

Les réseaux informatiques

Claude Duvallet

Université du Havre
UFR Sciences et Techniques
25 rue Philippe Lebon - BP 540
76058 LE HAVRE CEDEX
Claude.Duvallet@gmail.com

Objectifs du cours

- Effectuer une introduction aux réseaux informatiques.
- Donner un aperçu sur les réseaux sans fils WIFI, WiMAX.
- Présenter les technologies de réseaux hauts débits : xDSL, ADSL,...
- Quelques notions sur la sécurité des réseaux.

Les réseaux informatiques

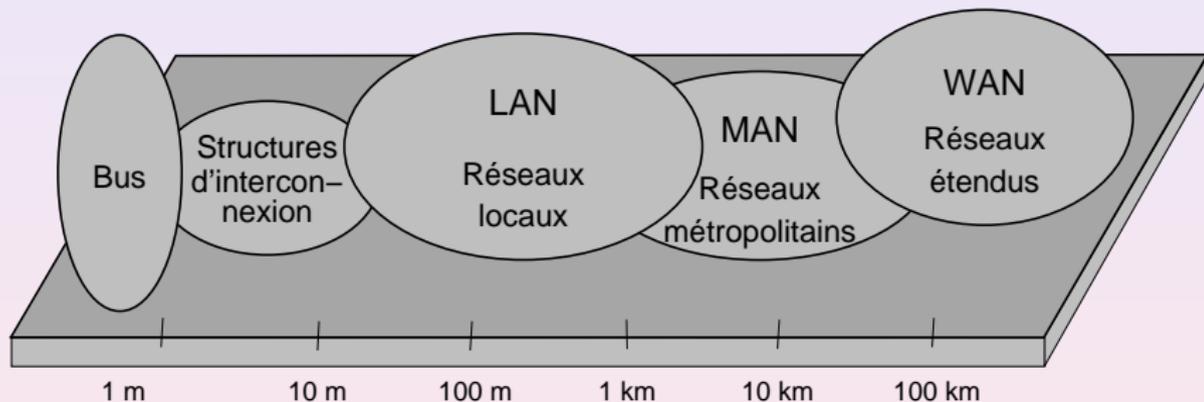
Différents types de réseaux

- On a l'habitude de classer les réseaux numériques en trois grandes catégories selon le domaine industriel concerné :
 - l'informatique (les données),
 - les télécommunications (la voix, la parole),
 - les cablos-opérateurs (l'image, la vidéo).
- La tendance actuelle tends vers la réunion de tous ces types de réseaux : les réseaux multimédia.

Les réseaux informatiques (1/2)

- Leur naissance = un besoin : relier des terminaux distants (postes/stations de travail) avec un site central (serveur).
- Ces communications (liaisons) étaient uniquement destinées au transport des données informatiques (tendance actuelle : transport du son et de la vidéo).
- 5 grandes catégories de réseaux en fonction de la distance maximale reliant deux points :
 - Les BUS.
 - Les structures d'interconnexion et les PAN.
 - Les réseaux locaux (LAN).
 - Les réseaux métropolitains (MAN).
 - Les réseaux étendus (WAN).

Les réseaux informatiques (2/2)



Les différentes catégories de réseaux informatiques en fonction des distances reliant les nœuds d'interconnexion

Les réseaux de télécommunication (1/2)

- Le transport de la parole téléphonique possède des contraintes très sévères en ce qui concerne la synchronisation aux extrémités.
- Le temps de transport dans le réseau doit être limité à 50 microsecondes pour un aller-retour.
- Des contraintes de synchronisation très fortes : il faut que le transport des informations soit rapide.
- Exemple : il ne serait pas possible de tenir une conversation s'il y avait un délai trop long entre l'envoi et la réception des données (parole).

Les réseaux de télécommunication (2/2)

- Solution utilisée \Rightarrow commutation de circuit :
 - mise en place d'un circuit physique entre l'émetteur et le récepteur,
 - utilisation de commutateurs de circuits : les auto-commutateurs.
 - Coût élevé de ces réseaux à commutation de circuit :
 - coût moins élevé pour réseaux informatiques à transfert de paquets,
 - problème du temps réel.
- \Rightarrow commutation de cellules (réseau ATM).

Les réseaux des câblo-opérateurs (1/2)

- Transmission des images de télévision par voie terrestre ou hertzienne.
- Mise à disposition de plusieurs canaux de télévision pour les utilisateurs.
- Plusieurs qualités d'image pour la vidéo :
 - la visioconférence \Rightarrow qualité faible avec un débit entre 128 Kbit/s et 64 Kbit/s.
 - la qualité télévision ordinaire \Rightarrow qualité MPEG-2 : débit de 200 Mbit/s sans compression, débit de 2 Mbit/s après compression.
 - la qualité télévision haute définition \Rightarrow débit de 500 Mbit/s sans compression et de 4 Mbit/s avec compression.
 - la vidéo conférence : qualité proche de celle du cinéma et qui ne sera intégrée que plus tard dans les applications multimédia.

Les réseaux des câblo-opérateurs (2/2)

- On utilise aujourd'hui de plus en plus de fibres optiques en lieu et place des câbles coaxiaux pour les réseaux câblés.
- Ces réseaux câblés sont exploités en analogique et non en numérique mais ils disposent d'une très grande bande passante et pourraient acheminer plusieurs dizaines de Mbit/s.
- L'inconvénient de ces réseaux réside dans le fait qu'il faut autant de récepteurs que de canaux auxquels on veut accéder : un pour la télévision, un pour le téléphone, un pour l'Internet (modem câble).
- La solution se trouve donc chez les opérateurs de télécommunication avec l'xDSL.

Les réseaux multimédia (1/2)

- Le multimédia, c'est l'utilisation simultanée de plusieurs média transportés par des réseaux de télécommunications de façon plus ou moins intégrée.
- L'intégration, c'est la possibilité de transporter des données provenant de sources différentes via un support unique.
- Le réseau numérique à intégration de services (RNIS) :
 - à bande étroite : intégrer les applications informatiques de bas et moyen débit aux applications téléphoniques,
 - à large bande : associer les applications informatiques, la vidéo et la parole.
- De nouvelles fonctionnalités pour la communication entre deux utilisateurs.
- La communication s'appuie sur le média le plus approprié.

Les réseaux multimédia (2/2)

- Des difficultés liées à l'intégration de plusieurs services :
 - l'intégration doit supporter différentes qualités de service et les contraintes liées au type de services,
 - le réseau doit permettre une qualité de service parfois contradictoire entre les applications.
- Exemple : intégration de la parole avec des services de données non temps réel :
 - le service de parole nécessite un débit constant avec une contrainte de temps de bout en bout,
 - le service de données est asynchrone (pas de contrainte de synchronisation) mais peut requérir un fort débit.

Caractéristiques des réseaux

Les normes et standards

- Le modèle OSI
 - La couche physique (niveau 1)
 - La couche liaison de données (niveau 2)
 - La couche réseau (niveau 3)
 - La couche transport (niveau 4)
 - La couche session (niveau 5)
 - La couche présentation (niveau 6)
 - La couche application (niveau 7)
- L'architecture TCP/IP
 - Le protocole IP
 - Les protocoles UDP/TCP
 - La nouvelle version du protocole IP : IPv6

Les supports de transmission (1/3)

- Il existe différents supports de transmission des données sur le marché, les principaux que l'on trouve actuellement sont :
 - les câbles électriques : câbles à paires torsadées et câbles coaxiaux,
 - la fibre optique,
 - l'espace hertzien pour les réseaux sans fil.
- Le câble électrique à paires torsadées :
 - Il est actuellement le support physique le plus répandu.
 - Il est utilisé dans plusieurs cas :
 - connexion d'un poste au concentrateur du réseau (hub, switch,...).
 - interconnexion d'éléments actifs de natures diverses (concentrateurs, commutateurs, relanceurs...).
 - La structure de ce type de câbles est simple : il est constitué de plusieurs fils de cuivre torsadés par paires, ces paires étant à leur tour torsadées entre elles.

Les supports de transmission (2/3)

- Le câble électrique à paires torsadées (suite) :
 - Un câble peut regrouper, suivant les utilisations qui en sont faites, de une à plusieurs centaines de paires torsadées.
 - Dans le cadre des réseaux locaux, le type le plus commun est de quatre paires torsadées.
 - On peut distinguer différents niveaux de qualité qui vont augmenter sa résistance aux interférences et par conséquent la qualité des transmissions.
 - Les connecteurs appropriés à ce type de câbles sont les connecteurs RJ45 pour les 4 paires ou RJ11 pour deux paires.

Les supports de transmission (3/3)

- Les câbles coaxiaux : Un câble coaxial est un câble électrique constitué de deux conducteurs :
 - un conducteur cylindrique creux.
 - un fil électrique simple placé à l'intérieur du précédent et isolé par une matière non-conductrice.
- La fibre optique :
 - un cylindre constitué d'un matériau conduisant la lumière, enveloppé dans un isolant.
 - la transmission se fait par réfractions successives.
 - très large bande passante permettant des débits de 1 à plusieurs centaines de Gbit/s sur des distances de plusieurs kilomètres.
 - connexion à la fibre effectuée par un émetteur optique qui convertit un signal électrique en un signal lumineux.

L'adressage IP

- Chaque élément du réseau allant du simple LAN au réseau Internet et travaillant avec le protocole IP doit posséder une adresse unique : son adresse IP.
- On attribue des adresses IP aux ordinateurs, aux routeurs, aux périphériques réseaux (imprimantes, caméras, copieurs, etc.).
- Une adresse IP est une suite de 32 bits regroupant l'identifiant réseau auquel appartient cet ordinateur (*rID*) et l'identifiant de ce dernier à l'intérieur du réseau (*oID*).
- Deux formes particulières d'adresses sont l'adresse réseau et son adresse de diffusion.

<i>rID</i>	<i>oID</i> tout à 0	adresse du réseau <i>rID</i>
<i>rID</i>	<i>oID</i> tout à 1	adresse de diffusion à tous les ordinateurs du réseau <i>rID</i>

Les classes d'adresse IP (1/2)

- Il existe cinq classes d'adresses IP notées classe A à classe E.
- On peut identifier la classe d'appartenance d'une adresse à partir de ses premiers bits.

	1 octet	1 octet	1 octet	1 octet
Classe A	0	<i>rID</i>	<i>oID</i>	
	2^7 réseaux (126)		$2^{24}-2$ ordinateurs (16 777 216)	
Classe B	10	<i>rID</i>	<i>oID</i>	
	2^{14} réseaux (16 384)		$2^{16}-2$ ordinateurs (65 534)	
Classe C	110	<i>rID</i>	<i>oID</i>	
	2^{21} réseaux (2 097 152)		2^8-2 ordinateurs (254)	
Classe D	1110	adresse multidestinataire		
Classe E	11110	réservé pour usage ultérieur		

Les classes d'adresse IP (2/2)

- Les classes A, B et C servent à adresser des réseaux de différentes tailles.
- Les classes A et B sont totalement saturées et plus aucune classe de ce type n'est disponible.
- La classe D définit des adresses multi-destinataires correspondant à des groupes d'ordinateurs (adresses IP multicast).
- La classe E avait été prévue initialement pour les évolutions futures d'Internet. Dans les faits, elle a été très peu utile à cause de la saturation rapide des classes A, B et C.
- La forme binaire (chaîne de 32 bits) n'étant pas facile à mémoriser, on a l'habitude d'utiliser une forme décimale pointée du type $x_1.x_2.x_3.x_4$

Les différentes plages d'adresses IP

Classe	Adresses théoriques		Adresses réellement disponibles	
	plus basses	plus hautes	plus basses	plus hautes
A	0.0.0.1	127.255.255.254	0.1.0.1	126.0.0.0
B	128.0.0.1	191.255.255.254	128.0.0.1	191.255.0.0
C	192.0.0.1	223.255.255.254	192.0.0.1	223.255.255.0
D	224.0.0.1	239.255.255.254	224.0.0.1	239.255.255.254
E	240.0.0.1	247.255.255.254	240.0.0.1	247.255.255.254

- Les adresses dont le premier octet est 127 sont appelées adresses de rebouclage et désignent l'ordinateur local, quelques soient les valeurs des trois autres octets.
- Ces adresses sont utilisées pour les échanges de données entre les applications sur une même machine.
- Elles ne sont pas considérées comme des adresses de classe A.

Le protocole IPv6

- Dans IPv4, le nombre d'adresses est devenu insuffisant à cause de l'augmentation d'ordinateurs et de périphériques réseaux.
- Une adresse IPv6 est représentée par blocs de 16 bits, en hexadécimal, séparés par " :"

Exemple : une adresse IPv6

128:FCBA:1024:1B23:0:0:24:FEDC

- Les séries d'adresses égales à 0 peuvent être abrégées par " ::" qui ne peut apparaître qu'une seule fois dans une adresse car il n'indique pas le nombre de zéro.
- L'adressage IPv6 est hiérarchique.

Les adresses IPv6

Adresse	Premiers bits de l'adresse	Caractéristiques
0 : :/8	0000 0000	réservé
100 : :/8	0000 0001	non assigné
200 : :/7	0000 001	adresse ISO
400 : :/7	0000 010	adresse Novell (IPX)
600 : :/7	0000 011	non assigné
800 : :/5	0000 1	non assigné
1000 : :/4	0001	non assigné
2000 : :/3	001	non assigné
4000 : :/3	010	adresses des fournisseurs de services
6000 : :/3	011	non assigné
8000 : :/3	100	adresse géographique d'utilisateurs
A000 : :/3	101	non assigné
C000 : :/3	110	non assigné
E000 : :/4	1110	non assigné
F000 : :/5	1111 0	non assigné
F800 : :/6	1111 10	non assigné
FC00 : :/7	1111 110	non assigné
FE00 : :/9	1111 1110 0	non assigné
FE80 : :/10	1111 1110 10	adresses de liaisons locales
FEC0 : :/10	1111 1110 11	adresse de sites locaux
FF00 : :/8	1111 1111	adresse de multipoint (multicast)

Les applications des réseaux informatiques

Les méthodes de communication (1/2)

- SMTP : le courrier électronique
 - l'application la plus rencontrée dans les réseaux,
 - elle permet l'envoi de texte ou de fichiers à un destinataire ou groupe de destinataires,
 - l'envoi se fait en mode non connecté, pas de nécessité que la boîte au lettre du récepteur soit disponible ou même qu'elle existe,
 - les adresses électroniques :
 - chaque utilisateur possède une adresse propre,
 - son format est le suivant : [nom]@[nom-de-domaine].[pays]
 - le pays est identifié par deux lettres (fr), normalisées par l'ISO.
 - protocole de gestion du courrier électronique,
 - avant de transmettre un message, un client doit s'assurer de l'existence de la boîte aux lettres sur le serveur,
 - le protocole SMTP nécessite que les machines (serveurs) restent connectées au réseau en permanence.

Les méthodes de communication (2/2)

- Le protocole POP3 (Post Office Protocol) :
 - problème : les machines des particuliers ne sont pas connectées au réseau en permanence,
 - le stockage des messages se fait au niveau des FAI,
 - POP3 permet de télécharger son courrier depuis un serveur distant.
- Les nouvelles (news) et le protocole NNTP (News Network Transfert Protocol) :
 - Les *newsgroup* sont des sites auxquels les utilisateurs intéressés par un même thème peuvent se connecter.
 - Ce protocole est basé sur une inscription des utilisateurs.
 - La transmission des données entre les différents serveurs de news se fait au moyen du protocole NNTP.
 - Mise à jour, en cas de modifications, d'ajouts ou de suppressions d'une information sur un serveur, la base de données des autres serveurs.

FTP : le transfert de fichiers

- FTP fait partie de la pile des protocoles TCP/IP.
- Il permet aux utilisateurs :
 - de se connecter à un serveur FTP puis de se déconnecter lorsque le téléchargement est terminé.
 - de transférer des fichiers, quelque soit leur nature, entre les deux extrémités de la connexion et dans les deux sens.
- L'accès se fait avec un login et un mot de passe. Lorsque l'accès se fait en mode anonyme (anonymous), le mot de passe demandé est une adresse Internet.

TELNET : le la prise de commande à distance

- TELNET est un protocole de niveau application du modèle TCP/IP.
- Fonctionne en mode connecté (TCP) sur le port 23.
- Une connexion TELNET se fait en deux phases :
 - une phase d'authentification.
 - une phase de travail à distance.
- Plusieurs programmes sont basés sur l'utilisation de ce protocole :
 - *telnet* qui est l'utilitaire de prise de commandes à distance qui offre un éventail de fonctionnalités permettant l'exécution interactive de commandes dans l'environnement distant.
 - *rlogin*, similaire à *telnet*, la demande d'authentification n'est pas effectuée si l'identifiant d'accès est le même aux deux extrémités.
 - *rsh* permet d'exécuter des commandes shell dans l'environnement propre au système d'exploitation distant.

DHCP : Dynamic Host Configuration Protocol (1/2)

- Pourquoi ? Faciliter la gestion des adresses de machines dans les réseaux de grandes tailles qui se modifient souvent.
- DHCP :
 - Attribuer automatiquement une adresse IP à une machine qui se connecte au réseau.
 - Plusieurs phases :
 - 1 Le client envoie un message d'exploration DHCPDISCOVER dans un paquet sur l'adresse de broadcast 255.255.255.255.
 - 2 Si un serveur DHCP reçoit un tel message, il y répond pour signaler qu'il est disponible.
 - 3 Le serveur consulte sa base pour savoir si l'adresse physique du client ne correspond pas à une adresse IP fixe. Si ce n'est pas le cas il choisit une adresse IP disponible et l'envoie au client.
 - Certaines informations sont stockées chez le client ce qui évite de redemander ces informations lors du redémarrage.

DNS : Domain Name System

- Faire correspondre un nom (facile à retenir) à une adresse IP ou MAC qui est une suite de chiffres.
- Structure des DNS :
 - Distribution des informations sur de multiples DNS.
 - Un DNS est à la fois client et serveur.
 - Basé sur une structure hiérarchique en haut de laquelle sont situés des serveurs ROOT (Il en existe 13 pour l'ensemble de l'Internet).
 - Envoi de requêtes de type récursive.
 - Un nom DNS est composé d'une suite de caractères alphanumériques séparées par des points.
 - La structure des enregistrements d'une base DNS suit le standard BIND (*Berkeley Internet Domain Name*).

ADSL et xDSL

L'ADSL - Introduction (1/2)

- Pendant très longtemps, le trafic téléphonique était maîtrisé et prévisible :
 - faible consommation : quelques minutes par jour.
- Apparition de l'Internet en 1969 mais explosion de son expansion dans le milieu des années 90.
- Analogique - Numérique :
 - la voix est un signal analogique qui transporte des informations analogiques.
 - l'utilisation d'un modem pour se connecter à Internet utilise des signaux analogiques pour transporter des informations numériques.

L'ADSL - Introduction (2/2)

- Analogique - Numérique (2/4) :
 - Différentiation entre l'information et le signal qui la transporte.
 - Le signal peut être soit numérique, soit analogique et l'information peut être soit numérique, soit analogique.
 - Une information est dite analogique si elle peut prendre toutes les valeurs entre un minimum et un maximum donnés. Exemple : la température ne peut passer de 10° à 20° sans prendre toutes les valeurs intermédiaires.
 - Une information numérique ne peut prendre qu'un nombre limité de valeurs autorisées, appelées « valeurs discrètes ». Il existe aussi un minimum et un maximum correspondants à la valeur autorisée la plus faible et à la valeur autorisée la plus forte.

L'ADSL - Bande passante (1/4)

- Elle correspond à l'intervalle fréquentiel entre la plus petite fréquence utilisée et la plus grande.
- Les signaux de télévision utilisent couramment 6 MHz de bande passante. 1 MHz correspond à 1 million d'oscillations par secondes.
- L'information et le signal qui la transporte ont tous deux une bande passante.
- La bande passante du signal doit être supérieure ou égale à la bande passante de l'information. Dans le cas contraire, on dit l'information est limitée en bande passante et on doit généralement enlever l'information supplémentaire.
- Dans le Réseau Téléphonique Commuté Public (RTCP), la bande passante se situe dans l'intervalle 300 Hz - 3400 Hz, cela correspond à 80% de la puissance de la voix humaine.

L'ADSL - Bande passante (2/4)

- La limitation de la bande passante se fait par des filtres « passe bande ».
- La bande passante d'une ligne d'accès à Internet est de 64 Kbit/s donc si le débit du port série d'un ordinateur est de 128 Kbit/s, il faut ajouter un filtre « passe bande ».
- La non transmission de certains bits provoqueraient des erreurs de transmission c'est pourquoi on va stocker dans un buffer ces bits supplémentaires en attendant que la bande passante soit disponible.
- Un buffer va s'avérer utile lors que l'on va chercher à transmettre des données sur RTCP alors qu'il est conçu au départ pour transmettre de la voix.

L'ADSL - Bande passante (3/4)

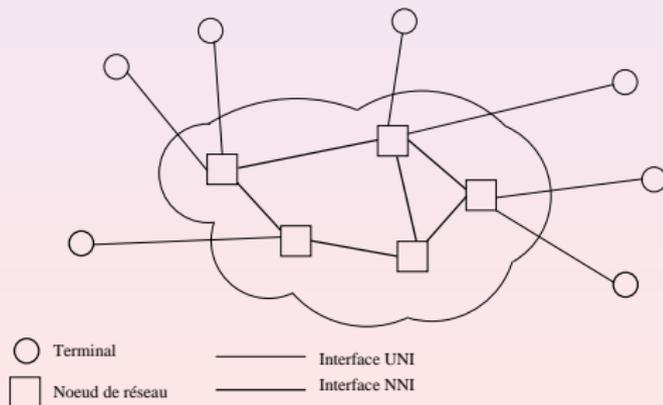
- Lors d'une conversation téléphonique, même les silences nécessitent une bande passante de 3,1 KHz pour sa transmission. La bande passante assignée à une conversation téléphonique ne peut pas être utilisée pour autre chose.
- Pour la transmission de données, il y a un flux constant d'informations de bout en bout, les informations étant organisées en paquets.
- Le stockage des bits supplémentaires est donc intéressant puisque la ligne n'est pas utilisée en permanence et que l'on peut alors les transmettre à ce moment-là.
- Il faut augmenter la bande passante si le buffer est trop sollicité ou si l'on veut réduire le temps de transfert.

L'ADSL - Bande passante (4/4)

- La transmission d'informations numériques sur RTCP (connexion à Internet par exemple) nécessite l'utilisation d'une interface spéciale.
- Cette interface est appelée « modem » pour modulateur / démodulateur.
- Il permet de moduler des informations numériques sur un signal analogique et à l'inverse de démoduler, c'est-à-dire de récupérer des informations numériques à partir d'un signal analogique.
- Le terme « large bande » (broadband) :
 - L'ADSL est une méthode d'accès au réseau RTCP permettant de fournir un « accès large bande », elle n'est pas la seule mais la mieux adaptée.
 - Ce terme s'applique aux liens de communication ayant un temps de latence inférieur à celui d'une liaison à 2 Mbit/s utilisée pour les communications vocales numériques.

Le réseau téléphonique commuté public (RTCP) (1/2)

- RTCP est un réseau utilisant la commutation de circuit alors que TCP/IP utilise la commutation de paquets.
- Il est apparu un siècle avant le réseau Internet.
- Ce réseau est composé de nœuds et de terminaux. Un terminal n'est connecté qu'à un seul nœud alors qu'un nœud peut être connecté à plusieurs terminaux.



Le réseau téléphonique commuté public (RTCP) (2/2)

- Les liens entre terminaux et nœuds sont appelés liens UNI (User Network Interface) et les liens entre les nœuds du réseau sont appelés NNI (Network Node Interface).
- Les liens UNI sont en réalité les lignes d'accès englobés sous le terme boucle locale. Il s'agit d'une liaison commuté qui permet de joindre n'importe qui en composant un numéro, éventuellement un fournisseur d'accès si l'on passe par un modem.
- Pour le RTCP, les liens NNI sont appelés artères de transmission.
- Les artères de transmission et les liens de la boucle locale sont divisés en « circuit » voix et en « canaux » voix. Deux canaux voix permettent la transmission dans les deux sens.
- Lorsque les deux canaux utilisent le même intervalle de fréquence, on parle de transmission « full duplex » alors que lorsqu'ils utilisent des intervalles différents on parle de transmission « half duplex ».

La famille xDSL (1/4)

- Utilisation des paires de cuivre existante au niveau de la boucle locale.
- Objectifs principaux
 - réutilisation maximale de la boucle locale analogique,
 - compatibilité ascendante des équipements (possibilité de continuer à utiliser des téléphones analogiques).
- Les technologies sont apparus avec le RNIS qui a été crée pour introduire la numérisation de bout en bout du RTCP.
- RNIS fut donc le premier service DSL fonctionnant à 144 Kbit/s en full duplex au moyen de deux canaux B à 64 Kbit et d'un canal D à 16 Kbit/s. Ceci pour services destinés aux abonnés résidentiels.
- Les nouvelles technologie DSL appelés xDSL (où x représente une lettre de l'alphabet) offre des services beaucoup plus intéressant que RNIS.

La famille xDSL (2/4)

- Certaines de ces technologies sont qualifiées de duplex ce qui signifie que le débit est identique dans les deux sens de transmission, on emploie aussi le terme « symétrique ».
- Le terme « asymétrique » signifie donc que les débits sont différents dans les deux sens de transmission.
- De nombreux services fonctionnent en mode asymétriques : vidéo à la demande, accès internet, etc.
- Certains membres de la famille xDSL sont asymétriques : ADSL, RADSL, VDSL.
- HDSL (High Rate DSL) et HDSL2 sont des technologies symétriques. Les débits montants et descendants sont de 1,5 Mbit/s aux États-Unis (système T1) et de 2 Mbit/s pour la plupart des autres pays (système E1). Ces technologies sont utilisés pour des besoins propres aux opérateurs ou pour fournir à leurs clients des liaisons permettant d'interconnecter des réseaux LAN ou WAN.

La famille xDSL (3/4)

- SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) était au départ une variante très prometteuse de HDSL qui devait être plus performante. Ce n'est pas le cas car elle est capable de fournir des débits de 1,5 Mbit/s ou 2 Mbit/s mais sur des distances beaucoup plus petite.
- Certaines technologies xDSL sont asymétriques ce qui peut être un inconvénient si l'on souhaite mettre en place un serveur WEB, il est alors préférable d'utiliser la technologie HDSL ou HDSL2.
- Les technologies ADSL (Asymmetric DSL) et RADSL (Rate Adaptative DSL) sont devenue très proche en termes de débits et de distances maximales d'utilisation ce qui rends quasi inutile leur distinction.
- Elles offrent des débits allant de 1,5 à 8 Mbit/s dans le sens descendant et de 16 à 640 Kbit/s dans le sens montant.
- La technologie IDSL (ISDN DSL) s'appuie sur le RNIS et fonctionne à un débit de 144 Kbit/s dans les deux sens.

La famille xDSL (4/4)

- La technologie VDSL (Very High Speed DSL), d'ordinaire considérée comme asymétrique, a été conçue au départ avec une option symétrique.
- Les débits proposés ne peuvent être supportés sur des lignes de cuivre de longueur importante et la plupart des liaisons VDSL sont supportés par une portion de la liaison en fibre optique.
- Les débits offerts sont de 13 Mbit/s à 52 Mbit/s dans le sens descendant et de 1,5 Mbit/s à 6 Mbit/s dans le sens montant.
- Il existe d'autres technologies dans la famille DSL telles que :
 - MDSL (Multispeed DSL) qui est une nouvelle technologie développée par très peu de constructeur,
 - CDSL (Consumer DSL) qui possède des performances en termes de débits et distance plus faible que l'ADSL ou RADSL.

ADSL - Architecture (1/2)

- L'ADSL est une des technologies xDSL les plus avancées en termes de spécifications et de normalisation.
- Une particularité de l'ADSL est qu'elle permet de supporter la transmission de la voix analogique. Un équipement spécifique, le splitter, permet transporter sur le liens ADSL les fréquences inférieurs à 4 KHz, correspondantes à la voix, du commutateur d'abonnés jusqu'au client.
- De nombreux services, fournis par l'ADSL, sont directement accessibles sans passés par le commutateur d'abonnés et les artères de transmission du RTCP.
- De nombreuses liaison ADSL peuvent être gérées par un seul nœud de réseau ou nœud d'accès appelé DSLAM (DSL Access Node).
- Du coté client, il nécessaire de disposer d'un modem ADSL. Un équipement splitter permet de séparer le service voix du service donnée.

ADSL - Architecture (2/2)

- Du côté fournisseur, la ligne ADSL est connecté à un DSLAM qui est relié à des routeurs TCP/IP ou des commutateurs ATM. Un splitter est aussi utilisé pour diriger la voix vers le commutateur d'abonnés.
- La couche fixe de l'ADSL a été normalisée en 1995 par l'ANSI dans le document T1.413-1995.
- La norme ADSL permet de fixer la modulation et la structure des trames ADSL.
- Les produits ADSL implémente les modulations CAP (Carrierless Amplitude/Phase), QAM (Quadrature Amplitude Modulation) et DMT (Discrete Multitone Technology).
- Quelle que soit la modulation utilisée, les deux câbles de la ligne fonctionnent en full duplex.

VDSL - Very High-speed Digital Line Subscriber

- Il s'agit de la technologie offrant le plus haut débit de toutes les technologies xDSL. Le débit du flux descendant peut aller de 13 Mbit/s à 55 Mbit/s selon la distances. Quant au flux montant, son débit varie entre 1,5 Mbit/s et 26 Mbit/s.
- Dans certaines configuration cette technologie peut être symétrique.
- Elle utilise une méthode de multiplexage fréquentiel.
- L'architecture de VDSL est assez similaire à celle de l'ADSL. La principale différence réside dans la présence d'un équipement supplémentaire appelé ONU (Optical Network Unit). Cet équipement est relié au fournisseur de service par une liaison numérique supportée par de la fibre optique.
- Cette technologie fait le pari que les paires de cuivre constituant la boucle locale seront bientôt remplacée par de la fibre optique.

DSLAM - Digital Subscriber Line Access Multiplexer (1/2)

- Cet équipement est utilisé pour supporter les technologies HDSL, SDSL, ADSL, etc.
- Le DSLAM peut s'interfacer, coté réseaux externes, avec des commutateurs ATM, des routeurs IP, des réseaux LAN ou des serveurs SDV (Switched Digital Server).
- Dans sa configuration de base, il peut être un nœud d'accès ADSL.
- Il est installé chez les opérateurs de télécommunications et doit dans tous les cas être connecté au RTCP pour pouvoir fournir les services de voix.
- Le DSLAM n'est ni un commutateur, ni un routeur mais un multiplexeur/démultiplexeur. Sa fonction principale est de combiner des flux de bits provenant des abonnées et de diviser le flux de bits provenant des différents serveurs afin de les acheminer vers le bon destinataire.

DSLAM - Digital Subscriber Line Access Multiplexer (2/2)

- L'agrégation du trafic effectué selon la méthode du multiplexage temporel appelé Time Division Multiplexing (TDM).
- Un équipement DSLAM possède de nombreuses fonctionnalités comme la gestion de priorités de trafic, le lissage de trafic et des fonctionnalités de Cross-Connect.
- Le DSLAM est généralement placé à proximité d'un commutateur d'abonnés.
- La connexion de la boucle locale au DSLAM est réalisée grâce à des cartes qui sont spécifiques à chaque technologie xDSL.
- Dégroupage : certaines lignes peuvent être gérées par d'autres opérateurs que l'opérateur historique. Le DSLAM devant être situé à proximité d'un commutateur d'abonnés, il faut donc gérer des colocalisations d'équipements.

Le dégroupage ADSL (1/3)

- Dégroupage de la boucle locale :
 - la boucle locale correspond à la partie du réseau de télécommunication qui va de la prise téléphonique de l'abonné jusqu'au répartiteur situé dans les locaux de France Télécom.
 - Le dégroupage de la boucle locale consiste pour l'opérateur historique (FT) à permettre aux opérateurs alternatifs de gérer de bout en bout le réseau qui le relie à ses clients.
 - L'opérateur alternatif loue la gestion de la boucle locale à FT.
 - L'opérateur alternatif doit placer ses équipement de transmission à l'extrémité de la boucle locale, pour pouvoir relier les lignes à son propre réseau (colocalisation dans les locaux FT).
- Utilité du dégroupage :
 - Le dégroupage donne aux opérateurs alternatifs un accès direct à l'utilisateur final.
 - Ils sont donc en mesure de contrôler de bout en bout le réseau et par conséquent de fournir un service différencié.
 - Cela permet un plus grande concurrence.

Le dégroupage ADSL (2/3)

- Danger du dégroupage :
 - Pas d'investissements de la part des opérateurs alternatifs dans la boucle locale puisqu'ils utilisent les lignes de FT.
 - L'opérateur historique est rémunéré pour son entretien des lignes mais pas pour l'amortissement de ses investissements.
 - ⇒ D'autres projets de desserte par Boucle Local Radio, par courants porteurs ou par fibres optiques ne dépassent pas le stade des expériences.
- Deux possibilités de dégroupage :
 - Le dégroupage "total" consiste en la mise à disposition de l'intégralité des bandes de fréquence de la paire de cuivre. L'utilisateur final n'est alors plus relié au réseau de FT mais uniquement à celui de l'opérateur alternatif qu'il a choisi.
 - Le dégroupage "partiel" consiste en la mise à disposition de la bande de fréquence "haute" de la paire de cuivre qui peut servir à la construction d'un service ADSL. La bande de fréquence "basse" est utilisée pour le téléphone et demeure gérée par FT.

Le dégroupage ADSL (3/3)

- Dégroupage et ADSL :
 - La technologie ADSL permet d'utiliser la paire de cuivre classique simultanément pour le téléphone et une connexion Internet Haut Débit.
 - Elle tire partie des fréquences qui étaient restées inutilisées (supérieures à 4000 Hz).
 - Le téléphone utilise les fréquences basses.
 - Le modem ADSL permet de faire la séparation entre les deux types de fréquences et par conséquent de les utiliser simultanément.
 - C'est cette séparation des fréquences qui permet de mettre en œuvre le dégroupage partiel en laissant l'opérateur alternatif gérer les fréquences hautes quand France Télécom continue de gérer les fréquences basses.

Les réseaux sans fils

Les technologies sans fils : introduction

- Une mobilité plus importante des utilisateurs rend les réseaux traditionnels (filaire) inadaptés.
- Apparition de nombreuses technologies sans fils standardisées.
- Aucune technologie sans fils n'est parfaite : c'est toujours un équilibre entre différents facteurs (portée, débit, etc.).
- Augmentation constante des performances grâce à la recherche et dès demain des performances accrues permettront de nouveaux usages.

La portée des réseaux sans fils

- La portée est très souvent une indication théorique :
 - Elle peut être réduite en fonction des obstacles.
 - Elle dépend aussi de la bande de fréquence utilisée (exemple : la bande de fréquence des 2,4 GHz utilisée par de nombreux types de réseau est freinée par l'eau et donc aussi par les humains qui en sont constitués à 70%).
 - Elle est aussi dépendante de la puissance rayonnée qui est une fonction de la portée et du débit : plus on va loin, moins on peut offrir de débit.
- La puissance autorisée est une limitation politique et non technologie. Elle varie selon les pays.
- On peut augmenter la portée en concentrant le signal dans une même direction grâce une antenne "unidirectionnelle".
- Cette méthode est surtout utile pour relier deux points distants et elle est appelée alors "liaison point-à-point".

Réseaux sans fils personnel (WPAN) (1/3)

- Le plus connu de ces réseaux est Bluetooth mais de nouvelles technologies apparaissent :
 - UWB permet le haut débit,
 - Zigbee permet la connexion d'équipements à très faible coût.
- Bluetooth ou la "dent bleue" était le surnom d'un roi du Danemark (940-981).
 - Technologie mise au point par le suédois Ericsson.
 - Un appareil maître peut communiquer avec 7 autres appareils esclaves.
 - Elle est prévue pour remplacer les câbles qui relient les périphériques entre eux. Ce type de liaison est plutôt dédié aux connexions point à point. Elle peut permettre aussi l'interconnexion de PDA ou téléphones.
 - On peut constituer 10 groupes (80 appareils) dans un même rayon.

Réseaux sans fils personnel (WPAN) (2/3)

- Bluetooth ou le standard IEEE 802.15.1 :
 - Des débits maximum de 750 Kb/s dans un rayon de 10 mètres.
 - Il utilise la bande de fréquences des 2,4 GHz (la même que WiFi et les fours micro-ondes) qui ne nécessite pas de licence.
- Ultra Wide Band - UWB :
 - Il utilise une grande partie du spectre pour l'échange de données. Le signal pour chaque bande de fréquence est donc très faible et ne perturbe pas les autres signaux qui se trouvent sur leur propre bande.
 - Standard IEEE 802.15.3 : il permet de transmettre à un débit de plusieurs centaines de Mb/s sur une distance de quelques dizaines de mètres.
 - On peut avoir jusqu'à 6 systèmes UWB dans un même rayon, chacun pouvant avoir un débit maximum de 50 Mb/s. Ils peuvent être agrégés entre eux.

Réseaux sans fils personnel (WPAN) (3/3)

- Zigbee, un réseau pour transporter les commandes essentiellement et non les données :
 - Il permet de mettre en place des réseaux personnels sans fils en étoile à très bas coût.
 - Il existe deux versions de Zigbee :
 - IEEE 802.15.4 qui permet de communiquer à 250 Kb/s jusqu'à 10 mètres pour relier aux maximum 255 appareils (bande de fréquence des 2,4 GHz).
 - IEEE 802.15.4a qui est limité à 20 Kb/s mais permet une portée de 75 mètres pour un maximum de 65 000 appareils (bande de fréquence des 900 KHz).
 - Adapté pour la communication d'objet à objet qui ne nécessite pas un grand débit.
 - Un très faible coût qui devrait permettre son intégration dans un grand nombre d'objets.
 - Une autonomie de deux ans avec de simples piles alcalines.
 - Objectif : rendre une simple ampoule communicante.

Réseaux sans fils locaux (WLAN)

- La famille des réseaux WiFi :
 - Elle permet d'établir un réseau sans fils sur de courtes distances (réseau local).
 - Les réseaux WiFi sont parfois associés à des antennes directionnelles pour établir des liaisons point-à-point (par exemple, interconnecter des Hot Spots WiFi en attendant l'arrivée de WiMAX).
 - Ces réseaux sont bien adaptés au nomadisme mais mal adaptés aux réseaux mobiles (appareils en déplacement). Au-delà de quelques kilomètres par heure, ils décrochent.

Réseaux sans fils WiFi (1/2)

- Plusieurs type de réseaux WiFi :
 - IEEE 802.11 peut être cité à titre historique comme le premier standard de la série (débit théorique de 2 Mb/s) ;
 - IEEE 802.11b : débit théorique 11 Mb/s - portée de 100 m à maximum quelques centaines de mètres - bande des 2,4 GHz. Ce standard a permis l'essor des réseaux sans fils ces dernières années ;
 - IEEE 802.11a : débit théorique 54 Mb/s (mais décroît avec la distance plus vite que 802.11b) - portée d'une trentaine de mètres - sur la bande des 5 GHz ;
 - IEEE 802.11g : débit théorique 54 Mb/s - portée d'une centaine de mètres - bande des 2,4 GHz ;
 - IEEE 802.11n : débit théorique 540 Mb/s - une trentaine de mètres - utilise les deux bandes 2,4 et 5 GHz. Le 802.11n intègre en base la qualité de service (le standard IEEE 802.11e).

Réseaux sans fils WiFi (2/2)

- Les extensions de WiFi :
 - IEEE 802.11e : extension pour un réseau avec signalisation et Qualité de Service.
 - IEEE 802.11f : extension pour le handover (passage d'une cellule à l'autre sans coupure).
 - IEEE 802.11i : extension sécurité.
- Des débits très théoriques :
 - CSMA-CA : un mode d'écoute du réseau qui permet à plusieurs appareils de parler ensemble et permet d'avoir un débit qui est la moitié du débit théorique.
 - L'éloignement des appareils par rapport au point d'accès diminue aussi le débit.
 - Le point d'accès doit aligner le débit de l'ensemble des appareils à celui qui est plus éloigné.
 - Pour 802.11n, il est possible d'interdire les communications avec des débits inférieurs à une valeur donnée.

La norme 802.11n

- Possibilité d'utiliser les bandes de fréquence des 2.4 GHz ou des 5 GHz
- Débit théorique de 540 Mbit/s sur une distance maximale de 125 mètres.
- Le standard intègre la technologie MIMO (multiple-in, multiple-out) qui permet de paralléliser les communications sans fil sur plusieurs antennes à la fois.
- Cette norme a été approuvée en mars 2007 (version Draft 2.0).

WiMAX (1/3)

- WiMAX est le nom d'une marque destinée à labéliser des équipements compatibles avec le standard américain IEEE 802.16 et la norme européenne ETSI HiperMAN.
- Il permet un débit théorique de 70 Mb/s sur un rayon de 50 km maximum.
- Le WiMAX est particulièrement bien adapté pour interconnecter entre eux à l'échelle d'une ville des HotSpots plus locaux (par exemple en WiFi).
- Le WiMAX peut être utilisé sur plusieurs bandes de fréquence dont certaines nécessitent une licence.

WiMAX (2/3)

- Le comité IEEE 802.16 est en charge du développement d'un standard sans fil pour les réseaux métropolitains ("Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems") :
 - IEEE 802.16 pour les fréquences entre 10 et 66 GHz, avec IEEE 802.16c qui propose plusieurs profils (choix d'options) pour ce standard.
 - IEEE 802.16a pour les fréquences entre 2 et 11 GHz.
 - En théorie, 70 Mbit/s pour une portée de 50 km.
 - En pratique, 12 Mbit/s pour une portée de 20 km ou même 8 km s'il y a des obstacles.
 - IEEE 802.16d (802.16-2004) est une évolution de la norme 802.16a qui intègre la gestion des bornes fixes à l'intérieur.

WiMAX (3/3)

- Une extension est également prévue (IEEE 802.16e)
 - Elle doit permettre la connexion de mobiles jusqu'à 60 km/h.
 - Elle est adapté à la mobilité urbaine mais non à la mobilité dans n'importe quel véhicule comme un train, etc.
- Dès 2005, apparition des premiers équipements certifiés WiMAX.

Les réseaux mobiles de troisième génération (1/3)

- Cette fois, l'objectif est de permettre l'utilisation du réseau en situation de mobilité (en déplacement) quelle que soit la vitesse du véhicule ou presque.
- Les réseaux mobiles de 3e génération sont avant tout des réseaux nationaux mais dont la taille des cellules nécessite la mise en place d'équipements dans chaque ville concernée.
- Historiques des réseaux mobiles :
 - La première génération : les téléphones mobiles analogiques.
 - La deuxième génération : les téléphones mobiles numériques tels que le GSM.
 - L'arrivée du transport des données avec le GPRS (parfois appelé 2,5e génération)
 - Les réseaux mobiles de 3e génération intègrent à la fois le transport de la voix et des données à haut débit.

Les réseaux mobiles de troisième génération (2/3)

- La normalisation des systèmes mobiles de 3e génération est coordonnée au sein de l'ensemble de normes IMT-2000 à l'Union Internationale des Télécommunications.
- Il existe plusieurs normes de téléphonie mobile de 3e génération :
 - L'UMTS, suivi par le consortium 3GPP (3rd Generation Partnership Project) :
 - Il permet un débit théorique jusqu'à 2 Mb/s même si les premiers déploiements se feront plutôt à 384 Kb/s.
 - Il existe en fait deux grands types d'UMTS, suivant l'interface radio utilisée : W-CDMA ou TD-CDMA.
 - Les choix de l'Europe et du Japon d'une part et celui de la Chine sont incompatibles.

Les réseaux mobiles de troisième génération (3/3)

- Plusieurs normes de téléphonie mobile de 3e génération :
 - Le Cdma 2000, suivi par le consortium 3GPP2 :
 - Il permet également un débit théorique maximum de 2 Mb/s.
 - Il est plutôt soutenu par les Américains (et certains groupements asiatiques).
 - Il existe plusieurs évolutions telles que le 1X RTT et le 3X, mais ce sont surtout les versions qui prennent mieux en compte l'internet mobile qui offrent le plus de promesses : cdma2000 EV-DO (EVolution - Data Only) et EV-DV (EVolution - Data and Voice).
 - EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolutions) :
 - C'est une évolution du GPRS qui permet des débits de 384 ou 200 Kb/s suivant la version avec un maximum de 474 Kb/s.
 - Il permet de conserver la compatibilité ascendante GSM/GPRS dans sa version "EDGE Classic".
 - La version "EDGE Compact" permet d'utiliser des bandes de fréquences plus réduites (inférieures à 1 MHz).

Les "Box" (1/2)

- Freebox, Livebox, SfrBox, BBox, Dartybox,...
- Ce sont des modem routeur WiFi :
 - Ils font office de modem ADSL vous permettant d'être connecté au réseau Internet par le biais de votre ligne téléphonique dégroupée ou pas.
 - Ils font office de routeur :
 - Boitier permettant d'interconnecter plusieurs ordinateurs au réseau Internet.
 - Présence d'un serveur DHCP permettant de donner plusieurs adresses IP à différentes machines : ordinateurs, pda, portables...
 - Point d'accès WiFi permettant de vous connecter en mode sans fils.
- Elles servent aussi à téléphoner par le moyen de la VoIP ou à regarder la télévision numérique.

Les "Box" (2/2)

- Prise en compte des problèmes de sécurité :
 - Ouverture du point d'accès WiFi doit être sécurisé par une clef WEP ou WPA.
 - Les mots de passe doivent comporter des chiffres, des lettres, des caractères spéciaux mais ne doivent surtout pas provenir du dictionnaire.
 - La loi HADOPI vous rends responsable de la sécurisation de votre connexion et des éventuelles utilisations illégales.
 - Il est possible de limiter le nombre de machines qui peuvent se connecter à votre Box en précisant les adresses MAC (Physiques) des machines autorisées à s'y connecter.
 - Il est possible de ne pas diffuser le nom de sa Box.