



Brevet de Technicien Supérieur
Centre: Lycée Technique - Taza



Filière: Multimédia et Conception Web

Niveau: 2^{ème} année

Module:

Réseaux Informatiques

Réalisé par:

Pr. H. EL BOURAKKADI

hamid.elbourakkadi1@usmba.ac.ma

A.F. 2024-2025

Plan du cours

- Chapitre 1: Introduction aux réseaux informatiques
- **Chapitre 2: Modèle OSI**
- Chapitre 3: Techniques d'adressage d'un réseau local
- Chapitre 4: Service DHCP
- Chapitre 5: Service DNS
- Chapitre 6: Service Web

Chapitre 2:

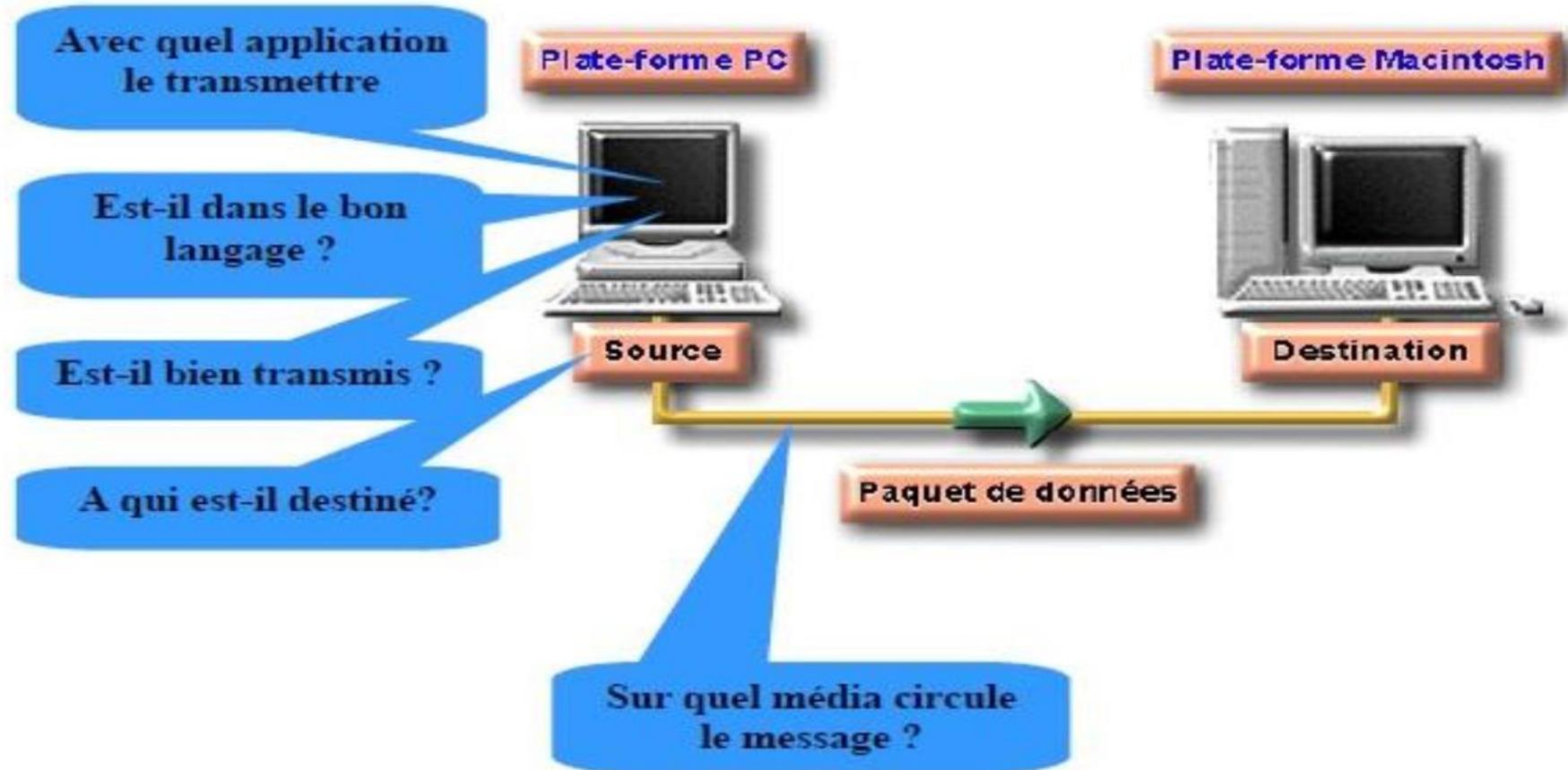
Modèle OSI

1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

Objectifs :

- Structurer et décomposer les **fonctions** du réseau.
- Séparer les **traitements** applicatifs et **l'acheminement** des données.



1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

Exemple :

Transfert d'un fichier d'un E.I vers un autre E.I.

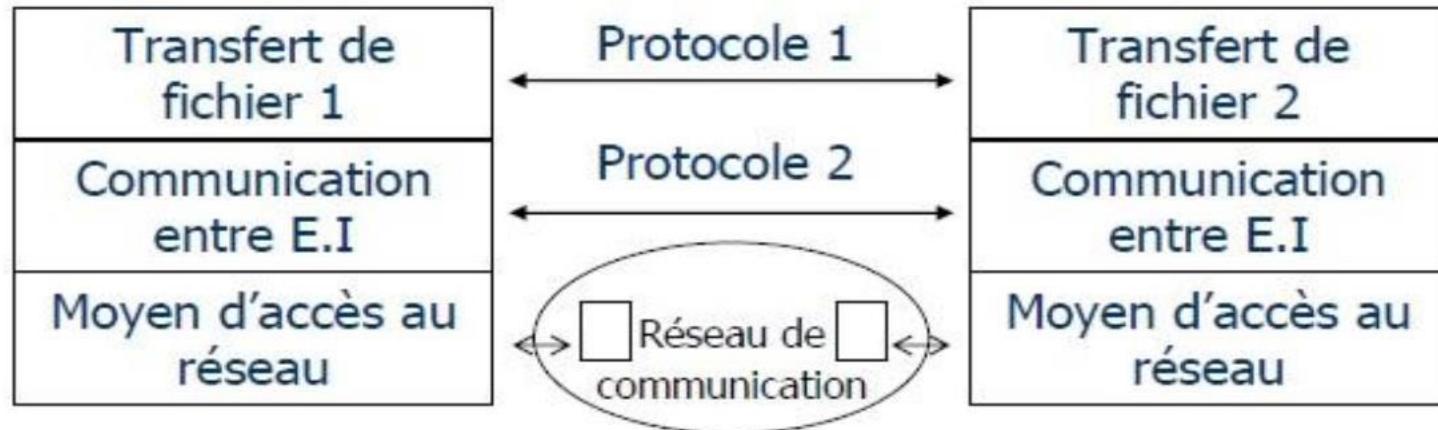
1. Il doit exister un chemin **direct** (L.D) ou **indirect** (réseau de commutation) entre les deux E.I.
2. L'E.I source doit **activer** le chemin direct ou **informer** le réseau (indirect) de l'identité de E.I destinataire (son adresse).
3. L'E.I source doit s'assurer que l'E.I destinataire est **prêt à recevoir** les données.
4. **L'application de transfert** de fichier de l'E.I source doit s'assurer que son homologue est prête à accepter et stocker le fichier.
5. Le **format des fichiers** sur les 2 E.I peut être différents ==> conversion.
 - Au lieu d'implémenter toute cette logique en **un seul bloc** ou un seul module, la tâche est divisée en **sous tâches** chacune « implémentée » séparément.

1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

⊕ Moyens :

- Utiliser une **architecture protocolaire** = un **modèle complet de communication**.
- Une architecture **protocolaire** \Leftrightarrow un **ensemble de protocoles**.
- Un protocole est un **ensemble de règles** permettant la communication entre deux entités fonctionnellement équivalentes.
- **Exemple de transfert d'un fichier d'un E.I vers un autre E.I (Suite)**
- **Architecture à 3 niveaux (3 modules)**



- Les blocs de "**Transfert de fichier**" sert à répondre aux **pb. (4) et (5)**.
- Les blocs "**Communication entre E.I**" sert à répondre aux **pb. (2) et (3)**.
- Les blocs "**Moyen d'accès au réseau**" sert à répondre au **pb. (1)**.

1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

- Les grands réseaux sont composés d'une **vaste diversité de matériels** et de **logiciels**. Cette diversité s'explique par le **nombre des constructeurs** existants aussi bien que par l'évolution très rapide des équipements dont il est fréquent de voir plusieurs **générations coexister** dans **un même réseau**.
- **Objectifs :**
 - Une **cohérence parfaite** entre les différentes parties du réseau.
 - Une **grande modularité**, chaque partie peut être modifiée ou remplacée **sans affecter les autres**.
=> **Architecture protocolaire réseau : un modèle complet de communication.**
- **Historiquement, chaque constructeur a créé sa propre architecture.**
- Dans un premier temps, les constructeurs ont défini des standards de communication entre leurs **propres équipements** et entre leurs **propres logiciels**.
- **Exemples :**
 - **L'architecture SNA** (System Network Architecture) d'IBM.
 - **L'architecture DSA** (Distributed System Architecture) de BULL.

1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

Organismes de normalisation

- **Normalisation** est un **ensemble de règles** destinées à **satisfaire un besoin** de manière similaire.
- Les **normes ouvertes** favorisent la **concurrence** et **l'innovation**. Elles empêchent également qu'un **seul produit** d'une entreprise **monopolise** le marché ou puisse bénéficier d'un avantage inique sur ses concurrents.
- Les organismes de normalisation jouent un rôle important en assurant **qu'Internet reste ouvert**, que ses spécifications et protocoles soient accessibles librement et puissent être mis en œuvre par tous les constructeurs.
- Les **organismes de normalisation** sont généralement des associations à but **non lucratif** qui ne sont liées à aucun constructeur.
- Leur objectif est de **développer** et de **promouvoir** le concept des **normes ouvertes**.

1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

Organismes de normalisation

- Voici les principaux organismes de normalisation :
 - **ISO (International Standardization Organization)**
 - Organisation non gouvernementale.
 - Centaine de pays membres.
 - Edite des normes dans tous les domaines.
 - **IEEE (Institute of Electrical& Electronics Engineers, USA)**
 - La plus grande organisation **professionnelle** et **universitaire** du monde, groupe de normalisation pour l'informatique (**IEEE 802**).
 - **UIT (Union Internationale de Télécommunication, Genève)**
 - Se concentre sur les standards nécessaires au support des communications traversant le domaine public.
 - **ISOC (Internet Society) .**
 - **IAB (Internet Architecture Board).**
 - **IETF (Internet Engineering Task Force).**

1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

■ Besoin d'un modèle normalisé

- Pour une entreprise qui met en œuvre des réseaux, les besoins de **communications** entre **utilisateurs**, équipés de matériel en provenance de **différents constructeurs** et la **diversité des solutions** adoptées est une **nécessité fondamentale**.
 - Pour ne pas se limiter à un **seul fournisseur**.
 - Pour pouvoir tirer partie de **complémentarité** des produits de **différents constructeurs**.
 - Pour pouvoir s'adapter au mieux à l'évolution des **flux d'information** à traiter dans l'entreprise.
- La **nécessité de réseaux dits : hétérogènes** a incité les **organismes de normalisation** à émettre des **normes d'interconnexion de systèmes**.
- L'organisation de standardisation internationale (**ISO**) a défini une architecture qui permet **l'interconnexion de systèmes ouverts**.

1. Modèle OSI

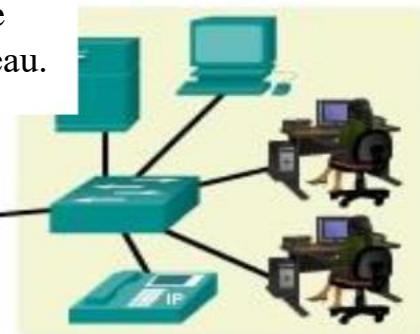
1.1. Normes et protocoles réseau

Avantages de l'utilisation d'un modèle en couches



Un modèle de réseau est uniquement une représentation du fonctionnement d'un réseau.

Le modèle n'est pas le réseau réel.



Modèle OSI

Suite de protocoles TCP/IP

modèle TCP/IP

Application

Présentation

HTTP, DNS, DHCP, FTP

Session

Transport

TCP, UDP

Réseau

IPv4, IPv6,
ICMPv4, ICMPv6

Liaison de données

PPP, Frame Relay,
Ethernet

Physique

Application

Transport

Internet

Accès réseau

Frame Relay: utilisé pour les échanges intersites (WAN)

PPP: permet d'établir une connexion entre deux hôtes sur une liaison point à point

1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

Avantages de l'utilisation d'un modèle en couches

- On utilise souvent un modèle sous forme de **couches**, tel que le modèle **TCP/IP** pour aider à **visualiser l'interaction** entre les **différents protocoles**. Ce modèle illustre le **fonctionnement des protocoles** intervenant dans chaque couche, ainsi que leur **interaction** avec les couches **supérieures et inférieures**.
- L'utilisation d'un modèle en couches présente certains **avantages** pour décrire des protocoles et des opérations sur un réseau:
 - ✓ Aide à la **conception d'un protocole**, car des protocoles qui fonctionnent à un niveau de couche spécifique disposent d'informations définies à partir desquelles ils agissent, ainsi que d'une interface définie par rapport aux couches supérieures et inférieures.
 - ✓ Il encourage la **concurrence**, car les produits de **différents fournisseurs** peuvent fonctionner ensemble.
 - ✓ Il permet d'éviter que des changements technologiques ou fonctionnels dans une couche ne se répercutent sur d'autres couches.
 - ✓ Il fournit un **langage commun** pour décrire les **fonctions** d'un réseau.
 - ✓ Assurer **l'interopérabilité** des technologies.

1. Modèle OSI

1.1. Normes et protocoles réseau

Avantages de l'utilisation d'un modèle en couches

- Il existe deux types de modèles de réseau de base :
- **Le modèle de référence** assure la **cohérence** de tous les types de protocoles et services réseau en décrivant les **opérations** à effectuer à chaque couche réseau.
 - Le principal objectif d'un modèle de référence est **d'assurer une compréhension plus claire** des fonctions et des processus impliqués.
 - Le **modèle OSI** (Open System Interconnection) est le modèle de référence **interréseau** le plus connu. Il est utilisé pour la conception de réseaux de données, des spécifications d'opérations et la résolution des problèmes.
- **Le modèle de protocole**, qui suit la structure **d'une suite de protocoles** donnée. L'ensemble hiérarchique des protocoles associés dans une suite représente généralement toutes les **fonctionnalités requises** à l'interface entre le réseau humain et le réseau de données.
 - Le **modèle TCP/IP** est un modèle de protocole, car il décrit les fonctions qui interviennent à chaque couche des protocoles au sein de la suite **TCP/IP**.
- Les modèles **OSI** et **TCP/IP** sont les principaux modèles utilisés en matière de fonctionnalités réseau.

1. Modèle OSI

1.2. Modèle de référence OSI

- À l'origine, le modèle **OSI** (Open System Interconnexion) a été conçu par l'organisation **ISO** en **1983** pour fournir un cadre dans lequel concevoir une **suite de protocoles** système ouverts.
- L'idée était que cet ensemble de protocoles serait utilisé pour **développer un réseau international** qui ne dépendrait pas de systèmes propriétaires.
- Du fait de la **rapidité** avec laquelle **Internet** basé sur **TCP/IP** a été adopté et de **sa vitesse de développement**, l'élaboration et l'acceptation de la suite de protocoles OSI sont restées à la traîne.
- Le modèle **OSI** à **sept couches** a apporté des contributions essentielles au développement d'autres protocoles et produits pour tous les types de nouveaux réseaux.
- Il fournit une liste exhaustive de **fonctions** et de **services** qui peuvent intervenir à chaque couche.
- Il décrit également **l'interaction** de chaque couche avec les couches directement **supérieures** et **inférieures**.

7. Application

6. Présentation

5. Session

4. Transport

3. Réseau

2. Liaison de données

1. Physique

1. Modèle OSI

1.2. Modèle de référence OSI

- Couche :
 - Une **couche** est un **ensemble homogène** destiné à accomplir une **tâche** ou rendre un **service**.
 - une **Fonctionnalité** = une **Couche**.
 - La gestion **interne** d'une couche est **indépendante** des autres.
 - **Chaque couche :**
 - S'appuie sur les **Fonctionnalités** de la couche **inférieure**.
 - Offre des **Services** à la couche **supérieure**.
- Protocole : 
 - **Règles** et **conventions** utilisées pour la **conversation** entre **deux couches de même niveau**.
- Interface :
 - **Opérations élémentaires** et **services** qu'une couche **inférieure** offre à une couche supérieure.

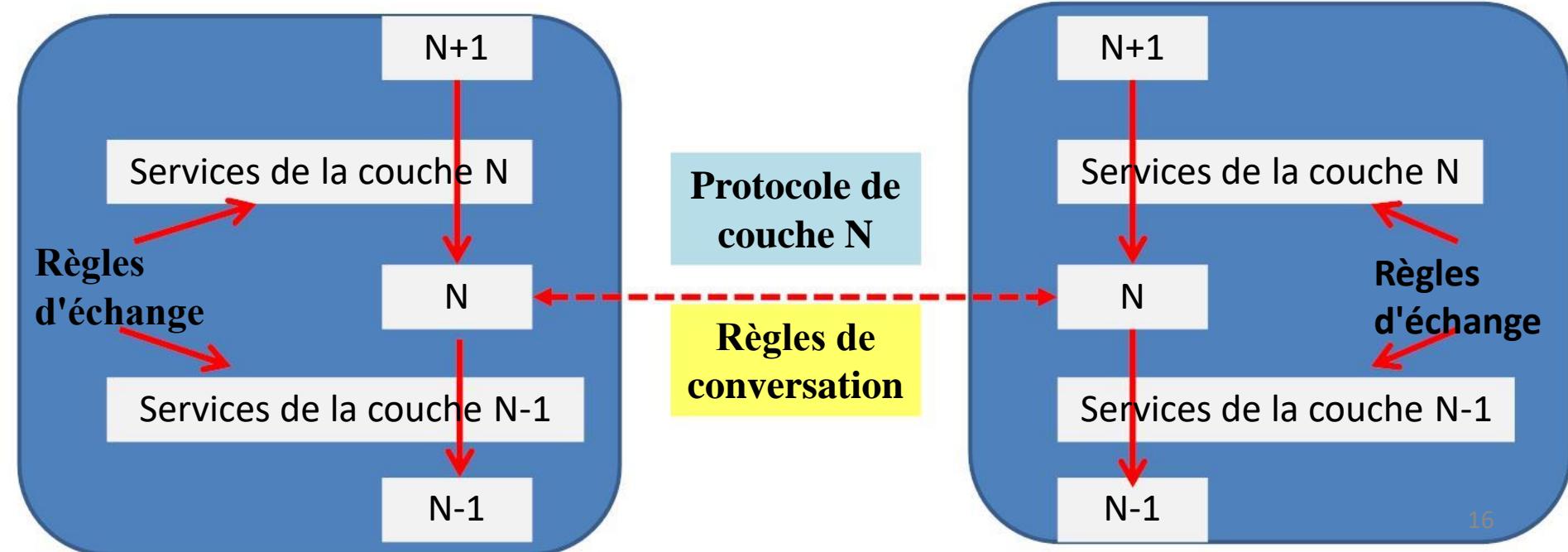


1. Modèle OSI

1.2. Modèle de référence OSI

Types de dialogues

- **Dialogue horizontal** entre couches homologues à l'aide du protocole de niveau N.
 - Règles de **conversation** entre 2 couches de même rang (**Protocoles**).
- **Dialogue vertical** à l'aide de service d'interface
 - Règles **d'échange** ou **interfaces** entre **2 couches contiguës**.

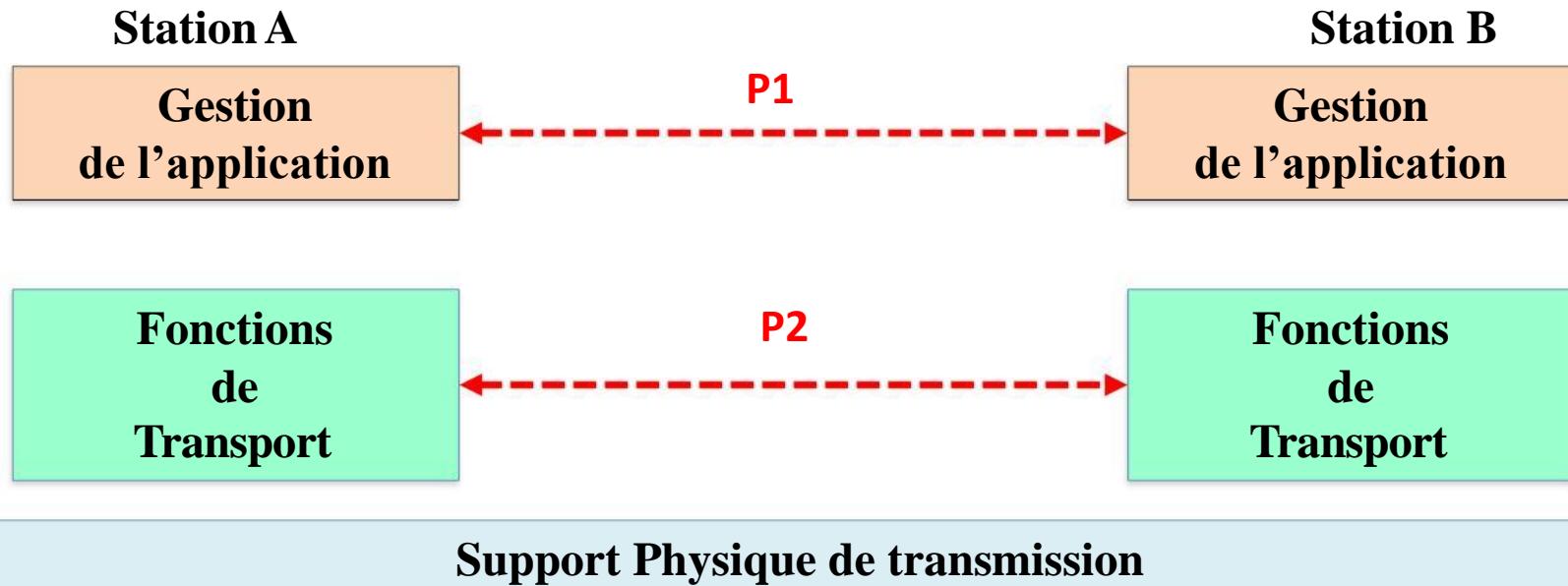


1. Modèle OSI

1.2. Modèle de référence OSI

Séparation en 2 domaines : Traitement et Transport

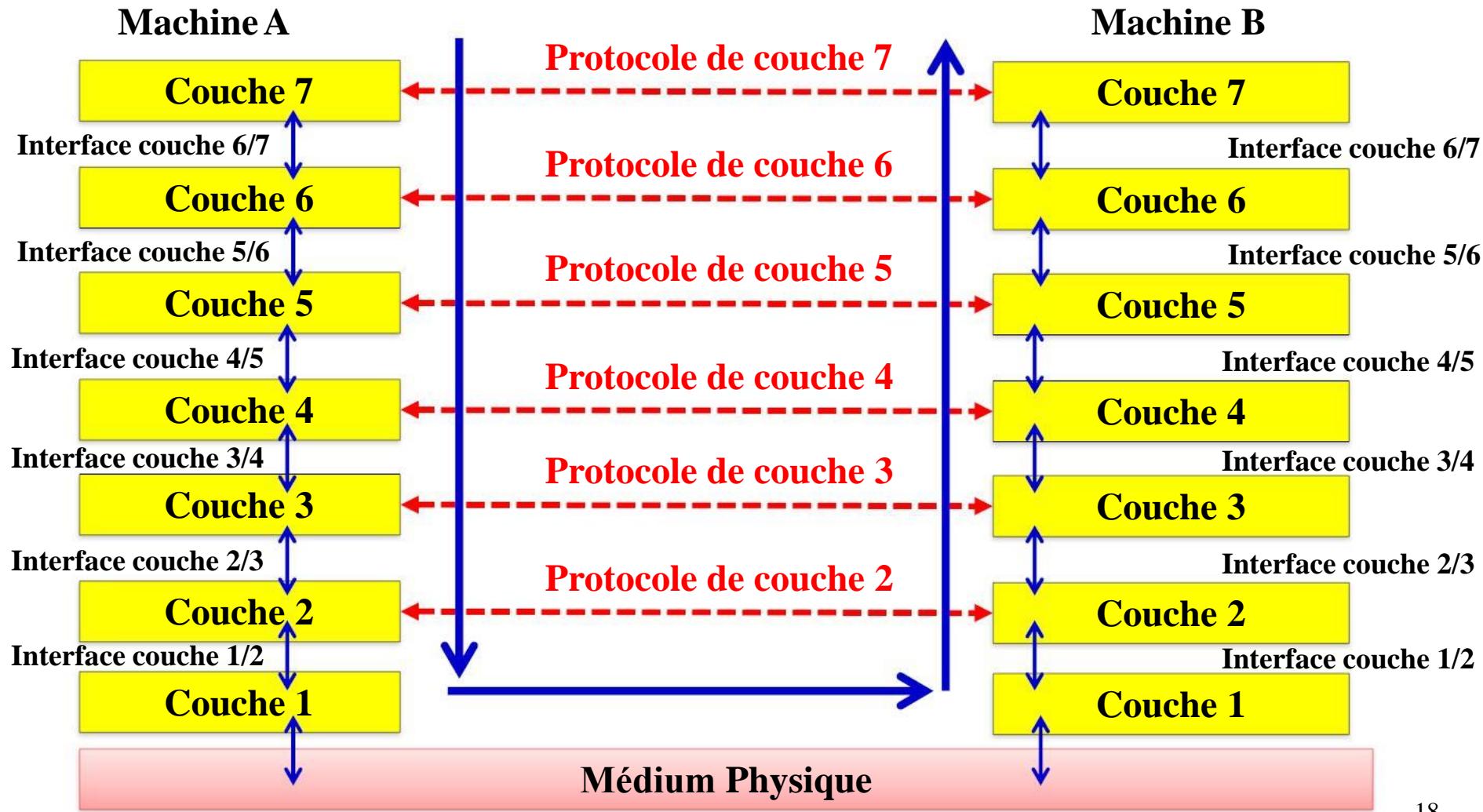
- Domaine du transport = Regroupe les couches basses
 - Fonctions de **transmissions de données**.
 - Souvent implantées dans les **matériels** spécifiques aux réseaux.
- Domaine du traitement = Regroupe les couches hautes
 - Fonctions de **traitements de données**.
 - Mises en œuvre dans les **systèmes d'exploitation**.



1. Modèle OSI

1.2. Modèle de référence OSI

Modèle en 7 couches

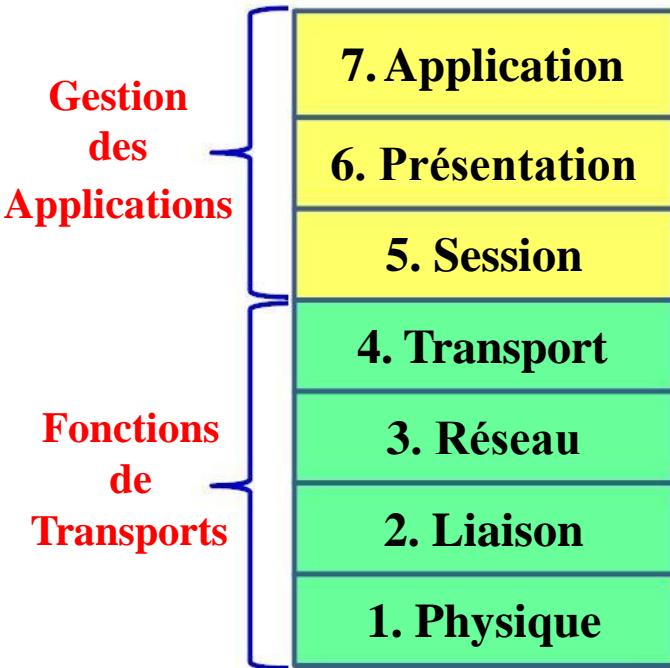


1. Modèle OSI

1.2. Modèle de référence OSI

Modèle en 7 couches

- Chaque couche correspond à une **fonctionnalité** particulière d'un réseau.
- Les **couches 1, 2, 3 et 4** sont dites **basses** et les **couches 5, 6 et 7** sont dites **hautes**.
- Chaque couche est constituée d'éléments **matériels** et **logiciels** et offre un **service** à la couche supérieure en lui épargnant les **détails d'implémentation nécessaires**.
- Aucune donnée **n'est transférée directement** d'une **couche n** vers une autre **couche n**, mais elle l'est par étapes successives.



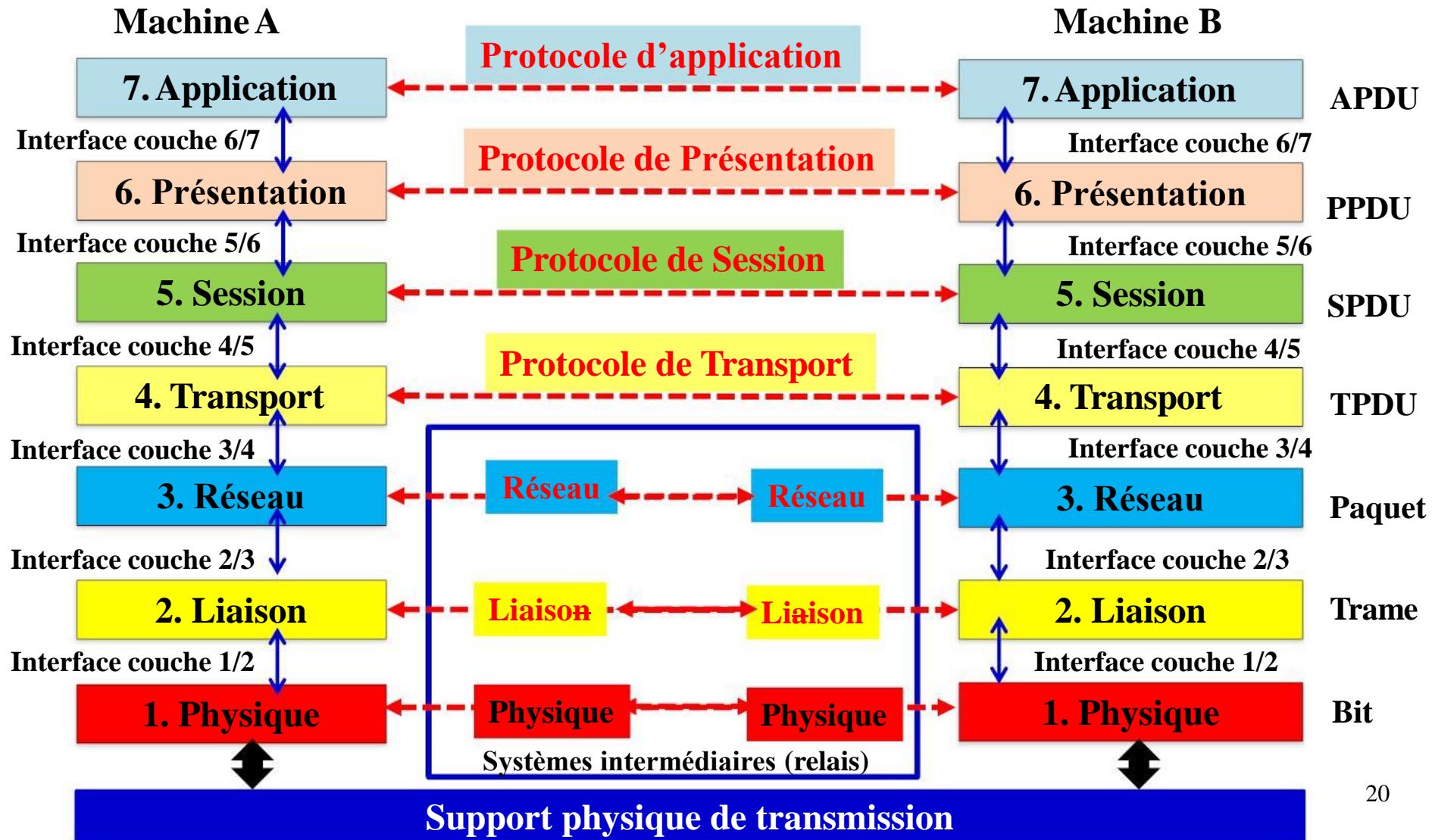
Exemple :

- Supposons un **message** à transmettre de l'émetteur A vers le récepteur B. Ce message va franchir les couches successives de A via les **interfaces** qui existent entre chaque couche pour finalement atteindre le **support physique**. Là, il va **transiter** via différents nœuds du réseau, chacun de ces nœuds traitant le message via ses couches basses. Puis, quand il arrive à destination, le message remonte les couches du récepteur B via les différentes interfaces et atteint l'application chargée de traiter le message reçu.

1. Modèle OSI

1.2. Modèle de référence OSI

Communication entre couches



1. Modèle OSI

1.3. Couche Physique

▪ Fonctions:

- La **couche physique (Physical Layer)** fournit un **moyen de transporter** sur le **support physique** du réseau les **bits** constituant une **trame** de la couche liaison de données.
- Elle **accepte** une **trame complète** de la couche liaison de données et la **code** sous la forme d'une **série de signaux** transmis sur les **supports physiques**.
- Sur le périphérique **émetteur**, elle **contrôle la manière** dont les **données** sont transmises sur les **supports physiques** en codant les **chiffres binaires** qui représentent des données sous forme de **signaux** (électriques, lumineux ou ondes radioélectriques).
- Au niveau du **destinataire**, elle reçoit des **signaux** à travers les supports connectés. Après avoir **décodé** le signal pour obtenir à nouveau des données, elle transmet les données à la couche liaison de données pour **acceptation et traitement**.
- **Unité d'échanges : le Bit.**

7. Application

6. Présentation

5. Session

4. Transport

3. Réseau

2. Liaison

1. Physique

1. Modèle OSI

1.3. Couche Physique

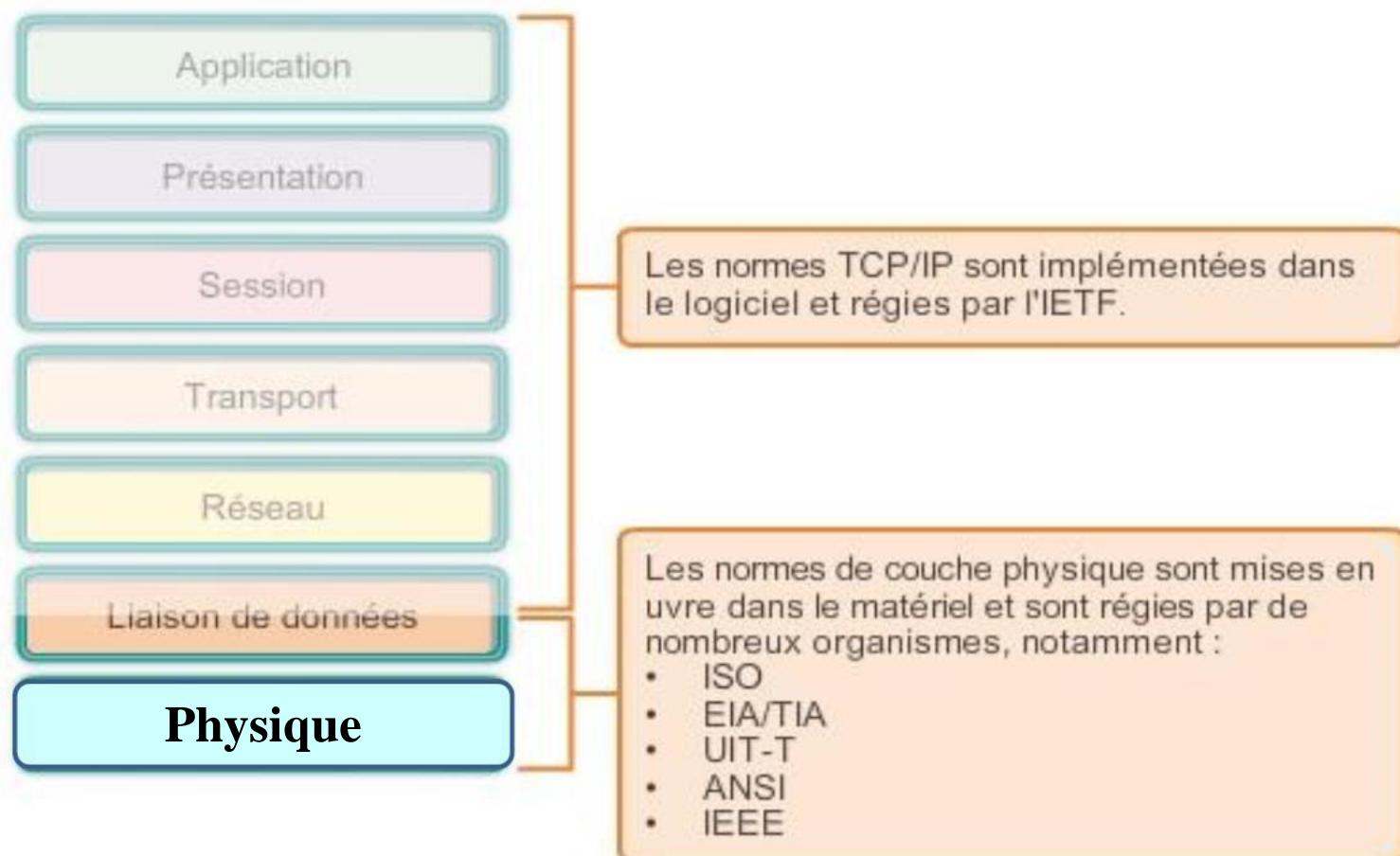
- Normes :
- La couche physique est constituée de **circuits électroniques**, de **supports** et de **connecteurs** développés par des **ingénieurs**. Il est par conséquent approprié que les **normes** régissant ces **matériels** soient définies par les **organisations d'ingénierie électrique et de communications** correspondantes.
- Les **normes** relatives au matériel, aux supports, au codage et à la signalisation sont définies et régies par les **organismes** suivants :
 - **ISO** (International Standards Organization).
 - **TIA/EIA** (Telecommunications Industry Association/Electronic Industries Association).
 - **UIT**(Union Internationale des Télécommunications).
 - **ANSI** (American National Standards Institute).
 - **IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers).
 - **FCC** (Federal Communication Commission, États-Unis).
 - **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute).

1. Modèle OSI

1.3. Couche Physique

■ Normes :

- Les protocoles des couches supérieures sont exécutés dans des **logiciels** conçus par des **développeurs** et des **ingénieurs** informaticiens. Par exemple, les **services** et les **protocoles** de la suite **TCP/IP** sont définis par **l'IETF** (Internet Engineering Task Force).



1. Modèle OSI

1.3. Couche Physique

▪ Normes :

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).ISO11801: 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 télécommunicationsTIA-598-C: code couleur de la fibre optique.TIA-942: norme d'infrastructure de télécommunications pour les data centers.
ANSI	568-C: brochage RJ-45. Développée en collaboration avec les organismes EIA et TIA.
UIT-T	G.992: ADSL
IEEE	<ul style="list-style-type: none">802.3: Ethernet802.11: Réseau local sans fil et maillé (certification Wi-Fi)802.15: Bluetooth

1. Modèle OSI

1.4. Couche Liaison de Données

▪ Fonctions:

- Les protocoles de la couche **liaison de données** (**Data Link Layer**) décrivent des méthodes **d'échange des trames de données** entre des **périphériques** sur un support commun.
- Sur le périphérique **émetteur**, il appartient à la couche liaison de données de **préparer** les données à transmettre et de **contrôler l'accès** de ces données aux **supports physiques**.
- 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**.
- Elle accepte les **paquets** de couche **réseau** et les **encapsule** dans des unités de données appelées des **trames**. Elle fournit un service de **détection des erreurs**.
- Elle est divisée en **deux sous-couches** :
 - La **sous couche LLC** (**Logical Link Control**): Elle est mise en œuvre au niveau **logiciel** (**pilote de la carte réseau**).
 - La **sous couche MAC** (**Media Access Control**): Elle est mise en œuvre au niveau **matériel** (sur la **carte réseau**).
- **Unité d'échanges : La Trame**.

7. Application

6. Présentation

5. Session

4. Transport

3. Réseau

2. Liaison

1. Physique

1. Modèle OSI

1.4. Couche Liaison de Données

Protocoles et Normes

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• 802.5: Token Ring• 802.11: Réseau local sans fil 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: Frame Relay
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)

1. Modèle OSI

1.5. Couche Réseau

■ Fonctions:

- La **couche réseau** (Network Layer) fournit des **services** permettant aux périphériques finaux **d'échanger des paquets** sur le réseau entre des **périphériques finaux identifiés**.
- La couche réseau utilise **quatre processus de base :**
 - **Adressage des périphériques finaux:** Configurer les périphériques par des **adresses IP uniques** pour être identifiés sur le réseau.
 - **Encapsulation:** Ajouter des informations d'en-tête IP, telles que **l'adresse IP source et de destination**.
 - **Routage:** Diriger les paquets vers un hôte de destination sur un autre réseau. Pour voyager vers d'autres réseaux, le paquet doit être traité par un **routeur**.
 - **Désencapsulation:** lorsque le paquet arrive au niveau de la couche réseau de destination **l'en-tête IP est supprimé du paquet**.
- **Unité d'échanges : le Paquet.**

7. Application

6. Présentation

5. Session

4. Transport

3. Réseau

2. Liaison

1. Physique

1. Modèle OSI

1.5. Couche Réseau

- **Protocoles:**
 - Il existe plusieurs protocoles de couche réseau. Cependant, seuls les **deux protocoles** suivants sont généralement mis en œuvre:
 - Le protocole **IP version 4 (IPv4, 32 Bits)**
 - Le protocole **IP version 6 (IPv6, 128 Bits)**
 - Le **protocole IP** (Internet Protocol) s'occupe de la **structure et de l'adressage** des paquets.
- **Exemples de protocoles de contrôle de l'Internet :**
 - **ARP** (Address Resolution Protocol).
 - **ICMP** (Internet Control and error Message Protocol).
 - **RARP** (Reverse ARP).
- **Exemples de protocoles de routage :**
 - **RIP** (Routing Information Protocol).
 - **OSPF** (Open Shortest Path First).
 - **IGRP** (Interior Gateway Routing Protocol).
 - **EIGRP** (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol).
 - **Integrated IS-IS** (Integrated Intermediate System to Intermediate System).

1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

▪ Fonctions:

- Elle gère le **transport** des données entre les processus s'exécutant sur chaque hôte dans la **communication de bout en bout**.
- Elle fournit une **méthode d'acheminement** des informations sur l'ensemble du réseau qui garantit que les données peuvent être **correctement rassemblées** au niveau du destinataire.
- Elle **segmente les données** et se charge des **contrôles** nécessaires à la **réorganisation** de ces segments de données en différents flux de communication.
- Elle se préoccupe de la **correction des erreurs**.
- C'est la dernière couche de contrôle des informations, elle doit assurer aux couches supérieures un **transfert fiable** quelle que soit la qualité du sous-réseau de transport utilisé.
- **Unité d'échanges :**
« **fragment** » ou « **segment** » pour TCP, et le **datagramme** pour UDP ;

7. Application

6. Présentation

5. Session

4. Transport

3. Réseau

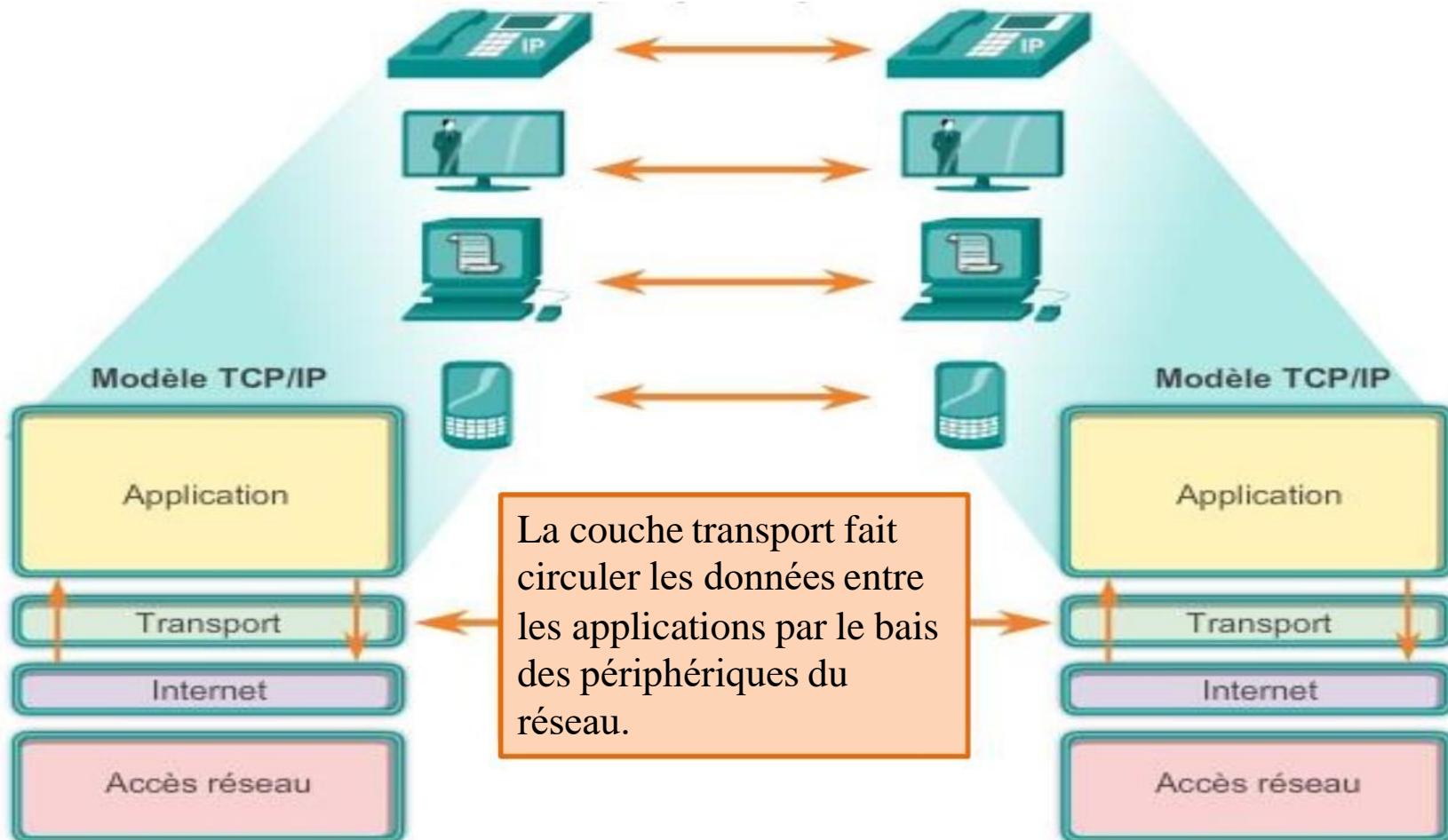
2. Liaison

1. Physique

1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

Activation de la communication des applications sur les périphériques



- Cette couche constitue la **liaison** entre la **couche application** et les couches inférieures chargées de la **transmission** sur le réseau.

1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

▪ Protocoles:

- Selon le modèle **TCP/IP**, ces processus de **segmentation** et de **réorganisation** peuvent être réalisés à l'aide de **deux protocoles**:
 - **TCP** (Transmission Control Protocol) orienté **connexion**: C'est un protocole fiable et complet, qui **garantit** que toutes les données **arrivent à destination**.
 - **UDP** (User Datagram Protocol) en mode **sans connexion**: C'est un protocole très simple qui **ne permet pas de garantir la fiabilité**.
- Ces protocoles effectuent les **tâches** principales suivantes :
 - Effectuer un **suivi des communications individuelles** entre les applications résidant sur les hôtes source et de destination;
 - **Segmenter** les données pour faciliter la gestion et **réassembler** les données segmentées en flux de données d'application vers la destination.
 - **Identifier l'application appropriée** pour chaque **flux de communication**.
- Quelques autres protocoles de la couche Transport:
 - Datagram Congestion Control Protocol (**DCCP**) (origine IETF).
 - Sequenced packet exchange (**SPX**) (origine Novell).
 - Stream Control Transmission Protocol (**SCTP**) (origine IETF).
 - Transaction Capabilities Application Part (**TCAP**) (origine ITU).

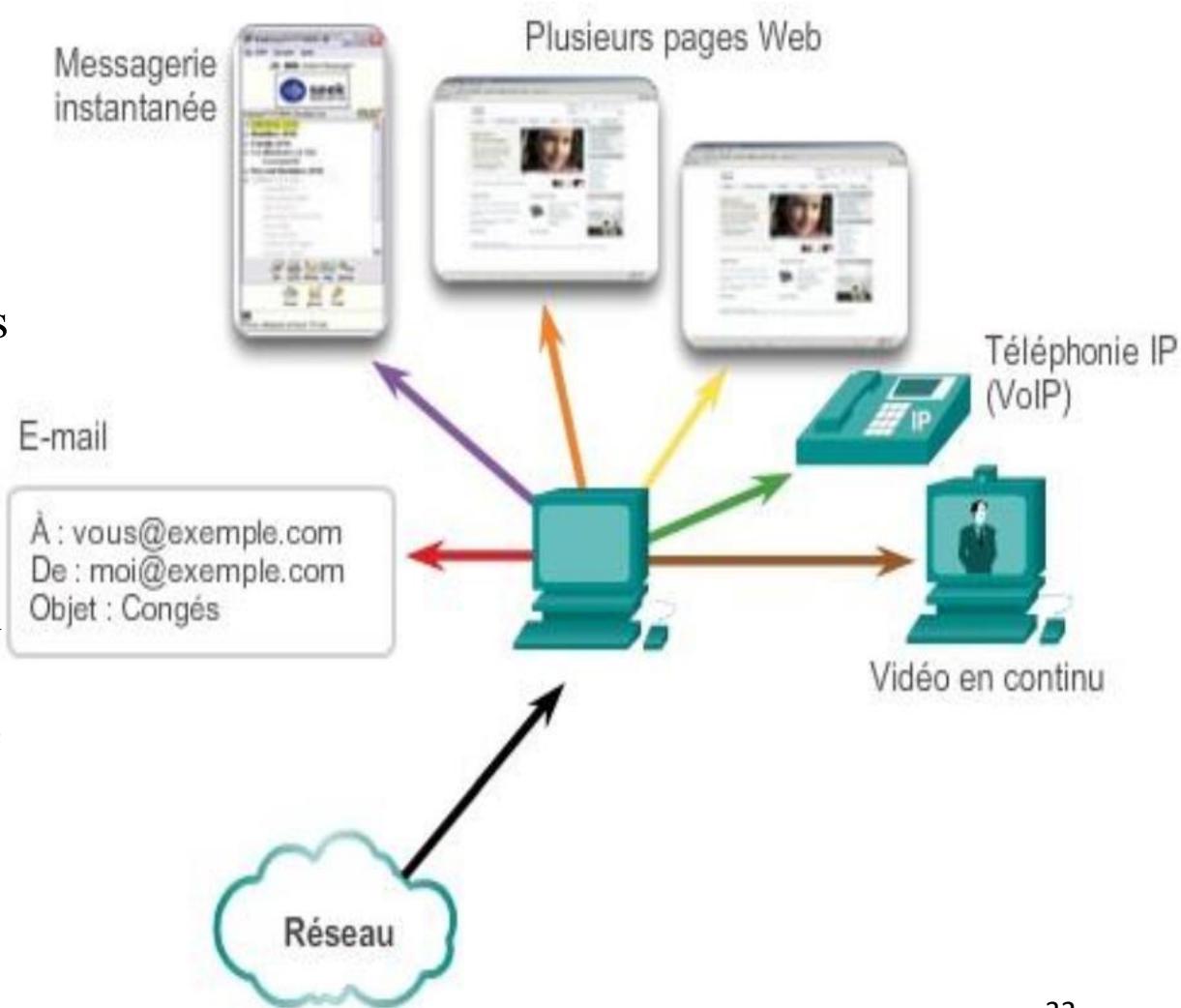
1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

▪ Protocoles:

- Chaque ensemble de données transitant entre une application source et une application de destination est appelé une **conversation**.
- Un hôte peut héberger plusieurs applications qui communiquent sur le réseau simultanément.
- Chacune de ces applications communique avec une ou plusieurs applications sur un ou plusieurs hôtes distants.
- La couche transport est chargée de garantir ces **multiples conversations** et d'en effectuer le **suivi**.

Suivi des conversations

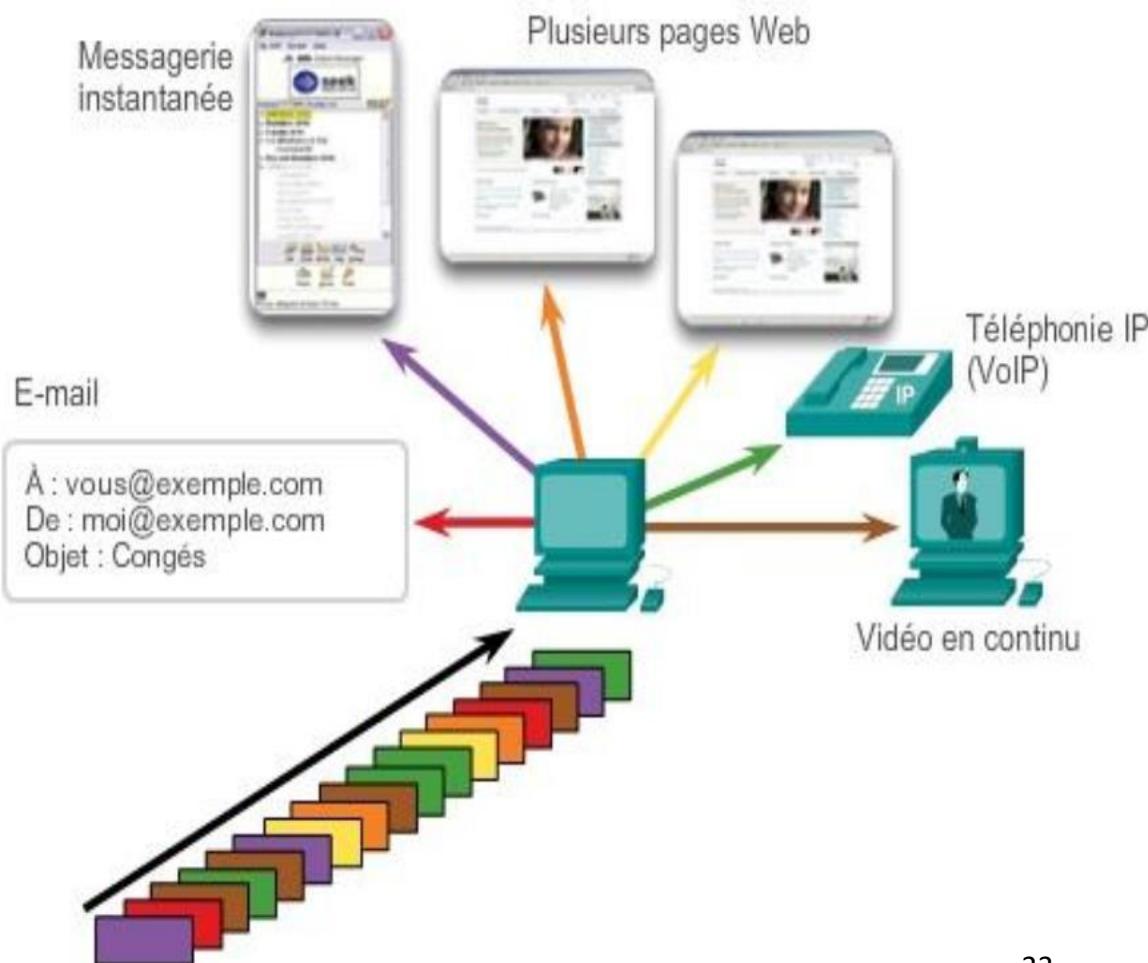


1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

- Les données doivent être préparées à être envoyées sur le support sous forme de **blocs** de données (**segments**) de taille appropriée plus **faciles à gérer** et à **transporter**.
- Il s'agit de **l'encapsulation** devant s'appliquer à chaque bloc de données. Un **en-tête**, utilisé pour la réorganisation, est ajouté à chaque bloc de données.
- Cet en-tête est utilisé pour suivre le flux de données.
- Au niveau du destinataire, cette couche doit pouvoir **reconstituer un flux de données complet** utile pour la couche application à partir des blocs de données.

Segmentation des données et reconstitution des segments

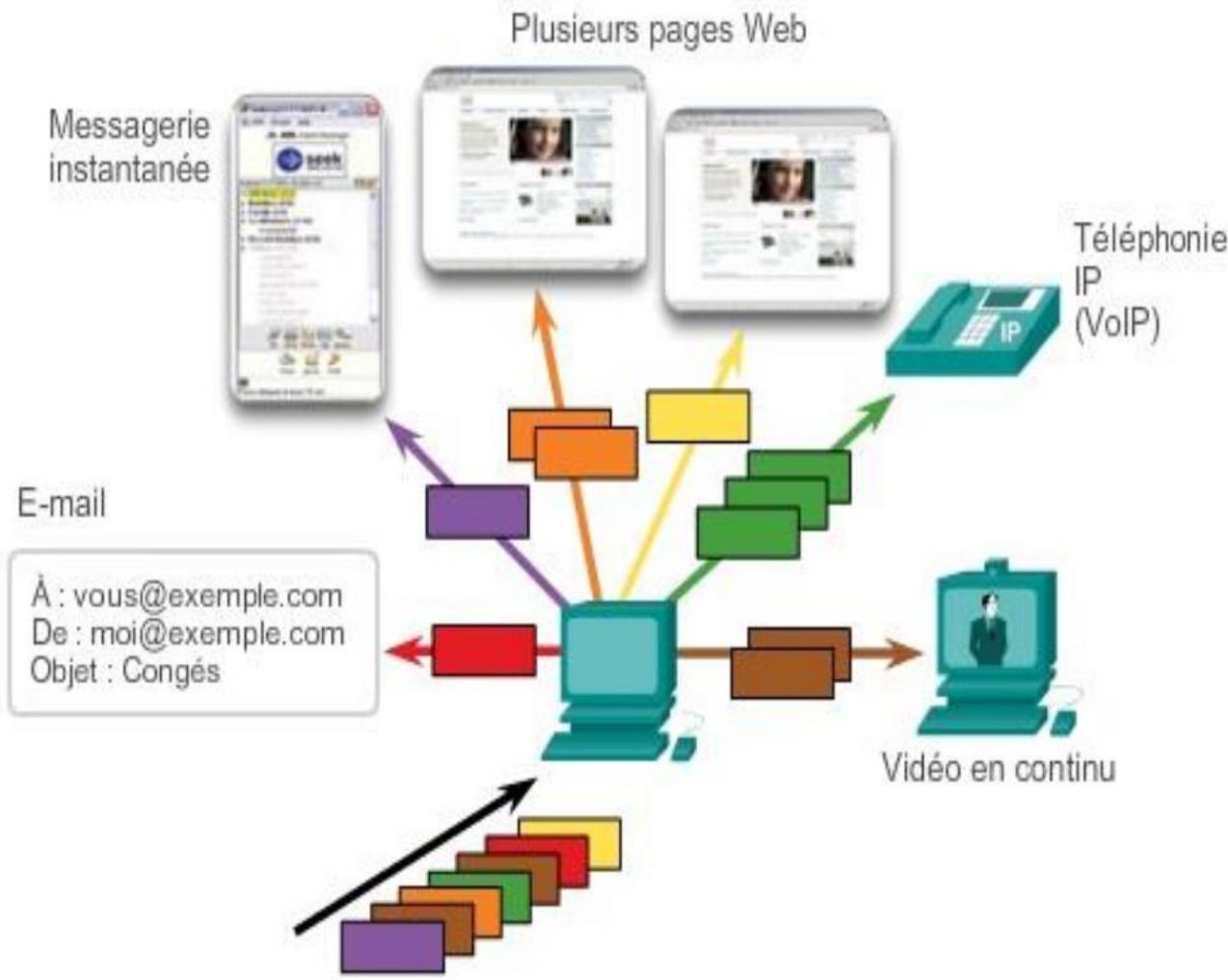


1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

- La couche transport s'assure que même lorsque plusieurs applications s'exécutent sur un périphérique, toutes les applications reçoivent les **données correctes**.
- Pour cela, Elle affecte un **identificateur** appelé **numéro de port**. à chaque **application**.
- Chaque processus logiciel ayant besoin d'accéder au réseau se voit affecter un numéro de port unique sur son hôte.
- La couche transport utilise des **ports** pour identifier **l'application ou le service**.

Identification des applications

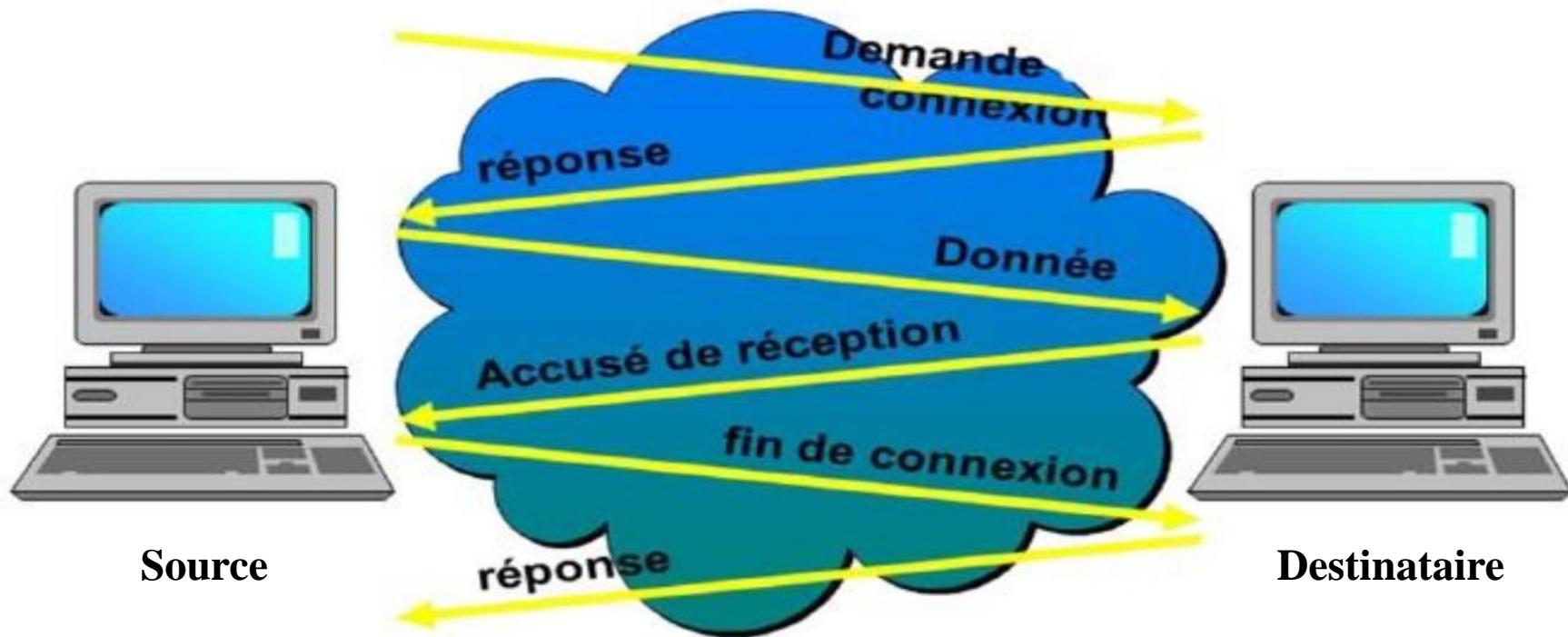


1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

Protocole TCP: Protocole fiable et avec connexion

- Protocole à remise garantie, **orienté connexion**, qui permet un **acheminement sans erreur** des segments.
- **Rôle :** Fragmenter le message à transmettre de manière à pouvoir le faire passer sur la couche Internet, **sur la machine destination**, TCP replace dans l'ordre les **fragments transmis par la couche Internet pour construire le message initial**.

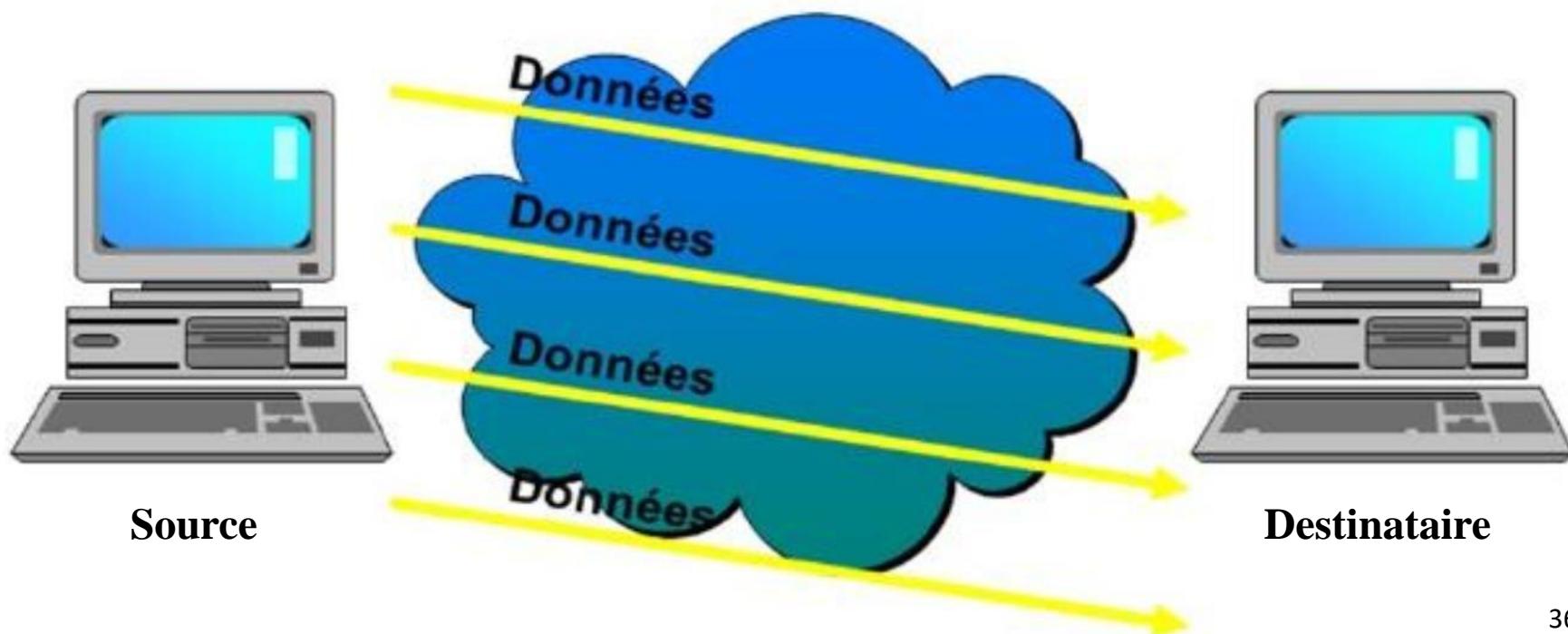


1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

Protocole UDP: Protocole non fiable et sans connexion

- Plus simple que TCP mais **non fiable** (remise non garantie).
- Fonctionne sans connexion.
- Plus **rapide** que TCP.
- Utilisé quand on néglige volontairement le **contrôle de flux** et le **séquencement** des paquets.



1. Modèle OSI

1.6. Couche Transport

Le Bon protocole pour la Bonne application

Protocole UDP



Protocole TCP



Modèle OSI

Application

Présentation

Session

Transport

Réseau

Liaison de données

Physique

modèle TCP/IP

Application

Transport

Internet

Accès réseau

Propriétés de protocole requises:

- Rapide
- Aucun accusé de réception
- Aucun renvoi des données perdues
- Envoi des données à mesure de leur arrivée

Propriétés de protocole requises:

- Faible
- Accusés de réception
- Renvoi des données perdues
- Envoi des données selon leur ordre d'envoi

1. Modèle OSI

1.7. Couche Session

■ Fonctions:

- Les fonctions de la couche session **créent et gèrent** les **dialogues** entre les applications **source** et de **destination**.
- Elle traite **l'échange** des informations pour **commencer** et **maintenir** un dialogue et pour **redémarrer** les sessions interrompues ou inactives pendant une longue période.
- Une session est la mise en communication de deux ou plusieurs extrémités de façon à gérer leur **dialogue**.
- Elle fournit aux entités coopérantes les **moyens** nécessaires pour **synchroniser leurs dialogues**, les **interrompre** ou les **reprendre** tout en assurant la **cohérence des données échangées**.
- **Unité d'échanges : Le Datagramme.**

7. Application

6. Présentation

5.Session

4. Transport

3. Réseau

2. Liaison

1. Physique

1. Modèle OSI

1.8. Couche Présentation

■ Fonctions :

- Elle met en **forme** ou **présente** les données provenant du périphérique source dans un **format compatible** pour la **réception** par le périphérique de **destination**.
- Elle **comprime** les données de sorte que celles-ci puissent être **décompressées** par le périphérique de destination.
- **Chiffrement** (ou **cryptage**) des données en vue de leur transmission et **déchiffrement** des données reçues par le périphérique de destination afin de protéger la **confidentialité** des données.
- **Unité d'échanges** : Le **Datagramme**.

7. Application

6. Présentation

5. Session

4. Transport

3. Réseau

2. Liaison

1. Physique

1. Modèle OSI

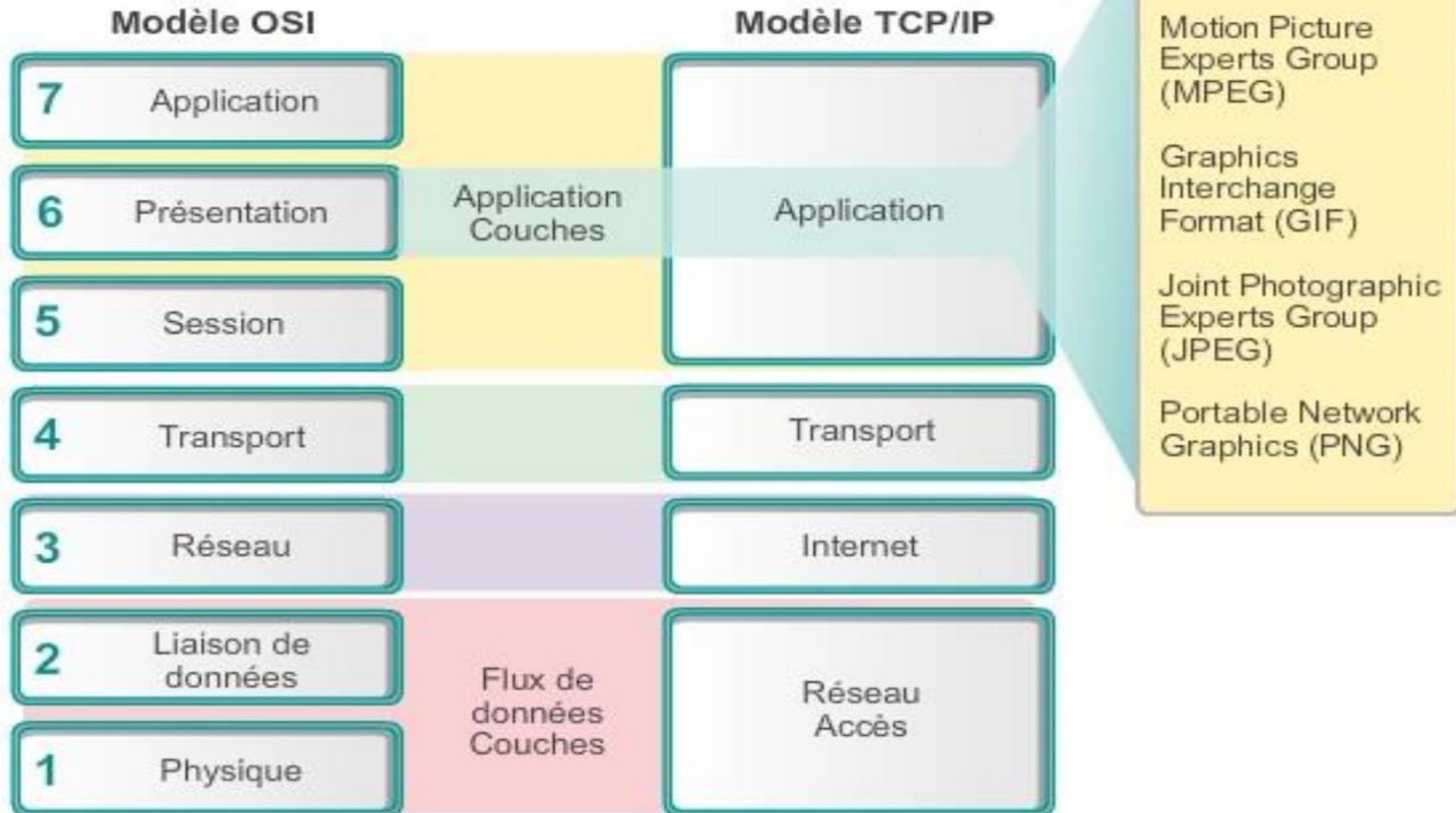
1.8. Couche Présentation

- **Normes:**
 - La couche **présentation** met en forme les données pour la couche **application** et elle définit les **normes des formats** de fichiers.
 - **QuickTime** et **MPEG** (Motion Picture Experts Group) comptent parmi les **normes de vidéo** les plus courantes. **QuickTime** est une spécification informatique **d'Apple** pour la vidéo et l'audio, et **MPEG** est une norme de compression et de codage vidéo et audio.
 - Les **formats d'images graphiques** les plus connus utilisés sur les réseaux sont notamment :
 - **GIF** (Graphics Interchange Format),
 - **JPEG** (Joint Photographic Experts Group),
 - **PNG** (Portable Network Graphics).
 - **GIF** et **JPEG** sont des normes de compression et de codage pour les images graphiques.
 - Le format **PNG** a été conçu pour pallier certaines des limitations du format **GIF** et pour le remplacer par la suite.

1. Modèle OSI

1.8. Couche Présentation

▪ Normes:



1. Modèle OSI

1.9. Couche Application

■ Fonctions:

- C'est la couche **supérieure** des deux modèles **OSI** et **TCP/IP** et elle est la plus proche de **l'utilisateur** final.
- C'est elle qui sert **d'interface** entre les **applications** que nous utilisons pour communiquer et le **réseau** via lequel nos messages sont transmis.
- C'est donc elle qui va apporter à l'utilisateur les **services** de base offerts par le réseau, comme par exemple le transfert de fichier, la messagerie, etc.
- Les couches 5, 6 et 7 du modèle OSI sont utilisées en tant que **références** pour les **développeurs** et les **éditeurs d'applications**, afin de créer des produits tels que des **navigateurs Web** qui doivent accéder aux réseaux.
- **Unité d'échanges :**
 - Le **Datagramme**.

7. Application

6 .Présentation

5. Session

4. Transport

3. Réseau

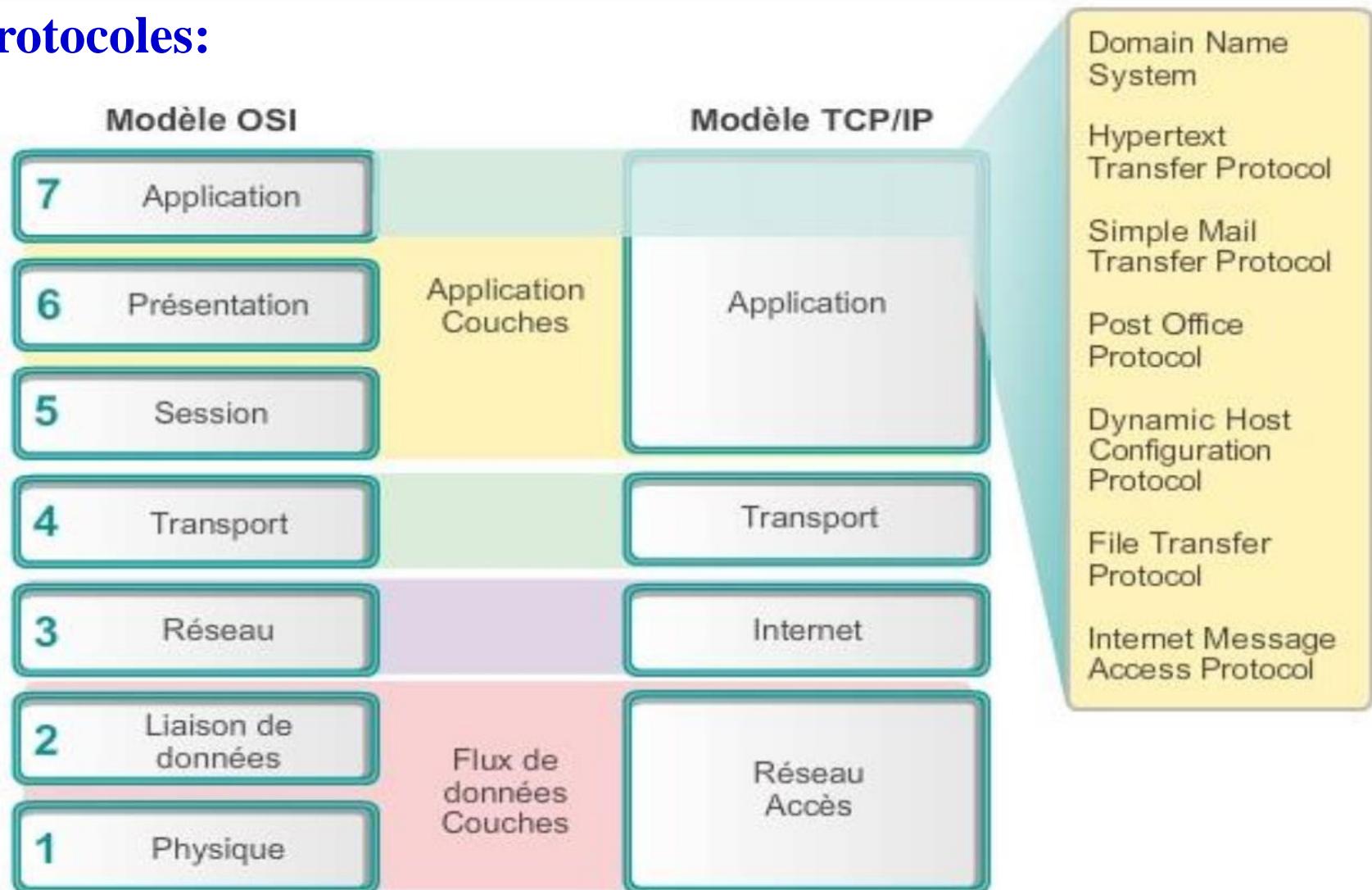
2. Liaison

1. Physique

1. Modèle OSI

1.9. Couche Application

▪ Protocoles:



1. Modèle OSI

1.9. Couche Application

■ Protocoles:

- Les **protocoles** de couche application sont utilisés pour **échanger** des données entre les **programmes** s'exécutant sur les hôtes **source** et de **destination**.
- Tandis que le modèle OSI sépare les fonctions **application**, **présentation** et **session**, les **applications TCP/IP** les plus **connues** et les plus **répandues** intègrent les **fonctionnalités** des trois couches.
- Les **protocoles** TCP/IP spécifient les informations de format et de contrôle nécessaires à un grand nombre de fonctions courantes de communication via Internet.
- Voici certains de ces **protocoles TCP/IP** :
 - **FTP (File Transfer Protocol)** : protocole utilisé pour le transfert interactif de fichiers entre des systèmes. Il permet un acheminement des données **fiable**, **orienté connexion** et avec **accusé de réception**
 - **TFTP (Trivial File Transfer Protocol)** : ce protocole est utilisé pour le transfert actif de fichiers sans connexion.
 - Protocole de transfert de fichiers simple et **sans connexion**.
 - Protocole d'acheminement de fichiers **au mieux** et **sans accusé de réception**.
 - Produit moins de surcharge que le protocole **FTP**.

1. Modèle OSI

1.9. Couche Application

▪ Protocoles:

- **HTTP (Hypertext Transfer Protocol)** : ce protocole est utilisé pour échanger du texte, des graphiques, des sons, des vidéos et autres fichiers multimédia sur le Web.
- **DNS (Domain Name System)** : ce protocole traduit les adresses Internet en adresses IP.
- **Telnet** : protocole utilisé pour permettre un accès distant aux serveurs et aux périphériques réseau.
- **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)** : ce protocole transmet les **e-mails** et leurs **pièces jointes**.
 - Permet aux clients d'envoyer un e-mail à un serveur de messagerie.
 - Permet aux serveurs d'envoyer un e-mail à d'autres serveurs.
- **DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)** : protocole utilisé pour attribuer une **adresse IP**, un **masque de sous-réseau**, une **passerelle par défaut** et des adresses de serveur DNS à un hôte.
 - Attribue **dynamiquement** des adresses IP aux stations clientes au démarrage.
 - Permet aux adresses d'être **réutilisées** lorsqu'elles ne sont plus nécessaires.

1. Modèle OSI

1.9. Couche Application

▪ Protocoles:

- **BOOTP (Bootstrap Protocol)** : ce protocole est un précurseur du protocole DHCP. Il s'agit d'un protocole réseau utilisé pour obtenir des informations d'adresse IP lors du démarrage. Le protocole **DHCP** remplace le protocole **BOOTP**.
- **POP (Post Office Protocol)** : protocole utilisé par les clients de messagerie pour récupérer des e-mails à partir d'un serveur distant.
- **IMAP (Internet Message Access Protocol)** : autre protocole de récupération des e-mails.
 - Permet aux clients d'accéder aux e-mails stockés sur un serveur de messagerie.
 - Conserve les messages sur le serveur.
- Les protocoles de couche application sont utilisés par les périphériques source et de destination pendant une **session de communication**. Pour que les communications aboutissent, Ces protocoles implémentés sur les hôtes source et de destination doivent être **compatibles**.



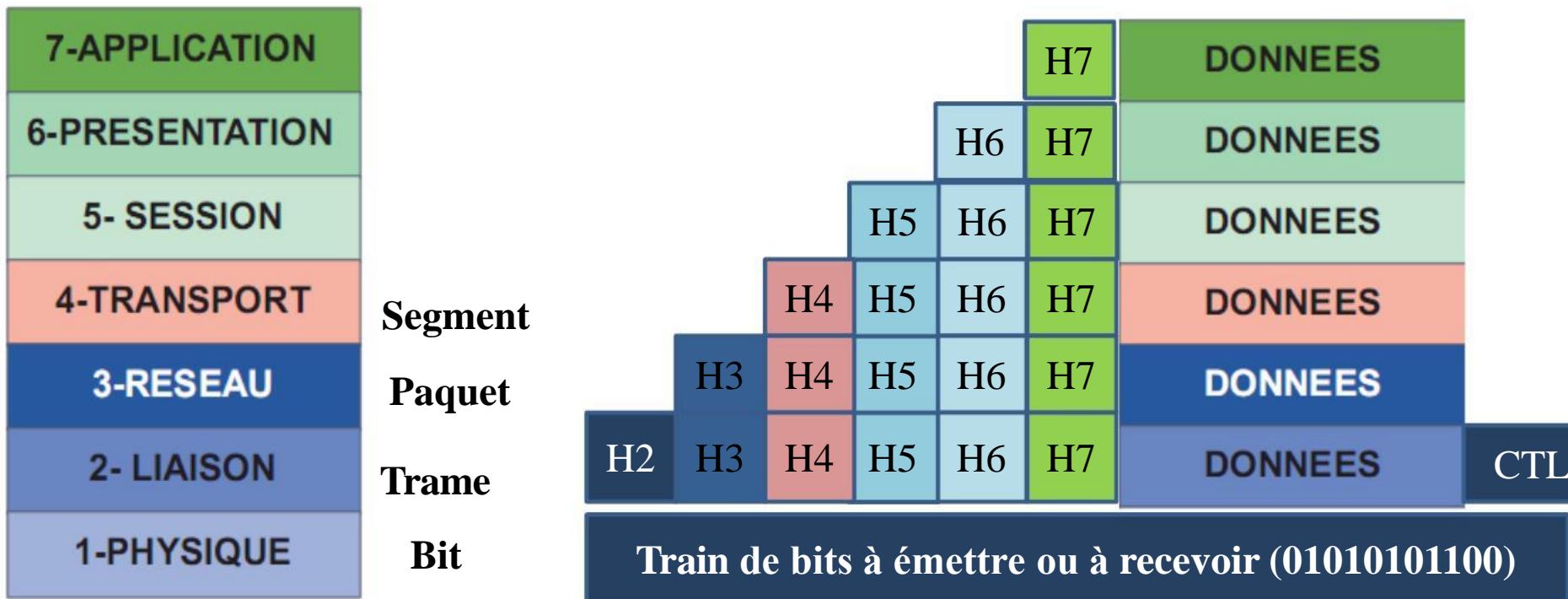
1. Modèle OSI

	Modèle OSI	Périphérique / Description	Modèle TCP/IP
7	Application	 Services applicatifs au plus proche des utilisateurs	
6	Présentation	 Encode, chiffre, compresse les données utiles	Application
5	Session	 Etablit des sessions entre des applications	
4	Transport	 Etablit, maintien et termine des sessions entre des périphériques terminaux	Transport
3	Réseau	 Adresse les interfaces globalement et détermine les meilleurs chemins à travers un inter-réseau	Internet
2	Liaison de Données	 Adresse localement les interfaces, livre les informations localement, méthode MAC	
1	Physique	 Encodage du signal, câblage et connecteurs, spécifications physiques	Accès au Réseau

1. Modèle OSI

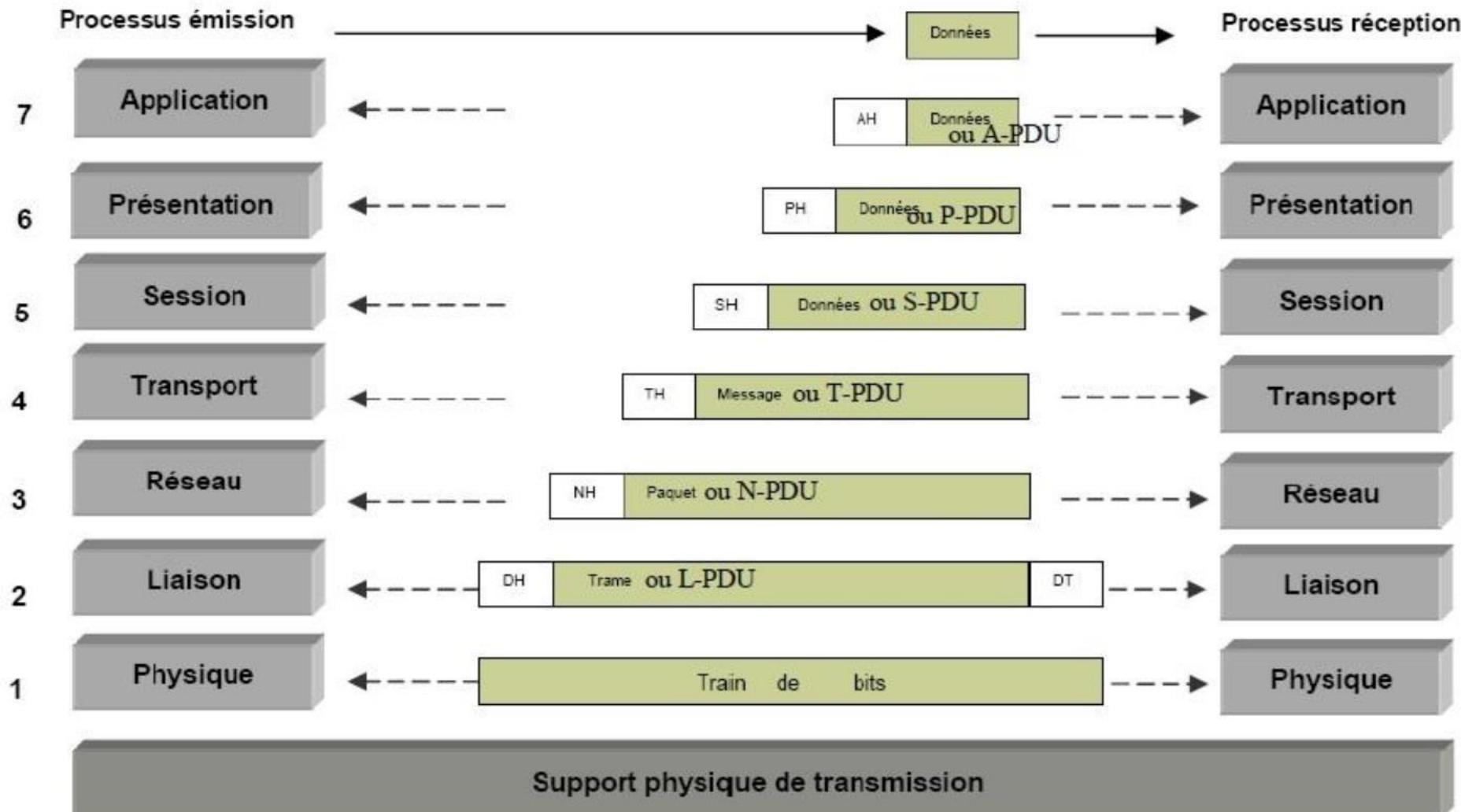
1.10. Encapsulation

- L'**encapsulation** est un procédé consistant à inclure les données d'un protocole dans un autre protocole.
- Chaque couche du modèle **OSI** insère un **en-tête de protocole PCI** (Protocol Control Information).
 - Hx représente l'**en-tête** (Header) **de niveau**.



1. Modèle OSI

1.10. Encapsulation et décapsulation



DT: Délimiteur de fin de trame

1. Modèle OSI

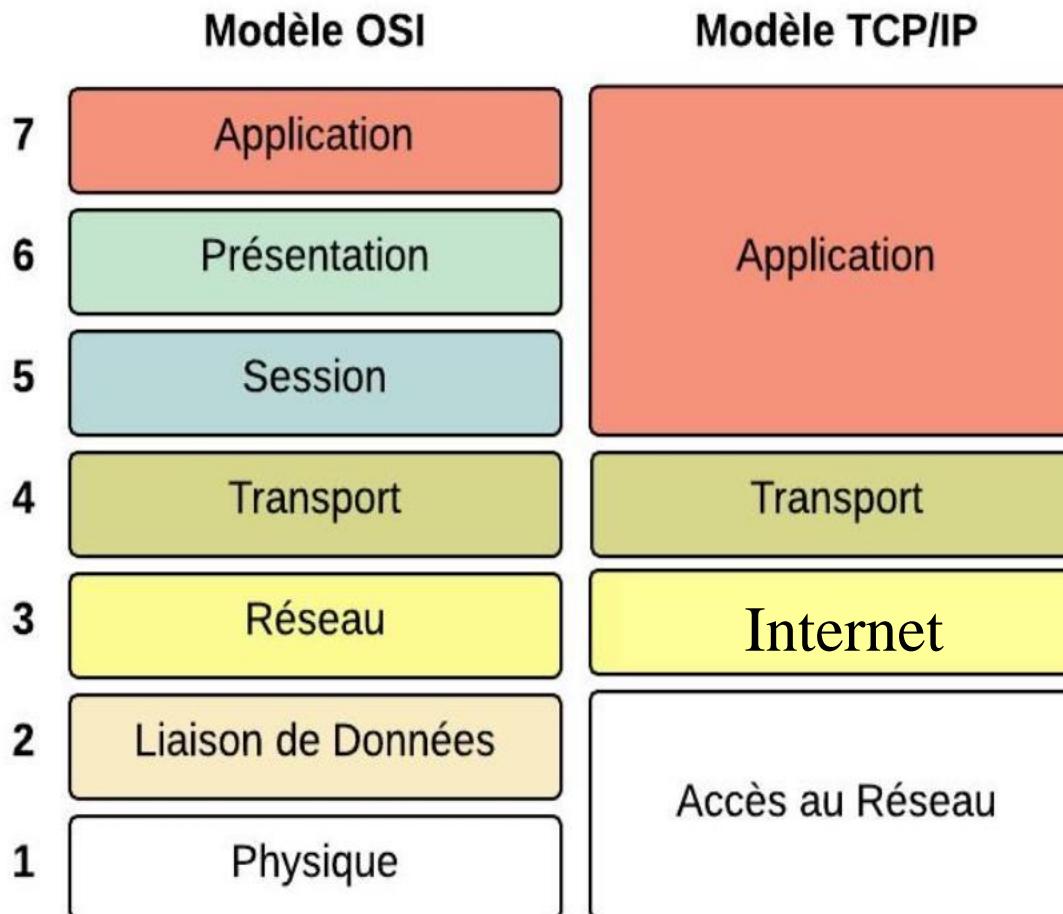
1.11. Structure standard du modèle

■ Description générale

- Pour réaliser une **communication** à travers un ou plusieurs systèmes intermédiaires (relais) il faut :
 - Relier les systèmes par un **lien physique** (couche **PHYSIQUE**);
 - Contrôler qu'une **liaison** peut être **correctement** établie sur ce lien (couche **LIAISON DE DONNEES**);
 - S'assurer qu'à travers le réseau (relais) les données sont correctement acheminées et délivrées au bon destinataire (couche **RÉSEAU**);
 - Contrôler, avant de délivrer les données à l'application que le **transport** s'est réalisé correctement de **bout en bout** (couche **TRANSPORT**);
 - Organiser le dialogue entre toutes les applications, en gérant des sessions d'échange (couche **SESSION**);
 - Traduire les données selon une **syntaxe** de présentation aux applications pour que celles-ci soient compréhensibles par les deux entités d'application (couche **PRÉSENTATION**);
 - Fournir à **l'application utilisateur** tous les **mécanismes** nécessaires à masquer à celle-ci les contraintes de transmission (couche **APPLICATION**).

2. Modèle TCP/IP

2.1. Introduction



Les principales **similitudes** concernent les couches **transport** et **réseau**. Toutefois, les deux modèles diffèrent dans **leurs relations** avec les **couches supérieures** et **inférieures** à chaque couche.

2. Modèle TCP/IP

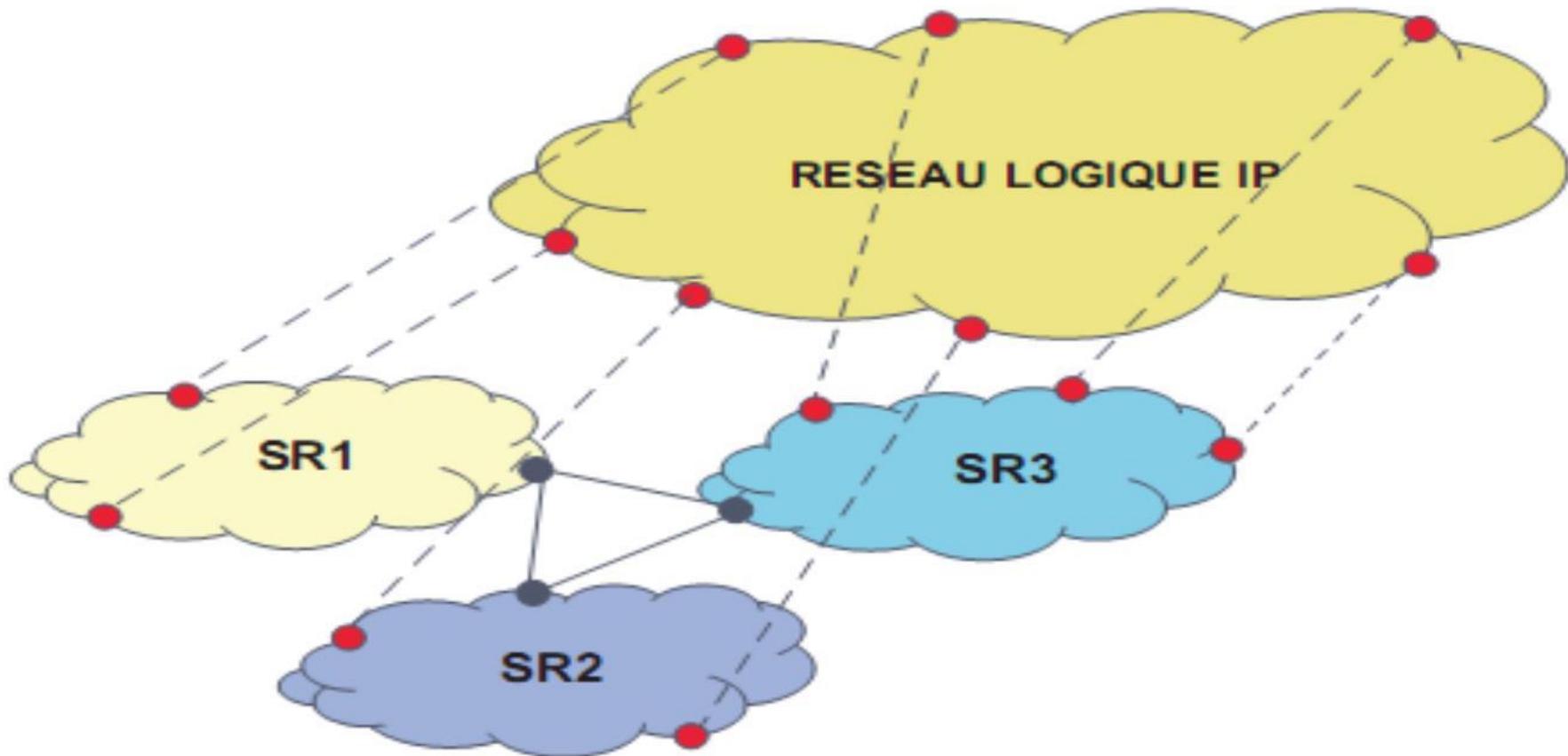
2.1. Introduction

- Le modèle **TCP/IP** a été développé à partir de **1969** sur la base du projet **DARPA** (Defense Advanced Research Project Agency-USA) dont le but de l'interconnexion des systèmes informatiques de **l'armée** et il est appelé **modèle Internet**. Sa véritable mise en place date de **1983-1986**.
- Deux couches du modèle OSI sont si **étroitement liées** telles que la couche **liaison de données** et la couche **physique**, selon le modèle **TCP/IP**, elles ne forment presque qu'une **seule couche (Couche accès réseau)**.
- Le modèle **TCP/IP**, du nom de ses **deux protocoles** principaux (**TCP, Transmission Control Protocol** et **IP, Internet Protocol**):
 - **IP** correspond au niveau 3 du modèle **OSI** (couche **Réseau**).
 - **TCP** correspond au niveau 4 « **couche Transport** » du modèle **OSI**.
- Le modèle **TCP/IP** a été créé afin de répondre à un **problème pratique**, alors que le modèle **OSI** correspond à une approche **plus théorique**. Le modèle **OSI** est donc plus **facile à comprendre**, mais le modèle **TCP/IP** est **le plus utilisé en pratique**.
- Aujourd'hui, **TCP/IP** est le protocole standard de tous les réseaux.

2. Modèle TCP/IP

2.1. Introduction

- TCP/IP décrit un **réseau logique** (réseau IP) au-dessus de ou des **réseaux physiques réels** auxquels sont effectivement connectés les équipements.



Le réseau logique IP et sous-réseaux physiques réels (SRx)

2. Modèle TCP/IP

2.2. Principe architectural

Caractéristiques

Couche Application

- Représente des données pour l'utilisateur (ftp, http etc.), ainsi que du codage et un contrôle du dialogue.

Couche Transport

- Sûreté de la transmission/réception (contrôle d'erreur, contrôle de flux, etc).

Couche Internet

- Fonctions de routage à travers des réseaux multiples (Détermine le meilleur chemin à travers le réseau).
- Adressage IP (Internet Protocol).

Couche Accès Réseau (Couche Liaison + Physique)

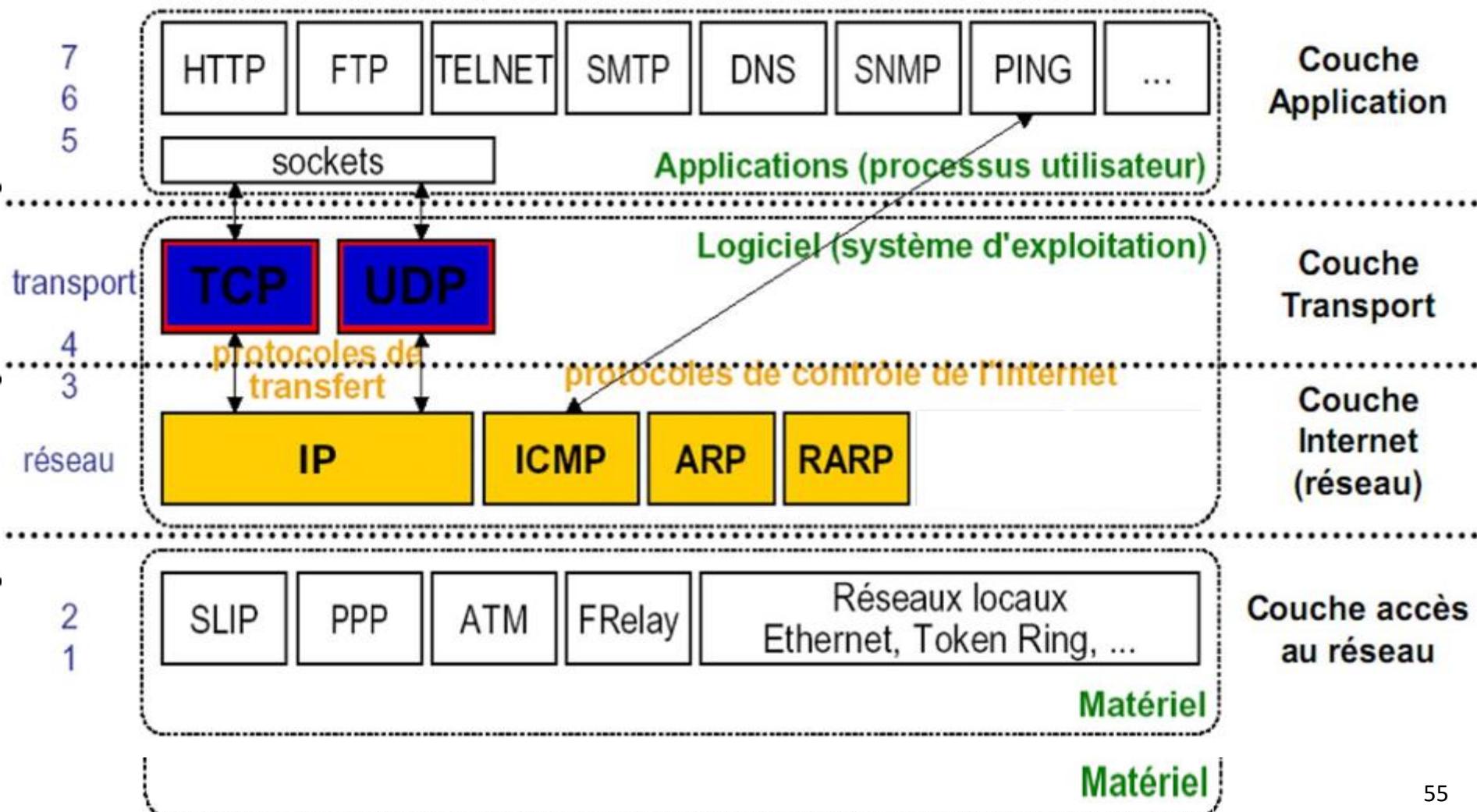
- Acheminement des données sur la liaison.
- Coordination de la transmission de données (synchronisation).
- Conversion des signaux (analogique/numérique)
- Contrôle les périphériques matériels.

2. Modèle TCP/IP

2.3. Protocoles TCP/IP

OSI

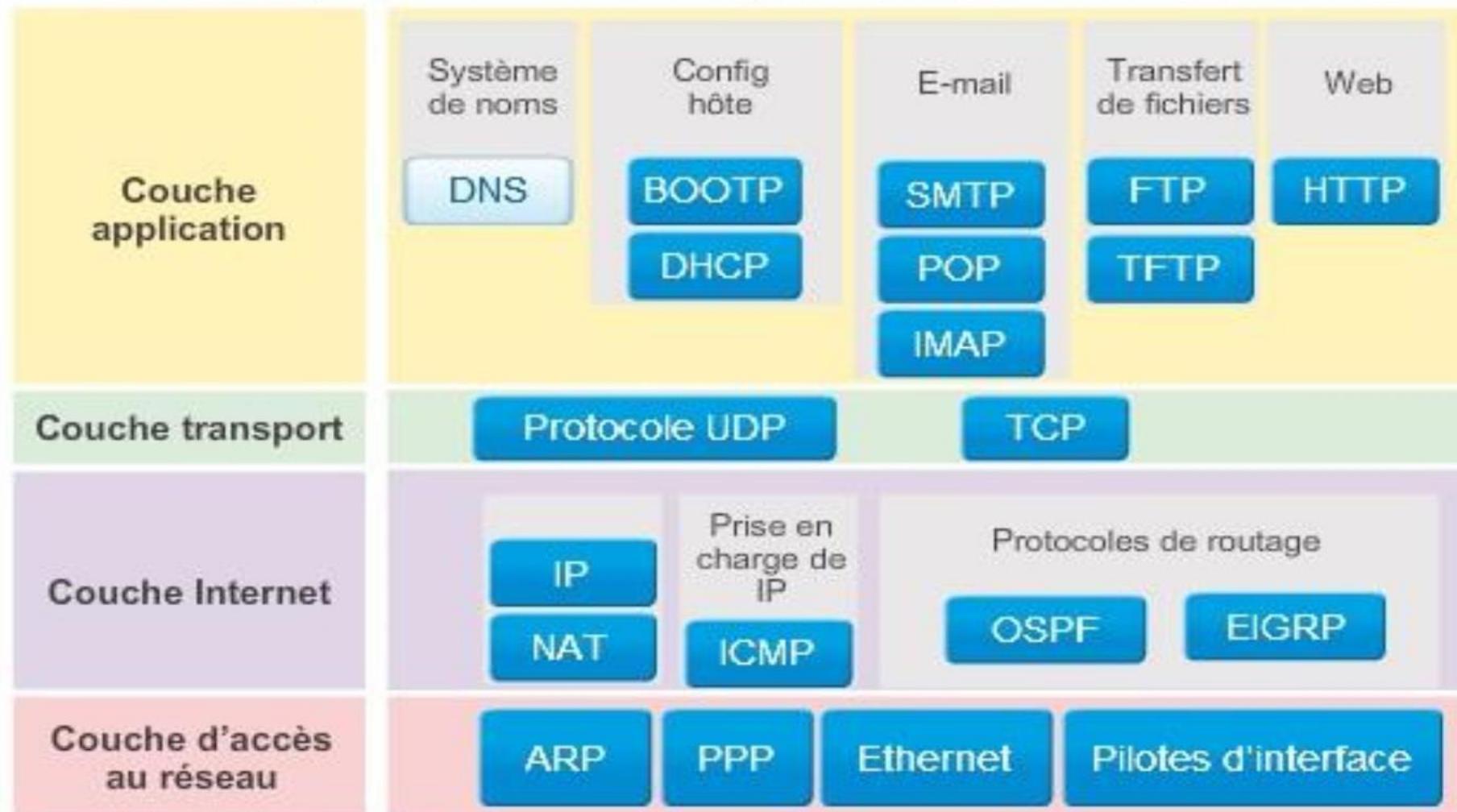
TCP/IP



2. Modèle TCP/IP

2.3. Protocoles TCP/IP

Suite de protocoles TCP/IP et processus de communication

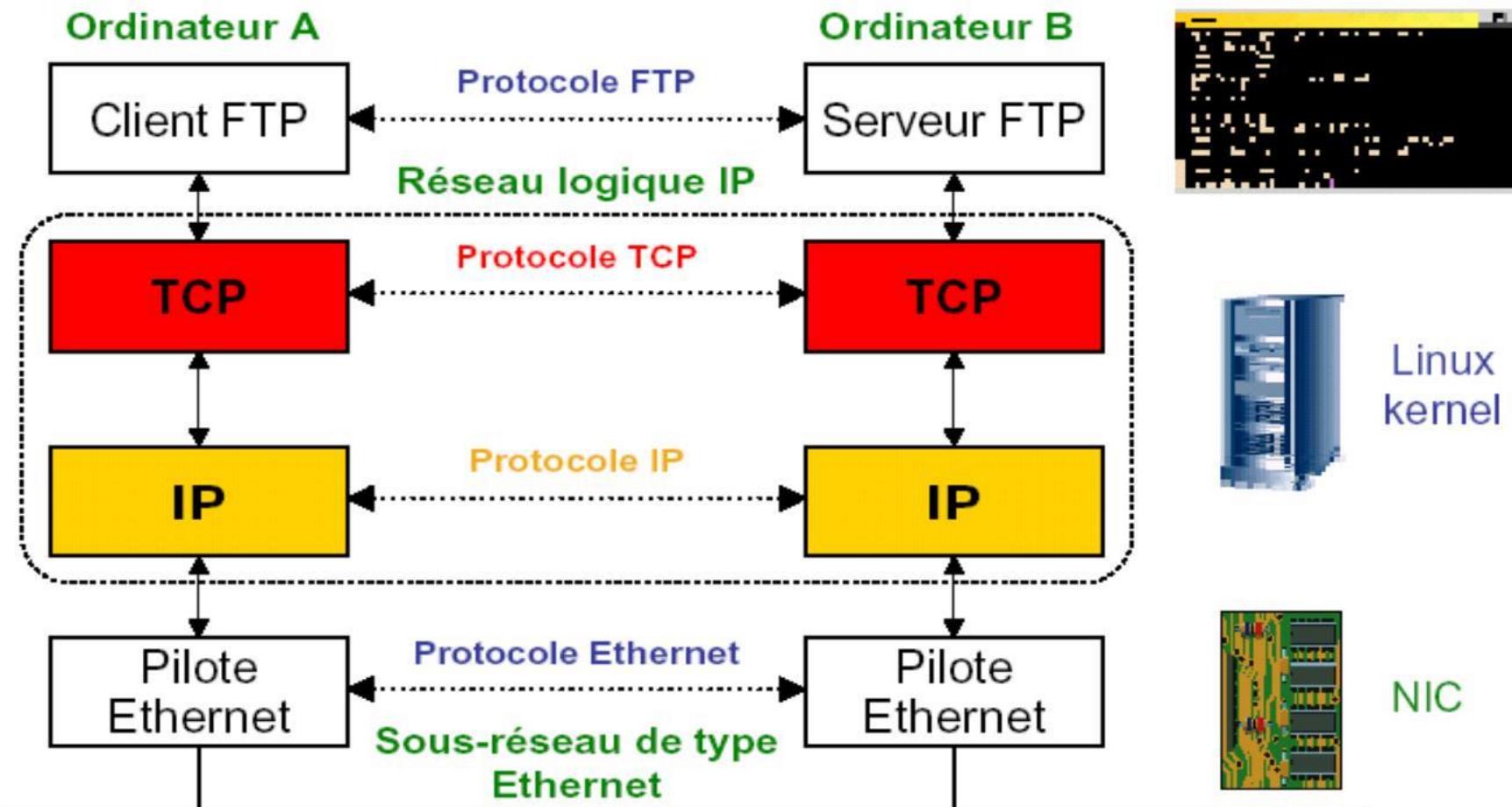


2. Modèle TCP/IP

2.3. Protocoles TCP/IP

▪ Communications sans routeur

- Deux machines sur un même sous réseau:



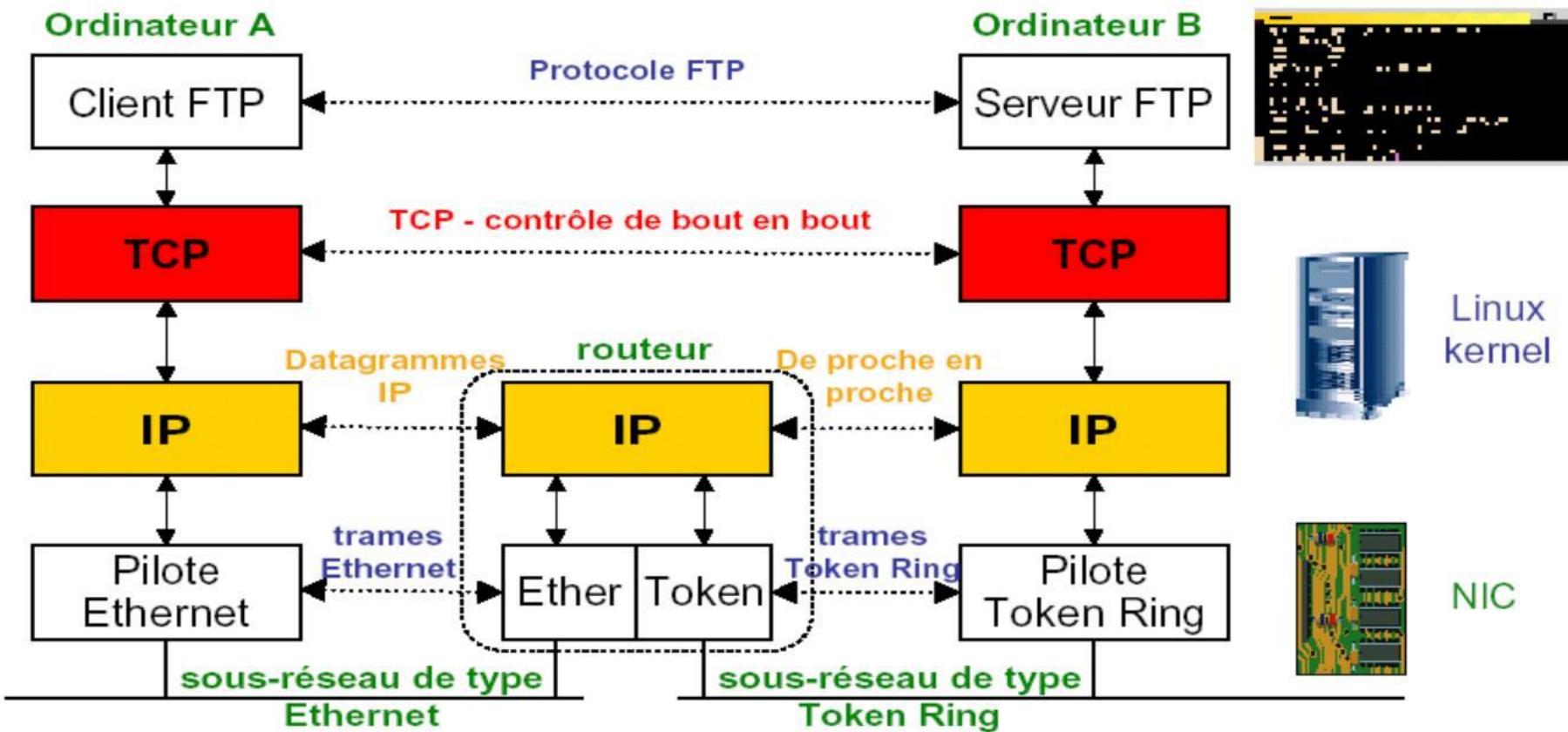
L'architecture TCP/IP permet de faire fonctionner un réseau local : par exemple sur un réseau Ethernet reliant un ordinateur client A qui interroge un serveur FTP B

2. Modèle TCP/IP

2.3. Protocoles TCP/IP

▪ Communications avec routeur (s)

- Prise en compte de l'hétérogénéité

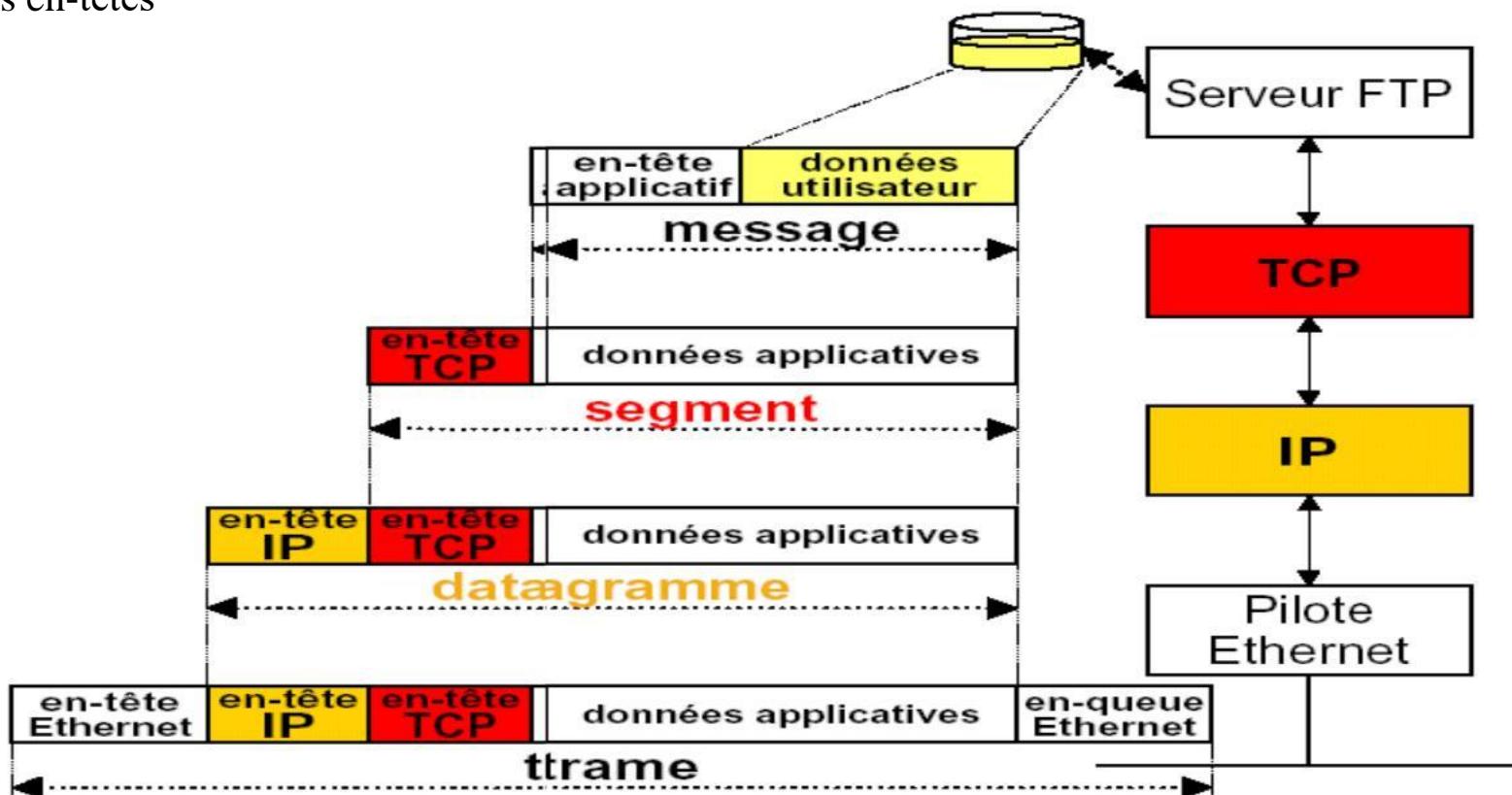


L'architecture TCP/IP permet surtout de constituer un Internet, c.à.d. une interconnexion de réseaux éventuellement hétérogènes. Ici les ordinateurs A et B sont des systèmes terminaux et le routeur est un système intermédiaire. La remise du datagramme nécessite l'utilisation de deux trames différentes, l'une du réseau **Ethernet** entre la machine A et le routeur, l'autre du réseau **Token-Ring** entre le routeur et la machine B.

2. Modèle TCP/IP

2.4. Encapsulation

- Les couches TCP/IP fonctionnent par encapsulations progressives : lorsqu'une application envoie des données à l'aide de TCP/IP les données traversent de haut en bas chaque couche jusqu'à aboutir au support physique où elles sont alors émises sous forme de suite de bits.
- L'**encapsulation** consiste pour chaque couche à **ajouter de l'information** aux données en le commençant par des en-têtes



Couche Physique

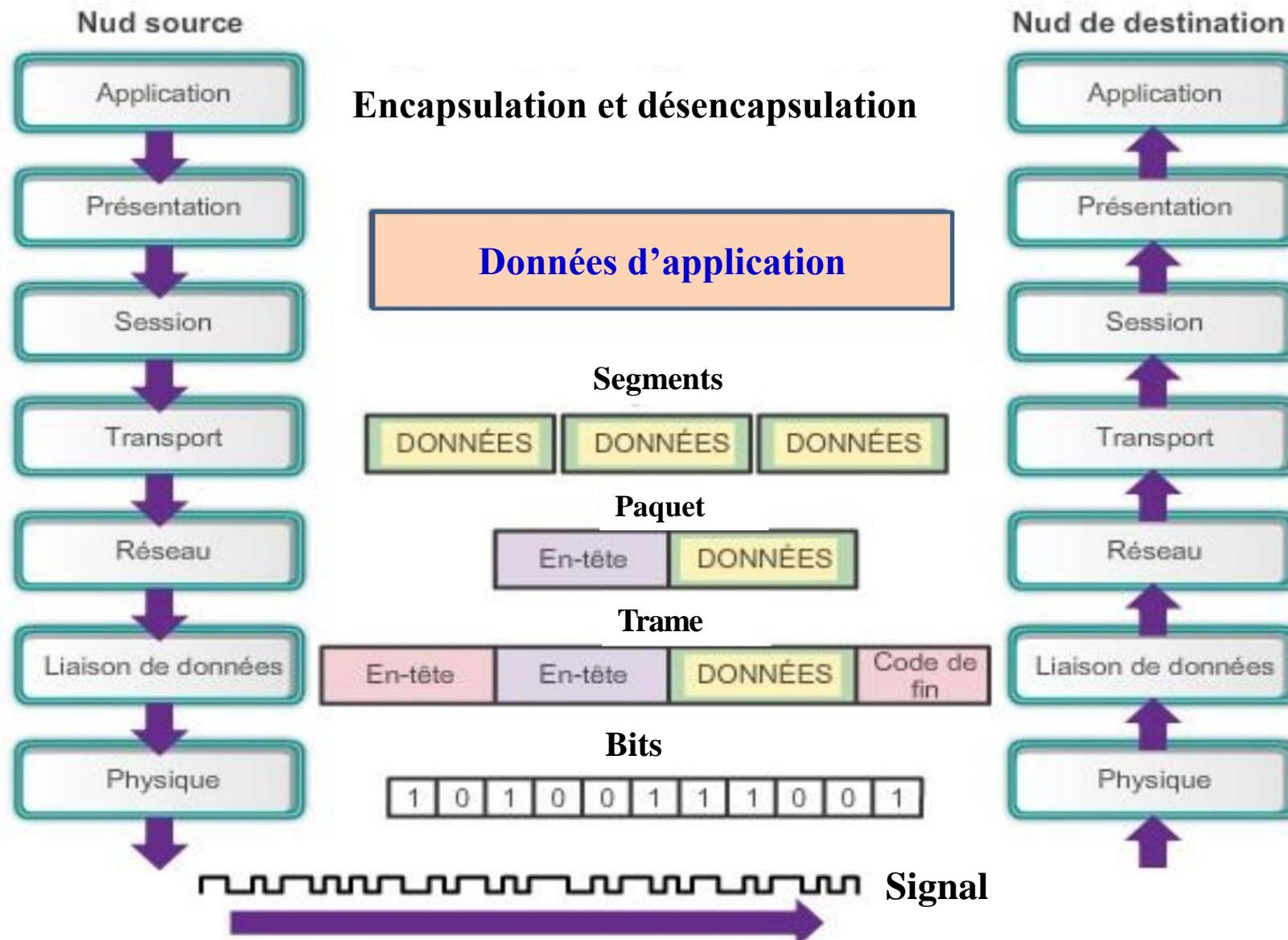
3. Couche Physique

3.1. Objectifs et fonctionnement

- Le rôle de la couche physique est de **coder** les **chiffres binaires** qui représentent des **trames** de couche liaison de données en **signaux**, et de **transmettre** et **recevoir** ces signaux sur le **support physique** reliant des périphériques réseau.
- 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.
 - Elle **code les trames** et crée les **signaux électriques, optiques ou radioélectriques** qui représentent les **bits** dans chaque trame.
 - Ces **signaux** sont alors **envoyés** sur le **support physique** (câbles en cuivre, fibre optique, ondes, etc) individuellement.
 - La **couche physique** du nœud de **destination** récupère ces **signaux** individuels sur les supports, les convertit en **représentations binaires** et transmet les **bits** à la couche liaison de données sous forme de **trame complète**.

3. Couche Physique

3.1. Objectifs et fonctionnement



3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

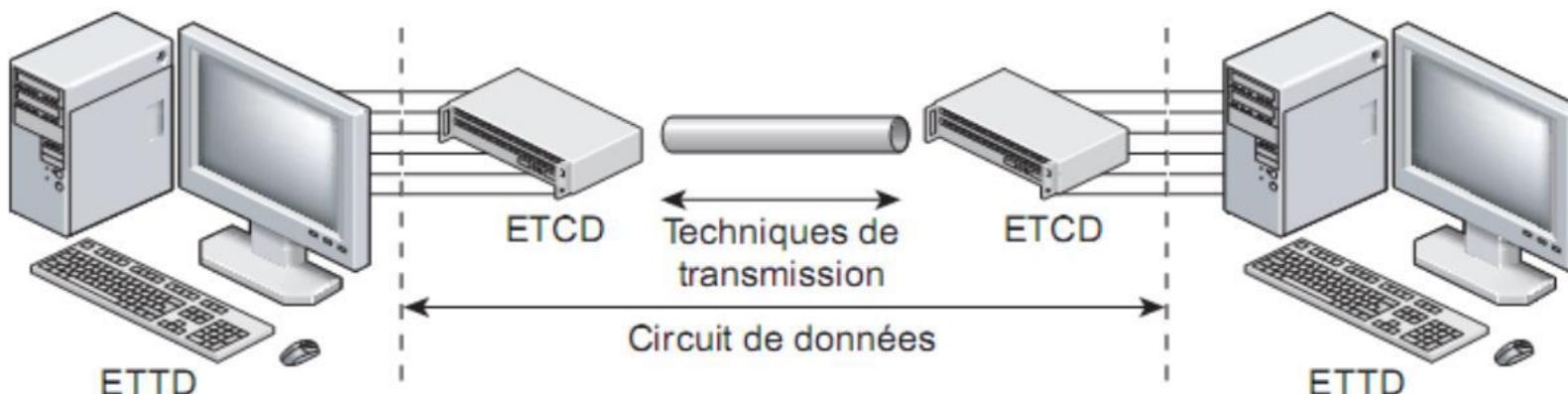
- Les **normes** de la couche physique correspondent principalement à **ces zones fonctionnelles** :
 - **Composants physiques**
 - **Signalisation**
 - **Codage de données**
- **Composants physiques:** sont les **périphériques électroniques**, les **supports** et les **connecteurs** qui transportent et transmettent les signaux pour représenter les bits. Les **composants matériels**, tels que les cartes réseau, les interfaces et les connecteurs, les matériaux et les types de câble, sont tous répertoriés dans les normes associées à la couche physique.
- **Signalisation** : La couche physique doit générer les signaux **électriques**, **optiques** ou **radioélectriques** qui représentent le 1 et le 0 sur les supports.
- La méthode de **représentation des bits sur les supports** est appelée la **signalisation** et qu'elle dépend du **modèle de codage** utilisé. Les normes de couche physique doivent définir le type de signal représentant un 1 et celui représentant un 0.

3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

Passage de l'information binaire en un signal

- Selon les techniques de transmission utilisées, un **équipement** spécifique est placé à chaque extrémité du support :
 - Soit un **modem** (**modulateur-démodulateur**),
 - Soit un **codec** (**codeur-décodeur**).
- Cet équipement assure la **fabrication des signaux** en émission et leur récupération en réception.
 - Pour émettre les données, le **modem** reçoit la suite de données binaires à transmettre et fournit un **signal** dont les caractéristiques sont adaptées au support de transmission.
 - Inversement, en réception, le **modem** extrait la suite des données binaires du **signal** reçu.
- Le **support de transmission** et les **deux modems** placés à chacune de ses extrémités constituent un ensemble appelé **circuit de données**.

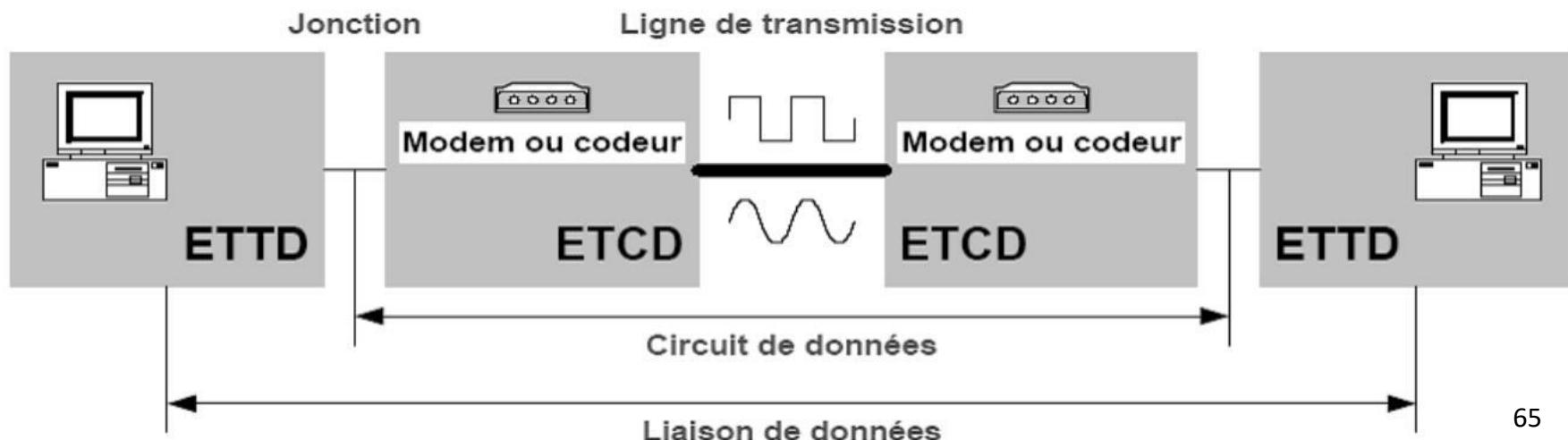


3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

Passage de l'information binaire en un signal

- Le **circuit de données** est une entité capable **d'envoyer** ou de **recevoir** une suite de données binaires.
- Aujourd'hui, les **modems** sont souvent intégrés dans la **carte réseau**.
- L'**ISO** et l'**ITU** ont attribué des appellations génériques normalisées au **modem** et à l'équipement qui émet ou reçoit les données (comme ordinateur, imprimante...):
- Le **modem** et le **codec** appartiennent à la famille des **ETCD** (équipement de terminaison du circuit de données).
- **L'ETTD** émetteur fournit à **l'ETCD**, les données à transmettre.
- **L'ETCD** les émet sous forme d'un **signal à deux valeurs** (correspondant à 0 et 1).



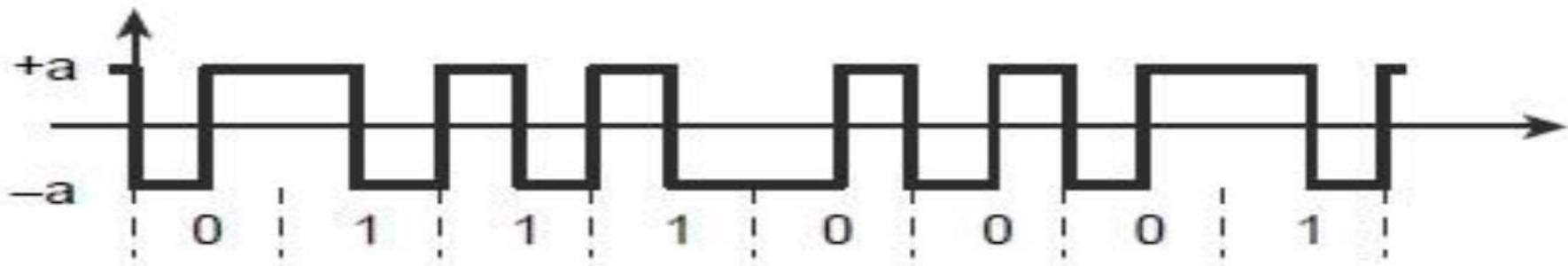
3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

▪ Codage: Principaux codes utilisés

- Le codage est une méthode permettant de **convertir** un flux de bits de données en un **code prédéfini**. Les codes sont des groupements de bits utilisés pour fournir un **modèle prévisible** pouvant être reconnu à la fois par l'expéditeur et le récepteur.
- Il correspond à des **variations de tension** ou de **courant** utilisées pour représenter les bits (les 0 et les 1). Les codes les plus utilisés :

- **Le codage Manchester** : le **0** est représenté par une **baisse de tension** et le **1** par une **hausse de tension**. Ce type de codage est le code le plus fréquemment employé dans les **transmissions numériques**. Il s'utilise en particulier dans les réseaux locaux **Ethernet**.
- **Exemple: 01110001**

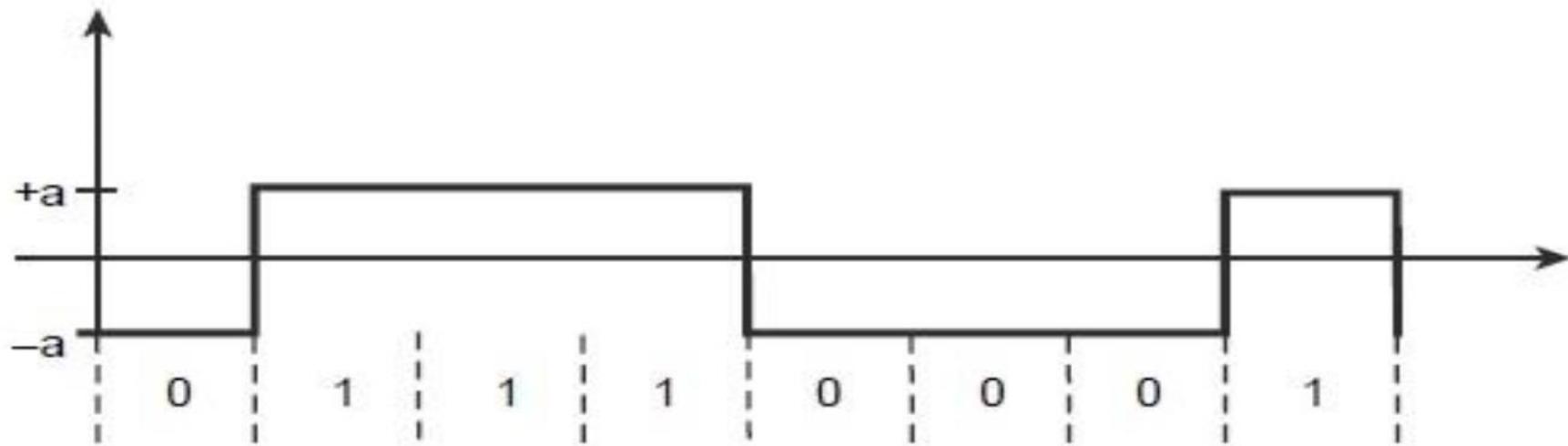


- Le niveau **logique '1'** provoque le passage de **$+a$ à $-a$** au milieu du moment élémentaire.
- Le niveau **logique '0'** provoque le passage de **$-a$ à $+a$** au milieu du moment élémentaire.

3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

- Codage: Principaux codes utilisés
- La méthode NRZ (No-Return to Zero) : méthode commune de codage des données utilisant deux états appelés « **zéro** » et « **un** » et aucune position neutre.
- Le **codage NRZ** symétrise la valeur 1 et la valeur 0 par rapport à un niveau **potentiel nul** (0 volt). Pour cela, on représente les 1 (ou les 0) par une valeur $+V$ et les 0 (ou les 1) par $-V$.
- Exemple: **01110001**

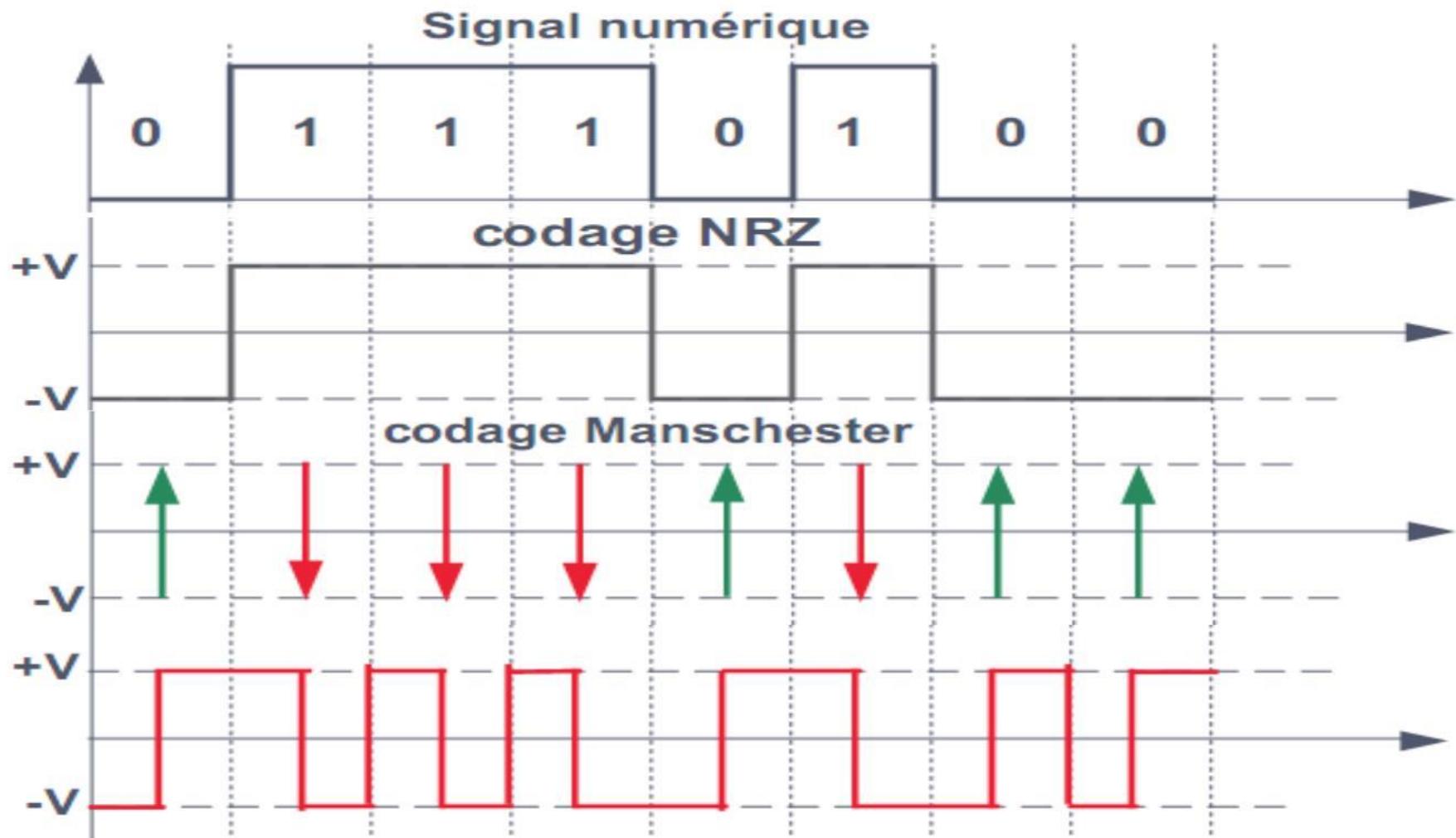


3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

▪ Codage: Exemple

Construction du code Manchester et NRZ pour (0 1 1 1 0 1 0 0).

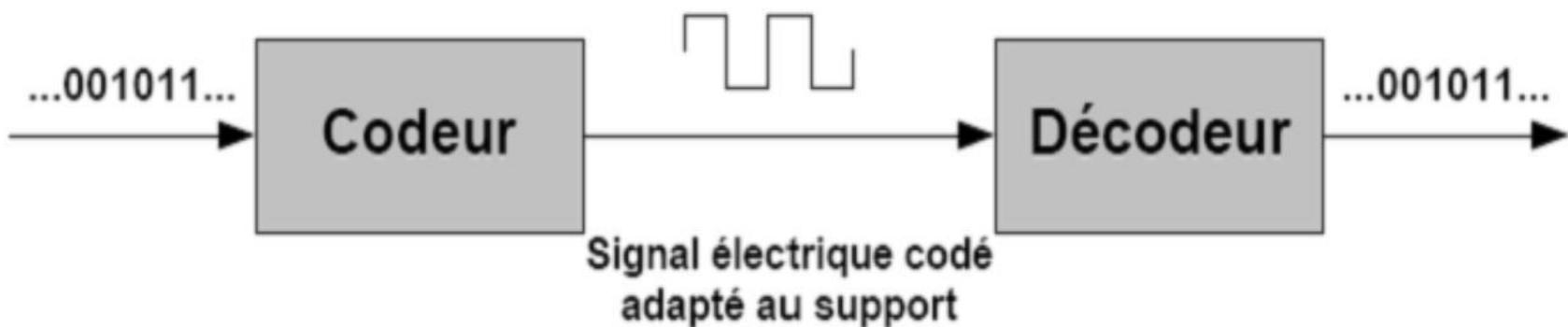


3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

Modes de passage de l'information

- Il existe **deux types** de transmission des signaux :
 - Transmission en bande de base:**
 - On transmet **directement** l'information **binaire** à l'aide de signaux pouvant prendre **n valeurs** où n est appelé la **valence** (Exp: valence de 2 → 0 et 5 volt).
 - Lors de cette transmission le signal **ne subit pas de transposition en fréquence.**
 - Cette transformation est réalisée par un **codeur/décodeur**.
- Exemple:** Codes **NRZ, Manchester, Miller, etc.**



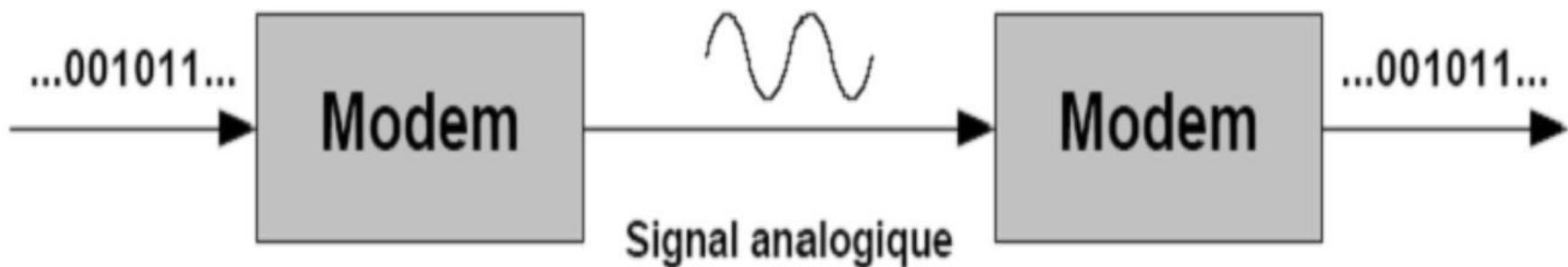
3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

▪ Modes de passage de l'information

▪ Transmission en large bande ou par modulation:

- L'information codée sert à modifier un ou plusieurs des paramètres (**amplitude, fréquence, phase**) d'un signal sinusoïdal appelé **onde porteuse**.
- Lorsque la transmission en **bande de base** n'est pas possible (dans l'air ou sur les lignes téléphoniques), on utilise la **transmission en large bande**.
- Le **modem**, contraction de **modulation/démodulation**, est un équipement qui réalise la modulation des signaux en émission et leur démodulation en réception.
- Plusieurs types de modulations sont utilisés : **ASK** (Amplitude Shift Keying), **FSK** (Frequency Shift Keying), **PSK** (Phase Shift Keying).



3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

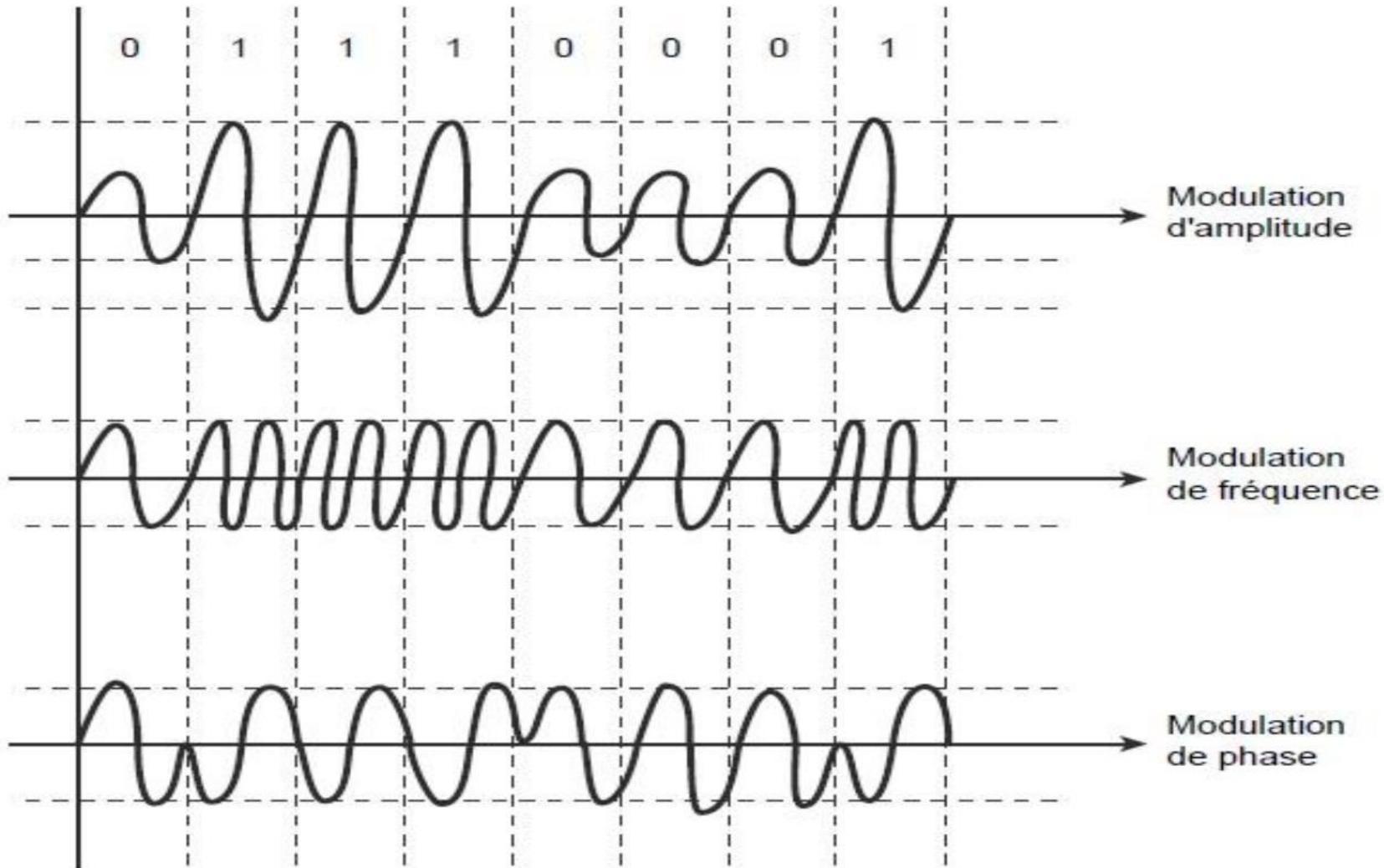
Modes de passage de l'information

- La **modulation** est le processus par lequel la caractéristique d'une onde (**signal**) modifie une autre onde (**porteuse**).
- 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 de phase**: technique de transmission dans laquelle **la phase** de la porteuse varie selon le signal.

3. Couche Physique

3.2. Systèmes de transmission

Modes de passage de l'information



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Caractéristiques

- Différents **supports physiques** prennent en charge le **transfert de bits** à différentes vitesses. Le transfert des données est généralement décrit par la **bande passante** et le **débit**.
- **Bandé passante:** C'est la **capacité maximale** d'un support à transporter des données. Elle mesure la **quantité d'informations maximale** pouvant **circuler** dans un support de transmission.
- Elle est généralement exprimée en **Kbits/s, Mbits/s ou Gbits/s**.
 - Plus un support a une **bande passante large**, plus il **transporte d'informations par unité de temps**.
- Une combinaison de facteurs détermine la bande passante réelle d'un réseau:
 - Les **propriétés** des supports physiques.
 - Les **technologies** choisies pour **signaliser et détecter les signaux** réseau.

Unité	Notation	Valeur
Bit par seconde	bit/s ou bps	1 bit/s
Kilobit par seconde	kbit/s ou kb/s	10^3 bit/s
Mégabit par seconde	Mbit/s ou Mb/s	10^6 bit/s
Gigabit par seconde	Gbit/s ou Gb/s	10^9 bit/s
Térabit par seconde	Tbit/s ou Tb/s	10^{12} bit/s

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Caractéristiques

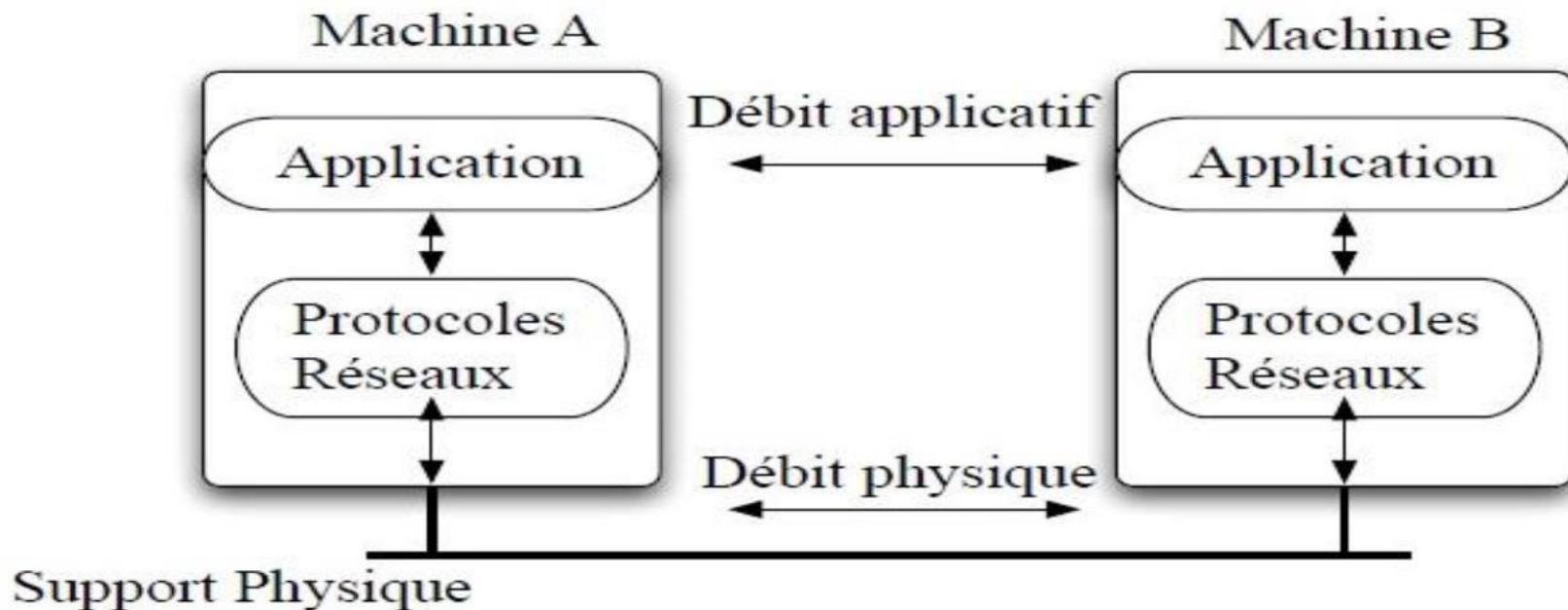
- Le **débit** (appelé aussi **débit effectif** ou **physique**) est la mesure du **transfert de bits** sur le support pendant une **période donnée** ou **bien déterminée** (vitesse **réelle** de transfert de données). En raison de différents facteurs, le **débit** ne correspond généralement pas à la **bande passante** spécifiée dans les mises en œuvre de couche physique.
- De nombreux facteurs influencent le **débit**, notamment :
 - La **quantité** et le **type** de trafic.
 - Les **caractéristiques** physiques du **médium** et au **codage** physique de l'information binaire sous forme d'onde;
 - La **latence** créée par le **nombre de périphériques** réseau rencontrés entre la source et la destination.
 - La **latence** désigne le **temps nécessaire** aux données pour voyager d'un point A à un point B. Dans un réseau avec des **segments multiples**, le débit ne peut pas être plus rapide que la liaison la plus lente du chemin de la source à la destination.
- Le **débit** est toujours **inférieur ou égal** à la **bande passante**.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Caractéristiques

- Il existe une troisième mesure qui évalue le transfert de données utilisables, appelée **débit applicatif** (ou **utile**) qui représente le **nombre de bits** de données échangées par seconde au niveau des **applications**.
- Le **débit physique** est naturellement *supérieur* au **débit applicatif** puisqu'il est le **maximum** que celui-ci peut atteindre.



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

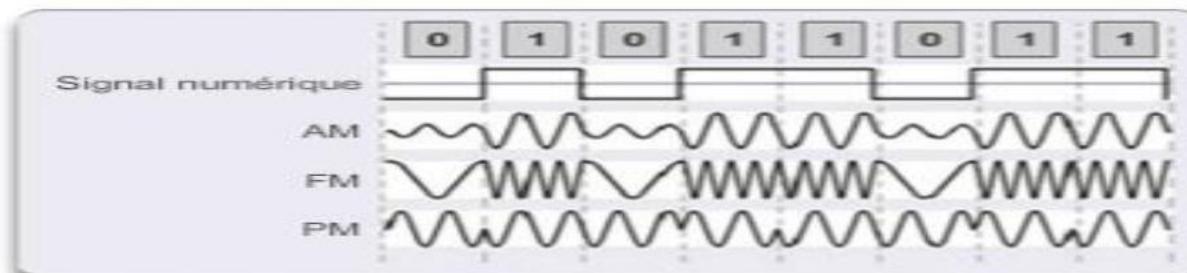
- Un **support de transmission** est un **canal** qui permet de relier des équipements afin de **transporter des données** sous forme de **signaux**.
- Il existe trois formes élémentaires de support réseau:
 - **Câble en cuivre** : les **signaux** sont des variations d'impulsions **électriques**.
 - **Câble à fibre optique** : les **signaux** sont des variations **lumineuses**.
 - **Support sans fil** : les **signaux** sont des variations de transmission **d'hyperfréquences**.
- Exemples de signalisation:



Signaux électriques transmis sur un câble en cuivre



Signaux représentatifs de fibre optique par impulsion lumineuse



Signaux hyperfréquence (sans fil)

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports en cuivre: Caractéristiques

- Les **normes** de la couche physique pour les supports en cuivre sont définies pour :
 - Le type de câblage en cuivre utilisé.
 - La bande passante de la communication.
 - Le type de connecteurs utilisés.
 - Le brochage et les codes couleur des connexions avec le support.
 - La distance maximale du support.
- Les **supports en cuivre** sont utilisés sur certains réseaux, car ils sont **bon marché**, **faciles** à installer et qu'ils présentent une **faible résistance au courant électrique**. Cependant, ces supports sont limités par la **distance** et les **interférences** du signal.
- Les données sont transmises sur les câbles en cuivre sous forme **d'impulsions électriques**. Toutefois, plus la distance de transmission du signal est **longue**, plus il se détériore selon un phénomène dit **d'atténuation du signal** (**Affaiblissement** du signal en **amplitude**). Pour cette raison, tous les **supports en cuivre** sont soumis à des **restrictions de distance strictes** spécifiées par les normes en la matière.

Atténuation
du signal



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

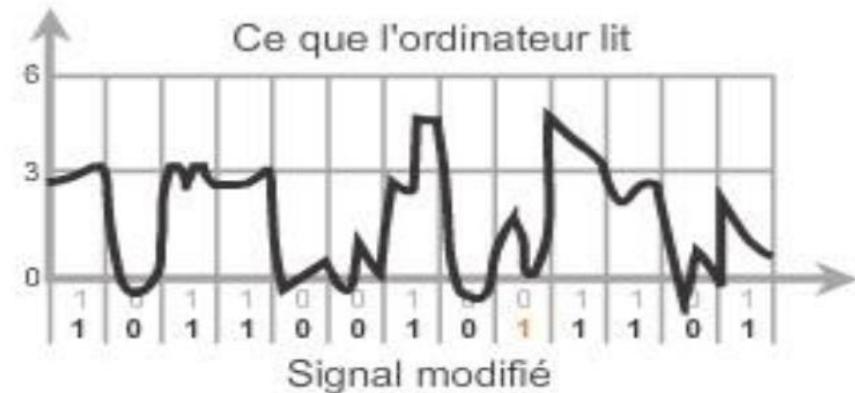
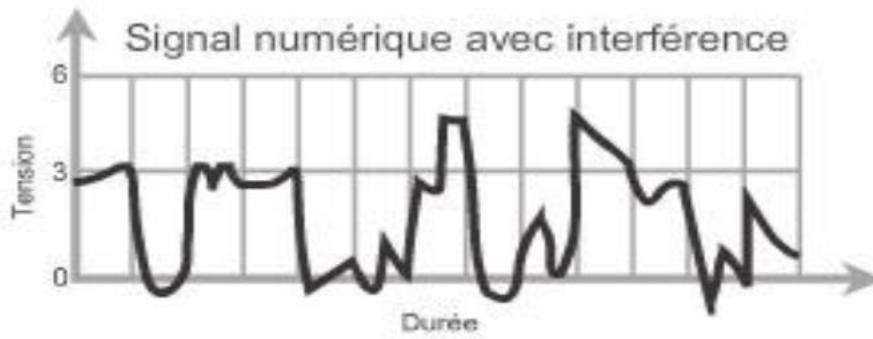
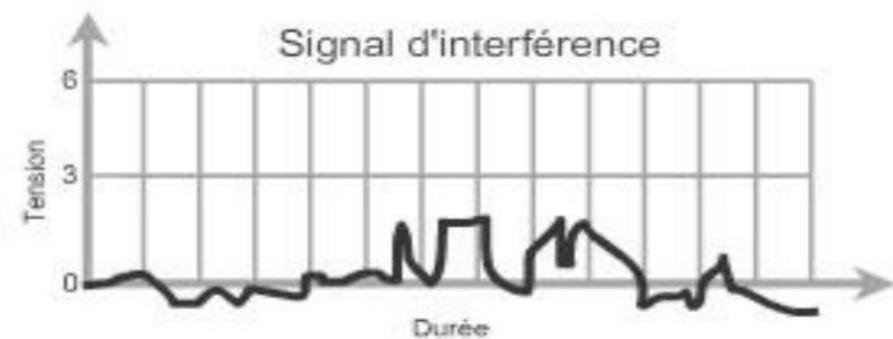
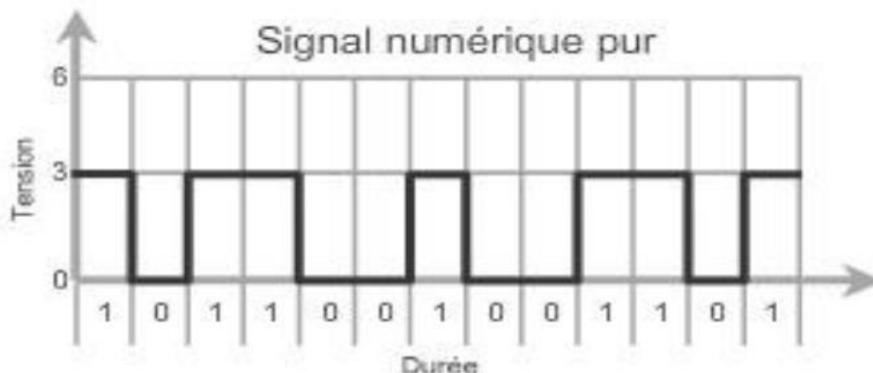
Supports en cuivre: Caractéristiques

- Diverses sources de **bruit** peuvent perturber les signaux :
 - **Interférences** : les signaux d'interférences peuvent déformer et détériorer les signaux de données transportés par les supports en cuivre.
 - À savoir aussi, le **phénomène d'interférence** ne se produit uniquement lors de la combinaison de deux ondes de même fréquence.
 - **Diaphonie** : C'est une **perturbation** causée par les champs électriques ou magnétiques d'un signal dans un câble au signal traversant le **câble adjacent**. Dans les circuits téléphoniques, les interlocuteurs peuvent entendre une partie d'une autre conversation vocale provenant d'un circuit adjacent.
- Pour contrer les **effets négatifs des interférences**, certains types de câbles en cuivre sont entourés d'un **blindage métallique** et nécessitent des **connexions de mise à la terre appropriées**.
- Pour contrer la **diaphonie**, on utilise des **paires de fils opposés torsadés** qui annulent la perturbation.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports en cuivre: Caractéristiques



3. Couche Physique

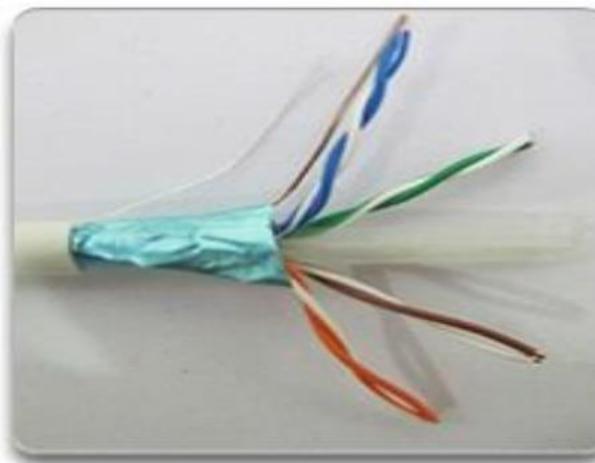
3.3. Supports de transmission

Supports en cuivre: Types

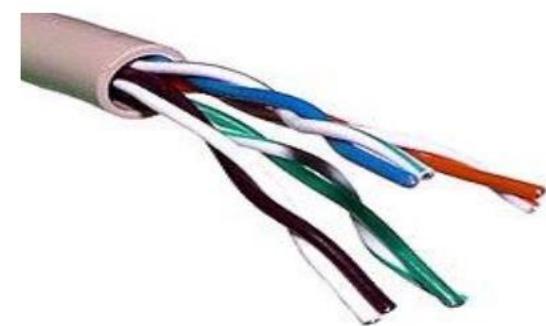
- Il existe trois principaux types de supports en cuivre utilisés dans les réseaux :
 - Les câbles coaxiaux.
 - Les câbles à paires torsadées **non blindées (UTP)**.
 - Les câbles à paires torsadées **blindées (STP)**.
- Ces câbles sont utilisés pour interconnecter des nœuds d'un **réseau local** et des périphériques d'infrastructure tels que des **commutateurs**, des **routeurs** et **des points d'accès sans fil**. Chaque type de connexion et les périphériques associés possèdent des exigences de câblage stipulées par les **normes** de couche physique.



Câble coaxial



Paire torsadée Blindée (STP)



Paires torsadées non Blindée (UTP)

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

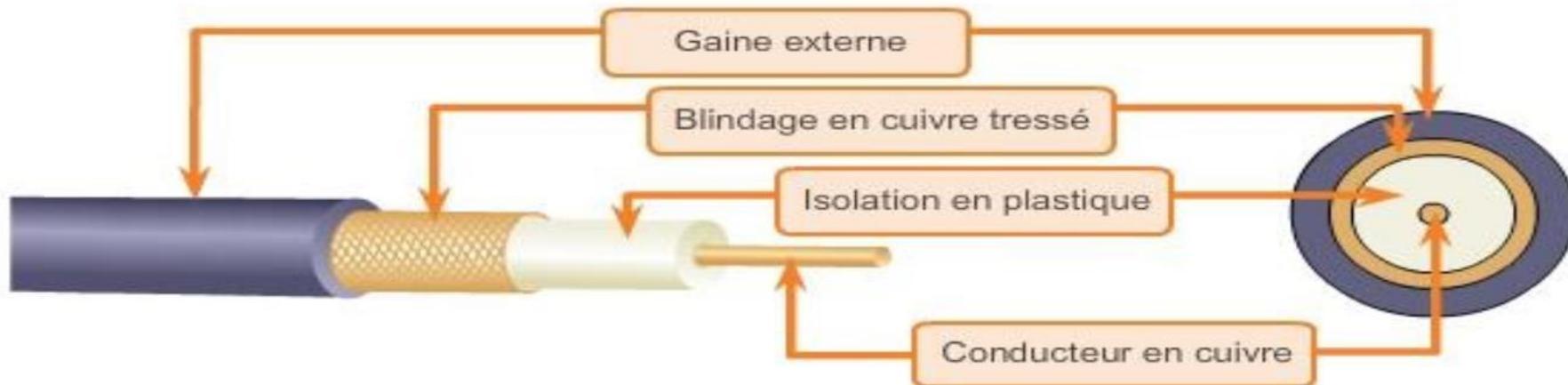
Câble coaxial : Structure

- Le **câble coaxial** est composé d'un **fil de cuivre** (**âme ou fil conducteur**) entouré successivement d'une **gaine d'isolation**, d'un **blindage métallique** et d'une **gaine extérieure**:
 - **Le conducteur en cuivre** utilisé pour transmettre les **signaux électroniques**.
 - **L'isolation plastique** : Le conducteur en cuivre est entouré d'une couche de matériau isolant souple en **plastique**. Elle est constitué d'un matériau **diélectrique** (un milieu diélectrique s'il ne contient pas de **charges électriques** susceptibles de se déplacer comme le vide, le verre, le bois sec, l'eau et le plastique) permettant **d'éviter** tout contact avec le blindage, provoquant des **interactions électriques** (court-circuit).
 - **Le blindage en cuivre tressé**: Sur ce matériau isolant, une torsade de cuivre ou une **feuille métallique** constitue le second fil du circuit et fait office de protection pour le conducteur intérieur. Cette seconde couche, ou **blindage**, réduit également les **interférences électromagnétiques** externes.
 - **La gaine externe** permet de **protéger** le câble de l'**environnement extérieur**. Elle est habituellement en **caoutchouc**.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Câble coaxial : Structure



Connecteurs coaxiaux



Prise BNC



Type N



Type F

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble coaxial: Usages

- Les câbles coaxiaux étaient traditionnellement utilisés pour la **télévision** entre une antenne TV (TNT ou parabole satellite) et un récepteur.
- Ils ont également été largement utilisés dans les premières installations Ethernet dans ses anciennes versions : **10BASE2** et **10BASE5**.
- Ils sont utilisés pour les liaisons **téléphoniques**.
- La connexion à un câble coaxial doit être réalisée par l'utilisation de **connecteurs coaxiaux** adaptés au câble par exemple le **connecteur BNC**, **type N** et **type F**.
- Bien que les câbles **UTP** aient pratiquement remplacé les **câbles coaxiaux** dans les installations Ethernet modernes.
- Le coût d'un câble coaxial est relativement **faible**.
- Ils sont moins sensible aux bruits.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Câble coaxial : Types

- La **nomenclature**, sous la forme **XBASEn**, décrit le **débit** du réseau et la **longueur maximale** du support :
 - **X** exprime le **débit** en **Mbit/s**,
 - **BASE** indique une **transmission en bande de base**,
 - **n** renseigne sur le **type de câble** (**n fois 100 mètres**).
- Les **câblages** initialement utilisés sont le **10Base5** et le **10Base2** :
 - **10BASE5** (aussi appelé **Ethernet épais** ou **Thick Ethernet**) est une **norme Ethernet** spécifiant la **couche physique** du modèle OSI utilisant une topologie en **bus**, d'une longueur maximale de **500 mètres** avec **100 connexions** espacées au minimum de **2,50 m** et une **vitesse** de **10 Mbit/s**.
 - **10BASE2** (aussi appelé **Ethernet Fin** ou **Thin Ethernet**) est un standard Ethernet spécifiant une couche physique du modèle OSI utilisant un **câble coaxial fin** d'une longueur maximale de **200 mètres**. Celui-ci permet le **transfert** de données à des **débits** jusqu'à **10 Mbit/s**. Plus **simple** et plus **économique** que le **10BASE5**, cette solution s'est vite imposée pour un câblage simple.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble coaxial épais: THICKNET

Il existe deux type de **câble coaxial** : **fin** et **épais**.

- Le câble **coaxial épais** (**THICKNET**, câble coaxial **blindé**) est reconnaissable par les caractéristiques suivantes :
 - **10BASE5**.
 - Un diamètre de **12 millimètres**.
 - Un fil rigide.
 - Topologie : **bus**.
 - Un débit de **10 Mbits/s**.
 - Une longueur maximum de **500**.
 - Essentiellement utilisé pour transmettre des données de plus longue distance grâce à l'épaisseur du fil en cuivre qui résiste mieux aux interférences.



3. Couche Physique

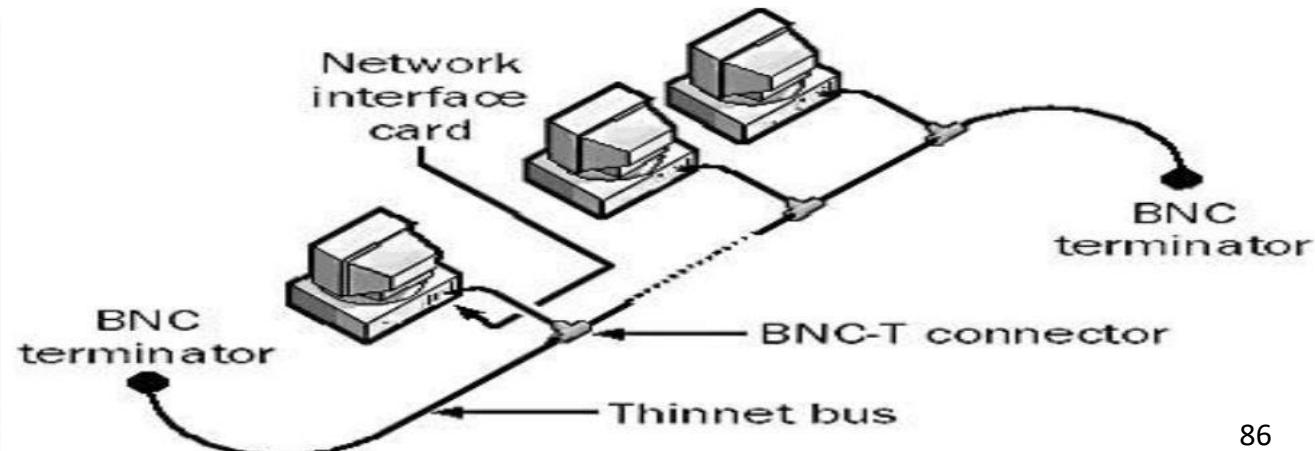
3.3. Supports de transmission

Câble coaxial fin: THINNET

- Le câble **coaxial fin** (**THINNET**, non blindé) est reconnaissable par les caractéristiques suivantes :
 - 10BASE2.**
 - Un diamètre de **6 millimètres**.
 - Un fil flexible.
 - Topologie : **Bus**.
 - Un débit de **10 Mbits/s.**
 - Une longueur maximum de **200 mètres**.
 - Souvent utilisé pour la **télévision**.



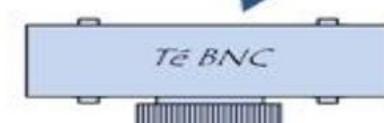
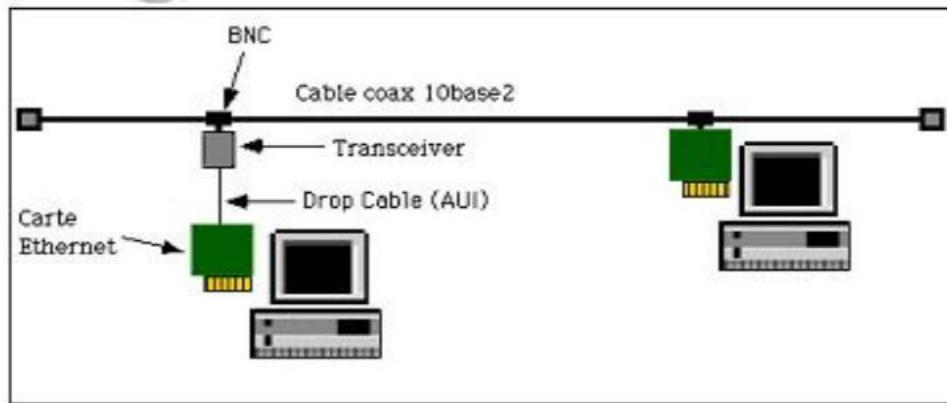
THINNET avec BNC T-connector



3. Couche Physique

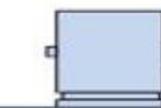
3.3. Supports de transmission

Câble coaxial



Té BNC

Bouchon (terminateur)



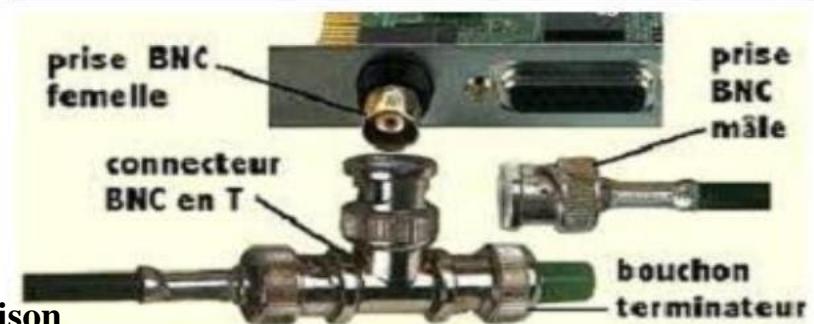
Carte Réseau



Câble coaxial fin

Connecteur BNC en T

Bouchon de terminaison



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble à paires torsadées non blindées (UTP)

- Le **câble à paires torsadées non blindés** (UTP pour Unshielded Twisted Pair) est le support réseau **le plus répandu** de connexion **facile** et d'un **faible coût**, mais il possède une **faible immunité aux bruits** car il n'est entouré **d'aucun blindage protecteur**.
- Le câble UTP est terminé par des **connecteurs RJ-45** spécifié **ISO 8877** et il est utilisé pour relier des hôtes réseaux à des périphériques intermédiaires.
- 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 des dégâts matériels mineurs.
- Le fait de **torsader** les fils permet de **limiter les interférences** causées par les signaux d'autres fils.
- Les **codes de couleur** identifient les paires individuelles et les fils des paires afin de faciliter le **raccordement** des câbles.
- Le câble à paires torsadées est souvent utilisé pour les communications de **téléphone** et la plupart des réseaux **Ethernet** modernes.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Câble à paires torsadées non blindées (UTP)

Gaine externe

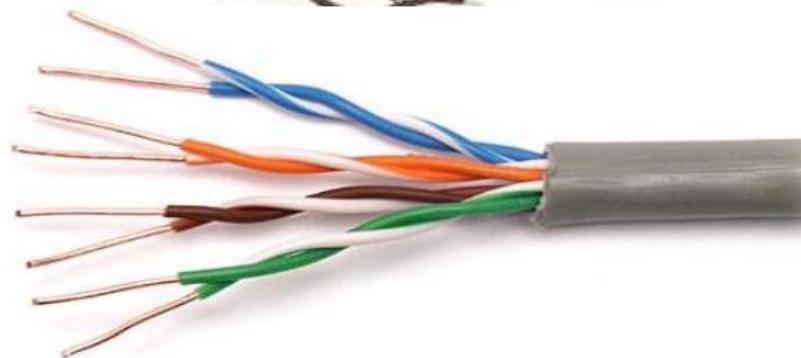
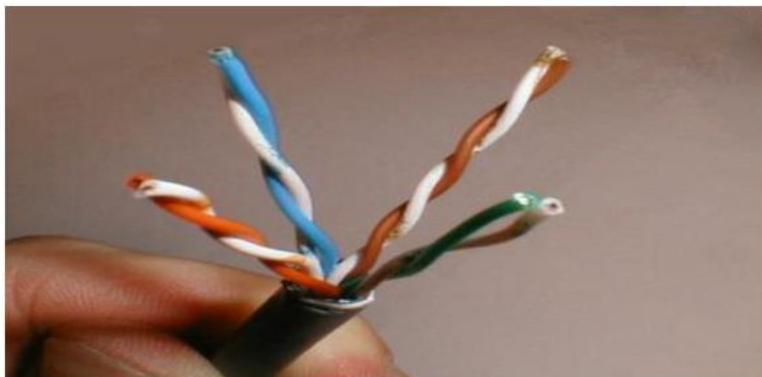
Elle protège le fil de cuivre contre les dommages physiques

Paire torsadée

Elle protège le signal des interférences

Isolation en plastique à code couleur

Elle isole électriquement les fils entre eux et identifie chaque paire



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

- **Câble à paires torsadées non blindées (UTP): Types**
- Lors d'un **câblage informatique** en **10/100 Mbit/s**, seules les **quatre broches 1-2 et 3-6** sont utilisées pour **la transmission** et la **réception** des informations.
- Lors d'un **câblage informatique** en **1000 Mbit/s (1 Gbit/s)**, les **8 broches** sont utilisées.
- Généralement, nous pouvons distinguer deux catégories:
 - **Catégorie 1:** Contient les équipements qui utilisent les **broches 1-2** pour **la transmission** et les **broches 3-6** pour la **réception**.
 - **Exemples:** Hôte et routeur .
- **Catégorie 2:** Contient les équipements qui utilisent les **broches 1-2** pour la **réception** et les **broches 3-6** pour la **transmission**.
- **Exemples:** Commutateur (switch) et concentrateur (hub).

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Câble à paires torsadées non blindées (UTP): Types

- Les principaux types de câbles UTP obtenus sont les suivants :
 - Câble Ethernet droit** : le type le **plus courant** de câbles réseau. Il est généralement utilisé pour connecter un hôte à un commutateur, un commutateur à un routeur, etc.
 - D'une manière générale, on utilise un **câble droit** pour connecter un équipement de la **catégorie 1** avec un équipement de la **catégorie 2**.
 - Deux normes** de câblages sont principalement répandues pour les connexions de la prise : la norme **T568A** et la norme **T568B**. Ces normes sont très similaires puisque seules les paires 2 (orange-blanc, orange) et 3 (vert-blanc, vert) sont interchangées.

Norme T568A			Norme T568B		
pin	couleur	paire	paire	couleur	pin
8	marron		4	marron	8
7	marron-blanc			marron-blanc	7
6	orange	2	3	vert	6
5	bleu-blanc			bleu-blanc	5
4	bleu	1	1	bleu	4
3	orange-blanc	2	3	vert-blanc	3
2	vert		2	orange	2
1	vert-blanc	3		orange-blanc	1

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble à paires torsadées non blindées (UTP): Types

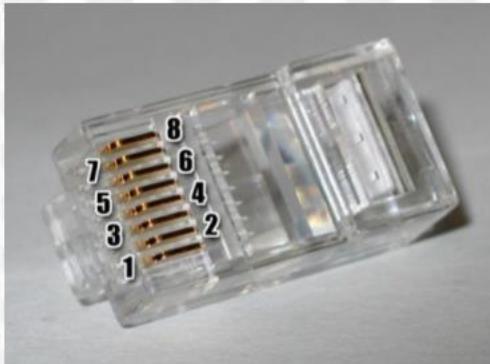
- **Câble croisé** : Câble peu utilisé permettant de relier des **équipements d'une même catégorie**. Par exemple, pour connecter un **commutateur** à un **commutateur**, un **hôte** à un autre **hôte**, un **routeur** à un **routeur ou un hôte à un routeur**.
- La plupart des équipements modernes de réseau sont cependant capables de faire du **MDI/MDI-X**, c'est-à-dire du (dé)croisement automatique en fonction du type de câble utilisé, des **adaptateurs réseaux** et de la situation présente.
- Ce (dé)croisement se fait de manière logicielle au niveau d'un des deux adaptateurs (ou au sein du système d'exploitation) après que ceux-ci se sont mis d'accord sur l'adaptateur à inverser.
- L'utilisation incorrecte d'un **câble croisé ou droit** entre des périphériques ne peut pas les endommager, mais la connectivité et la communication entre les périphériques deviennent alors impossibles.

3. Couche Physique

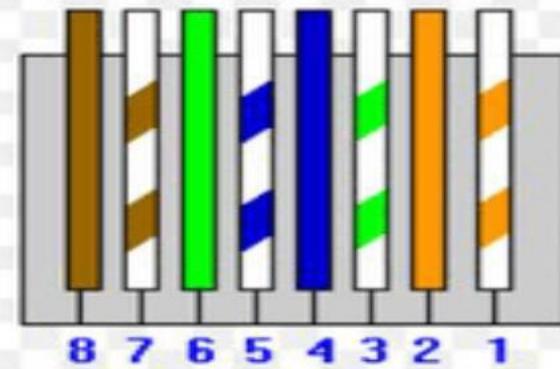
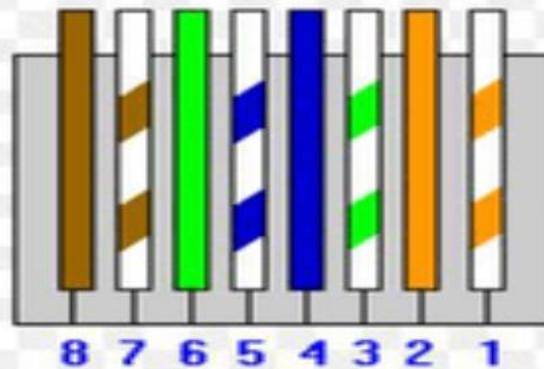
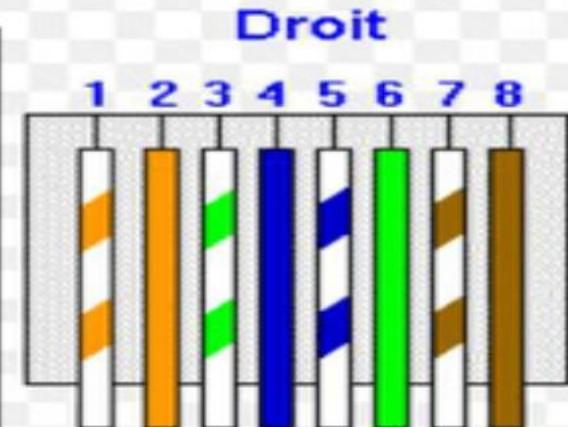
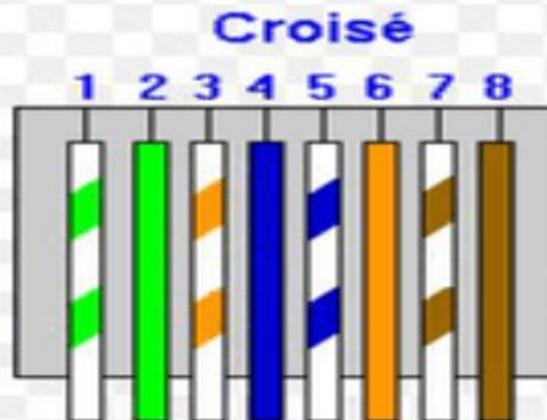
3.3. Supports de transmission

Câble à paires torsadées non blindées (UTP): Brochage

Norme T568B



Brochage de la
prise RJ45

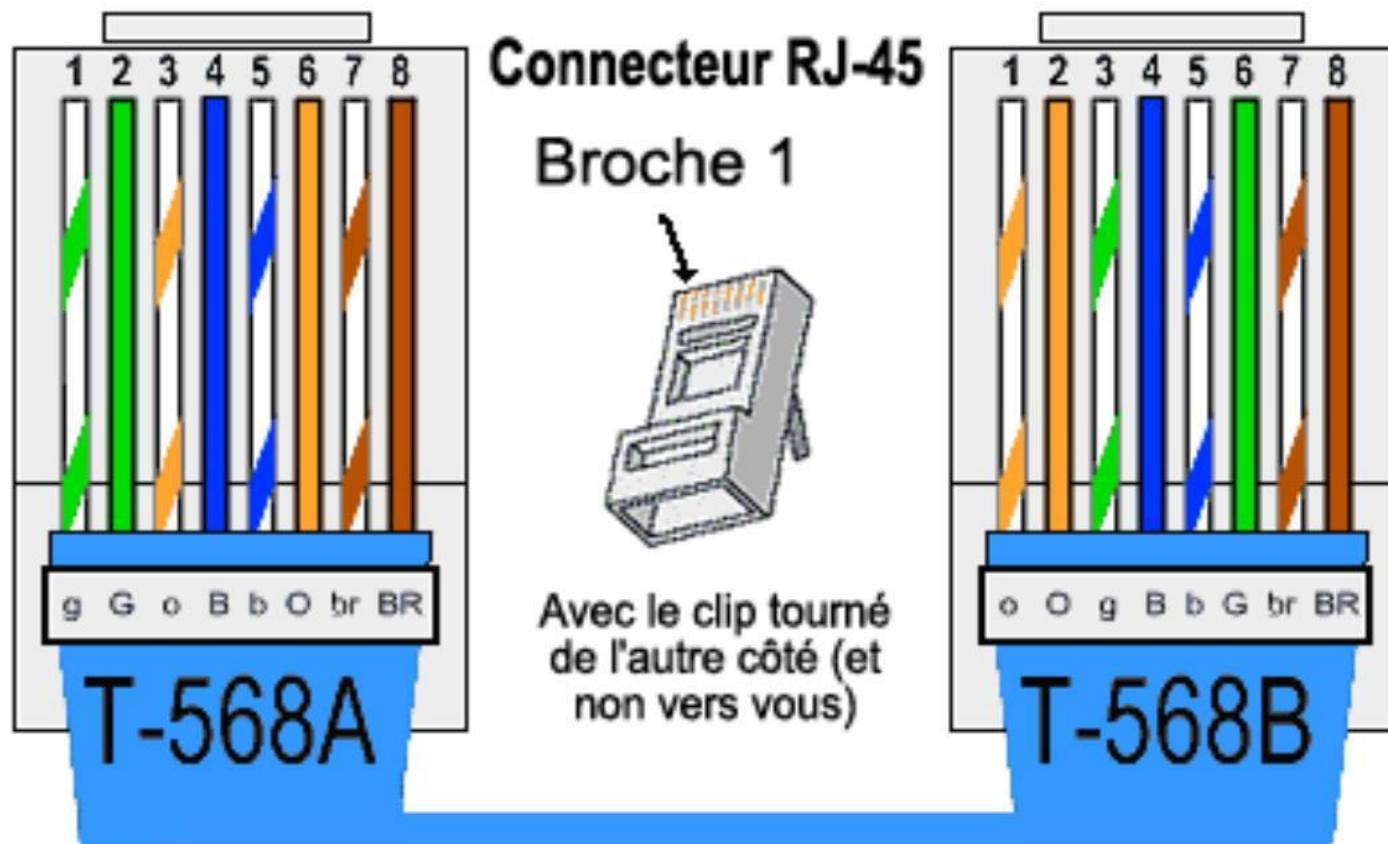


3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

- Câble à paires torsadées non blindées (UTP): Brochage

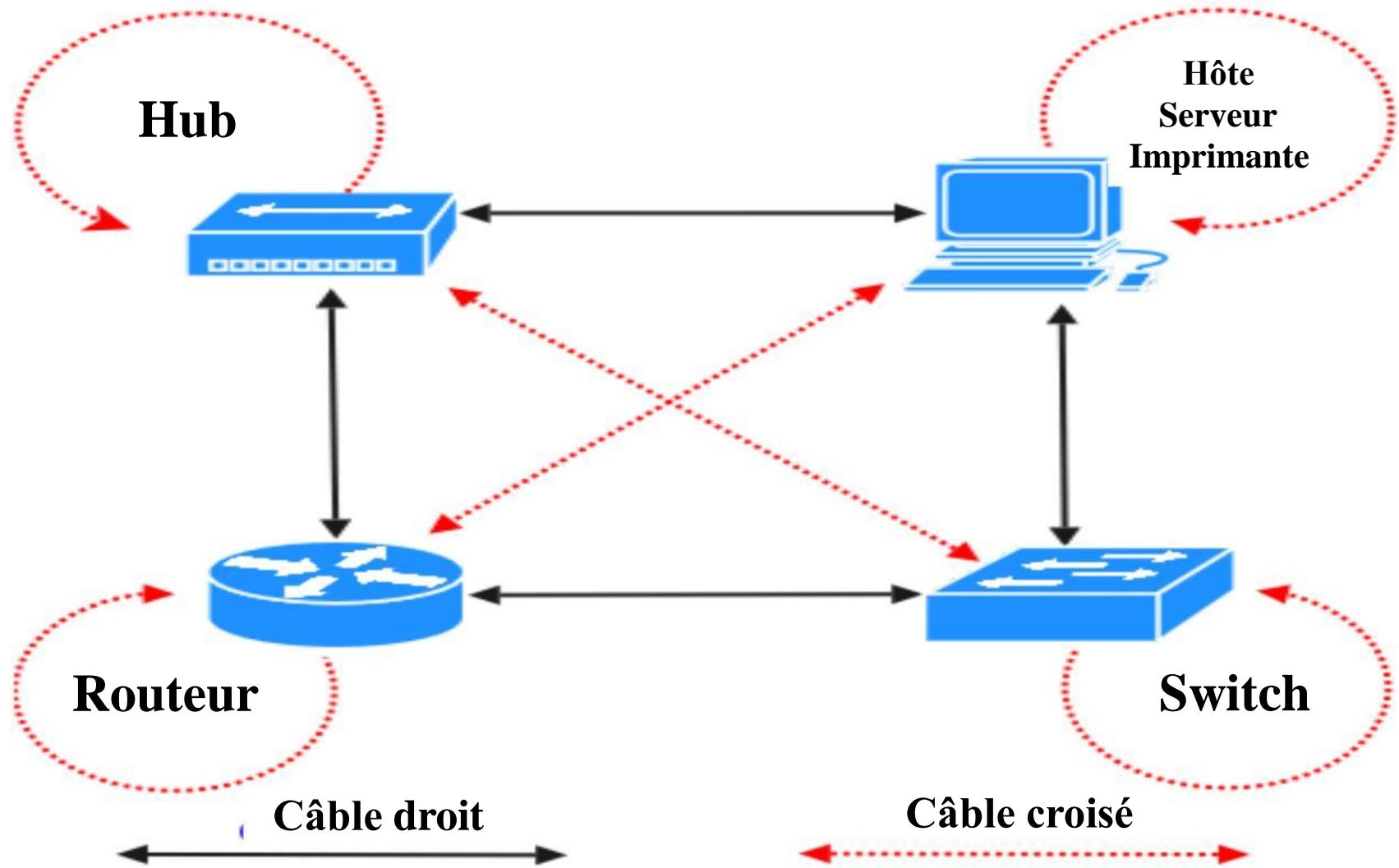
Câble croisé Ethernet RJ-45



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

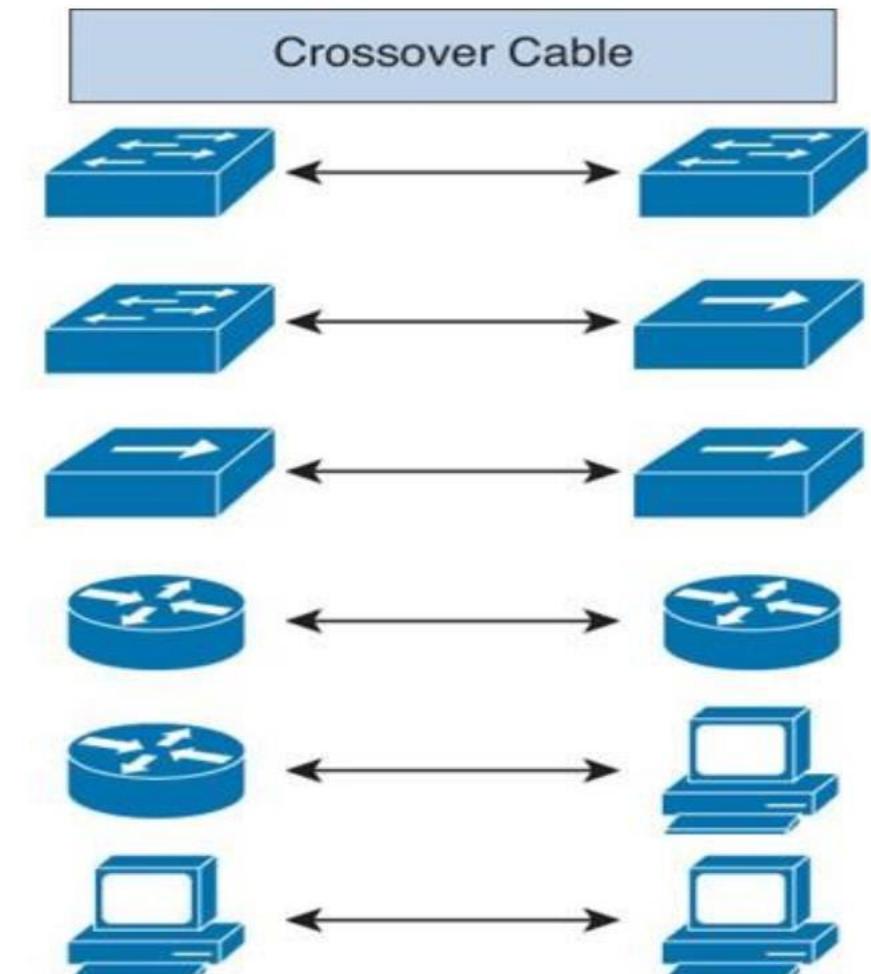
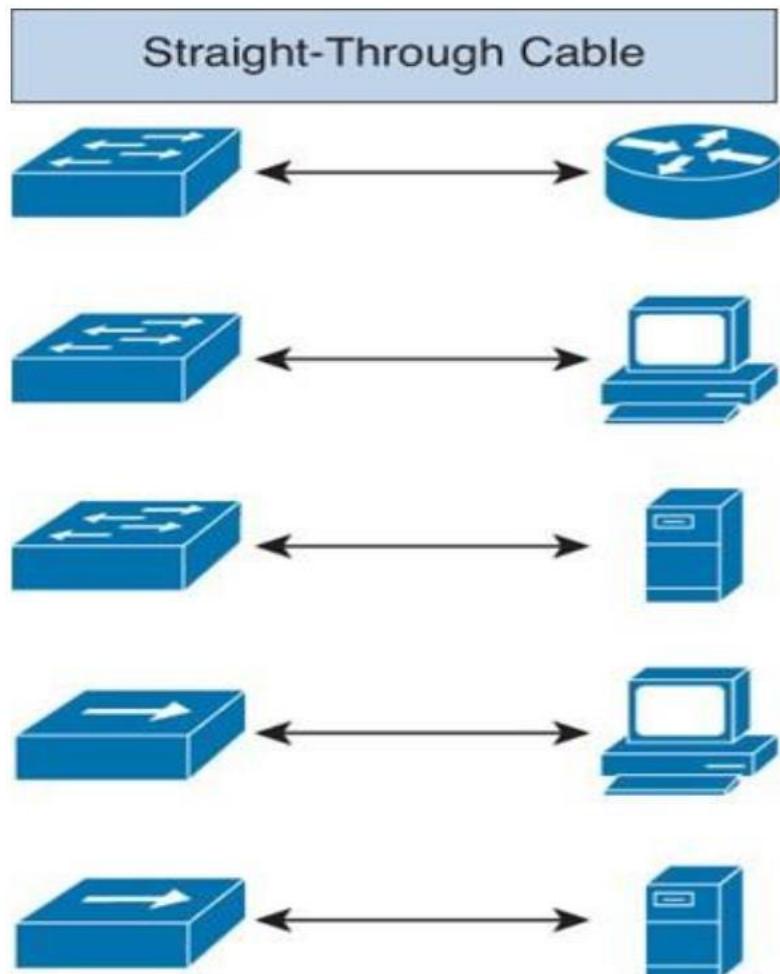
▪ Câble à paires torsadées non blindées (UTP)



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

▪ Câble à paires torsadées non blindées (UTP)



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble à paires torsadées blindées

- Les **câbles à paires torsadées blindées STP** (Shielded Twisted Pair) offrent une **meilleure capacité** de résistance aux bruits que le câble **UTP**.
- Le **câble STP** est **plus cher** et **plus difficile** à installer par rapport à un câble UTP.
- Les **câbles STP** utilisent aussi un **connecteur RJ-45**.
- Ils adoptent la technique de **blindage** pour contrer les **interférences** et les **torsades** pour éviter la **diaphonie**.
- Si le câble n'est pas correctement mis à la terre, le blindage peut agir comme une antenne et capter des signaux parasites.
- Le **blindage** peut être appliqué **individuellement aux paires**, ou à **l'ensemble** formé par celles-ci.
- La nouvelle norme relative à **10 Gigabit Ethernet** prévoit l'utilisation de **câblage STP**, ce qui crée un certain regain d'intérêt envers ce type de câble.

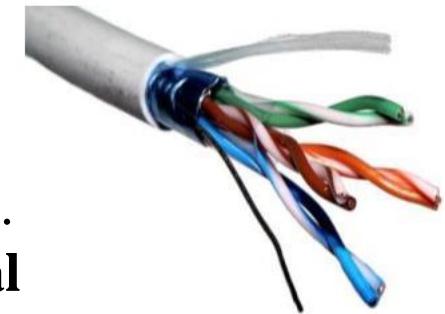
3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

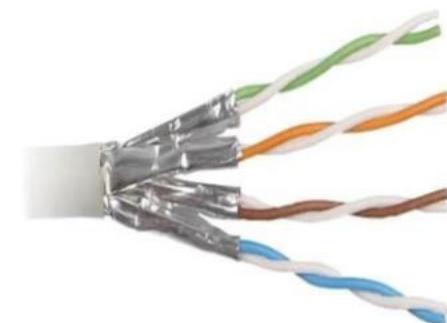
■ Câble à paires torsadées blindées: Types

■ Il existe diverses variantes principales de ces câbles :

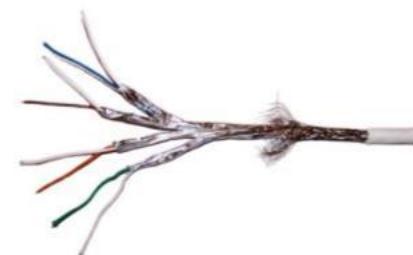
- **Paire torsadée écrantée FTP (Foiled Twisted Pair).** L'ensemble des paires torsadées a un **blindage global** assuré par une **feuille d'aluminium**. L'écran est disposé entre la gaine extérieure et les 4 paires torsadées. Elle élimine ainsi presque **toutes les interférences**.
- **Paire torsadée blindée STP (Shielded Twisted Pair):** entoure de feuilles de blindage l'ensemble du faisceau de fils ainsi que **chaque paire torsadée** est entourée d'un feuillard en aluminium. Elle élimine ainsi toute interférence.
- **Paire torsadée super blindée (Super Shielded Twisted Pair SFTP):** Chacune des paires est blindée par un écran en aluminium, et en plus la gaine extérieure est blindée par une tresse en cuivre étamé.



Paires torsadées FTP



Paires torsadées STP

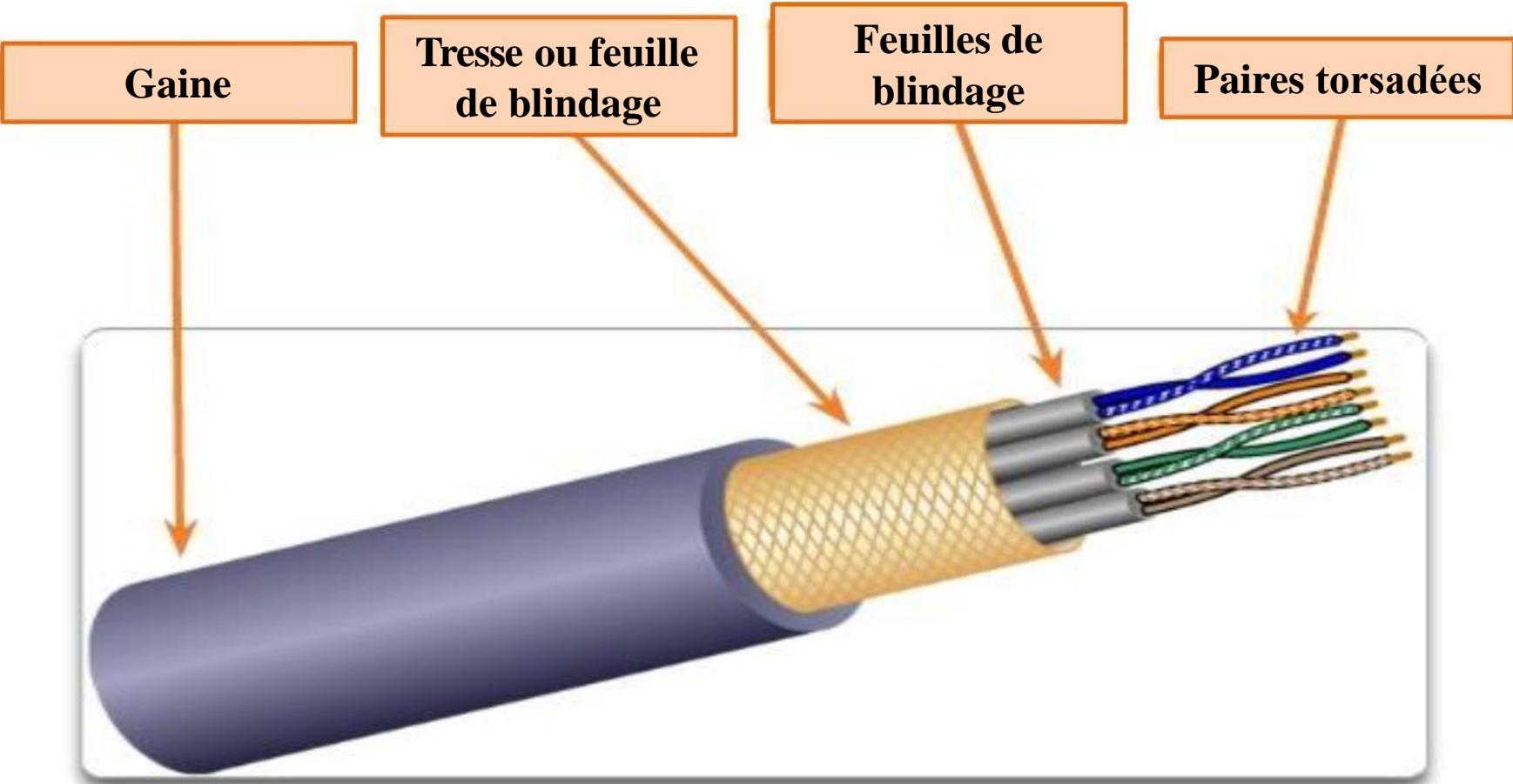


Paires torsadées SFTP

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble à paires torsadées blindées: Types



Le câble STP représenté utilise **quatre paires de fils**, chacune enveloppée dans une **feuille de blindage**. Le tout est ensuite entouré dans une torsade ou une feuille métallique.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Paire torsadée: Connecteurs



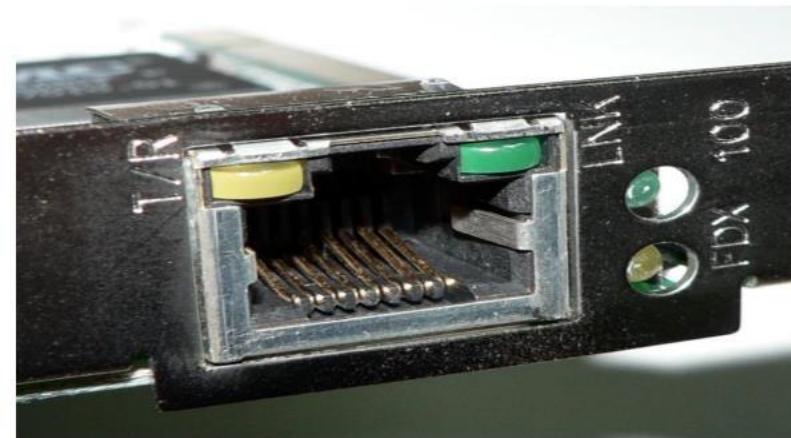
Connecteur RJ 45



Connecteur RJ 45



Connecteur et prise RJ45



Prise RJ45 sur une carte réseau

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Paire torsadée: Catégories

Catégorie	Classe	Application
3	C	<ul style="list-style-type: none">▪ Utilisé pour les communications vocales.▪ Utilisé le plus souvent pour les lignes téléphoniques.▪ Token Ring 4 Mbit/s, 10BaseT (10 Mbits/s), Fast Ethernet.
4	D	Token Ring 16 Mbit/s
5	D	<ul style="list-style-type: none">▪ Utilisé pour la transmission de données.▪ Les supports de catégorie 5 prennent en charge 100 Mbit/s et peuvent prendre en charge 1000 Mbit/s.▪ Les supports de catégorie 5e prennent en charge 1 000 Mbit/s.▪ Câble UTP et FTP, 100BaseTx (100 Mbits/s), ATM 155 Mbit/s,
6	E	<ul style="list-style-type: none">▪ Utilisé pour la transmission de données.▪ Prend en charge de 1000 Mbit/s à 10 Gbit/s.▪ Câble FTP et SSTP.
6a	E	<ul style="list-style-type: none">▪ Câble FTP et SSTP, 1000 Base Tx, 10 GBaseT
7	F	<ul style="list-style-type: none">▪ Câble SSTP

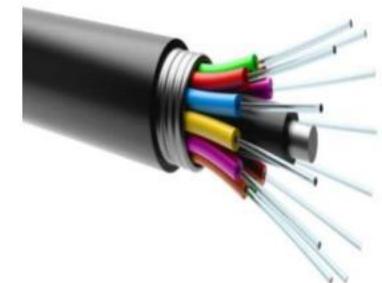
- Les **catégories 1 et 2** n'ont jamais existé et elles sont utilisées par un distributeur qui a commencé la numération officielle à **3**.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble 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** très pur (silice) transparent, à la fois flexible et très **fin**. Son diamètre n'est pas beaucoup plus grand. Les bits sont codés sur la fibre sous forme **d'impulsions lumineuses**.
- Le **câble à fibre optique** sert de guide d'ondes ou « tuyau lumineux » 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 elle est entièrement insensible aux perturbations.
- La **fibre optique** permet de **très grandes vitesses** sur de grandes distances (**1000 Mbits/s** ou plus sur **plusieurs kilomètres**).



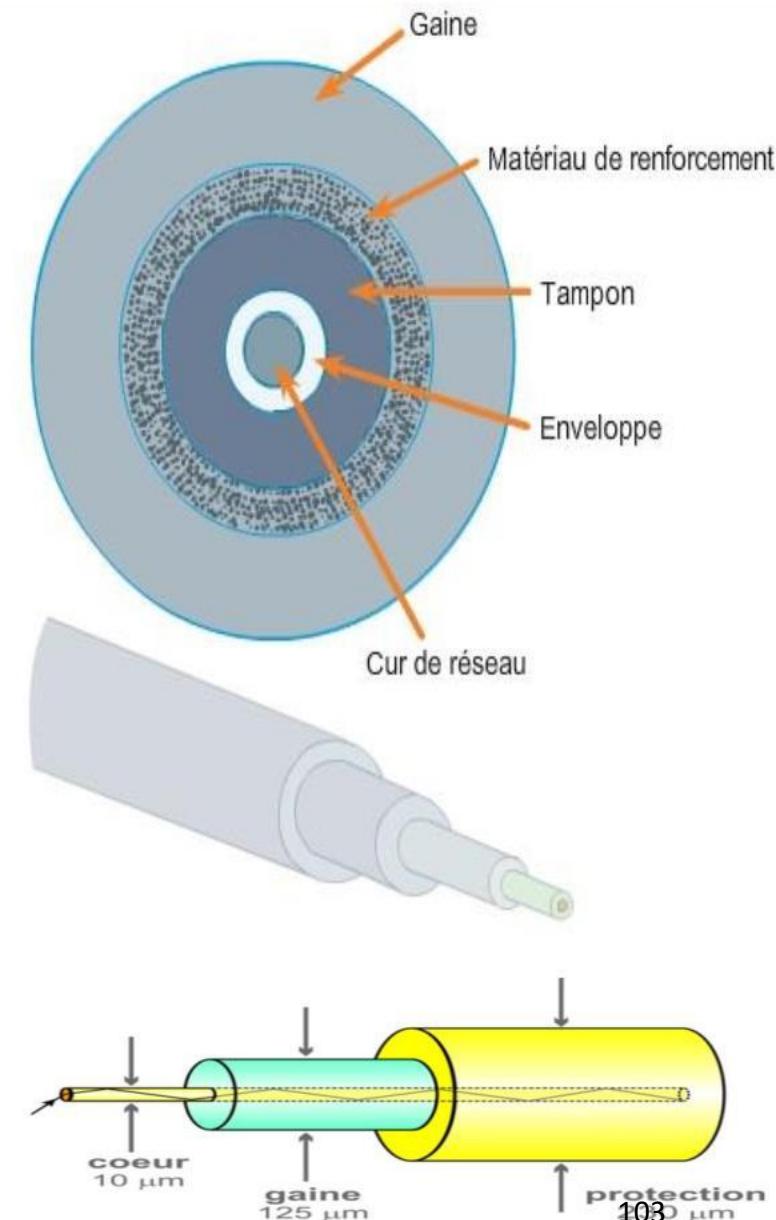
3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble en fibre optique: Structure

Les différentes couches d'un câble à fibre optique sont les suivantes :

- **Le cœur** : il se compose de verre pur et il est en contact direct avec la lumière. Les impulsions lumineuses circulent dans le **cœur** de la fibre.
- **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 revêtement destinés à protéger le verre des rayures et de l'humidité.

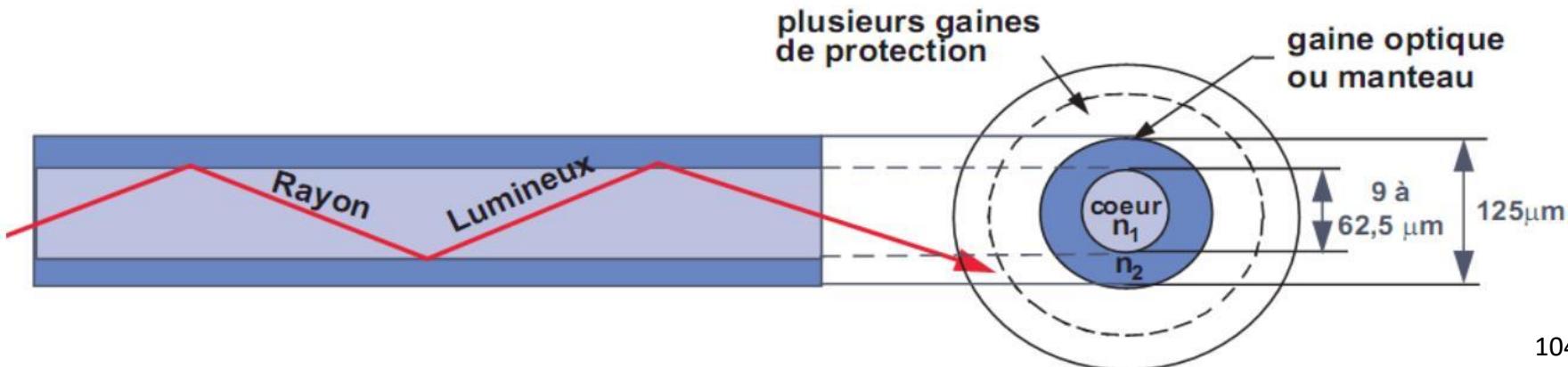


3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Câble en fibre optique: Principe

- La **fibre optique** est un guide d'onde qui exploite les **propriétés réfractrices** de la lumière. Le **cœur** de la fibre a un **indice de réfraction** légèrement plus élevé que la gaine et peut donc confiner la lumière qui se trouve entièrement réfléchie de multiples fois à l'interface entre les deux matériaux.
- La **réflexion totale** est assurée par des valeurs d'indices proches tel que $n_1 > n_2$ où n_1 est l'**indice du cœur** et n_2 **celui de la gaine**. Lorsqu'un **rayon lumineux** entre dans une fibre optique à l'une de ses extrémités avec un angle adéquat, il subit de **multiples réflexions totales internes**.
- Ce rayon se propage alors jusqu'à l'autre extrémité de la fibre optique sans perte, en empruntant un parcours en zigzag.

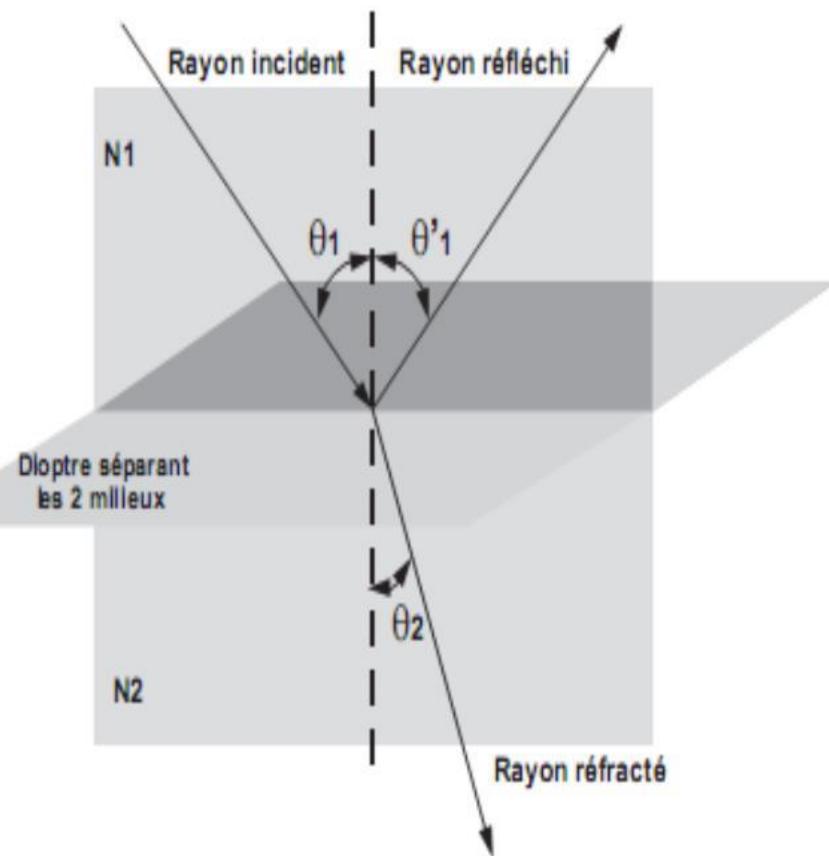


3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Câble en fibre optique: Principe

- Un faisceau de lumière au passage d'un milieu 1 vers un milieu 2 est **réfléchi**. Retour au milieu d'origine et est **réfracté**.
- L'**indice de réfraction** (n_1 , n_2) mesure le rapport entre la vitesse de propagation du rayon lumineux dans le vide et celle dans le milieu considéré, soit : $n = c/v$.
- Par exemple, l'**indice de réfraction du vide est 1**, du **verre d'environ 1,5** de l'eau **1,33**.
- Lorsque l'**angle d'incidence** augmente (**Teta1**), l'**énergie réfractée diminue** et l'**énergie réfléchie augmente**. Cette propriété est utilisée pour réaliser des guides de lumière : **la fibre optique**.



loi de Descartes ($N_1 \sin \theta_1 = N_2 \sin \theta_2$).

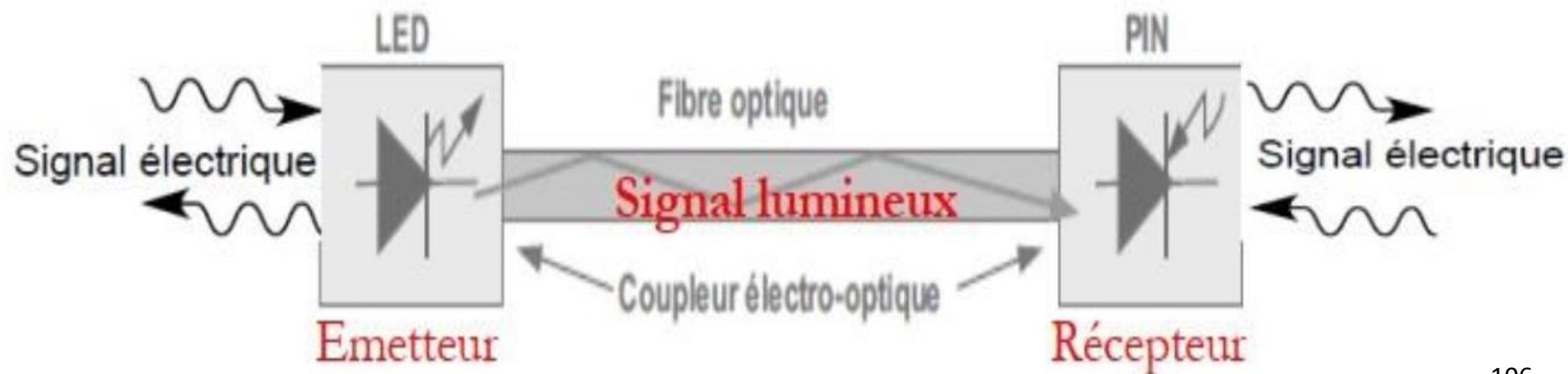
3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble en fibre optique: Principe

Un système de transmission par **fibre optique** met en œuvre:

- Un **émetteur de lumière** (transmetteur), constitué d'une **diode électroluminescente (LED)**, Light Emitting Diode) ou d'une **diode LASER** (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), qui transforme les impulsions **électriques** en impulsions **lumineuses**.
- Un **récepteur de lumière**, constitué d'une **photodiode de type PIN** (Positive Intrinsic Négative) qui traduit les impulsions **lumineuses** en signaux **électriques**.
- Une **fibre optique**.



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble en fibre optique: Types

- Les câbles à fibre optique peuvent être classés en deux grands types :

Monomode

Produit un seul chemin direct pour la lumière



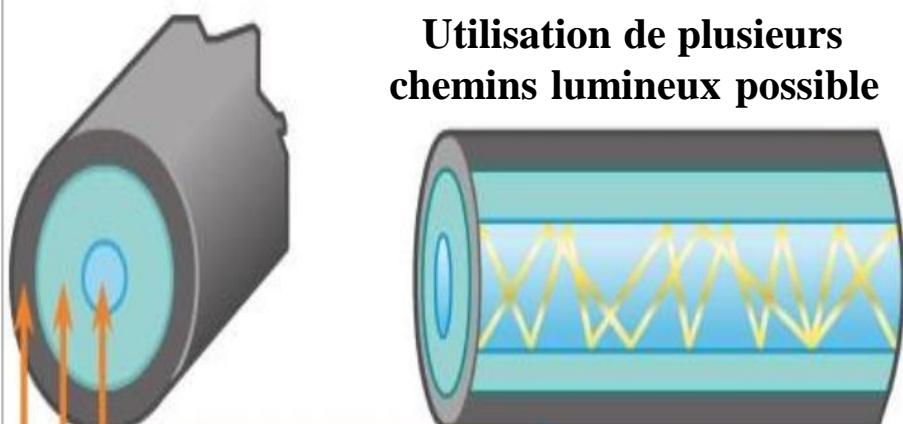
Cœur en verre=9 microns

Gaine en verre de 125 microns de diamètre

Revêtement

Multimode

Utilisation de plusieurs chemins lumineux possible



Cœur de verre= 50 à 62,5 microns

Gaine en verre de 125 microns de diamètre

Revêtement

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

⊕ Câble en fibre optique: Types -- Fibres Monomodes

- Les fibres **monomodes** (dites aussi **SMF**, pour Single Mode Fiber), sont utilisées pour de plus **longues distances** et/ou de **plus hauts débits**, elles sont technologiquement **plus avancées** car plus **fines**.
- Leur **cœur très fin** (de **9 µm**) n'admet ainsi qu'un **seul mode de propagation**, le plus direct possible c'est-à-dire dans l'axe de la fibre.
- Les **pertes** sont donc **minimes** (moins de réflexion sur l'interface **cœur/gaine**).
- Elles sont de ce fait adaptées pour les **lignes intercontinentales**.
- La **dispersion** du signal est quasiment **nulle**, le signal est donc **très peu déformé**.
- Elles utilisent des diodes au **LASER** comme source du signal lumineux.
- Du fait de ses **débits très importants** d'environ **100 gigabits/km**, ces fibres sont utilisées essentiellement pour les **sites à grande distance et très grande distance (plusieurs milliers de mètres)**.
- Elles existent en **deux qualités** : **OS1** et, plus récent, **OS2**.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble en fibre optique: Types – Fibres Multimodes

- Les **fibres multimodes** (dites **MMF**, pour Multi Mode Fiber), ont été les **premières** sur le marché. Elles ont pour caractéristique de transporter **plusieurs modes** (trajets lumineux).
- Elles sont utilisées uniquement pour des **bas débits** ou de **courtes distances**.
- Couramment utilisées sur des **réseaux locaux** ou des distances de quelques centaines de mètres au sein d'un réseau de campus.
- Elles sont caractérisées par un **diamètre de cœur plus grand** que celui des câbles monomodes de **50 ou 62,5 µm**.
- Permet une plus **grande dispersion** et donc une **perte de signal**.
- Elles ont pour émetteur une **diode LED** comme source du signal lumineux et des performances d'environ **1 gigabits/Km**.
- Elles existent en **quatre qualités** : **OM1, OM2, OM3, OM4**, en ordre **croissant** de performance.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Câble en fibre optique : Fibres multimodes vs monomodes

TYPE DE FIBRE	OS1 / OS2	OM1	OM2	OM3	OM4
	Monomode	Multimode	Multimode	Multimode	Multimode
DOMAINE D'APPLICATION PRINCIPAL	Liaisons bâtiments	Déport vidéosurveillance et réseau	Déport vidéosurveillance et réseau	Déport Gigabit & Datacenter	Datacenter
DÉBIT COURANT	Illimité	100 Mb/s	100 Mb/s & 1Gb/s	10 Gb/s	10 Gb/s & 40 Gb/s
DIAMÈTRE DE LA FIBRE	9/125µ	62,5/125µ	50/125µ	50/125µ	50/125µ
DÉPORT*	Très longue distance > 5 km	Longue distance < 5 km	Longue distance < 550 m	Moyenne distance réseau < 300 m	Moyenne distance réseau < 150 m
BANDE PASSANTE	Illimitée	200 MHz.km (850 nm)	500 MHz.km	1500 MHz.km (850 nm)	3500 MHz.km (850 nm)

Débits et distances en fibre optique

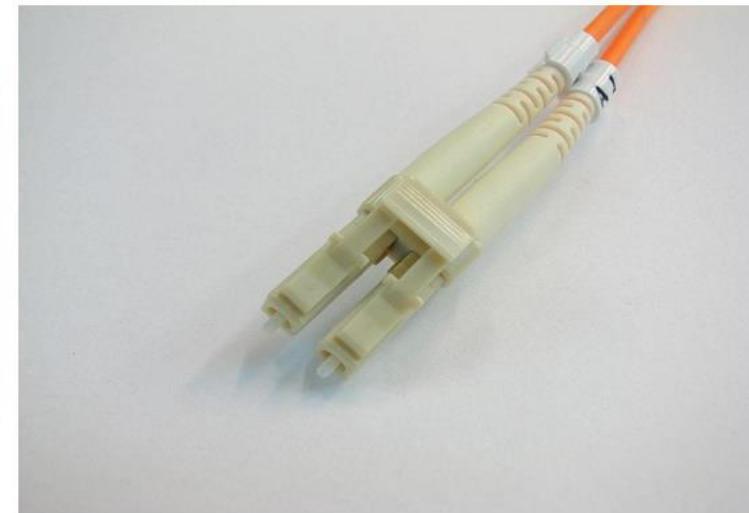
3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

■ Câble en fibre optique : Connecteurs



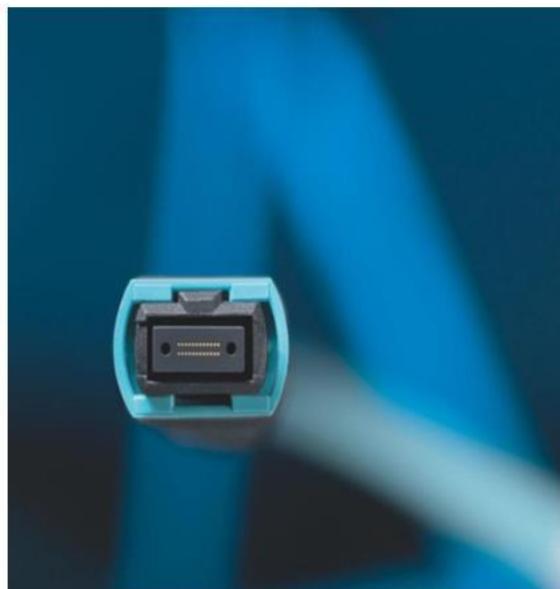
Connecteur ST et SC



Connecteur LC



Connecteur ST



Connecteur MPO



Connecteur FC/PC

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Comparaison: Fibre optique vs Cuivre

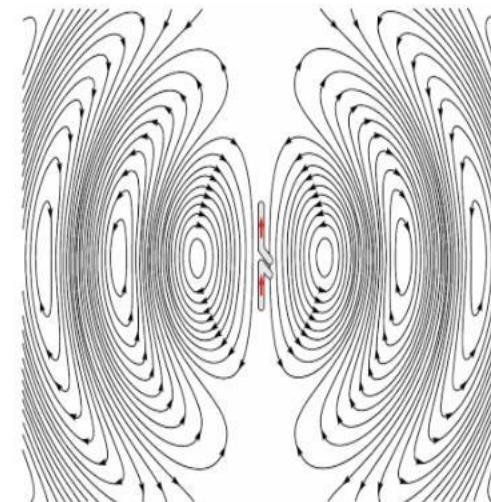
Problème de mise en œuvre	Câble à paires torsadées non blindées	Fibre optique
Bande passante	10 Mbit/s – 10 Gbit/s	10 Mbit/s – 100 Gbit/s
Distance	Relativement courte (1 à 100 mètres)	Relativement longue (1 à 100 000 mètres)
Résistance aux perturbations	Faible	Faible (totalemennt insensible)
Résistance aux risques électriques	Faible	Faible (totalemennt insensible)
Coûts des supports et des connecteurs	Moindres	Élevés
Compétences requises pour l'installation	Moindres	Elevées
Précautions à prendre pour la sécurité	Moindres	Elevées

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports 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**.
- Les **ondes** ne seront pas **guidées** dans un câble comme les supports en cuivre et à fibre optique. Ce sont les supports sans fil qui offrent le plus d'options de **mobilité**. De plus, le nombre de périphériques sans fil **augmente** sans cesse.
- De ce fait, la **technologie sans fil** est devenue le support de choix pour les réseaux **domestiques**. Alors que les options de bande passante augmentent, le sans fil gagne rapidement du terrain dans les **réseaux d'entreprise**.
- La totalité des **réseaux sans fils** actuels utilisent des **ondes radioélectriques ou radio**, c'est à dire des ondes dont la **fréquence** est comprise entre **9 kHz et 300 GHz**.
- Les **ondes micro-ondes** et **infrarouges** sont rarement utilisées dans les réseaux sans fils où ces dernières ne fonctionnent que sur de **courtes distances**.



3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports sans fil

Toutefois, la **technologie 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 et structures, ainsi que le terrain local, **limitent la couverture effective**. Les ondes s'atténuent avec la **distance** qu'elles parcourent : au-delà d'une certaine distance, le signal transmis est trop faible pour être capté. La portée du sans fil est donc **limitée**, là où les **câbles** sont capables d'avoir une portée **bien plus longue**.
- **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.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports sans fil: Types

Réseaux personnels sans fil (WPAN)

Réseaux métropolitains sans fil (WMAN)

Réseaux locaux sans fil (WPAN)

Réseaux étendus sans fil (WWAN)

GSM
GPRS
UMTS (3G)

Bluetooth™
Infrared
HomeRF

Wi-Fi™
HiperLAN™

wimax

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports sans fil: Types

	<ul style="list-style-type: none">▪ Normes IEEE 802.11. Également appelées Wi-Fi▪ CSMA/CA▪ Il existe différentes variantes:<ul style="list-style-type: none">▪ 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: 1,3 Gbit/s, 5 GHz▪ 802.11ad: 7 Gbit/s, 2,4 GHz et 60 GHz
	<ul style="list-style-type: none">▪ Normes IEEE 802.15, norme de réseau personnel sans fil (WPAN).▪ Prise en charge de débits jusqu'à 3 Mbits/s.▪ Fréquence: 2,4-2,5 GHz.▪ Propose le jumelage de périphériques sur des distances de 1 à 100 mètres.
	<ul style="list-style-type: none">▪ Norme IEEE 802.15.4, norme de réseau personnel sans fil (WPAN).▪ Débit maximal : 20 kbit/s à 250 kbit/s▪ Fréquence : 2,4 GHz.▪ Portée : Maximum 10 mètres.
	<ul style="list-style-type: none">▪ Normes IEEE 802.16▪ Propose des débits jusqu'à 1 Gbits/s.▪ Fréquence : 2 à 11 GHz.▪ Utilise une topologie point-à-Multipoint pour fournir un accès à large bande sans fil.

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports sans fil: Différentes normes Wi-Fi

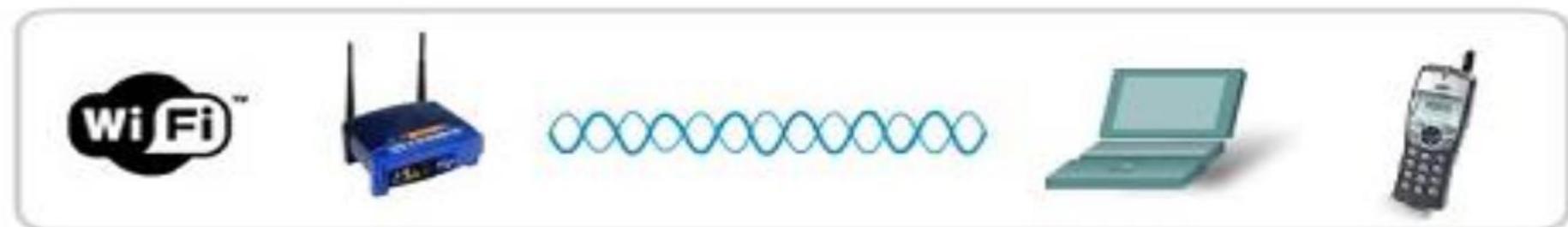
- Norme **IEEE 802.11** : la technologie LAN sans fil (WLAN), plus communément appelée Wi-Fi, utilise un système avec gestion des conflits ou non déterministe et un processus d'accès au support **CSMA/CA** (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance).

Norme	Débit maximal	Bandes de fréquences	Rétrocompatibilité
802.11a	54 Mbit/s	5 GHz	Non
802.11b	11 Mbit/s	2,4 GHz	Non
802.11g	54 Mbit/s	2,4 GHz	802.11b
802.11n	600 Mbit/s	2,4 GHz ou 5 GHz	802.11a/b/g
802.11ac	1,3 Gbit/s	5 GHz	802.11a/n
802.11ad	7 Gbit/s	2,4 GHz, 5 GHz et 60 GHz	802.11a/b/g/n/ac

3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports sans fil: Types

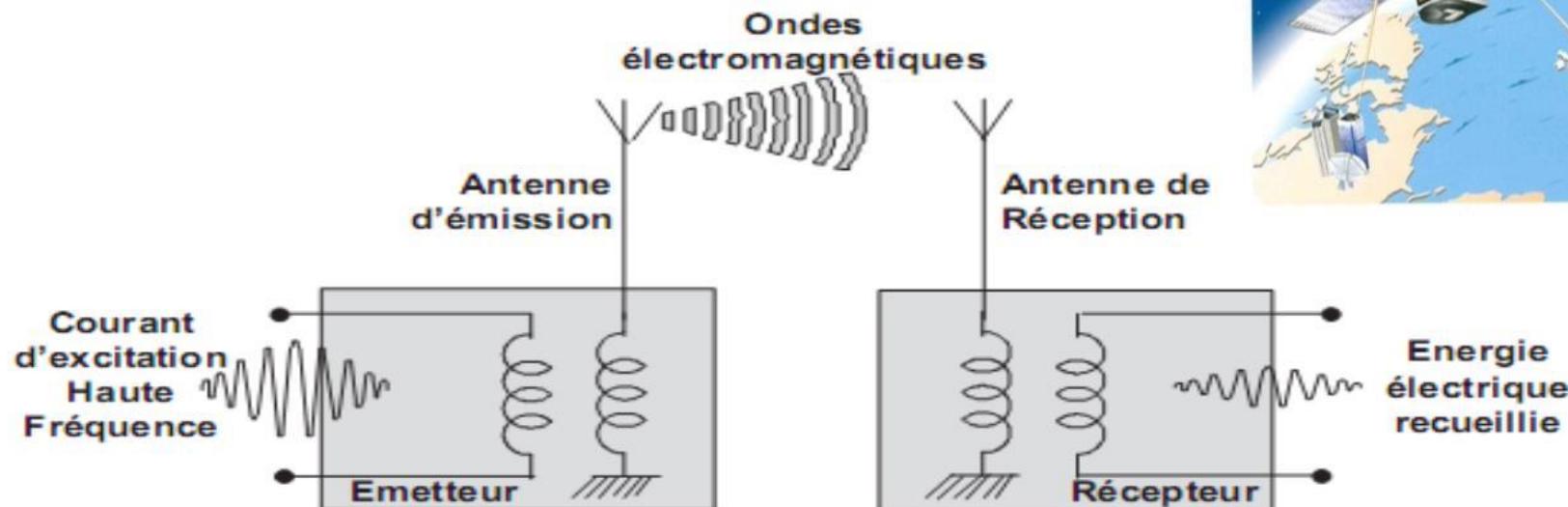


3. Couche Physique

3.3. Supports de transmission

Supports sans fil: Types

- Il existe d'autres technologies sans fil telles que les **communications par satellite** qui peuvent également fournir une connectivité au réseau de données.
- Liaison satellite** - (géostationnaire ou à défilement, hauteur:36000 ou 800 km)
 - Fréquences montantes : **3,4 - 4,2 GHz & 7,25 - 7,75 GHz**
 - Fréquences descendantes : **5,725 – 6,425 GHz & 7,9 – 8,4.**
- Faisceaux hertziens** : **500 kHz – 20 GHz.**
 - Utilisée pour les transmissions de données.
 - Transmission terrestre - portée : **50 à 1000km.**



3. Couche Physique

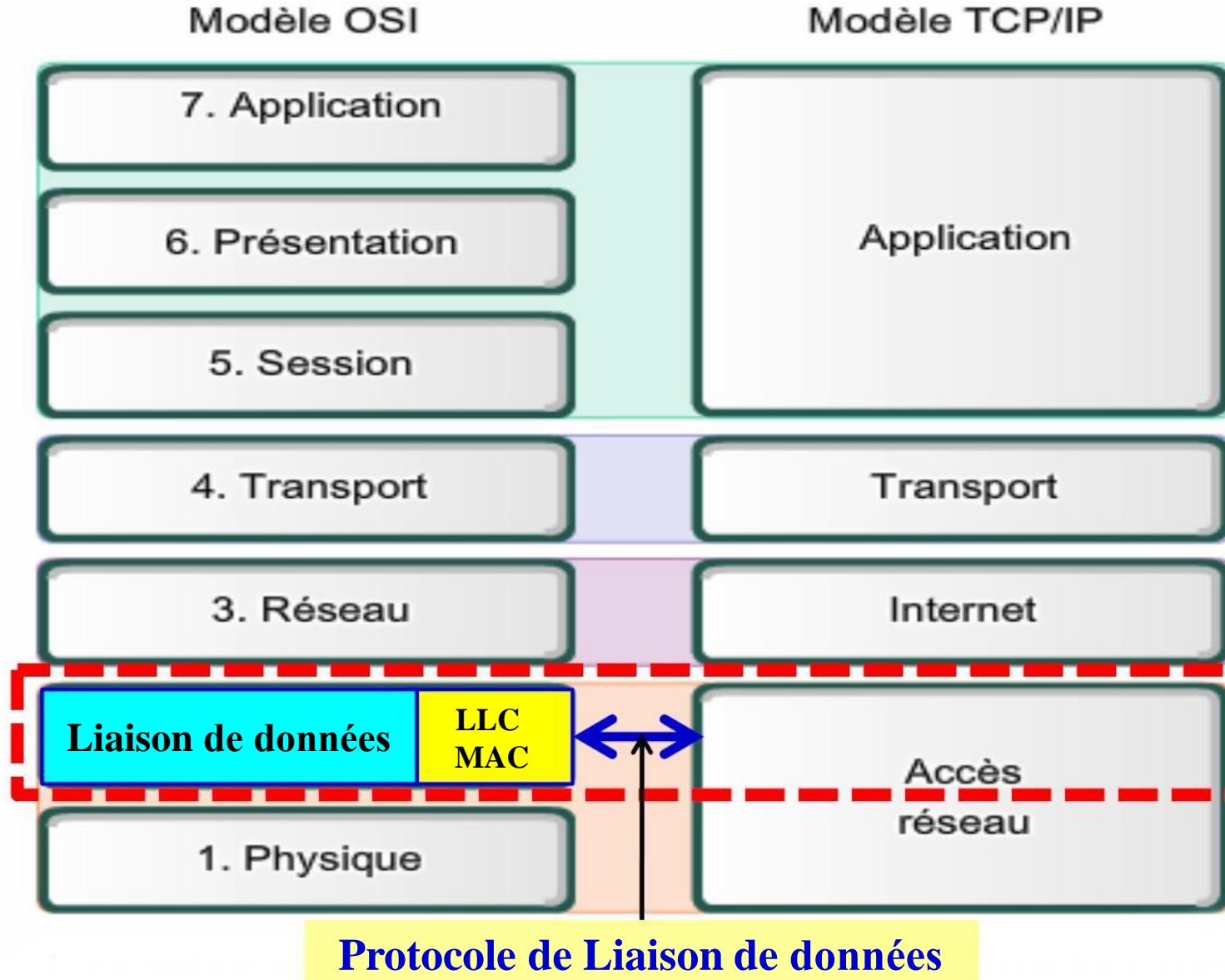
3.3. Supports de transmission

Supports sans fil: LAN sans fil

- Un réseau local sans fil exige généralement les **périphériques réseau** suivants:
 - **Point d'accès sans fil** : concentre les signaux sans fil des utilisateurs et se connecte à l'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**: fournissent à chaque hôte du réseau la possibilité de communiquer sans fil.
- L'acquisition de périphériques sans fil doit s'effectuer avec soin pour garantir la **compatibilité** et **l'interopérabilité**. Les avantages des technologies de communication de données sans fil sont évidents, en particulier les **économies** sur le câblage coûteux des locaux et le côté pratique lié à la **mobilité des hôtes**.
- Les administrateurs réseau doivent mettre au point et appliquer des processus et des **politiques de sécurité stricts** pour protéger les réseaux locaux sans fil des accès non autorisés et des dégradations.

Couche Liaison de Données

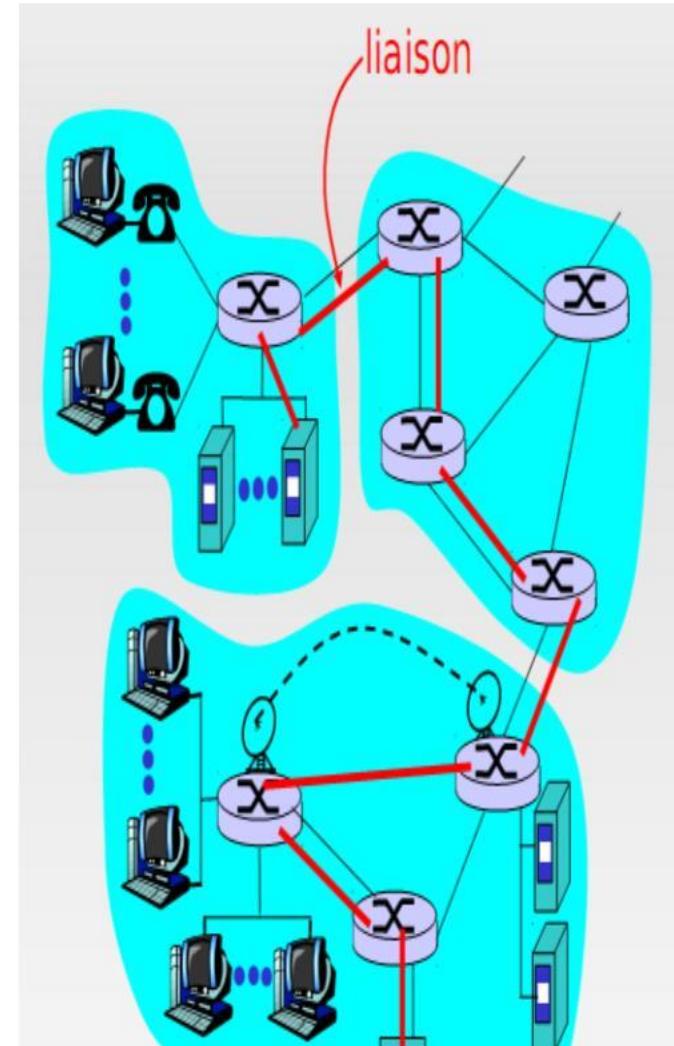
4. Couche Liaison de Données



4. Couche Liaison de Données

4.1. Introduction

- 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.
- **Nœuds** : Les **périphériques** réseau connectés à un support commun : les **hôtes** et les **routeurs**.
- **Liaisons câblées ou sans fils** : Canaux de communication qui connecte des nœuds adjacents le long du chemin de communication.
- Elle assure ces deux services de base :
 - Elle **accepte les paquets** de la couche réseau et les **encapsule** dans des unités de données appelées des **trames**.
 - Elle **contrôle l'accès au support** et **déetecte les erreurs**.



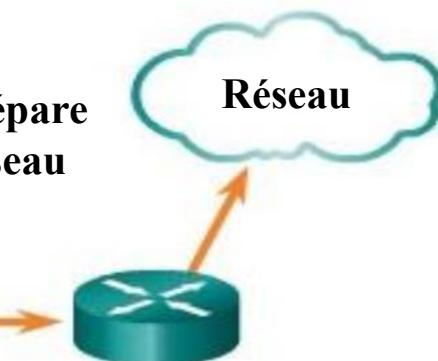
4. Couche Liaison de Données

4.1. Introduction



- Les réseaux physiques représentent l'interconnexion des périphériques sur un support commun.
- Les réseaux logiques sont des structures définies au niveau de la couche réseau par l'organisation du schéma d'adressage hiérarchique.

La couche liaison de données prépare les données du réseau pour le réseau physique.



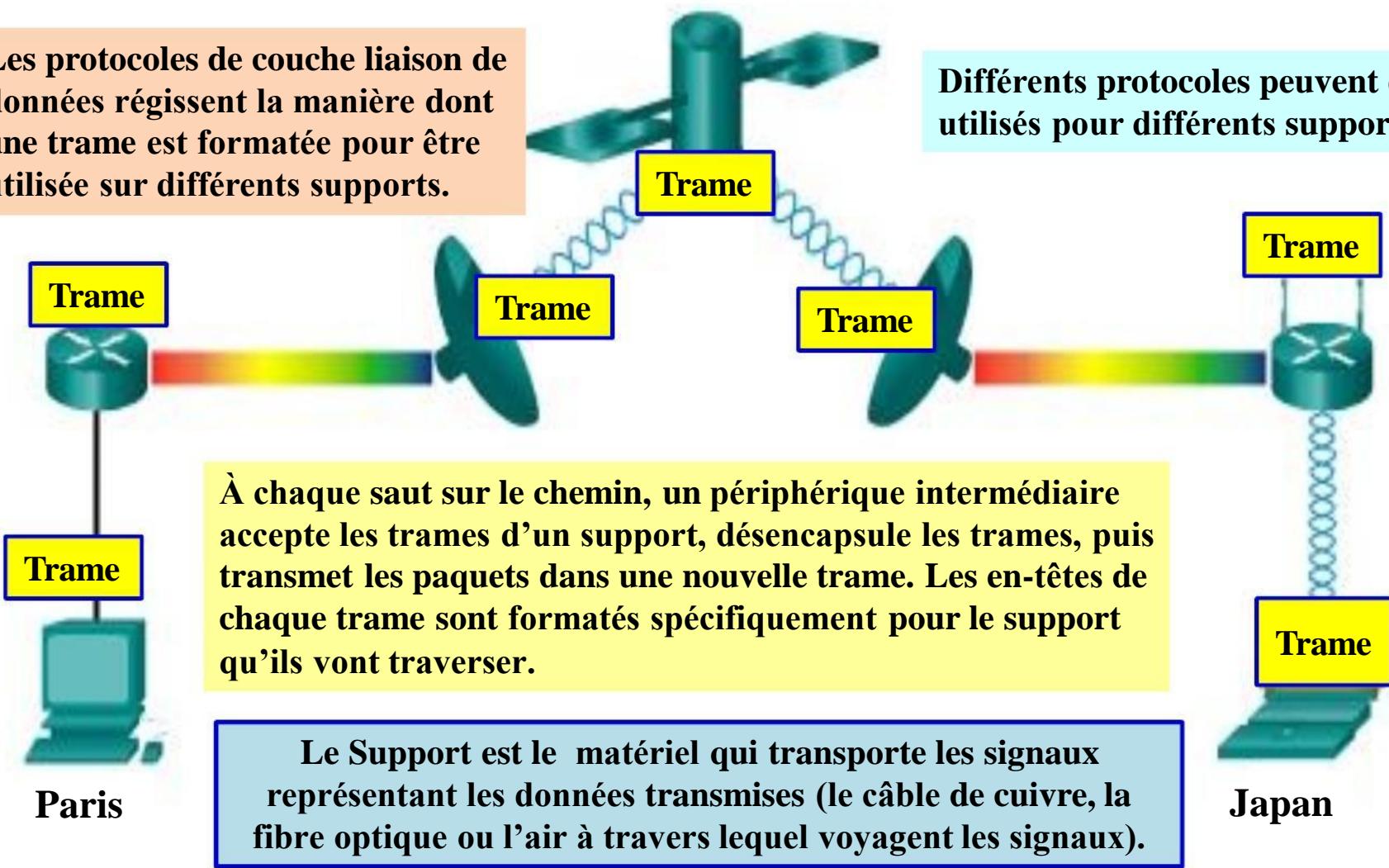
4. Couche Liaison de Données

4.1. Introduction

■ Exemple:

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.

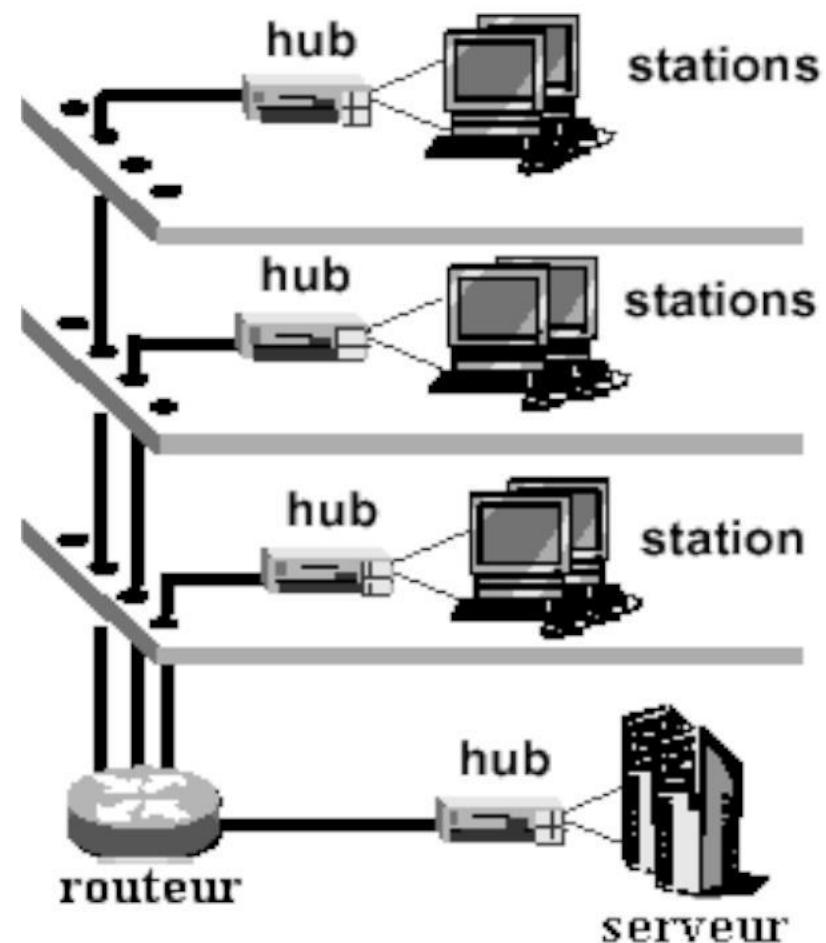


4. Couche Liaison de Données

4.1. Introduction

■ Qu'est ce qu'un réseau local ?

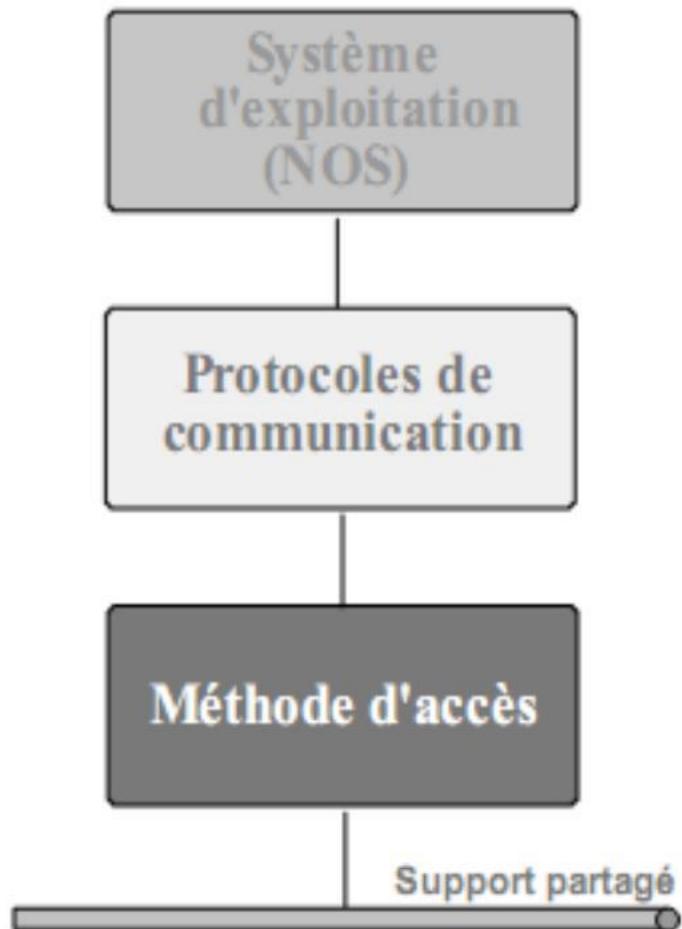
- Un réseau local est un ensemble de **moyens autonomes de traitement** (ordinateurs, stations de travail, imprimantes, fax, téléphones, etc) reliés entre eux pour s'échanger des informations et partager des **ressources matérielles** (imprimantes, photocopieurs, scanners, graveurs, espaces disque, ...) ou **logicielles** (programmes, fichiers, ...).
- Nés dans les années **1970**.
- Standardisées dans les années **1980**.



4. Couche Liaison de Données

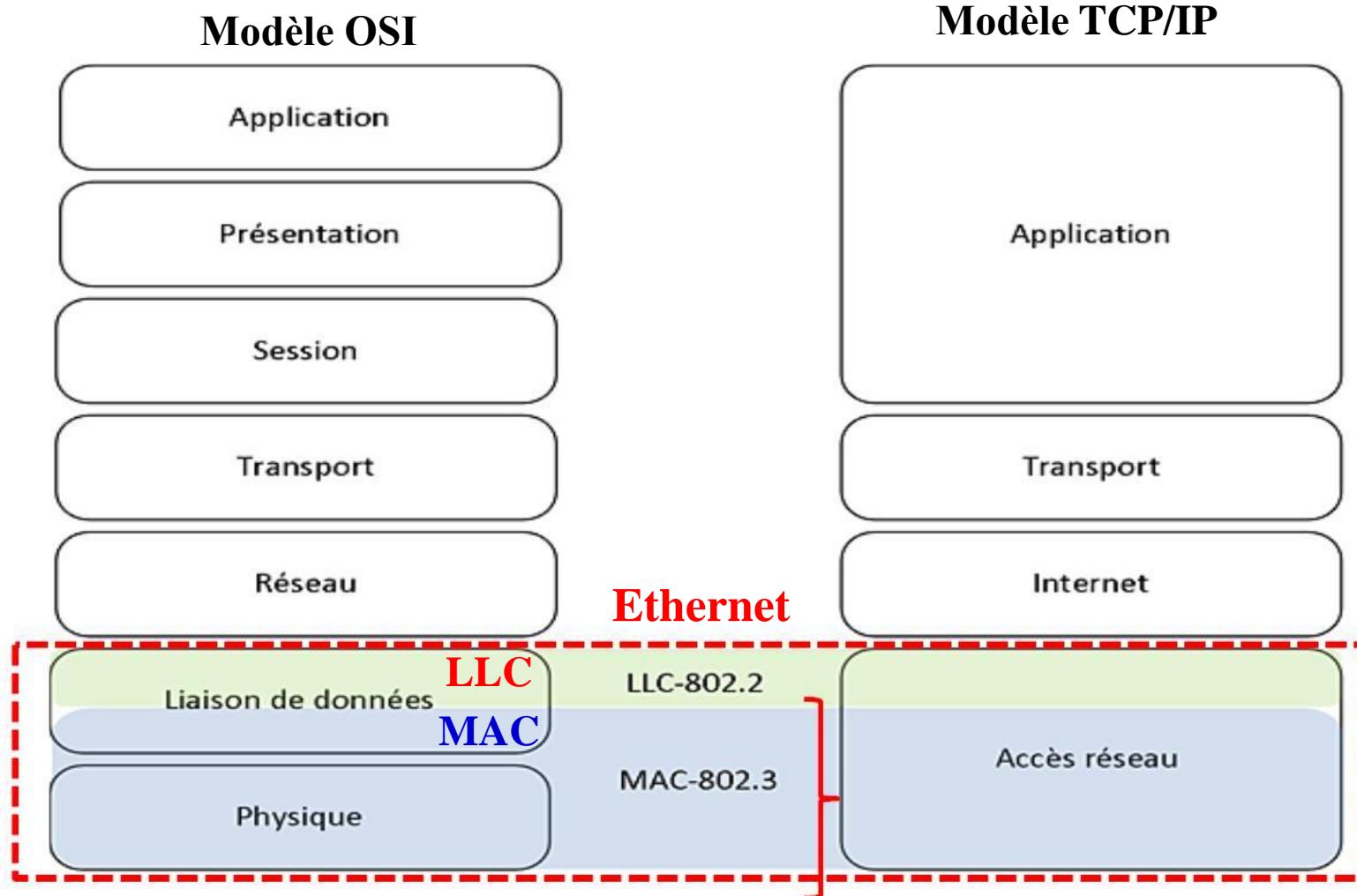
4.1. Introduction

- Les **constituants** essentiels d'un **réseau local**:
 - un **câblage** reliant les différents **nœuds** selon une certaine **topologie**;
 - une **méthode d'accès** au support pour assurer son partage;
 - une **méthode d'adressage** pour identifier chaque nœud;
 - un ensemble cohérent de **protocoles** pour permettre la **communication**;
 - un **système d'exploitation spécifique** (NOS, Network Operating System);
 - un **ensemble de programmes** utilisant les ressources mises en commun.



4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet



4. Couche Liaison de Données

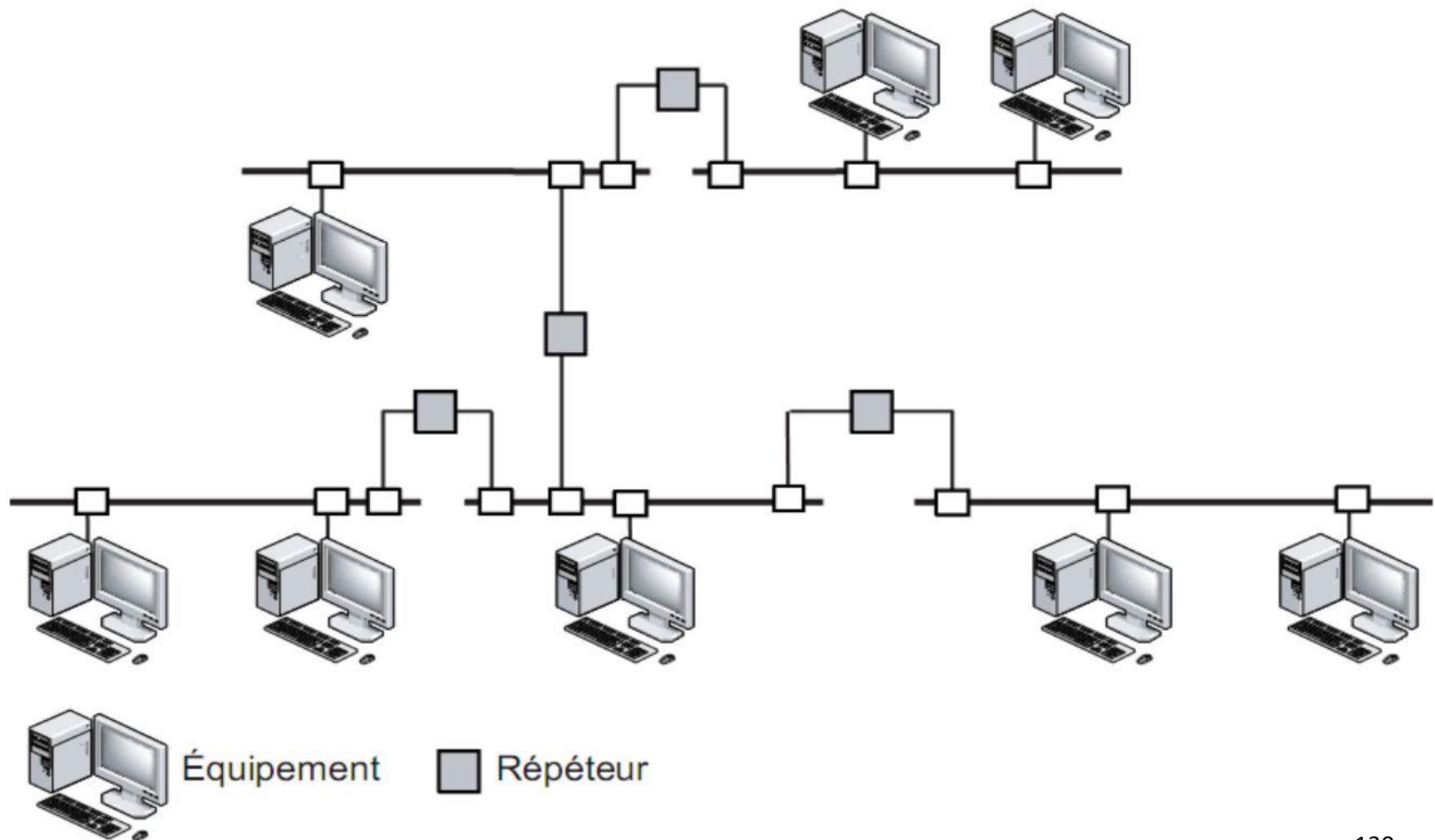
4.2. Réseaux Ethernet

- **Ethernet:** développé, par Xerox, en 1976. **Ethernet** est la **technologie de réseau local (LAN)** la plus répandue aujourd'hui, elle fonctionne au niveau de la couche **physique** et de la couche **liaison de données**.
- **Ethernet** est une famille de technologies réseau définies par les normes **IEEE 802.2** (Protocole de la couche **liaison de données**) et **IEEE 802.3** (protocole de la couche **liaison de données** et de la couche **physique**).
- Les **réseaux IEEE 802.3** utilisent une transmission en **bande de base avec un code Manchester**.
- **Organisation Physique d'un réseau Ethernet:** Organisé en **un ou plusieurs segments** (reliés de façon à conserver la structure de bus). La longueur de chaque segment est **limitée**.
- Pour des **longueurs supérieures**, il faut utiliser des **répéteurs**, qui décoden et amplifient les signaux reçus.
- **Ethernet** prend en charge des **bandes passantes** de données de :
 - **10 Mbit/s; 100 Mbit/s (Fast Ethernet); 1 000 Mbit/s (1 Gbit/s); 10 000 Mbit/s (10 Gbit/s); 40 000 Mbit/s (40 Gbit/s); 100 000 Mbit/s (100 Gbit/s)**

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Ethernet IEEE 802.3: Structure de bus



4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

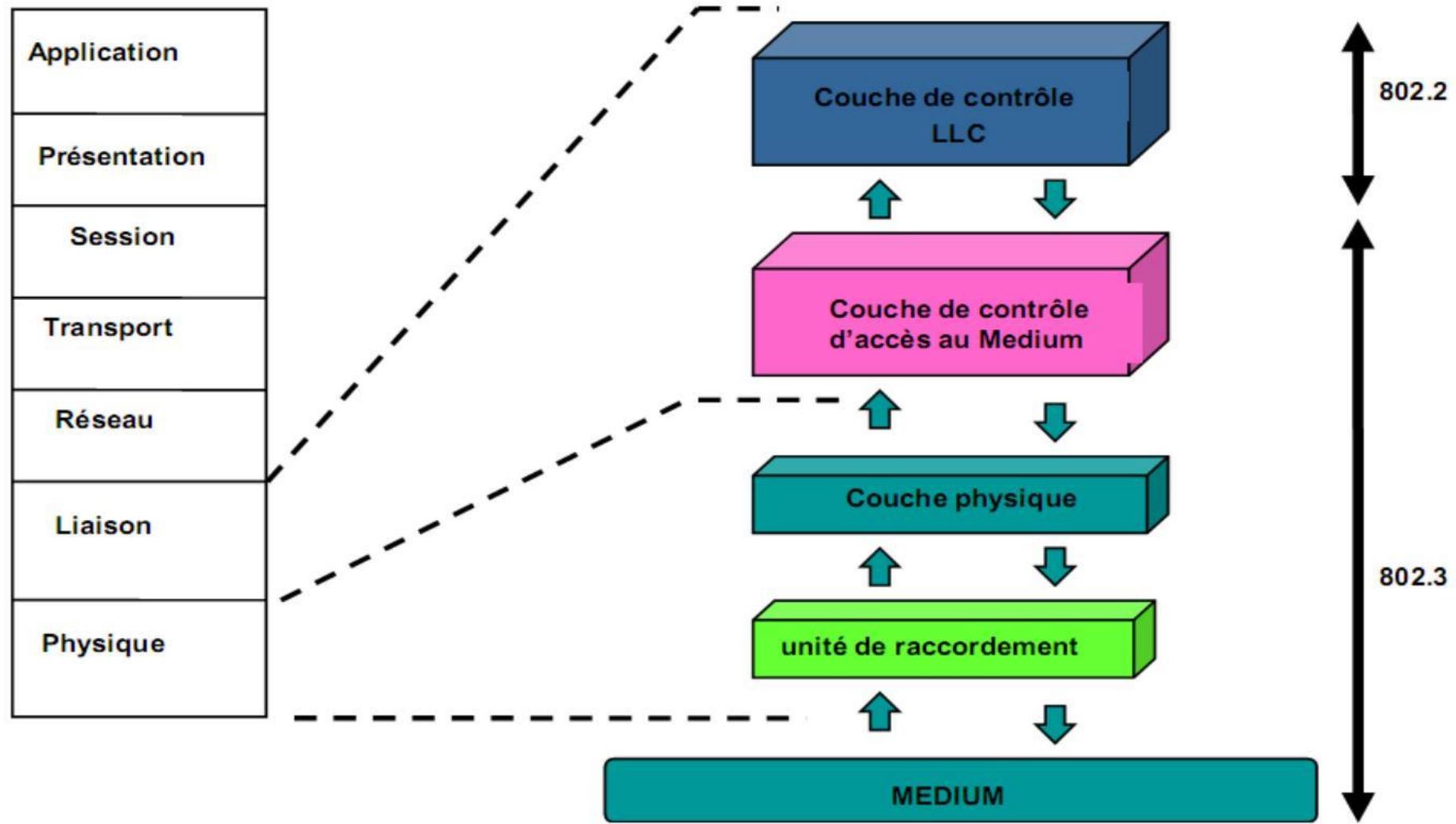
Chronologie de l'évolution d'Ethernet

Année	Norme	Description
1973	Ethernet	Invention d'Ethernet par le Dr Robert Metcalf de Xerox Corp
1980	Norme DIX Ethernet II	Digital Equipment Corp, Intel et Xerox (DIX) mettent au point une norme Ethernet de 10 Mbits/s sur un câble coaxial .
1983	IEEE 802.3, 10 BASE 5	Ethernet 10 Mbits/s sur un câble coaxial épais .
1985	IEEE 802.3a, 10 BASE 2	Ethernet 10 Mbits/s sur un câble coaxial fin .
1990	IEEE 802.3i, 10 BASE T	Ethernet 10 Mbits/s sur un câble à paires torsadées .
1993	IEEE 802.3j, 10 BASE F	Ethernet 10 Mbits/s sur un câble à fibre optique .
1995	IEEE 802.3u, 100 BASE-xx	Fast Ethernet: Ethernet 100 Mbits/s sur des câbles à paires torsadées et fibre (plusieurs normes).
1998	IEEE 802.3z, 1000 BASE-X	Gigabit Ethernet sur un câble à fibre.
1999	IEEE 802.3ab, 1000 BASE-T	Gigabit Ethernet sur un câble à paires torsadées.
2002	IEEE 802.3ae, 10G BASE-xx	10 Gigabit Ethernet sur un câble à fibre (plusieurs normes).
2006	IEEE 802.3an, 10G BASE-T	10 Gigabit Ethernet sur un câble à paires torsadées.
2010	IEEE 802.3ba, 40GBASE et 100G BASE	40 Gigabit Ethernet et 100 Gigabit Ethernet .
2017	IEEE 802.3bs, 200 GBASE et 400GBASE	200 Gigabit Ethernet et 400 Gigabit Ethernet .

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

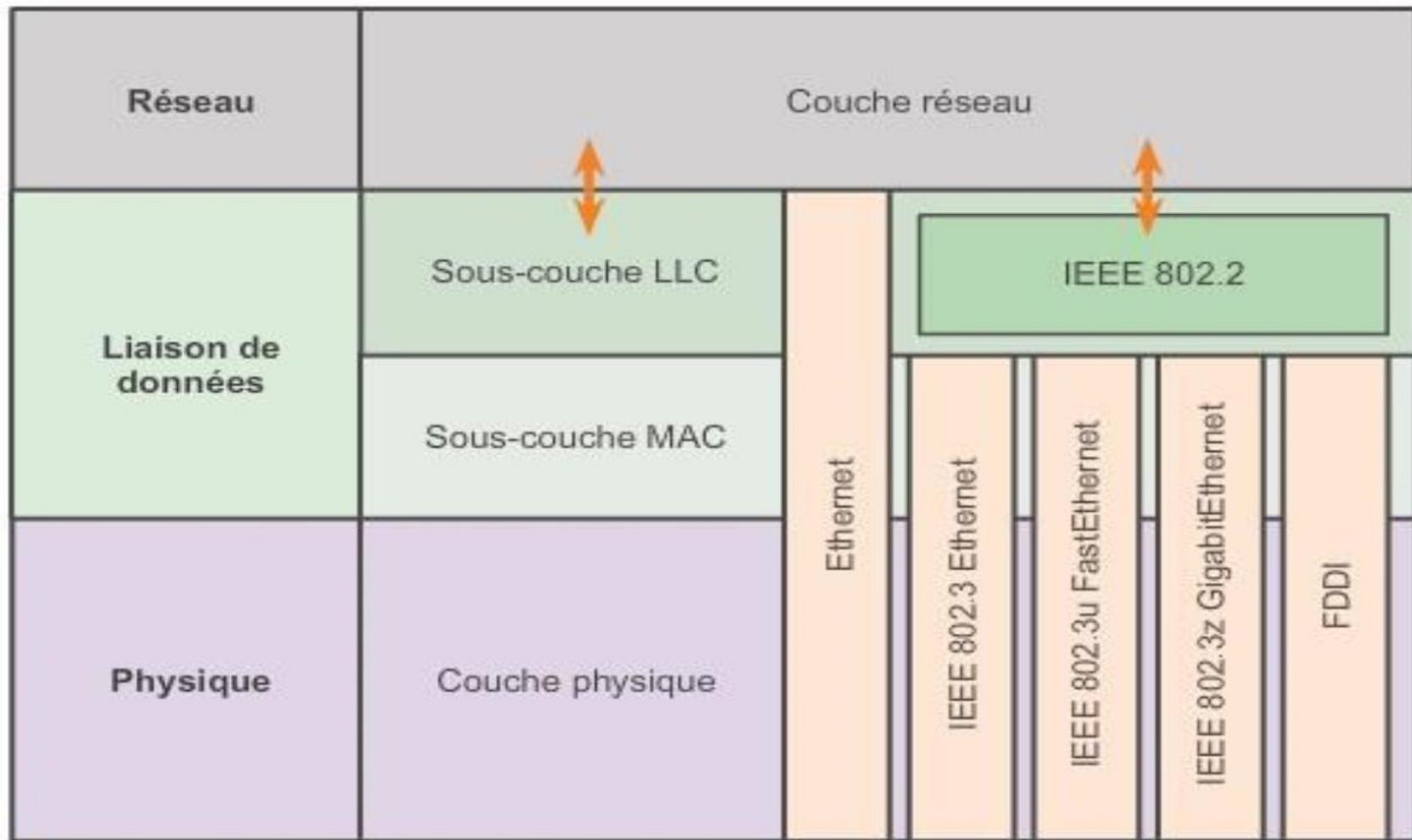
Normes Ethernet de l'IEEE



4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Normes Ethernet de l'IEEE



4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Éléments de base d'Ethernet

- Les quatre **éléments de base d'Ethernet** :
 - ,La **trame** qui est un ensemble standardisé de bits utilisé pour transporter des données à travers le système.
 - ,Le **protocole de contrôle d'accès au média**, qui consiste en un ensemble de règles intégré dans chaque interface Ethernet et qui permet à plusieurs ordinateurs d'accéder de façon équitable au canal Ethernet commun.
 - Les **composants de signalisation**, qui consistent en des dispositifs électroniques standardisés pour l'émission et la réception des signaux sur le canal Ethernet.
 - Le **Médium physique**, constitué des **câbles** et autres matériels utilisés pour **transporter les signaux** Ethernet numériques entre les ordinateurs connectés au réseau. Un réseau Ethernet est donc un réseau à caractère probabiliste car il n'y a pas de chef d'orchestre pour synchroniser les émissions. Cette absence conduit à dire que c'est un réseau égalitaire.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

- Le protocole **Ethernet** s'appuie sur les **deux sous-couches LLC et MAC** de la couche **liaison de données** pour fonctionner:
 - **Contrôle de liaison logique (LLC, Logical Link Control) :**
 - Elle gère la **communication** entre la couche **réseau** et la couche **physique**. Celle-ci a généralement lieu entre le **logiciel** et le **matériel** réseau du périphérique.
 - Elle extrait les données des protocoles réseau, en principe un **paquet IP**, et leur ajoute des **informations de contrôle** pour **faciliter la transmission du paquet** jusqu'au nœud de destination.
 - La **mise en œuvre** de la **sous-couche LLC** se fait au niveau **logiciel** et est indépendante du matériel. Elle représente le **pilote de la carte réseau**. Ce pilote est un **logiciel** qui interagit directement avec le matériel de la carte réseau pour transmettre les données entre la **sous-couche MAC** et les **supports physiques**.
 - **Contrôle d'accès au support (MAC, Medium Access Control) :**
 - Elle est mise en œuvre au niveau **matériel** (sur la **carte réseau** de l'ordinateur).
 - Elle communique avec la technologie de réseau local **Ethernet** pour envoyer et recevoir des trames via des câbles en cuivre ou à fibre optique. Elle communique également avec les technologies **sans fil** telles que le **Wi-Fi** et le **Bluetooth** pour envoyer et recevoir des trames sans fil.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Fonctions de la sous-couche MAC

Encapsulation de données

- Délimitation des trames
- Adressage
- Détection des erreurs

Contrôle d'accès au support

- Contrôle du positionnement des trames sur et en dehors des supports
- Récupération à partir des supports

Couche physique	Sous-couche de contrôle de liaison logique (LLC)							
802.3 Contrôle d'accès au support								
Sous-couche de signalisation physique	10BASE-5 (500 m) 50 Ohm Coax Type N	10BASE-2 (185 m) 50 Ohm Coax BNC	10BASE-T (100 m) 100 Ohm UTP RJ-45	100BASE-TX (100 m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-CX (25 m) 150 Ohm STP mini-DB-9	1000BASE-T (100 m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-ST (220-550 m) Fibre SC MM	1000BASE-LX (550-5000 m) Fibre SC MM ou SM
Support physique								

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Fonctions de la sous-couche MAC

- Deux fonctions principales : **Encapsulation** et le **Contrôle d'accès au support**.
- **Encapsulation de données:** Elle consiste à **assembler les trames** avant de les transmettre et à les **désassembler** à leur **réception**. Lorsqu'elle assemble une trame, la couche **MAC** ajoute un **en-tête** et **une fin** à l'unité de données de protocole de la couche réseau. Elle assure **trois fonctions principales** :
 - **Délimitation des trames:** Le processus de tramage fournit des **délimiteurs importants** utilisés pour identifier un **groupe de bits** qui composent une trame (début et fin d'une trame). Ce processus permet la **synchronisation** entre les nœuds de **transmission** et ceux de **réception**.
 - **Adressage :** L'encapsulation fournit également un **adressage** pour la couche liaison de données. Chaque **en-tête Ethernet** ajouté à la trame contient **l'adresse physique (MAC)** qui permet de remettre celle-ci au nœud de destination.
 - **Détection d'erreur :** Chaque **trame Ethernet** contient une **fin** avec un **contrôle de redondance cyclique (CRC, Cyclic Redundancy Check)** du contenu des trames. Après réception d'une trame, le nœud récepteur crée un **CRC** pour le comparer à celui de la trame source. Si ces deux calculs de **CRC** correspondent, cela signifie probablement que la trame a été reçue **sans erreur**.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Fonctions de la sous-couche MAC

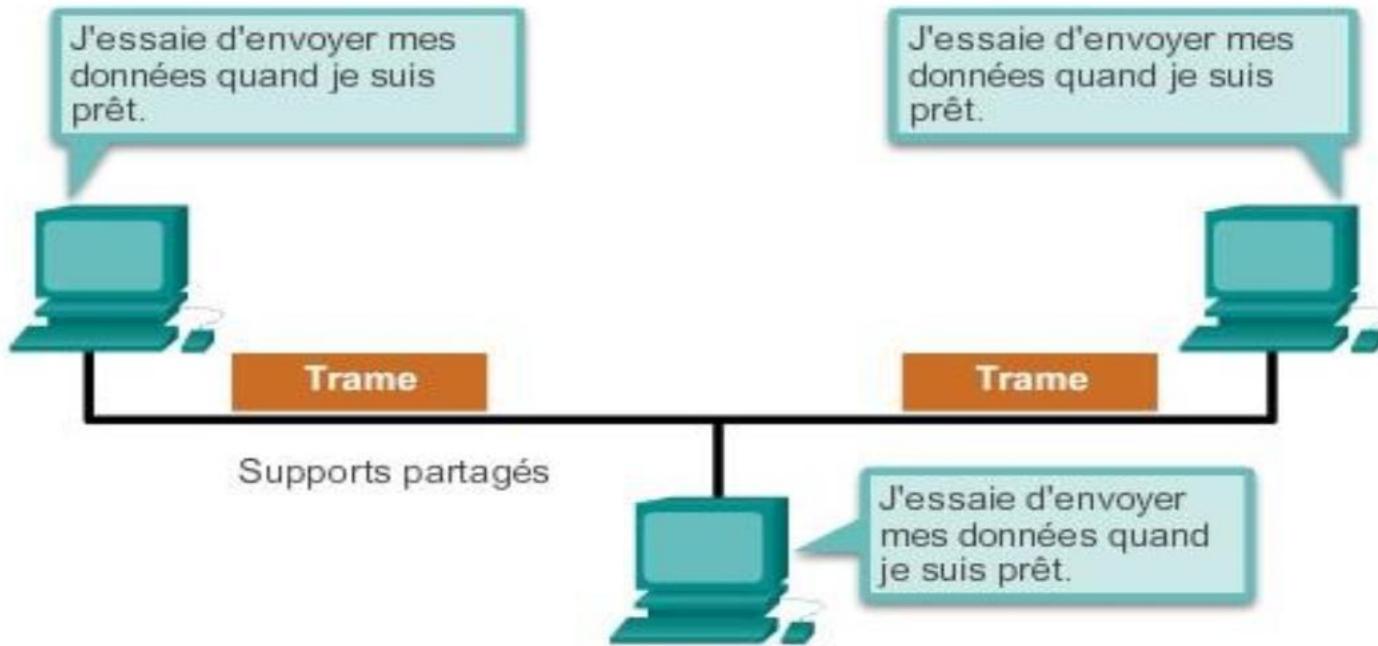
Contrôle d'accès au support:

- Contrôle du **placement des trames** sur les supports et leur **suppression**.
- Récupération à partir des supports (en réception des trames).
- La **topologie logique** d'Ethernet est un **bus à accès multiple**. Chaque périphérique réseau est connecté au **même support partagé** et tous les nœuds reçoivent toutes les trames transmises. Par conséquent, tous les nœuds (périphériques) d'un même segment de réseau doivent **partager le support**.
- Ethernet est une méthode réseau avec **gestion des conflits** ou **méthode non déterministe** permet à tous les périphériques de transmettre des données à travers le **support partagé** chaque fois qu'il doit en envoyer.
- Cependant, si plusieurs périphériques essaient de transmettre des données simultanément sur un **même support**, ces données entrent **en collision** et deviennent **inexploitables**.
- C'est pourquoi la technologie **Ethernet** offre une méthode de contrôle de la manière dont les nœuds **partagent l'accès**, par l'utilisation de la **technologie CSMA** (Carrier Sense Multiple Access).

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Accès avec gestion des conflits



Méthode	Caractéristiques	Exemple
Accès avec gestion des conflits	<ul style="list-style-type: none">Les postes peuvent transmettre des données à n'importe quel moment.Des collisions existent.Des mécanismes permettent de résoudre les problèmes de conflit.<ul style="list-style-type: none">CSMA/CD pour les réseaux EthernetCSMA/CA pour réseaux sans fil 802.11	<ul style="list-style-type: none">EthernetSans fil

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

- Deux méthodes de **résolution des conflits de support** les plus courantes sont :
 - **CSMA/CD (CSMA/Collision Detection)**
 - Le périphérique **contrôle le support** pour établir si celui-ci comporte un signal de données. Si **aucun signal** de données n'est détecté, à savoir si le support est **libre**, le périphérique transmet ses données.
 - Si des signaux sont alors détectés, ce qui indique qu'un autre périphérique était en train de transmettre des données, **tous les périphériques arrêtent** de transmettre leurs données et réessayent ultérieurement au bout d'un **court laps de temps**.
 - Par conséquent, même si les réseaux Ethernet actuels sont conçus avec la technologie **CSMA/CD**, avec les périphériques intermédiaires récents, aucune collision ne se produit et les processus **CSMA/CD** sont devenus inutiles.
 - **CSMA/CA (CSMA/Collision Avoidance)**
 - Le périphérique examine le support pour établir si celui-ci 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. Le périphérique transmet alors ses données. Cette méthode est utilisée par les **technologies de réseau sans fil 802.11**.
 - Les collisions doivent toujours **être envisagées** sur les connexions sans fil des environnements de réseau local.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

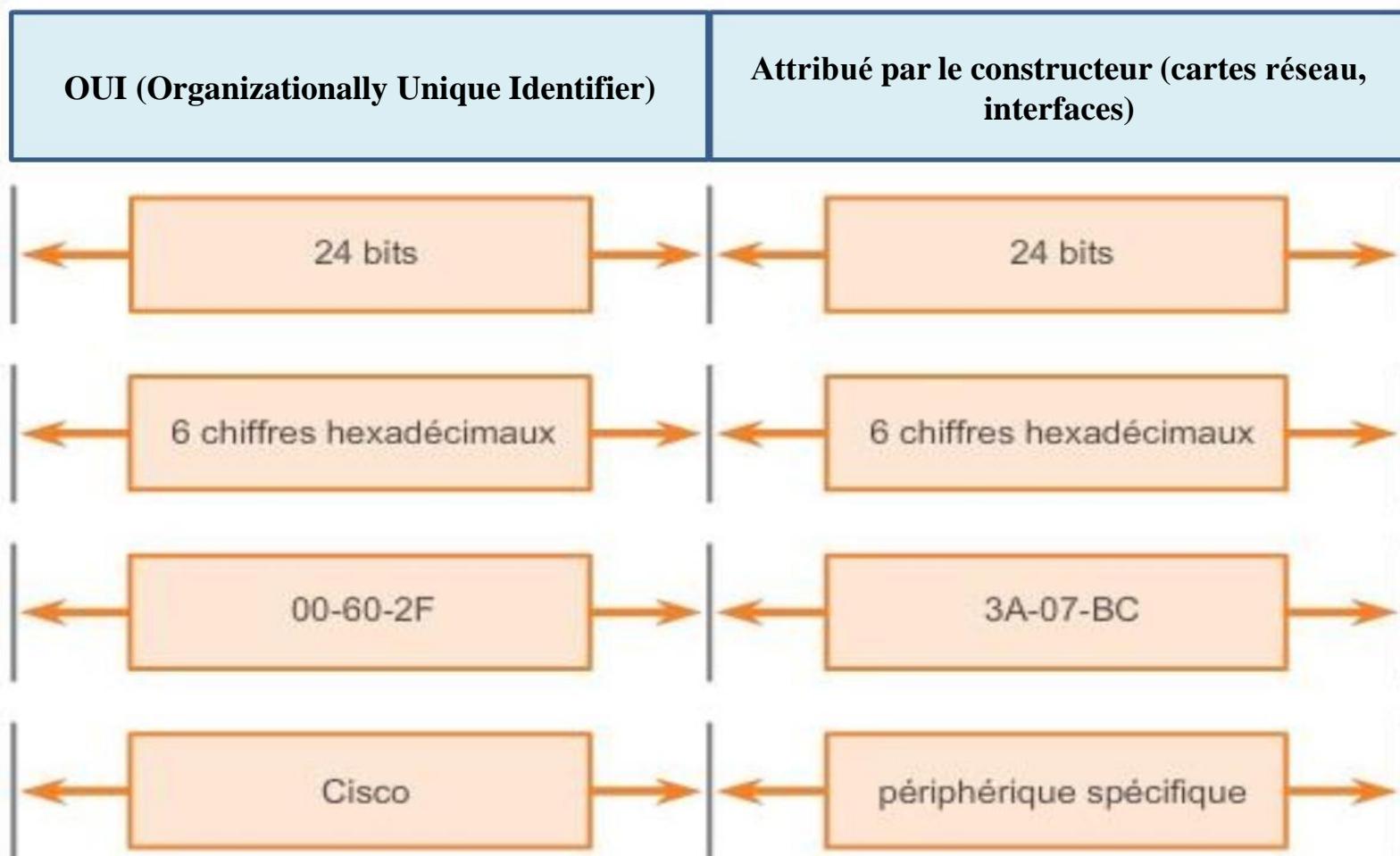
Structure de l'Adresse MAC

- Une **adresse MAC Ethernet** est une **valeur binaire** de **48 bits** constituée de **12 chiffres hexadécimaux** (4 bits par chiffre hexadécimal). Elle est stockée dans la **mémoire morte** (puce de la ROM) de la carte réseau. Cela signifie qu'elle ne peut pas être modifiée à l'aide d'un logiciel.
- Les **adresses MAC** doivent être **uniques** au monde. Cette valeur est un résultat direct des règles mises par **l'IEEE** auprès des revendeurs pour garantir l'attribution d'adresses uniques à chaque périphérique Ethernet, et ce, à l'échelle mondiale.
- Les règles établies par **l'IEEE** exigent de chaque revendeur de **périphérique Ethernet** qu'il s'enregistre auprès de l'IEEE. L'IEEE attribue au constructeur un code de **3 octets** (24 bits) appelé **OUI** (**Organizationally Unique Identifier**).
- **L'IEEE** demande aux constructeurs de respecter **deux règles** simples :
 - Toutes les **adresses MAC** attribuées à une **carte réseau** ou à un autre périphérique Ethernet doivent utiliser, comme **3 premiers octets**, **l'identifiant OUI** attribué au revendeur correspondant.
 - Toutes les adresses MAC qui ont **le même identifiant OUI** doivent recevoir une **valeur unique** (référence du revendeur ou numéro de série) dans les **3 derniers octets**.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Structure de l'Adresse MAC



4. Couche Liaison de Données

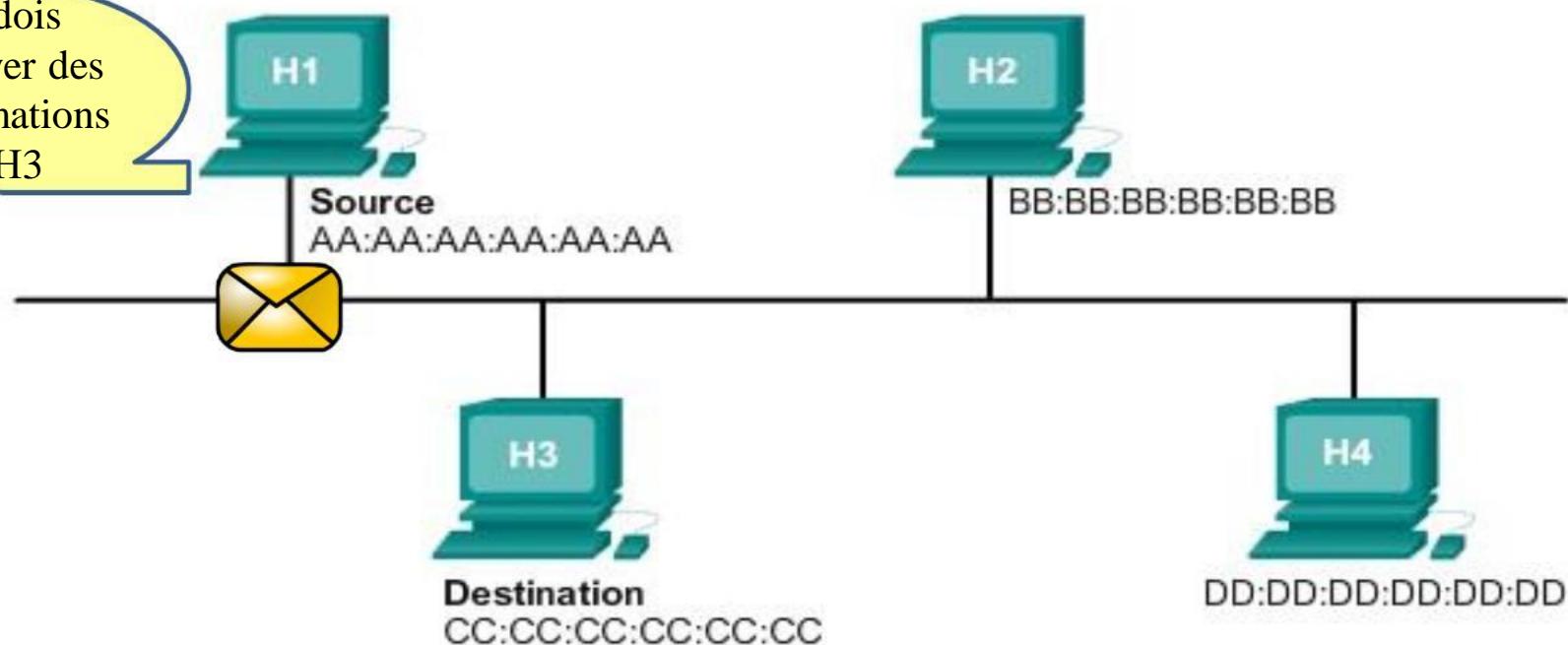
4.2. Réseaux Ethernet

Traitements des trames

Transfert de trame

Adresse de destination	Adresse source	Données
CC:CC:CC:CC:CC:CC	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Données encapsulées
Adressage des trames		

Je dois envoyer des informations à H3



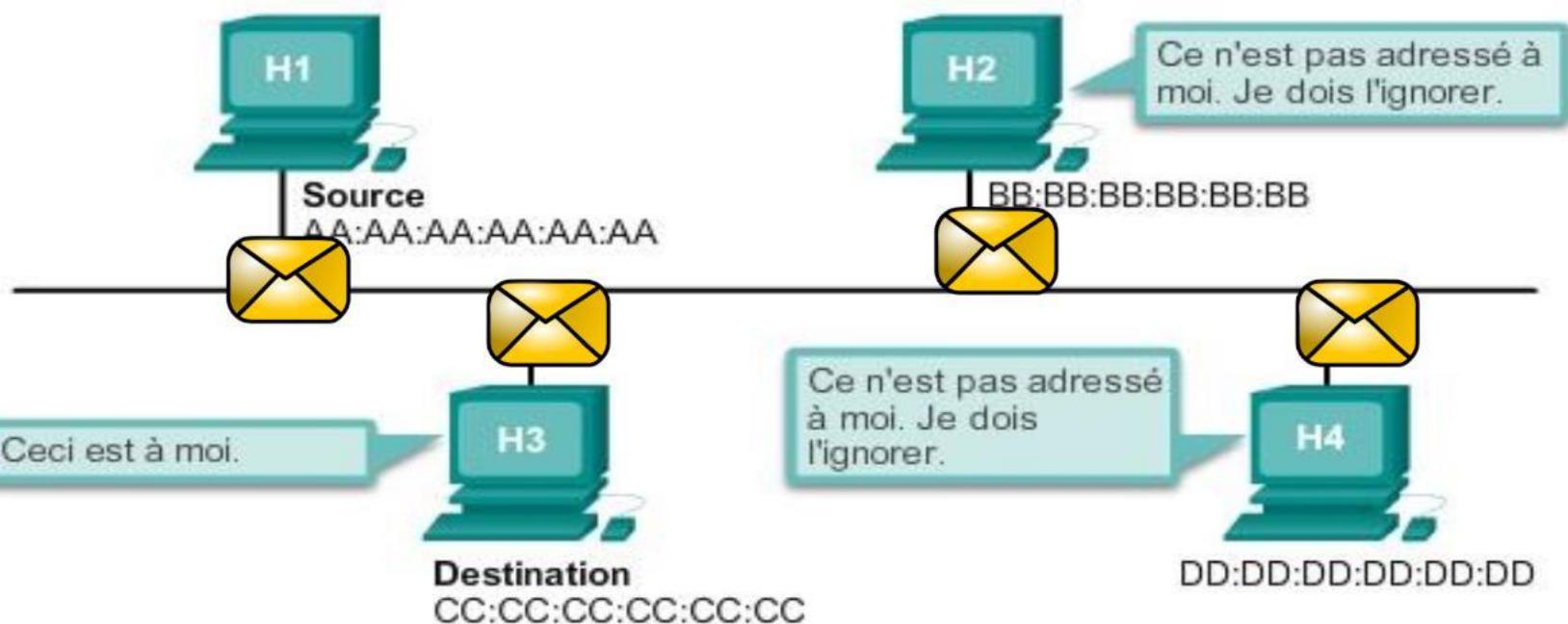
4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Traitements des trames

Transfert de trame

Adresse de destination	Adresse source	Données
CC:CC:CC:CC:CC:CC	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Données encapsulées
Adressage des trames		



4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

■ Traitement des trames

- Les adresses MAC sont attribuées à tous les **périphériques** susceptibles de devoir **envoyer** et/ou **recevoir** des données sur le réseau : poste de travail, serveur, imprimante, routeur, etc. Tous les **périphériques** connectés à un réseau local Ethernet ont des **interfaces** dotées d'une **adresse MAC**.
- Lorsque **l'ordinateur démarre**, la carte réseau commence par **copier** l'adresse MAC de la **mémoire morte** à la **mémoire vive**. Lorsqu'un périphérique transmet un message à un réseau Ethernet, il intègre des informations **d'en-tête au paquet**, ces informations contiennent **l'adresse MAC source** et de **destination**.
- Le périphérique source envoie les données sur le réseau. Chaque carte réseau du réseau **examine** les informations au niveau de la sous-couche MAC pour voir si l'adresse MAC de destination indiquée dans la trame correspond à l'adresse **MAC physique** stockée dans la **mémoire vive** du périphérique.
- En **l'absence de correspondance**, la carte réseau **ignore la trame**. Lorsque la trame atteint la destination à laquelle l'adresse MAC de la carte réseau correspond à l'adresse MAC de destination de la trame, la carte réseau fait **passer la trame** à travers les **couches OSI**, où la **désencapsulation** a lieu.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Format de la trame Ethernet

- La **trame** est un **ensemble standardisé de bits** utilisé pour transporter des données à travers le système. La **structure d'une trame** est presque la même pour tous les **débits Ethernet**.
- Il existe **deux types de tramage** Ethernet :
 - La norme **Ethernet IEEE 802.3**, qui a été mise à jour plusieurs fois pour inclure de **nouvelles technologies**.
 - La norme **Ethernet II** créée par **DIX**.
- La différence principale entre les deux normes est **l'ajout d'un délimiteur de début de trame (SFD, Start Frame Delimiter)** et le remplacement du champ **Type** en un champ **Longueur** pour la norme **IEEE 802.3**.
- **Ethernet II** est le format de trame Ethernet utilisé par les **réseaux TCP/IP**.
- Les normes **Ethernet II** et **IEEE 802.3** définissent une taille de trame minimale de **64 octets** et maximale de **1518 octets**. Cela comprenait tous les octets du champ Adresse MAC de destination jusqu'au champ Séquence de contrôle de trame.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Format de la trame Ethernet: Attributs

IEEE 802.3						
7	1	6	6	2	46 à 1500	4
Préambule	Délimiteur de début de trame	Adresse de destination	Adresse source	Longueur	En-tête et données 802.2	Séquence de contrôle de trame

Taille du champ en octets

Ethernet II					
8	6	6	2	46 à 1500	4
Préambule	Adresse de destination	Adresse source	Type	Données	Séquence de contrôle de trame

FCS

- Les champs **Préambule** et **Délimiteur de début de trame** n'étaient pas inclus dans la description de la taille d'une trame.
- Toute trame inférieure à cette valeur est interprétée comme un **fragment de collision** ou une **trame incomplète** et elle est automatiquement **rejetée** par les périphériques récepteurs.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Format de la trame Ethernet: Attributs

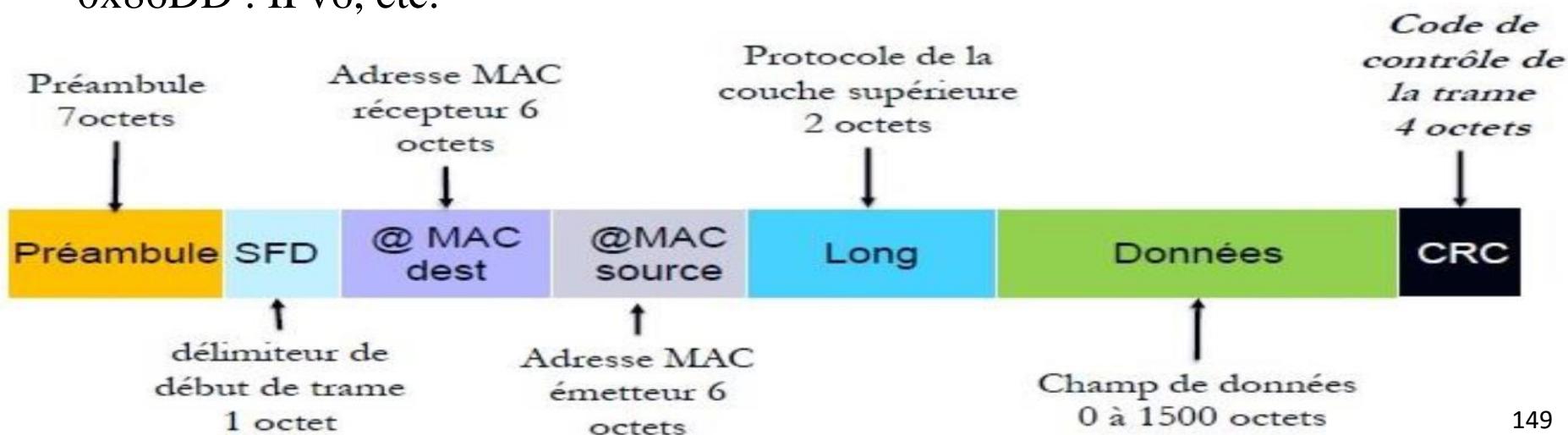
- Les principaux champs de la trame Ethernet sont les suivants :
 - **Préambule (7 octets) :**
 - Il indique aux récepteurs de **se préparer à recevoir** une nouvelle trame.
 - **Préambule : 7 fois 10101010** pour la synchronisation du récepteur.
 - **Délimiteur de début de trame SFD « Start Frame Delimiter » (1 octet):** également appelé le **début de trame** permet de **synchroniser les périphériques d'émission et de réception** en vue de l'acheminement des trames.
 - **Adresse MAC de destination (6 octets):** C'est l'identifiant du destinataire.
 - **Adresse MAC source (6 octets):** Ce champ identifie la **carte réseau ou l'interface d'origine** de la trame.

4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Format de la trame Ethernet: Attributs

- **Longueur** : pour les normes IEEE 802.3, le champ **Longueur** définit la **longueur exacte du champ de données** de la trame.
 - Si la valeur de ce champ est supérieure ou égale à l'hexadécimal $(0600)_{16} = (1536)_{10}$, le champ **Type** est utilisé pour indiquer l'utilisation du format de trame **Ethernet II**. Par contre, si la valeur est égale ou inférieure à la valeur hexadécimale $(05DC)_{16} = (1500)_{10}$, le champ **Longueur** est utilisé pour indiquer l'utilisation du format de trame **IEEE 802.3**. C'est ainsi que l'on distingue les trames **Ethernet II** et **802.3**.
- Ce champ désigne aussi le « **protocole couche supérieure** » qui permet de définir à quel protocole les données Ethernet doivent être transmises :0x0800 : IPv4; 0x86DD : IPv6, etc.



4. Couche Liaison de Données

4.2. Réseaux Ethernet

Format de la trame Ethernet: Attributs

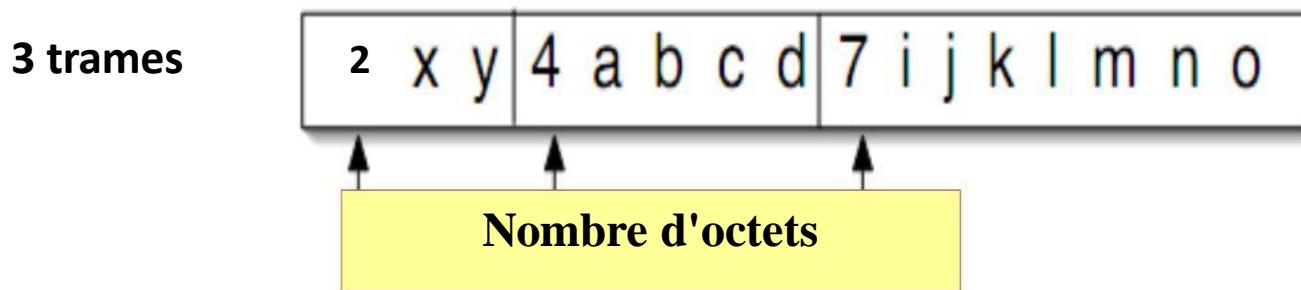
- **Données** : ce champ de **46 à 1500 octets** contient les données encapsulées d'une couche supérieure, ce qui correspond à une unité de données de protocole générique de la couche 3 ou à un **paquet IPv4**.
 - La longueur minimale de la trame est fixée à **64 octets**. Si un paquet de petite taille est encapsulé, d'autres bits sont utilisés pour augmenter la trame et la ramener à sa taille minimale. Ces bits sont appelés champs de remplissage.
- **Séquence de contrôle de trame** : le champ **FCS** (4 octets) permet de détecter les **erreurs** d'une trame.
 - Il fait appel à un **contrôle par redondance cyclique (CRC)**.
 - Le périphérique d'envoi inclut les résultats d'un **CRC** dans le champ FCS de la trame. Le périphérique de réception reçoit la trame et génère un **CRC** pour détecter les erreurs. Si les **calculs correspondent**, aucune erreur ne se produit.
 - Les calculs non rapprochés indiquent que les données ont changé et que la trame est abandonnée. Si les données sont modifiées, cela peut perturber les signaux électriques qui représentent les bits.

4. Couche Liaison de Données

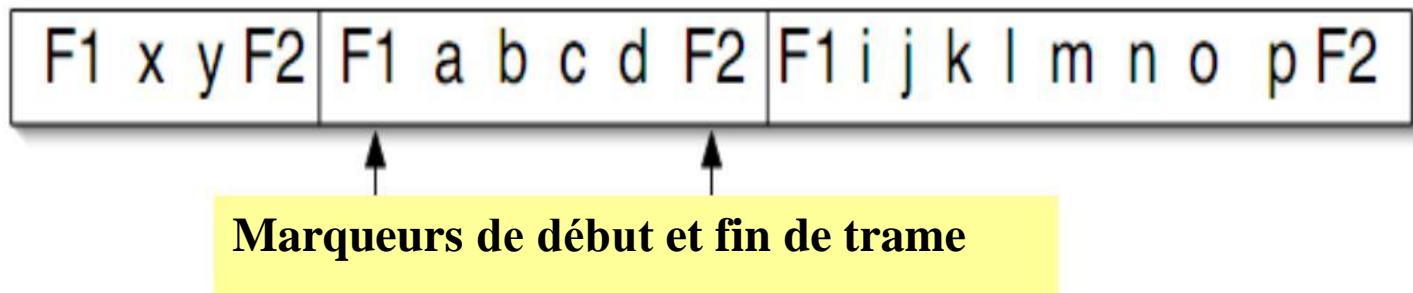
4.2. Réseaux Ethernet

- Techniques de découpage en trame:

- Compter les caractères:



- Utiliser des **marqueurs de début** et de **fin** de trame:



4. Couche Liaison de Données

4.3. Adressage Ethernet ou Mac

Adresse MAC et format hexadécimal

Équivalents décimaux, binaires et hexadécimaux les plus utilisés

Décimal	Binaire	Hexadécimal
0	0000 0000	00
1	0000 0001	01
2	0000 0010	02
3	0000 0011	03
4	0000 0100	04
5	0000 0101	05
6	0000 0110	06
7	0000 0111	07
8	0000 1000	08
10	0000 1010	0A
15	0000 1111	0F
16	0001 0000	10
32	0010 0000	20
64	0100 0000	40
128	1000 0000	80
192	1100 0000	C0
202	1100 1010	CA
240	1111 0000	F0
255	1111 1111	FF

4. Couche Liaison de Données

4.3. Adressage Ethernet ou Mac

Adresse physique d'un hôte

- Sur un hôte Windows, la commande **ipconfig /all** permet d'identifier l'adresse MAC d'un **adaptateur Ethernet**.
- Sur la figure, l'adresse physique (MAC) de l'ordinateur est **00-18-DE-C7-F3-FB**.
- Selon le périphérique et le système d'exploitation, différentes représentations des adresses MAC s'afficheront. Les **routeurs** et les **commutateurs** Cisco utilisent la forme XXXX.XXXX.XXXX où X est un caractère hexadécimal.

Avec des tirets 00-60-2F-3A-07-BC

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

Avec des points 0060.2F3A.07BC

Différentes
représentations des
adresses MAC

```
C:\>ipconfig/all

Ethernet adapter Local Area Connection:

Connection-specific DNS Suffix . : example.com
Description . . . . . : Intel(R) Gigabit Network Connection
Physical Address . . . . . : 00-18-DE-C7-F3-FB
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoclient Enabled . . . . . : Yes
IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.67 (Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Obtained. . . . . : Monday, November 26, 2012 12:14:48 PM
Lease Expires . . . . . : Saturday, December 01, 2012 12:15:02 AM
Default Gateway . . . . . : 192.168.1.254
DHCP Server . . . . . : 192.168.1.254
DNS Servers . . . . . : 192.168.1.254
```

4. Couche Liaison de Données

4.3. Adressage Ethernet ou Mac

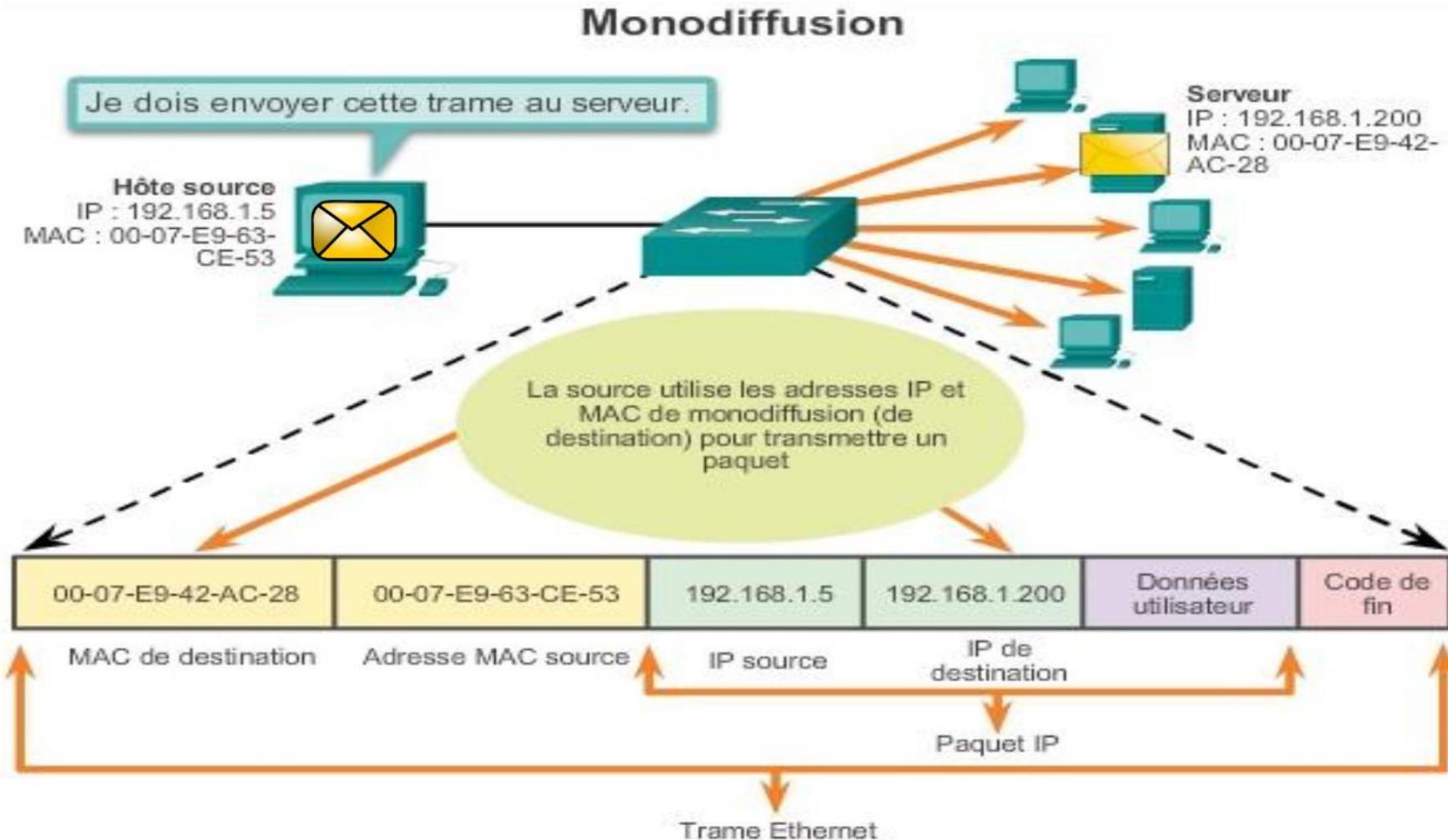
■ Adresse MAC Monodiffusion (Unicast)

- 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.**
- Dans l'exemple de la figure, un hôte avec **l'adresse IP 192.168.1.5** (source) demande une **page Web** au **serveur** dont **l'adresse IP est 192.168.1.200**. Pour qu'un paquet de **monodiffusion** soit envoyé et reçu, une adresse IP de destination doit figurer dans l'en-tête du paquet IP.
- Une adresse MAC de destination correspondante doit également être présente dans l'en-tête de la trame Ethernet.
- Les **adresses IP et MAC** se combinent pour transmettre les données à un hôte de destination spécifique.

4. Couche Liaison de Données

4.3. Adressage Ethernet ou Mac

Adresse MAC Monodiffusion (Unicast)



4. Couche Liaison de Données

4.3. Adressage Ethernet ou Mac

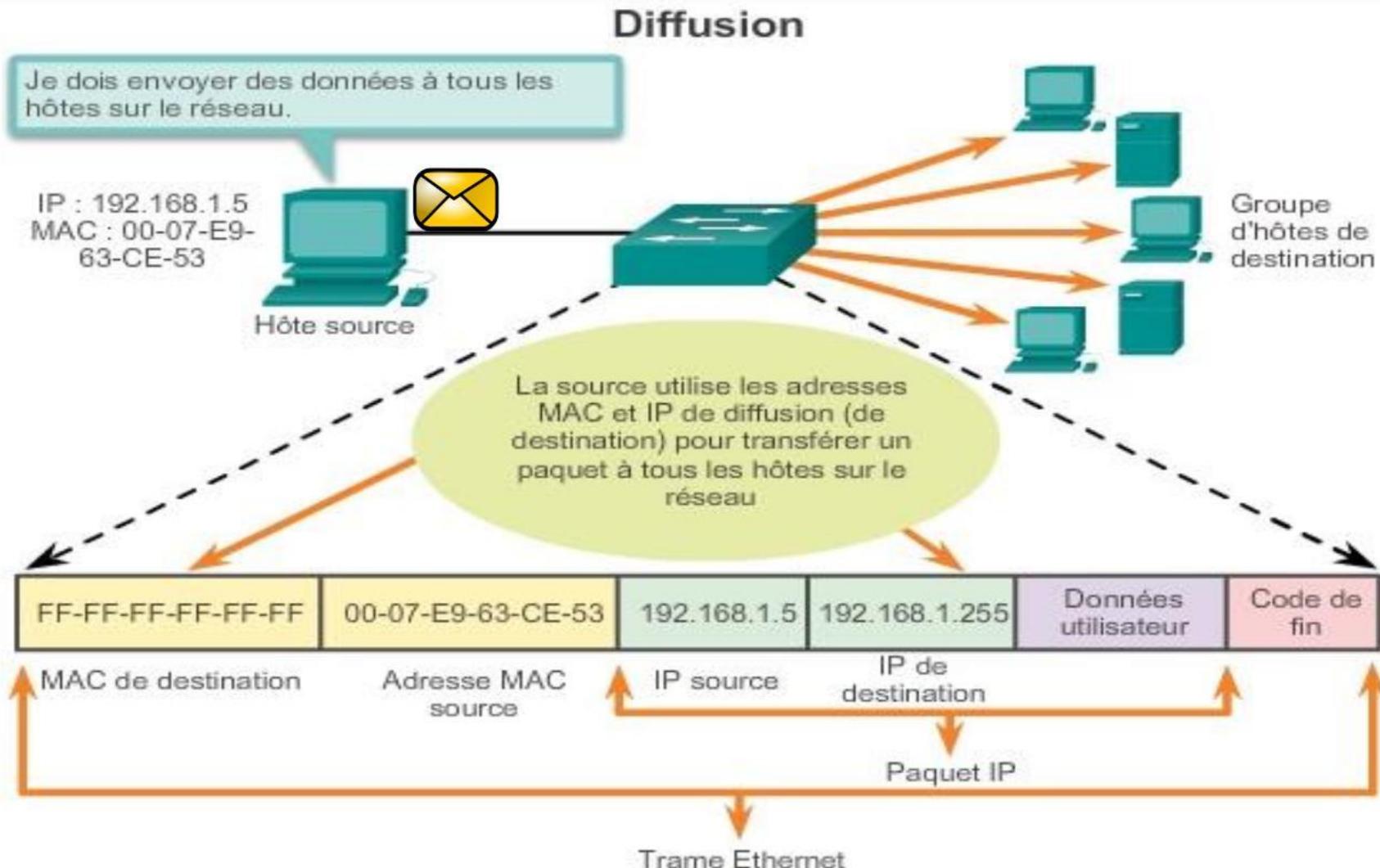
Adresse MAC Diffusion (Broadcast)

- Un paquet de **diffusion** contient une **adresse IP de destination** qui ne comporte que des **uns (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**.
- De nombreux protocoles réseau, notamment **DHCP** et **ARP** utilisent des diffusions.
- Comme le montre la figure, l'**adresse IP de diffusion** d'un réseau requiert une adresse MAC de diffusion correspondante dans la trame Ethernet.
- Sur les réseaux Ethernet, l'**adresse MAC de diffusion** comporte **48 uns (1)**, représentés au format hexadécimal **FF-FF-FF-FF-FF-FF**.

4. Couche Liaison de Données

4.3. Adressage Ethernet ou Mac

Adresse MAC Diffusion (Broadcast)



4. Couche Liaison de Données

4.3. Adressage Ethernet ou Mac

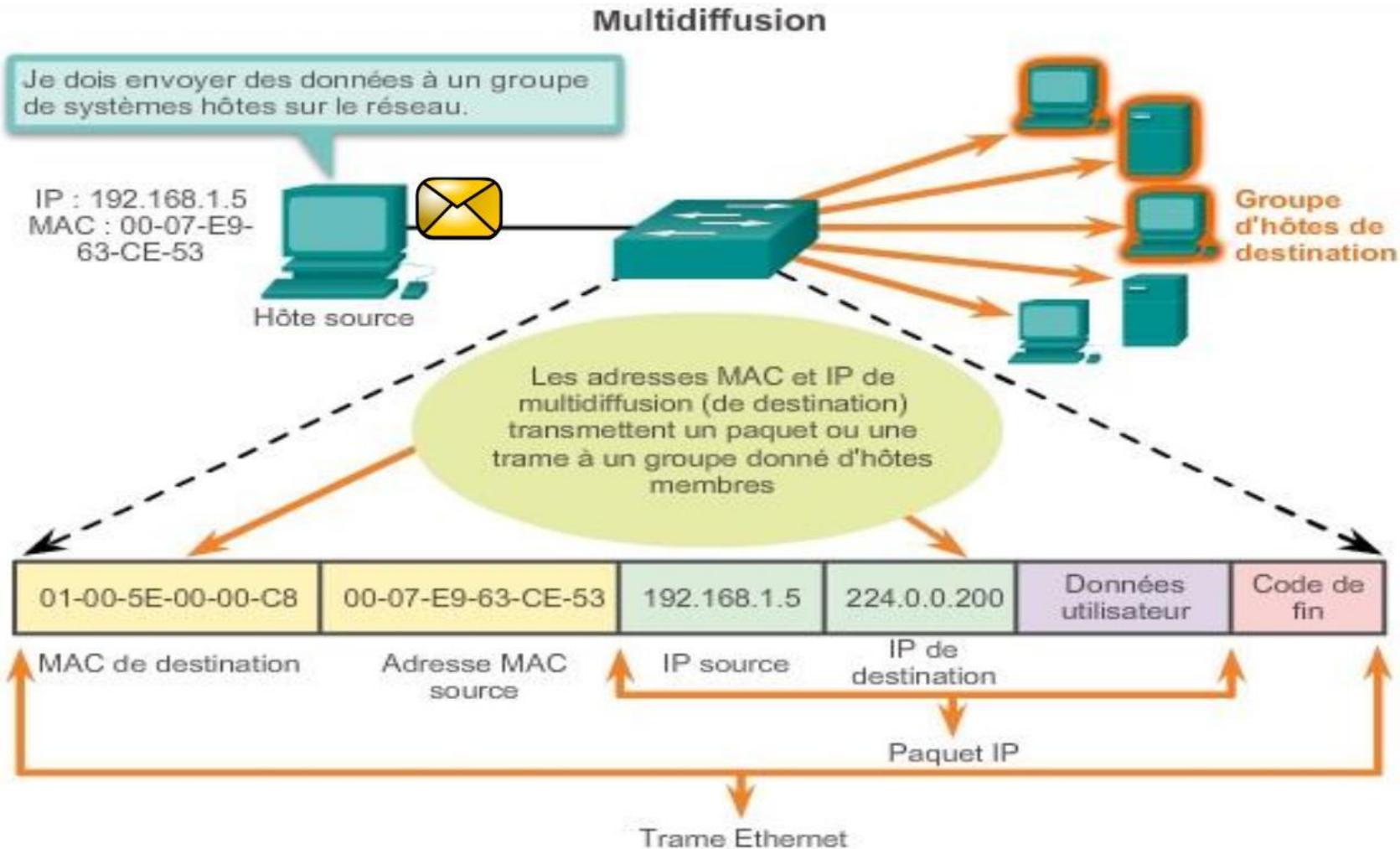
Adresse MAC MultiDiffusion (Multicast)

- Les adresses de multidiffusion permettent à un périphérique source d'envoyer un paquet à un **groupe de périphériques** qui font partie d'un groupe de multidiffusion se voient affecter une **adresse IP de groupe de multidiffusion**.
- Dans la mesure où les adresses de multidiffusion représentent un groupe d'adresses (parfois appelé groupe d'hôtes), elles ne peuvent s'utiliser que comme destination d'un paquet.
- La source doit toujours avoir une adresse monodiffusion.
- Les adresses de multidiffusion sont notamment utilisées dans les jeux en ligne, où plusieurs joueurs sont connectés à distance au même jeu.
- L'enseignement à distance par visioconférence fait également appel aux adresses de multidiffusion. Plusieurs étudiants sont ainsi connectés au même cours.

4. Couche Liaison de Données

4.3. Adressage Ethernet ou Mac

Adresse MAC MultiDiffusion (Multicast)



4. Couche Liaison de Données

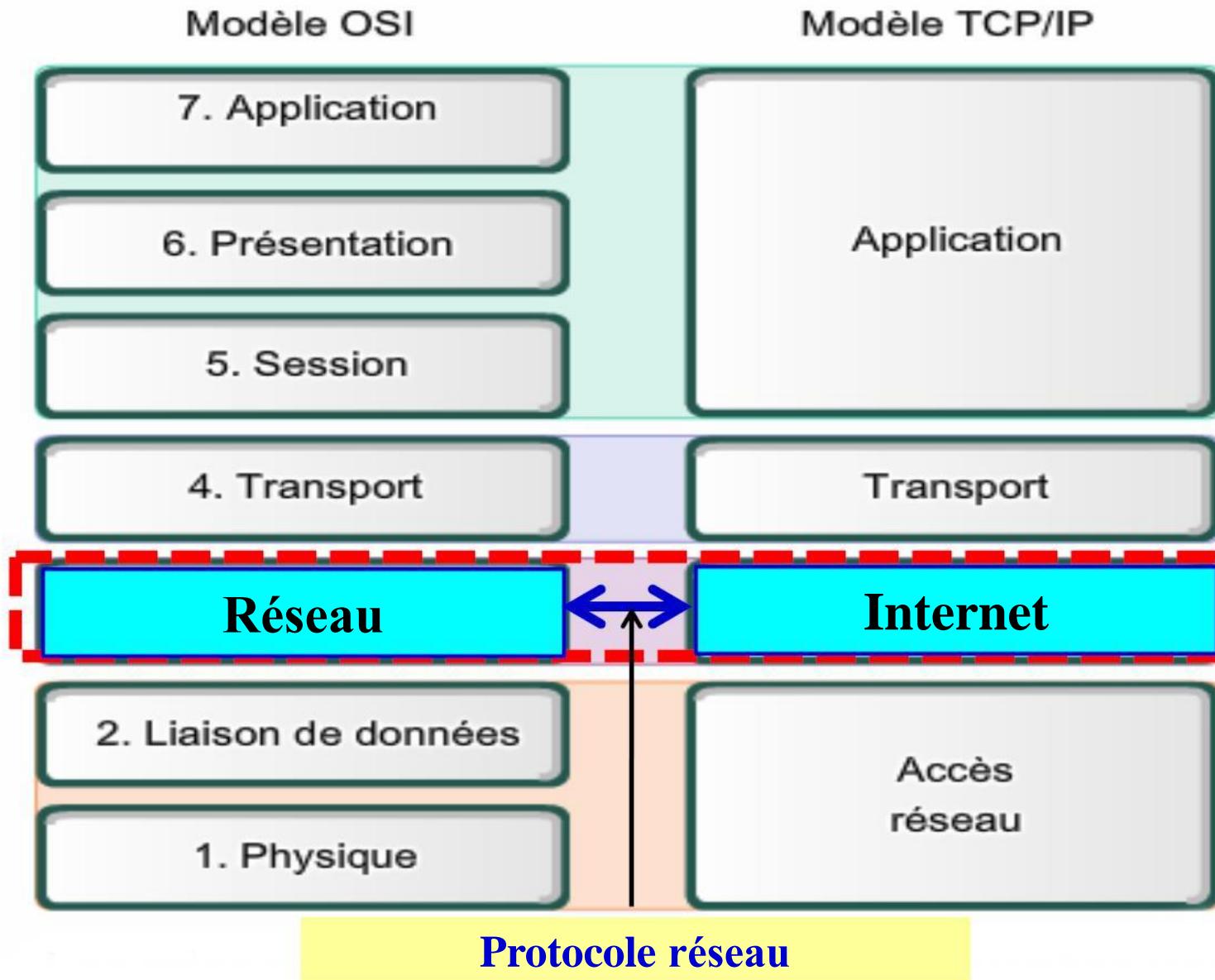
4.4. Protocoles Ethernet

Adresses MAC et IP

- Chaque périphérique hôte possède **deux adresses principales** : **L'adresse physique** (adresse MAC) et **l'adresse logique** (adresse IP). Les deux adresses fonctionnent ensemble pour identifier un périphérique sur le réseau.
- L'utilisation de **l'adresse MAC** et de **l'adresse IP** pour **localiser un ordinateur** revient à utiliser le **nom** et **l'adresse** d'une personne pour lui envoyer une lettre.
- En règle générale, une personne ne change pas de nom (adresse MAC). En revanche, son adresse postale peut changer (adresse IP).
- Comme le nom d'une personne, **l'adresse MAC d'un hôte** ne change pas ; elle est physiquement attribuée à la carte réseau de l'hôte et est appelée adresse physique. L'adresse physique reste la même, quel que soit l'emplacement de l'hôte.
- **L'adresse IP** est similaire à l'adresse d'une personne. **Cette adresse correspond à l'emplacement réel de l'hôte.** Elle permet à une trame de déterminer sa destination. L'adresse IP, ou adresse réseau, est appelée **adresse logique**, car elle est attribuée de manière logique par un administrateur réseau en fonction **du réseau local auquel l'hôte est connecté.**

Couche Réseau

5. Couche Réseau



5. Couche Réseau

5.1. Fonctionnalités

- La couche **réseau** est chargée de **transporter** les **paquets** de la source vers la destination à travers une **succession de connexions physiques**.
- Pour atteindre la destination, il est nécessaire d'effectuer de nombreux **sauts** de nœud intermédiaire en nœud intermédiaire. Cependant, la couche réseau doit être capable de choisir des **chemins appropriés** à travers le réseau.
- Les principaux services fournis par cette couche sont :
 - **Adressage des périphériques finaux** : de la même manière qu'un téléphone a un **numéro unique**, les périphériques finaux doivent être configurés avec une **adresse IP unique** pour être identifiés sur le réseau. Un **périphérique final** disposant d'une **adresse IP** est qualifié **d'hôte**.
 - **Encapsulation** : la couche réseau reçoit une unité de données de protocole (PDU) de la couche **transport**. Lors de l'**encapsulation**, la couche réseau **ajoute des informations d'en-tête IP**, telles que **l'adresse IP** des hôtes **source** et de **destination**. Une fois les informations d'en-tête ajoutées à la PDU, celle-ci est appelée **paquet**.

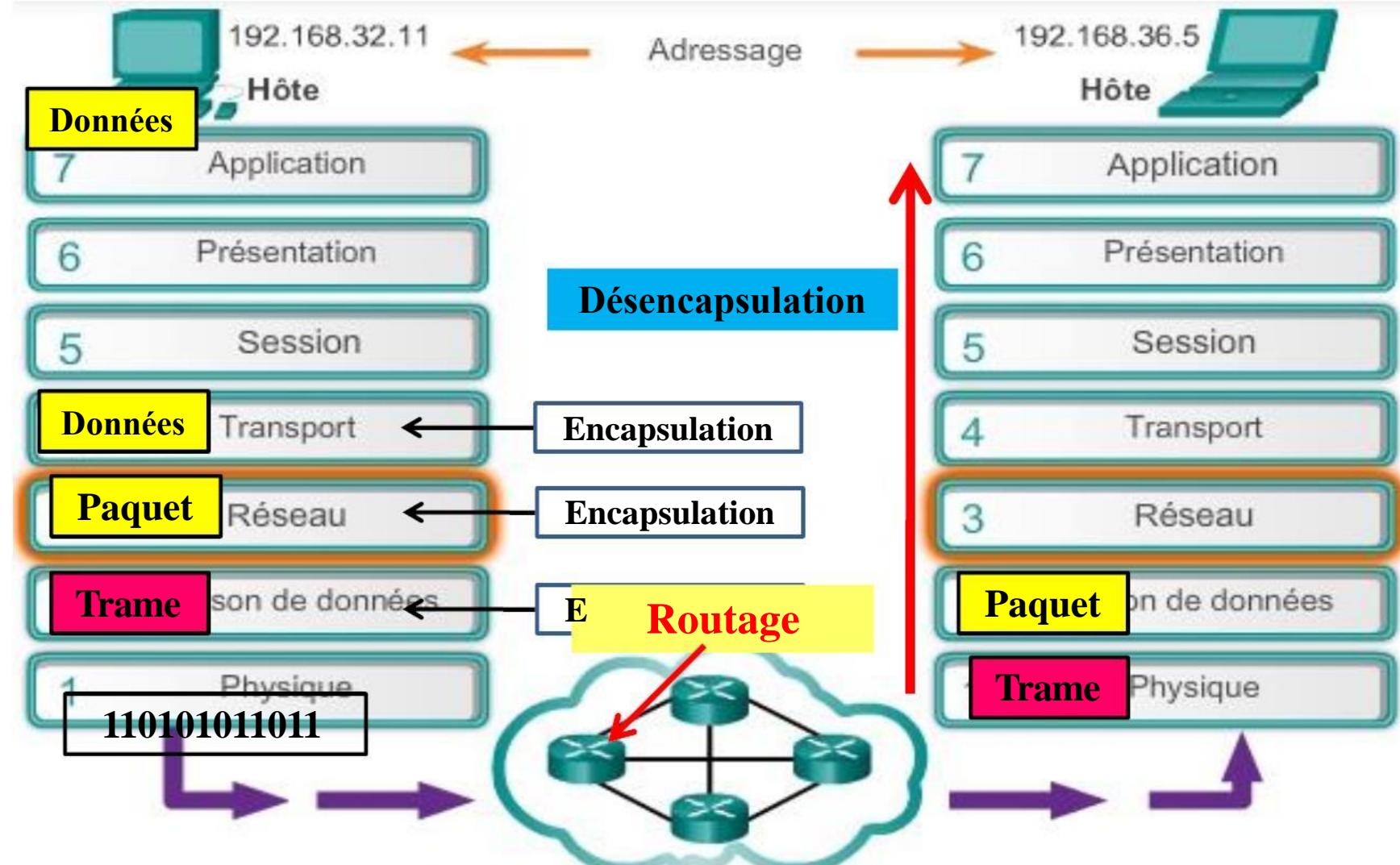
5. Couche Réseau

5.1. Fonctionnalités

- **Routage** : la couche réseau fournit des **services** permettant de **diriger les paquets** vers un hôte de destination sur un autre réseau. Pour voyager vers d'autres réseaux, le paquet doit être traité par un **routeur**.
 - Le rôle du routeur est de **sélectionner les chemins** afin de diriger les paquets vers l'hôte de destination. Ce processus est appelé le **routage**.
 - Un **paquet** peut passer par de nombreux périphériques intermédiaires avant d'atteindre l'hôte de destination. Chaque route que le paquet emprunte pour atteindre l'hôte de destination est appelée un **saut**.
- **Désencapsulation** : lorsque le paquet **arrive** au niveau de la couche réseau de l'hôte de destination, l'hôte vérifie l'en-tête du **paquet IP**. Si l'adresse IP de destination dans l'en-tête correspond à l'adresse IP de l'hôte qui effectue la vérification, **l'en-tête IP est supprimé du paquet**.
 - Ce processus de **suppression des en-têtes des couches inférieures** est appelé la **désencapsulation**. Une fois la désencapsulation effectuée par la couche réseau, la **PDU** (pour **Protocol Data Unit**) de couche 4 est transmise au service approprié au niveau de la couche **transport**.

5. Couche Réseau

5.1. Fonctionnalités



Les **protocoles** de couche réseau **transfèrent** les unités de données de protocole de la couche **transport** entre les hôtes.

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

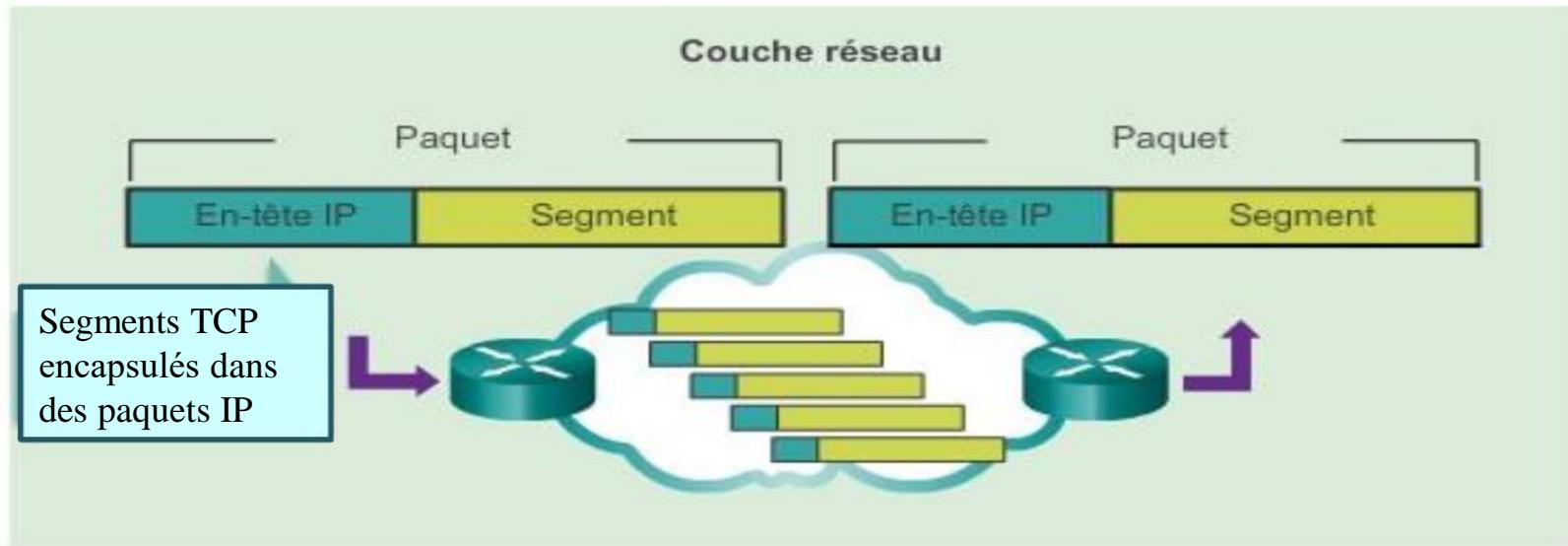
- Contrairement à la **couche transport**, qui gère le **transport** des données entre les processus s'exécutant sur chaque hôte, les **protocoles** de la couche réseau spécifient la **structure** et le **traitement** des paquets utilisés pour transporter les données d'un hôte à un autre.
- Un fonctionnement indépendant des données transportées dans chaque paquet permet à la couche réseau **d'acheminer** des paquets pour plusieurs types de communication entre plusieurs hôtes.
- Les protocoles les plus utilisés de la couche réseau sont:
 - Le **protocole IP version 4 (IPv4)**
 - Le **protocole IP version 6 (IPv6)**
- Le **protocole IP** est le service de couche réseau mis en œuvre par la suite de protocoles **TCP/IP**. Il fournit uniquement les fonctions requises pour **transférer un paquet** d'une source à une destination en passant par un système interconnecté de réseaux.
- Ce protocole n'est pas destiné au **suivi** et à la **gestion du flux de paquets**. Ces fonctions sont effectuées par d'autres protocoles d'autres couches, si nécessaire.

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

Caractéristiques

- Les principales **caractéristiques** du protocole IP sont les suivantes :
 - Sans connexion:** aucune **connexion** avec la destination n'est établie avant d'envoyer des paquets de données.
 - Acheminement au mieux (peu fiable):** la **livraison** des paquets n'est pas garantie.
 - Indépendant du support:** le fonctionnement est **indépendant** du support transportant les données.



Les paquets IP circulent dans l'interréseau.

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

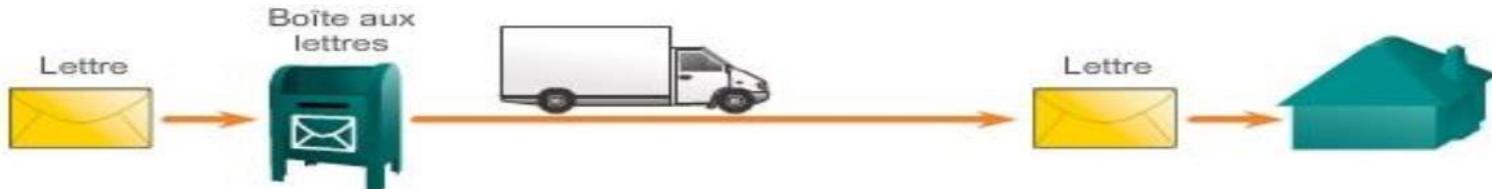
✚ Caractéristiques: Communication sans connexion

- Le rôle de la couche réseau est de **transporter les paquets** entre les hôtes, tout en imposant le moins de charge possible au réseau. Elle n'est pas concernée par le **type de communication** présent dans un paquet et **l'ignore**.
- L'envoi d'une lettre **sans en avertir le destinataire** illustre bien la communication **sans connexion**. En fait, le service postal n'a aucune information sur le contenu du paquet qu'il achemine et ne peut donc fournir aucun mécanisme de correction des erreurs.
- Le **protocole IP** est **sans connexion** et ne requiert, par conséquent, aucun échange initial d'informations de **contrôle** pour établir une connexion de bout en bout avant que les paquets soient transférés.
- Cependant, **sans connexion de bout en bout** préétablie, les expéditeurs ne savent pas si les périphériques de destination sont présents et fonctionnels lors de l'envoi des paquets. Ils ne savent pas non plus si le destinataire reçoit le paquet ou s'il peut accéder et lire le paquet.

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

Caractéristiques: Communication sans connexion



Une lettre est envoyée

L'expéditeur ne sait pas:	Le destinataire ne sait pas:
<ul style="list-style-type: none">▪ Si le destinataire est présent.▪ Si la lettre est arrivée.▪ Si le destinataire peut lire la lettre.	<ul style="list-style-type: none">▪ Quand la communication va arriver.



Un paquet est envoyé

L'expéditeur ne sait pas:	Le destinataire ne sait pas:
<ul style="list-style-type: none">▪ Si le destinataire est présent.▪ Si le paquet est arrivé.▪ Si le destinataire peut lire le paquet.	<ul style="list-style-type: none">▪ Quand la communication va arriver

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

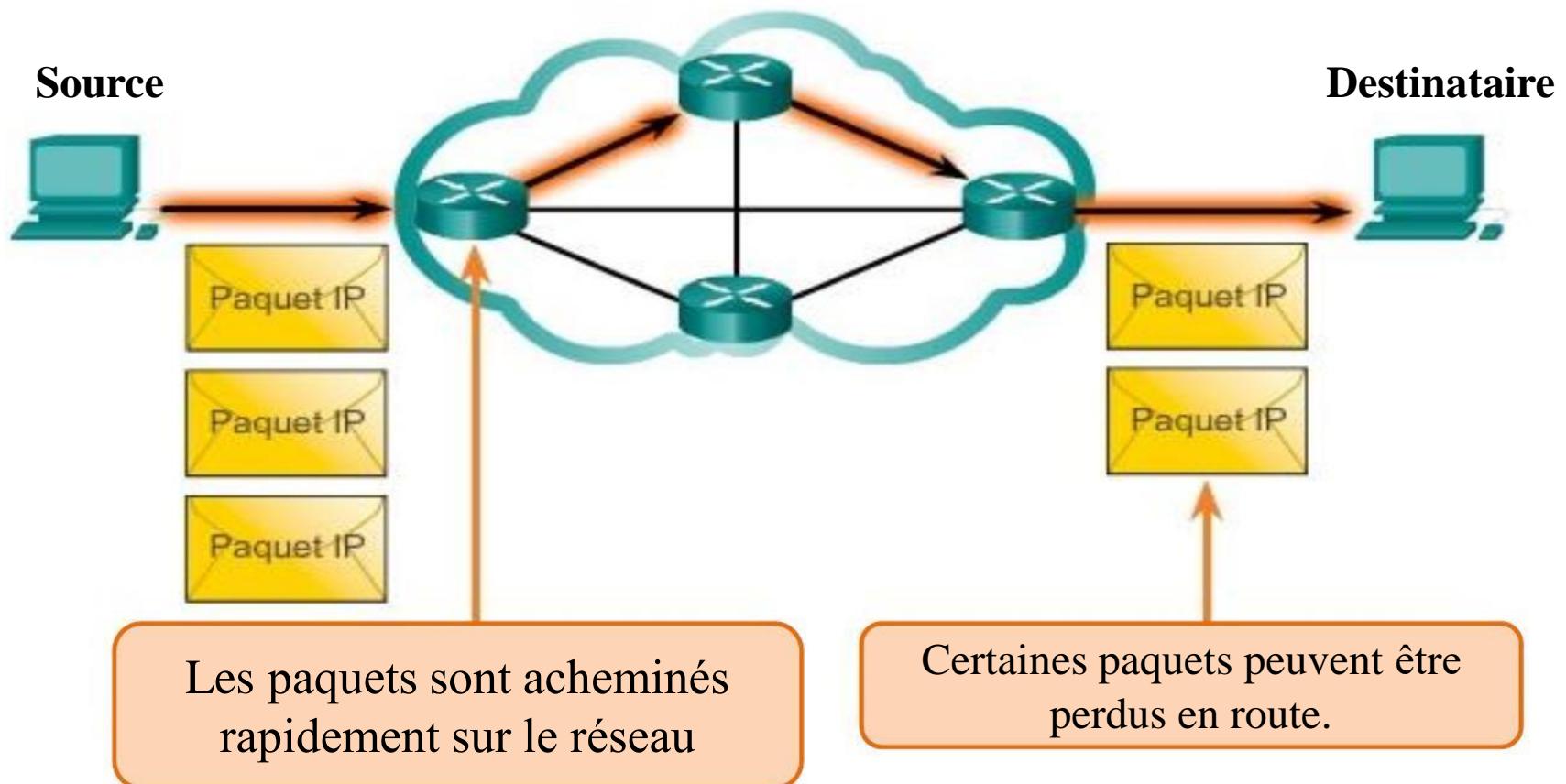
Caractéristiques: Acheminement au mieux

- Le protocole IP est souvent qualifié de protocole **non fiable** ou de protocole **d'acheminement au mieux**.
- Le terme « **non fiable** » signifie que le protocole IP n'a pas la capacité de gérer (ni de récupérer) les **paquets endommagés** ou **non remis** (des services de couche supérieure (par exemple, **TCP**) devront résoudre ces incidents).
- En effet, alors que les paquets IP sont envoyés avec des informations sur l'emplacement de la destination, ils ne contiennent aucune information pouvant être traitée pour informer l'expéditeur que les paquets ont bien été reçus.
- Aucune donnée de synchronisation n'est comprise dans l'en-tête du paquet pour suivre l'ordre de livraison de paquets. De plus, **aucun accusé de réception** de la transmission de paquets n'existe dans le protocole IP et aucune donnée de contrôle des erreurs ne permet de savoir si les paquets ont été acheminés sans être modifiés.
- Les paquets peuvent arriver à destination endommagés, dans le désordre, ou même ne pas arriver du tout.

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

Caractéristiques: Acheminement au mieux



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

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

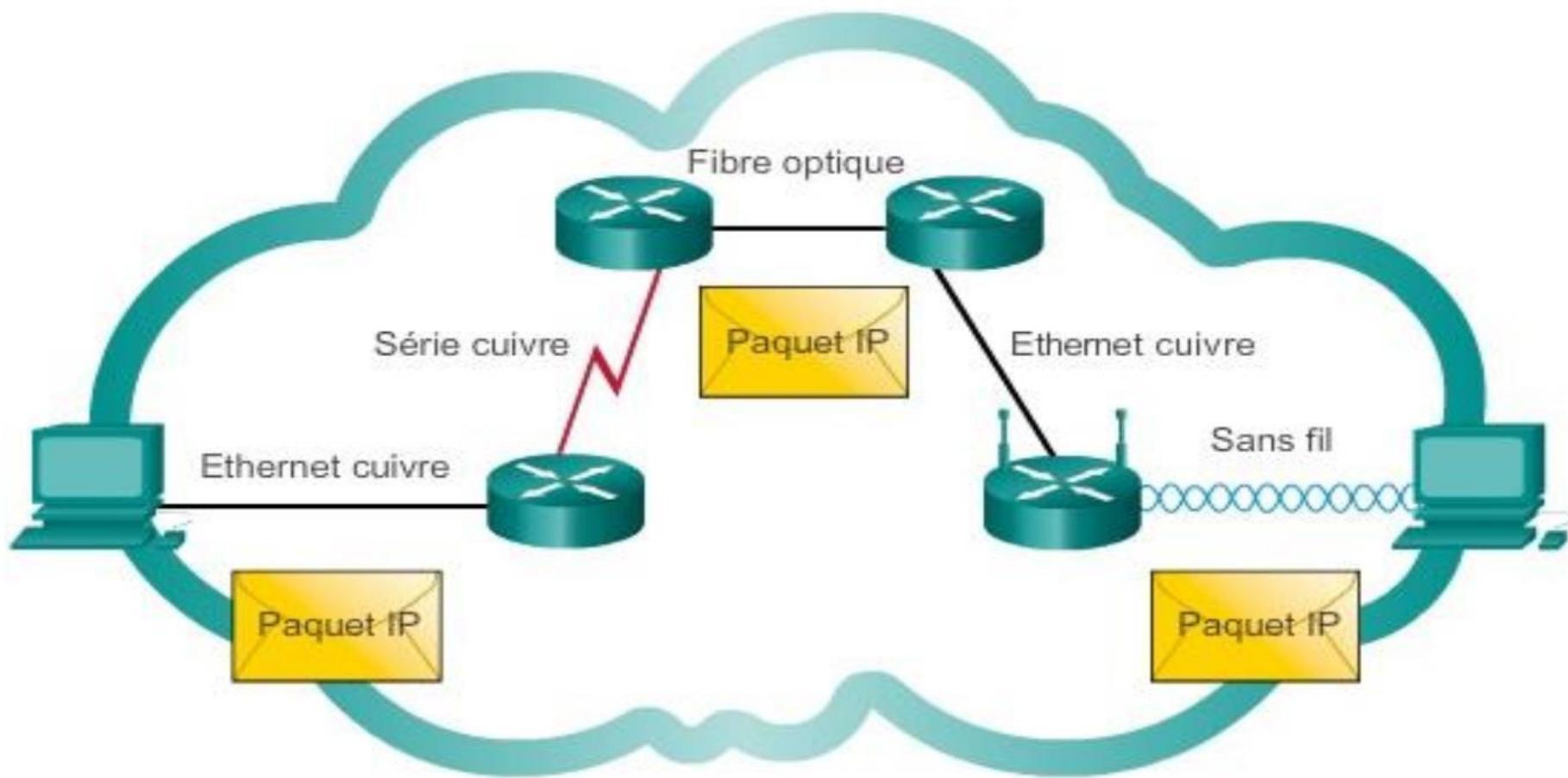
Caractéristiques: Indépendance vis-à-vis des supports

- La couche réseau n'est pas non plus pénalisée par les caractéristiques du support transportant les paquets. Le **protocole IP** fonctionne indépendamment des supports acheminant les données dans les couches inférieures de la pile de protocoles.
- Tout paquet IP peut être communiqué **électriquement** par voie filaire (en tant que signaux optiques sur de la fibre) ou sans fil (sous la forme de **signaux radio**).
- Il incombe à la couche liaison de données OSI de prendre un paquet IP et de le préparer en vue de sa transmission sur le support de communication. Cela signifie que le transport des paquets IP ne se limite pas à un support particulier.
- Il existe, toutefois, une caractéristique majeure du support que la couche réseau prend en compte : **la taille maximale** de la **PDU** que chaque support peut transporter. Cette caractéristique est appelée **unité de transmission maximale (MTU)**.

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

Caractéristiques: Indépendance vis-à-vis des supports



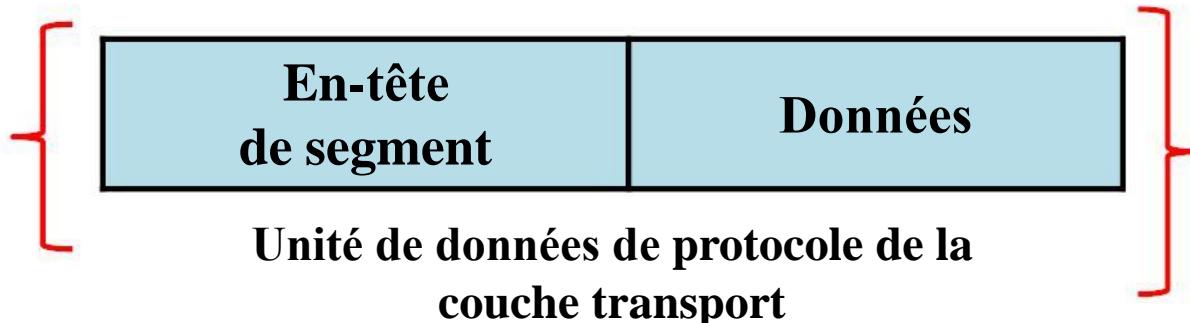
Les paquets IP peuvent transiter par différents supports

5. Couche Réseau

5.2. Protocole IP

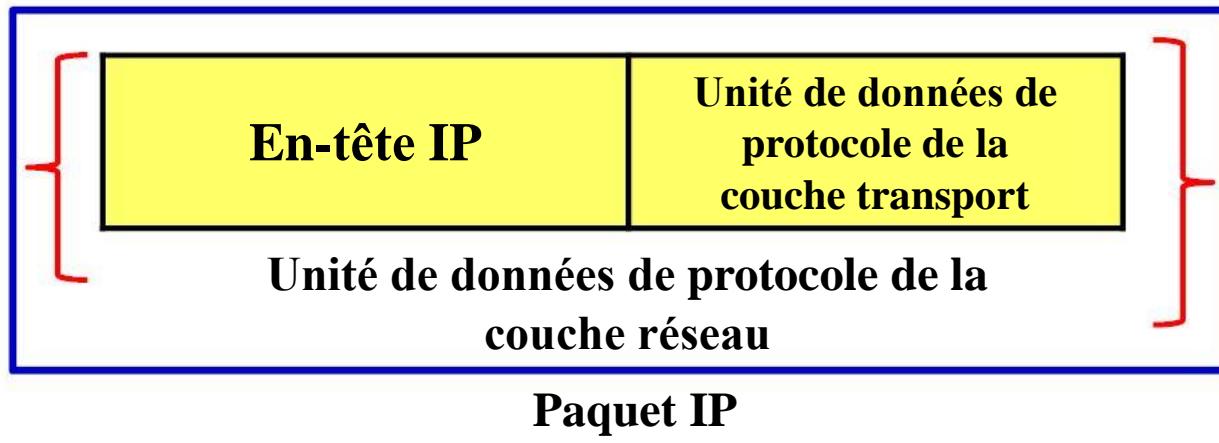
Encapsulation IP

Encapsulation
de la couche
Transport



La couche transport ajoute un en-tête de sorte que les segments puissent être réassemblés une fois arrivés à destination

Encapsulation
de la couche
réseau

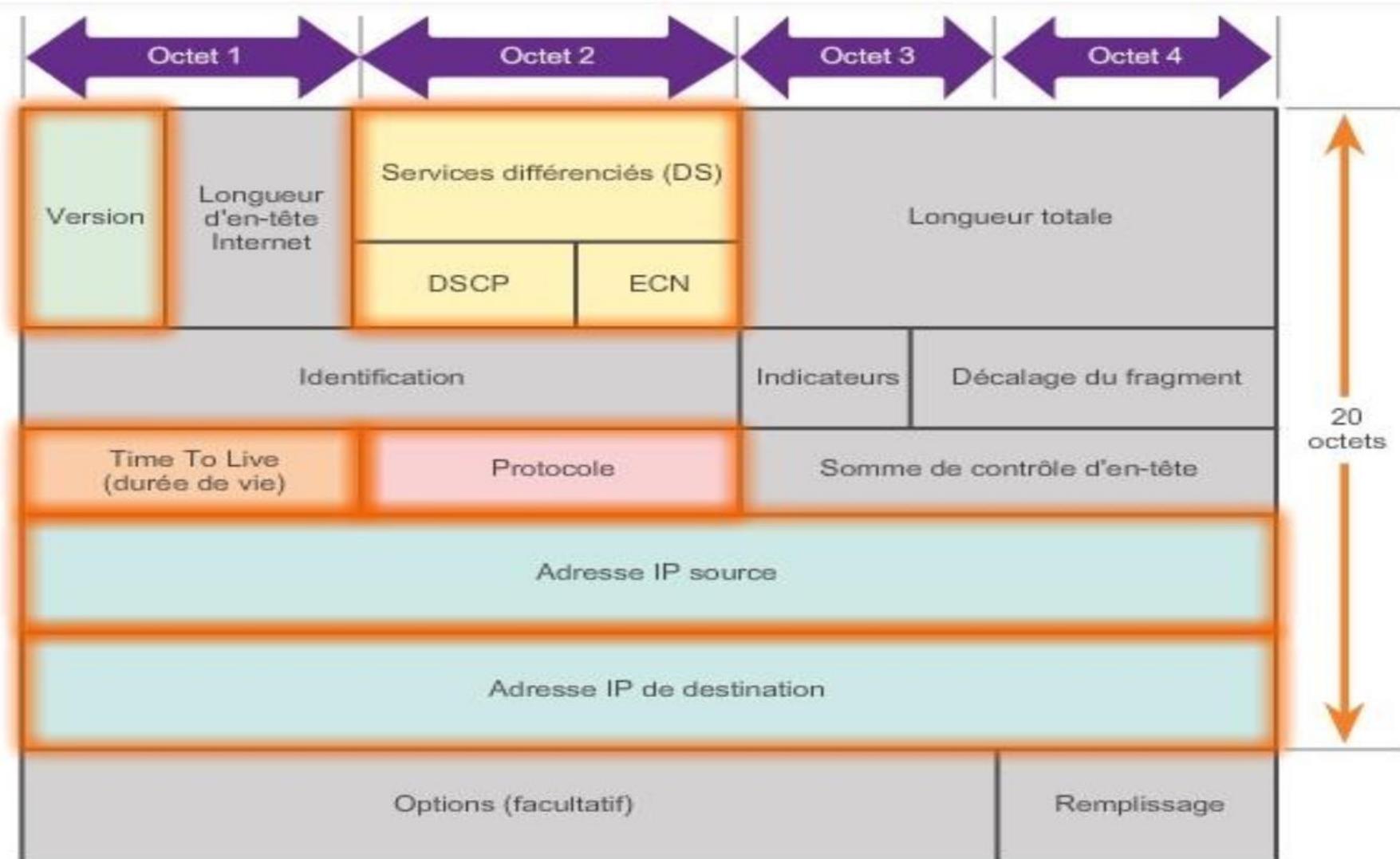


La couche réseau ajoute un en-tête de sorte que les paquets puissent être acheminés via des réseaux complexes et atteindre leur destination.

5. Couche Réseau

5.3. Structure d'une adresse IP

En-tête de paquet IPv4



5. Couche Réseau

5.3. Structure d'une adresse IP

En-tête de paquet IPv4

- Un paquet IPv4 comporte deux parties :
 - En-tête IP – indique les **caractéristiques** du paquet.
 - **Données utiles** – contient les informations du segment de couche 4 et les données en elles-mêmes.
- L'en-tête IP est composé de champs suivants :
 - **Version** – Contient une valeur binaire de **4 bits** indiquant la version du paquet IP (IPv4, IPv6). Pour les paquets IPv4, ce champ est toujours **0100**.
 - **Longueur de l'en-tête Internet** – Contient une valeur binaire de **4 bits** indiquant le nombre de mots de 32 bits contenus dans l'en-tête.
 - **Services différenciés** – anciennement appelé **champ de type de service**, Ce champ de 8 bits utilisé pour définir la **priorité** de chaque paquet (rapidité, absence d'erreur, priorité...)
 - **Longueur totale** – Ce champ de **16 bits** indique la taille globale du paquet, y compris l'**en-tête** et les **données**, en octets. Sa valeur minimale est de **20 octets** et sa valeur maximale est de **65 535 octets**.

5. Couche Réseau

5.3. Structure d'une adresse IP

En-tête de paquet IPv4

- **Identification** – ce champ de **16 bits** identifie de manière unique le fragment d'un paquet IP d'origine.
- **Indicateurs** – ce champ de **3 bits** indique la façon dont le paquet est fragmenté. Il est utilisé avec les champs de décalage du fragment et d'identification pour reconstituer le paquet d'origine.
- **Décalage du fragment** – ce champ de **13 bits** indique la position dans laquelle placer le fragment de paquet pour reconstituer le paquet d'origine.
- **Time-to-live (durée de vie, TTL)** – contient une valeur binaire de **8 bits** utilisée pour limiter la **durée de vie** d'un paquet. Cette durée est indiquée en secondes mais est généralement appelée « nombre de sauts », compteur qui décroît à chaque passage à travers une passerelle. Le datagramme est détruit quand TTL arrive à zéro.

5. Couche Réseau

5.3. Structure d'une adresse IP

En-tête de paquet IPv4

- **Protocole** – cette valeur binaire de **8 bits** indique le type de données utiles transportées par le paquet, ce qui permet à la couche réseau de transmettre les données au protocole de couche supérieure approprié. Les valeurs habituelles sont notamment **ICMP (1)**, **TCP (6)** et **UDP (17)**.
- **Somme de contrôle de l'en-tête** – champ de **16 bits** utilisé pour le contrôle des erreurs sur l'en-tête IP. La somme de contrôle de l'en-tête est recalculée et comparée à la valeur contenue dans le champ de somme de contrôle. Si les valeurs ne correspondent pas, le paquet est rejeté.
- **Adresse IP source** – contient une valeur binaire de **32 bits** qui représente l'**adresse IP source** du paquet.
- **Adresse IP de destination** – contient une valeur binaire de **32 bits** qui représente l'**adresse IP de destination** du paquet.
- Les champs **d'options** et de **remplissage** sont rarement utilisés.
- **Remarque :** **Wireshark** est un outil de contrôle de réseau qui permet d'afficher des exemples de valeurs contenues dans des champs d'en-tête IP.

6. Équipements d'interconnexion

6.1. Introduction

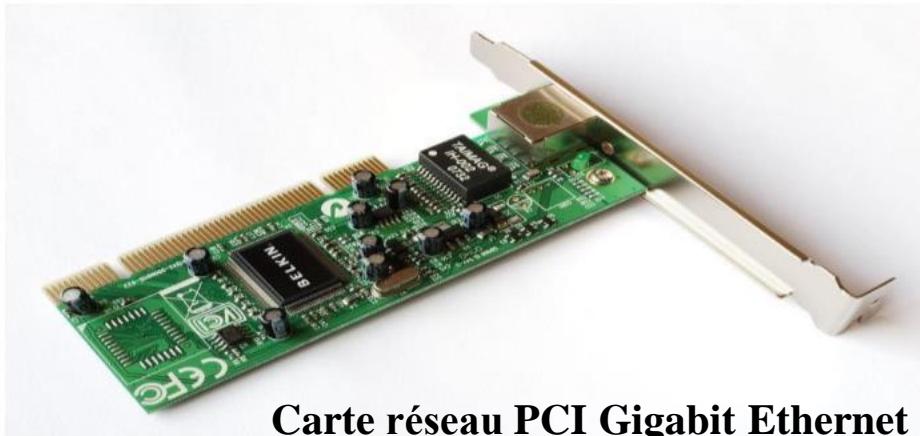
- Les **équipements d'interconnexion** d'un réseau informatique sont les briques constitutives des **réseaux informatiques physiques**.
- L'interconnexion des réseaux c'est la possibilité de faire dialoguer plusieurs sous réseaux initialement isolés, par l'intermédiaire de périphériques spécifiques (répéteur, récepteur, Concentrateur, pont, Routeur, Modem).
- Ils servent aussi à interconnecter les ordinateurs d'une organisation, d'un campus, d'un établissement scolaire, d'une entreprise. Il est parfois indispensable de les relier.
- Dans ce cas, des équipements spécifiques sont nécessaires. Lorsqu'il s'agit de deux réseaux de même type, il suffit de faire passer les trames de l'un vers l'autre.

6. Équipements d'interconnexion

6.2. Carte réseau

Définition

- Une **carte réseau NIC** (pour **Network Interface Card**) est matérialisée par un ensemble de **composants électroniques** soudés sur un **circuit imprimé**.
- La **carte réseau** assure **l'interface** entre **l'équipement** ou la **machine** dans lequel elle est **montée et connectés** (support de transmission) sur le même **réseau**.
- Aujourd'hui, on peut trouver des cartes réseau un peu partout, dans les ordinateurs, imprimantes, téléphones portables, consoles de jeux, télévisions, etc.
- Les **équipements** communiquent sur le réseau au moyen de **signaux** qui doivent absolument respecter des **normes**.
- **Remarque:** La carte réseau **n'est fait pas partie** des **équipements d'interconnexion** des réseaux.



Carte réseau PCI Gigabit Ethernet



Carte réseau avec interface
10BASE2 et RJ45.

6. Équipements d'interconnexion

6.2. Carte réseau

Caractéristiques: Média de transmission

- Le **média** ou **support** de transmission des informations peut être un **réseau filaire**. La carte réseau est, dans ce cas, munie d'un **connecteur** sur lequel on branche le **câble réseau**. Ce dernier est relié au réseau par l'intermédiaire d'une prise murale ou directement sur un **équipement d'interconnexion** de réseau comme un **concentrateur** (hub) ou un **commutateur** (switch).
- La **transmission sans fil** (Wi-Fi) est ensuite apparue sur les marchés domestiques et professionnels par un réseau utilisant les **ondes électromagnétiques**.
- Parmi les autres média de transmission, on peut citer la **fibre optique**, largement utilisée dans les interconnexions à **grand débit** ou à **longue distance**.

Standards

- Il existe diverses normes qui régissent la **première couche** du modèle OSI (couche **physique**). Les couches supérieures du modèle sont gérées au **niveau logiciel**. On peut citer les normes **Ethernet**, **Token Ring** (anneaux à jetons), etc.
- Le standard **Ethernet** est le standard le plus répandu. On le trouve aussi bien en entreprise que chez le particulier. Pour le **réseau sans fil**, les standards **Wi-Fi** sont les plus courants.

6. Équipements d'interconnexion

6.2. Carte réseau

■ Débit de transmission

- Les **débits** s'expriment généralement en **Mbit/s**. Cela mesure la **capacité** d'un équipement réseau à **émettre** et/ou **recevoir** un plus ou moins grand nombre de **bits** d'informations en une seconde.
- Les **débits actuels** du standard **Ethernet** sont:
 - **10 Mbit/s;**
 - **100 Mbit/s (Fast Ethernet);**
 - **1 000 Mbit/s ou 1 Gbit/s (gigabit Ethernet);**
 - **10 000 Mbit/s ou 10 Gbit/s (10 Gigabit Ethernet).**

■ Mode de communication

- Certaines cartes réseau peuvent communiquer en:
 - **Mode half duplex:** Une carte peut seulement **émettre** ou **recevoir** des informations à un instant donné.
 - **Mode full duplex:** le plus répandu, permet à une carte réseau **d'émettre et recevoir simultanément** (ce qui permet un **débit effectif double**).

6. Équipements d'interconnexion

6.2. Carte réseau

Types

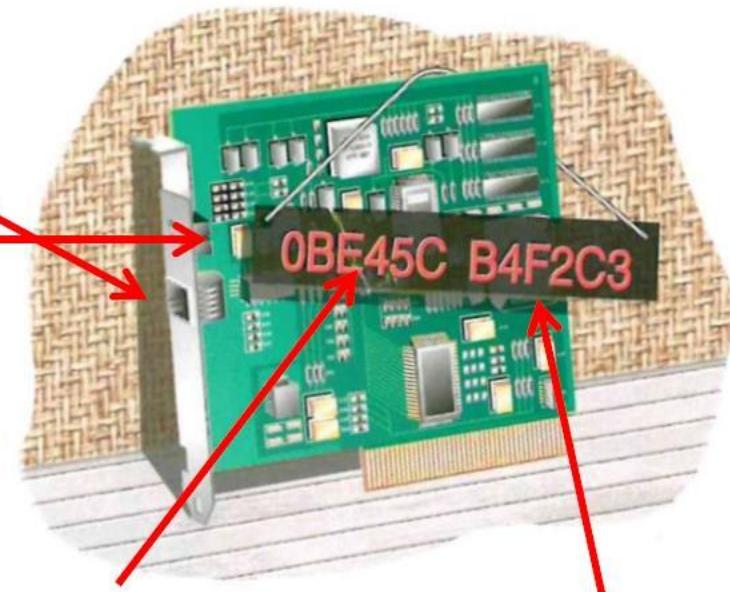
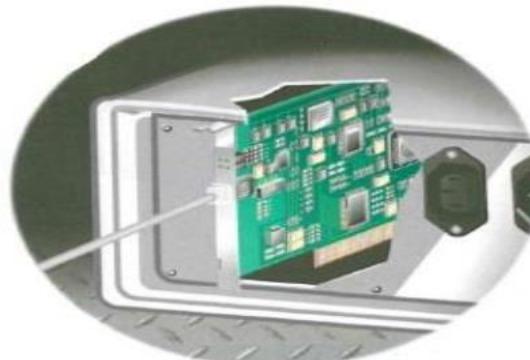
- Les cartes réseau Ethernet sont utilisées dans les **connexions filaires**, tandis que les cartes réseau **WLAN** (réseau local sans fil) sont utilisées dans les **connexions sans fil**.
- Une imprimante réseau, par exemple, peut ne comporter qu'une carte réseau Ethernet et doit, dans ce cas, être connectée au réseau à l'aide d'un **câble Ethernet**.
- D'autres périphériques, tels que les tablettes et les smartphones peuvent n'être équipés que d'une **carte réseau WLAN** et doivent donc utiliser une connexion sans fil.
- Exemples des cartes réseaux pour les **ordinateurs de bureau**: **Carte PCI ou PCI Express**. Pour les **ordinateurs portables**: Carte réseau au standard PC Card (appelé aussi PCMCIA); **Interface réseau (Wi-Fi ou Ethernet)** déjà intégrée au portable.
- **Fabricants**: TP-LINK, D-Link, Asus, TRENDnet, Gigabyte Technology.
- **Connecteurs**: Les plus répandus sont les **connecteurs RJ-45**.

6. Équipements d'interconnexion

6.2. Carte réseau

Adresse MAC

- Type de **connecteur** : BNC ou **RJ45**
- Chaque carte dispose d'une **adresse unique**, appelée **adresse MAC (48 bits)** et qui permet de **l'identifier** parmi toutes les autres cartes réseaux.
- Cette adresse lui est attribuée par son **fabricant** et est inscrite sur la puce de la carte. Lorsqu'elle fonctionne, la carte indique son adresse au reste du réseau pour pouvoir être identifiée.



Numéro unique du
constructeur (3 x 8
bits)

Numéro unique de la
carte définie par le
constructeur (3 x 8
bits)

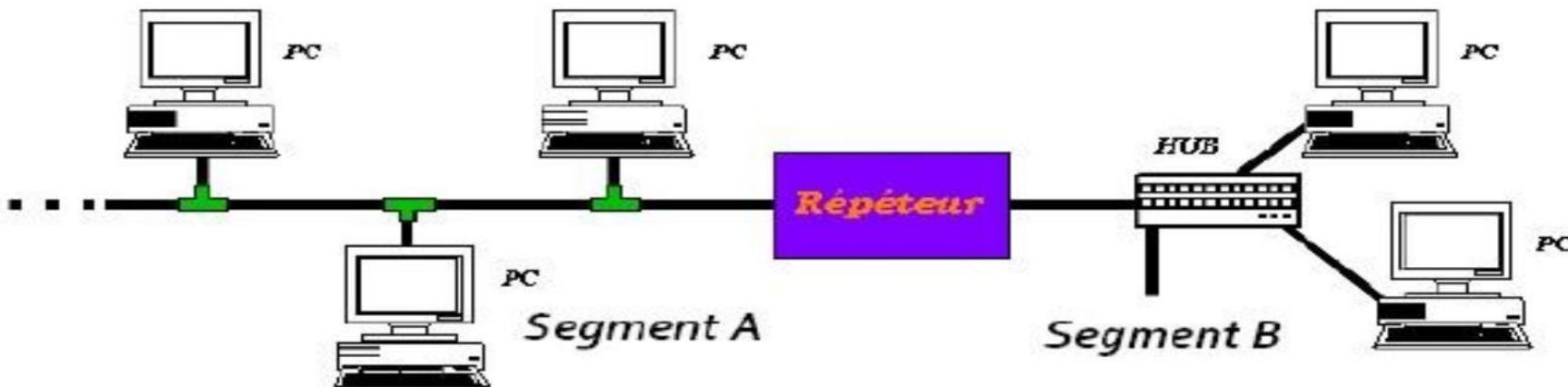
6. Équipements d'interconnexion

6.3. Répéteur

- Le **répéteur** (en anglais **Repeater**) est un **équipement électronique** utilisé pour **régénérer** le signal entre **deux nœuds** du réseau, afin **d'étendre la distance** et d'augmenter la taille d'un réseau.
- Ce n'est pas un organe intelligent capable d'apporter des **fonctionnalités supplémentaires**, il ne fait qu'augmenter la longueur du support physique.
- Il travaille uniquement au niveau de la couche **PHYSIQUE** du **modèle OSI**.
- On peut l'utiliser pour relier **deux câbles** de types différents.

Fonctions:

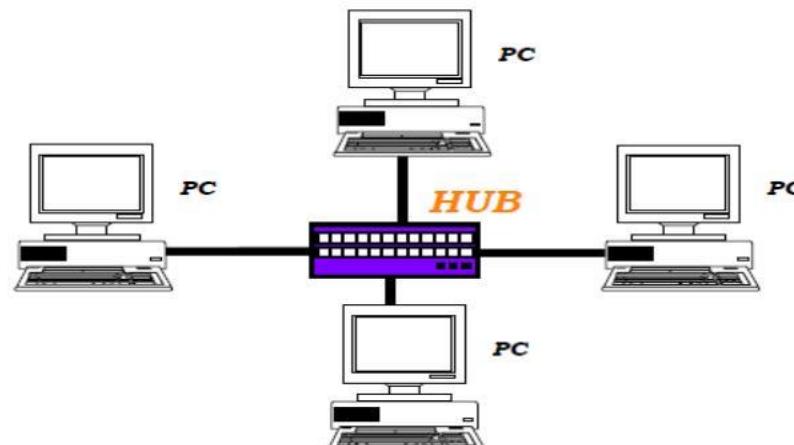
- Répéter les blocs d'informations d'un segment à l'autre.
- **Regénérer du signal** pour compenser l'affaiblissement.



6. Équipements d'interconnexion

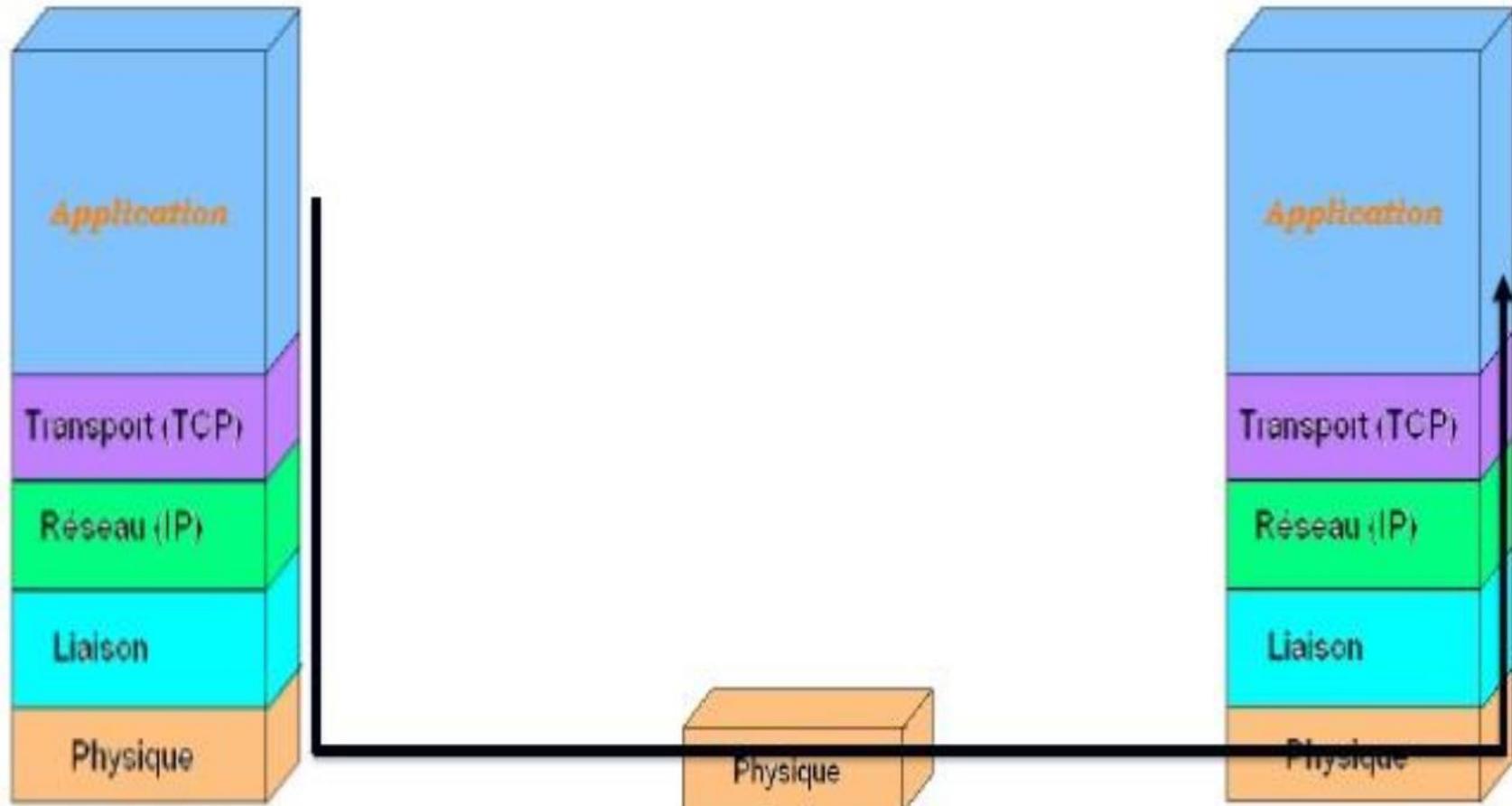
6.4. Concentrateur (Hub)

- Permet de connecter **plusieurs hôtes entre elles**. Il s'agit en fait d'un **réditeur multipoint**. Son rôle c'est de prendre les **données binaires** parvenant d'un port et les diffuser sur l'ensemble des ports.
- Il agit au niveau de la couche **PHYSIQUE** du modèle OSI.
- Un hub **rédète** simplement les informations d'un port vers tous les autres ports.
- HUB: La topologie physique est de type **étoile**
- **Fonctions:**
 - **Rédéter** de bloc d'informations d'un segment à l'autre.
 - **Regénérer** du signal pour compenser **l'affaiblissement**.
 - **Inconvénient:** Partager le **débit** du réseau concerné.



6. Équipements d'interconnexion

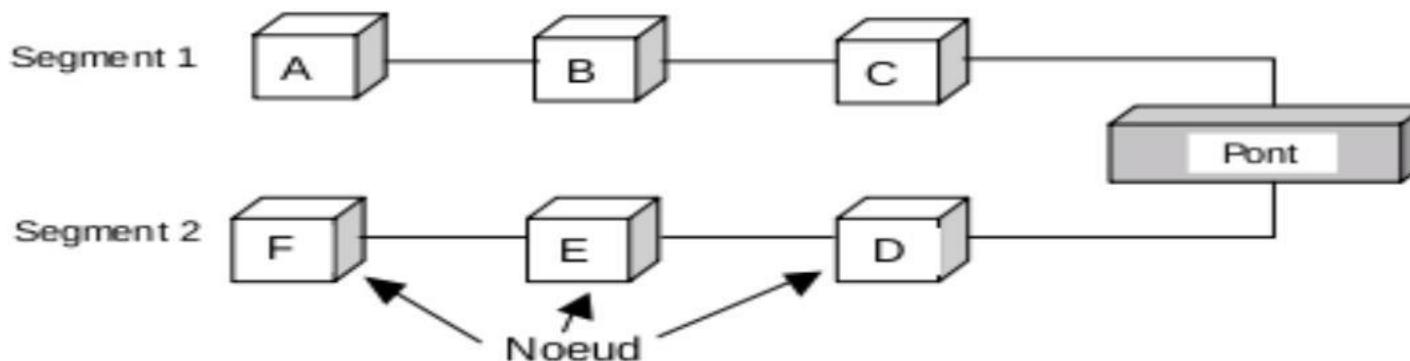
Répéteur et Hub



6. Équipements d'interconnexion

6.5. Pont (Bridge)

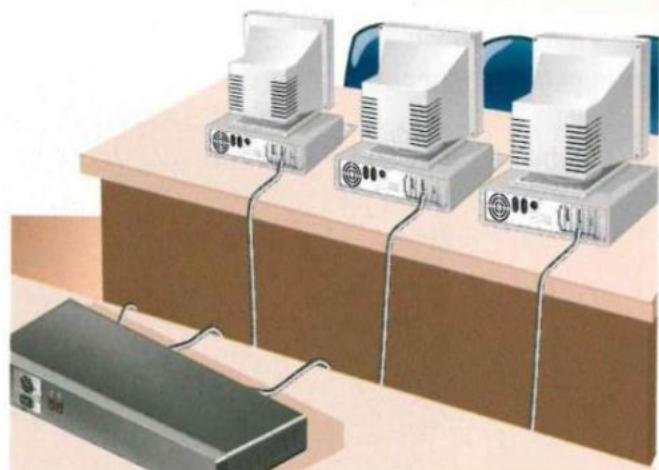
- Les ponts sont des équipements permettant de relier des **réseaux** travaillant avec le **même protocole**. Il reçoit la trame et analyse l'adresse de l'émetteur et du destinataire et la dirige vers la machine destinataire.
- Ils travaillent au niveau de la couche **Liaison de données** du modèle OSI. Sa fonction est d'interconnecter deux segments de réseaux distincts, soit de technologies différentes, soit de même technologie, mais physiquement séparés à la conception pour diverses raisons (géographique, extension de site etc.).
- Réduit le taux de collisions en réduisant le trafic inutile, donc améliore l'usage de la bande passante.
- **Fonctions:**
 - Reconnaître les **adresses physiques** des informations qui transitent.
 - Filtrer et laisser passer seulement l'information destiné au réseau raccordé.



6. Équipements d'interconnexion

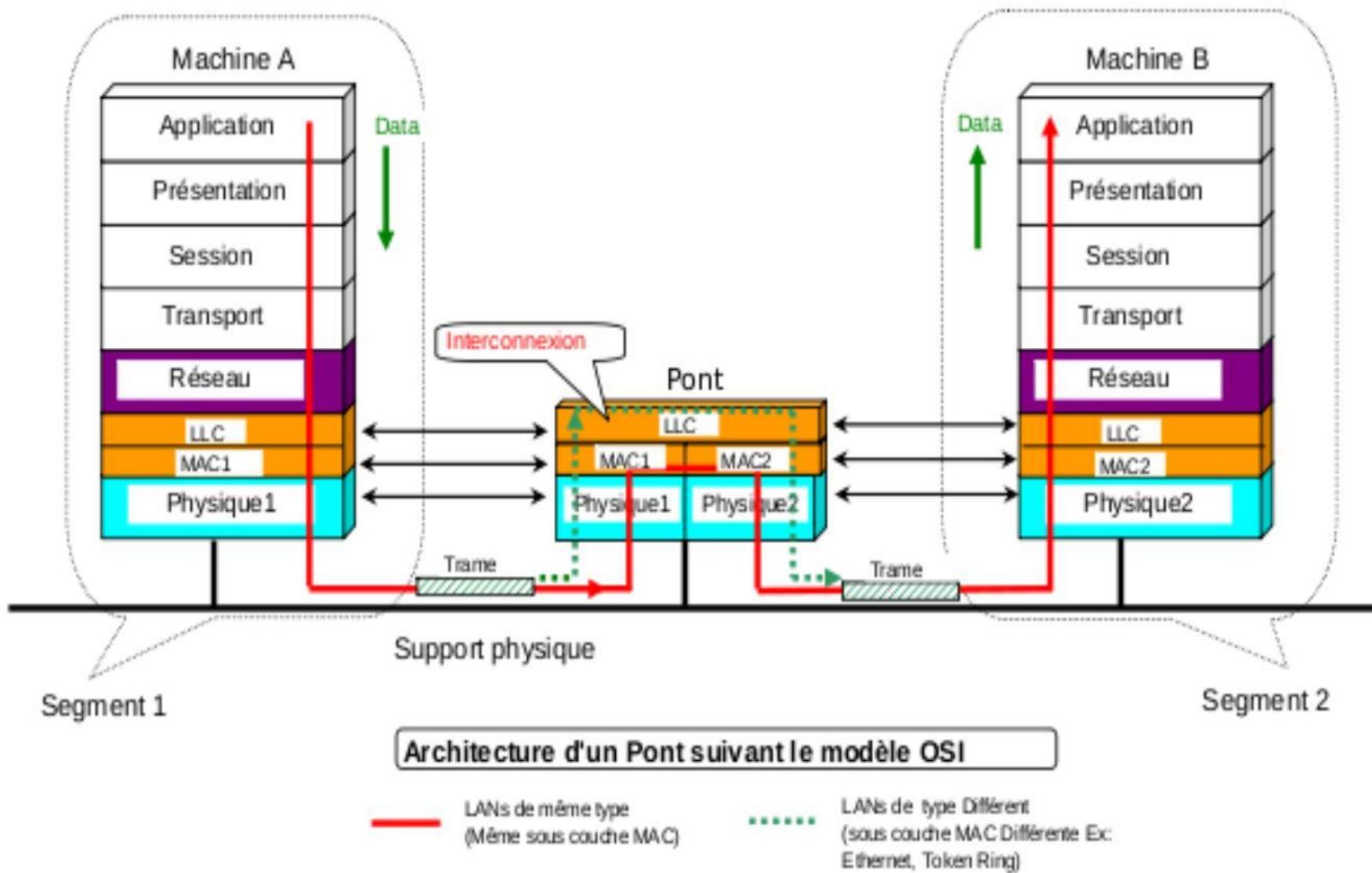
6.6. Commutateur (Switch)

- Système de connexion **centralisé** où se connectent tous les **câbles** d'un réseau. Il permet de **relier plusieurs ordinateurs** entre eux.
- Un commutateur est un **pont multiport** c'est-à-dire qu'il s'agit d'un élément actif agissant au niveau de la couche **Liaison de données** du modèle OSI.
- Sa seule **différence** avec le Hub, il est capable de **connaître l'adresse physique** des machines qui lui sont connectés et **d'analyser** les trames reçues pour les diriger vers la machine de destination.



6. Équipements d'interconnexion

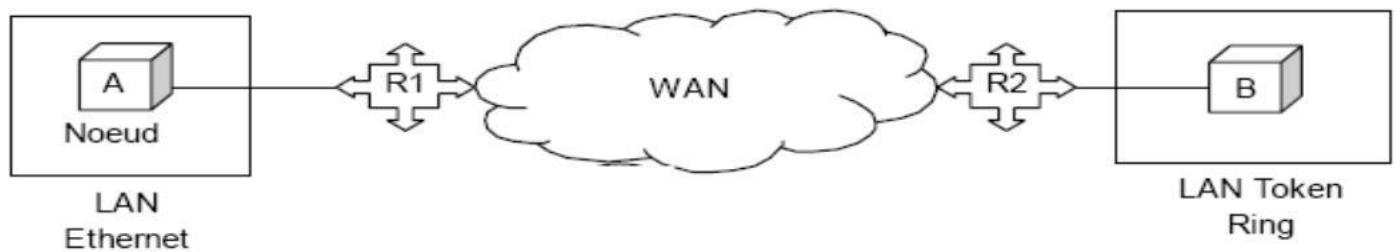
Ponts et Switchs



6. Équipements d'interconnexion

6.7. Routeur (Router)

- C'est un **dispositif** d'interconnexion de réseaux informatiques permettant d'assurer le **routage** des paquets entre deux réseaux ou plus afin de déterminer le **chemin** qu'un paquet de données va emprunter.
- C'est aussi la **porte d'accès vers l'extérieur (Internet)** : **Adresse de la Passerelle** dans la configuration TCP-IP de l'ordinateur.
- Il travaille au niveau de la couche **Réseau**.
- Le routeur est **plus évolué** qu'un pont. Il permet d'interconnecter des réseaux de types différents (par exemple : Ethernet à Token Ring).
- Il utilise des **algorithmes** qui déterminent le chemin le plus efficace pour l'acheminement de paquet.
- Il est fréquemment utilisé pour interconnecter un LAN à un WAN.

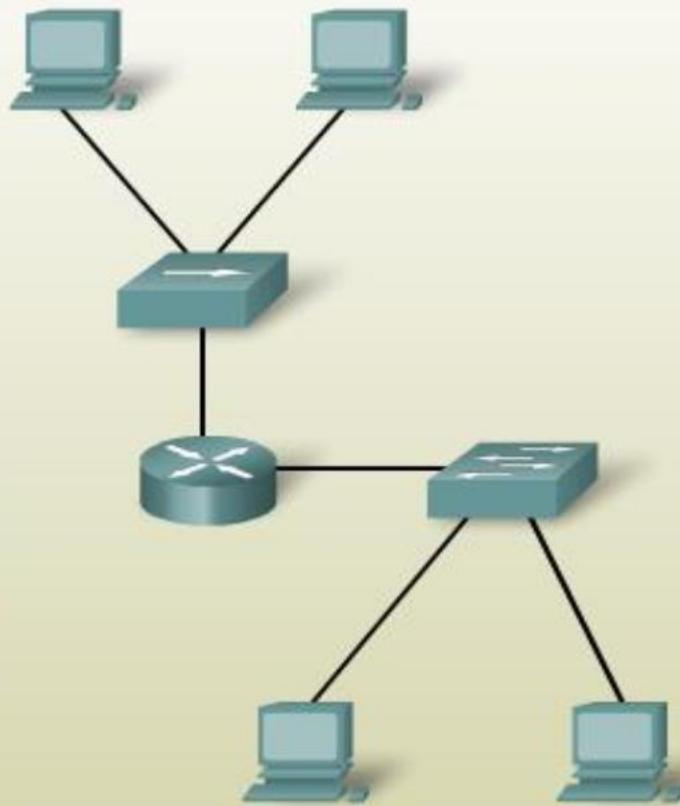


6. Équipements d'interconnexion

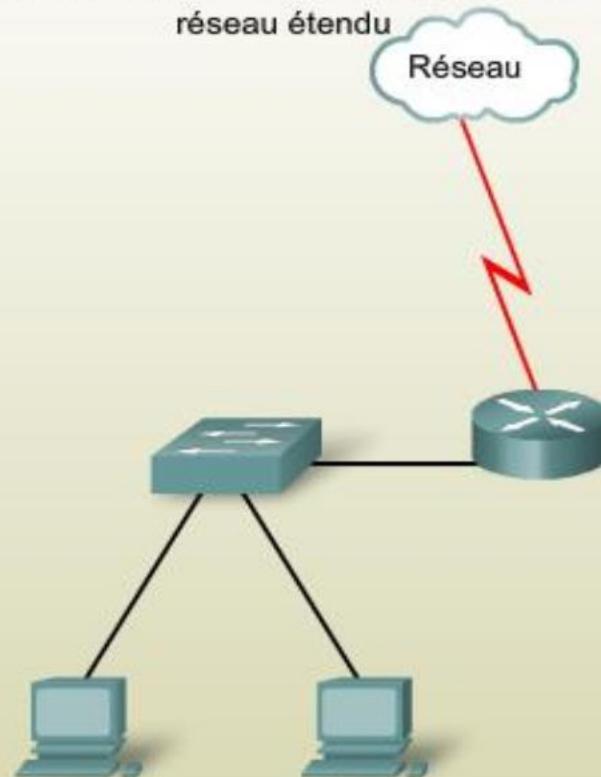
6.7. Routeur (Router)

Connexions interréseau avec un routeur

Routeur interconnectant deux réseaux locaux



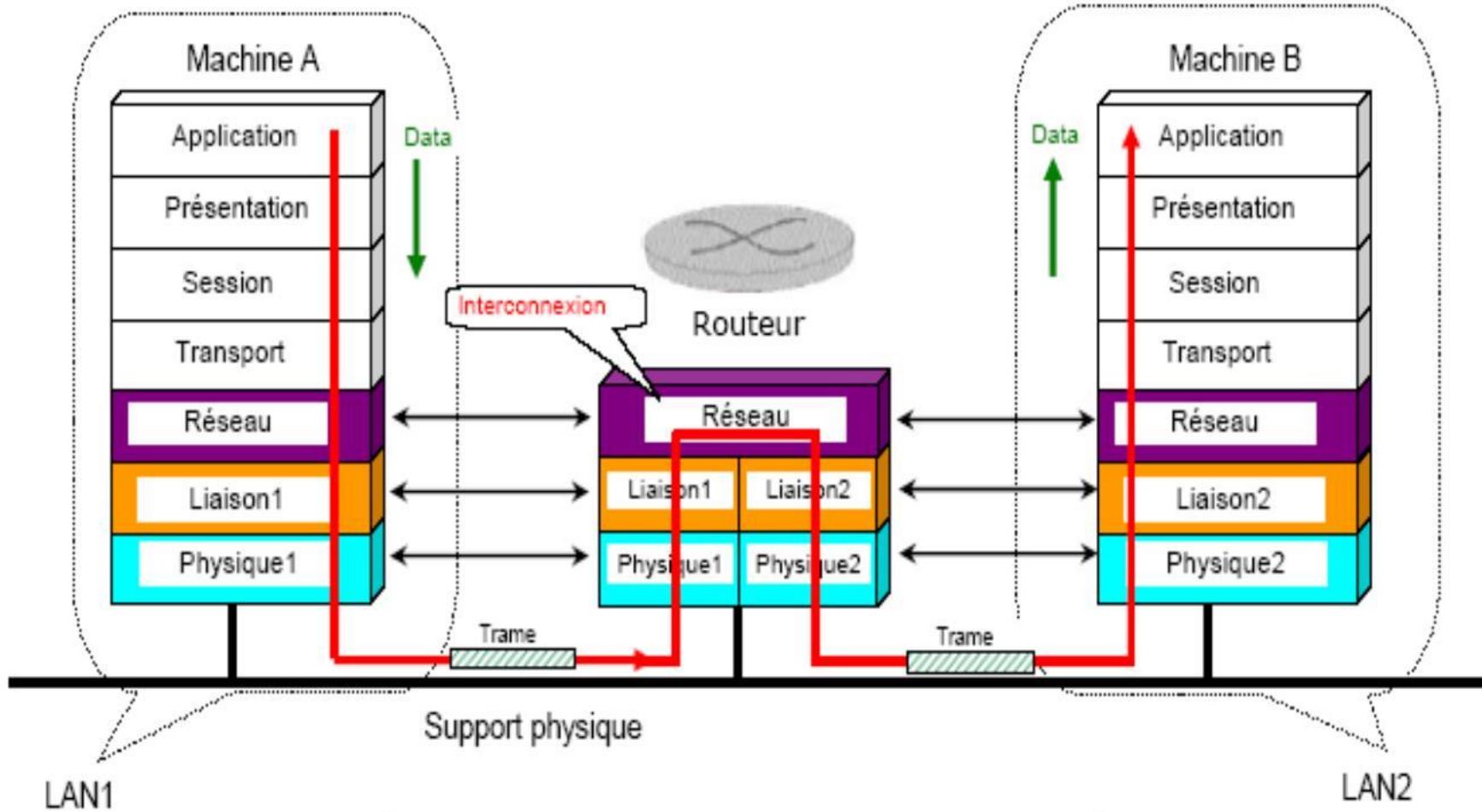
Routeur interconnectant un réseau local et un réseau étendu



- Il possède au moins deux interfaces réseau (pas forcément identiques).
- Il contient un **CPU** et un programme très évolué,
- Il est administrable à distance.

6. Équipements d'interconnexion

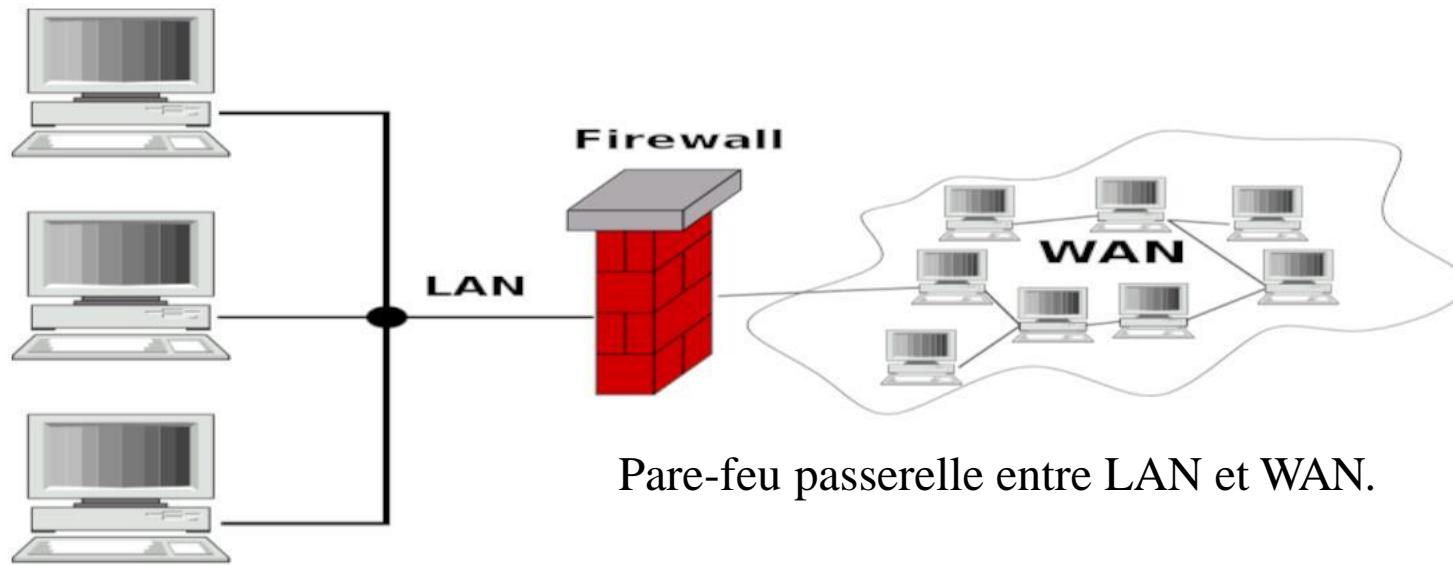
6.7. Routeur (Router)



6. Équipements d'interconnexion

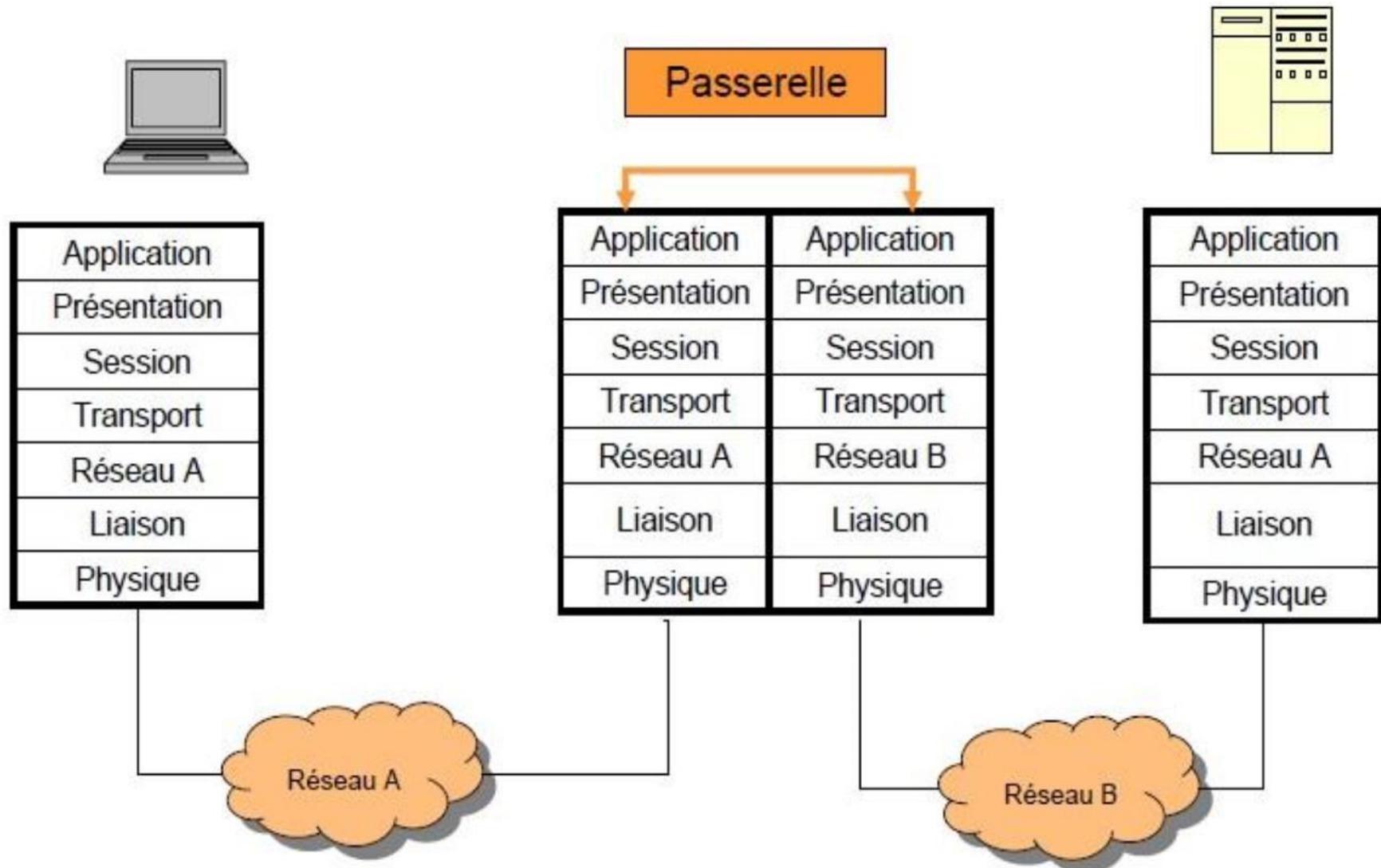
6.8. Passerelle (Gateway)

- C'est un dispositif permettant de relier deux réseaux informatiques de types différents, par exemple un réseau local et le réseau Internet.
- Ainsi, un répéteur est une passerelle de niveau 1, un pont une passerelle de niveau 2 et un routeur est une passerelle de niveau 3.
- Une passerelle effectue donc le **routage** des paquets mais peut également effectuer des **traitements plus évolués** sur ceux-ci. Le plus souvent, elle sert également de pare-feu, de proxy, effectue de la **qualité de service**, etc.
- Coûte plus cher qu'un routeur, plus lente qu'un pont ou un routeur.
- Les passerelles recouvrent les **7 couches du modèle OSI**.



6. Équipements d'interconnexion

6.8. Passerelle (Gateway)



Appli.
Prés.
Sess.
Transp
Réseau
Liaison
Phys.

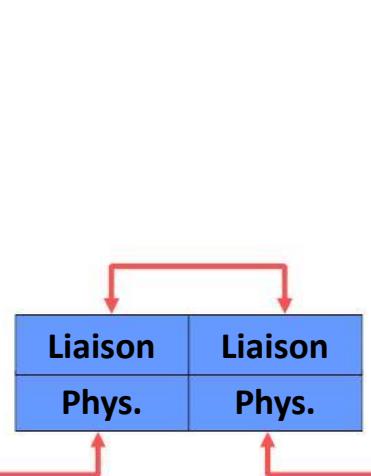
Appli.
Prés.
Sess.
Transp
Réseau
Liaison
Phys.



Répéteur ou Hub

- Amplification du signal pour augmenter la taille du réseau
- Répétition du signal vers N ports

Appli.
Prés.
Sess.
Transp
Réseau
Liaison
Phys.

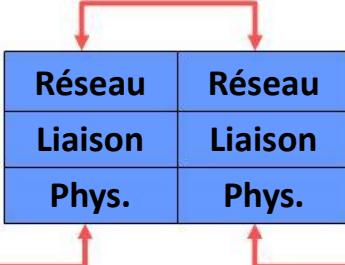


Pont (“Bridge”), commutateur (Switch)

Conversion de format des trames (couche 2)

Appli.
Prés.
Sess.
Transp
Réseau
Liaison
Phys.

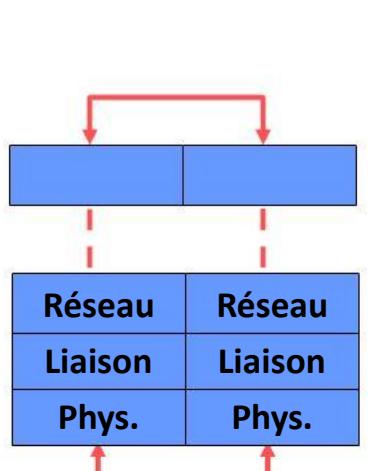
Appli.
Prés.
Sess.
Transp
Réseau
Liaison
Phys.



Routeur (“Router”)

- Conversion de format des paquets et @
- Routage des paquets

Appli.
Prés.
Sess.
Transp
Réseau
Liaison
Phys.



Passerelle (“Gateway”)

- Conversion de format de messages d'une des couches supérieures (4 à 7)

Appli.
Prés.
Sess.
Transp
Réseau
Liaison
Phys.

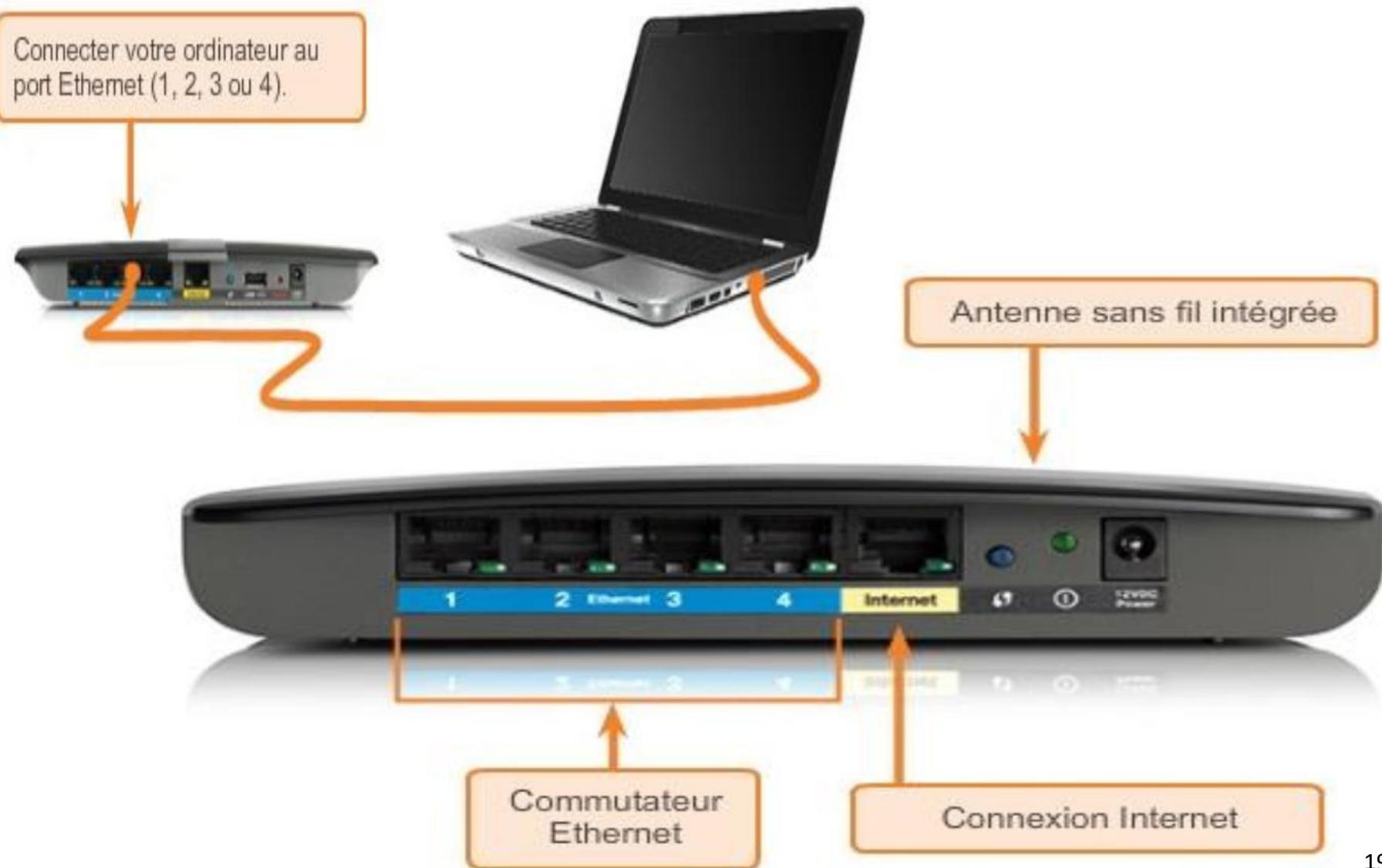
6. Équipements d'interconnexion

6.9. Point d'accès (Access Point)

- Pour qu'il puisse proposer une connectivité sans fil, un réseau doit intégrer un **point d'accès sans fil** (WAP) permettant aux équipements de se connecter.
- Les commutateurs et les points d'accès sans fil sont souvent deux périphériques dédiés distincts dans une configuration de réseau.
- Cependant, certains équipements proposent à la fois une connectivité **filaire** et **sans fil**. Par exemple, la plupart des particuliers utilisent des **routeurs à services intégrés (ISR)** chez eux.
- Les ISR proposent un composant de **commutation équipé** de plusieurs ports, ce qui permet la connexion de plusieurs périphériques au réseau local (LAN) à l'aide de câbles.
- En outre, de nombreux ISR intègrent un WAP qui permet également la connexion des périphériques sans fil.

6. Équipements d'interconnexion

6.9. Point d'accès (Access Point)



6. Équipements d'interconnexion

6.10. Modem

- Système qui permet de relier **un ordinateur au réseau WAN (Internet)** par l'intermédiaire d'une **ligne téléphonique**.
- C'est un périphérique utilisé pour transmettre les informations via un **support téléphonique**. Comme un ordinateur fonctionne avec des données **numériques** et qu'une ligne téléphonique véhicule des informations **analogiques**, le modem sert à convertir les **signaux analogiques** venant de la ligne téléphonique en **signaux numériques** utilisables par l'ordinateur et vice versa.
- Il utilise les techniques de **modulation** et de **démodulation**.



Modem Routeur ADSL TP-LINK



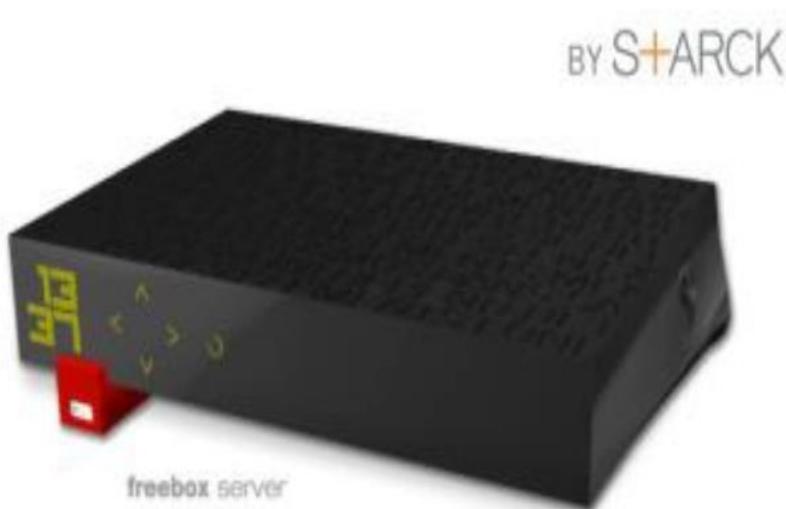
6. Équipements d'interconnexion

6.11. BOX

■ Composants sans fil

Les différentes Box intègrent :

- 1 Modem
- 1 Routeur
- 1 Commutateur
- 1 Point d'Accès WIFI



Modem/Routeur/Point d'accès wifi