

DERNIERES AVANCEES SUR LES RESEAUX

par

LEFEUVRE Vincent

Examen probatoire

CNAM de PICARDIE

2002 - 2003

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1	1
Les Nouvelles Technologies l'état de l'art, les perspectives	1
1. Les réseaux d'accès fixes	1
1.1. Le réseau téléphonique commuté (RTC)	1
1.2. Dégroupage de la paire de cuivre : les technologies xDSL	2
1.3. Les réseaux de données IP et Ethernet	3
1.4. Les liaisons par fibre optique	3
1.5. L'accès par câble - HFC	3
1.6. Les courants porteurs en ligne (CPL)	4
2. Les technologies d'accès fixe sans fil / radio	4
2.1. La boucle locale radio (BLR)	4
2.2. L'accès satellite	6
2.3. Les réseaux locaux sans fil (WLAN)	6
2.4. L'accès sans fil Bluetooth	7
2.5. Téléphonie sans fil : le DECT	7
3. Les réseaux d'accès mobiles	8
3.1. Radiocommunications : le GSM et le GPRS	8
3.2. Les réseaux 3G UMTS	9
3.3. Complémentarité avec les réseaux d'accès fixes sans fil	10
4. Conclusion	10
Chapitre 2	13
ETHERNET du 10 Mb/s au 10 Gb/s en 20 ans	13
1. Introduction Ethernet	13
1.1. Historique	13
1.2. Principes	14
1.3. Modèle OSI et Ethernet	14
1.4. Format d'une trame IEEE 802.3	15
2. Ethernet 10 Mb/s et 100 Mb/s	16
2.1. Architecture	16
2.2. Le Codage	17
2.3. Méthode d'accès : CSMA / CD	17
2.4. Ethernet 10 Mbps	18
2.5. Fast Ethernet IEEE 802.3u	19
3. Gigabit Ethernet : la suite logique de l'évolution des normes.	20
3.1. Objectif	20
3.2. Trame IEEE 802.3 : Rappel	20
3.3. Full-duplex Gigabit Ethernet	20
3.4. Half-duplex Gigabit Ethernet: CSMA/CD	20
3.5. Evolution de la couche physique	21
3.6. Gigabit Ethernet 802.3z	21
3.7. 802.3ab : 1000 Base T	23
3.8. Codage :	24
3.9. Performances	24
3.10. Les services	26

3.11.	Les produits	27
3.12.	Déploiement	27
4.	Ethernet 10Gb/s	30
4.1.	Objectif.....	30
4.2.	Faisabilité technique et économique	30
4.3.	Évolution de la couche physique	30
4.4.	La couche MAC	31
4.5.	10 GBE et Sonet/SDH	31
4.6.	Marché et applications	32
4.7.	Solutions déjà disponibles	33
5.	Conclusion.....	33

TABLE DES ILLUSTRATIONS

<i>Numéro</i>	<i>Page</i>
Figure 1 : Réseau ADSL.....	2
Figure 2 : La boucle locale radio.....	5
Figure 3 : L'accès satellite.....	6
Figure 4 : Couverture nationale française des différentes technologies	11
Figure 5 : Evolution Ethernet.....	13
Figure 6 : Modèle OSI et Ethernet	14
Figure 7 : Trame 802.3	15
Figure 8 : Architecture Ethernet.....	16
Figure 9 : MAC : Transmission d'une trame	17
Figure 10 : Exemple de collision	18
Figure 11 : Normalisation Gigabit Ethernet	21
Figure 12 : Le GIBIC	22
Figure 13 : principe du conditionneur.....	23
Figure 14 : Limites imposées par la technique du carrier	25
Figure 15 : Simulation de charge	25
Figure 16 : Déploiement 10 GE.....	32
Figure 17 : Coût de la bande passante.....	33

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Eric BRASSART, enseignant responsable, pour m'avoir apporté une aide précieuse dans la réalisation de mes travaux et pour m'avoir fait découvrir un axe de recherche passionnant et prometteur.

Je remercie Mr ALAVOINE, pour la préparation orale de l'examen.

Plus globalement, je souhaite aussi remercier le CNAM Picardie d'Amiens, les enseignants qui ont participé à ma formation ainsi que mes camarades étudiants pour leur amicale et efficace collaboration.

Chapitre 1

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES L'ETAT DE L'ART, LES PERSPECTIVES

La multiplication et les évolutions des réseaux d'accès sont identifiées comme un élément déclencheur majeur de l'évolution des réseaux vers les réseaux de nouvelle génération (Next Generation Networks, NGN). Si l'on analyse les évolutions majeures apportées par ces différentes technologies d'accès, la tendance actuelle est à :

- la multiplication des technologies d'accès,
- l'évolution vers le haut débit,
- des technologies de transport multi-services en mode paquet (IP, ou plus fréquemment ATM),
- la convergence fixe/mobile, avec la prise en compte du nomadisme et la suppression des câblages, du fait de l'essor des réseaux d'accès mobiles et des réseaux locaux sans fil.

Ces quatre axes d'évolution des réseaux d'accès s'inscrivent parfaitement dans le contexte des nouveaux réseaux et services, et en favoriseront donc vraisemblablement l'émergence.

De fait, les besoins et usages du grand public et des entreprises se sont développés et diversifiés pour prendre en compte les nouveaux modes d'accès et services (sélection du transporteur, dégroupage de la boucle locale, Internet, mobile, transmission de données haut débit, intégration voix/données, portage des applications dans un environnement nomade...).

Le chapitre suivants présente de manière non exhaustive les principales technologies d'accès actuel. Un accent particulier est mis sur les tendances fortes en cours ou à venir en termes d'évolution de leur usage.

1. Les réseaux d'accès fixes

Les réseaux d'accès fixes s'adaptent progressivement au support de services de données à haut débit :

- Le réseau téléphonique commuté, initialement support des services voix, a permis une ouverture à des services voix/données haut débit grâce aux technologies xDSL accessibles aux nouveaux opérateurs par le biais du dégroupage de la boucle locale.
- L'accès Ethernet, initialement conçu pour fournir des services de données (IP) en entreprises, voit son usage s'étendre en termes de débit, de périmètre d'utilisation et de services transportés (voix et donnée, multimédia).
- Enfin, il existe d'autres médias permettant par nature indifféremment le support de services voix et/ou données : on citera notamment les réseaux câblés, la technologie fibre optique, déjà éprouvée mais dont l'usage évolue, et beaucoup plus récemment la technologie des courants porteurs en ligne, qui utilise le réseau de desserte électrique.

1.1. Le réseau téléphonique commuté (RTC)

Le réseau public de téléphonie, qui utilise une paire de cuivre comme support physique et était historiquement utilisé pour fournir des services de voix analogique, a intégré les technologies numériques autorisant de nouveaux services. Le RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) est un service de téléphonie numérique qui permet de fournir des services voix et données à des débits de 64 ou 128 kbit/s en utilisant la paire de cuivre traditionnelle.

Le réseau d'accès téléphonique comme le réseau de transport longue distance associé restent aujourd'hui des réseaux dédiés basés sur la commutation de circuits (TDM : Méthode de communication dans laquelle un trajet spécifique est défini, par lequel transiteront toutes les données entre l'émetteur et le récepteur). Ils possèdent de nombreuses interconnexions afin de gérer les communications internationales, fixe vers mobile ou encore d'un opérateur à un autre pour une même communication.

Le RTC est aussi de plus en plus utilisé pour un accès à Internet en mode commuté. L'opérateur historique doit alors effectuer la collecte de ce trafic vers les différents fournisseurs de services Internet, qui sont en général des acteurs issus du monde de la donnée.

1.2. Dégroupage de la paire de cuivre : les technologies xDSL

Les technologies xDSL permettent d'utiliser les paires de cuivre du réseau public de téléphonie afin d'offrir des services de données à haut débit. Différents types de technologies xDSL (cf Annexe 1), offrant des débits symétriques ou non, ont été développés ou sont en cours de spécification afin d'offrir l'adéquation entre les technologies utilisées et les services souhaités, ainsi qu'une augmentation des débits utilisables. Une contrainte forte de l'xDSL est la distance à parcourir sur la paire de cuivre entre le terminal du client et le DSLAM de l'opérateur. L'ADSL est actuellement la plus répandue ; pour une distance de 2700m, elle permet un débit de transmission de données montant de 640 kbit/s et un débit descendant de 8 Mbit/s (2 Mbit/s à une distance de 4600m).

La technologie d'accès ADSL, apparue vers la fin des années 1990, est maintenant mature mais la généralisation au grand public reste difficile. Néanmoins, ce type d'accès illimité à Internet permet un changement dans la perception des utilisateurs : la notion de durée de connexion tendra à disparaître au profit de la notion d'accès à des services haut débit, à la demande, et sur la base d'une durée non limitée.

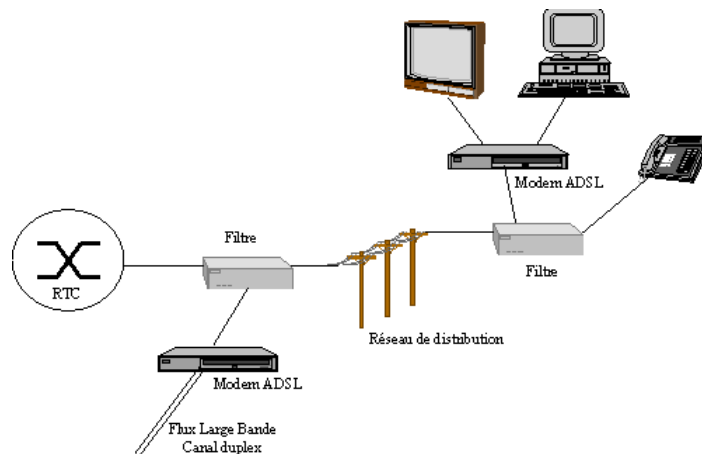


Figure 1 : Réseau ADSL

Pour les offres d'interconnexion ADSL, l'interface du réseau de collecte xDSL vers le cœur de réseau s'appuie sur des flux IP, eux-mêmes en général véhiculés sur des technologies de transport. Cette technologie permet donc une interconnexion simple et rapide pour les services de données. Mais la voix sur ADSL est un service qui a aussi vocation à se développer. La technologie permet en effet de transporter en mode paquet jusqu'à 16 communications sur un lien DSL. Un opérateur alternatif peut ainsi proposer une installation destinée à un groupe d'utilisateurs (PME/PMI) pour leur téléphonie complète et leur accès Internet haut débit. Cependant l'utilisation d'ATM comme protocole de transport des flux IP à l'interconnexion peut à terme être un frein à l'évolution « tout IP » des opérateurs.

1.3. Les réseaux de données IP et Ethernet

Les réseaux de données se composent traditionnellement d'un réseau local (LAN) sur lequel sont rattachés les équipements terminaux ou postes clients, de routeurs, et d'un réseau distant (WAN) composé de liaisons de données qui interconnectent les différents sites. Le protocole de transport de données maintenant le plus largement utilisé est IP.

Ethernet est la technologie LAN la plus commune, qui utilise historiquement des câbles coaxiaux ou des paires torsadées pour des débits de transmission jusqu'à 10 Mbit/s, et 100 Mbit/s (Fast Ethernet).

Récemment, le Gigabit Ethernet (débits de 1 Gbit/s avec une évolution à 10 Gbit/s) sur fibre optique est apparu dans les offres des constructeurs. IP sur Ethernet via la fibre optique ouvrira la porte aux applications basées sur des réseaux à haut débit qui fourniront des services intégrés pour la voix, les données, la vidéo sur demande ou l'imagerie médicale. Cette technologie devrait se démocratiser dans les transmissions WAN/MAN et dans la boucle locale, aux endroits où la fibre est disponible.

1.4. Les liaisons par fibre optique

Cette technologie a été développée pour permettre un transport de trafic à très haut débit. Elle nécessite cependant une infrastructure lourde à déployer vers les sites des clients finaux, ce qui explique qu'elle ait été à l'origine surtout utilisée :

- Pour les réseaux longue distance. En effet, une fibre optique monomode peut supporter des transferts allant jusqu'à 200 Gbit/s sur des dizaines de kilomètres sans répéteur. Ainsi tous les réseaux longue distance reposent sur le support optique.
- Plus récemment pour l'interconnexion des sites d'entreprises aux réseaux des opérateurs, pour les services de données, en complément au réseau téléphonique.

Or depuis quelques années la fibre optique est déployée pour constituer un réseau de boucle locale afin de desservir directement les sites clients. Le déploiement de boucles locales en fibre optique permet ainsi au client de pouvoir prétendre à des débits plus importants mais impose également à l'opérateur d'investir lourdement sur son réseau afin d'en développer la capillarité. Sur ces boucles locales peuvent être multiplexés des services voix et données.

1.5. L'accès par câble - HFC

Le câble est le réseau large bande le plus déployé en Europe de l'Ouest. L'offre de nouveaux services a contraint les opérateurs de câble à un effort important de mise à niveau de leurs réseaux, généralisant l'architecture de transport mixte de type HFC (Hybrid Fibre Coax) et activant une voie de retour bande étroite. L'architecture HFC a été reconnue comme l'une des plus fiables, tant techniquement qu'économiquement, car elle combine les avantages de la large bande passante de la fibre optique (utilisée au plus près de l'abonné) et les coûts faibles de la technologie câble coaxial (utilisée pour la desserte terminale).

Le HFC utilise typiquement une bande passante de 750 MHz, avec jusqu'à 250 MHz réservés pour un usage ultérieur. Ce spectre résulte de l'expansion du spectre traditionnel pour la vidéo analogique afin de réserver de la capacité pour les services vidéo numériques, la signalisation dans le sens montant pour les services interactifs (bande passante 5-42 MHz uniquement, car le HFC a initialement été conçu pour les services de diffusion), et la téléphonie. Les débits autorisés par les réseaux câblés de type HFC pour des services de transmission de données en complément de services de diffusion TV sont importants : en théorie 10 Mbit/s en voie descendante, et 760 kbit/s en voie remontante, soit plusieurs centaines de fois supérieures à celle d'un modem classique utilisant la ligne téléphonique. L'utilisation du HFC pour la transmission de données uniquement permet d'atteindre des débits de

l'ordre de 5 Gbit/s avec les modulations actuelles les plus performantes. Le HFC est compatible avec tout type de technologie de transmission actuelle ou à venir : ATM, Frame Relay, SDH, multiplexage en longueur d'onde DWDM...

La France est dans la situation du modèle « pay-TV » où l'opérateur de câble est un fournisseur de services de télévision. Il sélectionne et facture un ensemble de chaînes qu'il diffuse à l'abonné par le réseau.

1.6. Les courants porteurs en ligne (CPL)

La technologie CPL (Courant Porteurs en Ligne) ou PLC en anglais (PowerLine Communication) connaît un regain d'intérêt en Europe dans le cadre d'un accès à la boucle locale d'abonné dans des zones non desservies par d'autres techniques. La simplicité apparente de sa mise en œuvre et la capillarité du réseau électrique Basse Tension existant présentent des perspectives intéressantes pour la desserte locale du client final.

Au stade actuel de développement de la technologie CPL, il n'existe pas encore de normes techniques relatives à l'interopérabilité des équipements, d'où des solutions propriétaires. Par ailleurs, l'expérimentation du CPL montre des limitations d'utilisation, notamment pour un usage autre que local à un bâtiment. La première génération des spécifications du PLC autorisera des débits de transmission de données dans les bâtiments de l'ordre de 5 à 10 Mbit/s, ce qui permet aisément d'envisager des applications comme le streaming audio ou multimédia et la voix sur IP. La technologie CPL pourrait donc éventuellement jouer un rôle dans la diffusion de contenus multimédia de proximité (ex. : video streaming) ou l'ADSL à l'intérieur des bâtiments. Fiche technique d'un réseau local CPL, proposé par la société ALTERLANE (cf Annexe 2).

2. Les technologies d'accès fixe sans fil / radio

Plusieurs technologies permettent de fournir des services voix et données fixes en utilisant un accès radio. On citera notamment la boucle locale radio, les réseaux locaux sans fil et Bluetooth. Ces technologies sont globalement récentes (pas plus de quelques années), voire à leurs balbutiements, mais apparaissent très prometteuses et promises à des évolutions et un développement très importants. Quant aux réseaux satellitaires, plusieurs tentatives de déploiement déjà relativement anciennes ont mené à des échecs (avant tout d'ordre économique du fait des coûts particulièrement élevés de déploiement), mais ils pourraient, dans les prochaines années, trouver enfin leur place parmi les réseaux d'accès effectivement utilisés pour fournir des services « fixes ».

2.1. La boucle locale radio (BLR)

Aujourd'hui, la technologie BLR permet aux opérateurs alternatifs de s'affranchir de l'utilisation de la boucle locale de l'opérateur historique. Elle a l'avantage de la souplesse, de la rapidité et de la progressivité du déploiement (du fait de l'utilisation de la technologie radio) et permet des débits élevés ainsi que des services variés. Elle est donc vue comme une concurrente des technologies d'accès xDSL.

Le principe de la BLR consiste à remplacer les derniers kilomètres de lignes filaires arrivant au foyer de l'abonné par des liaisons radio directives en mode point-à-multipoint entre une station de base (BS) reliée au réseau opérateur et plusieurs stations terminales (TS) reliées aux réseaux clients. Le lien radio ne peut couvrir qu'une distance maximale de 5 ou 6 kilomètres dans la bande des 26 GHz et d'une dizaine de kilomètres dans la bande 3,5 GHz.

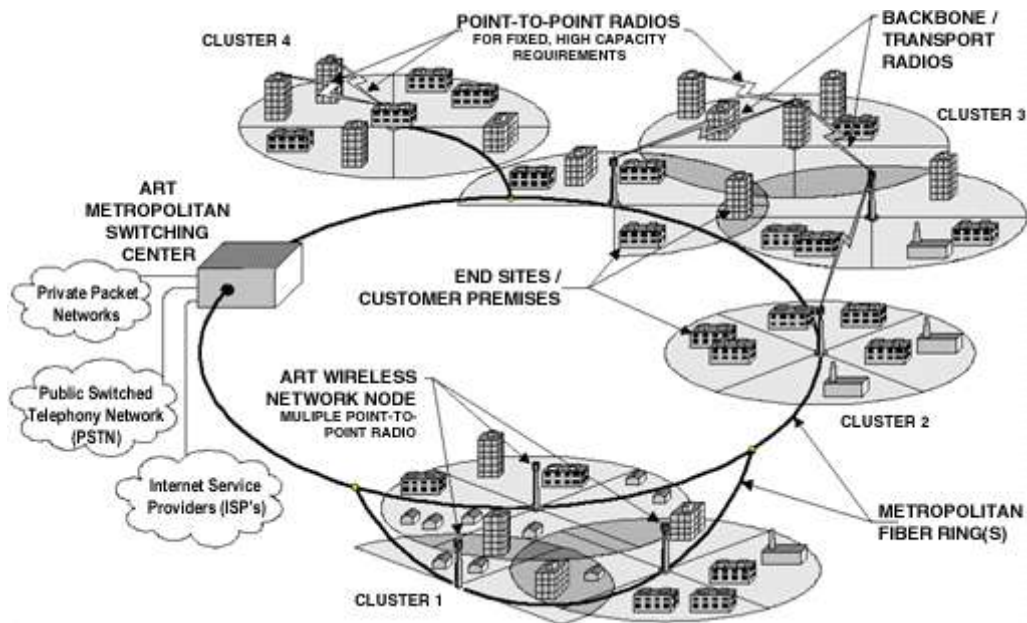


Figure 2 : La boucle locale radio.

La BLR est une technologie sans-fil large bande qui autorise la fourniture de services voix et données fixes à haut débit. Le réseau BLR se contente d'encapsuler les données dans des trames et ainsi ne limite aucunement les types de services pouvant être offerts. La technologie utilisée pour la transmission est le LMDS (Local Multipoint Distribution Services) qui a initialement été développé pour la diffusion de programmes télévisuels. Aujourd'hui, les services utilisant la technologie «LMDS» prévus selon les déclarations des opérateurs BLR couvrent une large gamme de services de communication, à savoir :

- L'accès à Internet haut débit,
- Les liaisons louées,
- La téléphonie de base,
- Les réseaux privés virtuels (VPN) et l'interconnexion de LAN,
- Le transfert de fichier en temps réel, le video streaming

Cependant, actuellement seules les offres d'accès Internet et de liaisons louées sont disponibles, les autres types de services étant moins répandus ou non disponibles. Les débits proposés pour les offres d'accès Internet sont généralement des débits symétriques de l'ordre de 128 kbit/s à 2 Mbit/s, caractéristique entre autres très intéressante dans le cadre d'utilisation de certains services multimédia en ligne (ex. : vidéoconférence). Certains opérateurs proposent également des débits asymétriques.

Les interfaces disponibles sur les équipements côté usager sont, par exemple, des liaisons à 2 Mbit/s tramées ou non, des interfaces pour la téléphonie analogique de base, des liaisons ATM, des liens Ethernet, des liens SDH (STM-1, STM-4).

Ce choix est logique si l'on considère que la BLR utilise déjà le transport ATM sur l'interface radio (protocole « Wireless ATM »). En cela, elle se rapproche de l'UMTS.

Sur le plan économique, notons en complément qu'après l'effervescence liée aux attributions de licences BLR en France, le marché a subi d'importantes évolutions (retraits, rachats...). Le déploiement de la BLR en France est donc encore incertain, et risque d'être contrasté en termes de couverture géographique et de clients visés.

2.2. L'accès satellite

Au-delà de son marché traditionnel de la diffusion TV et radio, le satellite pourrait également se positionner de façon tout à fait intéressante sur le marché de l'Internet, et plus particulièrement sur les applications « multicast », qui devraient représenter une part croissante du trafic Internet. Le satellite est en effet par nature adapté à ce type de transmissions point-à-multipoint. Il permet de s'affranchir du réseau Internet traditionnel et donc de garantir un certain débit de bande passante, ce qui est particulièrement important pour des applications de streaming média en temps réel.

Deux grands types de satellites peuvent être distingués : les satellites de diffusion, dits traditionnels, et les satellites multimédia de nouvelle génération. Les satellites multimédia sont généralement bidirectionnels, c'est-à-dire permettant une voie de retour (qui peut aussi être terrestre). L'objectif de ces satellites large bande est de diffuser un contenu spécifique à un utilisateur (configuration « unicast »), ou à un groupe d'utilisateurs (configuration « multicast »).

On citera par ailleurs le rôle à venir important de la norme DVB-RCS (Digital Video Broadcast – Return Channel for Satellite), vers laquelle les organisations européennes semblent converger pour le développement de terminaux compatibles avec les différentes technologies satellites utilisées, afin de fournir des services interactifs.

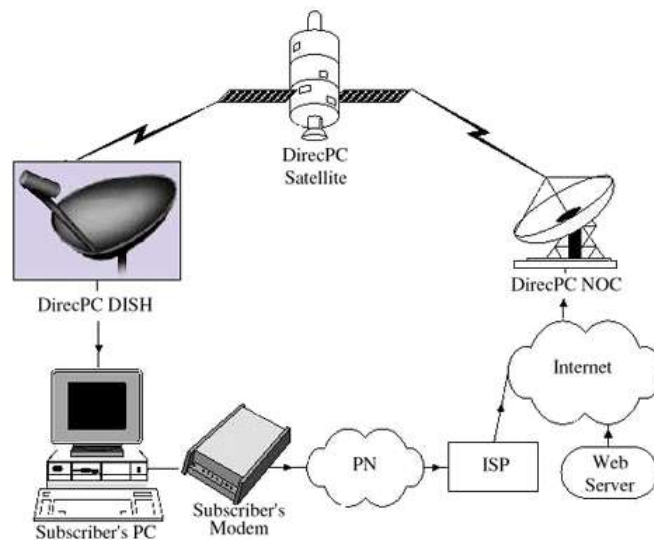


Figure 3 : L'accès satellite.

Grâce à ce type de satellites, trois grandes familles de service peuvent être envisagées : les services « multicast » basés sur la diffusion point-à-multipoint, les services à la demande basés sur une diffusion point-à-point, et les services d'accès à Internet bidirectionnel. Cette nouvelle génération de satellites multimédia pourrait à moyen ou long terme relancer les programmes de fourniture de services de communications par satellite, qui ont jusqu'ici été pour la plupart des échecs de par leur coût et l'étroitesse du marché visé, mais plutôt avec une approche de services « fixes ».

2.3. Les réseaux locaux sans fil (WLAN)

Les technologies WLAN permettent d'établir des réseaux locaux IP sans fil, entre des ordinateurs et périphériques. Le marché visé pour la technologie WLAN est en tout premier lieu le marché professionnel. Les services offerts aux clients sont les mêmes que ceux pour les accès fixes en mode IP : email, accès à un Intranet d'entreprise, accès à Internet, téléchargement de fichiers... L'application

initiale était plutôt orientée vers des réseaux privés d'entreprise, mais certains opérateurs déploient des réseaux WLAN publics (plusieurs projets en Asie, et plus récemment en Europe).

Les WLAN, comme les systèmes cellulaires, utilisent des stations de base pour communiquer avec des ordinateurs portables. A la différence de la BLR, les réseaux WLAN permettent de gérer la mobilité des utilisateurs au niveau IP. Les débits de transmission de données sont par ailleurs très supérieurs à ceux des réseaux cellulaires, présentés plus loin.

Actuellement, le marché des WLAN est partagé entre le standard 802.11b (appelé aussi Wi-Fi) et des technologies propriétaires. Le standard 802.11b est maintenant une technologie mature avec des produits existants qui répondent aux attentes du marché. De futures évolutions des WLAN devraient permettre des débits plus élevés (jusqu'à 54 Mbit/s) dans la bande 5 GHz. Il existe deux principales technologies concurrentes pour cette génération future : 802.11a (standardisé par l'IEEE aux Etats-Unis, successeur de 802.11b) et HIPERLAN2 (standardisé par l'ETSI en Europe, vise à concurrencer la technologie 802.11a grâce à de meilleures performances). Son prédécesseur, HIPERLAN1, n'a pas rencontré le succès commercial escompté). À partir de 2002/2003, le marché devrait se focaliser essentiellement autour de 802.11a et HIPERLAN2. À l'horizon 2005, on entrevoit déjà leurs remplaçants : des technologies qui opéreront dans des bandes de fréquence plus élevées (> 50 GHz) et qui fourniront des débits encore plus élevés (> 100 Mbit/s).

2.4. L'accès sans fil Bluetooth

Contrairement aux technologies WLAN ou BLR qui s'appuient sur une architecture centralisée, Bluetooth ne nécessite pas de point d'accès puisque les connexions peuvent être directement effectuées entre les appareils.

Initialement, l'utilisation de Bluetooth est prévue pour des connexions de très courte portée (dialogue entre périphériques – concept de « réseau personnel » -, ou desserte de l'ordre de quelques mètres).

Bluetooth pourrait évoluer pour être utilisé comme réseau d'accès afin d'offrir des services similaires à ceux du WLAN. On citera notamment le constructeur Ericsson, grand promoteur de Bluetooth, qui commence à proposer aux opérateurs une offre d'accès allant dans ce sens, s'appuyant sur des bornes de service Bluetooth utilisées en complément des accès réseaux mobiles (GSM/GPRS, UMTS) afin de desservir des sites d'entreprises.

2.5. Téléphonie sans fil : le DECT

Largement adoptée bien au-delà de l'Union Européenne puisqu'il est actuellement adopté dans plus de 110 pays, le DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) a vocation à couvrir les domaines d'application de la téléphonie sans-fil domestiques (domaine d'application initial), de la téléphonie sans-fil d'entreprise (solutions de « PABX sans-fil » – domaine où le DECT est maintenant massivement déployé et a supplanté les systèmes concurrents), et des systèmes d'accès sans-fil pour les abonnés aux réseaux de télécommunications publics (usage encore très marginal).

Le DECT est une norme européenne d'accès radio cellulaire numérique « sans fil » dont la première version a été publiée par l'ETSI en 1992, qui s'appuie sur un mode d'accès TDMA (Time Division Multiple Access) / FDD (Frequency Division Duplex). Il bénéficie de procédures de sécurité (authentification, chiffrement) importantes. Les principales différences du DECT par rapport aux principaux systèmes cellulaires numériques (GSM, DCS1800) sont que :

- Alors que les systèmes cellulaires sont développés pour une large couverture géographique, la norme DECT est optimisée pour une couverture locale (20- 300m) avec une forte densité d'utilisateurs.

- La sélection et l'allocation des canaux de fonctionnement pour une communication sont automatiques, et ne nécessitent aucune planification de fréquences, et la gestion de la mobilité en DECT est plus restreinte, son domaine d'application étant le « sans fil » (réseaux locaux) plutôt que le « mobile ».

Depuis 1995, la norme DECT a en effet été constamment étendue pour supporter :

- un service de transmission de données asynchrone en mode paquet appelé DPRS (DECT Packet Radio Service). Les débits supportés sont de 552 kbit/s actuellement, avec une évolution prévue jusqu'à 2 Mbit/s. Le DPRS supporte notamment les connexions V.24 et Ethernet TCP/IP.
- d'autres modes de transmission de données, comme la transmission isosynchrone à 32 kbit/s, ou des services de messaging analogues au GSM : DECT-SMS (Short Message Service), EMS (Enhanced Message Service) ou MMS (Multimedia Message Service).
- des services multimédia. Les systèmes DECT ont été enrichis d'un DECT Multimedia Access Profile (DMAP) incluant le GAP (profil d'accès des terminaux pour la voix) et le DPRS (pour les données).
- Le WAP (Wireless Access Protocol). Le DECT a en effet été intégré comme réseau d'accès possible dans les spécifications du protocole WAP.
- L'interopérabilité avec les réseaux mobiles 3G. L'évolution des services de données du DECT vers le haut débit est une des raisons pour lesquelles le DECT fait partie des normes de réseaux d'accès regroupés au sein de la famille IMT- 2000 pour les services mobiles de nouvelle génération. C'est même la seule technologie de cette famille qui dispose de produits commercialement disponibles et éprouvés.

La complémentarité de cette norme avec l'UMTS pourrait par exemple permettre une utilisation plus grande pour les particuliers et le DECT pourrait devenir un réseau d'accès mobile d'opérateur performant dans des zones localisées, au même titre que le WLAN.

3. Les réseaux d'accès mobiles

Plusieurs réseaux d'accès radio fournissant des services de radiocommunications mobiles publics sont ici présentés. Le GSM est une technologie historiquement orientée vers les services voix et données bas débit mature et très largement répandue, mais évolue actuellement avec l'ajout de services de transmission de données en mode paquet (GPRS), et à court terme avec l'émergence de la nouvelle génération « convergente » voix/données/multimédia : l'UMTS.

3.1. Radiocommunications : le GSM et le GPRS

Le GSM (Global System for Mobile communications) est une norme européenne de système de radiocommunications numérique. Cette technologie connaît un très fort succès, qui s'étend là aussi au-delà de l'Europe, avec une explosion du marché vers la fin des années 1990.

Le système GSM avait initialement vocation à la fourniture de services voix dans un environnement mobile. L'architecture de réseau repose donc sur un ensemble d'équipements spécifiques aux réseaux mobiles, mais le GSM ayant été spécifié dans l'optique d'un raccordement avec les réseaux RTC ou RNIS, la commutation de trafic s'effectue en mode circuit TDM à 64 kbit/s dans le cœur de réseau.

Le GPRS (General Packet radio Service), spécifié par l'ETSI en 1991, est un nouveau service mobile de transmission de données en mode paquet utilisant la technologie d'accès radio GSM.

Le GPRS est incontestablement une technologie prometteuse pour la convergence entre téléphonie mobile et Internet car :

- Le GPRS réutilise, moyennant quelques adaptations techniques, les réseaux d'accès radio GSM et les éléments de réseaux ainsi que les procédures puissantes d'authentification et de gestion de la mobilité implémentées dans le cœur de réseau et les terminaux GSM, ce qui en simplifie le déploiement.
- Par rapport au GSM, il permet une augmentation significative des débits de transmission de données, entre 30 et 40 kbit/s dans une première phase et plus de 100 kbit/s à moyen terme (vitesse maximale théorique : 171,2 kbit/s).
- Le GPRS repose sur un transport des données en mode paquet et utilise le protocole IP (Internet Protocol) au niveau du cœur de réseau, ce qui garantit une compatibilité maximale avec les réseaux Intranet et Internet.
- Le GPRS autorise le développement de nouveaux usages basés par exemple sur une connexion permanente (« always on »), et sur une facturation des services en fonction du débit de données transmis, et non plus de la durée de connexion comme en GSM.

En revanche, les évolutions nécessaires au niveau de l'interface radio GSM pour supporter la transmission de données en mode GPRS imposent notamment le remplacement des terminaux existants par des appareils totalement GPRS ou plus généralement bi-mode, GSM/GPRS.

La technologie GPRS est communément appelée « 2,5 G » car elle est vue comme une transition essentielle de la transmission de données bas débit en mode circuit du GSM (système mobile de deuxième génération), vers la transmission de données en mode paquet à très haut débit de l'UMTS (système mobile de troisième génération).

3.2. Les réseaux 3G UMTS

L'expression « Universal Mobile Telecommunications System » (UMTS) désigne la norme cellulaire numérique de troisième génération retenue en Europe. Atteignant à terme 2 Mbit/s dans certaines conditions, les vitesses de transmissions offertes par les réseaux UMTS seront nettement plus élevées que celles des réseaux de seconde génération.

Cette technologie nécessite le déploiement de nouveaux équipements radio par rapport au GSM et au GPRS : l'UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access). Elle utilise de nouvelles bandes de fréquences. L'évolution de l'interface radio permettra d'augmenter les débits disponibles pour les utilisateurs finaux en utilisant la technologie d'accès CDMA (Code Division Multiple Access), qui offre des améliorations importantes en terme d'efficacité spectrale. L'UTRA utilise un transport ATM sur la voie radio, et les interfaces vers le cœur de réseau sont, du moins initialement, basées sur un transport ATM (ATM/AAL2 pour la voix, ATM/AAL5 pour la donnée).

L'UMTS constitue par rapport au GSM/GPRS plusieurs évolutions majeures :

- L'utilisation d'un nouveau réseau radio adapté pour un transport convergent des services voix et données en mode ATM de la voie radio jusqu'au cœur de réseau (une évolution vers IP est envisagée à long terme).
- Un cœur de réseau unifié pour les services voix et données, avec un transport en ATM ou IP.
- L'introduction progressive du concept de VHE (Virtual Home Environment) qui permet l'adaptation des services à toute situation de mobilité (par rapport au réseau, à l'utilisateur ou au terminal).

- A moyen terme, une séparation des couches Transport et Contrôle du cœur de réseau, ainsi que des couches Contrôle et Services dialoguant via des interfaces normalisées OSA (Open Service Architecture).
- A moyen terme, l'introduction de nouveaux services nativement IP multimédia basés sur le protocole de contrôle d'appel SIP.
- Pour être complet sur le périmètre technique de l'UMTS, notons par ailleurs que la norme UMTS prévoit plusieurs réseaux d'accès possibles. En complément de l'UTRA, une composante d'accès satellite est prévue, mais ses développements et sa maturité sont encore incertains. Par ailleurs, il est prévu une interopérabilité des services mobiles 3G entre plusieurs réseaux d'accès utilisant les méthodes de multiplexage CDMA, TDMA et/ou FDMA, regroupés au sein de la famille IMT- 2000. Le DECT en fait partie.

Alors que les expérimentations UMTS sont en cours, les premiers déploiements opérationnels sont attendus pour 2002-2003. Cette technologie nécessite de nouveaux terminaux adaptés à l'interface radio UTRA, et multimodes GSM/GPRS afin de pouvoir fonctionner en repli sur les réseaux 2G dans les zones non couvertes et UMTS

3.3. Complémentarité avec les réseaux d'accès fixes sans fil

Il ressort du panorama réalisé que deux technologies d'accès fixe sans fil sont particulièrement proches des réseaux mobiles, et permettent d'envisager une réelle complémentarité d'utilisation, dans une optique de convergence fixe/mobile :

- Le DECT, historiquement conçu pour supporter des services de téléphonie, au même titre que le GSM, intègre les mêmes évolutions que ce dernier avec l'introduction du service de transmission de données en mode paquet GPRS (à comparer au GPRS pour le GSM). De même que des terminaux bi-modes DECT/GSM avaient été spécifiés, les évolutions du DECT prévoient un interfonctionnement avec les réseaux UMTS qui sont les successeurs du GSM/GPRS.
- Le WLAN, historiquement conçu pour supporter des services de données IP, pourrait permettre grâce à l'utilisation de ce protocole IP fédérateur et notamment à ses fonctions « Mobile IP », de mettre en œuvre un interfonctionnement des services avec les réseaux GPRS, et ultérieurement UMTS, qui offrent des services identiques en mobilité étendue.

4. Conclusion

Les nouvelles technologies d'accès haut débit sont une composante connexe très importante car elles influenceront sur la rapidité d'introduction et les modalités techniques détaillées de mise en œuvre des cœurs des réseaux.

Les différentes technologies de réseaux d'accès examinées sont complémentaires en termes d'usages et de services, et ont donc chacune un rôle à jouer dans le développement effectif des services IP multimédia de nouvelle génération. Elles présentent des caractéristiques diverses qui en feront des éléments technologiques et économiques moteurs pour le développement des réseaux nouvelle génération, selon :

- Leur niveau de maturité (existence de produits) et le potentiel de marché qu'ils couvrent en termes d'utilisateurs et d'environnement.
- Le support de services temps réel basés sur IP et les débits de transmission de données offerts.

- Le support du nomadisme ou de la mobilité, et de l'inter fonctionnement des services entre plusieurs réseaux d'accès.
- La nature des interfaces de transport (normalisées ou disponibles auprès des industriels) entre le réseau d'accès et le cœur de réseau. Cet élément impactera naturellement les choix des opérateurs en termes de protocole de transport convergent au sein du cœur de réseau.

Ainsi, si les technologies d'accès WLAN ou Ethernet orientent plutôt l'opérateur vers une solution de transport unifié en IP natif dans le cœur de réseau, les technologies xDSL, BLR ou UMTS l'orientent plutôt, du moins à court/moyen terme, vers une solution ATM.

Les technologies d'accès fibre optique, câble, CPL, satellite, ou Bluetooth étant du niveau « liaison », elles sont neutres en termes de protocole de transport et n'entreront a priori pas en compte dans le choix de la solution de transport unifié des opérateurs.

Il ne faut pas négliger l'état du réseaux existant (cf figure 4) ainsi que l'aspects réglementaires et purement politique, comme par exemple le développement du CPL en France (cf Annexe 3).

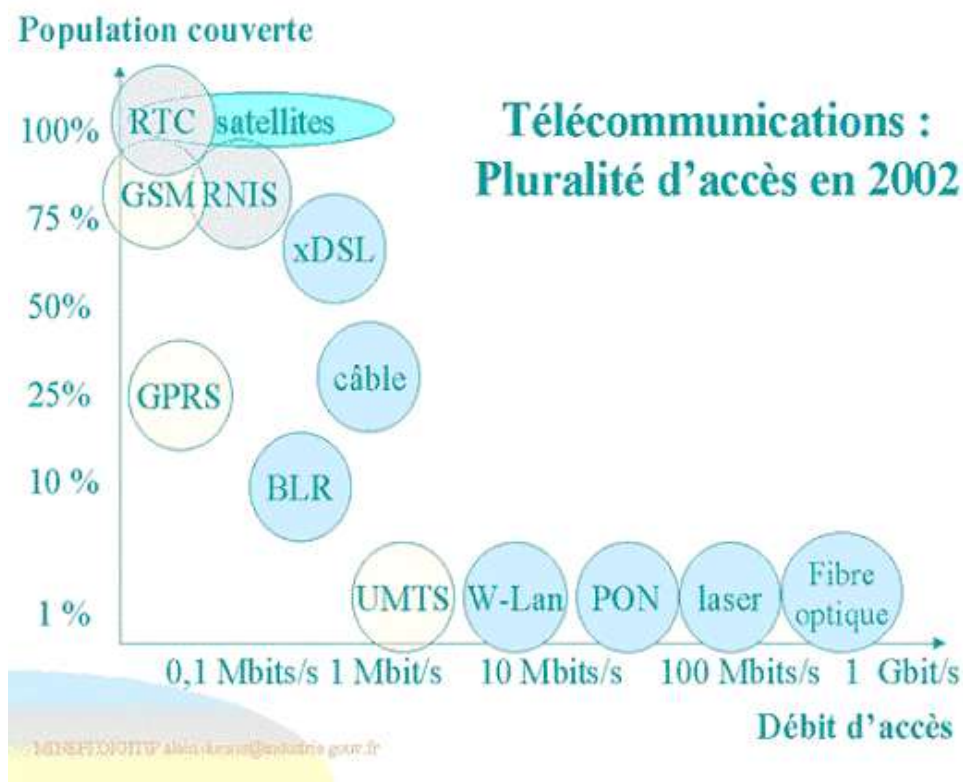


Figure 4 : Couverture nationale française des différentes technologies

- BLR : Boucle Locale Radio.
 GPRS : General Packet Radio Service.
 GSM : Global System for Mobile communications.
 PON : Passive Optical Network.
 RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services.
 RTC : Réseau Téléphonique Commuté.
 UMTS : Universal Mobile Telecommunications System.
 xDSL : Techniques de transmission à hauts débits sur lignes téléphoniques.
 W-lan : Wireless-Location Area Network.

Le tableau suivant présente une synthèse des caractéristiques des technologies d'accès qui sont pertinentes à analyser afin d'en évaluer le potentiel d'utilisation ou d'influence.

Technologie d'accès	Maturité	Débit de données (ordre de grandeur)	Commutation / interface vers le cœur de réseau	Potentiel pour les réseaux de nouvelle génération.	
Réseaux d'accès fixes					
RTC, RNIS	Très mature	< 64 ou 128 kbit/s	TDM (circuit)	+	Paquetisation de la voix (transport), puis services VoIP
xDSL	ADSL :moyenne Autres : faible	0,5 à 50 Mbit/s	Interconnexion ATM, ou IP sur ATM	+++	Opérateurs alternatifs, interfaces IP, voix sur xDSL
Ethernet	Très mature	LAN : 10-100 Mbit/s WAN : 1-10 Gbit/s	IP natif	+++	Extension aux réseaux MAN/WAN
Fibre optique	Mature	Plusieurs centaines de Gbit/s si WDM	Neutre (niveau liaison)	++	Extension aux boucles locales. WAN : généralisation WDM et commutation optique
HFC (Câble)	Mature	Si TV : 0,5-10 Mbit/s Données seul : ~5 Gbit/s	Données : orienté IP (norme Docsis)	++	Diversification vers Services VoIP, données, Internet
CPL	Faible	Jusqu'à 10 Mbit/s	Neutre (niveau liaison)	+	Services de proximité
Réseaux d'accès fixes sans fil / radio					
BLR	Moyenne / faible	Jusqu'à > 500 Mbit/s	ATM initialement	++	Tous services fixes, voix et données
DVB (Satellite)	Moyenne	Jusqu'à 30 Mbit/s	Données : orienté IP	+	Services fixes de diffusion, à la demande, ou éventuellement bidirectionnels
WLAN	Mature, évolutif	Jusqu'à 11 Mbit/s (évol. > 50 Mbit/s)	IP natif	+++	Services nomades de transmission de données haut débit, complément aux réseaux mobiles
Bluetooth	Faible	Jusqu'à 1 Mbit/s	Neutre (niveau liaison)	+	Essentiellement côté terminaux
DECT	Mature, évolutif	0,5 Mbit/s, (évol. : 2 Mbit/s)	TDM (circuit) ou IP (paquet)	+	Réseaux d'entreprises, (Opérateurs : complément aux réseaux mobiles 3G)
Réseaux d'accès mobiles					
GSM	Mature	< 15 kbit/s (évol. ~70 kbit/s avec HSCSD)	TDM (circuit)	+	Paquetisation De la voix (transport)
GPRS	(évol. GSM) Faible	10-150 kbit/s (évol. ~380 kbit/s avec HSCSD)	IP (paquet)	++	Services données mobiles en Mode paquet, Transport IP
UMTS	Très faible	~380 kbit/s (évol. 2 Mbit/s)	Paquet. ATM (évol. IP à terme)	+++	Serv. données mobiles multimédia, cible = réseau 100% NGN

Chapitre 2

ETHERNET DU 10 MB/S AU 10 GB/S EN 20 ANS

1. Introduction Ethernet

1.1. Historique

Ethernet est basée sur la norme d'IEEE 802.3 proposée par l'Institute for Electrical and Electronic Engineers (IEEE) adoptée en 1983. Cette norme définit les paramètres de configuration du réseau et comment les différentes composantes agiront ensemble.

Dans le but d'augmenter la vitesse de transmission des données, la norme 802.3u a été créée. Cette norme définit les paramètres d'un réseau Ethernet à 100 mégabits par seconde établie en 1995. Une autre norme a été adoptée pour établir la vitesse d'un réseau Ethernet à 1 gigabits par seconde. Il s'agit de la norme 802.3z adoptée en 1998. Aujourd'hui, 20 ans après c'est la norme 802.3ae qui est venue d'être standardisée pour un réseau Ethernet à 10 gigabits.

La simplicité de la méthode d'accès et la simplicité de l'interconnexion avec les autres technologies ont fait d'Ethernet une technologie évolutive à des coûts acceptables pour toutes les catégories d'utilisateurs. Même si les câbles coaxiaux ont été « abandonnés » lors du passage de 10 à 100Mbps, c'est cette simplicité de mise en oeuvre qui permet une évolution progressive vers les technologies multimédias à partir des infrastructures existantes sans réinvestissements lourds. Les câblages en paires torsadées de catégorie 5 (UTP & FTP) sont utilisables de 10 Mbps jusqu'à 1 Gbps.

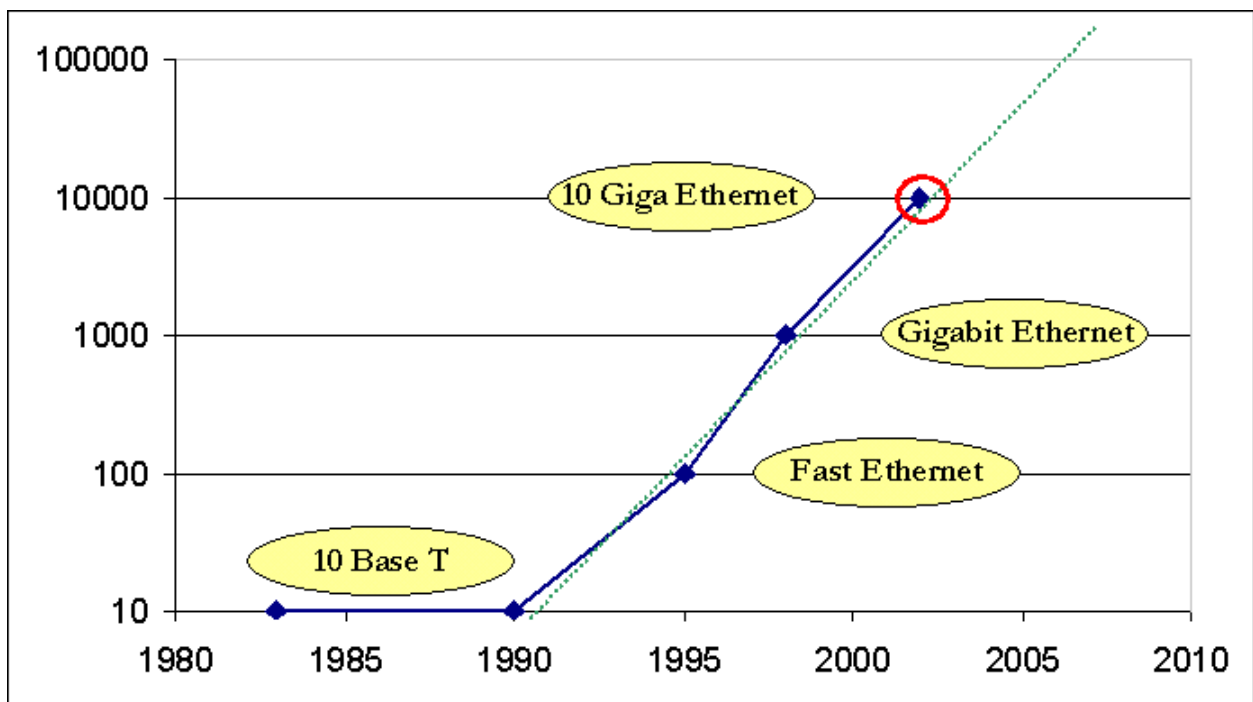


Figure 5 : Evolution Ethernet

1.2. Principes

- Support de transmission :
 - o Segment = Bus Passif = Câble coaxial.
 - o Pas de boucle, pas de sens de circulation.
 - o Diffusion de l'information, écoute sélective.
 - o Transmission en Bande de Base.
- Équipement raccordé sur ce câble par un transceiver (transmitter + receiver = transceiver)
- Un équipement Ethernet a une adresse unique au monde (adresse ethernet ou adresse MAC)
- Sur le câble circulent des trames : Suites d'éléments binaires (trains de bits)
- À un instant donné, une seule trame circule sur le câble
 - o Pas de multiplexage en fréquence.
 - o Pas de full duplex.
- Trame émise par un équipement est reçue par tous les transceivers du segment Ethernet.
- Trame contient l'adresse de l'émetteur et du destinataire.
- Un coupleur est à l'écoute de la totalité des trames qui circulent sur le câble, Si une trame lui est destinée Il la prend, la traite et la délivre à la couche supérieure.
- Une station qui veut émettre : regarde si le câble est libre. Si oui, elle envoie sa trame ,si non elle attend que le câble soit libre.
- Si 2 stations émettent ensemble, il y a collision. Les 2 trames sont inexploitable. Les 2 stations détectent la collision, elles ré-émettront leur trame ultérieurement.

1.3. Modèle OSI et Ethernet

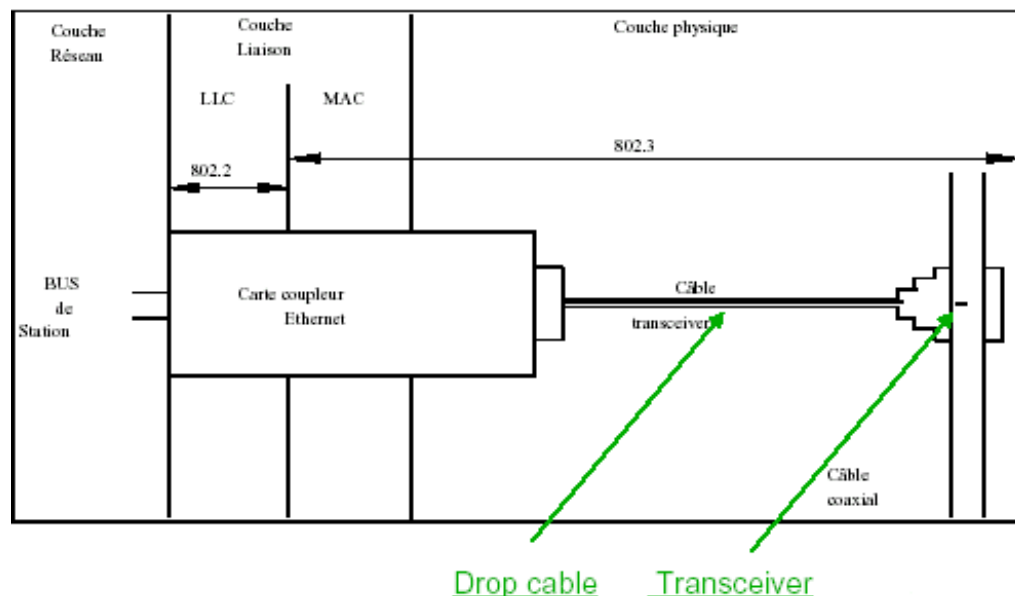
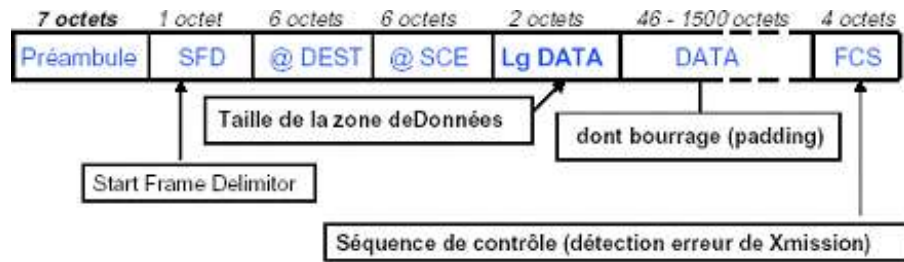


Figure 6 : Modèle OSI et Ethernet

- o MAC : Media Access Control.
- o LLC : Logical Link Control.
- o Câble transceiver ou Drop (AUI : Attachment Unit Interface).
- o Transceiver : Medium Attachment Unit (MAU) = Physical Medium Attachment (PMA) + Medium Dependand Interface (MDI).

1.4. Format d'une trame IEEE 802.3



FORMAT D'UNE TRAME ETHERNET



Figure 7 : Trame 802.3

- **Préambule :**
 - o Taille : 7 octets identiques (10101010) $\Leftrightarrow$ Simple suite continue de bit à 0 et de bit à 1.
 - o Assez long pour servir à la synchronisation de l'horloge locale.
 - o Pas de fin de trame (pas d'échappement).
 - o
- **SFD : Start Frame Delimitor :**
 - o Marque le début de la trame.
 - o Taille : 1 octet.
 - o SFD = 10101011.
 - o
- **Adresses :**
 - o L'adresse destinataire peut donc représenter :
 - L'adresse physique d'une machine locale.
 - L'adressage d'un groupe de machines (multicast).
 - Toutes les machines du réseau local (broadcast).
 - o L'adresse source représente seulement : L'adresse physique de la station émettrice.
- **Type données :**
 - o Taille : 2 octets.
 - o Norme : "Si la valeur du champ taille > 1500 alors la trame peut être ignorée, détruite ou utilisée à d'autres fins que IEEE802.3" $\Rightarrow$ permet la compatibilité avec Ethernet.
- **Données :**
 - o 1 < Taille du champs de données utiles < 1500 octets.
 - o Padding : Ajout d'octet(s) sans signification pour envoyer moins de 46 octets de données.
 - o Longueur minimale de la trame : 72 octets.
- **FCS : Frame Check Sequence :**
 - o Contrôle à la réception de la trame par calcul.
 - o Calcul = CRC (Cyclic Redundancy Check) (Division polynomiale).
 - o CRC sur champs destination, source, longueur et données.

2. Ethernet 10 Mb/s et 100 Mb/s

2.1. Architecture

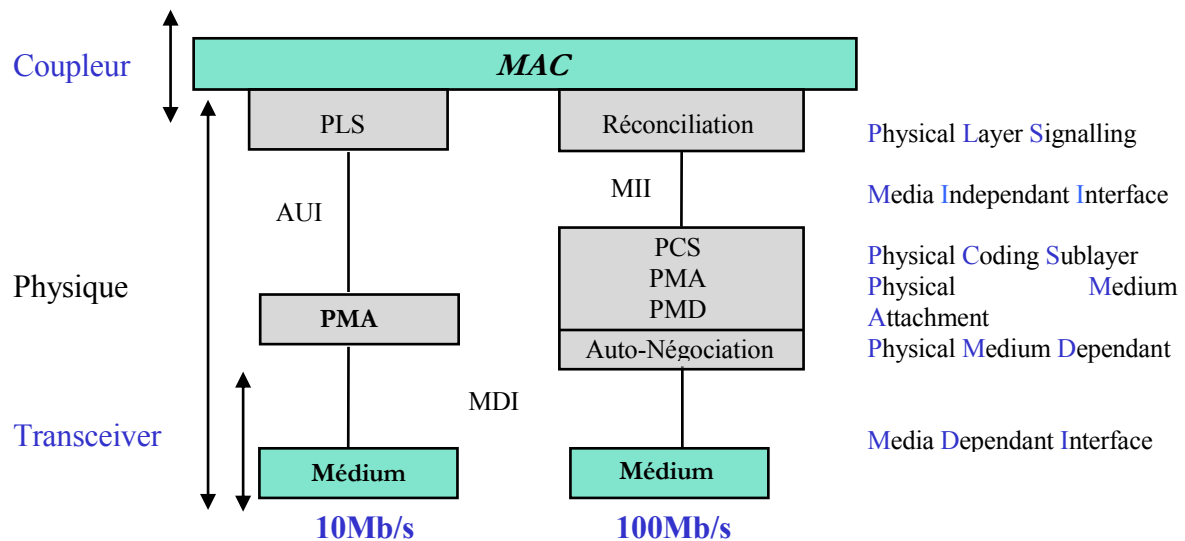


Figure 8 : Architecture Ethernet

- Recherche d'une structuration
- Sous couche Réconciliation + MII
 - Interface commune à la couche MAC quelque soit le codage.
 - 2 types de codages prévus, car 2 types de qualité de câblage utilisés.
 - N'existe pas à 10Mb/s (PLS), mais est bien sur compatible grâce à la négociation.
- MII : Connecteur 40 broches souvent interne.
 - Lien entre la couche MAC et la couche physique.
 - Permet la connexion d'un adaptateur similaire au transceiver.
 - Dimension 50 x 15 (mm).
 - Cordon écranté à base de paires torsadées (28 AWG) de longueur limitée à 0.5m maximum => suppression du drop câble.
- PCS (Physical Coding Sublayer) :
 - Codage des données issues de la couche MAC (transition, synchro, fréquence).
- PMA (Physical Medium Attachment) :
 - Pour la connexion sur le câble.
 - Transmission/Réception des signaux.
 - Gère l'horloge et la synchronisation.
- PMD (Physical Medium Dependent) :
 - Uniquement pour 100 Base (FX & TX).
 - Connectique différente avec PMA identique.
- Auto-négociation : Mécanisme de détection du mode de fonctionnement du matériel connecté (issu de National SemiConductor).

- o Recommandé par la norme, les constructeurs conseillent le + possible de fixer les paramètres.
- o Uniquement pour paires torsadées.
- o Débit fixe (100 Mb/s) pour la fibre optique.
- o Ne reconnaît pas le type de câble (catégorie).
- o Sélection vitesse/mode d'échange : 10/100Mb/s, full/half duplex.
- o Informe le partenaire de ses propres mécanismes (normalisés ou avec parfois de la valeur ajoutée propriétaire).

2.2. Le Codage

- Ethernet 10 Mbps utilise le codage : Manchester.
- Ethernet 100 Mbps utilise le codage : Table de codage « 4B / 5B » + « NRZI ou MLT-3 ».
- Principes de codages (cf Annexe 4).

2.3. Méthode d'accès : CSMA / CD

- o CSMA: Carrier Sense Multiple Access (Accès multiple avec écoute de la porteuse).
- o CD: Collision Detection (Détection de collision).

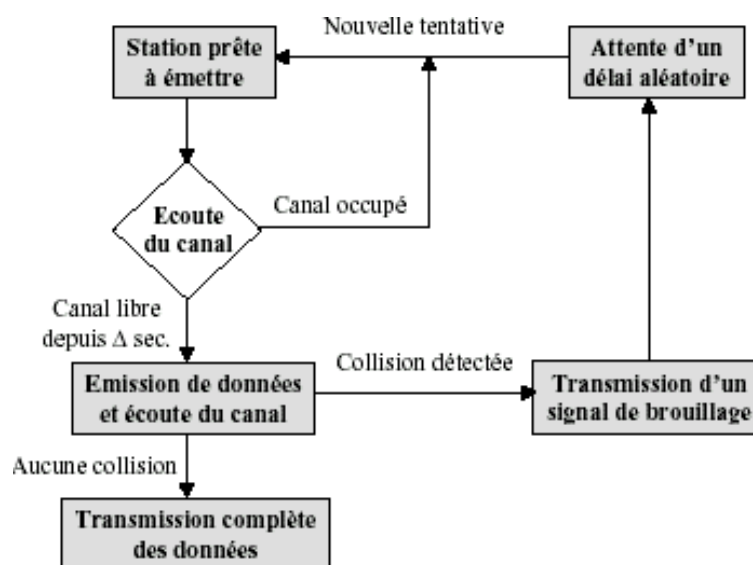


Figure 9 : MAC : Transmission d'une trame

- Si rien à transmettre, alors station silencieuse.
- Si besoin d'émettre :
 - o écoute pendant 9,6 μs minimum (IFG).
 - o si quelqu'un émet on recommence à écouter.
 - o sinon envoi de la trame mais écoute pendant 51,2 μs (slot time)
 - si trafic reçu pendant slot time alors collision !!!
 - si collision alors émission d'un jam (enforcement de collision) pour que tout le monde détecte la collision pendant au moins 32 bit times.
 - attente d'un délai aléatoire (algorithme de backoff) avant réémission.

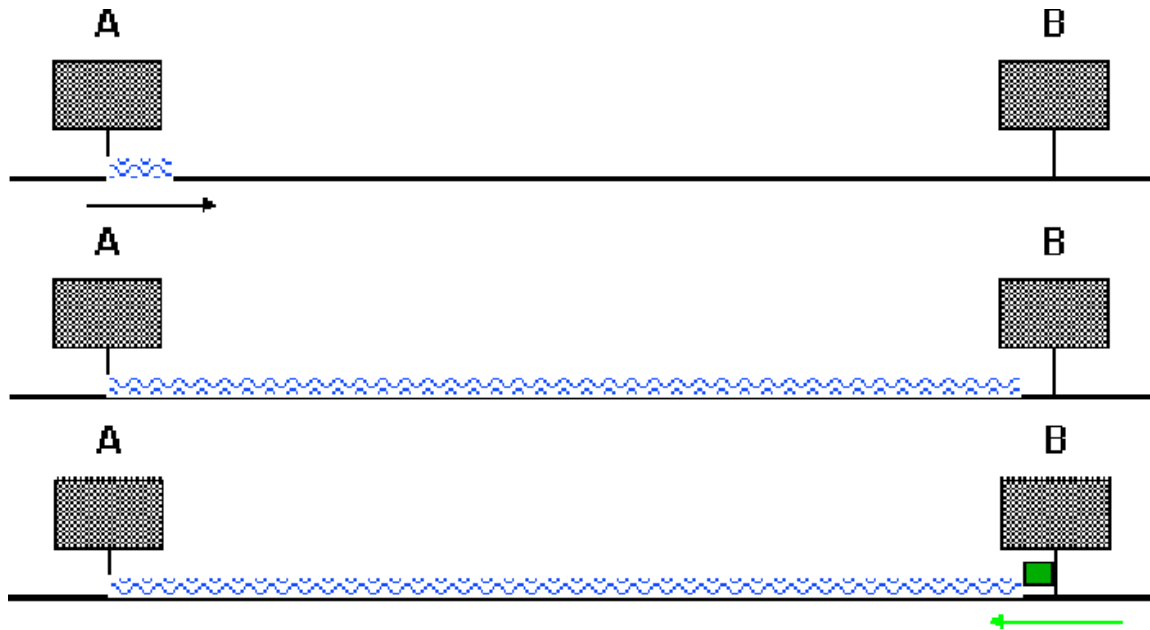


Figure 10 : Exemple de collision

2.4. Ethernet 10 Mbps

C'est le point de départ de la normalisation. La première définition est la plus proche du *Standard Ethernet II* publié par DEC, Intel et Xerox. La topologie utilisant des câbles coaxiaux est toujours de type BUS. Cette topologie était avantageuse lorsque le nombre et la disposition des stations changeaient. Aujourd'hui, le coût des câbles en paires torsadées FTP de catégorie 5 est suffisamment faible pour que l'on n'hésite plus à tout recâbler à chaque évolution d'implantation.

Le câble standard a été défini à l'origine pour des connexions avec transceivers à piquage (vampire) puis étendu à la connectique de type N-BNC.

10Base5, Thick Ethernet (IEEE 802.3)	
Support	câble coaxial 50 Ohms associé à une connectique N-BNC
Longueur maximum	500 m par brin. Les câbles doivent avoir une longueur multiple de 23,4m pour que les réflexions produites sur les raccords soient superposées déphasées
Distance entre connexions	au moins 2,50m (points repérés sur le câble)
Nombre maximum de connexions	au plus 100 connexions par brin
10Base2, Thinnet ou Thin Ethernet (IEEE 502.3 a)	
Support	câble coaxial 50 Ohms (RG58) associé à une connectique BNC
Longueur maximum	185m
Distance entre connexions	50 cm
Nombre maximum de connexions	30 stations

(IEEE 802.3 c-d)	
Définit les caractéristiques des répéteurs 10Base2 ainsi que les liaisons inter-répéteurs en fibre optique FOIRL (Fiber Optic Inter Repeater Link).	
Le répéteur interconnecte les brins de média entre eux en : • régénérant les signaux, • prolongeant les fragments (morceaux de trames issus des collisions), • complétant les préambules. Il peut aussi intervenir sur la propagation des collisions ou interrompre une émission trop longue. La liaison FOIRL doit avoir une longueur inférieure ou égale à 1 Km.	
10BaseT débit 10Mbps (IEEE 802.3 i)	
Introduite en 1986, cette définition constitue une évolution majeure d'Ethernet. C'est la première à adopter une topologie étoile analogue à celle des installations téléphoniques. Depuis, cette topologie étoile domine très largement dans les installations réseau.	
Support	paire torsadée non-blindée (UTP : Unshielded Twisted Pair) associée à une connectique RJ45 en topologie étoile.
Longueur maximum	100 m
10Base-F débit 10Mbps (IEEE 802.3 j)	
Support	fibre optique multimodes (62.5/125_m) associée à une connectique ST ou SC
Longueur maximum	2 Km

2.5. Fast Ethernet IEEE 802.3u

Publiée en 1995, ces spécifications ont très vite été adoptées. Le coût par port a chuté de 50% entre 1996 et 1999.

100BaseT débit 100Mbps	
La signalisation 100Base-X sur les câbles et fibres reprend celle développée pour la technologie FDDI (Fiber Distributed Data Interface).	
Support 100Base-T4	utilise 4 paires (transmission, réception, 2 bi-directionnelles) de câbles UTP de catégories 3, 4 ou 5. Les 100Mbps sont répartis sur 3 paires.
Support 100Base-TX	utilise 2 paires (transmission, réception) de câbles UTP5 ou STP (Shielded Twisted Pair). Ce câble supporte 200 Mbps en mode full duplex sur des liaisons entre équipements.
Longueur maximum	100 m
100 BaseFX débit 100Mbps	
Support	fibre optique multimodes (62.5/125_m) associée à une connectique ST ou SC.
Longueur maximum	400 m

3. Gigabit Ethernet : la suite logique de l'évolution des normes.

3.1. Objectif

Début des travaux en 1996 :

- Permettre les connexions half et full-duplex.
- Utilisation du même format de trame Ethernet 802.3.
- Utilisation de la méthode d'accès CSMA/CD avec 1 seul répéteur par domaine de collision.
- Assurer compatibilité avec les technologies 10/100 base.
- 3 objectifs spécifiques au niveau des liens :
 - o Fibre multimode avec un maximum de 550 mètres.
 - o Fibre monomode avec un maximum de 3 kms (extensible à 5 kms).
 - o Câble cuivre allant au moins à 25 mètres.

3.2. Trame IEEE 802.3 : Rappel

- Half duplex : méthode d'accès CSMA/CD.
- Full duplex : pas de collision.
- Taille des trames : 64 octets à 1500 octets.
- Délai inter-trame : 96 bits.
- RTD est divisé par 100, par 10 pour Ethernet 100.
- Slot Time : 512 bits (64 octets).

3.3. Full-duplex Gigabit Ethernet

- Paramètres identiques à Ethernet 10 et 100 Mbps :
 - o Excepté la possibilité de transmettre des trames « Jumbo » de grande taille.
 - o Avantage : augmente le débit utile en réduisant le nombre d' en-têtes transmis.
 - o Problème : compatibilité entre cartes et répéteurs (non standardisé par l' IEEE).

3.4. Half-duplex Gigabit Ethernet: CSMA/CD

- Pour conserver un diamètre de domaine de collision à 200m (comme le 100 Base ...), on augmente le slot time (temps d'acquisition du canal).
 - o Taille du Slot Time passe de 64 à 512 octets
 - Taille minimale trame reste à 64 octets.
 - Extra carrier extension si taille inférieure à 512 octets.
 - Trames de taille > 512 octets non affectées.
 - Packet bursting : agrégation des petites trames pour optimiser la bande passante.
- Mêmes adresses que IEEE 802.3.
- Développement de matériel proche du répéteur appelé "buffered distributor" pour éliminer les contraintes du CSMA/CD. Le "buffered distributor" est un répéteur full-duplex sans adresse MAC (comme répéteur) avec 2 ports ou plus (multi-répéteur), il répète les trames sur tous les ports, sauf d'ou elles viennent.

- Différence avec le répéteur : possibilité de mémoriser (tampons) une ou plusieurs trames avant de les envoyer sur le lien.
- Appelé "CSMA/CD in a box".

3.5. Evolution de la couche physique

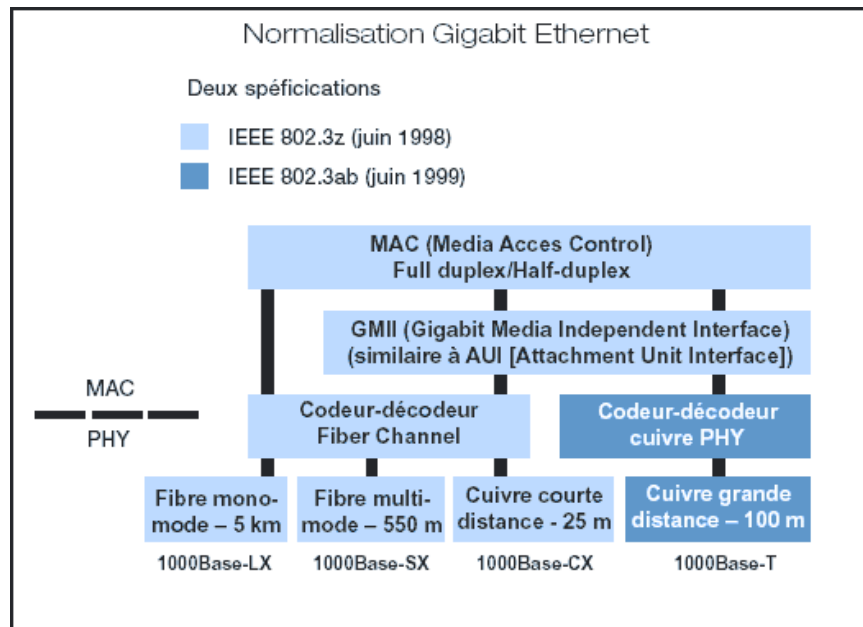


Figure 11 : Normalisation Gigabit Ethernet

On y retrouve beaucoup de similitudes avec le modèle Fast Ethernet :

- Une couche intermédiaire GMII (Gigabit Media Independent Interface) .
- Un ensemble de 3 couches dépendantes du support physique : 1 couche pour l'encodage (sous Fast Ethernet elle s'appelait PCS (Physical Coding Sublayer), 1 couche PMA (Physical Medium Attachment) qui génère et réceptionne les signaux, notions d'horloge, synchronisation, etc... et une dernière qui définit la connectique.

3.6. Gigabit Ethernet 802.3z

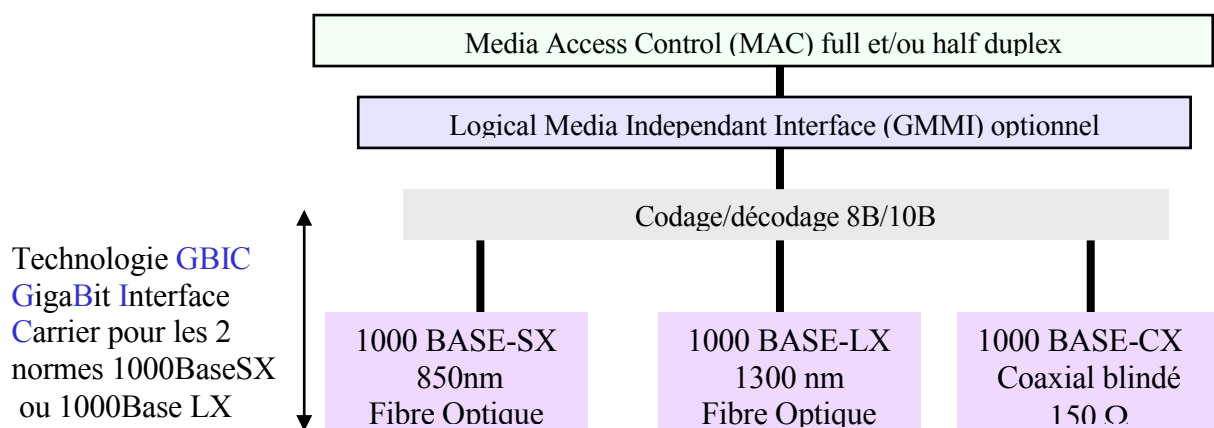




Figure 12 : Le GIBIC

- 802.3z 1000 Base SX
 - o Le moins cher : Small Wave Length
 - Émission à 850 nm (comme ethernet 10).
 - Connecteur SC.
 - Les distances à respecter :

Type FO	Bande passante (MHz * Km)	Distance minimum (mètre)	Distance maximum (mètre)
Multimode 62.5/125	160	2	220
Multimode 62.5/125	200	2	275
Multimode 50/125	400	2	500
Multimode 50/125	500	2	550

- 802.3z 1000 Base LX
 - o Pour distances + longues : Long Wave Length
 - Émission à 1300 nm (+ cher).
 - Connecteur SC.
 - Les distances à respecter :

Type FO	Bande passante (MHz * Km)	Distance minimum (mètre)	Distance maximum (mètre)
Multimode 62.5/125	500	2	550
Multimode 50/125	400	2	550
Multimode 50/125	500	2	550
Monomode 9/125	-	2	5000

- 802.3z 1000 Base SX/LX : DMD
 - o Differential Mode Delay (DMD) : le retard modal affecte les différents modes des F.O multimodes dans des cas limites (fibres et transceivers limites).

Transceivers 1000 Base-SX : conditionneur intégré.

Transceivers 1000 Base-LX : conditionneur démontable.

Le même émetteur/récepteur 1000 Base-LX peut être utilisé pour la fibre monomode.

Solution : Déviation des modes passant au centre du noyau (en ligne droite) par un conditionneur :



Sans conditionneur

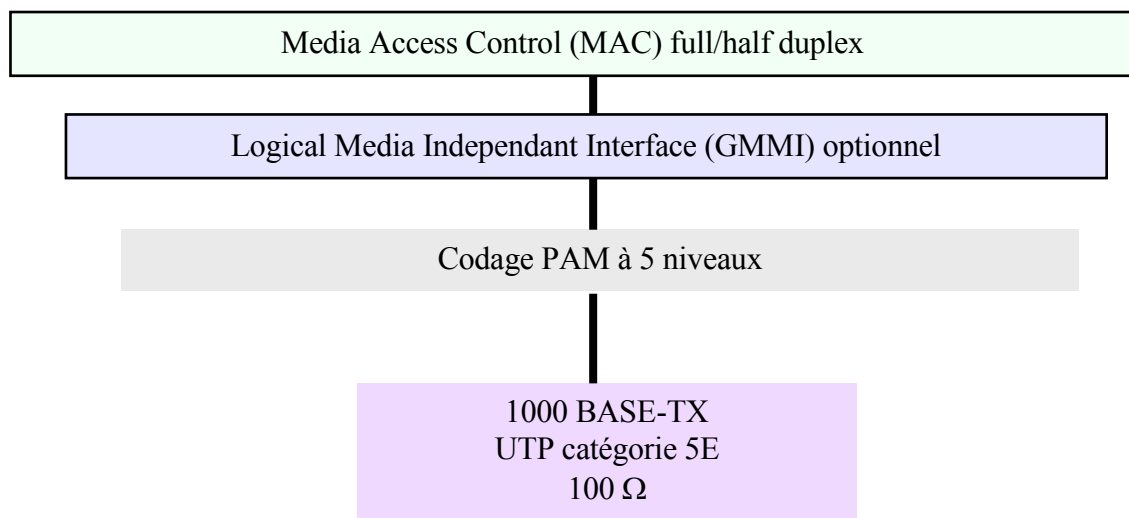


Avec conditionneur

Figure 13 : principe du conditionneur

- 802.3z 1000 Base CX
- Le gigabit sur le cuivre en attendant le 1000 Base T sur câble paires torsadées catégorie 5E
 - o Pour réduire les coûts.
 - o Distance maximale : 25 mètres (Salle machine).
 - o Câble twinaxial blindé 150 Ω spécial (câble IBM1 ou IBM2 non recommandé).
 - o Connecteurs DB9 (style 1) ou HSSDC (High-Speed Serial Data Connector) (style 2) conçu par AMP.
 - o Codage 8B/10B.
 - o Produits non commercialisés.

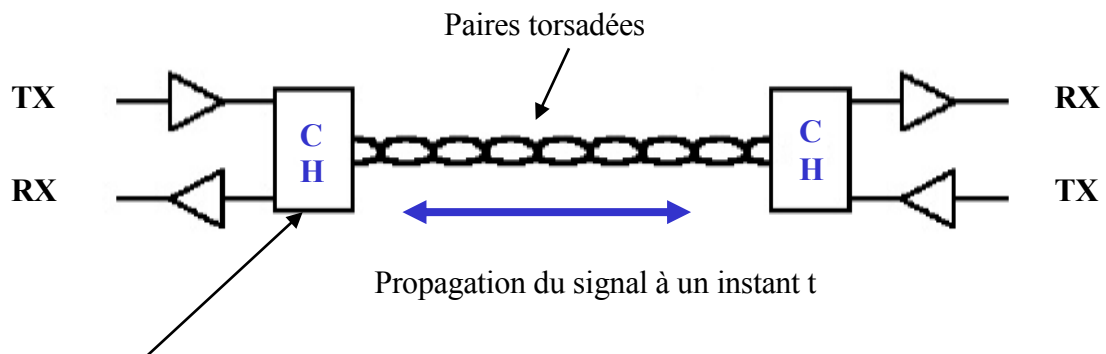
3.7. 802.3ab : 1000 Base T



- o Lien UTP Catégorie 5E (Return Loss, ELFEXT).
- o Nouvelle recette à prévoir pour ancien câblage.
- o Doit respecter la norme ANSI/TIA/EIA TSB95.
- o Half duplex (CSMA/CD) - Full duplex (sans collision).
- o Utilisation des 4 paires 1-2 3-6 4-5 7-8 d'impédance 100 Ω à 250 Mb/s sur chaque paire.
- o Longueur maximum : 100 mètres.
- o 1 répéteur maximum par domaine de collision.
- o Même système d'auto-négociation que 100 Base TX.

Principes de fonctionnement :

- Utilisation de 4 paires à un taux de 125 Mbauds,
- Codage PAM 5 niveaux (2 bits codés par niveaux).
- Codage binaire (0,1) ne représente qu'un bit.
- Codage PAM à 5 niveaux (-2, -1, 0, +1, +2) peut représenter 2 bits (4 niveaux pour 2 bits), plus un 5ème niveau utilisé pour le codage FEC (Forward Error Correction) pour correction du rapport signal/bruit.
- Ceci permet de diviser par 2 le taux de transmission utile (125 Mbauds pour 250 Mb/s),
- Transmission Full duplex : émission/réception simultanées des données dans les deux sens, sur chacune des 4 paires.
- Utilisation de circuits hybrides pour permettre la transmission bi-directionnelle sur une paire par filtrage du signal à transmettre sur le récepteur local.
- Techniques additionnelles utilisées : Pulse shaping (limiter le spectre), égalisation du signal (limiter les interférences).



Circuits Hybrides : Pour faciliter la communication simultanée full-duplex sur les paires torsadées

- o En limitant le phénomène d'écho.
- o En isolant le câble du matériel réseau.

3.8. Codage :

- 8B/10B+NRZ (1000BASE-X).
- 8B1Q4+4DPAM5 (1000BASE-T).
- Principes de codages (cf Annexe 5).

3.9. Performances

Les tests qui ont été effectués montrent que la très grande majorité des switchs permettent d'utiliser presque la totalité de la bande passante GigaEthernet (99% mini) tant avec des paquets de longueur 64 octets qu'avec ceux de 1518 octets.

- Paquets de 64 octets :
 - o Transmission réel 1.488.095 paquets.
 - o Transmission pratique $(1.488.095 * (64+12+8)) = 1 \text{ Gbps}$.

- Paquets de 1518 octets
 - Transmission réel 81.274 paquets.
 - Transmission pratique $(81.274 * (1518+12+8)) = 999,995 \text{ Mbps}$.

Les 12 octets rajoutés figurent le délai inter-trame.

Les 8 octets correspondant au préambule.

- Simulation réalisé par Intel qui montre les limites imposées par la technique du carrier extension.

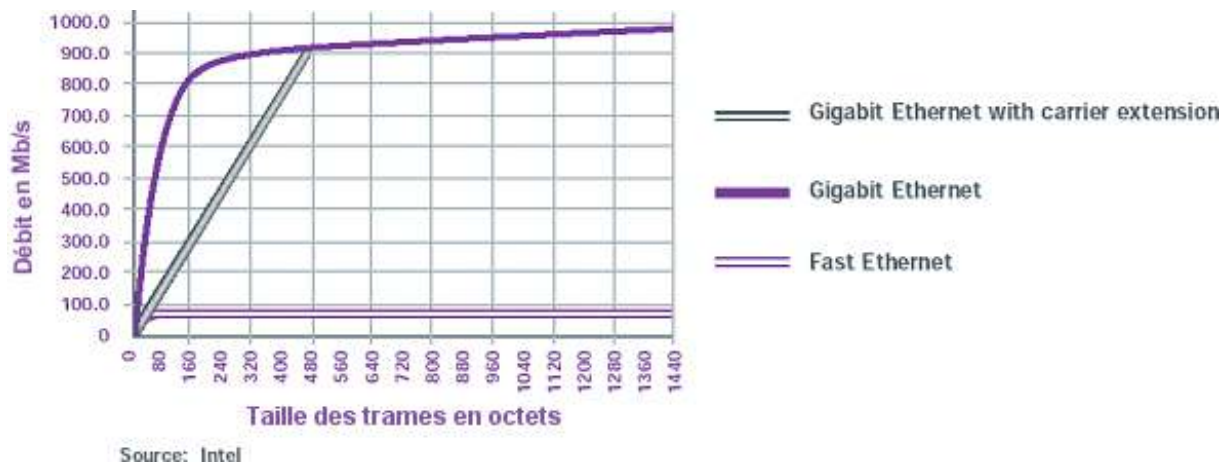
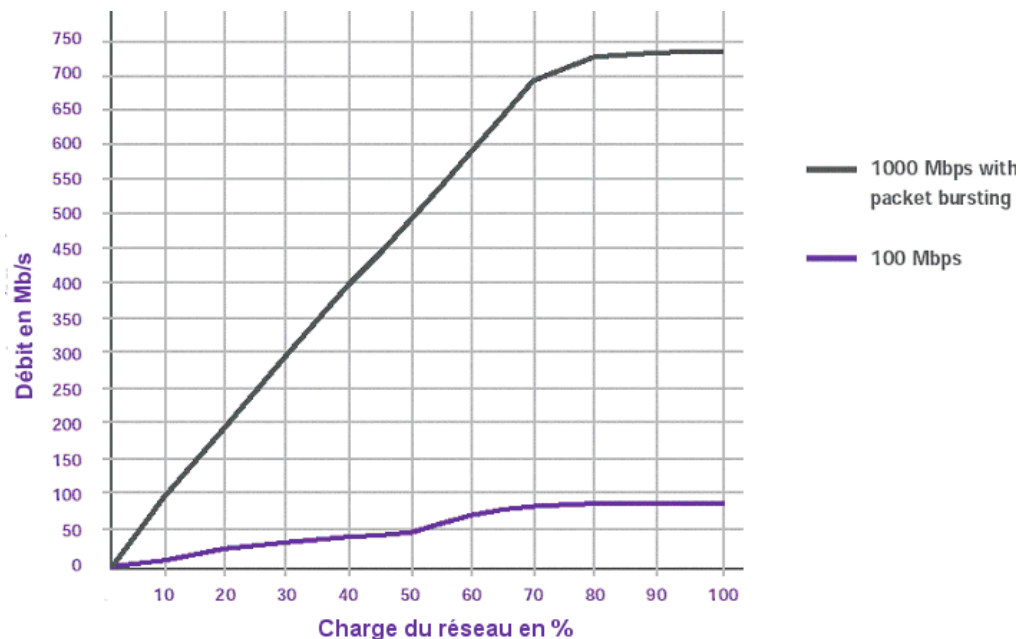


Figure 14 : Limites imposées par la technique du carrier

- Simulation de charge réalisé par AMD

La limite des 720 Mb/s (100% de charge) sur le CSMA/CD (Collisions) doit être dépassé avec des liaisons full-duplex.



Source: Performance Simulations of 1 Gbps, Networks, AMD

Figure 15 : Simulation de charge

3.10. Les services

Depuis plusieurs mois, la demande de services associés à la transmission de données se fait croissante. Et si le standard GigaEthernet n'intègre pas des fonctions de Qualité de services (QoS), réservation de bande passante, de gestion de redondance de liens, de sécurité, il se repose sur les standards de l'industrie pour effectuer ces opérations.

GigaEthernet comme ses prédécesseurs Ethernet et Fast Ethernet repose sur les couches ISO. Ainsi les protocoles tels que RSVP (Resource ReSerVation Protocol), protocole de réservation de services (niveau 3 ISO), les standards IEEE802.1p et IEEE802.1q sont parfaitement compatibles et utilisables dans un environnement GigaEthernet.

Couche ISO	Nom ISO	Exemple
Niveau 4	Transport Layer	TCP
Niveau 3	Network Layer	IP, RSVP, ...
Niveau 2	DataLink Layer	Ethernet MAC, 802.1p, 802.1q
Niveau 1	Physical Layer	10BaseT, 100BaseTX

Informations : Les standards IEEE802.1p et IEEE802.1q, dont certains sont encore en cours de ratification par leurs comités, autorisent la définition de classes de services et de niveaux de priorité dans les transmissions de paquets. Ainsi les paquets de voix peuvent t'ils être transmis prioritairement par rapport à des paquets de données. Il est également possible de définir des priorités entre les paquets de même type. Ainsi un accès à une base de données peut avoir une bande passante réservée (via RSVP) et être prioritaire par rapport aux échanges de la messagerie.

Les routeurs et switchs de niveau 3 qui commutent les paquets en fonction du protocole (essentiellement IP) sont également utilisables. La plupart des switchs disposent désormais de ports GigaEthernet. Seuls les routeurs de grande puissance (Souvent en chassis) offrent des ports GigaEthernet.

- IEEE 802.1p
 - o Complément aux ponts MAC
 - Classes de trafic niveau 2.
 - filtrage dynamique pour multicast (utilisation dynamique d'adresses Group MAC).
 - o Draft, en attente de ratification.
- IEEE 802.1Q
 - o ou «Virtual Bridged Local Area Network»
 - o Porte sur
 - les LAN pontés et commutés.
 - et LAN virtuels (VLAN).
 - o Sujets traités
 - définition des capacités d'un pont «VLAN aware».
 - ajouter à IEEE 802.1D (Spanning tree) le support de VLAN (interopérabilité avec les ponts ignorant les VLANs).

Draft tardif, et caractéristiques limitées.

3.11. Les produits

GigaEthernet utilisant le même mode de transmission, les mêmes paquets s'intègrent très facilement dans un réseau existant Ethernet ou Fast Ethernet. On retrouve donc au niveau du matériel les mêmes éléments.

- Les Switchs sont les principaux équipements réseaux. Ils se divisent en deux séries :
 - Les Switchs 10/100 Mbps à autonégociation Nway disposant de 1 ou plusieurs ports Gigabit Ethernet, certains sont empilables.
 - Les Switchs 1000 Mbps sont architecturés autour de plusieurs ports Gigabit et disposent souvent soit d'un ou plusieurs slots, soit d'un ou plusieurs ports permettant la connexion de ports Fast Ethernet 100 Mbps.
- Une nouvelle gamme de produits semble également voir le jour . Il s'agit de répéteurs multiports Full-Duplex également appelés distributeurs bufferisés. Ces produits fonctionnent comme des Hubs. Ils envoient un paquet émis par un port vers l'ensemble des autres ports du répéteur partageant ainsi une bande passante de 1 Gbps. Equipés de buffers, ils peuvent stocker les paquets en attente autorisant ainsi les transmissions en mode full-duplex. En revanche, Ils ne peuvent pas sélectionner, comme le font les switches, les ports vers lesquels ils doivent envoyer l'information, ne disposant pas de fonction de filtrage sur les adresses M.A.C.
- Enfin les cartes Gigabit Ethernet sont disponibles pour différents slots S-BUS (pour Sun Microsystems), PCI (pour PC et Apple PowerMac). Les plus performantes s'adaptent au bus PCI en mode 32 ou 64 Bits afin d'optimiser les performances. Un bus 32 bits PCI limitant le taux de transmission des paquets.

3.12. Déploiement

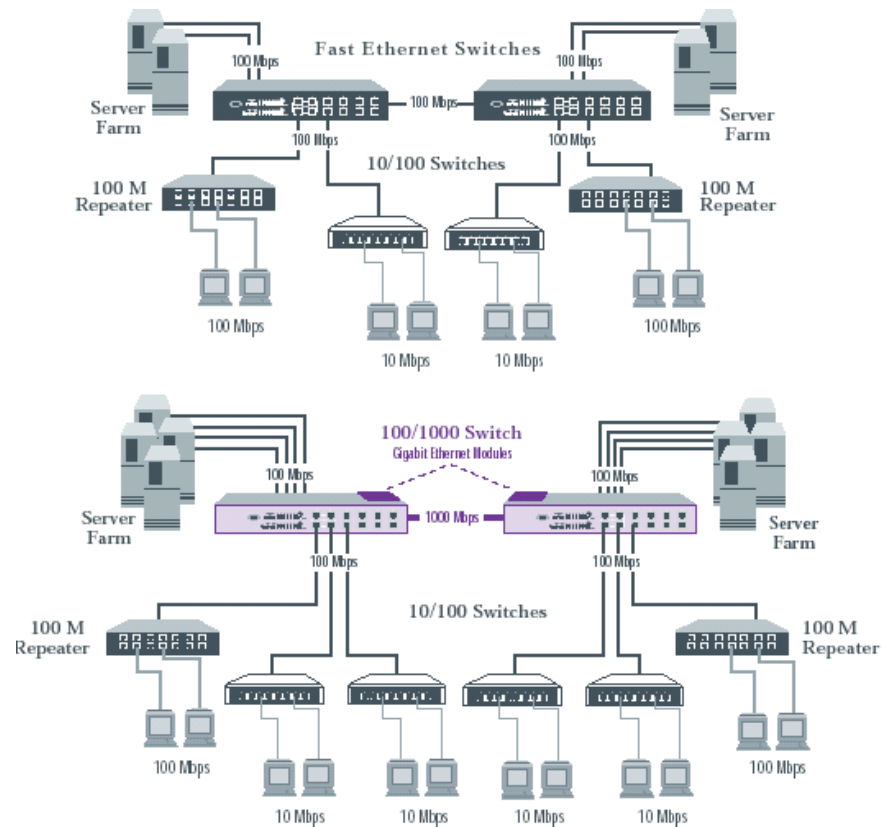
Dans un réseau de petite taille, là où vous utilisez un switch Fast Ethernet, si vous souhaitez augmenter les performances de votre réseau, il convient de connecter votre ou vos serveurs sur des liens Gigabit Ethernet.

Dans le cas de réseau plus important utilisant plusieurs liens Fast Ethernet entre Switchs (Port Trunking ou Power-Link) vous pouvez remplacer les multiples liens Fast Ethernet par un lien GigaEthernet.

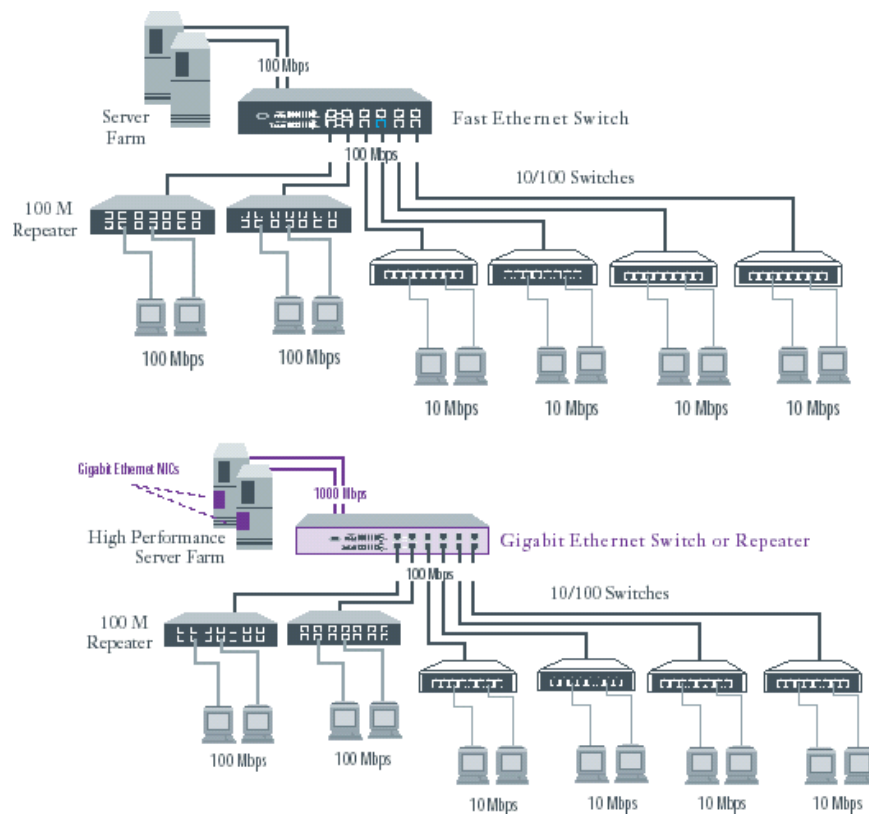
- Dans un réseau local où vous utilisez un switch Fast Ethernet en backbone pour y connecter vos serveurs et en cascade d'autres hubs ou switches, La solution la plus aisée peut être de remplacer votre switch Fast Ethernet par un Switch GigaEthernet. Votre switch Fast Ethernet peut alors être inséré en cascade afin d'optimiser les transmissions. L'idéal étant de remplacer tous les hubs 100 Mbps ainsi que les switchs 10 Mbps par des switchs 10/100 Nway disposant d'un port GigaEthernet assurant la liaison vers le switch GigaEthernet central.
- Amélioration d'un petit réseau local :



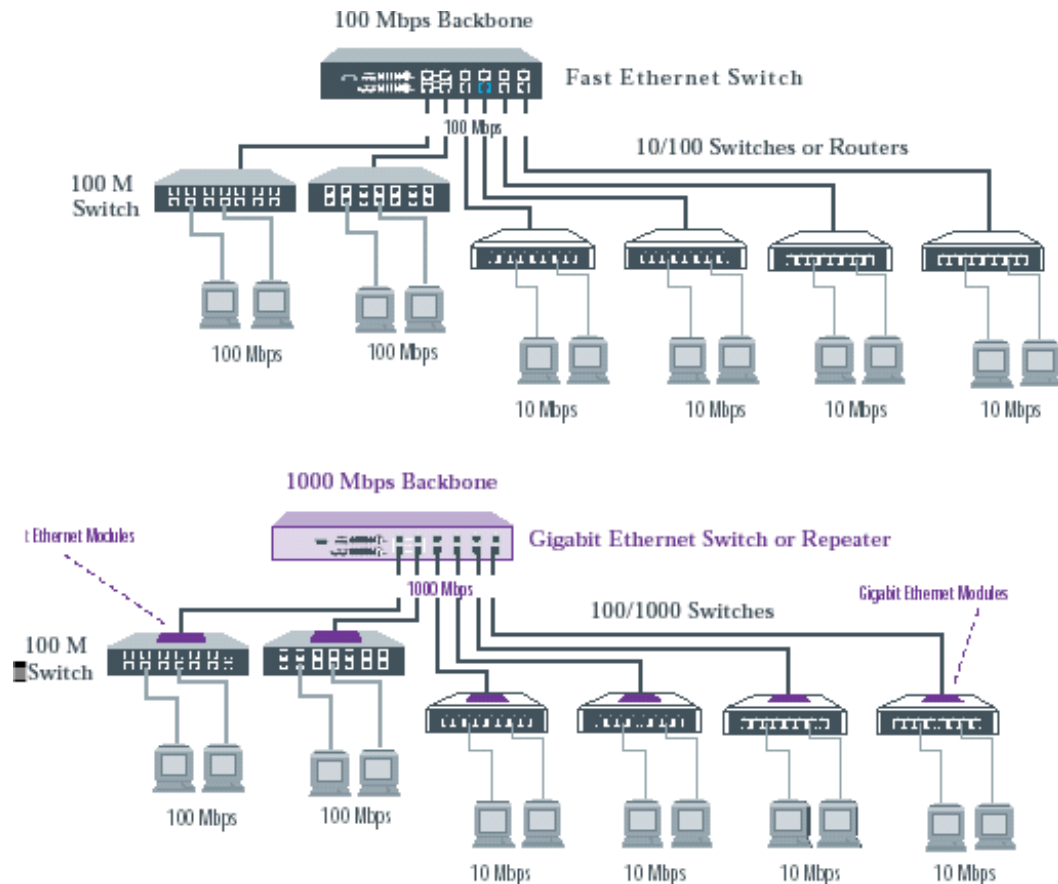
- Amélioration des liens switch-to-switch :



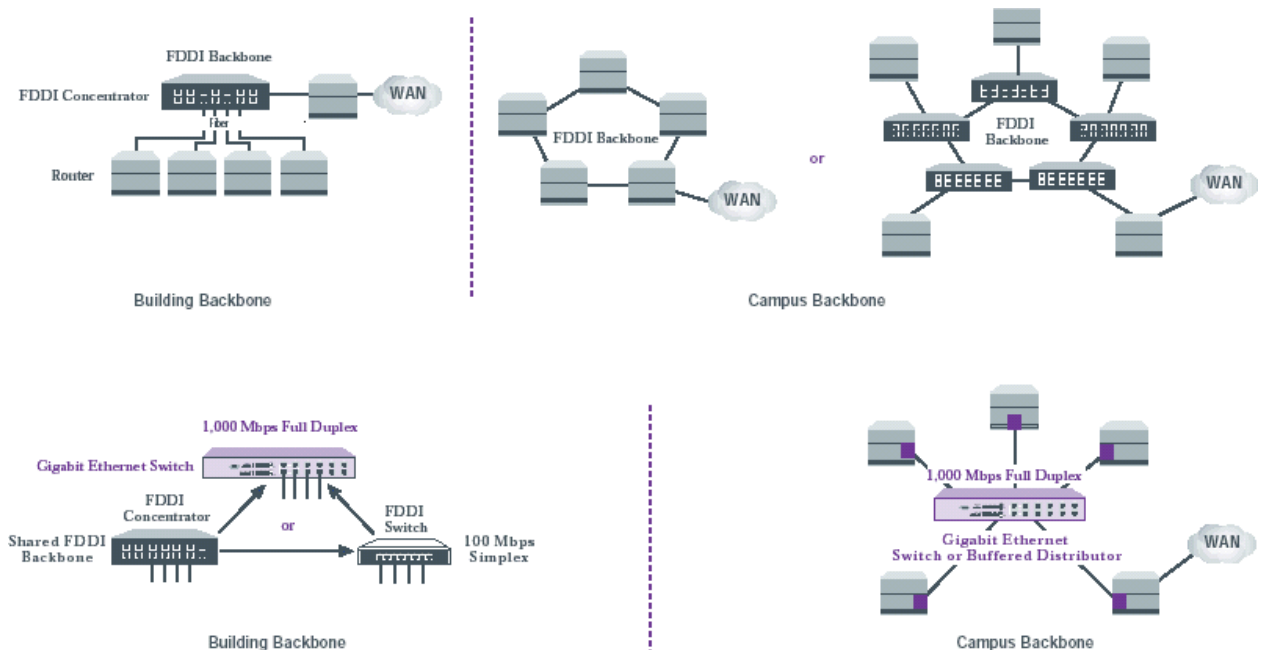
- Amélioration des liens switch-to-serveur :



- Amélioration d'un backbone Fast Ethernet switched :



- Amélioration d'un backbone FDDI partagé :



4. Ethernet 10Gb/s

4.1. Objectif

Début des travaux Mars 1999. Standard 802.3ae en juin 2002.

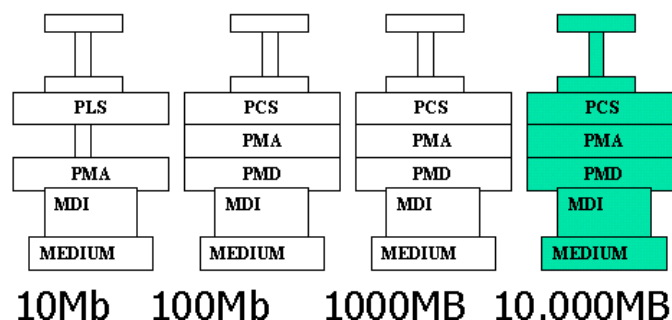
- Ouvrir les réseaux locaux aux réseaux étendus.
- Assurer une compatibilité ascendante :
 - o Format de trame.
 - o Tailles minimales et maximales de trame.
 - o La couche MAC Client Service Interface...
- Full-duplex seulement.
- Supporter les technologie de câblage existant actuellement.
- Spécifier une sous couche optionnelle Media Independent Interface.
- Permettre un débit de 10Gb/s.
- Définir deux types de couches physiques, LAN phy et WAN phy :
 - o LAN phy : soutenir des applications existantes d'Ethernet Gigabit à dix fois la largeur de la bande.
 - o WAN phy, inclut un auteur simplifié de SONET/SDH dans une sous couche WIS (WAN Interface Sublayer). Assure le pré-formatage de la trame 10Gb dans un conteneur Sonet/SDH.

4.2. Faisabilité technique et économique

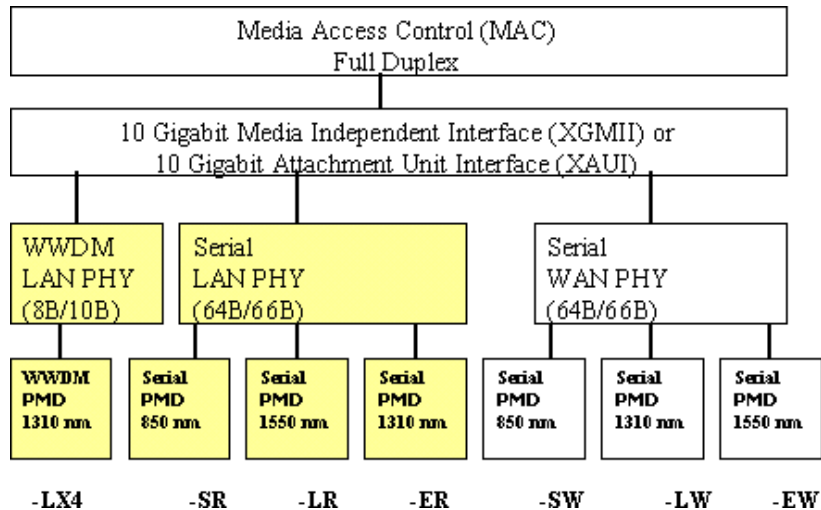
- Au niveau de support ?
 - o Fibre optique : nouvelle norme
 - o Câblage cuivre catég 6
 - Connecteurs RJ45
 - Câbles de classe E (bande passante 250MHz)
 - Supporte un débit de 10Gb/s sur 25m
- Minimum d'investissement au niveau de l'infrastructure existante.
- 10GbE permet de réutiliser les fibres optiques déjà installées, ISO/IEC 11801
- Coût d'installation de nouveau équipements s'élève à 3* celui de 1GbE
- Coût de conception, installation et maintenance du réseau minimisé.

4.3. Évolution de la couche physique

Du 10Mb/s au 10Gb/s :



- Un ensemble de 3 couches dépendantes du support physique : 1 couche pour l'encodage (sous Fast Ethernet elle s'appelait PCS (Physical Coding Sublayer), 1 couche PMA (Physical Medium Attachment) qui génère et réceptionne les signaux, notions d'horloge, synchronisation, etc... et une dernière qui définit la connectique.



- XGMII (10 Gigabit Media Independent Interface) :
 - o Garantie l'indépendance entre le niveau physique et la couche MAC.
 - o Circuit intégré doté de 74 pins. (absorbe sans peine le flux 10 Gb/s).
 - o Composant complexe et coûteux.
- Solution XAUI (10 Gigabit Attachment Unit Interface) :
 - o Quatre pins en parallèle pour satisfaire un débit de 10Gb/s.
 - o Cette batterie se présente au niveau PMD sous la forme d'un transceiver optique opérant un multiplexage de quatre longueur d'onde de type WWDMM (Wide Wave Division Multiplexing).
 - o D'où la version -LX4 (L :longueur d'onde , X caractéristiques du codage 8B/10B et 4 pour le nombre de couleurs supportées).

4.4. La couche MAC

- o Ligne de démarcation protocolaire entre l'existant Ethernet et l'évolution 10GBE.
- o Reste identique pour toute la ligne Ethernet de 10Mb/s à 10Gb/s.

4.5. 10 GBE et Sonet/SDH

- Contexte :
 - o exploiter l'infrastructure Sonet/SDH prédominante dans les backbones des opérateurs.
 - o Faciliter l'interconnexion des futurs équipements 10GBE avec leurs homologues Sonet/SDH.
- Ajout d'une sous couche WIS (WAN Interface Sublayer) permet de :
 - o Injecter les trames Ethernet dans des trames au format Sonet/SDH.

- o Cette préencapsulation simplifie la transposition des trames dans des conteneurs Sonet/SDH.
- Précision : cette trame débauche non pas sur une interface Sonet/SDH, mais bien sur un port optique 10GBase-W.

4.6. Marché et applications

- o Doper le backbone.
- o Désenclaver les serveurs.
- o Absorber le trafic Fast Ethernet...
- LAN, MAN et WAN.
- Les applications nécessitent une bande passante large : Vidéo, Médecine...
- Povidors : haut débit pour connecter les POPs.
- Entreprises : localiser ses équipements.

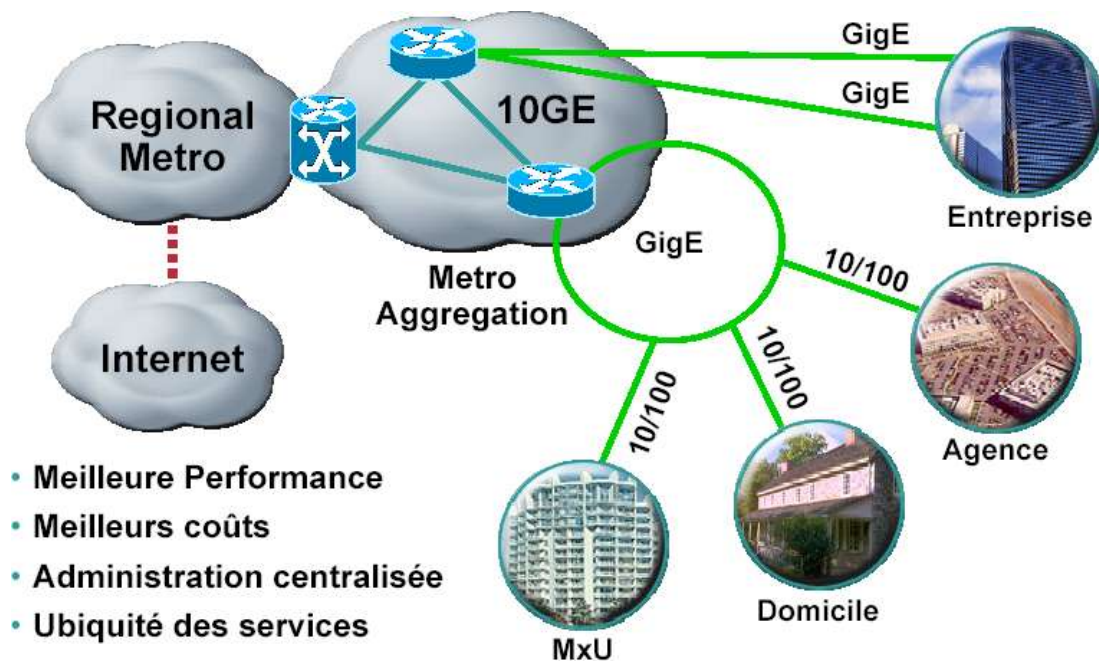


Figure 16 : Déploiement 10 GE

- Besoin en bande passante :

Téléchargement Vidéo : “The Matrix” 7.81GB -

Technologie	débits	Minutes	Heurs	Jours
Dial-up	56 kbps	18,595	310	12.9
ISDN/PLC	128 kbps	8,135	136	5.6
ADSL/ Satellite	512 kbps	2,034	34	1.4
CATV	1,5 Mbps	694	12	0.5
VDSL	8,5 Mbps	123	2	0.1
Fast Ethernet	100 Mbps	10	0	0

- Le facteur économique



Figure 17 : Coût de la bande passante

4.7. Solutions déjà disponibles

constructeur	Produit	Type de matériel	Prix(en Euro HT)
Cisco	Cisco 12404	Routeur Internet	28584
Cisco	Catalyste 6500 10GBase-EX4 10GbE module	Module 10 Gigabit	97274
Enterasys	Matrix E1 OAS	Commutateur	28000
Foundry Networks	B10Gx 10GbE module	Module 10 Gigabit	51445

5. Conclusion

Côte LAN, le Gigabit Ethernet devrait s'imposer car Ethernet est déjà très utilisé dans les entreprises. la migration par étape sans modification de câblage et la forte baisse des prix opérée par les fabricants depuis 2001 sont des atouts supplémentaires. Autre avantage, avec d'un réseau 1 Gigabit, vous accédez au LAN aussi vite qu'à votre disque dur et de plus en plus d'entreprises centralisent leurs applications sur des serveurs, vous pourrez donc y accéder comme si vous utilisiez votre propre disque dur. Aujourd'hui les cartes Gigabit Ethernet tiennent leurs promesses sur les OS serveurs de Microsoft, mais ce n'est pas encore le cas pour les postes de travail fonctionnant avec Windows XP ou 2000. Dans le meilleur des cas, les débits constatés oscillent entre 300 et 400 Mbit/s.

Côte WAN, Actuellement, la plupart des réseaux en zone urbaine fonctionnent à 2,5 Gigabits par seconde et ils vont rapidement être saturés, si l'on considère la croissance du trafic. Ethernet 10 Gigabit s'ouvre au WAN et exploite l'infrastructure Sonet/SDH prédominante dans les backbones des opérateurs, mais il est très récent et doit donc faire ces preuves face à des concurrents comme ATM déjà bien implanté.

ANNEXES

Annexe 1 : Aperçu des différentes technique xDSL.

Annexe 2 : Fiche Technique ALTERLANE.

Annexe 3 : Aspects réglementaire et politique.

Annexe 4 : Codage Ethernet 10 et 100 Mbps.

Annexe 5 : Codage Ethernet Gigabit.

Aperçu des différentes techniques xDSL

- o ADSL (Asymmetric DSL) : cette technologie permet de numériser la partie terminale de la ligne de l'abonné et de faire supporter simultanément sur une paire de fils de cuivre le service téléphonique de base et des flux de données numériques à très haut débit. Elle nécessite l'installation d'un filtre et d'un modem spécifique à chaque extrémité du réseau (central téléphonique, équipement abonné). La technique de transmission asymétrique offre deux canaux destinés aux données, avec un débit maximal (de 8Mbit/s dans le sens réseau/abonné et de 640 kbit/s dans le sens inverse) variable selon le code en ligne utilisé et la distance de raccordement. ADSL libère en outre un peu de bande passante pour conserver le canal téléphonique de 4 kHz. Cette technologie se trouve être adaptée au multimédia par Internet, le flux descendant (ou canal de diffusion) étant beaucoup plus important que le flux montant (ou canal d'interactivité). ADSL convient bien aux applications interactive du type vidéo à la demande (VOD), aux services audiovisuels interactifs fournissant plusieurs canaux TV, et permet une interconnexion entre réseaux. ADSL préservant le canal de voix, il est donc possible de téléphoner tout en « surfant sur le web ».
- o HDSL (High bit-rate DSL) : technique de transmission full duplex destinée à stimuler le réseau de distribution en cuivre en offrant des équivalents à l'accès primaire RNIS de types T1 (1544 kbit/s) et E1 (2048 kbit/s). HDSL exploite en outre deux ou trois paires téléphoniques.
- o SDSL (Symétrique DSL ou Single line DSL) : version monoligne de HDSL, mais plus limitée en distance. Le SDSL est tout à fait adapté à la visioconférence, aux travaux en groupe sur réseaux LAN interconnectés et est une solution pour le remplacement des T1/E1.
- o VDSL (Very High bit-rate DSL) : désignation commune à toutes les déclinaisons DSL à très large bande offrant un débit réseau vers abonné de 13 Mbit/s à 51 Mbit/s selon une distance de raccordement inversement proportionnelle à ces calibres. Pour une boucle locale de 1km, le débit offert butte sur 26Mbit/s. Cette variante xDSL vise à compléter une infrastructure FTTC (Fiber To The curb), mais cette architecture hybride ne fleurit guère dans les réseaux de distribution des opérateurs, à l'inverse de HDSL ou ADSL. C'est une technologie asymétrique en cours de développement qui devrait autoriser un débit de l'ordre de 50Mbits/s sur le canal de diffusion. Elle pourra s'appliquer à l'interconnexion d'immeubles ou de boucle de raccordement complémentaire à une infrastructure de type FTTC, ainsi qu'à la télévision haute définition TVHD.
- o RADSL (Rate Adaptative DSL) : extension de la variante ADSL, capable d'adapter le débit du modem à des vitesses de replis, lorsque la qualité de transmission de la ligne se détériore. La particularité de cette technique asymétrique est de mettre en œuvre des mécanismes de replis permettant l'adaptation du débit aux ratés physiques intervenue sur le canal.

Technologie xDSL	Mode de transmission	Débit Mbit/s	Mode de fonctionnement Canal	Codage	Distance/Débit Km/(Mbit/s)	Mode de séparation des canaux
ADSL	Asymétrique	1,5444 à 9 0,016 à 0,640	Descendant Montant	DMT, CAP	5,5 / 1,5 1,8 / 7	FDM, annulation d'écho
HDSL	Symétrique	1.544 2,048	Duplex sur 2 paires Duplex sur 3 paires	CAP, 2B1Q	5,5 / 2,048	Annulation d'écho
SDSL	Symétrique	0,128 à 2	Duplex	CAP, 2B1Q	3,6 / 2,048	Annulation d'écho
VDSL	Asymétrique	13 à 51 1,544 à 2,3	Descendant Montant	CAP, DMT	1,5 / 3 0, 3 / 51	FDM
RADSL	Asymétrique	0,600 à 7 0, 128 à 1,024	Descendant Montant	CAP	5,5 / 1,5 1,8 / 7	FDM

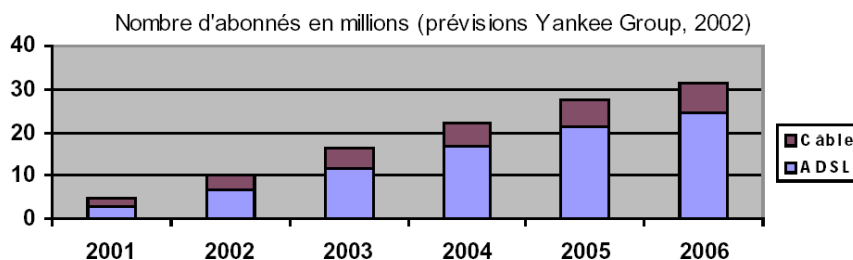
Aspects réglementaire et politique

Europe Le haut débit pourrait accélérer les mouvements de concentration

BIMESTRIEL DU RÉSEAU TIC DES MISSIONS ECONOMIQUES

Direction des Relations Economiques Extérieures - Juin – Juillet 2002

Le marché européen du haut débit n'a véritablement décollé qu'en 2001 avec l'apparition d'une offre DSL compétitive. Selon le Yankee Group, le nombre d'abonnés résidentiels au haut débit pourrait atteindre 10 millions dès fin 2002.



La Commission a fait du haut débit un des deux thèmes prioritaires de son plan d'action « e-europe 2005 », et 3,8 Md€ de fonds structurels ont été mobilisés pour son développement depuis 4 ans.

Sur le plan technologique, la concurrence entre le DSL et le câble ne joue vraiment que dans 2 pays, Belgique et Pays-Bas, et à un moindre degré, au Danemark et en Suède. En effet les autres pays n'ont pas encore consenti les investissements nécessaires à la mise à niveau de leurs réseaux câblés pour fournir des accès Internet haut-débit. Aujourd'hui, la fibre optique ne dessert que les sites des grosses entreprises à l'exception de la Suède (40% du réseau haut débit dans 5 ans). A ce jour, les technologies alternatives – satellite, BLR, support électrique – ne jouent qu'un rôle marginal. Le lancement du haut débit mobile (UMTS) n'est pas annoncé avant 2003.

Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie - Juin 2002

Le secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) représente en France entre 5% et 6% du PIB ..(Cette relative imprécision quant au poids de ce secteur provient du fait qu'il est difficile d'en tracer les frontières même s'il existe aujourd'hui une définition OCDE. D'après cette définition les TIC regroupent l'informatique (équipements, services et logiciels), les télécommunications (équipements et services) et l'électronique (composants, électronique professionnelle, électronique grand public).

Les collectivités locales pourront devenir opérateurs télécoms

ZDNet France

16 décembre 2002

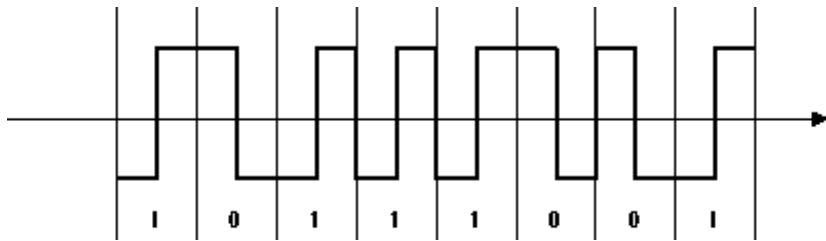
Pour favoriser le développement de l'accès internet à haut débit dans les zones à faible potentiel économique, le gouvernement a donné son feu vert au principe d'autoriser les collectivités locales à déployer des réseaux téléphoniques. Et ainsi exercer les fonctions d'opérateurs de télécommunication.

Une mesure envisagée dans le cadre de la dernière réunion du Comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire (CIADT), qui s'est déroulée vendredi 13 décembre à Matignon, en présence du Premier ministre Jean-Pierre Raffarin.

Cette décision entérine les recommandations de l'Autorité de régulation des télécommunications (ART) publiées en juillet dernier. Elle concrétise également la promesse de campagne de Jacques Chirac, qui s'était engagé à ce qu'un accès haut débit soit proposé dans toutes les communes françaises en 2007, indique le gouvernement dans un communiqué.

Codage Ethernet 10 et 100 Mbps

- le code Manchester :



- Table de codage « 4B / 5B » + « NRZI ou MLT-3 »
Développée initialement pour FDDI
Utilisée par les réseaux 100BASE-X

Données	Symboles	NRZI / 100b-FX	MLT-3 / 100bTX
0000	11110		
0001	01001		
0010	10100		

0 ⇒ signal inchangé
1 ⇒ alternativement +V et -V

0 ⇒ signal inchangé
1 ⇒ alternativement +V, 0 et -V

Codage Ethernet Gigabit

- Code bloc 8B / 10B + NRZ

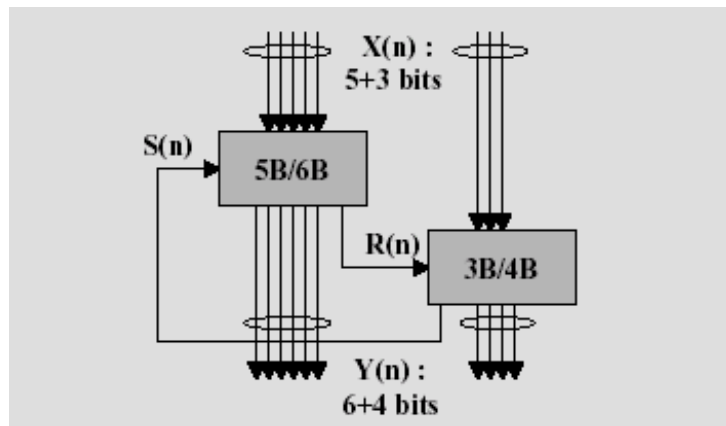
Code initialement utilisé par les réseaux « Fiber Chanel » et repris par les technologies 1000BASE-X $\Rightarrow$ Coût peu élevé des cartes

Tout bloc de 8 bits est transformé en un bloc de 10 bits

- Pour faciliter la synchronisation des horloges et réduire la dérive en tension

Pour 256 groupes de 8 bits, 1024 groupes de 10 bits disponibles

- Permet de réserver des groupes de 10 bits pour coder des symboles particuliers
- Permet de détecter des d'erreurs de transmission



- Code 8B1Q4 + 4DPAM5

Utilisé par la technologie 1000BASE-T

Plusieurs étapes de codage

- Un bloc de 8 bit est d'abord transformé en un bloc de $8+1=9$ bits (8B1)
- Le bloc de 9 bits construit est ensuite transformé en un bloc de 4 symboles (Q4)

Avec 5 valeurs possibles par symbole : -2, -1, 0, +1, +2)

- Un bloc de 4 symboles (4D) est transmis

En parallèle sur les 4 paires constitutives du support de transmission

Un niveau de tension parmi 5 possibles (PAM5 = Pulse Amplitude Modulation) est associé aux 5 symboles possibles (-1V, -0.5V, 0V, 0.5V, 1V)

Code sophistiqué $\Rightarrow$ Coût élevé des cartes

BIBLIOGRAPHIE

- 10 Gigabit Ethernet Alliance Home Page
 - o <http://www.10gea.org/>
- IEEE
 - o <http://www.ieee.org/>
- ART Autorité de Régulation des Télécommunications
 - o <http://www.art-telecom.fr/>
- telecom.gouv.fr, au service des TIC
 - o <http://www.telecom.gouv.fr/>
- Site web du CNRS
 - o <http://www.cnrs.fr/>
- Intel Corporation - Welcome to Intel.com
 - o <http://www.intel.com/>
- Cisco Systems, Inc
 - o <http://cisco.com/>
- Alterlane Internet sur vos prises electriques
 - o <http://www.alterlane.fr/>
- ZDNet France le premier portail dédié aux nouvelles technologies
 - o <http://www.zdnet.fr/>
- 01net. Toute l'informatique avec 01Informatique
 - o <http://www.01net.com/>
- Réseaux et télécommunications
 - o <http://www.reseaux-telecoms.net/>

GLOSSAIRE

10Base5 : Ethernet 10 Mb/s, bande de base, gros câble (de couleur jaune) 500m max par segment.

10Base2 : Ethernet 10Mb/s, bande de base, câble fin, 185m max par segment (et non 200m).

10BaseT : Ethernet 10Mb/s, bande de base, câble en paire torsadée (T pour Twisted Pair), 100m max, utilisation de hub.

10BaseFL : Ethernet 10Mb/s, bande de base, fibre optique, 2000m max (2 fibres par liaison).

100BaseT : Ethernet 100Mb/s, encore appelé *Fast Ethernet*, standard IEEE 802.3u, respecte CSMA , compatible Ethernet 10Mb/s, même format de trame.

100BaseTX 100BaseT4 : Variante 100BaseT, câble type 5 UTP ou STP, 2 paires. 100m max. Variante 100BaseT, câble type 3, 4 ou 5 UTP, 4 paires (d'où la dénomination). 100m max.

100BaseFX : Variante 100BaseT avec fibre optique 62.5/125, 1350nm, 11dB max, 412m max en point à point ou 320m si raccordement par hub répéteur.

802.3 : Numéro de la norme IEEE concernant Ethernet. Cette norme spécifie la méthode d'accès au medium, en l'occurrence CSMA/CD. Des modifications ont été nécessaires pour les débits à 100 Mb/s (IEEE 802.3u) et 1Gb/s (IEEE 802.3z).

A

ADSL : Plusieurs Mbits/s sur ligne téléphonique ordinaire dans le sens commutateur -Abonné et beaucoup moins dans l'autre sens. Attention, ces débits importants ne transitent pas par les commutateurs téléphoniques. La fonction téléphone reste active. Un boîtier modem est placé chez l'utilisateur, un autre au commutateur de rattachement. Ces boîtiers permettent la séparation des flux téléphone pur et ADSL.

ATM : *Asynchronous Transfert Mode*. Réseau de communication à très haut débit : 155 Mb/s, 622 Mb/s voire même 1,2 GB/s. Peut transporter tout

type de données : voix, vidéo, etc... Technique basée sur la commutation de paquets de taille constante 53 octets appelés cellules. 5 octets sont réservés pour constituer l'en-tête des cellules, il reste 48 octets utiles dans chacune d'elles.

AUI : Attachment Unit Interface : souvent le câble de raccordement à l'unité d'accès au réseau.

C

Collision : Événement caractérisé par deux trames émises simultanément sur le même médium. Caractéristique des réseaux utilisant la technique CSMA.

Commutateur : Nœud du réseau, permet d'aiguiller l'information vers sa destination. Dans les réseaux locaux les commutateurs appelés aussi switches jouent le rôle de ponts multiports. En téléphonie ce sont ce que l'on appelle couramment les centraux téléphoniques.

CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection . Méthode d'accès (MAC) utilisée dans Ethernet et normalisée dans la norme IEEE 802.3.

F

FDDI : Fiber Distributed Data Interface . Réseau de type MAN utilisant une technique de jeton sur boucle différente de 802.5.

I

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers . Société mondiale (147 pays) regroupant les ingénieurs en électronique et électricité. Est à la source de nombreuses normes dans ces domaines et en particulier dans

celui des réseaux locaux grâce à son comité 802.

L

LAN : Local Area Network : réseau local. Par exemple Ethernet ou Token-Ring.

LLC : Logical Link Control : Normalisation IEEE du niveau 2 ISO pour les réseaux locaux. Norme IEEE 802.2.

M

MAC : Medium Access Control : méthode d'accès au médium. Moyen par lequel un élément actif de réseau (station, PC, hub, pont, routeur, ...) peut émettre des données sur le réseau. Une adresse est affectée à ce niveau, elle constitue l'adresse physique de la machine.

MAN : Metropolitan Area Network : réseau plus étendu que les réseaux locaux, superficie d'une ville par exemple. Norme IEEE802.6.

MAU : Medium Acces Unit : unité d'accès au réseau. Dispositif électronique de raccordement au médium. En éthernet, c'est le transceiver.

R

RSVP : (Resource ReSerVation Protocol), protocole de réservation de services.

S

SONET et SDH : "Synchronous Optical NETwork" et "Synchronous Digital Hierarchy". Ces termes désignent des ensembles de protocoles reliés à l'utilisation de la fibre optique dans les réseaux. La hiérarchie numérique synchrone (SDH) est la version européenne du réseau optique (SONET) est un protocole d'origine américaine.

T

TCP : Transport Control Protocol (rfc793). Protocole de transport orienté connexion de l'Internet.

W

WAN : Wide Area Network : réseau dont l'étendue est nationale voire internationale.

X

XDSL : x Digital Subscriber Line. Technologies numériques sur lignes téléphoniques normales (la partie filaire et non la partie commutée).