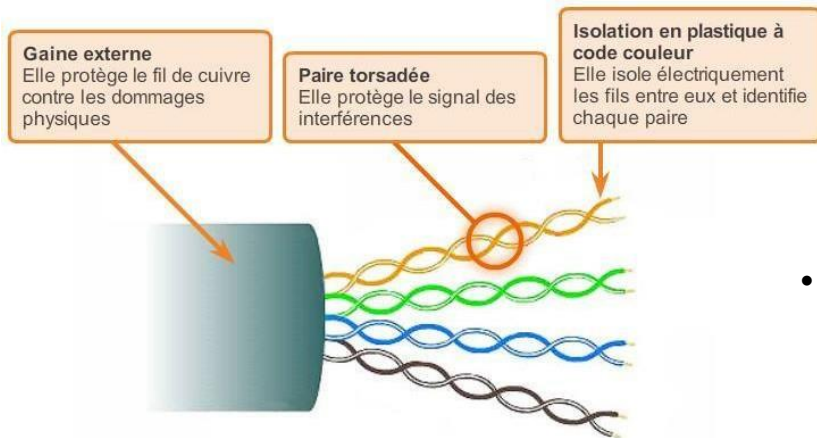
Câble à paires torsadées
blindées (STP)



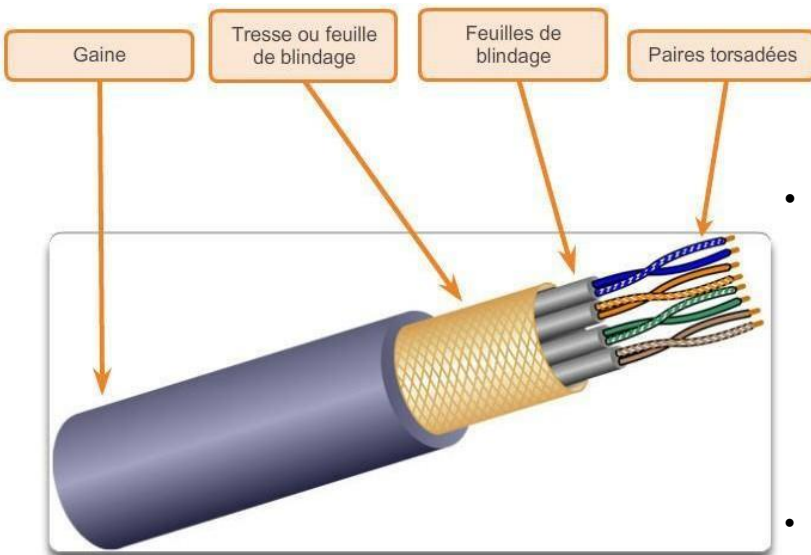
Câble coaxial

Câblage en cuivre Câble à paires torsadées non blindées (UTP)

- **Le câblage à paires torsadées non blindées (UTP)** est le support réseau le plus répandu. Ces câbles terminés par des connecteurs **RJ-45** sont utilisés pour relier des hôtes réseau à des périphériques réseau intermédiaires, tels que des commutateurs et des routeurs.
- Dans les réseaux locaux, chaque câble UTP se compose de quatre paires de fils à code-couleur qui ont été torsadés, puis placés dans une gaine en plastique souple qui les protège . Le fait de torsader les fils permet de limiter les interférences causées par les signaux d'autres fils.

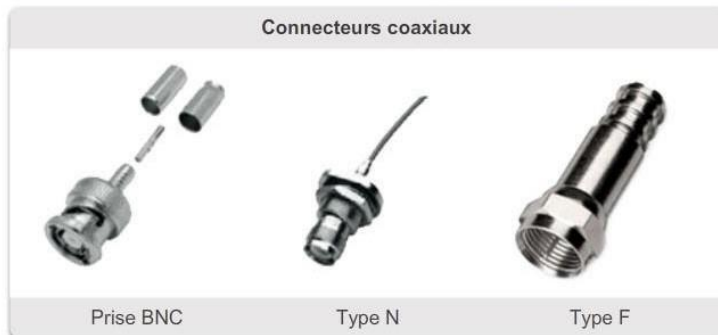
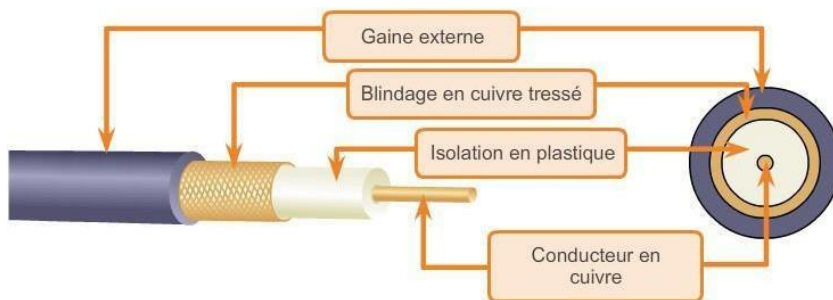


Câblage en cuivre: Câble à paires torsadées blindées (STP)



- Les câbles à paires torsadées blindées (STP) offrent une meilleure protection que le câblage UTP en éliminant les interférences et la diaphonie. Toutefois, par rapport aux UTP, les câbles STP sont bien plus onéreux et plus difficiles à installer. Comme les câbles UTP, les câbles STP utilisent un connecteur RJ-45.
- Il existe deux variantes principales de ces câbles :
 - Le câble STP entoure de feuilles de blindage l'ensemble de fils et élimine ainsi presque toutes les interférences (version la plus répandue).
 - Le câble STP entoure de feuilles de blindage l'ensemble de fils ainsi que chaque paire de fils, et élimine ainsi toute interférence.
- le câblage STP a constitué la structure de câblage spécifiée pour les installations réseau Token Ring. Les réseaux de type Token Ring étant de moins en moins employés, la demande de câblage STP a également décliné. Cependant, la nouvelle norme 10 Gigabit Ethernet prévoit l'utilisation de câblage STP.

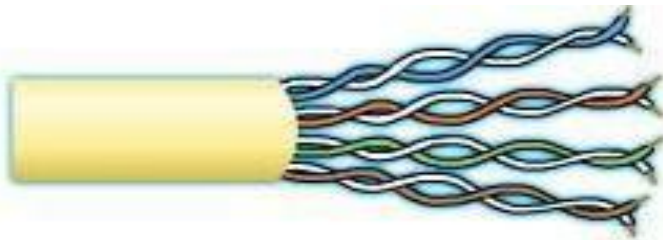
Câblage en cuivre: Câble coaxial



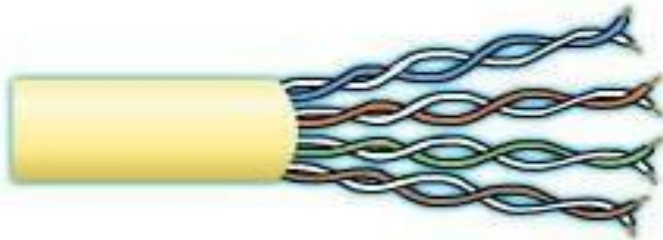
- Le câble coaxial (parfois abrégé coax) tire son nom du fait qu'il contient deux conducteurs qui partagent le même axe. le câble coaxial est composé des éléments suivants :
 - Un conducteur en cuivre utilisé pour transmettre les signaux électroniques.
 - Le conducteur en cuivre est entouré d'une couche de matériau isolant souple en plastique.
 - une torsade de cuivre ou une feuille métallique constitue le second fil du circuit et fait office de protection contre les interférences pour le conducteur intérieur.
 - Le câble dans son entier est ensuite entouré d'une gaine qui le protège contre les dommages physiques.
- Le câble coaxial était surtout utilisé pour la télévision par câble dans les réseaux locaux Ethernet c'est l'UTP qui est le plus utilisé

Câblage UTP: Normes de câblage UTP

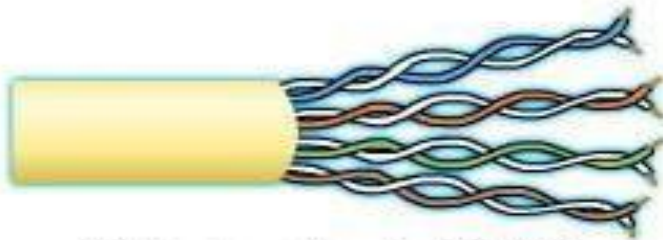
- Le câblage UTP respecte les normes établies conjointement par la TIA et l'EIA. Plus précisément, la norme **TIA/EIA-568A**, la plus souvent utilisée dans les Elle définit des éléments tels que :
 - Les types de câbles
 - Les longueurs de câbles
 - Connecteurs
 - Le raccordement des câbles
 - Les méthodes de test des câbles
- Les caractéristiques électriques du câblage en cuivre sont définies par l'IEEE. L'IEEE classe les câbles UTP dans des catégories selon leur capacité à prendre en charge des débits supérieurs . Par exemple, un câble de catégorie 5 (Cat5) est généralement utilisé dans les installations FastEthernet 100BASE-TX(100Mbps)



Câble de catégorie 3 (UTP)



Câble de catégories 5 et 5e (UTP)



Câble de catégorie 6 (UTP)

• UTP cat3

- Utilisé pour les communications vocales
- Utilisé le plus souvent pour les lignes téléphoniques

• UTP cat5 et cat5e

- Utilisé pour la transmission de données
- Les supports de catégorie 5 prennent en charge 100 Mbit/s et peuvent prendre en charge 1 000 Mbit/s, mais ce n'est pas recommandé
- Les supports de catégorie 5e prennent en charge 1 000 Mbit/s

• UTP cat6

- Utilisé pour la transmission de données
- Un séparateur est ajouté entre chaque paire de fils pour de plus hauts débits
- Prend en charge de 1 000 Mbit/s à 10 Gbit/s, mais les débits de 10 Gbit/s ne sont pas recommandés

Câblage UTP: Connecteurs UTP

- Le câble UTP est généralement terminé par un connecteur RJ-45 spécifié ISO 8877. Ce connecteur est utilisé pour de nombreuses spécifications de couche physique, dont Ethernet. 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

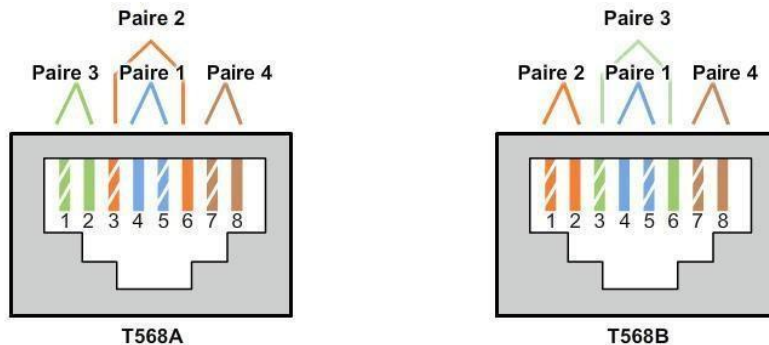


Prise UTP RJ-45



Câblage UTP: Types de câble UTP

- Selon le type de périphérique réseau à interconnecter on utilise les types de câble UTP suivants:



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

- **Câble Ethernet droit** : le type le plus courant de câbles réseau. Il est généralement utilisé pour connecter un hôte à un commutateur et un commutateur à un routeur.
- **Câble Ethernet croisé** : câble peu utilisé permettant de relier des périphériques similaires. Par exemple, pour connecter un commutateur à un commutateur, un hôte à un autre hôte ou un routeur à un routeur.
- **Câble de renversement(à paires inversées)** : câble propriétaire Cisco permettant d'établir une connexion avec un routeur ou un commutateur via le port console.

Câblage en fibre optique: Propriétés du câblage en fibre optique

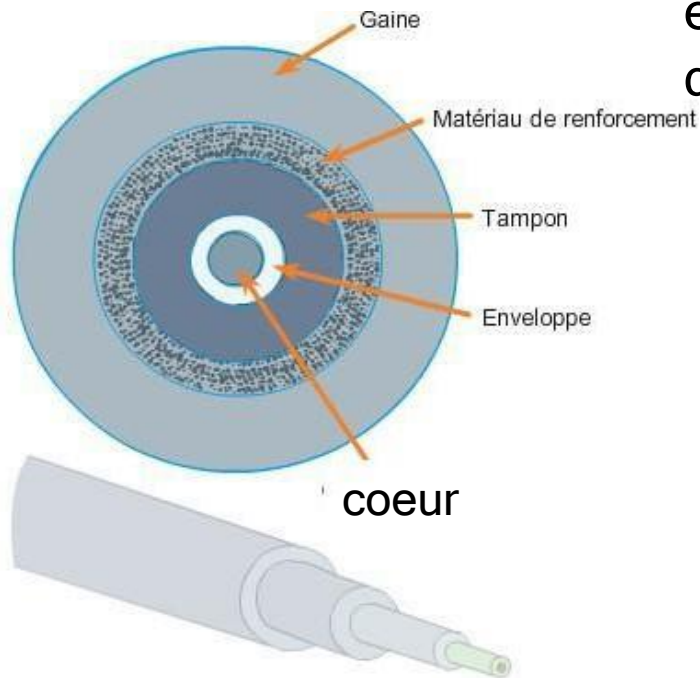


- La fibre optique est de plus en plus utilisée pour interconnecter des périphériques réseau d'infrastructure. Elle permet la transmission de données sur de longues distances et à des débits plus élevés qu'avec les autres supports réseau.
- La fibre optique est un fil en verre à la fois flexible et très fin. (Son diamètre n'est pas beaucoup plus grand que celui d'un cheveu humain). Les bits sont codés sur la fibre sous forme d'impulsions lumineuses. Le câble à fibre optique sert de guide d'ondes qui transmet la lumière entre les deux extrémités avec un minimum de perte de signal.
- Contrairement aux fils de cuivre, la fibre optique peut transmettre des signaux qui subissent moins d'atténuation et est entièrement insensible aux perturbations électromagnétiques et radioélectriques.

Câblage en fibre optique: Propriétés du câblage en fibre optique

- Actuellement, les câbles à fibre optique sont utilisés dans quatre domaines d'application :
 - **Les réseaux d'entreprise** : la fibre est utilisée pour les applications de câblage du réseau fédérateur et pour relier les périphériques d'infrastructure.
 - **Les réseaux FTTH et d'accès** : la technologie FTTH (fiber to the home ou fibre optique jusqu'au domicile) est utilisée pour fournir des services haut débit disponibles en permanence aux particuliers et aux petites entreprises. Les réseaux FTTH permettent un accès Internet haut débit.
 - **Les réseaux longue distance** : les fournisseurs d'accès utilisent des réseaux terrestres longue distance à fibre optique pour connecter les pays et les villes. Ces réseaux vont généralement de quelques dizaines à quelques milliers de kilomètres et utilisent des systèmes proposant jusqu'à 10 Gbit/s.
 - **Les réseaux sous-marins** : des câbles à fibre spéciaux sont utilisés pour fournir des solutions haut débit et haute capacité fiables, à l'épreuve des environnements sous-marins sur des distances à l'échelle d'un océan.
- Nous nous intéressons principalement à l'utilisation de la fibre au sein de l'entreprise.

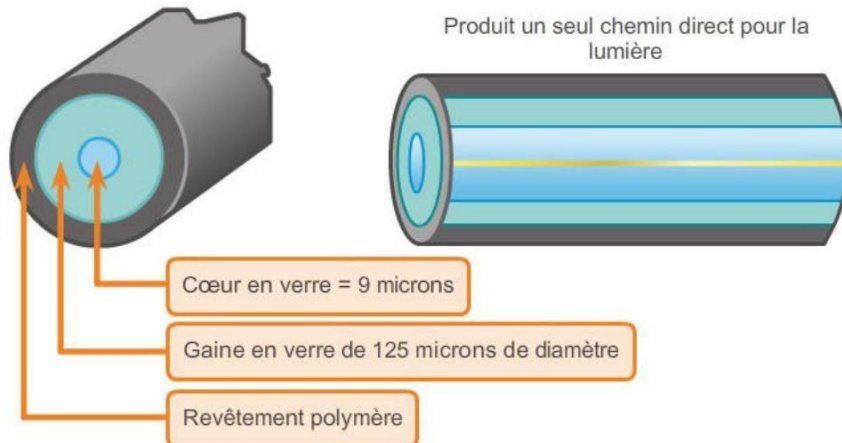
Câblage en fibre optique:Éléments d'un câble à fibres optiques



- Bien que la fibre optique soit très fine, elle se compose de deux types de verre et d'une protection extérieure. Les différentes couches sont les suivantes :
 - **Le cœur** : il se compose de verre pur et est en contact direct avec la lumière.
 - **La gaine optique** : il s'agit d'une couche de verre qui entoure le cœur et fonctionne comme un miroir. Les impulsions lumineuses se propagent dans le cœur tandis que la gaine les reflète. Ainsi, les impulsions lumineuses sont contenues dans le cœur de la fibre selon un phénomène appelé réflexion totale interne.
 - **La protection** : il s'agit généralement d'une gaine qui protège le cœur et la gaine optique. Elle peut également contenir des matériaux de renforcement et un gainage (revêtement) destinés à protéger le verre des rayures et de l'humidité.

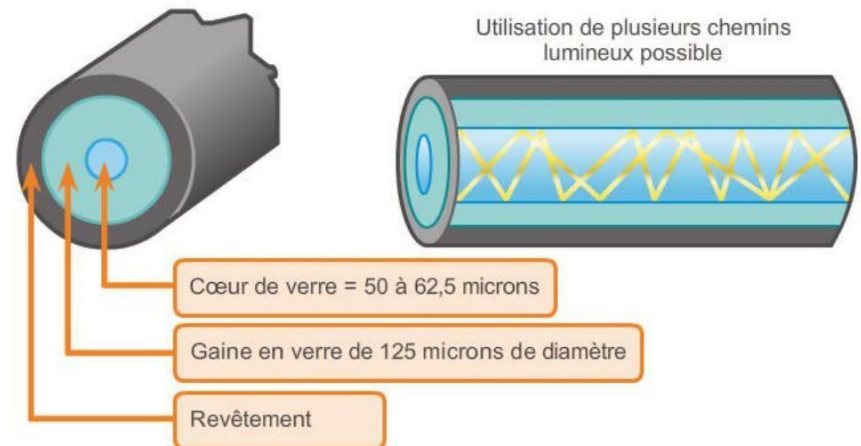
Câblage en fibre optique: Types de fibre optique

Monomode



- 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



- 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

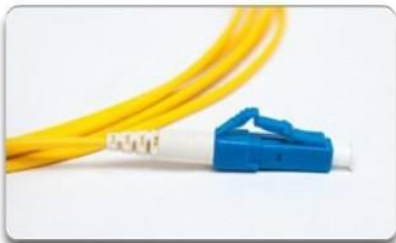
Câblage en fibre optique: Connecteurs de fibre réseau



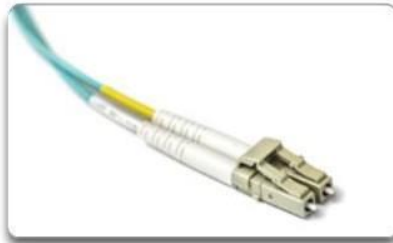
Connecteurs ST



Connecteurs SC



Connecteur LC



Connecteurs LC
bidirectionnels multimodes

- **Connecteur ST (Straight-Tip)** : connecteur à baïonnette d'ancienne version couramment utilisé avec la fibre monomode.
- **Connecteur SC (Subscriber Connector)** : parfois appelé connecteur carré ou connecteur standard. Il s'agit d'un connecteur largement utilisé dans les réseaux locaux et étendus. Ce type de connecteur est utilisé avec la fibre optique multimode et monomode.
- **Connecteur LC (Lucent Connector)** : parfois appelé petit connecteur ou connecteur local, il est de plus en plus répandu en raison de sa petite taille. Il est utilisé avec la fibre monomode et prend également en charge la fibre multimode.

Câblage en fibre optique: Fibre ou cuivre

Problèmes de mise en œuvre	Cuivre	Fibre optique
Bande passante	10 Mbit/s - 10 Gbit/s	10 Mbit/s - 100 Gbit/s
Distance	Relativement courte (de 1 à 100 mètres)	Relativement longue (de 1 à 100 000 mètres)
Résistance aux perturbations électromagnétiques et radioélectriques	Faible	Élevée (résistance totale)
Résistance aux risques électriques	Faible	Élevée (résistance totale)
Coûts des supports et des connecteurs	Le plus faible	Le plus élevé
Compétences requises pour l'installation	Le moins	Le plus
Précautions à prendre pour la sécurité	Le moins	Le plus

Sans fil: Propriétés des transmissions sans fil



- Les supports sans fil transportent les signaux électromagnétiques qui représentent les bits des communications de données via des fréquences radio ou micro-ondes.
- Ce sont les supports sans fil qui offrent le plus d'options de mobilité, Toutefois, le sans fil présente également quelques contraintes :
 - **Zone de couverture** : les technologies de communication de données sans fil fonctionnent bien dans les environnements ouverts. Cependant, certains matériaux de construction utilisés dans les bâtiments limitent la couverture effective.
 - **Interférences** : la transmission sans fil est sensible aux interférences et peut être perturbée par des appareils aussi courants que les téléphones fixes sans fil, certains types d'éclairages fluorescents, les fours à micro-ondes et d'autres communications sans fil.
 - **Sécurité** : la connexion à un réseau sans fil ne nécessite aucun accès physique à un support. Par conséquent, les périphériques et les utilisateurs non autorisés à accéder au réseau peuvent tout de même se connecter. La sécurité du réseau constitue donc un composant essentiel de l'administration des réseaux sans fil.

Sans fil: Types de transmissions sans fil



- **Normes IEEE 802.11**
- **Aussi appelé Wi-Fi**
- **Avec des variantes :**
 - 802.11a : 54 Mbit/s, 5 GHz
 - 802.11b : 11 Mbit/s, 2,4 GHz
 - 802.11g : 54 Mbit/s, 2,4 GHz
 - 802.11n : 600 Mbit/s, 2,4 et 5 GHz
 - 802.11ac : 1 Gbit/s, 5 GHz
 - 802.11ad : 7 Gbit/s, 2,4 GHz, 5 GHz et 60 GHz



- Norme IEEE 802.15
- Vitesse jusqu'à 3 Mbit/s
- Jumelage de périphériques sur des distances de 1 à 100 mètres



- Norme IEEE 802.16
- Vitesse jusqu'à 1 Gbit/s
- Utilise une topologie point à multipoint pour fournir un accès à large bande sans fil

Sans fil:LAN sans fil(WLAN)

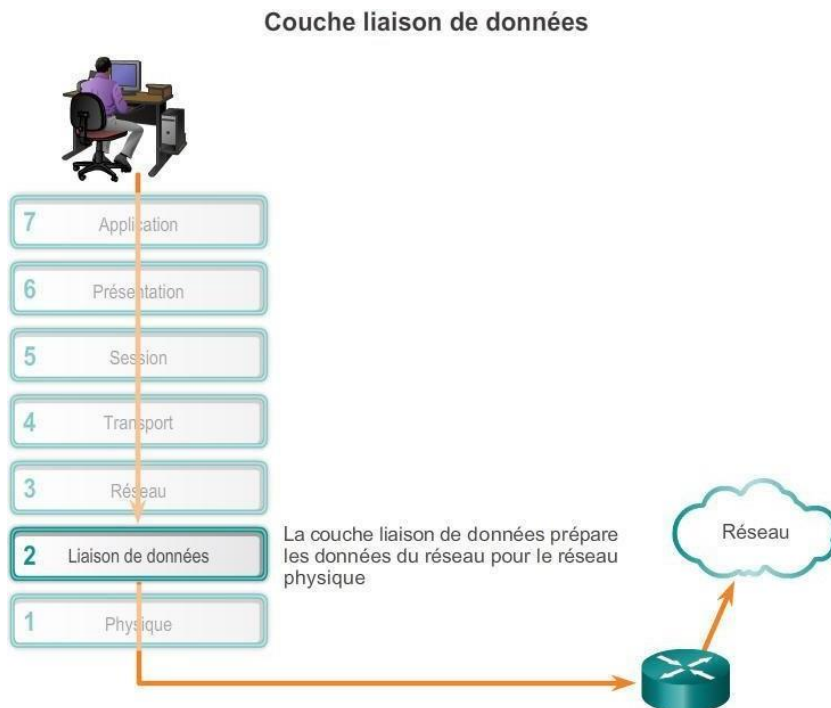


Routeur sans fil 802.11ac Cisco Linksys EA6500

- Une mise en oeuvre courante de réseau de données sans fil est la possibilité pour des périphériques de se connecter sans fil via un réseau local. Un réseau local sans fil exige généralement les périphériques réseau suivants :
 - **Point d'accès sans fil** : il concentre les signaux sans fil des utilisateurs et se connecte, en général via un câble en cuivre, à une infrastructure réseau en cuivre existante telle qu'Ethernet. Les routeurs sans fil pour particuliers et petites entreprises intègrent à la fois les fonctions d'un routeur, d'un commutateur et d'un point d'accès.
 - **Adaptateurs de carte réseau sans fil(carte wifi)** : ils fournissent à chaque hôte du réseau la possibilité de communiquer sans fil.

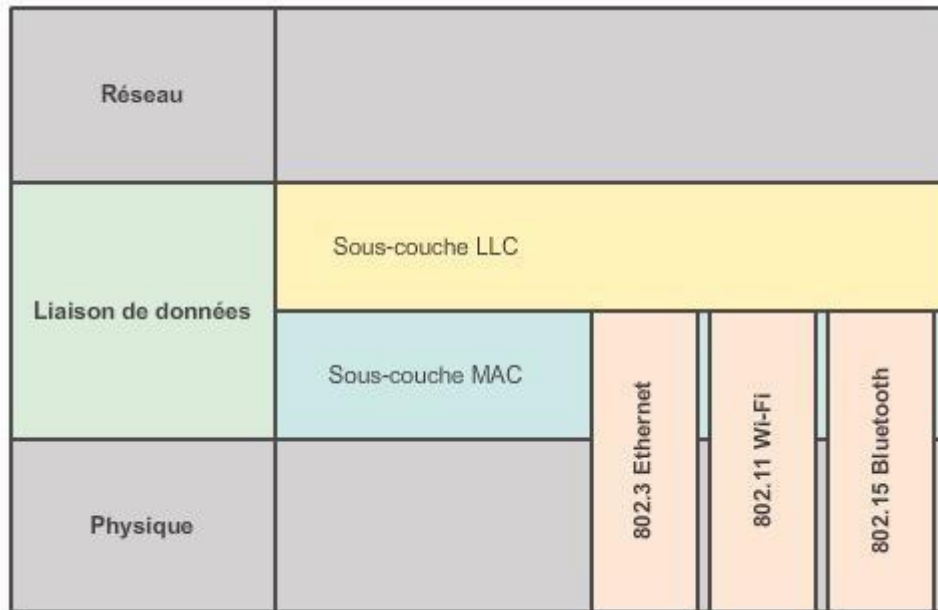
3. Les protocoles de la couche liaison de données

Rôle de la couche liaison de données



- la couche liaison de données est responsable de l'échange des trames entre les nœuds via un support réseau physique. Elle permet aux couches supérieures d'accéder aux supports et contrôle la manière dont les données sont placées et reçues sur les supports en remplissant les deux fonctions suivantes:
 - Elle accepte les paquets de couche 3 et les encapsule dans des unités de données appelées des trames.
 - Elle contrôle l'accès au support et détecte les erreurs.

Rôle de la couche liaison de données: Sous-couches liaison de données



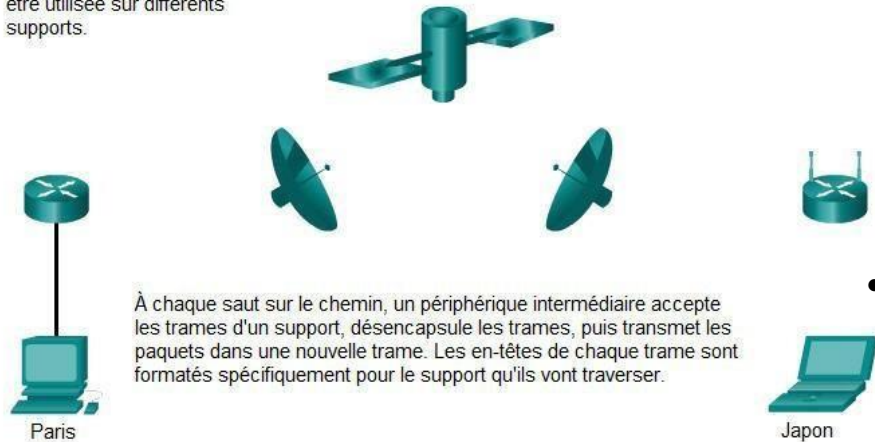
- La couche liaison de données se divise en fait en deux sous-couches :
- **Contrôle de liaison logique (LLC)** : cette sous-couche supérieure définit les processus logiciels qui fournissent des services aux protocoles de couche réseau. Elle place les informations dans la trame qui indique le protocole de couche réseau utilisé pour la trame. Ces informations permettent à plusieurs protocoles de couche 3 (par exemple, IPv4 et IPv6) d'utiliser la même interface réseau et les mêmes supports.
- **Contrôle d'accès au support (MAC)** : cette sous-couche inférieure définit les processus d'accès au support exécutés par le matériel. Elle assure l'adressage de couche liaison de données et la délimitation des données.

Rôle de la couche liaison de données: Le contrôle d'accès au support

Couche liaison de données

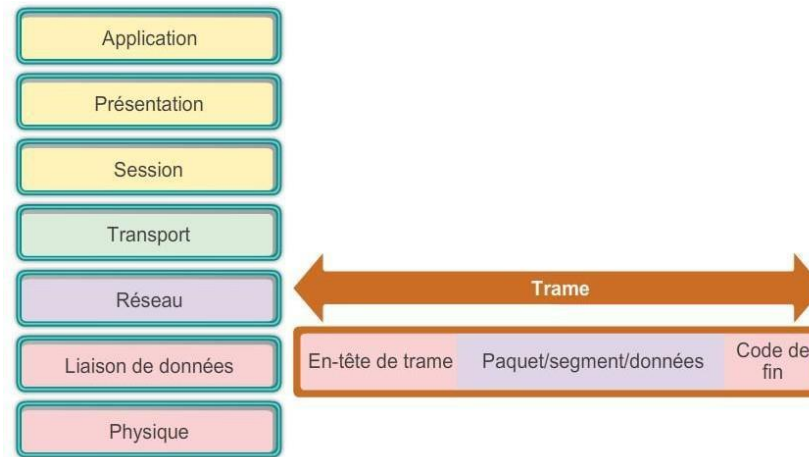
Les protocoles de couche liaison de données régissent la manière dont une trame est formatée pour être utilisée sur différents supports.

Différents protocoles peuvent être utilisés pour différents supports.



- Les protocoles de couche 2 spécifient l'encapsulation d'un paquet dans une trame et les techniques permettant de placer le paquet encapsulé sur chaque support et de le récupérer.
- La technique utilisée pour placer la trame sur les supports et la récupérer à partir des supports est dite méthode de contrôle d'accès au support.

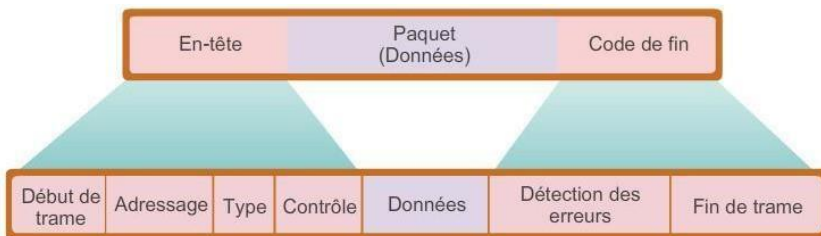
Couche liaison de données: Structure de trame de la couche 2



- La couche liaison de données prépare un paquet pour le transport à travers les supports locaux en l'encapsulant avec un en-tête et un code de fin pour créer une trame.
- la trame de couche liaison de données comprend les éléments suivants :
 - **Un en-tête** : il contient des informations de contrôle telles que l'adressage et est situé au début de l'unité de données de protocole.
 - **Des données** : elles contiennent l'en-tête IP, l'en-tête de la couche transport et les données d'application.
 - **La fin de trame** : elle contient des informations de contrôle pour la détection d'erreurs, ajoutées à la fin de l'unité.

Structure de trame de la couche 2: Structure de trame de la couche 2

- Comme l'illustre la figure, les types de champ de trame générique sont les suivants :
- **Indicateurs de début et de fin de trame** : ils sont utilisés par la sous-couche MAC pour identifier les limites de début et de fin de la trame.
- **Adressage** : utilisé par la sous-couche MAC pour identifier les nœuds source et de destination.
- **Type** : ce champ permet à la sous-couche LLC d'identifier le protocole de couche 3.
- **Contrôle** : ce champ permet d'identifier les services de contrôle de flux spécifiques.
- **Données** : ce champ contient les données utiles de la trame (c'est-à-dire l'en-tête de paquet, l'en-tête de segment et les données).
- **Détection d'erreur** : inclus après les données pour constituer la fin de trame, ces champs de trame sont utilisés pour la détection des erreurs.



Couche liaison de données: Normes de couche 2

Couche liaison de données	Sous-couche LLC	Ethernet	IEEE 802.2				
	Sous-couche MAC		IEEE 802.3 (Ethernet)	IEEE 802.3u (FastEthernet)	IEEE 802.3z (GigabitEthernet)	IEEE 802.3z (GigabitEthernet sur cuivre)	Token Ring/IEEE 802.6
Couche physique	Couche physique						FDDI

Couches OSI

Sp é c i f i c a t i o n LAN

Normes de couche 2: Normes de couche liaison de données

Organisme de normalisation	Normes réseau
IEEE	<ul style="list-style-type: none">• 802.2 : LLC (Logical Link Control)• 802.3 : Ethernet• 802.4 : bus à jeton(token bus)• 802.5 : passage de jeton(token ring)• 802.11 : LAN sans fil (WLAN) et maillé (certification Wi-Fi)• 802.15 : Bluetooth• 802.16 : WiMax
UIT-T	<ul style="list-style-type: none">• G.992 : ADSL• G.8100 - G.8199 : aspects du transport MPLS• Q.921 : RNIS• Q.922 : Relais de trames
ISO	<ul style="list-style-type: none">• HDLC (High-Level Data Link Control)• ISO 9314 : FDDI Media Access Control (MAC)
ANSI	<ul style="list-style-type: none">• X3T9.5 et X3T12 : FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

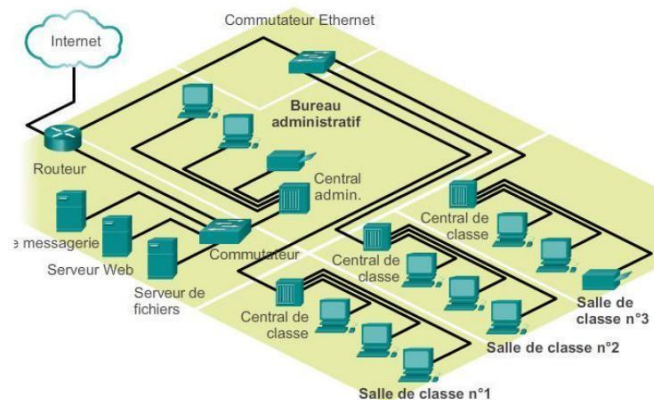
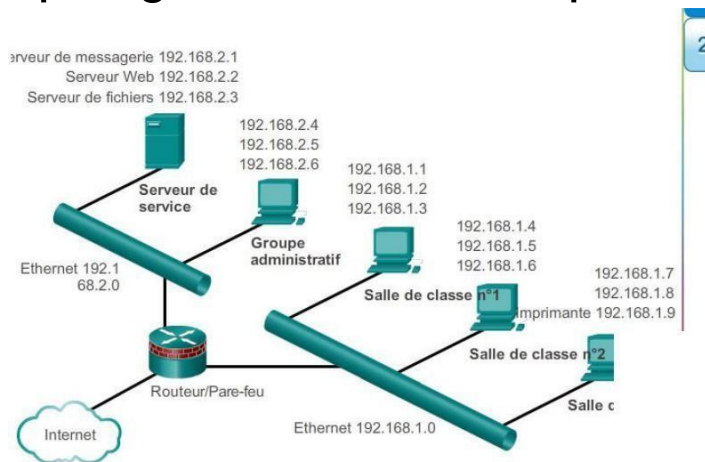
4. Contrôle d'accès au support

Contrôle d'accès au support de transmission

- C'est la sous-couche de contrôle d'accès au support(MAC) qui régit le placement des trames de données sur les supports.Le contrôle d'accès au support est l'équivalent des règles de trafic régulant l'accès des véhicules à une autoroute. L'absence d'un contrôle d'accès au support serait comparable à des véhicules ignorant le trafic et accédant à la route sans se préoccuper des autres véhicules
- il existe différentes méthodes de contrôle d'accès au support. Ces techniques de contrôle d'accès au support indiquent si et comment les noeuds partagent les supports.La méthode de contrôle d'accès au support utilisée dépend des critères suivants :
 - **Topologie** : comment la connexion établie entre les nœuds apparaît à la couche liaison de données.
 - **Partage de support** : comment les nœuds partagent les supports. Le partage de supports peut être de type point à point comme dans les réseaux étendus, ou partagé comme dans les réseaux locaux.

Topologies physiques et logiques

- La topologie d'un réseau constitue l'organisation ou la relation des périphériques réseau et les interconnexions existant entre eux. Les topologies LAN et WAN peuvent être présentées de deux manières :



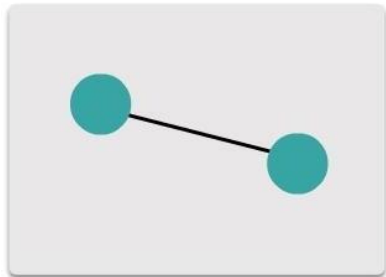
- Topologie logique :**

- désigne la manière dont un réseau transfère les trames d'un nœud à l'autre. Cette configuration est composée de connexions virtuelles entre les nœuds d'un réseau. Ces chemins de signaux logiques sont définis par les protocoles de couche liaison de données.

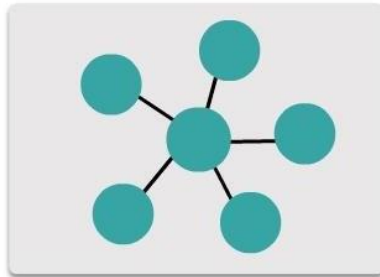
- Topologie physique :**

- désigne les connexions physiques et identifie la façon dont les périphériques finaux et les périphériques d'infrastructure tels que les routeurs, les commutateurs et les points d'accès sans fil sont interconnectés. Les topologies physiques sont généralement de type point-à-point ou en étoile.

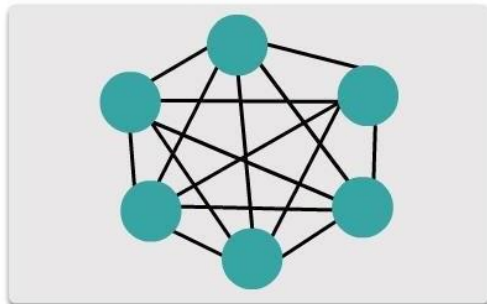
Topologies de réseau étendu (WAN): Topologies WAN physiques courantes



Topologie point à point



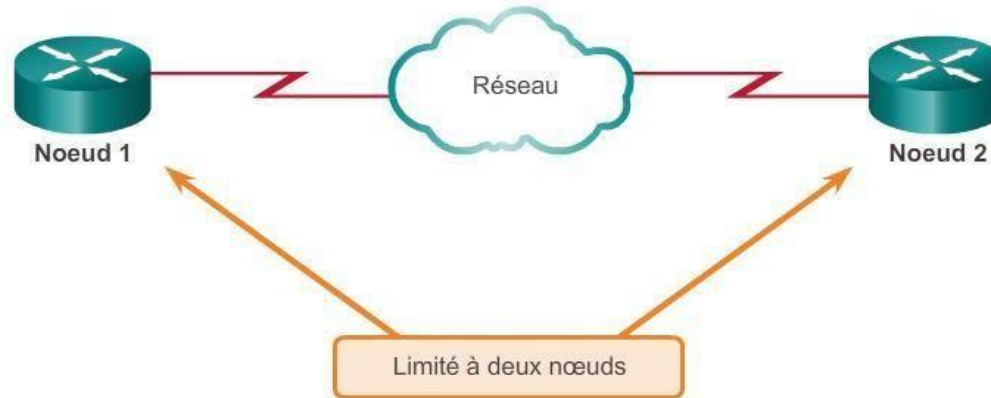
Topologie Hub and Spoke



Topologie maillée complète

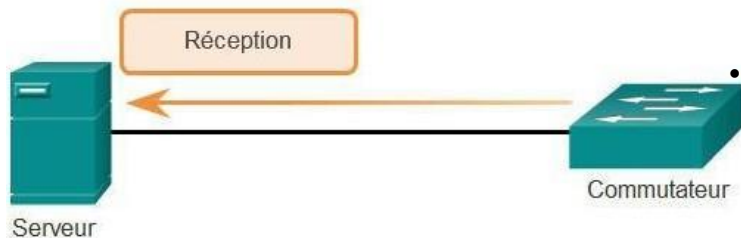
- Les réseaux étendus sont généralement interconnectés selon les topologies physiques suivantes :
- **Point à point** : c'est la topologie la plus simple, composée d'une liaison permanente entre deux terminaux. Elle est donc très répandue.
- **Hub and Spoke** : version WAN de la topologie en étoile, 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. Les coûts d'administration et physiques peuvent donc être élevés. En essence, chaque liaison est une liaison point à point avec l'autre nœud. Il existe plusieurs variantes de cette topologie, notamment le maillage partiel qui consiste à relier uniquement certains périphériques finaux entre eux.

Topologies de réseau étendu (WAN):point-à-point



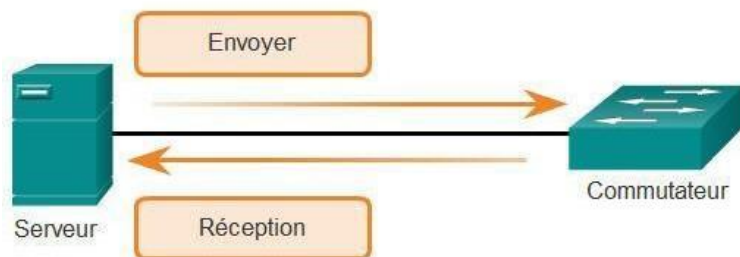
- Les topologies point-à-point connectent directement deux nœuds.
- Dans cette configuration, deux nœuds n'ont pas besoin de partager le support avec d'autres hôtes. En outre, le nœud n'a pas besoin de déterminer si une trame entrante est lui est destinée ou si elle est destinée à un autre nœud. Par conséquent, les protocoles de liaison de données logiques peuvent être très simples puisque toutes les trames sur le support peuvent uniquement transiter vers ou depuis les deux nœuds.

Topologies de réseau étendu (WAN): Modes bidirectionnel simultané et bidirectionnel non simultané



- La Figure illustre une topologie point à point. Dans les réseaux point à point, les données peuvent circuler de deux manières

- **Communication bidirectionnelle non simultanée**: les deux périphériques peuvent transmettre et recevoir des données sur les supports, mais pas simultanément. La norme Ethernet a choisi de traiter le cas d'un support non partagé bidirectionnel non simultané comme le cas d'un support partagé.



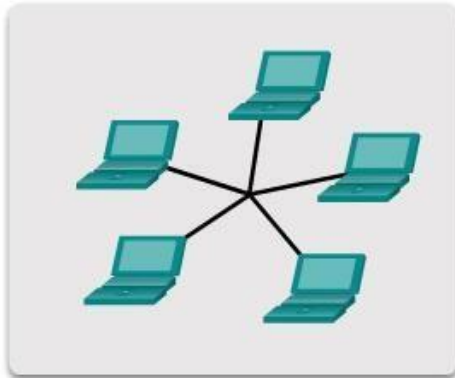
- **Communication bidirectionnelle simultanée**: les deux périphériques peuvent simultanément transmettre et recevoir des données sur les supports. La couche liaison de données considère que le support est à tout moment disponible pour les deux noeuds en vue d'une transmission de données.

Topologies de réseau local (LAN): Topologies LAN physiques

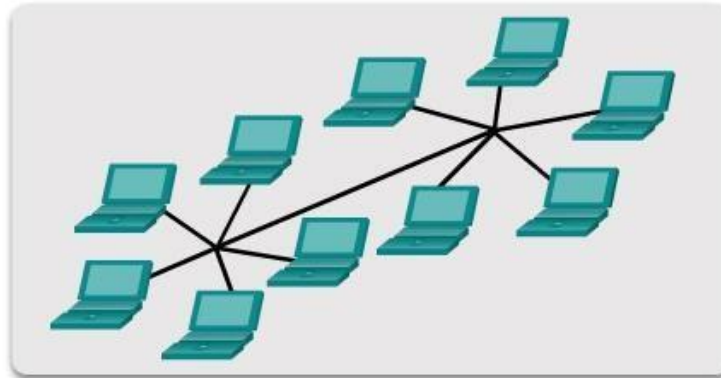
- Sur les réseaux locaux à supports partagés, les périphériques finaux peuvent être interconnectés selon les topologies physiques suivantes :
- **Topologie en étoile** : les périphériques finaux sont connectés à un périphérique intermédiaire central (commutateur ou concentrateur) La topologie en étoile est la topologie LAN physique la plus courante, surtout parce qu'elle est facile à installer, très évolutive (il est facile d'ajouter et de retirer des périphériques finaux) et facile à dépanner.
- **Étoile étendue ou hybride** : dans une topologie en étoile étendue, les périphériques intermédiaires centraux sont interconnectés avec d'autres topologies en étoile. Dans une topologie hybride, des réseaux en étoile peuvent être interconnectés via une topologie en bus.
- **Topologie en bus** : tous les systèmes finaux sont enchaînés entre eux et le réseau est terminé à chaque extrémité. Les périphériques d'infrastructure tels que les commutateurs ne sont pas nécessaires pour interconnecter les périphériques finaux. Les topologies en bus étaient utilisées dans les réseaux Ethernet en raison de leur faible coût et de leur simplicité d'installation.
- **Topologie en anneau** : les systèmes finaux sont connectés à leur voisin respectif et forment ainsi un anneau. Contrairement à la topologie en bus, l'anneau n'a pas besoin d'être terminé. Les topologies en anneau étaient utilisées dans les réseaux FDDI (Fiber Distributed Data Interface). Ces réseaux utilisent un deuxième anneau pour la tolérance aux pannes ou l'amélioration des performances.

Topologies de réseau local (LAN): Topologies LAN physiques

Topologies physiques



Topologie en étoile



Topologie en étoile étendue



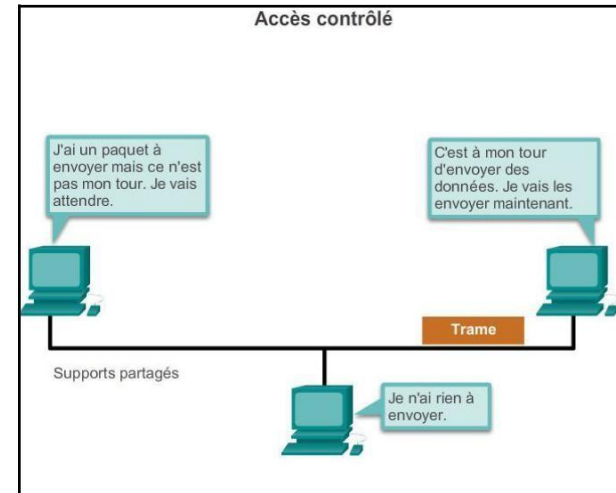
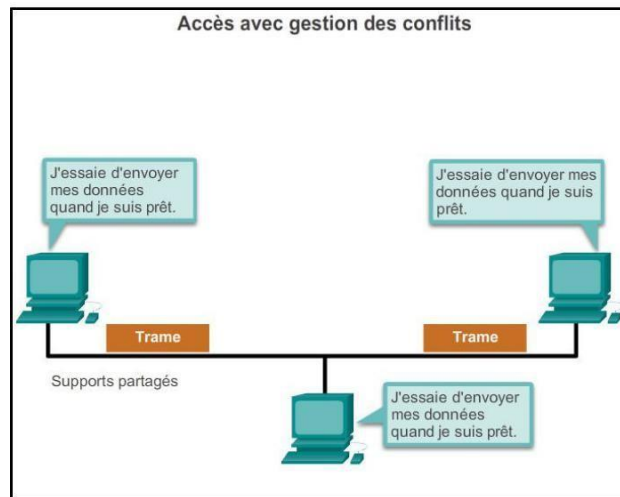
Topologie en bus



Topologie en anneau

Topologies de réseau local (LAN): Topologie logique pour des supports de transmission partagés

- Certaines topologies réseau partagent un support commun avec plusieurs noeuds. À tout moment, des périphériques peuvent tenter d'envoyer et de recevoir des données à l'aide des supports réseau. Il existe des règles qui régissent la manière dont ces périphériques partagent les supports. Les règles le plus souvent utilisées sont:



- Accès avec gestion des conflits** : tous les nœuds sont en concurrence pour utiliser le support, mais savent comment réagir en cas de conflit.
- Accès contrôlé** : chaque nœud peut utiliser le support à son tour.

Topologies de réseau local (LAN):Accès avec gestion des conflits

- Lorsqu'un support est partagé un périphérique réseau peut tenter d'accéder au support chaque fois qu'il doit envoyer des données. Pour éviter les conflits des méthodes d'accès multiple avec écoute de porteuse (CSMA) sont utilisées pour détecter si le support véhicule un signal ou il est libre.
- Le processus CSMA est généralement mis en oeuvre conjointement avec une méthode de résolution des conflits de supports. Les deux méthodes les plus courantes sont :
- **Méthode CSMA/CD (Carrier sense multiple access with collision detection)** : le périphérique final établit si le support comporte un signal de données. Si aucun signal de données n'est détecté et donc que le support est libre, le périphérique transmet ses données. Si des signaux sont alors détectés indiquant qu'un autre périphérique était au même moment en train de transmettre des données, tous les périphériques arrêtent de transmettre leurs données et réessayent ultérieurement. Les formes traditionnelles d'Ethernet utilisent cette méthode.
- **Méthode CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)** : le périphérique final détermine si le support comporte un signal de données. Si le support est libre, le périphérique envoie une notification à travers le support pour indiquer son intention de l'utiliser. Dès qu'il reçoit une autorisation de transmission, le périphérique envoie les données. Cette méthode est utilisée par les technologies de réseau sans fil 802.11.

Topologies de réseau local (LAN): Accès avec gestion des conflits

Caractéristiques	Technologies de gestion des conflits
<ul style="list-style-type: none">• Les stations peuvent transmettre des données à n'importe quel moment• Présence de collisions• Il existe des mécanismes permettant de résoudre les conflits pour les supports.	<ul style="list-style-type: none">• CSMA/CD pour les réseaux Ethernet 802.3• CSMA/CA pour les réseaux sans fil 802.11

Topologies de réseau local (LAN):Accès contrôlé

- Lorsque la méthode d'accès contrôlé est utilisée, les périphériques réseau accèdent tour à tour au support.
- Si un périphérique final n'a pas besoin d'accéder au support, le périphérique final suivant prend le relai. Ce processus est facilité par l'utilisation d'un jeton. Un périphérique final acquiert le jeton et place une trame sur le support. Aucun autre périphérique ne peut faire de même jusqu'à ce que la trame soit arrivée et ait été traitée par la destination, libérant ainsi le jeton.
- Bien que la méthode d'accès contrôlé soit bien organisée et offre un débit prévisible cette méthode peut être inefficaces car les périphériques doivent attendre leur tour pour pouvoir utiliser le support.
- Voici quelques exemples d'accès contrôlé :
 - Token Ring (IEEE 802.5)
 - FDDI (Fiber Distributed Data Interface), interface basée sur le protocole de bus à jeton IEEE 802.4.
- Remarque : les deux méthodes de contrôle d'accès au support sont considérées comme obsolètes.

Topologies de réseau local (LAN):Accès contrôlé

Caractéristiques	Technologies d'accès contrôlé
<ul style="list-style-type: none">• Une seule station peut transmettre des données à un moment donné• Les équipements ayant des données à transmettre doivent attendre leur tour• Pas de collisions• Utilisation possible d'une méthode de passage de jeton	<ul style="list-style-type: none">• Token Ring (IEEE 802.5)• Interface FDDI

Trame liaison de données:Trames LAN et WAN

- Le protocole de couche 2 utilisé pour une topologie réseau spécifique dépend de la technologie mettant en oeuvre cette topologie. La technologie dépend à son tour de la taille du réseau (définie par le nombre d'hôtes et l'étendue géographique) et des services à fournir sur le réseau.
- Voici quelques protocoles courants de couche liaison de données :
 - Ethernet (LAN)
 - PPP (Point-to-Point Protocol) (WAN)
 - 802.11 sans fil (WLAN)
 - HDLC (WAN)
 - Frame relay (WAN)

Trame liaison de données:Trame Ethernet

- Ethernet est la technologie de réseau local prédominante. Ethernet est une famille de technologies réseau définies par les normes IEEE 802.2 et 802.3.
- Les normes Ethernet définissent à la fois les protocoles de la couche 2 et les technologies de la couche 1. Ethernet prend en charge des bandes passantes de données de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s (1 000 Mbit/s) ou 10 Gbit/s (10 000 Mbit/s).
- Ethernet fournit un service non orienté connexion sans accusé de réception sur un support partagé en utilisant les méthodes CSMA/CD comme méthodes d'accès au support. Le support partagé nécessite que l'en-tête de trame Ethernet utilise une adresse de couche liaison de données pour identifier les nœuds source et de destination.
- cette adresse est nommée adresse MAC du noeud. Une adresse MAC Ethernet comporte 48 bits et est généralement représentée dans un format hexadécimal.

Trame liaison de données:Trame Ethernet

Protocole de couche liaison de données commun pour les réseaux locaux

Trame						
Nom du champ	Préambule	Destination	Source	Type	Données	Séquence de contrôle de trame
Taille	8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1 500 octets	4 octets

Préambule : champ utilisé pour la synchronisation. Il contient également un délimiteur qui marque la fin des informations temporelles

Adresse de destination : adresse MAC à 48 bits du nœud de destination

Adresse source : adresse MAC à 48 bits du nœud source

Type : valeur indiquant le protocole de couche supérieure qui recevra les données après la fin du processus Ethernet

Données ou données utiles : unité de données de protocole, généralement un paquet IPv4 qui doit être transporté à travers les supports

Séquence de contrôle de trame (FCS) : valeur utilisée pour vérifier l'absence de trames endommagées

Trame liaison de données: Trame du protocole PPP (Point-to-Point protocol)

- Le protocole PPP (Point-to-Point Protocol) est également un protocole de couche liaison de données. Il est utilisé pour acheminer des trames entre deux nœuds. Contrairement à de nombreux protocoles de couche liaison de données définis par IEEE, la norme PPP est définie par des RFC. Le protocole PPP a été développé en tant que protocole de réseau étendu (WAN) et demeure le protocole de choix pour mettre en œuvre de nombreux réseaux étendus série. Il peut être utilisé sur différents supports physiques, notamment les câbles à paires torsadées, la fibre optique ou la transmission par satellite, ainsi que pour les connexions virtuelles.

Trame liaison de données: Trame du protocole PPP (Point-to-Point)

Protocole de liaison de données commun pour les réseaux étendus

Trame						
Nom du champ	Indicateur	Adresse	Contrôle	Protocole	Données	FCS
Taille	1 octet	1 octet	1 octet	2 octets	variable	2 ou 4 octets

Indicateur : octet unique qui indique le début ou la fin d'une trame. L'indicateur est constitué de la séquence binaire 01111110.

Adresse : octet unique qui contient l'adresse de diffusion PPP standard. PPP n'attribue pas d'adresses de station individuelles.

Contrôle : octet unique composé de la séquence binaire 00000011, qui appelle la transmission des données utilisateur dans une trame non séquencée.

Protocole : deux octets qui identifient le protocole encapsulé dans le champ de données de la trame. Les valeurs les plus à jour du champ de protocole sont spécifiées dans les documents RFC les récents des numéros attribués.

Données : zéro ou plusieurs octets contenant le datagramme du protocole précisé dans le champ de protocole.

Séquence de contrôle de trame (FCS) : normalement, 16 bits (2 octets). En vertu d'un accord précédent, les mises en oeuvre PPP adoptées peuvent utiliser une séquence de contrôle de trame 32 bits (4 octets) pour une détection améliorée des erreurs.