

Panorama des Protocoles Internet

Marion Gilson



Panorama des protocoles internet

I. Modèle TCP/IP – principe de l'encapsulation

II. Support de la transmission (couche physique)

III. Codage et transmission

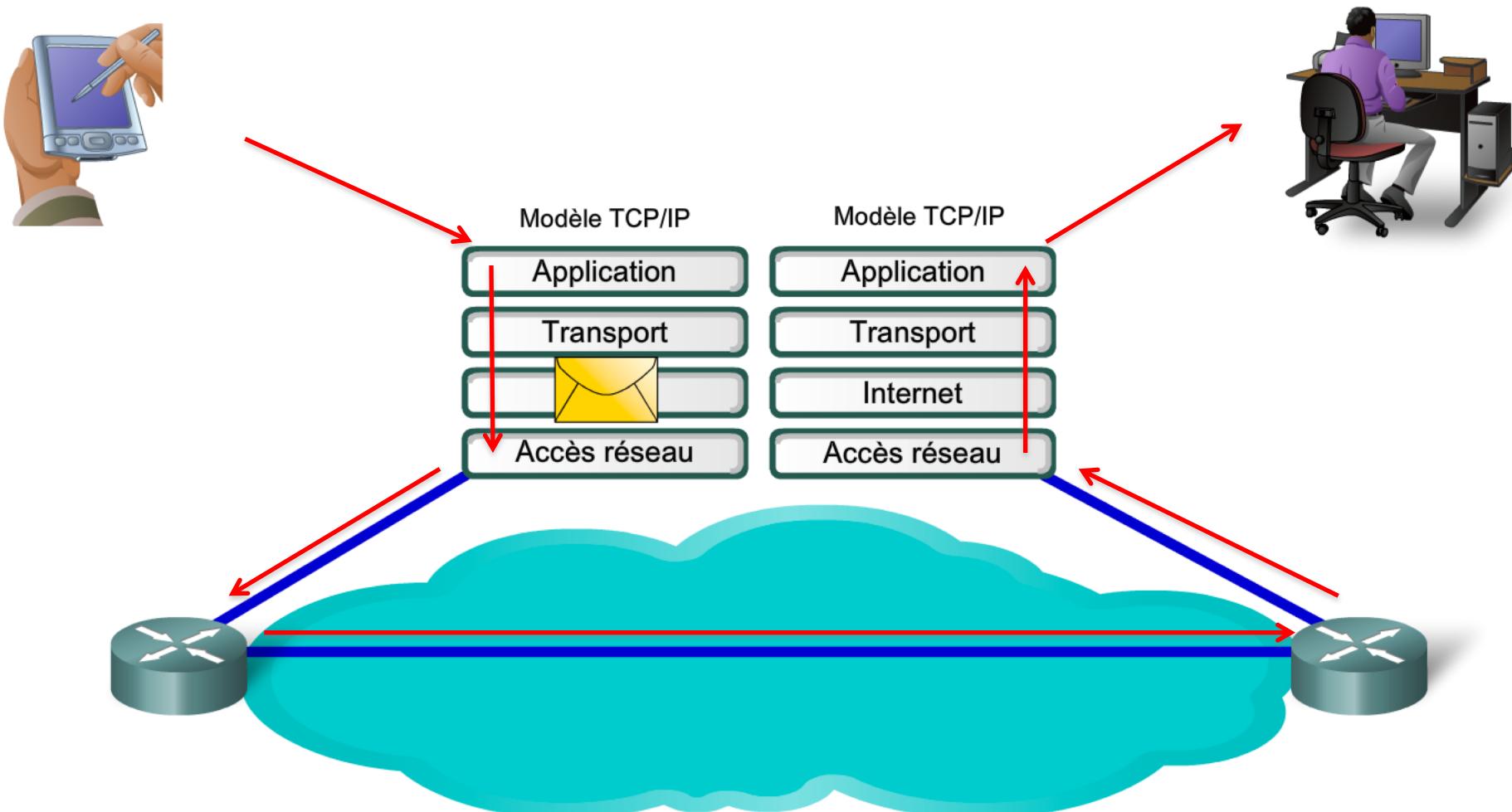
- a. Transmission en bande de base
- b. Modem et multiplexage
- c. Numérisation

IV. Couche 2 : Liaison de données

- a. LLC et MAC
- b. Ethernet : fonctionnement et adressage
- c. Commutateurs (switchs)

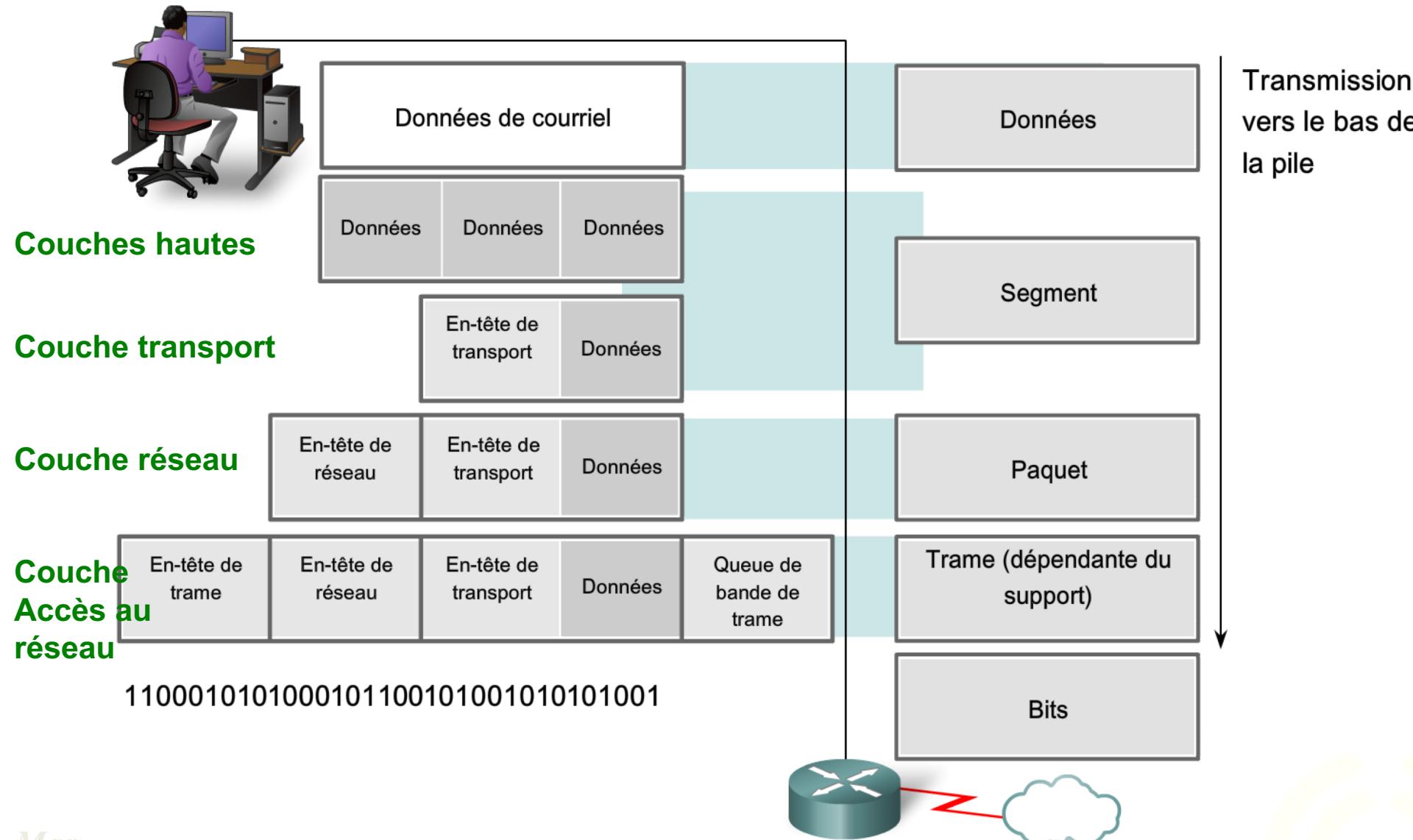
L'encapsulation

De l'envoi d'un message à sa réception, au travers du réseau : passage à travers les différentes couches du modèles TCP/IP (communication d'égal à égal)



L'encapsulation

Encapsulation



Panorama des protocoles internet

I. Modèle TCP/IP – principe de l'encapsulation

II. Couche 1 physique : support de la transmission

III. Codage et transmission

- a. Transmission en bande de base
- b. Modem et multiplexage
- c. Numérisation

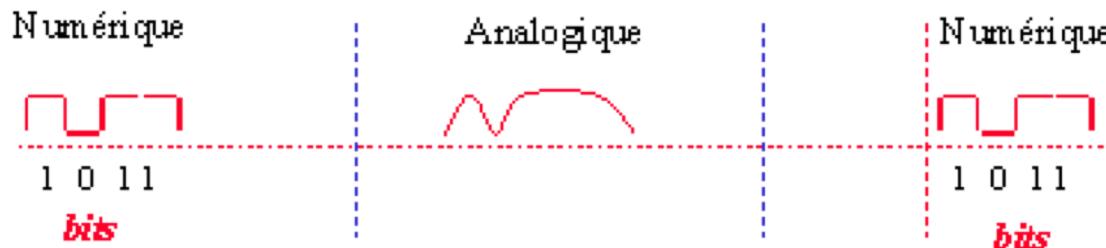
IV. Couche 2 : Ethernet

Pour commencer :

[Video introductory sur Internet](#)

Support de la transmission

Nature de l'information transportée



Propagation des ondes :

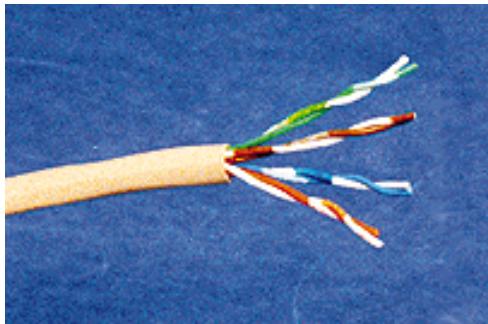
- **Électriques** : paires métalliques, coaxial
- **Électromagnétique** : milieu aérien
- **Lumineuse** : milieu aérien, fibre optique

Support de la transmission

Câbles métalliques :

➤ La paire torsadée

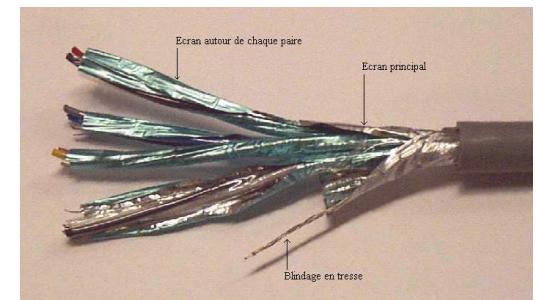
- Support le plus **simple**, le **moins cher**
- fils de cuivre ou d'aluminium **isolés** les uns des autres par du plastique et enfermés dans un câble
- Chaque paire est torsadée sur elle même, ceci afin d'éviter les phénomènes de **diaphonie** (interférence entre conducteurs).



Câble non blindé
(unshielded twisted pair)



Câble blindé
(shielded twisted pair)



Câble écranté
(foiled twisted pair)

Support de la transmission

Câbles métalliques :

➤ le câble coaxial

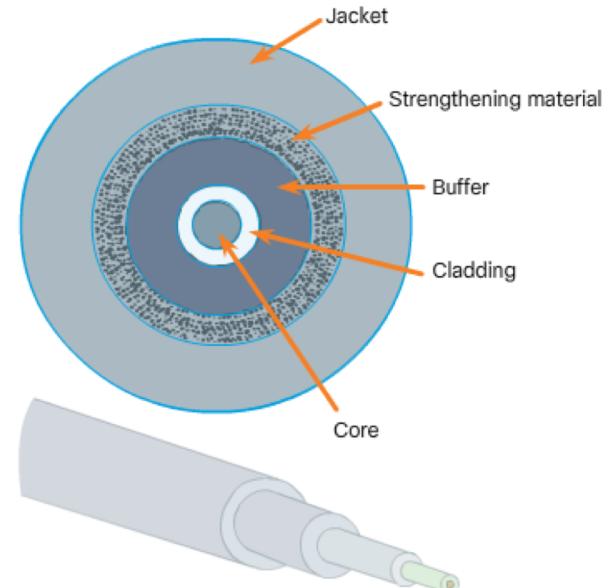
- composé de deux **conducteurs** cylindriques de même axe, séparé par un **isolant**
- **isolation** de la transmission face aux bruits extérieurs
- utilisation dans le cadre de **réseaux locaux** et de signaux **analogiques** (radio, TV)



Support de la transmission

Fibre optique :

- principe : celui de la propagation de la lumière dans un milieu protégé
- Insensibilité aux perturbations électromagnétiques, minimum d'atténuation
- Grande sécurité, excellent débit
- Mise en œuvre délicate (matériau rigide)
- Coût élevé (15 €/mètre)
- Utilisation : liaison point à point grande distance ou/et haut débit (WAN, câblage sous-marin ...)



Support de la transmission

Ondes :

- Différents types de media : wi-fi, bluetooth, WiMax

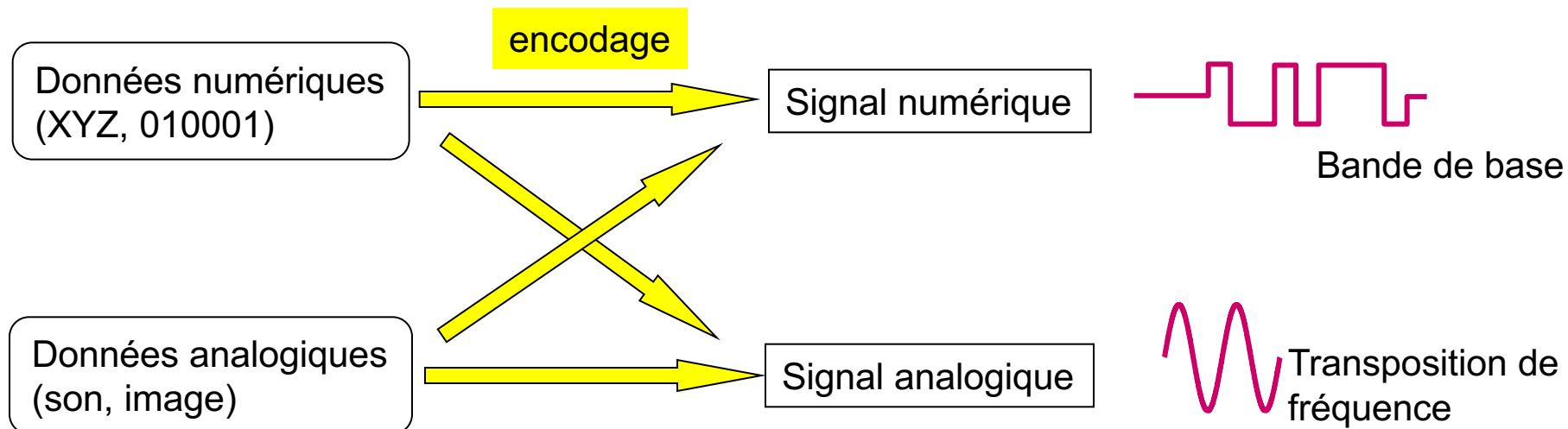


Support de la transmission

Nature de l'information transportée (suite) :

➤ 4 combinaisons possibles entre les différents types d'information et les modes de transmission

- ❖ Information **Analogique** - transmission **Analogique** (voix sur RTCP)
- ❖ Information **Analogique** - transmission **Numérique** (voix sur numeris)
- ❖ Information **Numérique** - transmission **Analogique** (ordinateur via RTC avec modem)
- ❖ Information **Numérique** - transmission **Numérique** (ordinateur sur LAN)



Transmission en bande de base

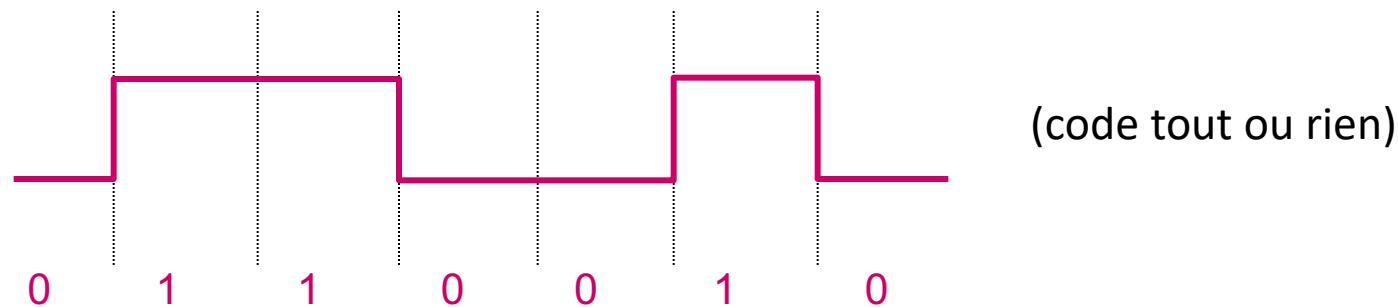
Objectif : transmission **numérique** d'un signal **numérique**

Problème : comment coder puis envoyer un signal afin qu'il soit reconnu comme un 1 ou un 0 ?

Technique de la bande de base (transmission numérique, signal numérique) :

Émission d'un courant reflétant les bits du caractère sous forme de créneaux

- courant nul = bit à 0
- courant positif = bit à 1



- **difficulté** : faire passer un courant continu entre 2 stations + courant nul

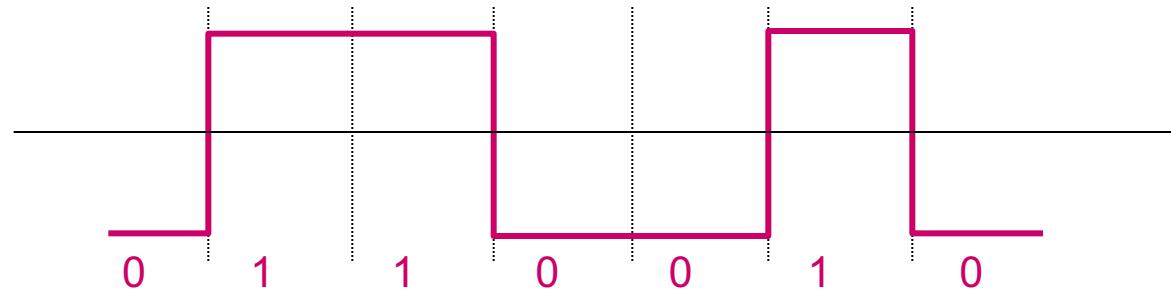


Développement d'autres techniques

Transmission en bande de base

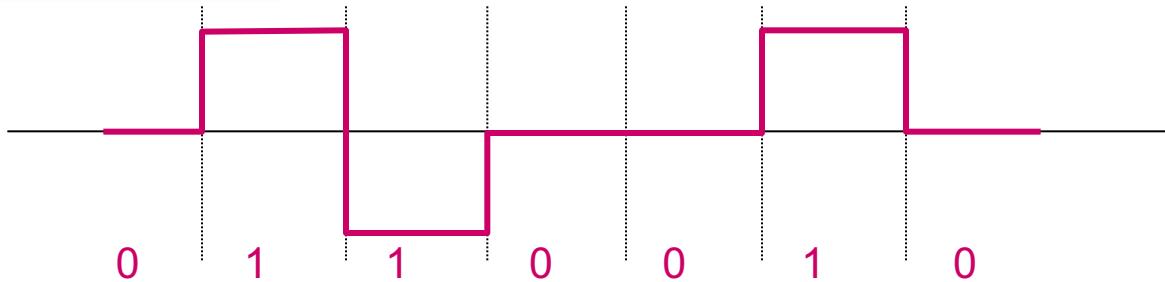
Objectif : transmission **numérique** d'un signal **numérique**

Code NRZ (Non Return To Zero) :



- Le signal ne revient **jamais à 0**
- Même problème que la bande de base

Code bipolaire :

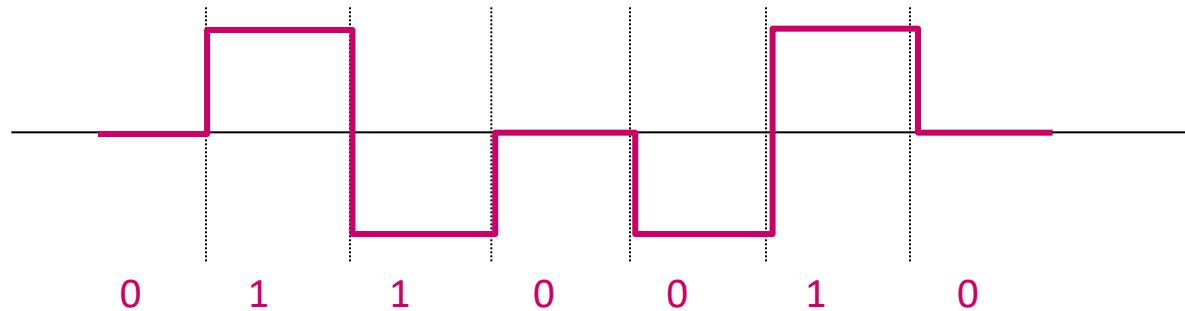


- détermination du **bit 1** par un courant >0 ou <0 à tour de rôle
- évite les courants continus

Transmission en bande de base

Objectif : transmission **numérique** d'un signal **numérique**

Code bipolaire haute densité :

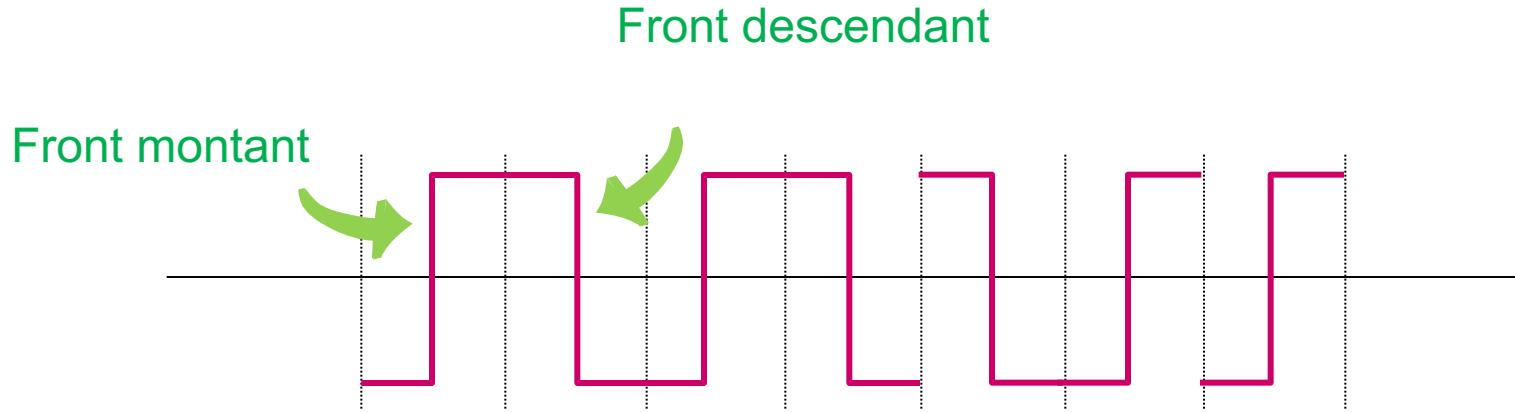


- évite de laisser un courant nul pendant une suite de 0
- codage du 0 par une "suite de remplissage"
- codage du nouveau 1 par une apparition d'un courant >0 ou <0 différent de la suite de remplissage (plus haut)

Transmission en bande de base

Objectif : transmission **numérique** d'un signal **numérique**

Codage Manchester :



- 0 = transition de **bas en haut**, au milieu de l'intervalle
1 = transition de **haut en bas**, au milieu de l'intervalle
- Codage adopté dans les **réseaux ethernet**
- Détermination aisée des **collisions** (car pas de superposition des créneaux montants ou descendants)

Transmission en bande de base

Objectif : transmission **numérique** d'un signal **numérique**

Principal problème de la transmission en bande de base :



Dégradation très rapide des signaux en fonction de la distance parcourue

- Atténuation et déformation des signaux transmis



Interprétation impossible par le récepteur

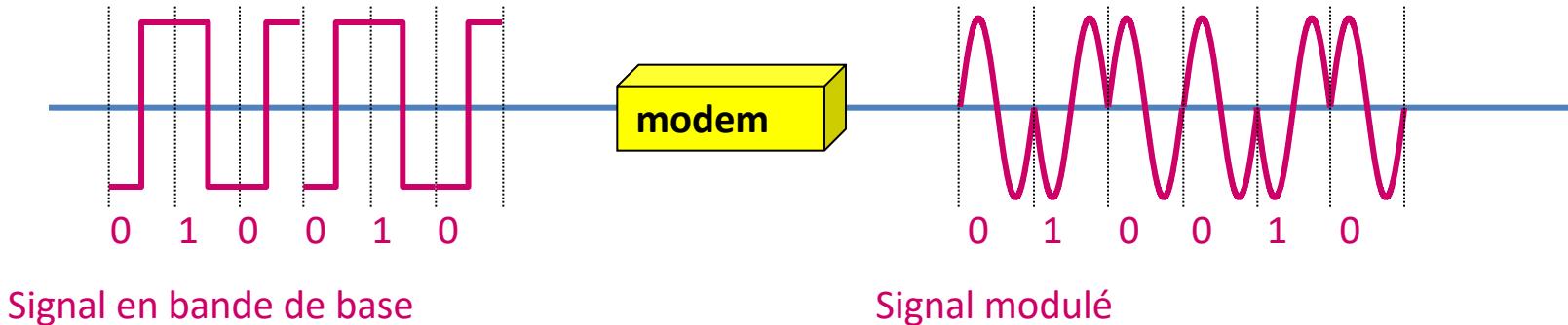


- Utilisation de cette méthode de transmission uniquement sur de très courtes distances (LAN)
- Utilisation d'un signal sinusoïdal pour les plus grandes distances (décodage simplifié pour le récepteur même en cas de signal affaibli)

La modulation

Objectif : transmission **analogique** d'un signal **numérique** par un **modem**

Utilisation d'un **modem** pour moduler le signal sous forme sinusoïdale



Signal en bande de base

Signal modulé

- Réception du signal en bande de base
- Attribution d'une forme **analogique** particulière (modulation du signal)



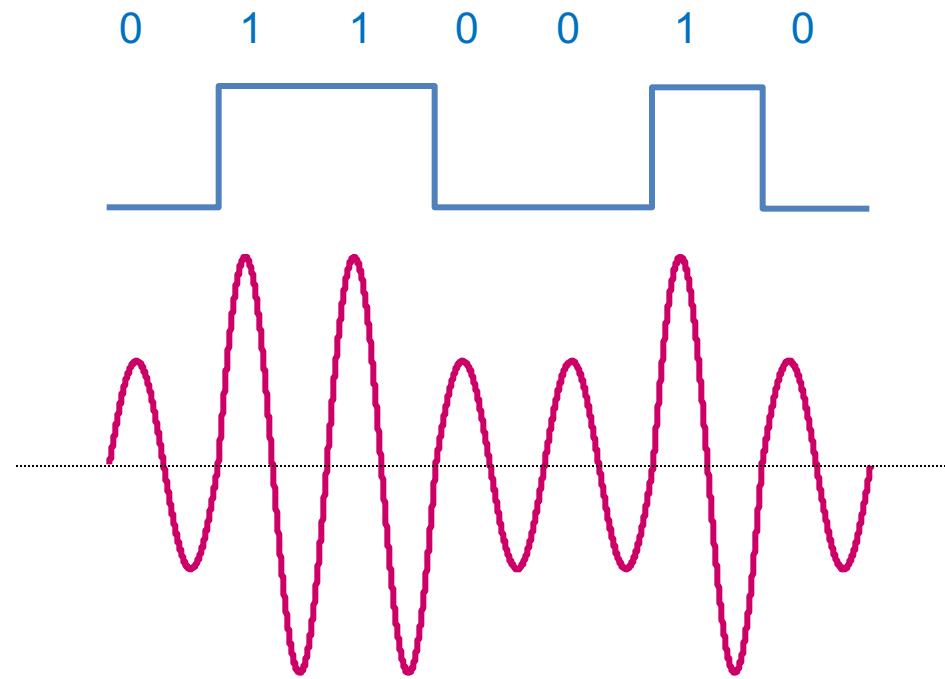
- protection contre les dégradations occasionnées par la distance, par la disparition des fronts montants et descendants
- utilisation d'un modem pour avoir un **taux d'erreur acceptable**

- fonctionnalité additionnelle : compression de données

La modulation

Objectif : transmission **analogique** d'un signal **numérique** par un modem

La modulation d'amplitude

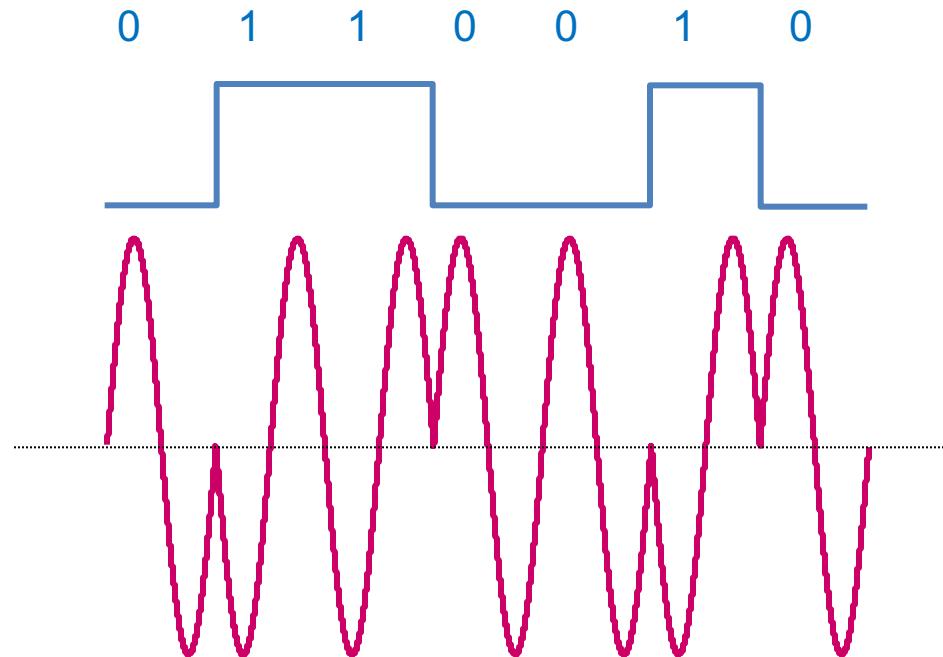


- Distinction entre 0 et 1 par une différence d'amplitude du signal

La modulation

Objectif : transmission **analogique** d'un signal **numérique** par un modem

La modulation de phase

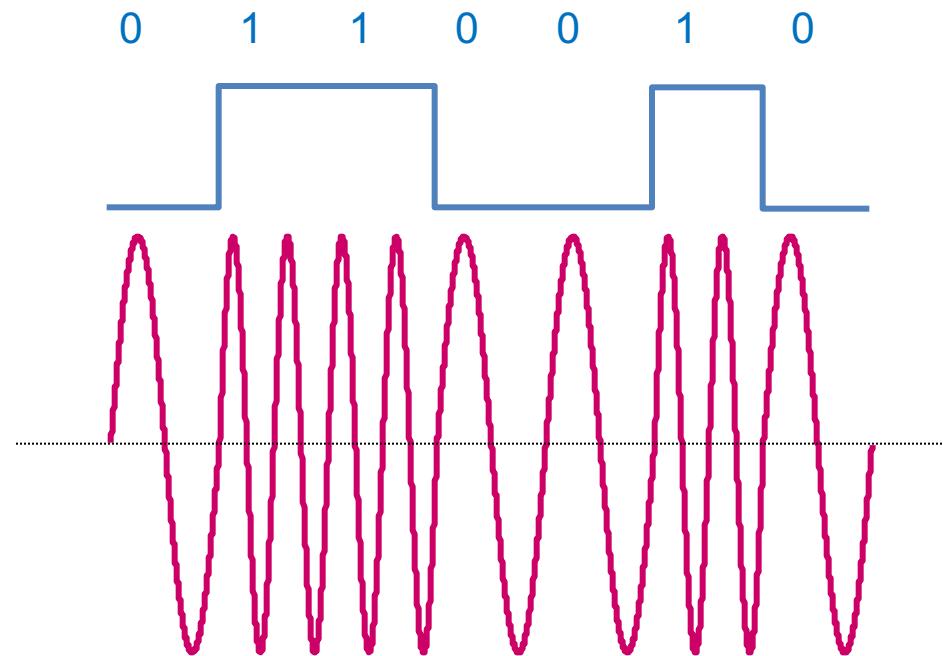


- Distinction entre 0 et 1 par un signal commençant à des **phases** différentes de la sinusoïde :
 - Valeur 0 : phase = 0
 - Valeur 1 : phase = 180°

La modulation

Objectif : transmission **analogique** d'un signal **numérique** par un modem

La modulation de fréquence

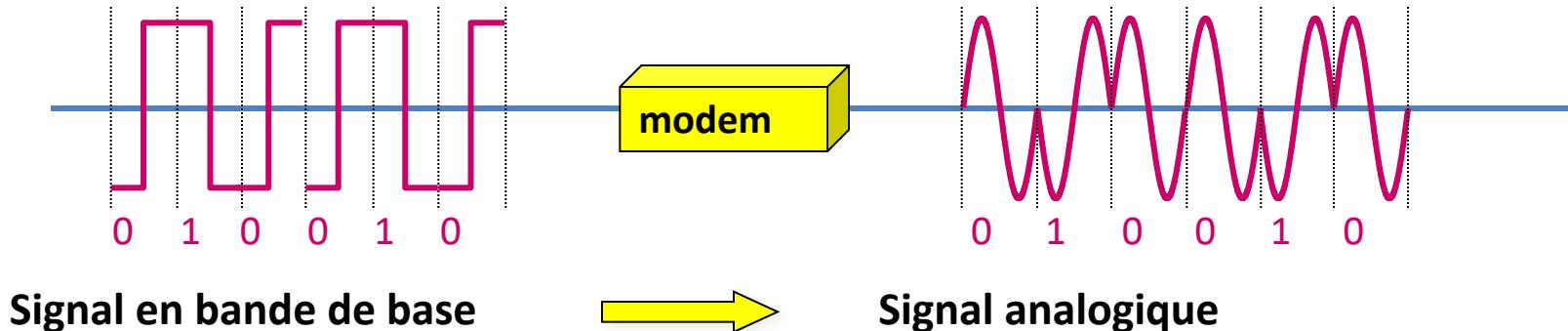


- changement de la fréquence d'envoi des signaux pour coder 0 ou 1 (par exemple, multiplication par deux de la fréquence du signal pour passer de 0 à 1)

La modulation

Objectif : transmission **analogique** d'un signal **numérique** par un modem

Les modems (résumé)



- indique une valeur numérique
- forme sinusoïdale



Fonctionnalité additionnelle : **compression de données**

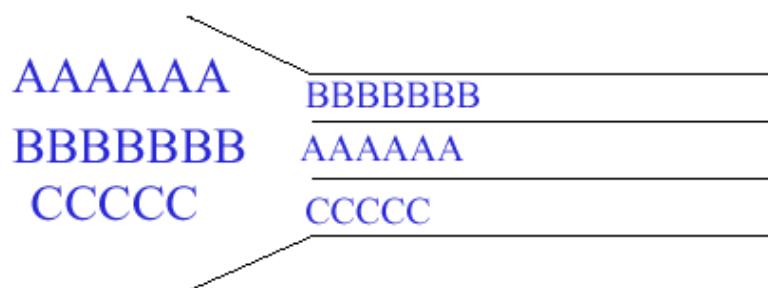
- Transmission plus rapide sans augmentation de la vitesse
- Protocole MNP (Microcom Networking Protocol) = compression de données et correction d'erreur

Le multiplexage

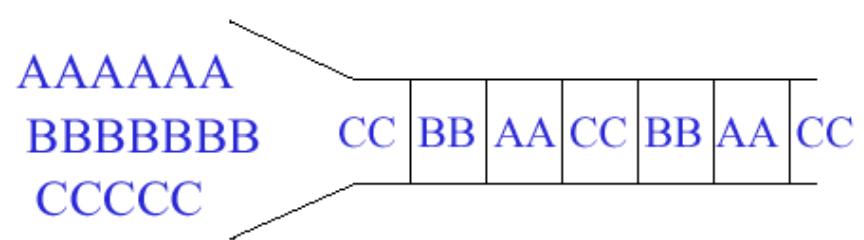
Objectif du multiplexage : faire transiter en même temps les données de **plusieurs clients** sur une même ligne de communication afin d'optimiser l'usage des canaux

3 techniques co-existent :

Multiplexage en fréquence :
Inefficace, forte perte de bande passante



Multiplexage temporel :
Mieux mais pertes tout de même

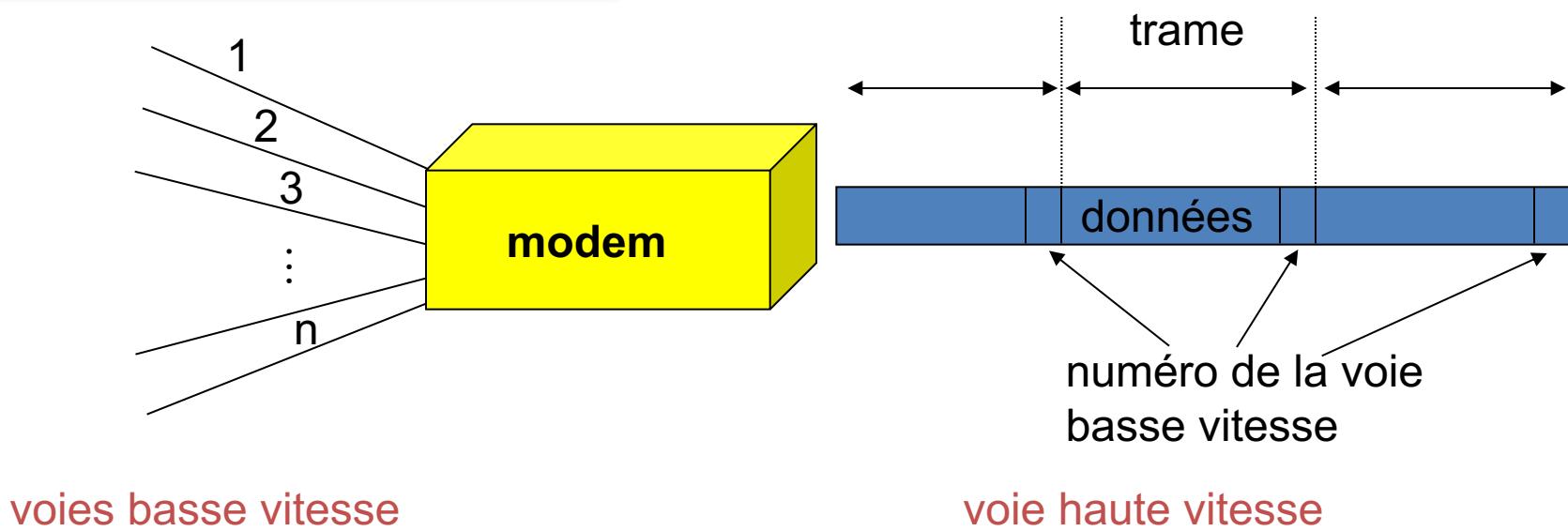


Le multiplexage

Objectif du multiplexage : faire transiter en même temps les données de **plusieurs clients** sur une même ligne de communication afin d'optimiser l'usage des canaux

3 techniques co-existent :

Multiplexage temporel statistique :
meilleure solution



Exemple : concentrateur

La numérisation

En quelques mots :

Aujourd'hui : transport de l'information presque toujours en numérique

- téléphone, TV numérique, web ...
- principe : transformation au préalable des signaux analogiques en une suite d'éléments binaires
- Demande en bande passante plus faible qu'en analogique

3 opérations nécessaires à la numérisation :

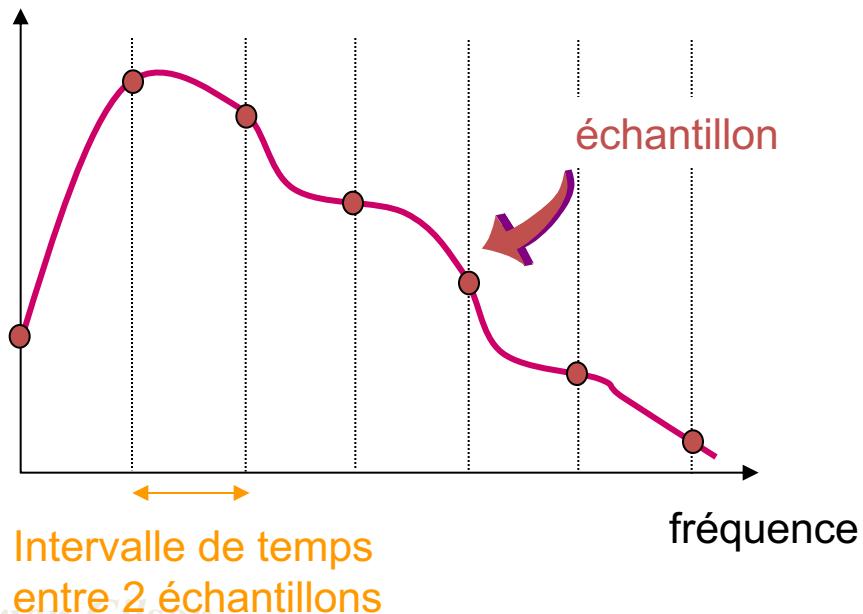
1. l'échantillonnage
2. la quantification
3. le codage

La numérisation

Phase 1 : l'échantillonnage

Principe :

- Choix de points, ou échantillons du signal analogique
- Liaison de ces échantillons les uns aux autres et envoi au récepteur afin d'obtenir une approximation du signal analogique
- Plus la bande passante est grande, plus le nombre d'échantillons est important



Th. De Shannon :

$f_{\text{ech}} > 2 f_{\max}$ au moins

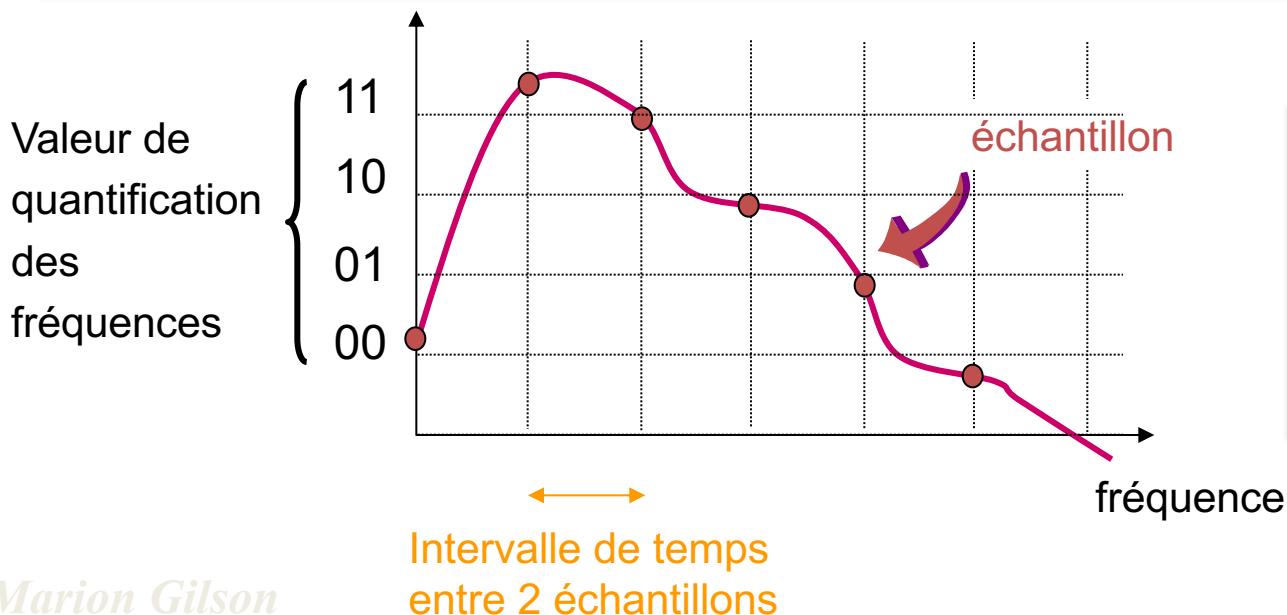
Pour une reconstitution du signal à partir des échantillons

La numérisation

Phase 2 : la quantification

Principe :

- Représentation d'un échantillon par une valeur numérique au moyen d'une loi de correspondance
- Loi la plus simple : diviser l'ordonnée en segments égaux
- Le nombre de segments dépend du nombre de bits choisis pour la numérisation
 - 8 bits \Rightarrow 2^8 segments \Rightarrow division de la bande passante en 256 segments



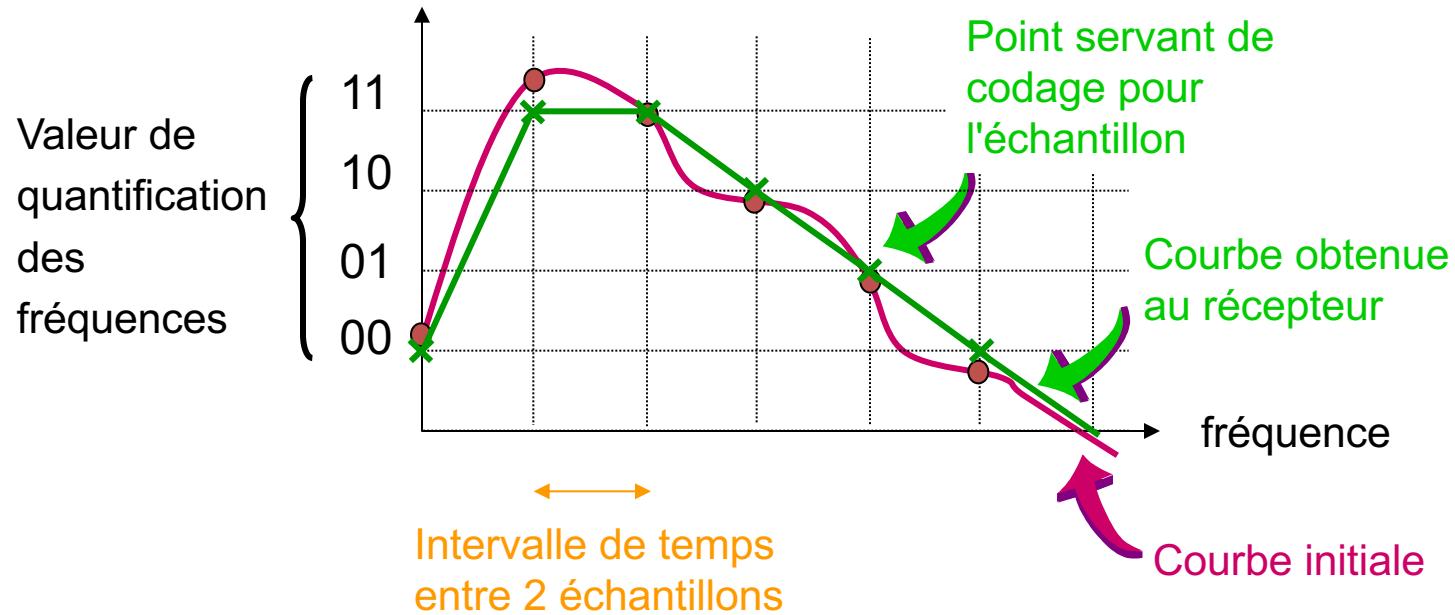
choix de la valeur de l'échantillon
=
sélectionner la valeur la plus proche

La numérisation

Phase 3 : le codage

Principe :

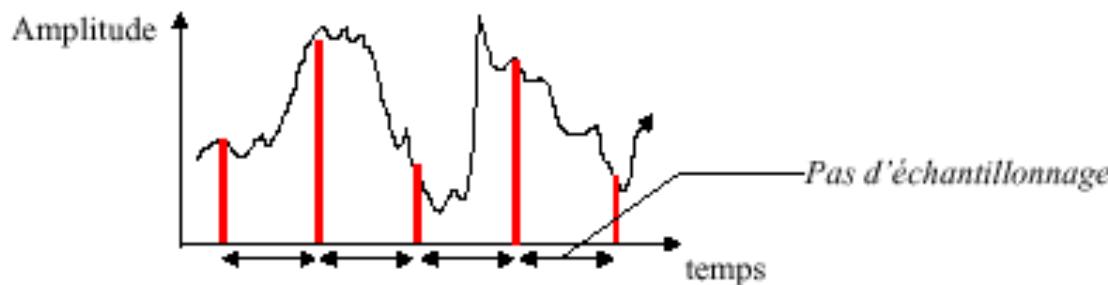
- Affecter une valeur numérique aux échantillons issus de la 1^{ère} phase
- Transport de ces valeurs dans le signal numérique



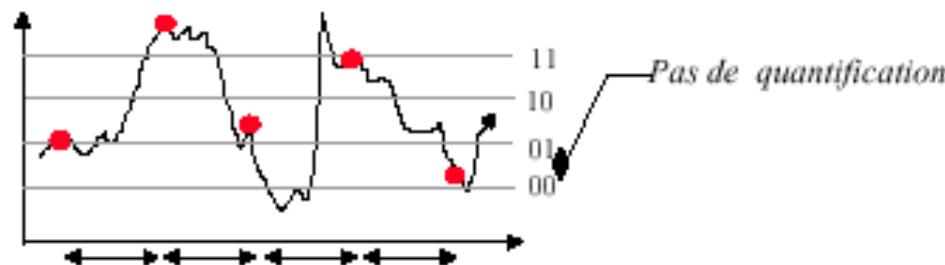
Remarque : pour un codage sur 4 niveaux, les courbes en émission et en réception peuvent être assez éloignées ...

La numérisation

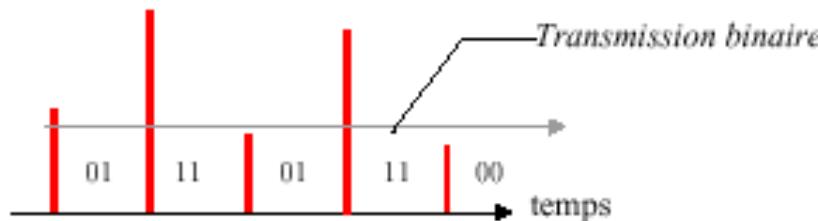
Exemple : numérisation de la voie téléphonique, MIC (modulation par impulsion et codage, Europe)



Échantillonnage

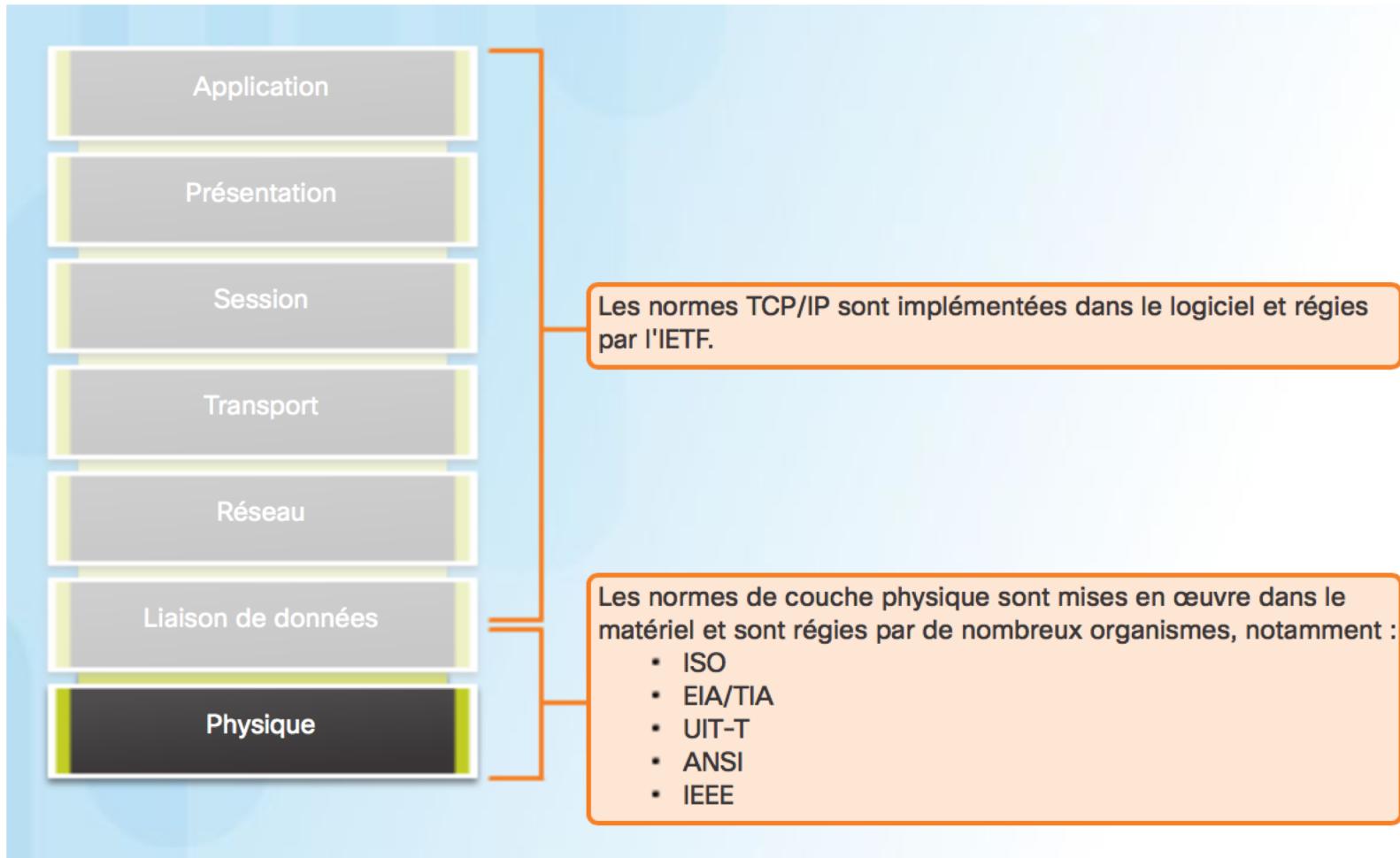


Quantification



Codage

Normes de la couche physique



Panorama des protocoles internet

I. Modèle TCP/IP – principe de l'encapsulation

II. Support de la transmission (couche physique)

III. Codage et transmission

- a. Transmission en bande de base
- b. Modem et multiplexage
- c. Numérisation

IV. Couche 2 : Liaison de données

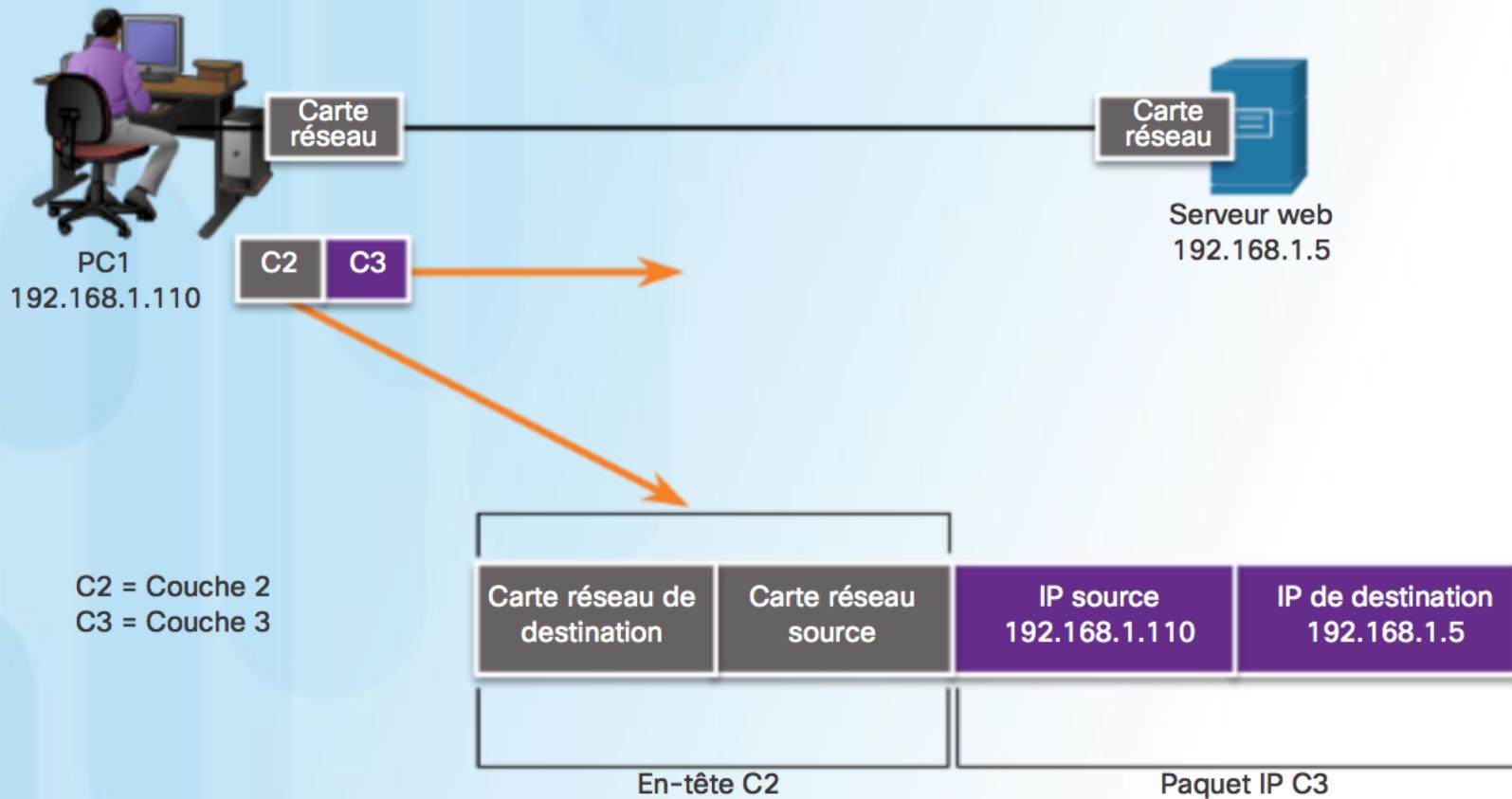
- a. LLC et MAC
- b. Ethernet : fonctionnement et adressage
- c. Commutateurs (switchs)

Couche 2 : liaison de données



Couche 2 : liaison de données

Couche 2 Adresses de liaison de données



C2 = Couche 2
C3 = Couche 3

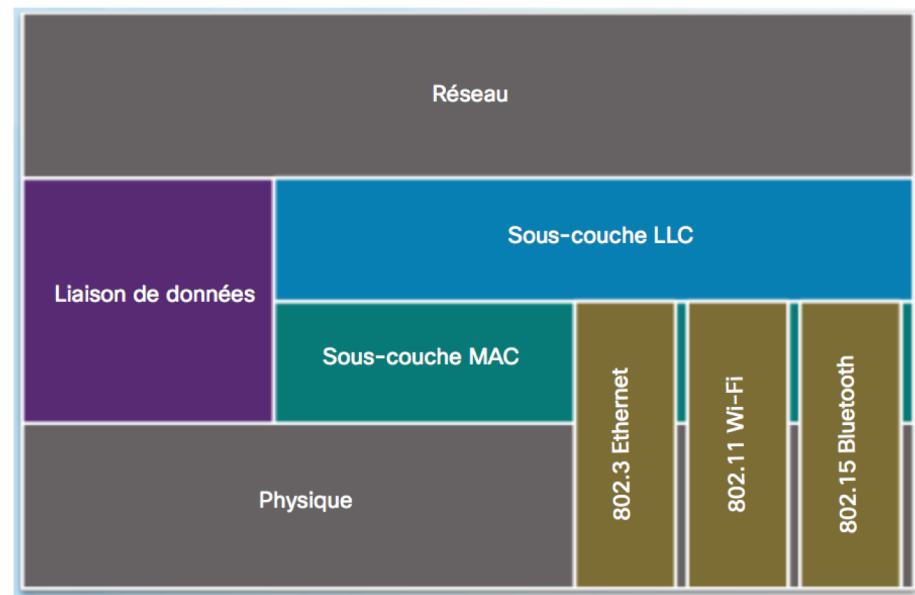
Couche 2 : liaison de données

Couche 2 : séparée en 2 sous couches

LLC : (Logical Link Control) : cette sous-couche supérieure communique avec la couche réseau.

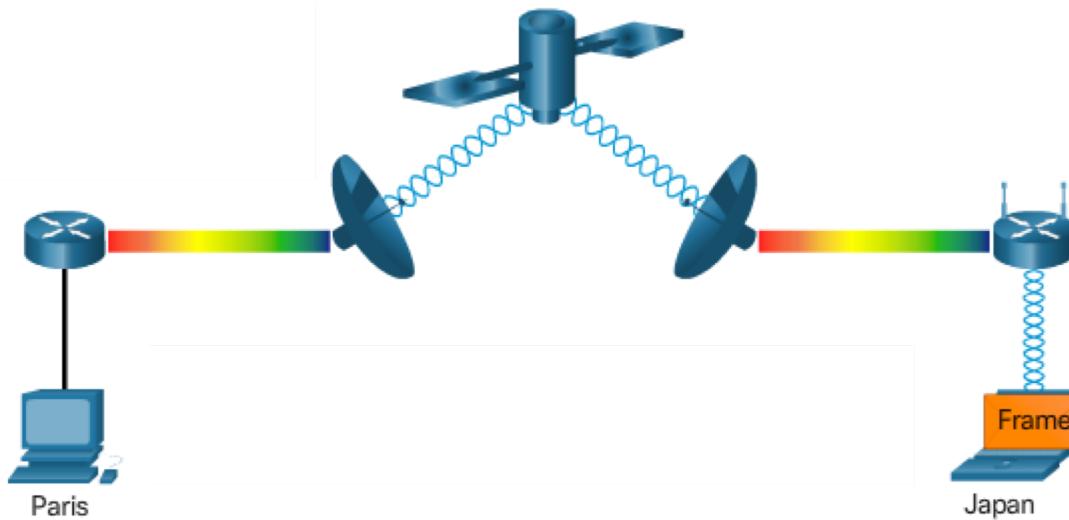
Contrôle d'accès au support (MAC) : cette sous-couche inférieure définit les processus d'accès au support.

Par exemple, la sous-couche MAC communique avec la technologie de réseau local Ethernet pour envoyer et recevoir des trames via des câbles en cuivre ou à fibre optique



Couche 2 : liaison de données

Couche 2 : séparée en 2 sous couches



La couche 2 permet de préparer les données pour pouvoir transiter sur tout type de support



Chaque transition effectuée au niveau d'un routeur peut nécessiter un protocole de couche liaison de données différent en vue du transport sur un nouveau support

Couche 2 : contrôle d'accès au support

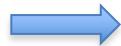
Contrôle d'accès au support

= équivalent des **règles de trafic** régulant d'accès des voitures à une autoroute par exemple : règles suivant le type d'accès à la route

= de même les protocoles de couche 2 servent à fixer les règles d'accès pour le **placement des trames** sur le support



Topologie : manière dont la connexion établie entre les nœuds

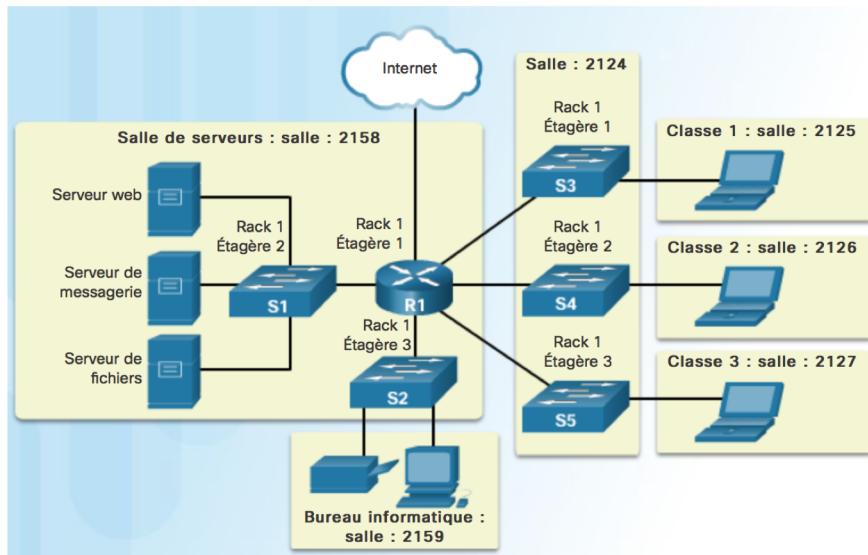


Partage de support : manière dont les nœuds partagent les supports. Le partage de supports peut être de type point à point comme dans les réseaux étendus, ou partagé comme dans les réseaux locaux.

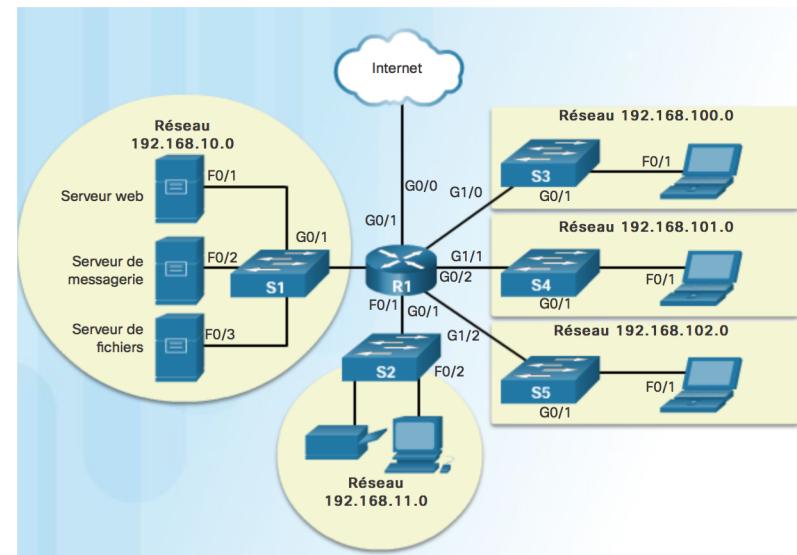
Couche 2 : contrôle d'accès au support

Topologie

Topologie physique



Topologie logique



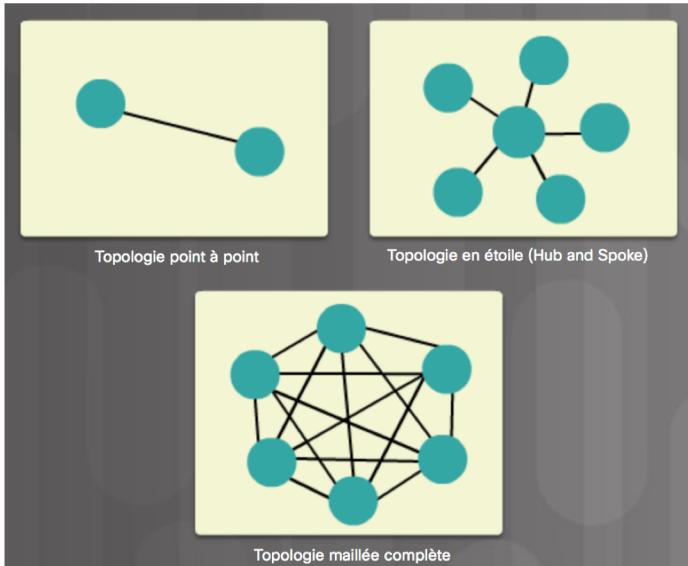
connexions physiques

La manière dont un réseau transfère les trames d'un nœud à l'autre

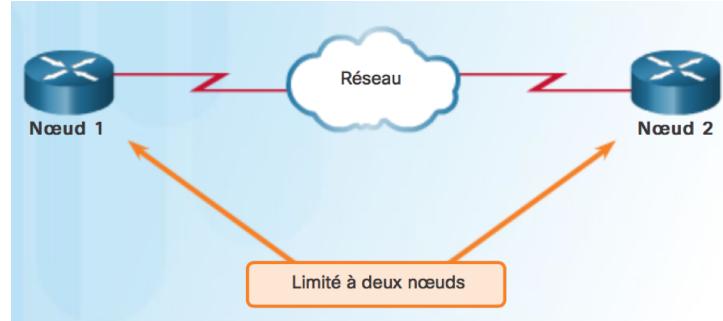
Couche 2 : contrôle d'accès au support

Topologie physique de réseau étendu (WAN) les plus courantes

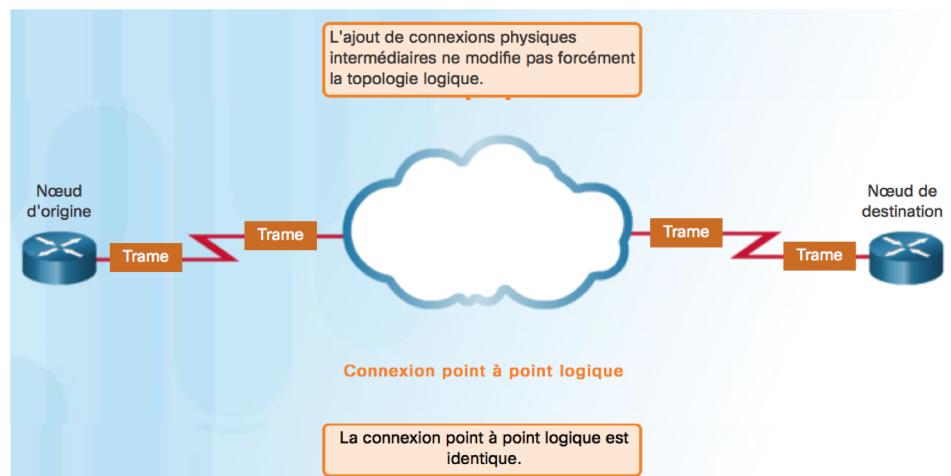
Les classiques



Topologie physique point à point

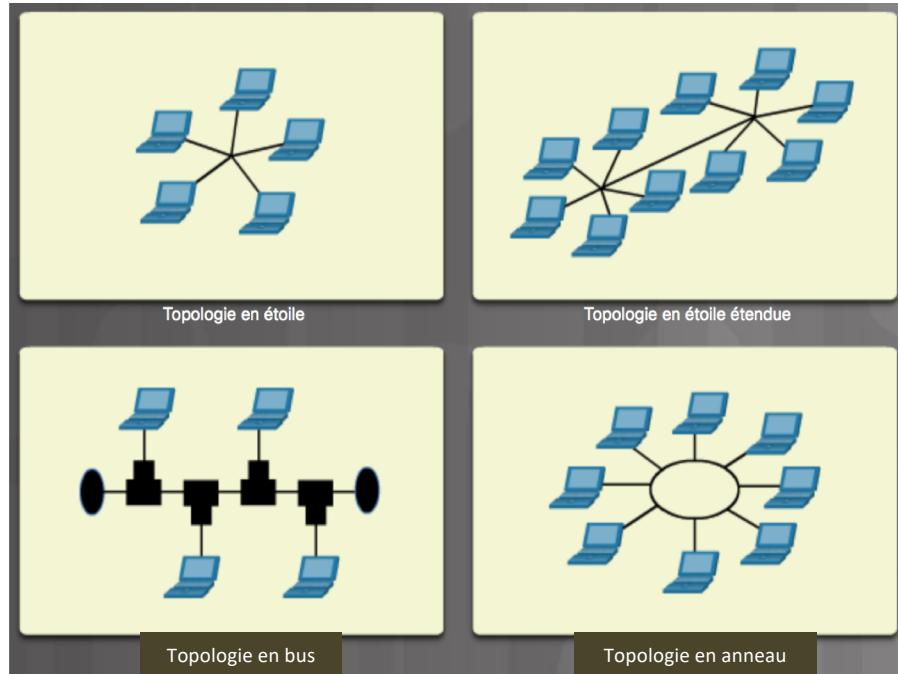


Topologie logique point à point



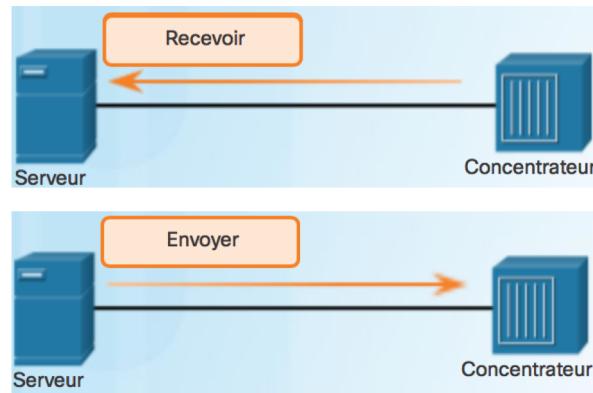
Couche 2 : contrôle d'accès au support

Topologie physique de réseau local (LAN)



Différentes techniques

Mode semi duplex



Mode duplex intégral



les deux périphériques peuvent simultanément transmettre et recevoir des données sur les supports (ex : switch).

Couche 2 : contrôle d'accès au support

Topologie LAN

Méthodes d'accès au support

Partage du canal

Multiplexage synchrone
(statique)

Multiplexage asynchrone
(adaptatif)

Accès aléatoire

Accès contrôlé

Gestion centralisée

Gestion décentralisée

TDMA

CSMA
(éthernet)

Polling

Probing

Token-Ring

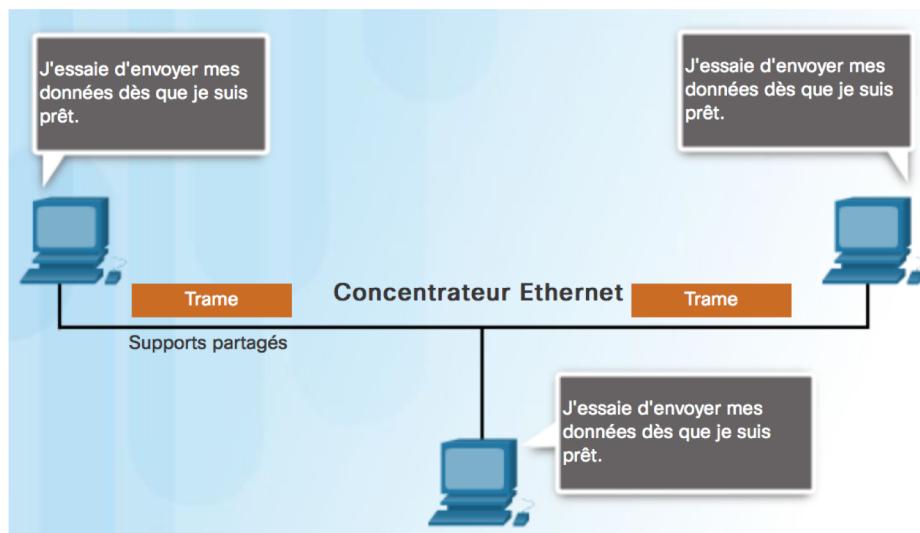
Token-Bus

Couche 2 : contrôle d'accès au support

Topologie LAN

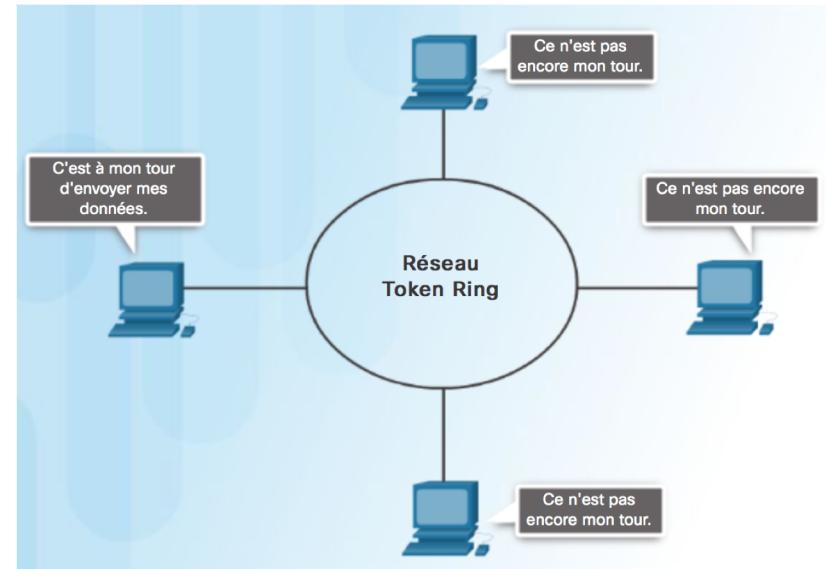
Méthodes d'accès au support (cas du hub)

Accès avec gestion de conflit



tous les nœuds fonctionnant en mode semi-duplex sont en concurrence pour utiliser le support, mais un seul périphérique à la fois peut envoyer des données

Accès contrôlé

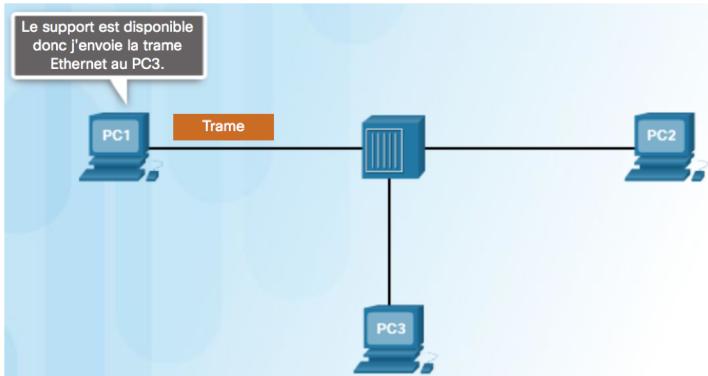
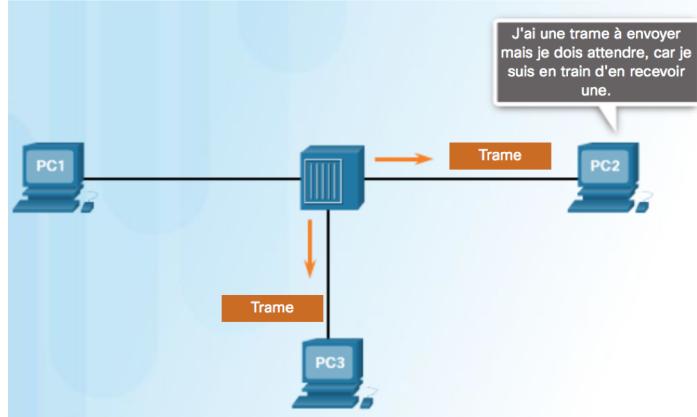


les nœuds utilisent le support à tour de rôle.
Ces types de réseaux déterministes sont **inefficaces** dans la mesure où un périphérique doit attendre son tour pour accéder au support (ex. : Token Ring)

Couche 2 : contrôle d'accès au support

Topologie LAN

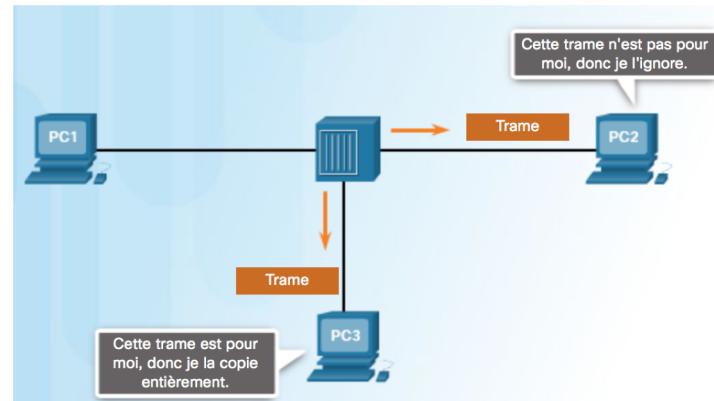
Accès avec gestion des conflits CSMA/CD



Le PC1 doit envoyer une trame au PC3 :

1. Détection
2. Si ok, transmission

Le concentrateur Ethernet reçoit la trame et renvoie sur les différents ports



Tous les périphériques reçoivent la trame, seul le destinataire la conserve (adresse)

Si deux périphériques transmettent **en même temps** :

1. collision : détection de la collision sur le réseau (**CD**).
2. les données sont corrompues et doivent être envoyées de nouveau.

Couche 2 : contrôle d'accès au support

Topologie LAN

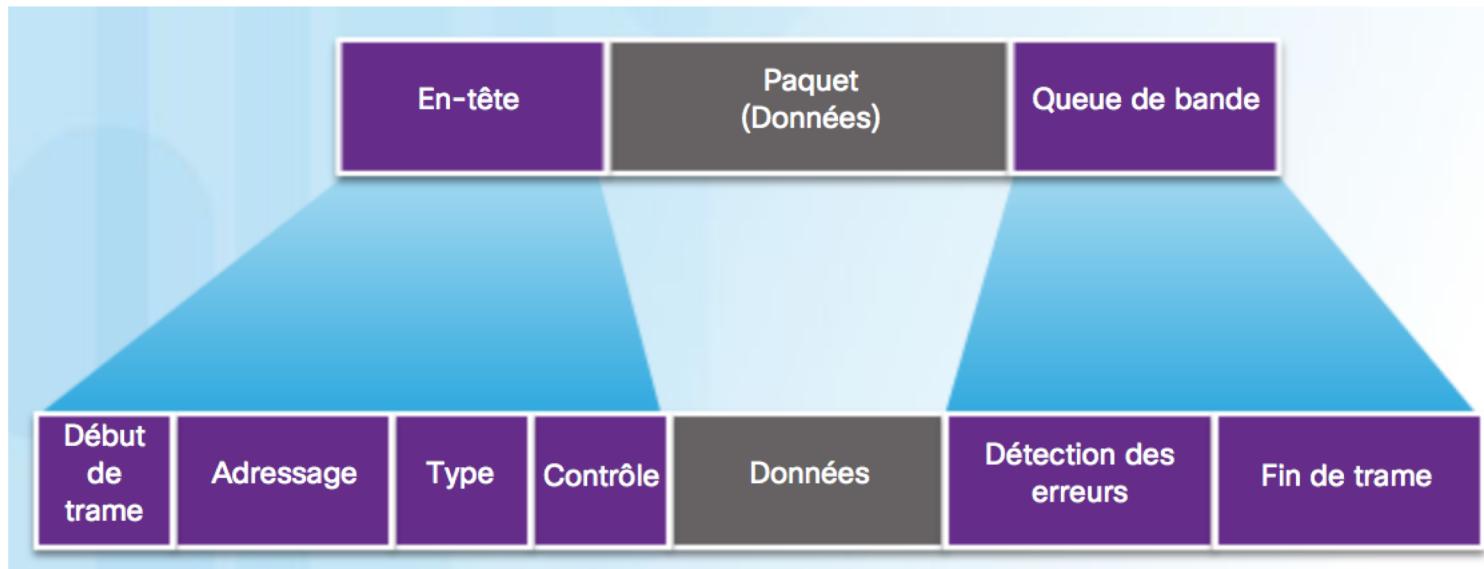
Accès avec gestion des conflits CSMA/CA



Pas de détection de collisions, mais CSMA/CA tente de les éviter en patientant avant d'effectuer la transmission

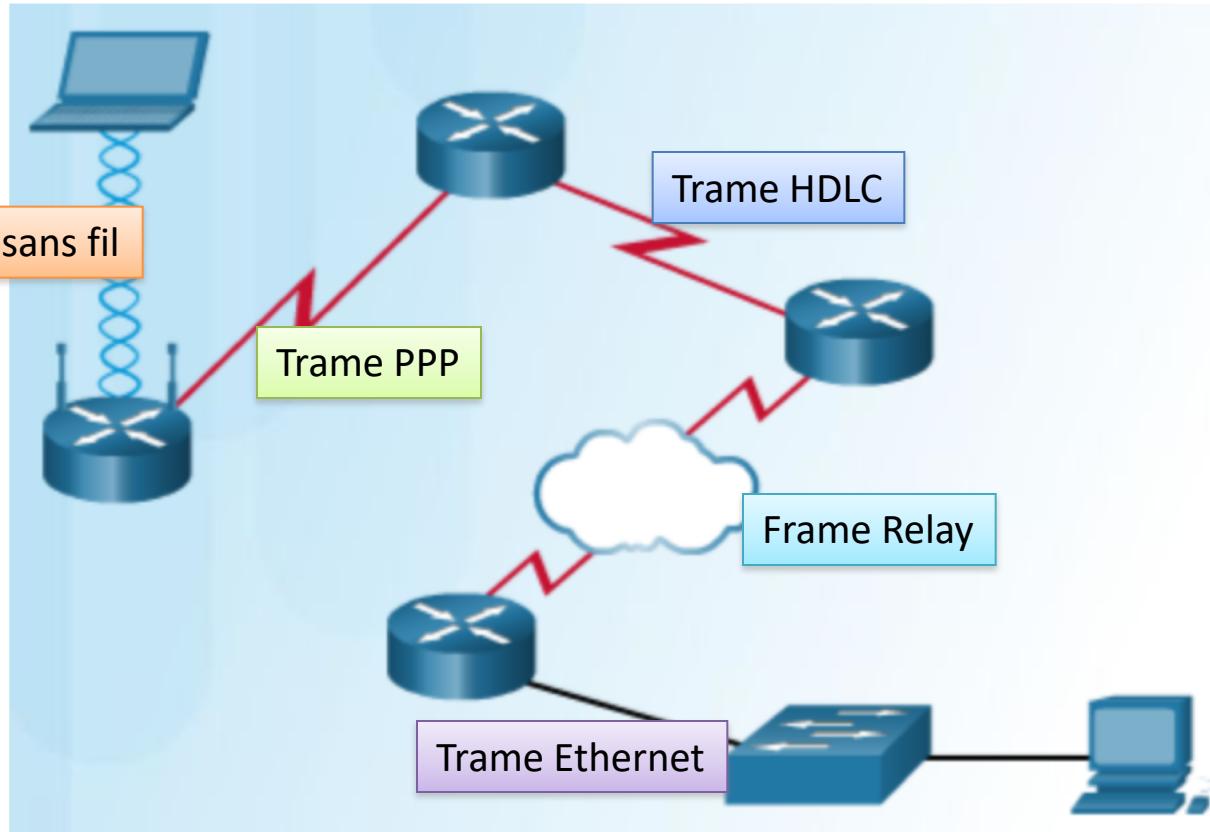
Couche 2 : contrôle d'accès au support

Champ de trame



Couche 2 : protocoles

Exemple de protocoles de couche 2



Le protocole de couche 2 est utilisé pour une topologie réseau spécifique, il dépend de la technologie mettant en œuvre cette topologie.

Couche 2 : ethernet

Ethernet : un petit peu d'histoire

origine : îles Hawaï, début 1970

- Université : sur Oahu, campus répartis sur les autres îles
- Besoin d'interconnexion des différents sites
 - Transmission de données par **ondes radioélectriques** 2400bit/s
 - Message avec **adresse de destination**
 - Réseau **Aloha** ("bonjour" en hawaïen)
 - **Problème** : collisions fréquentes (émissions simultanées)



Xerox : R. Metcalfe et D. Boggs s'inspirent d'Aloha et inventent Ethernet (1973)

Pourquoi le nom "Ethernet" ?

- **Histoire des sciences** : Éther = fluide hypothétique, impondérable, élastique, agent de la transmission de la lumière et de l'électricité
- Démonstration de son **inexistence** en 1887
- **Reprise du terme** pour nommer un support passif transportant des ondes électromagnétiques d'une transmission par diffusion de paquets

Couche 2 : Ethernet

Utilisation d'Ethernet sur des périphériques physiques

Deux fonctions principales :

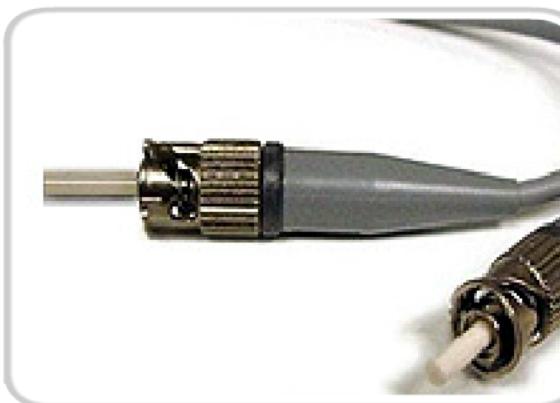
- encapsulation des données
- contrôle de l'accès aux supports



Panneaux de brassage à paires torsadées non blindées dans une baie



Commutateurs Ethernet



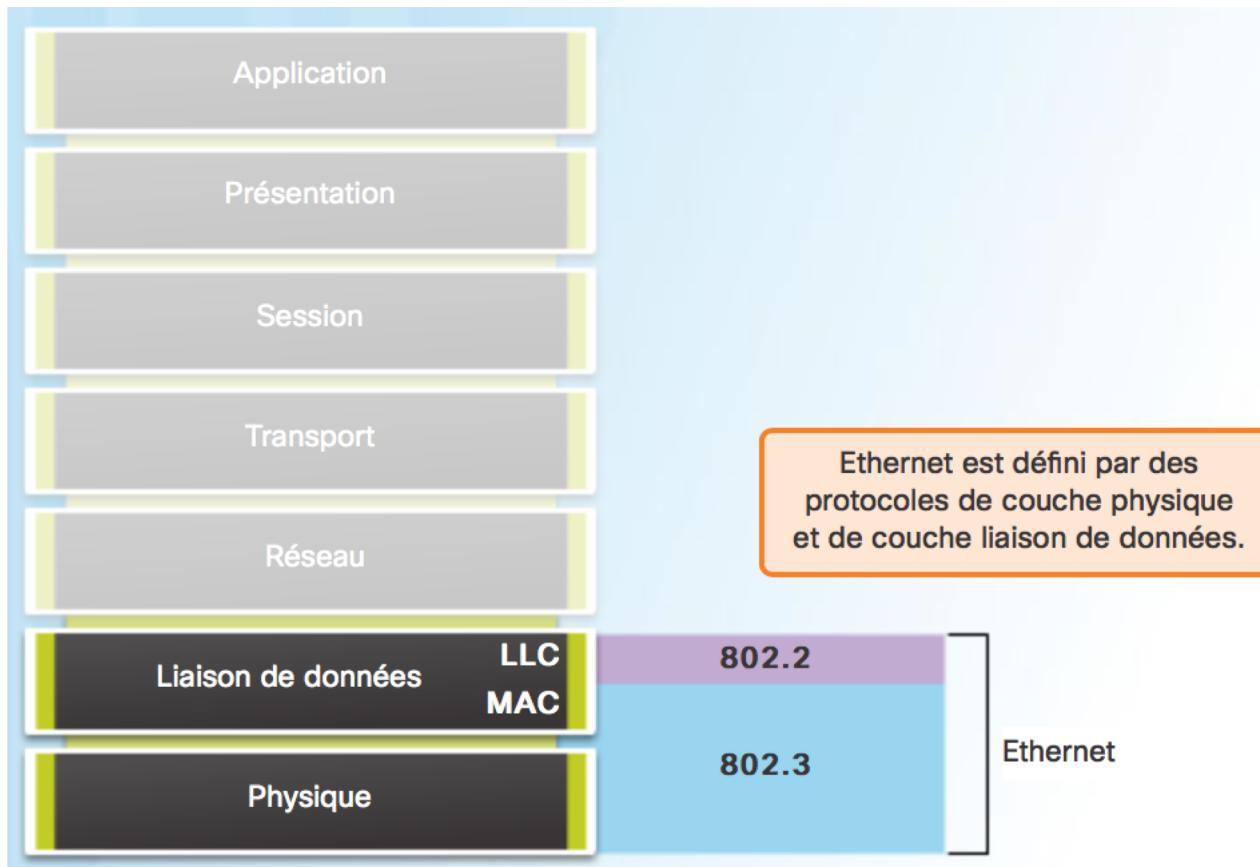
Connecteurs pour fibre optique Ethernet



Commutateur Ethernet

Couche 2 : ethernet

Technologie LAN la plus étendue : Ethernet



Couche 2 : ethernet

Technologie LAN la plus étendue : Ethernet

Encapsulation de données

- Délimitation des trames
- Adressage
- Détection des erreurs

Contrôle de l'accès aux supports

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

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

Couche 2 : ethernet

Ethernet : trame



Couche 2 : ethernet

Ethernet : adresse MAC

Structure de l'adresse MAC

➤ Notions d'adressage :

Adresse sur 6 octets (48 bits)

Notation en hexadécimal (0B hexa = 11 décimal) :

8:00:20:06:d4:e8 par exemple

➤ L'IEEE attribue des tranches d'adresses aux constructeurs :

Les 3 premiers octets indiquent ainsi l'origine du matériel

00:00:0C:XX:XX:XX : Cisco

08:00:20:XX:XX:XX : Sun

08:00:09:XX:XX:XX : HP

08:00:14:XX:XX:XX : Excalan

Mais il existe des adresses "non IEEE"

AA:00:04:XX:XX:XX : DEC

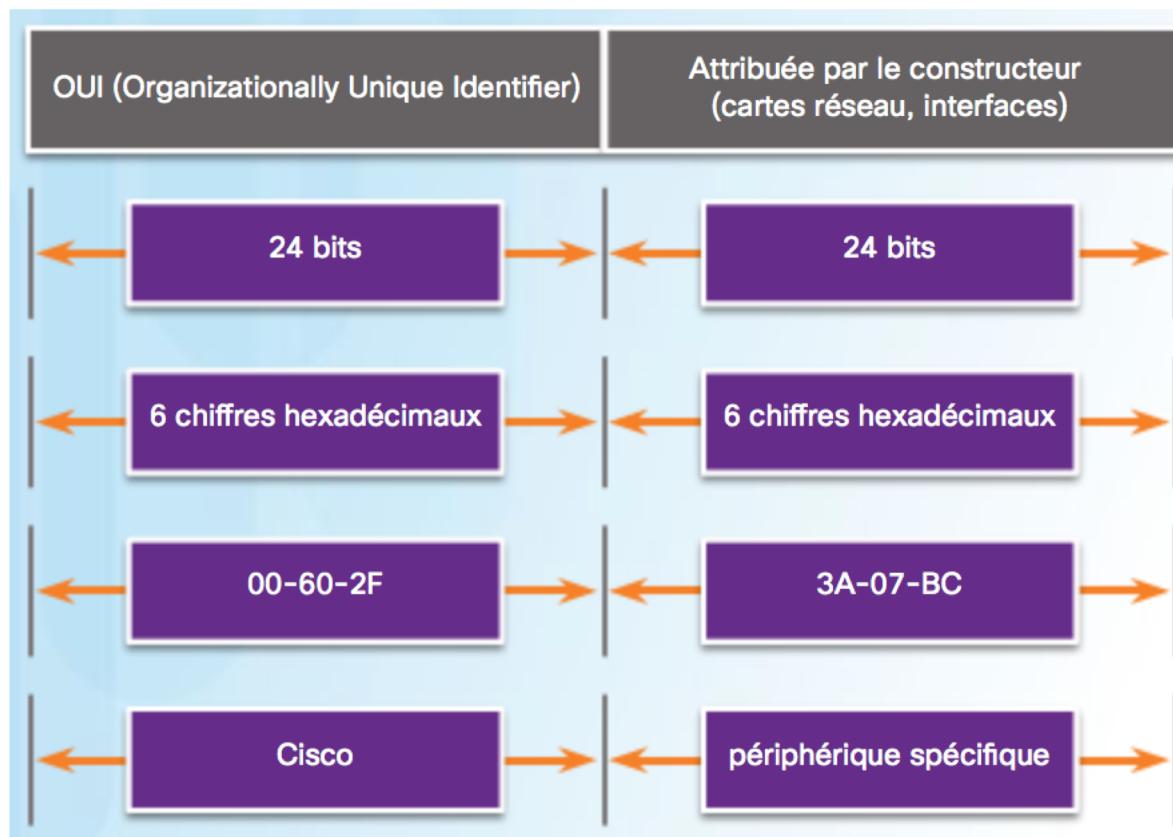
➤ Les adresses Ethernet sont donc uniques

➤ Elles ne sont pas programmables

Couche 2 : ethernet

Ethernet : adresse MAC

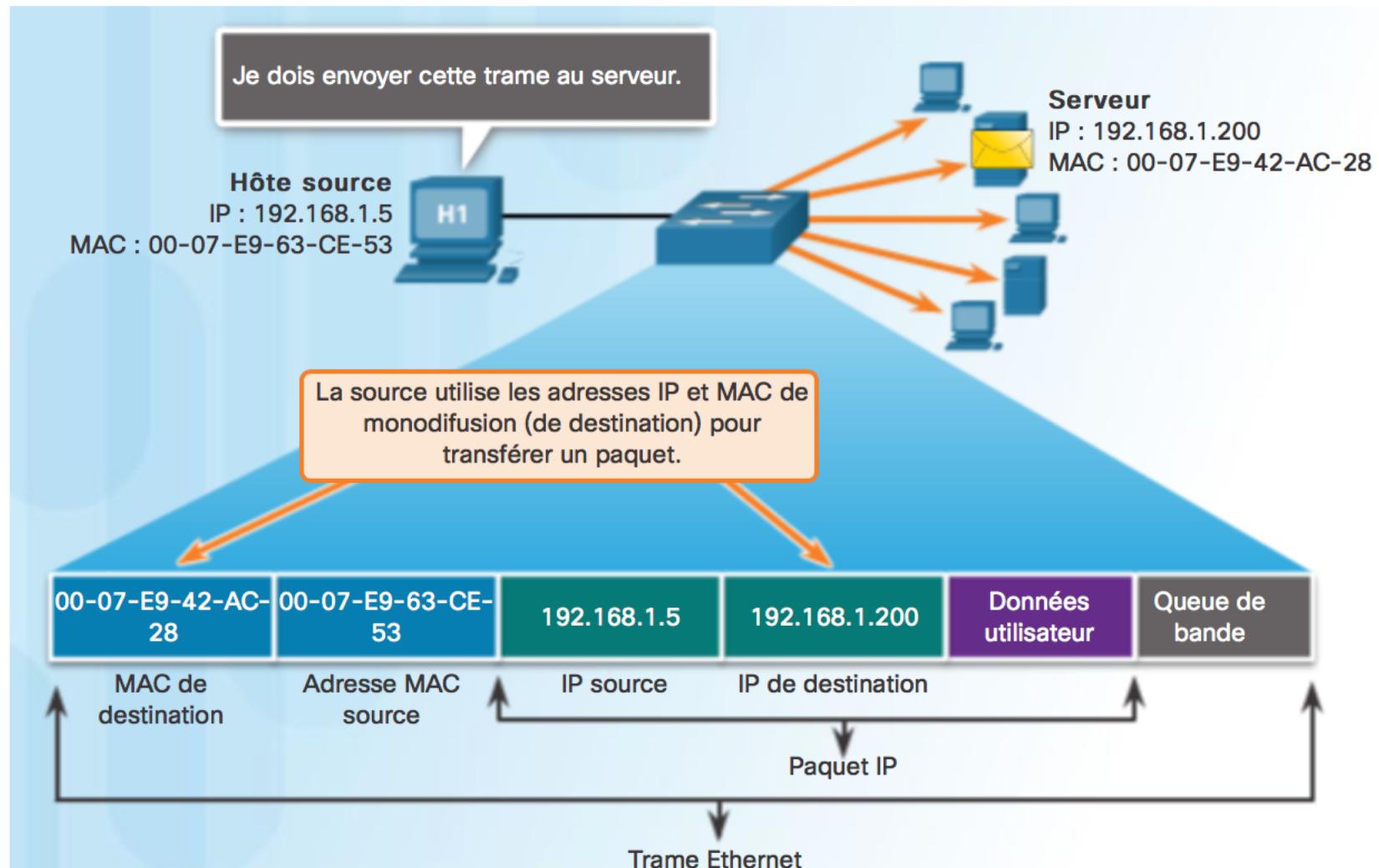
Structure de l'adresse MAC



Couche 2 : ethernet

Ethernet : adresse MAC

Adresse monodiffusion

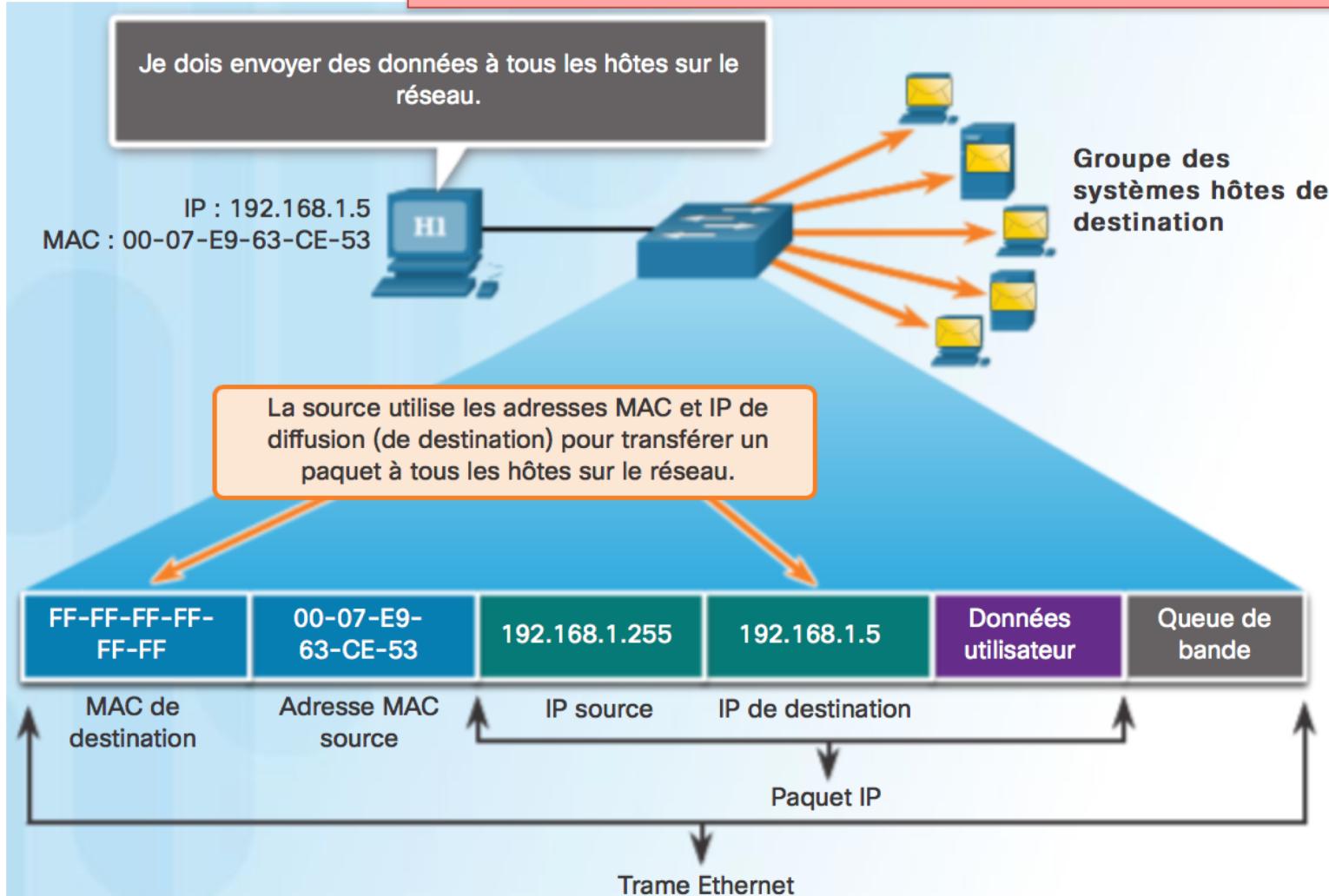


Couche 2 : ethernet

Ethernet : adresse MAC

Adresse de diffusion

- adresse MAC de **destination** : monodiffusion, diffusion ou multidiffusion,
- mais l'adresse MAC **source** : monodiffusion uniquement



Couche 2 : ethernet

Ethernet : adresse MAC, résumé

➤ Adresse MAC de monodiffusion

Une adresse unique utilisée lorsqu'une trame est envoyée à partir d'un seul appareil émetteur à un seul appareil destinataire.

L'adresse **MAC source** doit toujours être une adresse de monodiffusion.

➤ Adresse MAC de diffusion

Utilisée pour s'adresser à **tous les nœuds** du segment.

L'adresse MAC de destination est l'adresse FF-FF-FF-FF-FF-FF au format hexadécimal (48 uns en notation binaire).

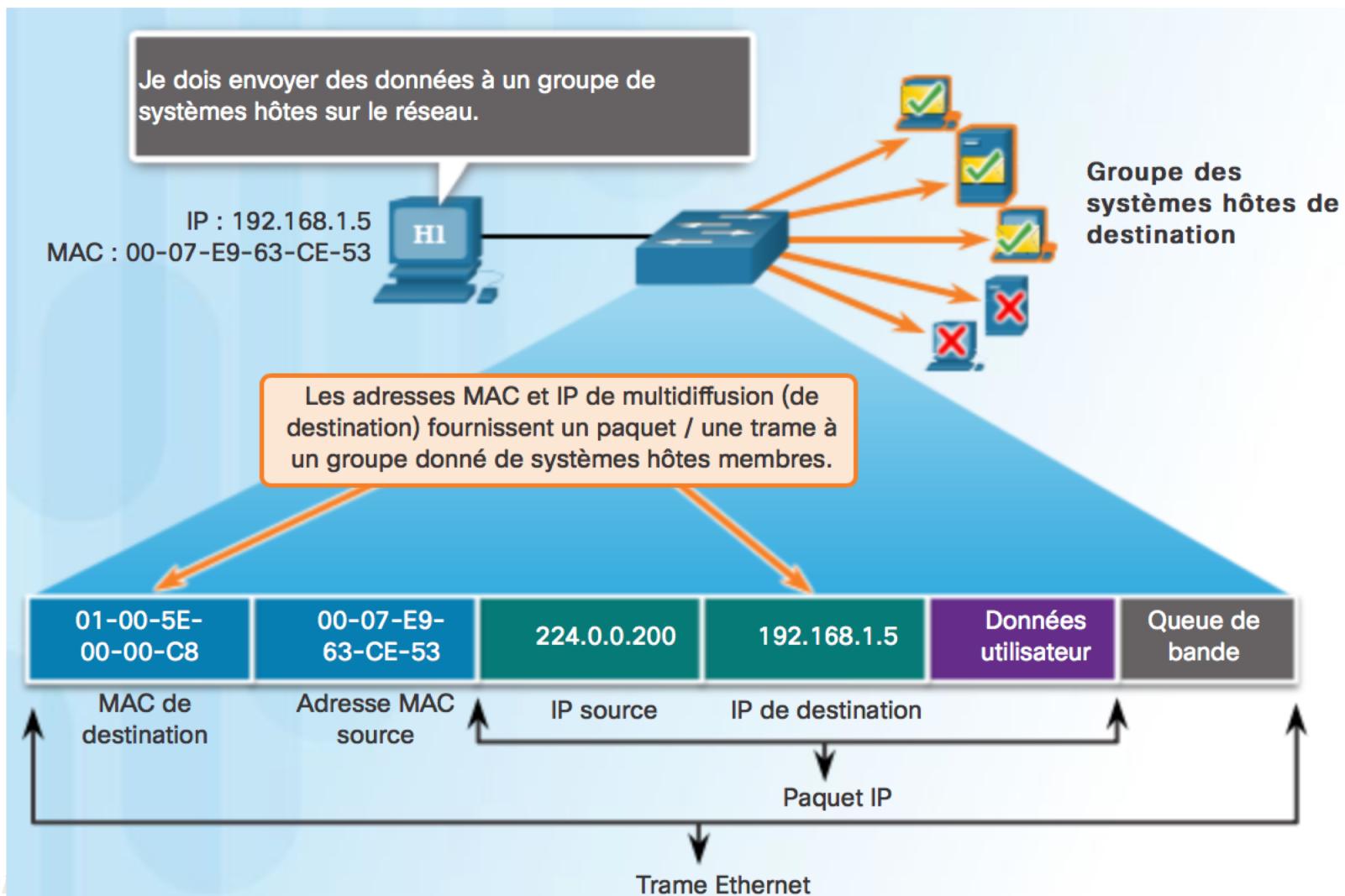
➤ Adresse MAC de multidiffusion

- Utilisée pour s'adresser à un groupe de nœuds du segment.
- L'adresse MAC multidiffusion (utilisée conjointement avec le protocole IP) est une valeur spécifique, qui commence par 01-00-5E au format hexadécimal.
- L'autre partie de l'adresse MAC de multidiffusion provient de la conversion des 23 bits inférieurs de l'adresse IP du groupe de multidiffusion en 6 caractères hexadécimaux

Couche 2 : ethernet

Ethernet : adresse MAC

Adresse multidiffusion (multicast)



Panorama des protocoles internet

I. Modèle TCP/IP – principe de l'encapsulation

II. Support de la transmission (couche physique)

III. Codage et transmission

- a. Transmission en bande de base
- b. Modem et multiplexage
- c. Numérisation

IV. Couche 2 : Liaison de données

- a. LLC et MAC
- b. Ethernet : fonctionnement et adressage
- c. Commutateurs (switchs)

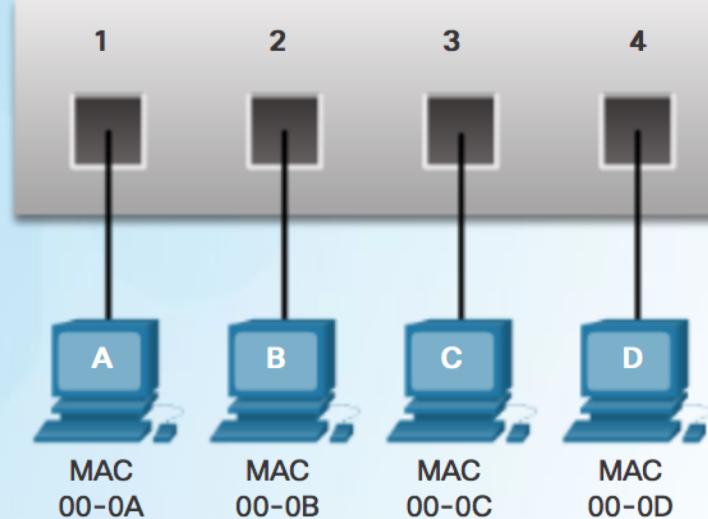
Couche 2 : commutateur

Ethernet : commutateur (switch)

Un commutateur Ethernet de couche 2 utilise des adresses MAC pour prendre des décisions de transmission (aucune info sur les protocoles de couche 3).

Table d'adresses MAC

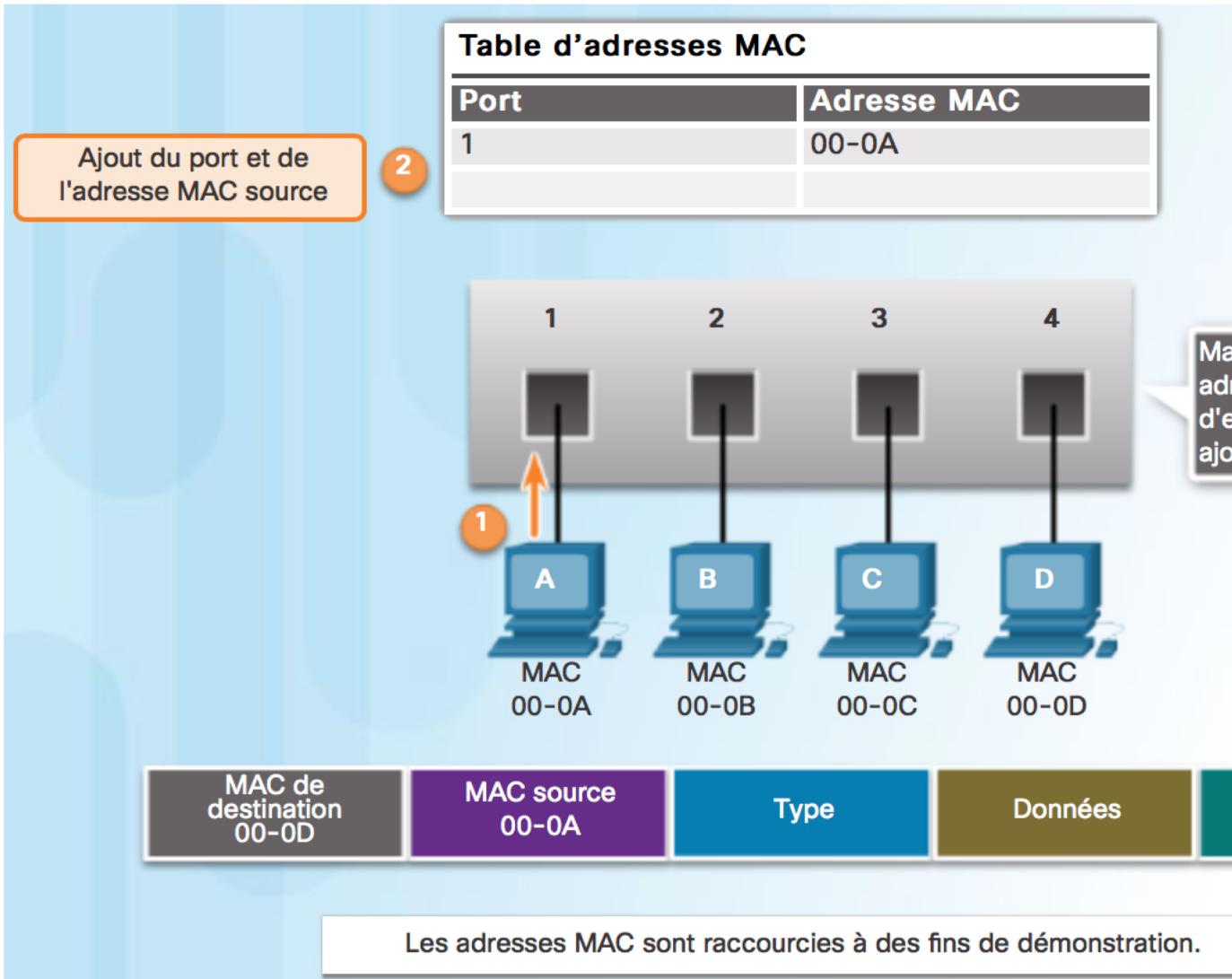
Port	Adresse MAC



Les adresses MAC sont raccourcies à des fins de démonstration.

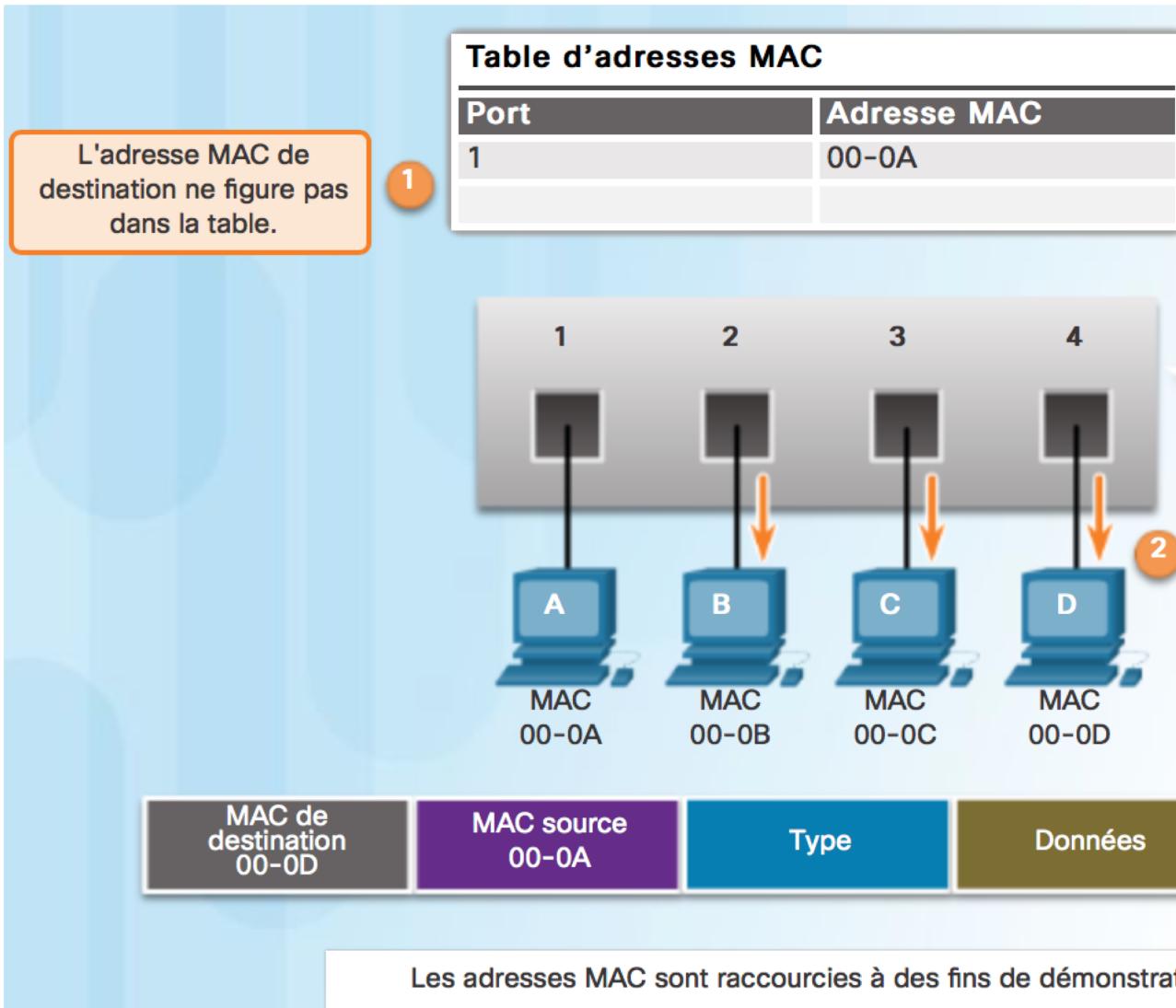
Couche 2 : commutateur

Ethernet : commutateur (switch)



Couche 2 : commutateur

Ethernet : commutateur (switch)



Envoi d'une trame de A vers D (suite)

L'adresse MAC de destination ne figure pas dans ma table, donc je vais envoyer cette trame inconnue en monodiffusion par tous les ports.

Remarque : Par défaut, la plupart des commutateurs Ethernet conservent les entrées dans la table pendant 5 minutes

Couche 2 : commutateur

Ethernet : commutateur (switch)

Table d'adresses MAC

Port	Adresse MAC
1	00-0A
4	00-0D

Ajout du port et de l'adresse MAC source

1

Ma table ne contient pas cette adresse MAC source ni le port d'entrée, donc je vais les ajouter.

Les adresses MAC sont raccourcies à des fins de démonstration.

Suite : envoi d'une trame de D vers A

Marion Guison

5

Couche 2 : commutateur

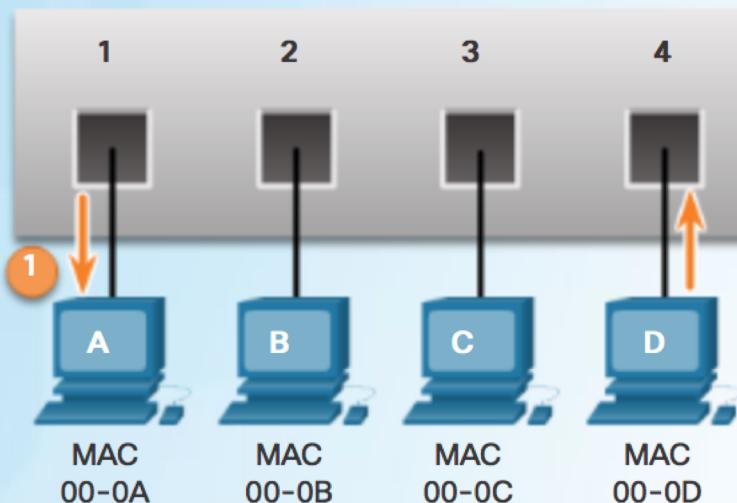
Ethernet : commutateur (switch)

Suite : envoi d'une trame de D vers A (suite)

Table d'adresses MAC

Port	Adresse MAC
1	00-0A
4	00-0D

2



Je connais l'adresse MAC de destination, donc je vais uniquement transférer la trame par le port 1.

MAC de destination
00-0A

MAC source
00-0D

Type

Données

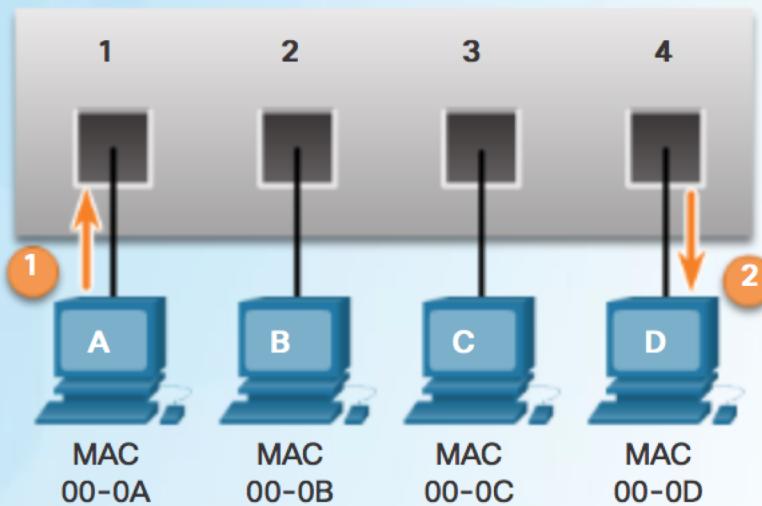
FCS

Couche 2 : commutateur

Ethernet : commutateur (switch)

Table d'adresses MAC

Port	Adresse MAC
1	00-0A
4	00-0D



Suite : envoi d'une trame de D vers A (suite 2)

l'entrée A est connue et le compteur d'obsolescence de 5 min pour cette entrée est réinitialisée.



Les adresses MAC sont raccourcies à des fins de démonstration.

Couche 2

Conclusion - résumé

