

Ethernet 802.3

Hainaut Patrick 2016

But de cette présentation

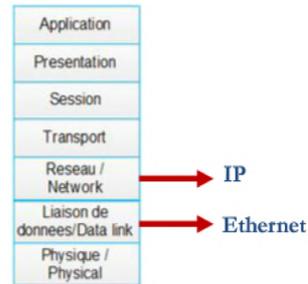
- Le protocole Ethernet est le protocole de couche 2 (du modèle OSI) le plus utilisé actuellement, dans les réseaux locaux
- Il repose sur l'emploi de matériel « Ethernet » comme les cartes réseaux Ethernet, les switch, les routeurs, ...
- Nous vous proposons de découvrir ce protocole

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

2

Introduction

- Une communication réseau entre deux hôtes repose sur le protocole IP et les adresses IP associées
- Mais pour aller d'un hôte à l'autre, on passe généralement par une série de nœuds réseaux intermédiaires
- La communication entre ces nœuds, transparente au niveau IP, repose sur le protocole Ethernet et les adresses MAC associées (au niveau d'un LAN)



©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

3

Autres protocoles de couche 2

- Au niveau réseau local, Ethernet a tout balayé sur son passage ...

Pourquoi ? Parce qu'il a su s'adapter aux besoins des utilisateurs en matière de débit, de priorité de transfert, de nombre d'hôtes supportés, ...
Donc exit Token-ring, Token-bus, Local-Talk et autres
- Au niveau réseau étendu, d'autres protocoles prennent le relais d'Ethernet et font le même boulot; la transmission des données de nœud en nœud
Citons HDLC, Frame Relay ou ATM niveau 2

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

4

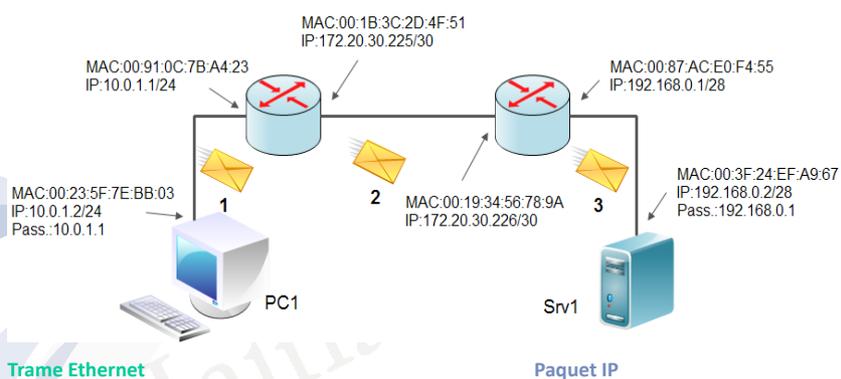
Principe

- Ethernet est basé sur la commutation de paquets
- Celle-ci consiste à diviser les données à transmettre en paquets de tailles limités
- Le temps de transmission est donc réduit et les mémoires tampons de plus petites tailles
- La taille maximale d'un paquet IP (champ donnée de la trame Ethernet) est normalisée et indiquée par le MTU (Maximal Transmission Unit)
- Par défaut, pour Ethernet, le MTU est de 1500 octets

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

5

Principe



	Trame Ethernet		Paquet IP		
1	MAC des: 00:91:0C:7B:A4:23	MAC src: 00:23:5F:7E:BB:03	IP des: 192.168.0.2	IP src: 10.0.1.2	Datas
2	MAC des: 00:19:34:56:78:9A	MAC src: 00:1B:3C:2D:4F:51	IP des: 192.168.0.2	IP src: 10.0.1.2	Datas
3	MAC des: 00:3F:24:EF:A9:67	MAC src: 00:87:AC:E0:F4:55	IP des: 192.168.0.2	IP src: 10.0.1.2	Datas

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

6

Principe

- Dans l'illustration, un paquet de données est transmis de PC1 à Srv1
- Le paquet de données IP est transmis de nœud en nœud, encapsulé dans une trame Ethernet
- A chaque nœud (constitué généralement par un routeur), la trame est décapsulée pour atteindre le paquet IP et lire l'adresse IP de destination, et ainsi pouvoir diriger (router) le paquet IP vers sa destination
- On suppose que les routeurs sont configurés avec les routes nécessaires dans la table de routage

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

7

Principe

- Le routeur dirige le paquet IP vers la bonne interface de sortie et encapsule ce paquet IP dans une nouvelle trame Ethernet dont l'adresse MAC source sera celle de l'interface de sortie
- L'adresse MAC de destination sera celle de l'interface d'entrée du prochain nœud
- Le protocole ARP est mis en œuvre pour déterminer les adresses MAC des interfaces des nœuds (à partir des adresses IP)
- Les données du paquet IP ne sont pas modifiées pendant le transfert (dans le cas de cet exemple car toutes les adresses sont privées)

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

8

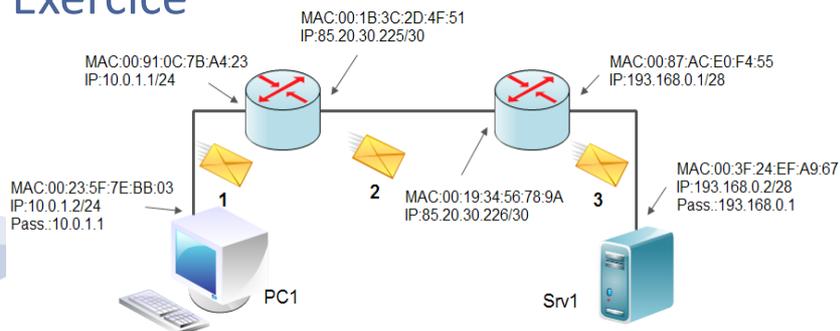
Principe

- => Les machines du réseau local utilisent donc les adresses MAC pour communiquer entre-elles
- C'est le protocole ARP qui donne la correspondance entre les adresses IP attribuées et les adresses MAC des machines
- Les adresses MAC changent à chaque trame tandis que les adresses IP ne changent que si nécessaire (NAT par exemple)

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

9

Exercice



Qu'est ce qui va changer par rapport à l'exemple précédent ?

Trame Ethernet

Paquet IP

1	MAC des:	MAC src:	IP des:	IP src:	Datas
2	MAC des:	MAC src:	IP des:	IP src:	Datas
3	MAC des:	MAC src:	IP des:	IP src:	Datas

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

10

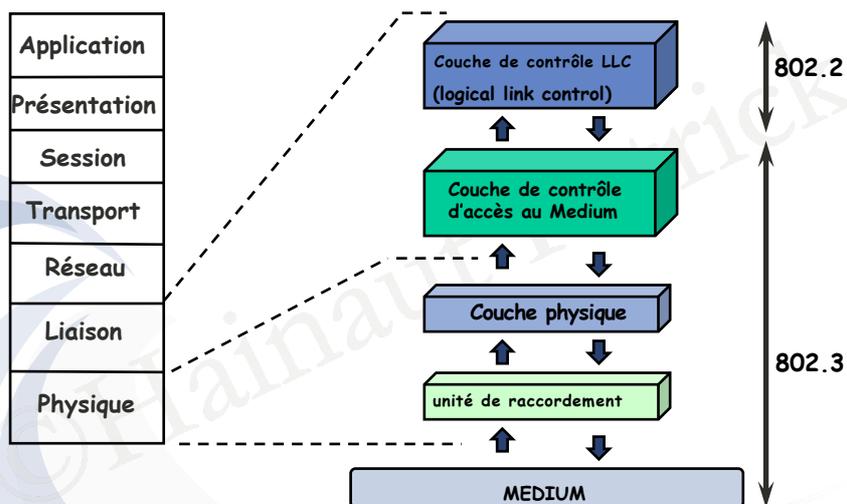
Standard Ethernet

- 1970 : version expérimentale Xerox à 3Mb/s sur câble coaxial de 75 Ω jusqu'à 1 km
- 1980 : Ethernet version 1.0 standard de Xerox, Intel et Digital Equipment (DIX)
- 1982 : Ethernet version 2.0 (DIX), câble coaxial de 50 Ω d'impédance caractéristique et fibre optique en point-à-point
- 1985 : standard IEEE 802.3 (10BASE5 = câble coaxial) puis suppléments 802.3 a, b, ...
- 1989 : norme internationale ISO 8802-3

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

11

Le modèle



©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

12

Le modèle

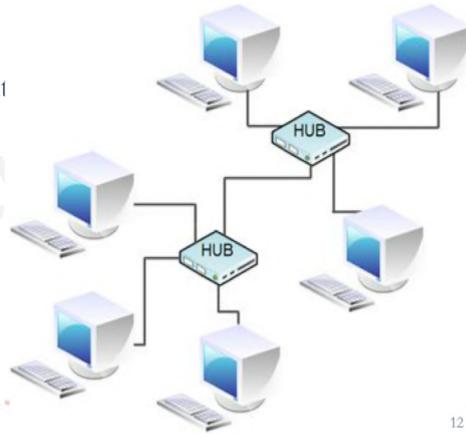
- La couche de liaison du modèle OSI a été divisé en 2 parties:
 - Une sous-couche LLC (norme 802.2) qui est chargée d'effectuer directement des contrôles sans le concours des couches supérieures
 - Une sous-couche MAC (norme 802.3) qui définit la méthode d'accès au support

Ethernet partagé: le commencement

- Tous les ordinateurs d'un réseau Ethernet sont reliés à une même ligne de transmission
- toute machine est autorisée à émettre sur la ligne à n'importe quel moment et sans notion de priorité entre les machines

Ethernet partagé: le commencement

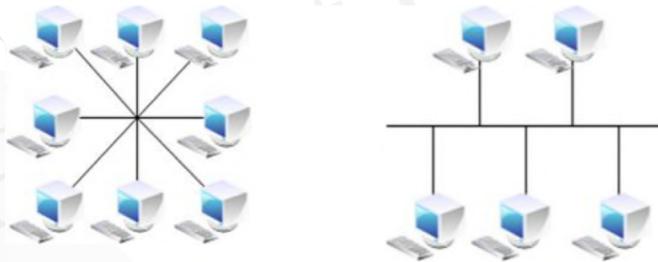
- Les différents nœuds réseau sont reliés entre eux par un concentrateur (hub)
- Un hub transmet sur tous les autres ports ce qu'il reçoit sur un port
- A l'extérieur, rien ne le distingue d'un switch



12 15

Ethernet partagé: le commencement

- Ethernet partagé utilise une topologie physique en étoile, puisque les PC sont connectés à un point central et une topologie logique en bus, puisque les données circulent comme si tous les PC étaient connectés sur la même ligne



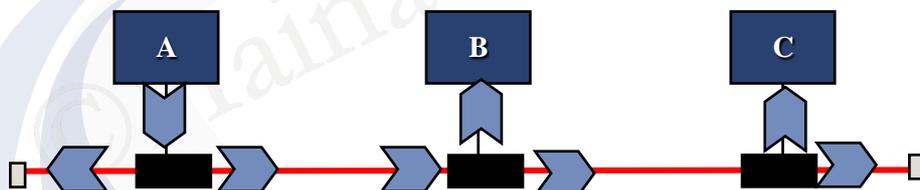
16

Ethernet partagé: propagation

chaque hôte émet des trames sur le câble
ces trames sont reçues par TOUS les autres hôtes (diffusion)

!!! Pas de confidentialité car il existe des sniffers

la bande passante disponible est partagée par l'ensemble des machines
=> plus il y a de machines, moins c'est fluide



©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

17

Principe du CSMA/CD

- la communication se fait à l'aide d'un protocole appelé *CSMA/CD* (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect*), ce qui signifie qu'il s'agit d'un protocole d'accès multiple avec surveillance de porteuse (*Carrier Sense*) et détection de collision

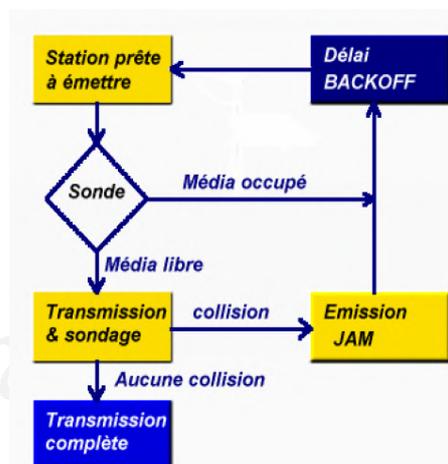
©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

18

Principe du CSMA/CD

- Cette communication se fait de façon simple :
 - Chaque machine vérifie qu'il n'y a aucune communication sur la ligne avant d'émettre
 - Si deux machines émettent simultanément, alors il y a collision (c'est-à-dire que plusieurs trames de données se trouvent sur la ligne au même moment)
 - Les deux machines interrompent leur communication et attendent un délai aléatoire, puis la première ayant passé ce délai peut alors réémettre

Principe du CSMA/CD



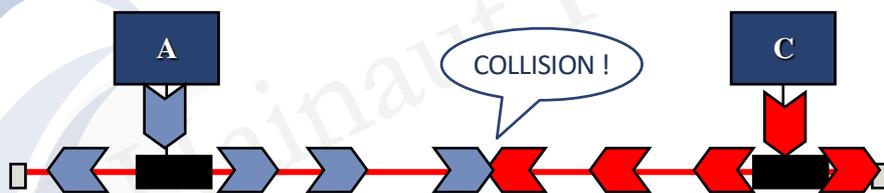
Principe du CSMA/CD

- Ce principe est basé sur plusieurs contraintes :
 - Les paquets de données doivent avoir une taille maximale
 - il doit y avoir un temps d'attente entre deux transmissions
- Le temps d'attente varie selon la fréquence des collisions :
 - Après la 1^{ère} collision une machine attend 1 unité de temps
 - Après la 2^{ème} collision la machine attend 2 unités de temps
 - Après la 3^{ème} collision la machine attend 4 unités de temps
 - ... avec bien entendu un petit temps supplémentaire aléatoire

Ethernet: collision

- **COLLISION : *le problème***
 - une station regarde si le câble est libre avant d'émettre
 - mais le délai de propagation n'est pas nul => une station peut émettre alors qu'une autre a déjà commencé son émission
 - les 2 trames se percutent : c'est la collision
 - plus le réseau est grand (nombre de stations), plus la probabilité d'apparition de collisions est grande

Ethernet: collision



©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

23

Ethernet: collision

- **COLLISION : la solution**

- limiter le temps pendant lequel la collision peut arriver
- temps de propagation aller-retour d'une trame (Round Trip Delay ou RTD) limité à $50 \mu\text{s}$
- ce délai passé, aucune collision ne peut plus arriver
- la norme 802.3 définit un « Slot Time » d'acquisition du canal égal à $51.2 \mu\text{s}$ ce qui correspond à une longueur de trame minimum de 512 bits (64 octets)

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

24

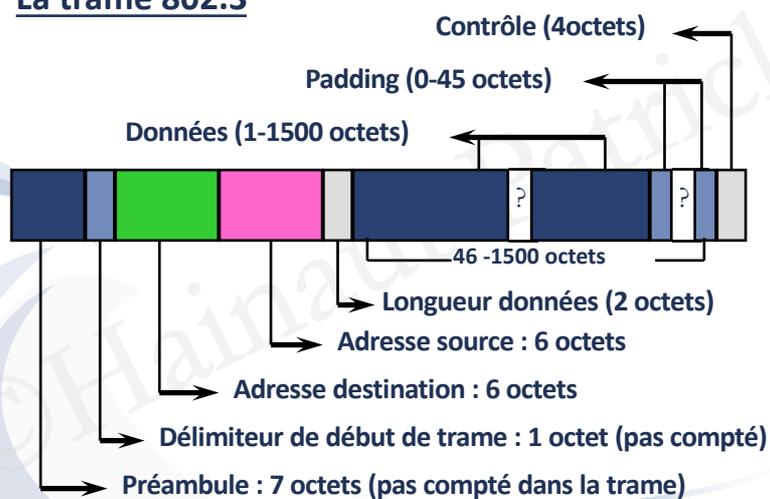
Ethernet: collision

- **COLLISION : la solution**

- une station doit donc écouter le signal « Collision Detection » pendant 51.2 μ s à partir du début d'émission
- Si il y a collision, la trame sera inférieure à 64 octets (donc toutes les machines s'en rendent compte) et devra être retransmise

Trame Ethernet 802.3

La trame 802.3



Trame Ethernet 802.3

FORMAT DE LA TRAME 802.3

- **Préambule :**

- 56 bits = 7 X (10101010), dure 5.6 μ s et permet aux autres stations d'acquérir la synchronisation bit

- **Délimiteur de début de trame**

- (Start Frame Delimiter) : 8 bits = 10101011; permet aux autres stations d'acquérir la synchronisation trame

Trame Ethernet 802.3

- **Adresse destination :**

- adresse individuelle,
- adresse multicast,
- adresse broadcast

- **Adresse source :**

- adresse physique de la station émettrice, c'est une adresse individuelle

Trame Ethernet 802.3

- Longueur du champ de données :

- valeur comprise entre 1 et 1500, indique le nombre d'octets contenus dans le champ suivant; si la valeur est supérieure à 1500, la trame peut être utilisée à d'autres fins (autre protocole que IEEE 802.3, permet la compatibilité avec Ethernet)

- Padding :

- contenu sans signification complétant à 64 octets la taille totale d'une trame dont la longueur des données est inférieure à 46 octets; en effet, une trame est considérée valide (non percutée par une collision) si sa longueur est d'au moins 64 octets;
 $46 \leq (\text{données} + \text{padding}) \leq 1500$ (6+6+2+1+45+2=64 octets)

Trame Ethernet 802.3

- Contrôle :

- Séquence de contrôle basée sur un CRC polynomial de degré 32
- Sens de circulation des octets : selon la structure logique de la trame :
préambule = premier octet émis, FCS = dernier octet émis
- Le sens de circulation des bits par octets se fait selon le schéma suivant :
LSB first

Trame Ethernet II

- Il existe une autre trame Ethernet légèrement différente de la trame 802.3, la trame Ethernet II
- Elle a été définie précédemment à la première mais est encore utilisée
- Elles peuvent coexister grâce au champ long/type différent

Trame Ethernet II

Préambule	Délimiteur de début de trame	Adr. MAC dest.	Adr. MAC source	type	Données	Ctrl
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46-1500 octets	4 octets

Trame IEEE 802.3

Préambule	Délimiteur de début de trame	Adr. MAC dest.	Adr. MAC source	long	Entête LLC & données	Ctrl
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46-1500 octets	4 octets

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

31

Trame Ethernet II

- Le champ type indique le protocole de couche supérieure recevant les données
- La trame Ethernet II n'ayant de sous-couche LLC, le padding éventuel sera enlevé par la couche supérieure

Trame Ethernet II

Préambule	Délimiteur de début de trame	Adr. MAC dest.	Adr. MAC source	type	Données	Ctrl
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46-1500 octets	4 octets

©Hainaut P. 2016 - www.coursonline.be

32

Adresses MAC

- Les adresses IEEE 802.3 ou Ethernet sont codées sur 48 bits (6 octets)
- Syntaxe:
 - 08:00:20:09:E3:D8 ou 8:0:20:9:E3:D8
 - Ou 08-00-20-09-E3-D8 ou 08002009E3D8

Adresses MAC

- Adresse Broadcast: FF:FF:FF:FF:FF:FF
- Adresse Multicast: le premier bit d' adresse transmis est égal à 1 (le premier octet de l'adresse est impair) :
09:00:2B:00:00:0F, 09:00:2B:01:00:00
- Adresse individuelle : comprend le premier bit transmis à 0 (premier octet d'adresse pair) :
08:00:20:09:E3:D8 ou 00:01:23:09:E3:D5

Ethernet commuté

- Ethernet partagé pose plusieurs problèmes:
 - La bande passante est partagée et plus il y a d'hôtes, plus c'est lent
 - Comme il ne peut y avoir qu'une trame à la fois sur le support, on travaille en half-duplex, ce qui est plus lent que le full-duplex (transmission simultanée dans les deux sens)
 - Plus il y a d'hôtes, plus les collisions sont fréquentes et ralentissent encore le système

Ethernet commuté: le principe

- Aussi, une évolution importante s'est produite: celle de l'**Ethernet commuté**
- La topologie physique reste une étoile, organisée autour d'un commutateur (switch). Mais le commutateur utilise un mécanisme de filtrage et de commutation. La topologie logique est une étoile
- Il inspecte les adresses de source et de destination des trames, dresse une table qui lui permet alors de savoir quelle machine (adresse MAC) est connectée sur quelle porte du switch (en général ce processus se fait par auto-apprentissage)

Ethernet commuté

- Connaissant la porte du destinataire, le commutateur ne transmettra le message que sur la porte adéquate, les autres portes restants dès lors libres pour d'autres transmissions pouvant se produire simultanément
- Il en résulte que chaque échange peut s'effectuer à débit nominal (plus de partage de la bande passante), sans collisions, avec pour conséquence une augmentation très sensible de la bande passante du réseau (à vitesse nominale égale)

Ethernet commuté

- Puisque la commutation permet d'éviter les collisions et que les techniques 10/100/1000 base T(X) disposent de circuits séparés pour la transmission et la réception (une paire torsadée par sens de transmission), la plupart des commutateurs modernes permet de désactiver la détection de collision et de passer en **mode full-duplex** sur les portes
- De la sorte, les machines peuvent émettre et recevoir en même temps (ce qui contribue à nouveau à la performance du réseau)
- Le protocole CSMA/CD est donc devenu obsolète

Ethernet commuté

- Les commutateurs Ethernet modernes détectent également la vitesse de transmission utilisée par chaque machine (*autosensing*) et si cette dernière supporte plusieurs vitesses (10 ou 100 ou 1000 megabits/sec), ils entament avec elle une négociation pour choisir une vitesse ainsi que le mode semi-duplex ou full-duplex de la transmission
- Cela permet d'avoir un parc de machines ayant des performances différentes (par exemple un parc d'ordinateurs avec diverses configurations matérielles)

Ethernet commuté

- Comme le trafic émis et reçu n'est plus transmis sur toutes les portes, il devient beaucoup plus difficile d'espionner (sniffer) ce qui se passe
- Voilà qui contribue à la sécurité générale du réseau, qui est un thème fort sensible aujourd'hui

Ethernet commuté

- Pour terminer, l'usage de commutateurs permet de construire des réseaux plus étendus géographiquement en Ethernet partagé, un message doit pouvoir atteindre toute autre machine dans le réseau dans un intervalle de temps précis (slot time) sans quoi le mécanisme de détection des collisions (CSMA/CD) ne fonctionne pas correctement
- Ceci n'est plus d'application avec les commutateurs Ethernet. La distance n'est plus limitée que par les limites techniques du support utilisé (fibre optique ou paire torsadée, puissance du signal émis et sensibilité du récepteur, atténuation du signal avec la distance, ...)

Ethernet et le multimédia

- Ethernet n'a pas été conçu pour des applications multimédias mais informatiques
- Pour entrer dans le domaine du multimédia, Ethernet a dû se transformer
- Cette transformation concerne essentiellement Ethernet commuté
- Pour réaliser des applications multimédias, l'IEEE a introduit une priorité de traitement des paquets dans les commutateurs Ethernet

Ethernet et le multimédia

- De plus, l'arrivée du Gigabit Ethernet et du 10 Gigabit Ethernet sur la fibre optique, ouvre la porte aux applications basées sur des réseaux à haut débit qui fournissent déjà des services intégrés pour la voix, les données, la vidéo sur demande ou l'imagerie médicale

Ethernet et le support

- Ethernet est utilisé principalement
 - Sur paires torsadées pour les connexions aux hôtes
 - Sur la fibre optique pour le cœur du réseau
 - Via les ondes radio (wifi)
- Avec un commutateur, on travaille en full-duplex

Ethernet et le support

- Normes actuellement utilisées
 - En 100 Mbit/s
 - 100BASE-TX : sur 2 paires torsadés cat. 5 ou +, lg max de 100 m
Peut s'utiliser avec un concentrateur (hub) ou commutateur (switch)
 - 100BASE-FX : sur 2 fibres optiques

Ethernet et le support

- Normes actuellement utilisées
 - En 1 Gbit/s
 - 1000BASE-T: sur 4 paires torsadés cat.5^e ou +, lg max de 100m
Uniquement sur commutateur (switch)
 - 1000BASE-SX: sur 2 fibres optiques, lg max de 550m (multimode)
 - 1000BASE-LX: sur 2 fibres optiques, lg max de 550m (multimode) et de 5km (monomode)
 - 1000BASE-LH: sur 2 fibres optiques, lg max de 550m (multimode) et de 10km (multimode)
 - 1000BASE-ZX: sur 2 fibres optiques monomode, lg max de 70km

Ethernet et le support

- Normes actuellement utilisées
 - En 10 Gbit/s
 - 10GBASE-T: sur 4 paires torsadés cat.6 ou 7, lg max de 100m
Uniquement sur commutateur
 - 10GBASE-SR: sur 2 fibres optiques, lg max 26 à 300m (multimode)
 - 10GBASE-LR: sur 2 fibres optiques, lg max de 10km (monomode) et de 5km (monomode)
 - 10GBASE-ER: sur 2 fibres optiques, lg max de 40km (monomode)
 - Les normes 40Gbit/s et 100Gbit/s sont en cours d'élaboration

Conclusion

- Vous savez maintenant comment fonctionne le protocole Ethernet et la différence entre Ethernet partagé et Ethernet commuté
- Merci de votre attention