

Réseaux informatiques

Introduction & Réseaux locaux Ethernet et Wi-Fi

IUT-2
Département Informatique

26 février 2023

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Wi-Fi

Glossaire54

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Qu'est-ce qu'un réseau informatique ?

Échanger des informations

Modèle OSI

Propriétés des réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Wi-Fi

Glossaire54

Réseau informatique ?

Un réseau informatique

C'est :

- ▶ un ensemble d'**équipements**
- ▶ reliés entre eux pour **échanger**
- ▶ des **informations**

(source *Wikipédia*)

Un réseau informatique c'est

Des noeuds

Terminaux : PC, smartphone, aspirateur

Équipements d'interconnexion : commutateur, routeur, firewall, « box », Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM), etc

Des liens

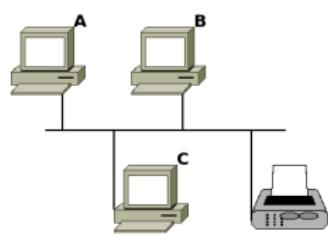
Connexion par **câble** (p. ex., paires torsadées) ou **fibre optique**.

Connexion par **onde électromagnétique** (e.g. Wi-Fi).

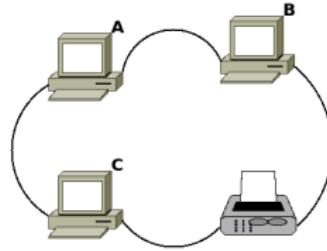
Connexion réseau : exemple

Soit trois ordinateurs, on souhaite qu'ils partagent une imprimante.
Comment connecter l'ensemble ? Comment faire en sorte que tous soient reliés entre eux ?

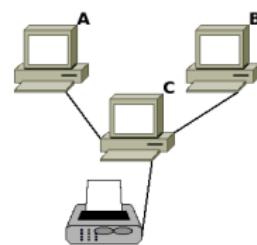
Différentes **topologies** de réseau informatique.



en bus



en anneau



en étoile

Un réseau informatique c'est

Des noeuds

Terminaux : PC, smartphone, aspirateur

Équipements d'interconnexion : commutateur, routeur, « box », DSLAM...

Des liens

Connexion par câble (paires torsadées) ou fibre optique

Connexion radio (e.g. wifi)

Des propriétés

- ▶ Débit d'émission (De) = volume de données/temps (b/s)
- ▶ Temps de propagation (Tp) = distance / vitesse de propagation (m/s)
- ▶ Quality of Service (QoS) = qualité de service (délais de transmission, variation de la latence, taux de perte de paquets)
- ▶ Facilité d'utilisation : connectivité, mobilité.
- ▶ Sécurité : intégrité, confidentialité, disponibilité.

Des échanges !

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Qu'est-ce qu'un réseau informatique ?

Échanger des informations

Modèle OSI

Propriétés des réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

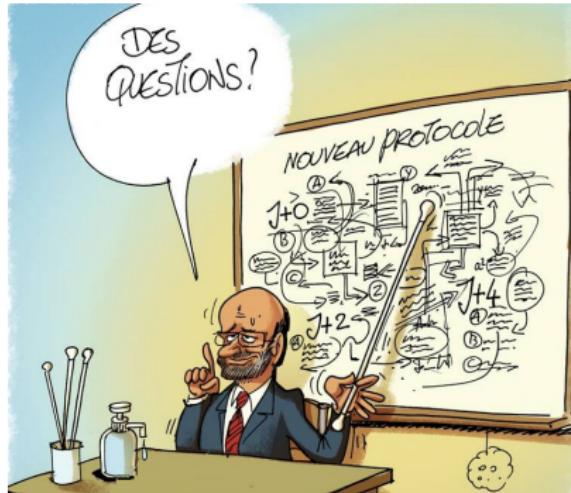
Wi-Fi

Glossaire54

Échanger des informations

- ▶ **Identifier l'émetteur et le/les récepteurs** : notion d'**adresse** des personnes, des applications, des machines...
- ▶ Réaliser des **échanges** de « bonne qualité » :
 - ▶ Fiabilité : gestion des erreurs de transmission, s'assurer que l'information est parvenue.
 - ▶ Adaptabilité : transmettre l'information selon la disponibilité des supports et des équipements.
 - ▶ Équité d'accès aux ressources : une communication ne doit pas monopoliser le canal de communication.
 - ▶ « parler » le même langage : standardisation du format des données échangées.
 - ▶ Avoir les mêmes règles de communication : le même **protocole**.

Protocole ?



adapté de Ouest-France

Exemples de protocole de communication

- ▶ Radio : ROGER, OVER, NACK, SAY AGAIN
- ▶ Télégraphique : QRS (Send more slowly), QSL (I Acknowledge receipt)

Différence codage \neq Protocole

Exemple de codage Morse (ce n'est **PAS** un protocole de communication)

- / -..- --- -... . / -
--- -.. .- -.- / - .
. -.. -.. ... / ..- ... / .-- .
/ -.. . . -.. / -
/ .-- --- -.. -... / -

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Qu'est-ce qu'un réseau informatique ?

Échanger des informations

Modèle OSI

Propriétés des réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Wi-Fi

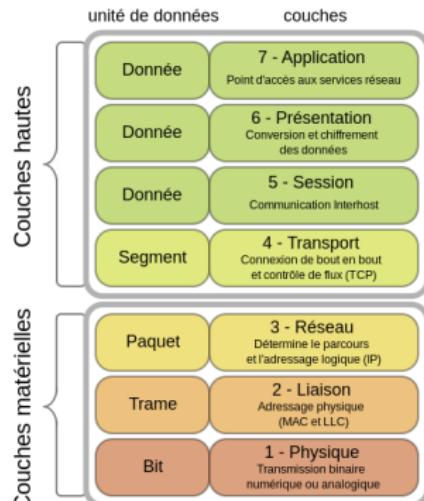
Glossaire54

Le modèle OSI

Pour rendre la communication entre des ordinateurs possible, ce problème a été séparé en plusieurs sous-problèmes. Ce découpage a été normalisé sous le terme de modèle Open Systems Interconnection (OSI) par l'ISO (pour *International Organization for Standardization*).

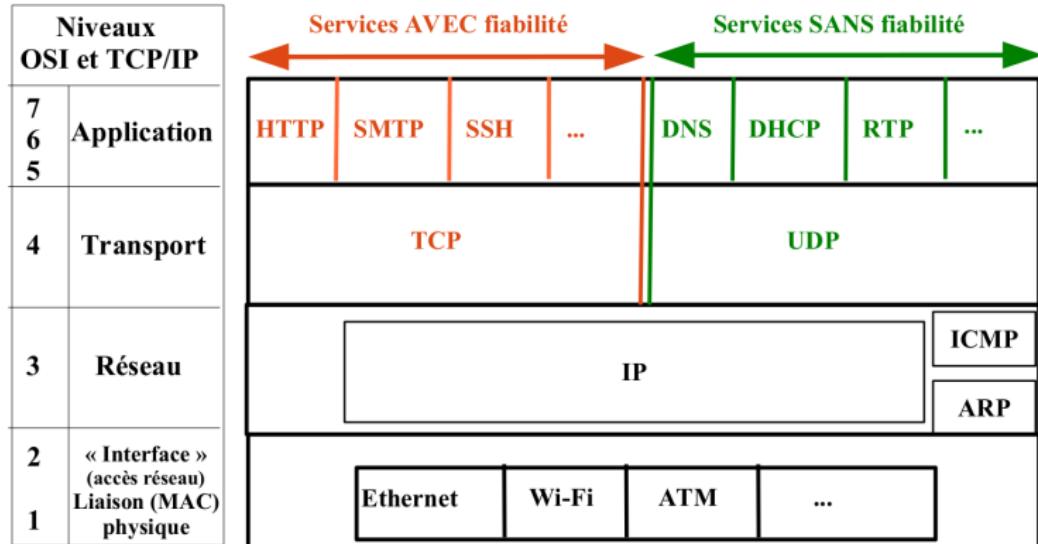
- ▶ Chaque couche du modèle OSI correspond à un sous-problème
- ▶ Pour chaque couche nous avons plusieurs protocoles
- ▶ Chaque protocole est implanté dans les équipements à différents endroits (hardware, software)
- ▶ Les couches permettent la modularité, l'interopérabilité et l'isolement des problèmes

Le modèle TCP/IP est une instance de ce modèle OSI.



tiré de Wikipédia

Modèle TCP/IP



Les couches du modèle TCP/IP

Couche	Sous-problème	Implanté dans	Protocole(s)
Application	Communication utilisateur/application	Logiciel	http, ftp, ssh...
Transport	Assurer la communication entre deux processus	Système d'exploitation	TCP, UDP
Réseau	Trouver le chemin pour chaque paquet de données à envoyer entre deux machines de réseaux locaux différents	Système d'exploitation	IP
Liaison de données	Gérer l'accès au médium (câble, ondes...)	Carte réseau	Ethernet, WiFi...
Physique	Traduire l'information binaire en ondes électromagnétiques sur le lien physique	Carte réseau	Ethernet, WiFi...

Hiérarchie, protocoles et encapsulation

- ▶ Architecture en niveaux de protocoles :
 - ▶ Niveau application, échange de messages (web, mail...).
 - ▶ Niveau transport : échange de datagrammes ou de segments (TCP, UDP)
 - ▶ Niveau réseau : acheminement de paquets entre réseaux (IP).
 - ▶ Niveaux liaison/physique : échange de trames (Ethernet, Wi-Fi).

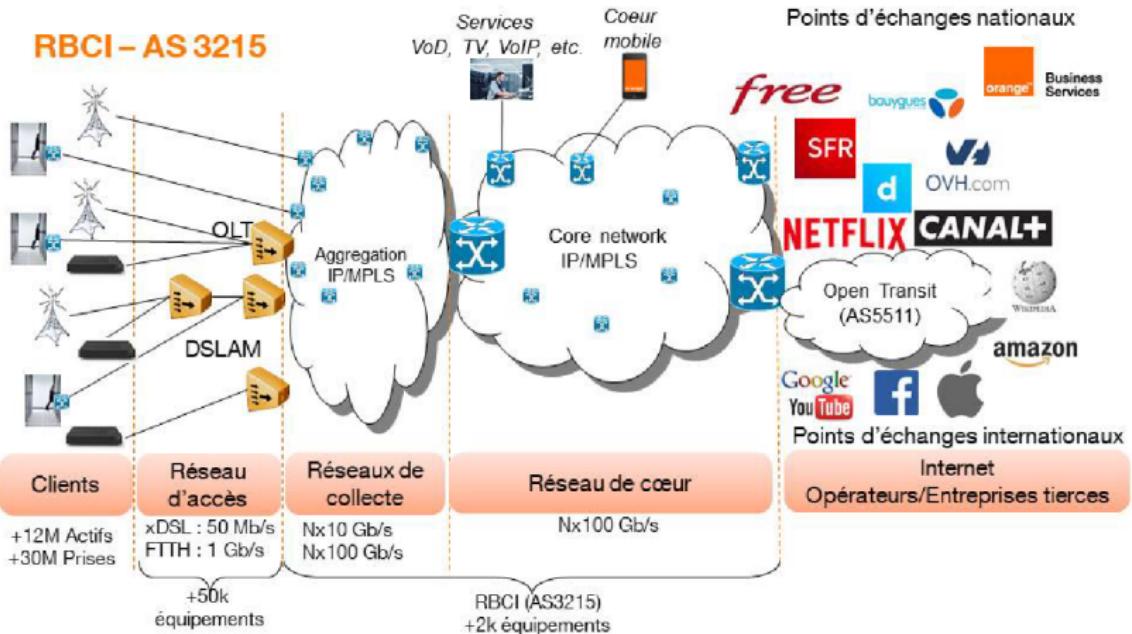


- ▶ Calcul du Débit utile (D_u) = quantité de données « utilisateur » transmise par seconde (b/s).

Adressage dans les réseaux

- ▶ Adresses de niveau application : identifiants utilisés dans les applications : **adresse e-mail, URL**, etc.
- ▶ Adresses du niveau transport : **Numéros de port** TCP ou UDP pour identifier les processus : port 80 (HTTP)
- ▶ Adresses du niveau réseau : **adresses IP** pour identifier les équipements d'un réseau, indépendamment de la localisation géographique :
 - ▶ IPv4 (sur 32 bits) : 194.62.123.43
 - ▶ IPv6 (sur 128 bits) :ffff:0000:0a88:85a3:0000:0000:ac1f:8001
- ▶ Adresses du niveau liaison/physique : **adresses « physiques »** (« HW addr », « MAC ») des cartes réseau des stations, des routeurs.
 - ▶ Exemple : adresses Ethernet MAC sur 48 bits notés en hexa : 00:C0:4F:26:E1:CF

Exemple de réseau informatique



tiré de [Roy et coll., 2020]

Définitions

Commutateur (ou *switch*) [niveau 2 du modèle OSI] : équipement reliant des équipements (cartes réseau) entre eux

Réseau local ou Local Area Network (LAN) : ensemble de machines ayant chacune une carte réseau (=interface) connectées par des commutateurs et dont les adresses IP partagent une partie commune.

Routeur : équipement relié à plusieurs réseaux locaux et assurant l'interconnexion entre eux.

Réseau étendu ou Wide Area Network (WAN) : réseau couvrant une zone géographique de grande envergure (p.ex. Internet est un WAN).

Réseaux locaux

Technologies les plus utilisées :

- ▶ Ethernet : transmission câblée, norme IEEE 802.3
- ▶ Wi-Fi : transmission par onde électromagnétique, norme IEEE 802.11
- ▶ Bluetooth : onde également, mais sur plus faible distance que le Wifi. Norme IEEE 802.15.1 en 2002 et maintenant un standard géré par le consortium Bluetooth SIG
- ▶ Courant Porteur en Ligne (CPL) : transmission sur câble du réseau électrique, norme IEEE 1901

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Qu'est-ce qu'un réseau informatique ?

Échanger des informations

Modèle OSI

Propriétés des réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Wi-Fi

Glossaire54

Propriétés des réseaux informatiques

Quelles sont les affirmations correctes ?

- ① Le réseau est fiable.
- ② Le temps de latence est négligeable.
- ③ La bande passante est infinie.
- ④ Le réseau est sûr.
- ⑤ La topologie du réseau est stable (immuable).
- ⑥ Le réseau est administré de manière unifiée.
- ⑦ Le coût de transport est négligeable.
- ⑧ Le réseau est homogène.

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Normes Ethernet (IEEE 802.3)

Niveau physique : câblage, signaux, topologie

Niveau liaison : format des trames Ethernet

Réseaux Ethernet – transmission

Ethernet commuté

Wi-Fi

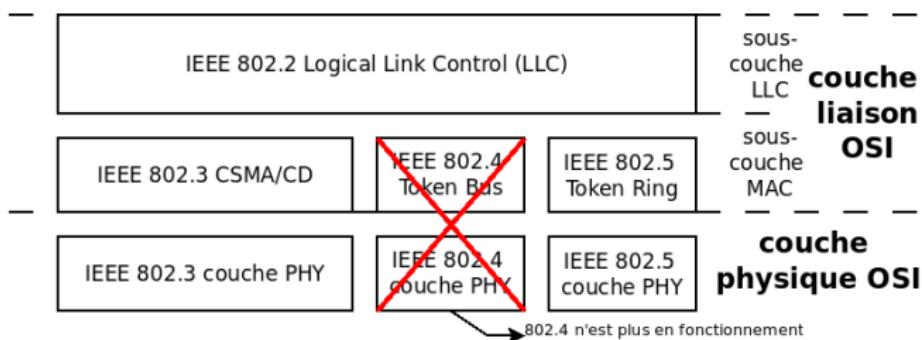
Glossaire54

Normes Ethernet et modèle OSI

Inventé dans les années 1970 par Bob Metcalfe et David Boggs (Xerox)
Normalisation DIX (DEC Intel Xerox) en 1980 puis IEEE 802.3 en 1983

La norme IEEE 802 subdivise la couche liaison en deux :

- ▶ la sous-couche *Media Access Control (MAC)* IEEE 802.3 définit la méthode d'accès au support.
- ▶ la sous-couche *Logical Link Control (LLC)* IEEE 802.2 rend transparentes les différences entre les sous-couches inférieures.



Normes de la famille Ethernet

Exemple : 100BASE-T

- ▶ **100** = 100 Mb/s → débit d'émission De
- ▶ **BASE** = bande de base → codage des signaux
- ▶ **-T** = Twisted pair → support de transmission

De : 10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s (= 1000Mb/s), 2,5 Gb/s, 5 Gb/s, 10Gb/s et plus

Support de transmission :

- ▶ câble coaxial : 1000BASE-CX
- ▶ paires torsadées : 100BASE-T, 1000BASE-T
- ▶ fibres optiques : 100BASE-FX, 1000BASE-LX

Interopérabilité :

- ▶ format de trame commun
- ▶ règles de câblage compatibles.

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Normes Ethernet (IEEE 802.3)

Niveau physique : câblage, signaux, topologie

Niveau liaison : format des trames Ethernet

Réseaux Ethernet – transmission

Ethernet commuté

Wi-Fi

Glossaire54

Câbles et prises RJ-45

Les câbles sont constitués de 4 paires torsadées. En 100Base-T, 2 paires sont utilisées (Une par sens de transmission) En 1000Base-T, les 4 paires sont nécessaires

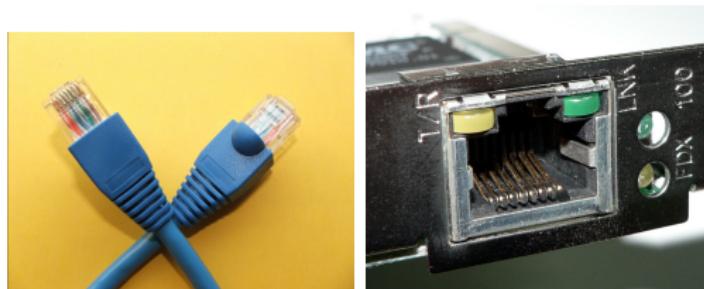
Exemple : *Foiled Twisted Pairs (FTP)*



blindage par écran d'aluminium

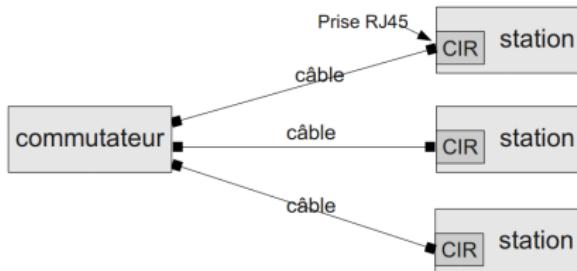
(source https://fr.wikipedia.org/wiki/Paire_torsad%C3%A9e)

Connecteurs et prises type RJ-45 (*Registered Jack*) :



(source <https://fr.wikipedia.org/wiki/RJ45>)

Réseau Ethernet 1xxxBase-T



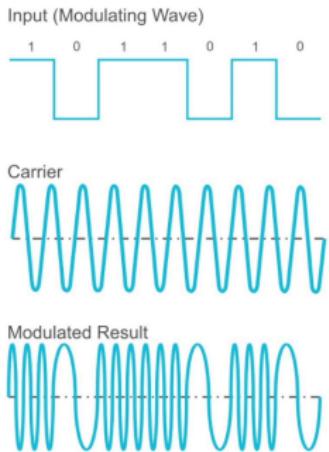
Commutateur (ou *switch*) : nœud d'interconnexion qui redirige les trames en fonction du destinataire. Le temps de latence est le délai de transit dans le switch (ex : il est de $7,4\mu s$ dans les switchs HP2350 de l'IUT).

Câble : 4 paires torsadées de fil de cuivre. Transmission des signaux avec $V_p \approx 200000 km/s$. Longueur max = 100m pour que l'atténuation du signal ne génère pas d'erreur.

Carte Interface Réseau (CIR) (ou *Network Interface Card (NIC)*) : code et décode les trames en signaux, détecte les erreurs, assure la synchronisation.

Transmission sur un réseau Ethernet

- ▶ Les **trames** sont transformées en signaux électriques ou optiques.
- ▶ Transmission en full-duplex (dans les 2 sens en même temps).



- ▶ Les trames sont émises à la demande, avec un délai entre chacune appelé **silence inter-trames**.
 - ▶ Ce silence est nécessaire pour garantir la dissipation du signal écho produit par tout signal de trame. Sinon, cet écho agirait comme un bruit aléatoire sur le signal de la trame suivante... et généreraient des erreurs.
 - ▶ La valeur du silence inter-trames est équivalente à la durée d'émission de 96 bits, c'est-à-dire égale à $\frac{96}{D_e}$, soit $0,96\mu s$ en 100Base-T et $0,096\mu s$ en 1000Base-T.

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Normes Ethernet (IEEE 802.3)

Niveau physique : câblage, signaux, topologie

Niveau liaison : format des trames Ethernet

Réseaux Ethernet – transmission

Ethernet commuté

Wi-Fi

Glossaire54

Adressage Ethernet

- ▶ Chaque CIR est identifiée par une adresse MAC unique (mondialement !) allouée par le fabricant de la carte CIR.
 - ▶ Rq : une station a autant d'adresses MAC que de cartes CIR.
 - ▶ Trouver votre adresse MAC → commande `ip addr`.
- ▶ Adressage MAC :
 - ▶ longueur : 6 octets.
 - ▶ notation par groupes de 2 chiffres hexa séparés par « : »
 - ▶ exemple : 00:0B:DB:DF:6F:35
 - ▶ les 3 premiers octets identifient le fabricant (ex : Dell_77:58:c2).
- ▶ La CIR d'une station émet et reçoit des trames :
 - ▶ soit en mode **Unicast** : 1 émetteur vers 1 destinataire.
 - ▶ soit en mode **Broadcast** (diffusion) : 1 vers toutes les stations.
- ▶ Adresse de diffusion pour accéder à toutes les machines du réseau :
`FF:FF:FF:FF:FF:FF`

Format des trames Ethernet

Préambule	Adresse MAC destination	Adresse MAC source	Type trame	Informations	FCS
8 octets	6 octets	6 octets	2 oct.	entre 46 et 1500 octets	4 octets

- ▶ **Préambule** : $(AA\ AA\ AA\ AA\ AA\ AA\ AA\ AB)_{16}$ pour permettre au récepteur de se synchroniser. Rappel : $A_{16} = 1010_2$, $B_{16} = 1011_2$
- ▶ **Adresses Destination et Source** : adresses MAC aussi appelées HardWare Address (HWAddr).
- ▶ **Type trame** : identifiant du protocole du niveau hiérarchique supérieur (IP=0800, ARP=0806, ...).
- ▶ **Information** : contient les données du niveau supérieur :
 - ▶ Taille minimale : 46 octets (compatibilité avec les « hub »).
 - ▶ Taille maximale : 1500 octets. (pour assurer un taux d'erreur suffisamment faible).
- ▶ *Frame Check Sequence (FCS)* : 32 bits de détection d'erreur.

Exemple de trame

```
0: 0800 2087 b044 0800 1108 c063 0800 4500  
16: 0048 49ba 0000 1e06 698d c137 33f6 c137  
32: 3304 1770 96d4 397f 84c2 bf3a 21fd 5018  
48: 111c 99bc 0000 0e00 313f 02c0 0011 0000  
64: 3ec1 0000 0011 0000 0002 2828 a7b0 8029  
80: eafc 8158 9070 +FCS
```

Adresse MAC destination : **0800 2087 b044**

Adresse MAC source : **0800 1108 c063**

Type trame = **0800** : la trame contient un paquet IP.

rq : le préambule et le code de détection d'erreur FCS ne sont pas affichés.

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Normes Ethernet (IEEE 802.3)

Niveau physique : câblage, signaux, topologie

Niveau liaison : format des trames Ethernet

Réseaux Ethernet – transmission

Ethernet commuté

Wi-Fi

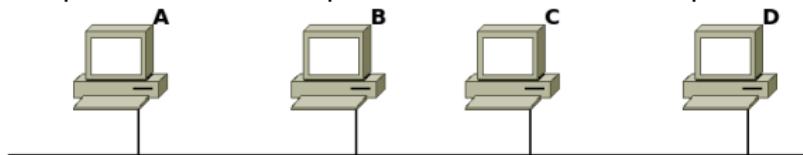
Glossaire54

CSMA/CD

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) pour accès multiple avec écoute de porteuse et détection de collision est la technique de contrôle d'accès au support physique des réseaux Ethernet (802.3).

écoute

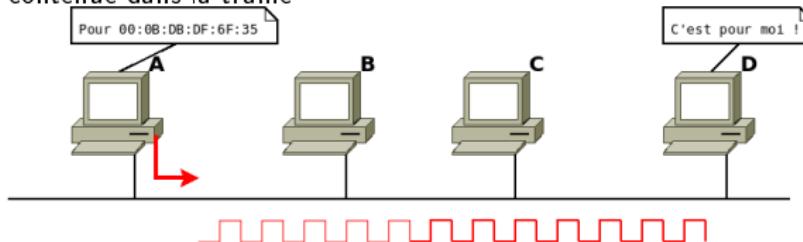
Chaque station écoute en permanence si le bus est occupé.



Émission

Si le support est libre la station A peut émettre sa trame.

La station destinatrice saura que la trame lui est destinée grâce à l'adresse MAC de destination contenue dans la trame

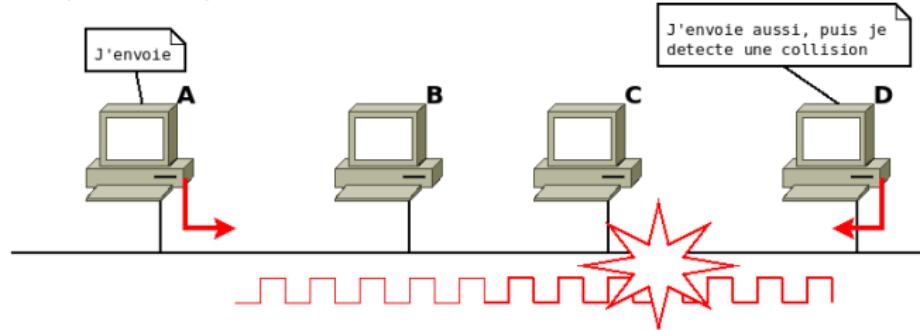


Collision

L'écoute permet également de détecter les collisions.

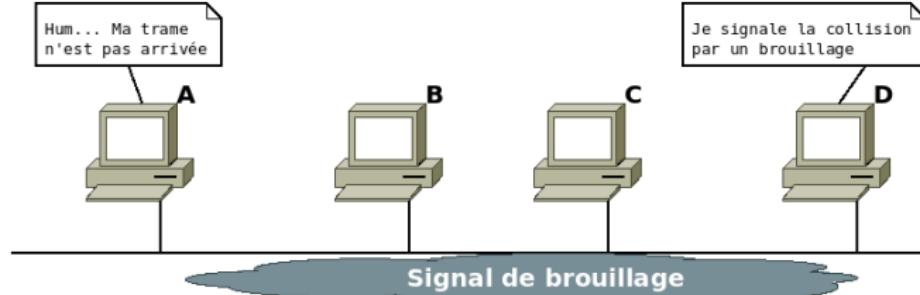
Détection de collision

Chaque station peut détecter une collision



Brouillage

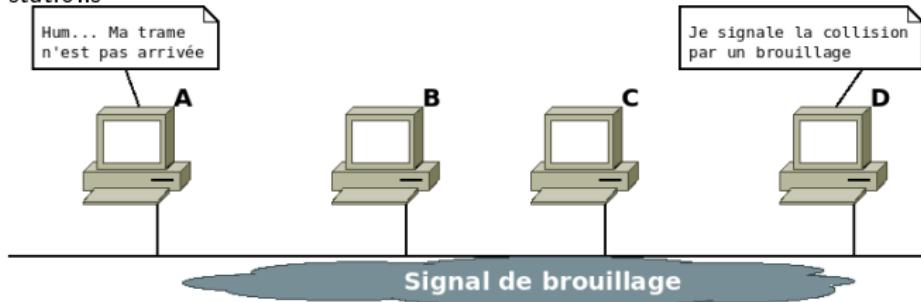
La station ayant détectée une collision émet un signal de brouillage pour avertir toutes les stations



Réémission

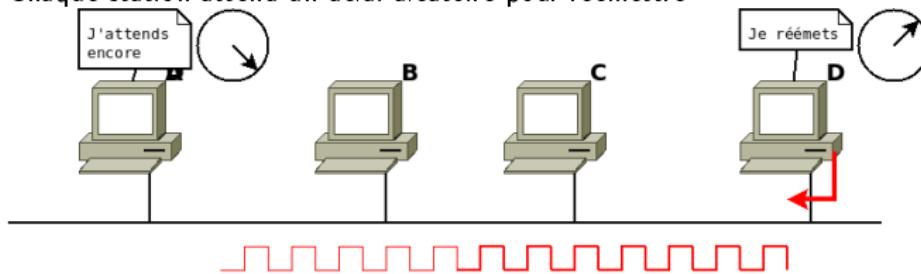
Brouillage

La station ayant détectée une collision émet un signal de brouillage pour avertir toutes les stations



Réémission

Chaque station attend un délai aléatoire pour réémettre



Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Normes Ethernet (IEEE 802.3)

Niveau physique : câblage, signaux, topologie

Niveau liaison : format des trames Ethernet

Réseaux Ethernet – transmission

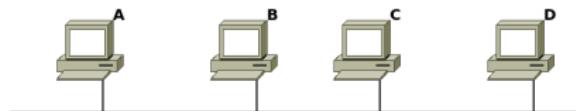
Ethernet commuté

Wi-Fi

Glossaire54

L'Ethernet moderne = l'Ethernet commuté

Ethernet initial en bus (câble coaxial)

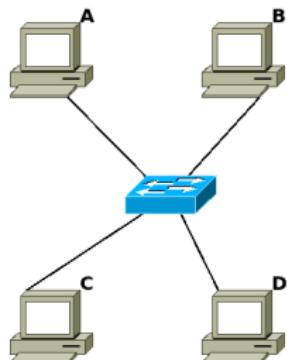


Organisation *physique* : **bus**

Organisation *logique* : **bus**

→ un seul domaine de collisions

Ethernet moderne avec commutateur



Organisation *physique* : **étoile**

Organisation *logique* : **bus** (le switch est transparent pour les stations)

→ domaines de collisions isolés

Table de commutation

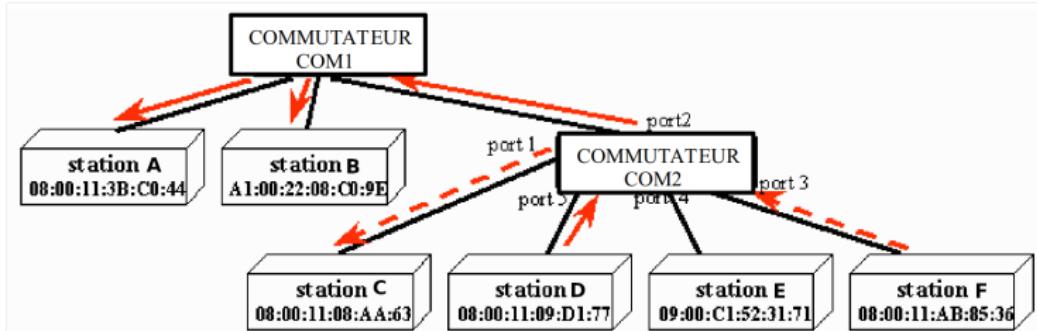


Table de commutation

indique, pour chaque adresse Ethernet (pour chaque CIR connectée au switch), le numéro de port associé.

Algorithme de commutation

Pour chaque trame Ethernet arrivant au switch

@source → mise à jour de la table

@dest → utilise la table pour rediriger la trame vers le bon port.

Si l'@dest n'est pas dans la table (ou si c'est l'@diffusion), la trame est envoyée vers tous les ports, sauf le port d'arrivée de la trame.

Exemple de table de commutation

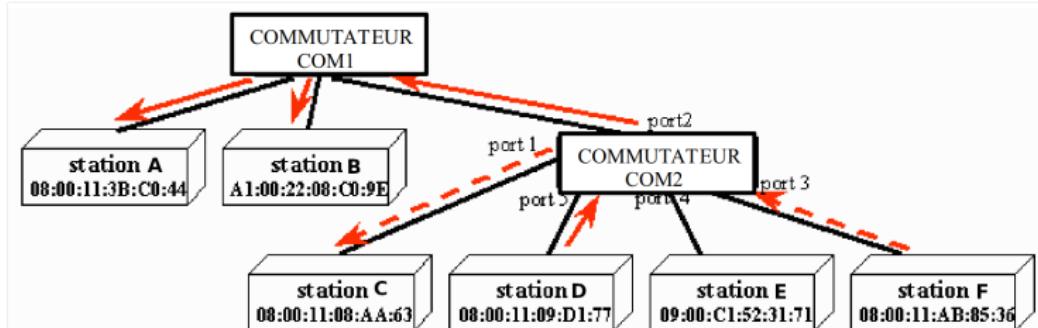


Table de COM2

Adresse destination	Port associé
08:00:11:08:AA:63	1
08:00:11:AB:85:36	3
08:00:11:3B:C0:44	2
09:00:C1:52:31:71	4
A1:00:22:08:C0:9E	2
08:00:11:09:D1:77	5

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Wi-Fi

Technologies sans fil

Principes de la transmission Wi-Fi

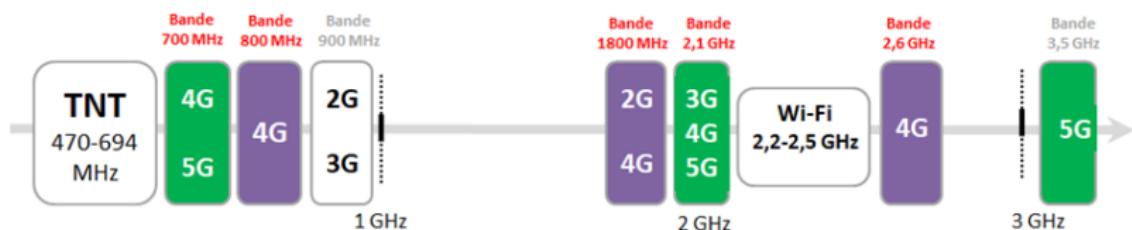
Transmission et accès au support

Glossaire 54

Technologies sans fil

La transmission sans fil utilise comme support des ondes électromagnétiques modulées. On différencie les réseaux sans fil par :

- ▶ Leur type : Internet, téléphonique cellulaire.
- ▶ Leur distance de transmission : très courte (BlueTooth), local (Wi-Fi), réseau d'accès (WiMax, LTE), téléphonie mobile (2G à 5G), lien grande distance (liaisons hertziennes).
- ▶ Les données transportées : données et/ou voix.



Bandes de fréquences telles de décrites par l'Agence Nationale des FRéquences (ANFR)

Les normes Wi-Fi

- ▶ Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) : label de certification défini sur des tests d'interopérabilité pour les équipements 802.11.
- ▶ Organisation : *Wi-Fi Alliance* (crée par 6 fabricants en 1999 ...aujourd'hui plusieurs centaines d'entreprises).

Génération	Année	Débit	Bandes de fréquences
802.11 – WIFI 0	1997	1 à 2 Mb/s	5 Ghz
802.11b – WIFI 1	1999	1 à 11 Mb/s	2,4 Ghz
802.11a – WIFI 2	1999	6 à 54 Mb/s	5 Ghz
802.11g – WIFI 3	2003	6 à 54 Mb/s	2,4 Ghz
802.11n – WIFI 4	2008	72 à 600 Mb/s	2,4 et 5 Ghz
802.11ac – WIFI 5	2014	400 à 7000 Mb/s	5 Ghz
802.11ax – WIFI 6	2019	600 to 10000 Mb/s	2,4 et 5 Ghz

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Wi-Fi

Technologies sans fil

Principes de la transmission Wi-Fi

Transmission et accès au support

Glossaire 54

Principes de la transmission Wi-Fi

Principe :

- ▶ transmission d'une onde électromagnétique
- ▶ de haute fréquence (2 à 5 Ghz)
- ▶ à courte/moyenne portée (10 à 100 mètres)
- ▶ à faible puissance (30 mW)

Propriétés

- ▶ Affaiblissement du signal très important avec la distance.
- ▶ Taux d'erreur plus important qu'en transmission filaire.
- ▶ Pas de diffusion fiable.

Modes de fonctionnement d'un réseau Wi-Fi

Nécessite :

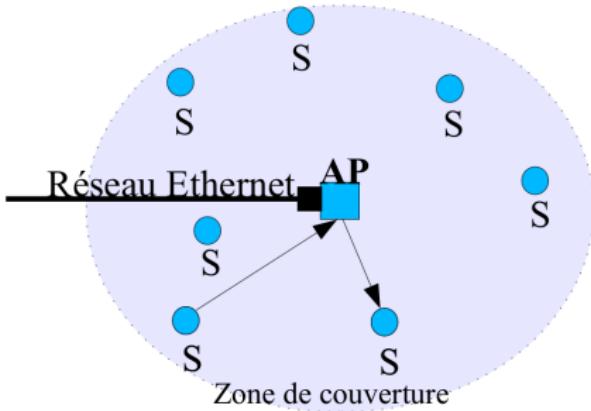
- ▶ Des stations avec des CIR à la norme 802.11 permettant de se connecter à un réseau sans fil.
- ▶ Des **points d'accès** (Access Point (AP)) ou bornes sans fil (ou encore *hotspot*) permettant de connecter des stations ayant des CIR wifi au réseau filaire.

Il existe deux modes principaux de fonctionnement

- ▶ **Infrastructure** : toutes les communications passent par des APs
- ▶ **ad-hoc** : communication directe entre machines (sans AP)

WLAN, Wifi et couverture

- ▶ Zone de couverture autour d'un point d'accès : espace accessible depuis/vers le point d'accès.
- ▶ Possibilité d'utiliser des répéteurs pour étendre la couverture.



Toutes les transmissions passent par le point d'accès et forment ainsi un réseau local sans fil ou **Wireless Local Area Network (WLAN)**

L'AP est identifié via :

- ▶ Basic Service Set IDentifier (BSSID) : @MAC du point d'accès AP.
- ▶ Extended Service Set IDentifier (ESSID) (ou SSID) : nom du réseau sous la forme d'une chaîne d'au plus 32 octets (p.ex. 'wifi-campus')

Association d'une station à un AP

Pour qu'une station intègre le WLAN et puisse communiquer avec les autres machines du réseau, celle-ci passera par les étapes suivantes :

- ① La station entrant dans le réseau émet une trame **probe request** avec le ESSID avec lequel elle est configurée.
- ② Lorsqu'un AP reçoit une telle requête, il compare le ESSID reçu avec le sien. Si concordance, il répond avec des infos (charge du AP, débit offert...).
- ③ La station peut alors choisir de s'associer avec l'AP lui offrant le meilleur débit (si plusieurs disponibles).

Remarque : chaque AP émet régulièrement (0,1 s) une trame balise (beacon) avec son BSSID et son ESSID (+ info de débit).

Sommaire

Introduction aux réseaux informatiques

Réseaux locaux Ethernet

Wi-Fi

Technologies sans fil

Principes de la transmission Wi-Fi

Transmission et accès au support

Glossaire54

Accès au support

Partage du support (appelé canal) par compétition :

- ① Écoute avant d'émettre, émission si le canal est libre.
- ② Si deux stations détectent en même temps que le canal est libre, deux trames seront émises et il y aura collision de signal.

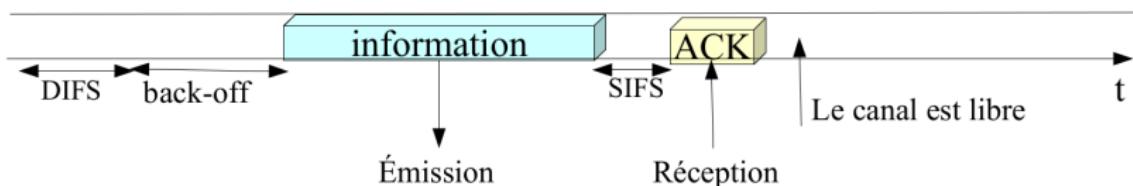
Filaire \neq du wifi → pas possible de détecter les collisions sur le support.
Le récepteur envoie donc un **acquittement** pour chaque trame reçue.

Un protocole d'évitement de collision Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) est utilisé : CSMA/CA \neq CSMA/CD.

- ▶ envoi d'acquittements de trame.
- ▶ Attente de durée aléatoire appelée « back-off » avant toute tentative d'émission.
- ▶ Pré-réservation du canal (optionnelle) : trames spécifiques RTS/CTS.

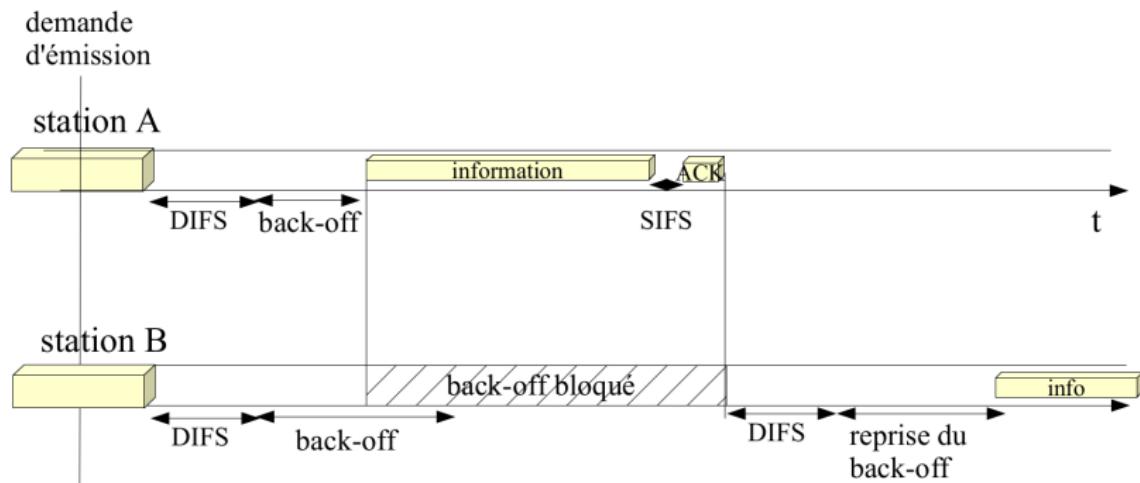
Étapes de l'émission d'une trame

- ① Écoute jusqu'à ce que le canal soit libre.
- ② Attente DIFS (délai fixe) et back-off (délai aléatoire).
- ③ Émission de la trame d'information (ou de gestion).
- ④ À la fin du dernier bit émis, attente d'un délai SIFS (plus court que DIFS).
- ⑤ Réception de l'acquittement au bout du délai SIFS : si l'acquittement n'arrive pas, la station détecte qu'il y a eu collision.



Cas de multiples demandes d'émission

Hypothèse : A et B veulent émettre en même temps, le back-off de A est d'une durée plus courte que B



Glossaire |

ANFR Agence Nationale des FRéquences. 43
AP Access Point. 47

BSSID Basic Service Set IDentifier. 48

CIR Carte Interface Réseau. 28, 31

CPL Courant Porteur en Ligne. 20

CSMA/CA Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance. 51

CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. 35

De Débit d'émission. 7, 25

DSLAM Digital Subscriber Line Access Multiplexer. 5, 7

Du Débit utile. 16

ESSID Extended Service Set IDentifier. 48

FCS Frame Check Sequence. 32

HWAddr HardWare Address. 32

LAN Local Area Network. 19

LLC Logical Link Control. 24

MAC Media Access Control. 24, 31, 32

NIC Network Interface Card. 28

OSI Open Systems Interconnection. 13

QoS Quality of Service. 7

T_p Temps de propagation. 7

WAN Wide Area Network. 19

WLAN Wireless Local Area Network. 48

Références |



Roy, D., Nourry, P. et France, O. (2020).

Sécurité du réseau fixe d'un opérateur : focus sur les dénis de service.

Dans *Symposium sur la sécurité des technologies de l'information et des communications*, Rennes.