

Chapitre 3 : Technologie des réseaux locaux, Ethernet, WiFi

Plan du chapitre :

- I. Les supports de transmission
- II. La couche physique
- III. Les protocoles des couches 1 et 2 (physique et liaison) ; exemple d'Ethernet
- IV. Spécificités du Wifi

I - Les supports de transmission

Différents supports

La transmission d'information nécessite un médium pour relier les équipements entre eux : le support de transmission. Deux grandes familles se distinguent : les **supports guidés**, à base de cuivre (câbles réseau, paires torsadées ...) ou à base de fibre optique et les **supports non guidés** (sans fil, ils utilisent les ondes électromagnétiques).

1) Les supports de transmission guidés

a) À base de cuivre :

Câbles coaxiaux :

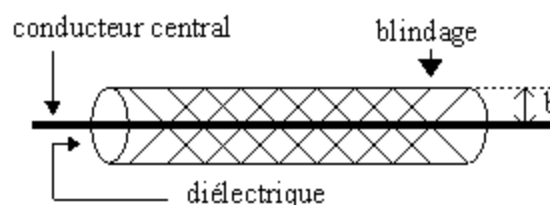


Figure 1: Schéma d'un câble coaxial

Composés d'un fil conducteur, entouré d'un isolant, lui-même entouré d'un blindage ; ils ont été utilisés au départ dans la « TV par câble »

Paires torsadées :

Lignes bifilaires, utilisées pour limiter l'impact des perturbations électriques (téléphonie fixe puis xDSL, câbles Ethernet)



Figure 2: Représentation d'une paire torsadée

Courant porteur en ligne (CPL)

- Utilise les lignes de courant électrique existantes
- Historiquement pour le relevé à distance ou la domotique (X10)
- Superpose un signal haute fréquence au 50 Hz
- Sensible aux interférences (brouillage radio, micro-ondes, VDSL)
- Mais pratique et peu cher (domestique)

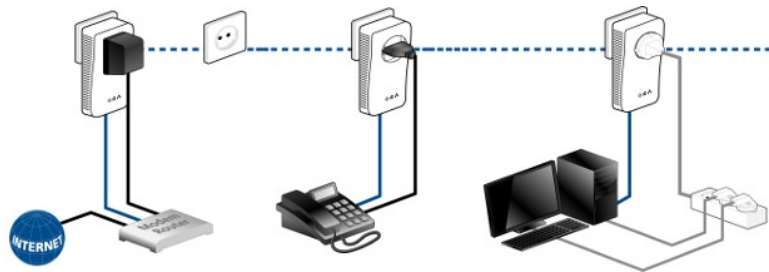


Figure 3: Illustration d'un réseau domestique CPL

Réseau téléphonique commuté (RTC « classique »)

- Mise à profit des fréquences non utilisées par la téléphonie « voix »
- Plusieurs normes dans la famille **xDSL** (Digital subscriber line)
- **ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line) : débit asymétrique (davantage de débit descendant (téléchargement) qu'ascendant)
- **VDSL** (Very high bit rate DSL) : débit symétrique supérieur à l'ADSL si la distance au DSLAM est inférieure à 1km

b) À base de fibre optique :

- Transmettent des signaux par le biais d'impulsions lumineuses
- Composés d'un cœur de matériau transparent, entouré par une gaine de matériau lui aussi transparent, l'ensemble étant entouré par une couche plastique de protection
- La lumière "rebondit" sur les parois de la gaine, et se propage

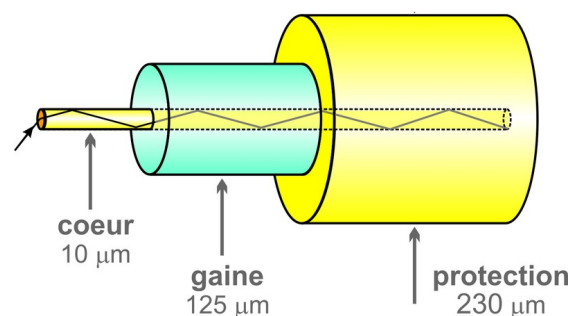
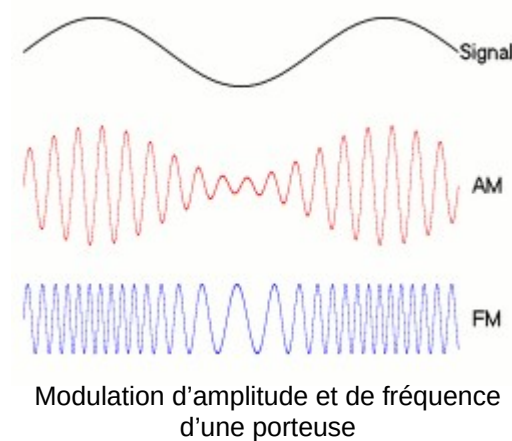


Figure 4: Schéma d'un "brin" de fibre optique

2) Les supports de transmission non-guidés

- Utilisent comme support des **ondes électromagnétiques**
- Codage de l'information par **modulation** :
 - Modulation d'amplitude (AM)
 - Modulation de fréquence (FM) (moins sensible aux perturbations)



- Nécessitent des antennes ...
- **Atténuation** avec la distance \Rightarrow portée limitée
- Réseaux sans fils actuels \Rightarrow **ondes radio** (entre 9 kHz et 300 GHz)
- **Wifi** : 14 canaux dans la bande des 2,4 GHz + 22 dans la bande 5 GHz (limitation des interférences \rightarrow radio-amateurs, micro-ondes ...)

a) le WIFI

- Standard **IEEE 802.11** a/b/g/n/ac/ax (*wifi 6*)
- Utilise des fréquences dites « sans licence » (pas d'autorisation)
 - Bande ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) : **2,4 GHz**
 - Bande U-NII (*Unlicensed-National Information Infrastructure*) : **5 GHz**
- S'insère dans les **couches basses du modèle OSI** (L1 et L2)
 - L1 \rightarrow modulation et transmission du signal
 - L2 \rightarrow interface entre le *bus* de la machine et la couche L1

b) la téléphonie mobile

- Accès radio \rightarrow **stations de base** (*chevauchement*)
- Interconnectées avec cœur de réseau & Internet = infrastructure fixe

- Modulation FM mais interférences
- Partage dynamique des ressources radio entre les utilisateurs
- 2G : GSM → EDGE = échange de voix + texte OU données
- 3G : UMTS = voix + données
- **4G : basé sur IP** ⇒ **données seulement** (transmission de la voix par [VoIP](#))
- Bande des 700 et 800 MHz + 2100 et 2600 MHz
- Réutilisation des bandes GSM 900 et 1800 MHz

La 5G :

- Fréquences radio entre 30 et 300 GHz → large bande donc **+ de canaux**
- **Full duplex** (E-R simultanées)
- Forte **mutation de l'infrastructure fixe** (fibre, virtualisation des réseaux, systèmes intégrés ...)
- Réduction des interférences par « **focalisation** » des ondes (faisceaux directifs ≠ 4G omnidirectionnelle)

c) Quelques autres types de réseaux de communications mobiles

- **Industrie** → réseaux locaux à base de **BlueTooth**
- **Internet des objets** → réseaux sans fil à grande portée¹ : par exemple IEEE 802.15.4 (domotique ZigBee) ou LoRa
- **Internet universel** → constellations de satellites

II - La couche physique

1) Caractéristiques générales

- Première couche du modèle OSI
- Gère la **transmission physique des données** entre deux équipements réseaux
- **Transmission** des bits, encodage
- **Synchronisation**
entre deux cartes réseau ...
- Définit les standards des supports de transmission

1 * (Low Rate Wireless Personal Area Network)

2) Modes de transmission

a) Parallèle :

- Envoi de n bits simultanés
- Un fil par bit $\Rightarrow n$ fils ...
- Intéressant pour sa vitesse \Rightarrow bus de données dans les PC p.ex.
- Coût et complexité quand le nombre de bits augmente

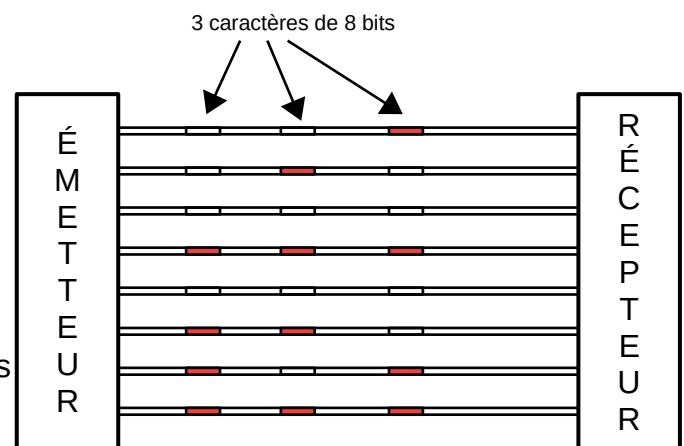


Figure 5: Représentation d'une transmission en parallèle

b) Série :

- Envoi **bit par bit successivement**
- Mode synchrone ou asynchrone
- **Limite le nombre de fils** pour la liaison

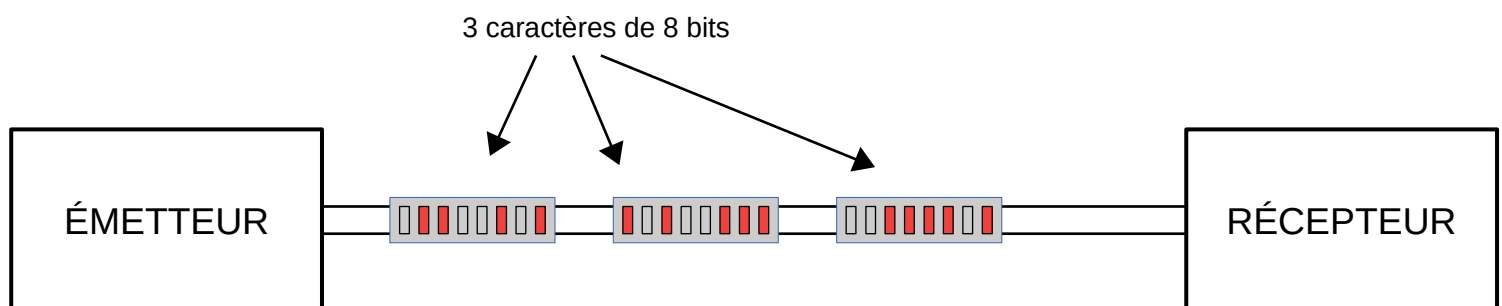


Figure 6: Représentation d'une transmission en série

3) Mode de connexion

- **Liaisons point-à-point** \Rightarrow pour connecter 2 équipements
PC \rightarrow box internet, USB pour souris, imprimante ...
- **Les bus de communication** \Rightarrow envois de données à plusieurs destinataires en une seule fois :

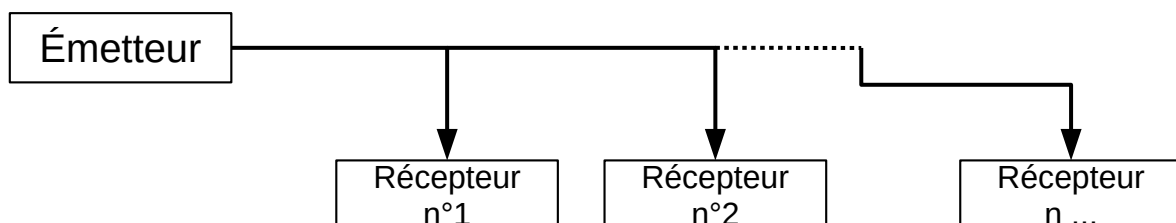


Figure 7: Représentation d'un bus de communication

Les bus de communication nécessitent de **synchroniser** les « nœuds » du bus/réseau (horloge ou mécanisme d'acquittement).

III - Les protocoles des couches physique et liaison

1) Un exemple de protocole : Ethernet

- **Standard** pour la transmission sur les réseaux locaux
- Couvre les couches « **Physique** » (L1) et « **Liaison de données** » (L2) du modèle OSI ; couche « Accès au Réseau » de TCP/IP
- Prend en charge :
 - la **mise en forme** des données envoyés sur le réseau
 - l'**identification** des ordinateurs ⇒ **adresse physique = adresse MAC**
 - la détection/correction des **erreurs** de transmission

2) L'adressage MAC (Media Access Control) (*rappel*)

- Adresse sur 6 octets (48 bits)
- Adresse MAC unique au monde, attribuée par le fabricant
- Permet de déterminer le destinataire d'une trame sur le réseau local

3) L'arbitrage du bus : le CSMA-CD

- **Support partagé** entre les équipements ⇒ « premier arrivé, premier servi ! »
 - Collisions à gérer !
 - Pas de mécanisme de fiabilité/connexion !
- **Arbitrage** : *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*
 - Si le canal est libre, la station place son trafic, sinon elle attend ...
 - Après un délai sans collision, elle émet sans plus attendre (pas d'ACK)
- Toutes les interfaces du LAN reçoivent le trafic → examinent l'en-tête Ethernet
- *Seule l'interface qui reconnaît son adresse MAC dans le champ destination passe la trame à la couche supérieure.*

La trame Ethernet :

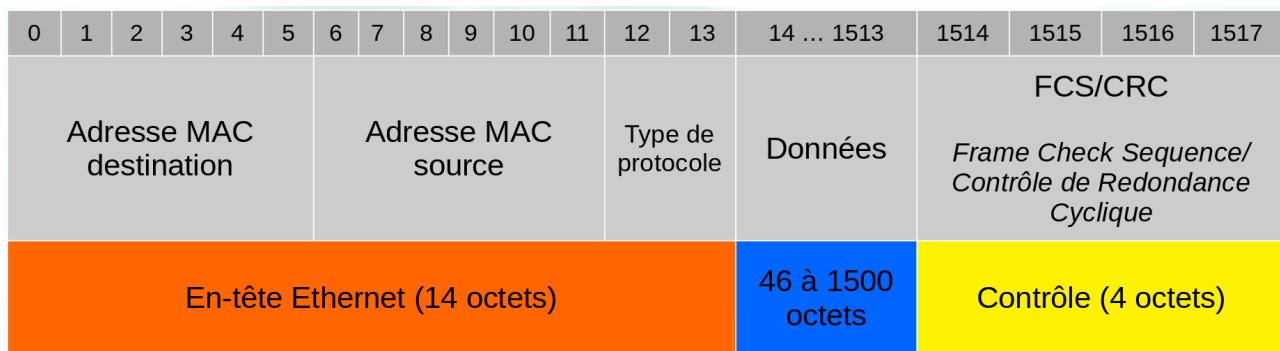
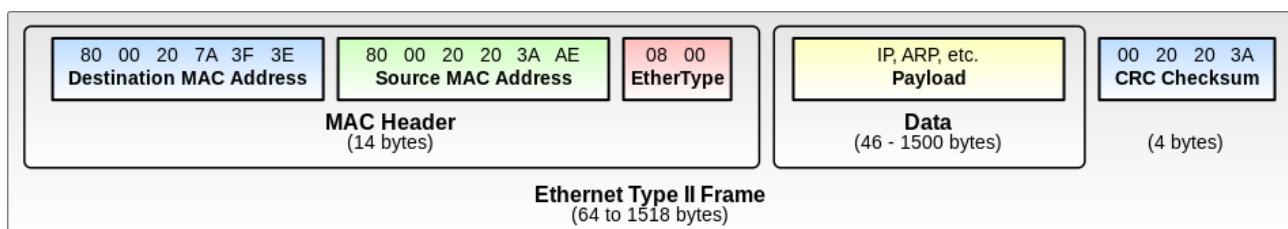


Figure 8: En-tête, contenu et séquence de contrôle d'une trame Ethernet

4) Un exemple de trame Ethernet :



EtherType définit le type de données transmises dans la trame : 0x08 00 pour IPv4, 0x86 DD pour IPv6, 0x08 06 pour ARP ...

5) Un mot sur les câbles Ethernet ...

- Historiquement, on distingue deux types d'équipement
 - Connexion : hubs et switches
 - Terminal : PC, serveurs et routeurs
- Les équipements de même type se connectent avec un câble croisé (qui croise les paires d'émission et de réception)
- Les équipements de type différents se connectent avec un câble droit
- Aujourd'hui : adaptation automatique aux câbles utilisés

- **Ad hoc** : interconnexion directe (sans AP) = réseau de pair à pair

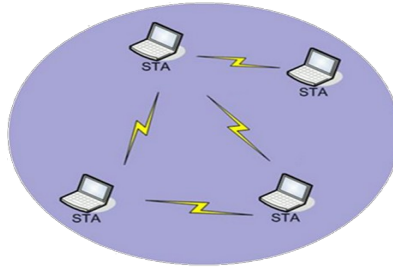


Figure 10: Connexion WiFi en mode Ad Hoc

- **Pont** (Bridge) : extension de réseau (2 routeurs)

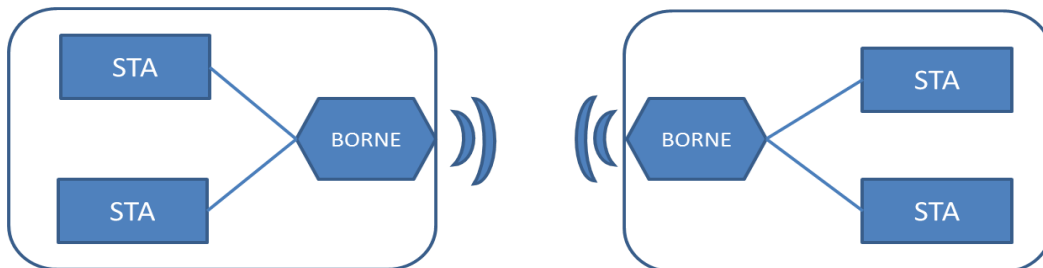


Figure 11: Connexion WiFi en mode Pont

- **Répéteur** : amplification physique du signal (sur la couche L1 seulement)



Figure 12: Répéteur WiFi

4) Fonctionnement

- Chaque équipement a une carte wifi et donc une adresse physique (MAC)
- Les points d'accès ont un **nom** (SSID)
- La station détecte un point d'accès et tente de s'y connecter. La connexion se déroule en trois étapes :
 - Recherche (*Probe request* et *response*)
 - Authentification (*Authentication request*)
 - Association (*Association request*)

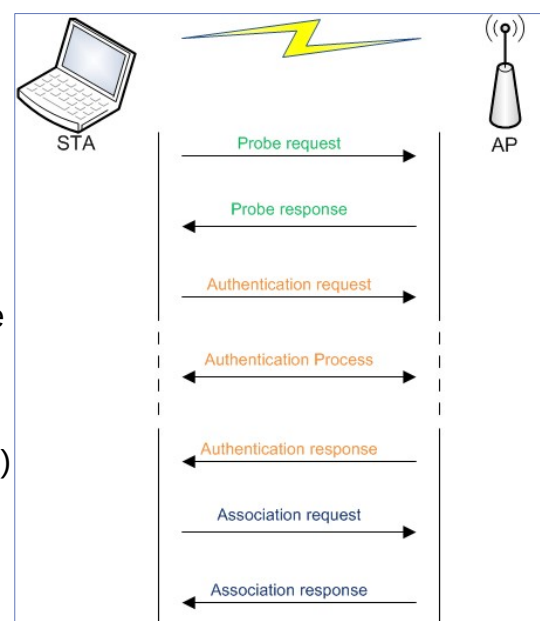


Figure 13: Association d'une station avec un point d'accès (AP)

Les normes

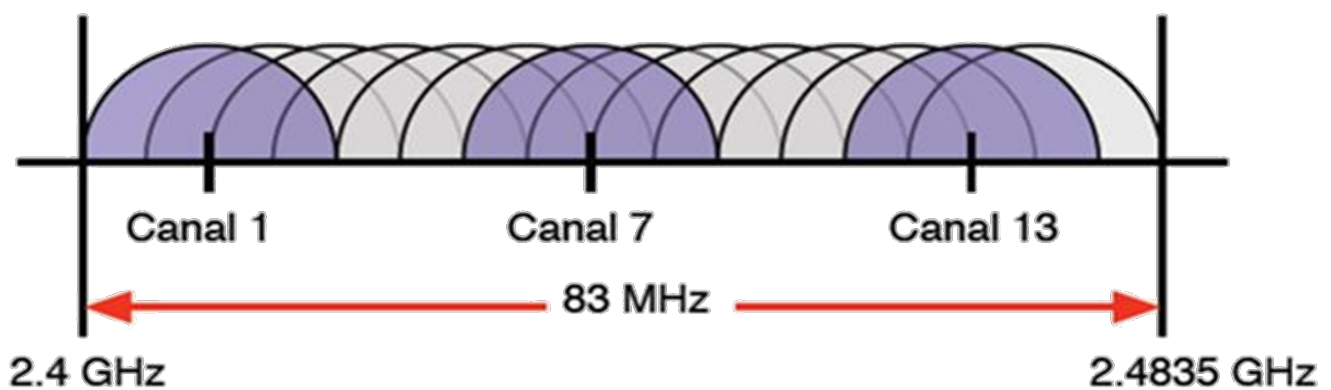
Standard	Année	Fréquence	Vitesse	Taille de canal
802.11	1997	2,4GHz	2 Mbit/s	22MHz
802.11a	1999	5GHz	54 Mbit/s	20Mhz
802.11b	1999	2,4GHz	11 Mbit/s	22MHz
802.11g	2003	2,4GHz	54 Mbit/s	20MHz
802.11n	2009	2,4GHz/5GHz	450 Mbit/s	20/40MHz
802.11ac	2014	5GHz	1300 Mbit/s	20 à 160MHz
...	...			
802.11ax « Wi-Fi 6 »	2020	Entre 1 et 7 GHz ...	Jusqu'à 10 Gbit/s	

Les fréquences

Deux bandes utilisées dites « sans licence » (pas d'autorisation) :

- **2,4 GHz** : 2400 MHz à 2483,5 MHz (100mW)
- **5 GHz** : 5,150 à 5,350 GHz et de 5,470 à 5,725GHz (100mW / 200mW)
- 14 canaux utilisables en 2,4 GHz, 22 en 5 GHz

Dans la bande des 2,4 GHz :



Il y a recouvrement entre canaux : utiliser des canaux libre pour éviter les interférences !!!

5) Limites du Wi-Fi

- Débit variable (selon la norme)
- Détection de collisions et d'erreurs difficile
- Impact de l'environnement et de la distance
- Partage de débit sur un même canal
- Confidentialité en l'absence de cryptage

6) Fonctionnalités de sécurité

- **Association** : le client doit s'associer au point d'accès
- **Authentification** : l'authentification est soit ouverte, soit à clé partagée, soit WPS
- **Contrôle d'accès** : le point d'accès peut décider quels clients sont autorisés ; l'association est basée sur l'adresse MAC
- ☹ Usurpation adresse MAC assez facile ...

7) Authentification

- Permet d'autoriser un client à entrer sur le réseau (et utiliser ses ressources et contacter les autres clients)
- Plusieurs méthodes d'authentification possibles :
 - **Ouverte** → Pas d'authentification
 - **Partagée** (Shared Key Authentication) → clé partagée (*échange de textes & décryptage*)
 - **EAP** (Extensible Authentication Protocol) → dialogue avec un serveur (*handshake, identifiants, certificats ...*)
 - **802.1x** → EAP + serveur d'identification (*RADIUS ...*)

Licence Creative Commons BY-NC-SA

Ce document est mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale Partage dans les Mêmes Conditions 2.0 France (CC BY-NC-SA 2.0 FR) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/>

