

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Béjaïa
Faculté des Sciences Exactes
Département d'Informatique



Polycopié de cours

Master II Professionnel en Informatique

Préparé par

Abderrahmane BAADACHE

Réseaux étendus et réseaux d'opérateurs

Année universitaire 2013-2014

Table des matières

Avant propos	5
Introduction	6
1 Réseaux étendus et d'opérateurs	8
1.1 Introduction	8
1.2 Types de réseaux	8
1.2.1 Réseaux informatiques	9
1.2.2 Réseaux de télécommunications	10
1.2.3 Réseaux de télédiffusion	10
1.2.4 Réseaux multimédia	10
1.3 Normes & standards	11
1.4 Conclusion	13
2 Supports, protocoles d'accès à distance et architectures	14
2.1 Introduction	14
2.2 Support de communication	15
2.2.1 Technologies de câblage	15
2.2.2 Technologies sans câble	16
2.2.3 Autres technologies	17
2.3 Protocoles d'accès à distance	17
2.4 Architectures des réseaux étendus	18
2.5 Conclusion	19
3 Technologies d'accès et de commutation dans les réseaux étendus	20
3.1 Introduction	20
3.2 Technologies d'accès	20
3.2.1 Technologies d'accès basés sur le réseau téléphonique	20
3.2.2 Technologie d'accès en fibre optique	22
3.2.3 Technologie d'accès radio	23
3.2.4 Technologie d'accès basés sur le réseau électrique	24
3.3 Technologies de commutation	25

3.3.1	Commutation de circuits (circuit switching)	26
3.3.2	Commutation de paquets (packet switching)	27
3.4	Conclusion	28
4	Réseaux PDH et SDH	29
4.1	Introduction	29
4.2	Techniques de multiplexage	29
4.3	Réseaux de transmission	30
4.3.1	PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)	30
4.3.2	SDH (Synchronous Digital Hierarchy)	31
4.4	Conclusion	35
5	Réseaux sans fil	36
5.1	Introduction	36
5.2	Communication sans fil	36
5.2.1	Qu'est-ce qu'un réseau sans fil?	36
5.2.2	Applications des réseaux sans fil	37
5.2.3	Caractéristiques et contraintes des réseaux sans fil	37
5.2.4	Classification des réseaux sans fil	38
5.3	Roaming	39
5.4	Conclusion	39
	Conclusion	40
	Bibliographie	41

Table des figures

1.1	Catégories des réseaux informatiques	9
1.2	Réseau à intégration de services, RNIS	11
1.3	Modèle de référence ISO de l'ISO	12
2.1	Câbles coaxiaux	15
2.2	Câbles en paires torsadées	16
2.3	Fibres optiques	16
2.4	Technologie à ondes courte ou WIFI	17
3.1	Réseau téléphonique commuté	21
3.2	Réseaux Numériques à Intégration de Services	22
3.3	Fibre optique	23
3.4	Boucle locale radio	23
3.5	Principe du CPL	24
3.6	Architecture de la technologie CPL	25
3.7	Réseau commuté	25
3.8	Types de réseaux commutés	26
3.9	Structure d'un commutateur	26
3.10	Techniques de multiplexage	27
3.11	Principe de la commutation de paquets	28
4.1	Techniques de multiplexage	30
4.2	Réseau de transmission	30
4.3	Multiplexage plésiochrone PDH	31
4.4	Limite de PDH	31
4.5	Principe de SDH	32
4.6	Multiplexage SDH	33
4.7	Tributary unit and tributary unit group	34
4.8	Protection dans SDH	35
5.1	Modes de fonctionnement d'un réseau sans fil	37
5.2	Classification des réseaux sans fil	38

Avant propos

Ce polycopie constitue un support de cours du module réseaux étendus et réseaux d'opérateurs enseigné aux étudiants Master II professionnel en informatique. Le programme proposé sous forme de points dans le cahier de charge a été suivi après une légère restructuration en cinq chapitres. Le volume horaire hebdomadaire fixé par le cahier de charge est : un cours, un TD et un TP. L'objectif de ce cours est de comprendre les différentes technologies et architectures ainsi que les protocoles de communication permettant l'accès aux réseaux étendus. Le lecteur de ce document doit avoir des connaissances particulières préalables en réseaux et systèmes distribués. Donc, il s'agit d'un document bien dédié à celui qui a fait un parcours réseaux et systèmes distribués. Les avis et les remarques des lecteurs sont les bienvenus.

Copyright © 2013-2014, Abderrahmane BAADACHE.

Introduction

Un réseau de communication est un ensemble d'équipement (ordinateurs, périphériques, PDA, etc.) connectés entre eux par des liaisons filaires ou sans fil. L'objectif est de s'échanger des informations et partager des ressources matérielles et logicielles (imprimante, scanner, données, etc.). Suivant leur organisation, architecture, les distances, les vitesses de transmission et la nature des informations transmises, les réseaux font l'objet d'un certain nombre de spécifications et de normes. Plusieurs architectures de réseaux existent en pratique. Nous nous intéressons dans ce support aux réseaux étendus et réseaux d'opérateurs.

Un réseau étendu ou WAN (Wide Area Network) couvre généralement une grande zone géographique, typiquement à l'échelle d'un pays, d'un continent, voire de la planète entière. Ces réseaux reposent sur une infrastructure très étendue, nécessitant des investissements très lourds. Contrairement aux réseaux locaux, les usagers ne sont pas propriétaires des réseaux, lesquels appartiennent à des opérateurs qui mettent à disposition des services de communication à distance impliquant ces réseaux de communication. Les opérateurs fournissent aux usagers un service de transport de données, soit par des lignes spécialisées louées, soit par des lignes commutés à travers des réseaux à commutation de circuits ou à commutation de paquets. La mise en œuvre d'une communication entre deux ou plusieurs noeuds dans un réseau nécessite la mise en place de trois composants : un support de communication, un point de connexion et un protocole de communication. Les technologies d'accès, qui permettent de relier le client au cœur du réseau de l'opérateur de télécommunications ou du fournisseur d'accès Internet, peuvent être des technologies : basées sur le réseau téléphonique, en fibre optique, d'accès radio ou basées sur le réseau électrique. Pour économiser le coût du réseau de transmission, plusieurs communications se partagent le même support physique. Les flux de données sont alors multiplexés et transmis sur ce qui est appelé communément des lignes MIC (Multiplexage d'impulsion codée). L'objectif de ce support est de regrouper des notions permettant de comprendre les technologies d'accès et de transmission des données via un réseau étendu ou d'opérateur de télécommunication.

Ce polycopie est structuré autour de cinq chapitres. Le premier chapitre présente des généralités sur les réseaux étendus et les réseaux d'opérateurs. L'action a été particulièrement mise sur les différents types de réseaux étendus et les normes et standards spécifiant ces réseaux. Le chapitre deux présente les supports de communication, les protocoles d'accès à distance ainsi que les architectures des réseaux étendus. Le chapitre trois, quant à lui,

présente les différentes technologies d'accès qui permettent de connecter le client au cœur du réseau de l'opérateur de télécommunications ou du fournisseur d'accès Internet. Le chapitre quatre présente les réseaux de transmission qui permettent de multiplexer plusieurs flux de données sur les supports de communication, en l'occurrence, PDH et SDH. Le chapitre cinq présente les réseaux sans fil, en particulier, leur caractéristiques et contraintes, ainsi que leur classification. Enfin, le rapport s'achève par une conclusion.

Chapitre 1

Réseaux étendus et d'opérateurs

1.1 Introduction

Un réseau de communication est l'ensemble des ressources matérielles et logicielles liées à la transmission et l'échange d'information entre différentes entités. Suivant leur organisation, architecture, les distances, les vitesses de transmission et la nature des informations transmises, les réseaux font l'objet d'un certain nombre de spécifications et de normes. Plusieurs architectures de réseaux existent en pratique. Nous nous focalisons beaucoup plus ici sur les réseaux étendus et les réseaux d'opérateurs. Un réseau étendu ou WAN (Wide Area Network), est un réseau couvrant une grande zone géographique, typiquement à l'échelle d'un pays, d'un continent, voire de la planète entière. Généralement, c'est un opérateur de télécommunications qui met à disposition des services de communication à distance impliquant ces réseaux de communication. Dans ce qui suit, nous allons voir les différents types de réseaux et présenter les normes et standards spécifiant les réseaux étendus. Les principales références bibliographiques utilisées sont : [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

1.2 Types de réseaux

Habituellement, les réseaux de communications peuvent être classés en fonction du type d'informations transportées et de la nature des entités impliquées ainsi que le domaine industriel concerné. On distingue ainsi trois principales catégories de réseaux :

- Les réseaux informatiques (les données).
- Les réseaux de télécommunications (la voix, la parole).
- Les réseaux de télédiffusion (l'image, la vidéo).

Actuellement, la technologie tend vers la réunion de ces trois types de réseaux pour obtenir ce qui est appelé : réseaux multimédia.

1.2.1 Réseaux informatiques

Ils sont destinées à relier des équipements informatiques (e.g. serveurs, ordinateurs, imprimantes, etc.) pour permettre l'échange de données binaires issus d'applications ou processus informatiques tels que les traitements de textes, les bases de données, ou les navigateurs Internet. Ils permettent aussi le partage de ressources informatiques (e.g. imprimantes, disques durs, etc.).

Classification

Selon la distance maximale reliant deux points, ces réseaux peuvent être classés en cinq catégories (cf. Fig. 1.1).

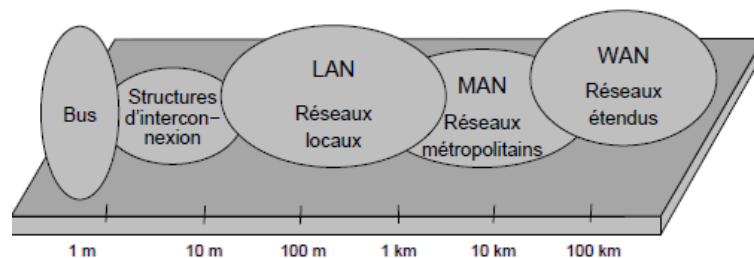


FIGURE 1.1 – Catégories des réseaux informatiques

- **Bus** : ils interconnectent les processeurs, les mémoires, les entrées-sorties d'un calculateur ou d'un multiprocesseur. Généralement, la distance séparant ces composants est inférieurs à 1 mètre,
- **Structures d'interconnexion** : ils permettent d'interconnecter plusieurs calculateurs dans une même pièce pour former des réseaux fermés à très haut débit allant jusqu'à plusieurs centaines de Mbit/s pour une distance ne dépassant pas les quelques mètres.
- **PAN (Personal Area Network)** : utilisés pour des distances de quelques mètres pour interconnecter les équipements personnels : téléphone mobile, portables, tablettes, etc.
- **LAN (Local Area Network)** : ou réseaux locaux, utilisés pour des distances de plusieurs centaines de mètres. Ils interconnectent les équipements informatiques d'une même entreprise, d'une même université, et ils assurent un débit de quelques Mbit/s à quelques Gbit/s.
- **MAN (Metropolitan Area Network)** : ou réseaux métropolitains, utilisés pour l'interconnexion de plusieurs sites dans une même ville ou l'interconnexion des réseaux locaux situés dans des bâtiments différents.
- **WAN (Wide Area Network)** : ou réseaux étendus, ils interconnectent des sites et des réseaux à l'échelle d'un pays et ils peuvent être terrestres ou satellitaires.

Topologie

Une topologie décrit la façon dont les nœuds d'un réseau sont connectés. Une telle topologie peut être physique ou logique.

- **Topologie physique** : décrit comment les différents nœuds sont reliés entre eux.
- **Topologie logique** : décrit comment l'information est transmise d'un nœud à l'autre.

Les topologies fréquemment utilisées sont : bus, étoile, arbre, anneaux et maillée. Quelle que soit topologie physique ou logique d'un réseau on trouve deux modes de fonctionnement différents des nœuds lors du transfert d'information :

- **Mode connecté** : suit le processus suivant : établissement de la connexion → transfert des données → libération de la connexion (principe du téléphone). Ce mode permet une sécurisation des échanges et la négociation à l'avance des paramètres de communications (vitesse, qualité, etc.), mais aussi un temps de transfert relativement important.
- **Mode non connecté** : le transfert des données se fait sans demande préalable de connexion (principe du courrier postal). Ce mode présente l'avantage d'être simple, efficace et robuste aux pannes du réseau, mais en contre-partie les paramètres de communication ne sont pas négociés.

1.2.2 Réseaux de télécommunications

Ils ont pour objectif l'acheminement de communications vocales entre individus. La parole pouvant être envoyée brute sous la forme d'ondes électromagnétiques, on parle alors de communication vocale analogique, ou sous la forme d'une suite d'information binaire après avoir subi un traitement appelé numérisation. La transmission de la parole possède des contraintes très sévères en ce qui concerne la synchronisation aux extrémités. Le temps de transmission de bout-en-bout doit être limité à 50 microsecondes pour un aller-retour. La perte d'un échantillon de temps en temps n'est pas catastrophique, mais la perte d'un trop grand nombre d'échantillons détériorait la qualité de la parole.

1.2.3 Réseaux de télédiffusion

Ils servent à la diffusion de canaux de télévisions entre les studios TV et les particuliers. On retrouve les réseaux de distribution terrestre des câblo-opérateurs et les réseaux satellites.

1.2.4 Réseaux multimédia

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. La mise en œuvre de l'intégration de plusieurs services présente des difficultés telles que :

- l'intégration doit supporter différentes qualités de service et les contraintes liées au type de services.

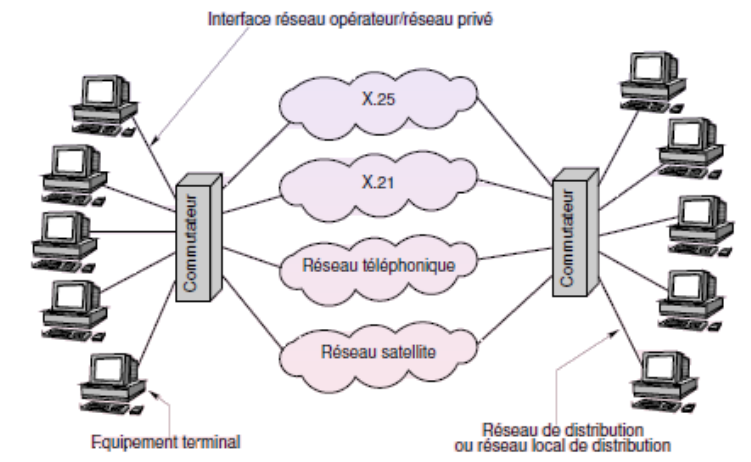


FIGURE 1.2 – Réseau à intégration de services, RNIS

- le réseau doit permettre une qualité de service parfois contradictoire entre les applications. Par exemple, l'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.

Exemple de réseau à intégration de services, RNIS

RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Service), a pour objectif de masquer les différents réseaux existants par une interface utilisateur unique (interface S), i.e., l'utilisateur a une vue unique et les réseaux sont transparents (cf. Fig. 1.2).

1.3 Normes & standards

Plusieurs organismes de normalisation internationaux, multinationaux, nationaux ou privés travaillent dans le domaine des réseaux. Les organismes de normalisation internationaux cités ci-dessous sont sous l'égide de l'ONU et sont les plus actifs dans le domaine des réseaux et des télécommunications.

Organismes de normalisation

- **Organismes Internationaux**
 - OSI (Organisation Internationale de Standardisation) ou ISO (International Organisation for Standardisation).
 - CEI (Commission Électrotechnique Internationale).

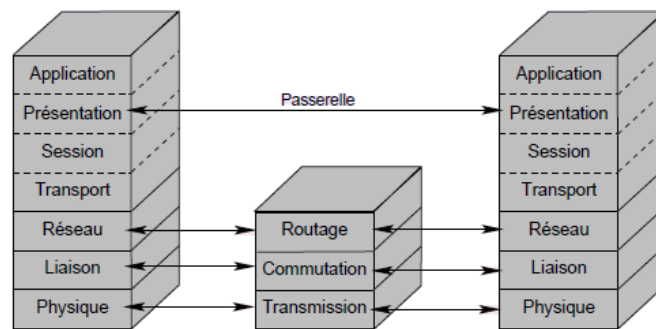


FIGURE 1.3 – Modèle de référence ISO de l'ISO

- UIT (Union Internationale des Télécommunications) anciennement CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique).
- **Organismes Multinationaux**
 - ECMA (European Computer Manufacturer Association).
 - CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications).
- **Organismes nationaux**
 - AFNOR (Association Française de Normalisation).
 - ANSI (American National Standard Institute) (USA).
 - DIN (Deutsches Institut für Normung) (GER).
 - BSI (British Standardization Institut) (UK).
 - SEV (Schweizerischer Electrotechnischer Verein).
- **Organismes privés**
 - DARPA du DoD (USA).
 - IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)(USA).
 - EIA (Electronic Industries Alliance).
 - ATM Forum et Gigabit Ethernet Alliance.
 - IETF (Internet Engineering Task Force) (USA).

Modèle de référence ISO de l'ISO

Le Modèle de référence ISO pour Interconnexion des Systèmes Ouverts (cf. Fig. 1.3) a été proposé en 1984 par l'OSI. Son principe de base est la représentation des réseaux sous la forme de couche de fonctions superposées les unes aux autres. Chaque couche fournit des services pour la couche supérieure, communique avec son homologue via un protocole bien défini (règles de communication) et utilise les services fournis par la couche inférieure. L'objectif et les services offerts par chaque couche sont présentés dans ce qui suit.

- **Couche physique** : elle assure la transmission de bits entre les entités physiques ETTD (Équipement Terminal de Traitement de Données, machines) et ETCDD (Équipement de Terminaison de Circuit de Données, modems). Elle fournit donc des moyens nécessaires à l'activation et au maintien d'une connexion physique.

- **Couche liaison de données** : son objectif est de masquer les caractéristiques physiques et effectuer des contrôles d'erreur. Les données sont structurées en trames, avant l'émission un code d'erreur (CRC) est ajouté dans la trame, et à la réception un contrôle d'erreur est effectué grâce au code d'erreur précédemment inséré.
- **Couche réseau** : son objectif est d'assurer l'acheminement de bout-en-bout des paquets à travers le réseau en tenant compte des nœuds intermédiaires. Les services offerts sont : le routage, la commutation de paquets et la prise en charge la segmentation et le regroupage.
- **Couche transport** : son objectif est acheminement de bout en bout exclusivement des datagrammes. Les services offerts sont : la fragmentation en paquets et le multiplexage/démultiplexage.
- **Couche session** : son objectif est de fournir un ensemble de services pour la coordination des applications. La coordination peut être l'établissement de la connexion entre les applications et la définition de points de synchronisation en cas d'erreur.
- **Couche présentation** : elle permet de manipuler des objets typés plutôt que des bits, et fournit une représentation standard pour ces objets. Elle fournit des services tels que : la définition d'une notation abstraite pour les objets typés, la compression, le cryptage, etc..
- **Couche application** : son objectif est de rendre des services aux utilisateurs sous forme d'applications telles que : mail, news, ftp, terminaux virtuels (telnet, rlogin, ssh), etc.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre, une introduction aux réseaux étendus a été présentée. L'objectif était double, d'une part pour rappeler des notions de base sur les réseaux et d'autre part pour déterminer la portée des futures notions qui seront présentées dans les chapitres suivants. Dans un souci purement pédagogique, nous allons guider progressivement le lecteur à comprendre facilement les concepts liés aux réseaux étendus et nous lui présenterons les supports de communication, les architectures ainsi que les protocoles dans les réseaux étendus dans le chapitre suivant.

Chapitre 2

Supports, protocoles d'accès à distance et architectures des réseaux étendus

2.1 Introduction

Un réseau est un ensemble de systèmes informatiques interconnectés contenant des ressources distribuées à des usagers distants. Donc, l'objectif principal d'un réseau est la mise en commun des ressources logicielles ou matérielles. Ces ressources peuvent être des périphériques (e.g. imprimantes, scanner, graveur, etc.), un ensemble de données ou encore des processeurs, espace disque, etc. La mise en œuvre d'une communication entre deux ou plusieurs nœuds dans un réseau nécessite la mise en place de trois composants qui sont :

- Support de communication : est le lien filaire ou sans fil utilisé pour véhicule d'information.
- Point de connexion : est le point pour connecter le terminal au réseau, généralement, une carte réseau filaire ou sans fil, routeurs, ponts, passerelles, etc.
- Protocole de communication : est l'ensemble des règles établies entre l'émetteur et le récepteur des données.

Dans ce qui suit, nous allons mettre l'action sur les éléments nécessaires à la mise en œuvre d'une communication. Nous présentons tout d'abord les différentes technologies des supports de communication filaire et sans fil, ensuite nous détaillons les protocoles de communication et enfin, nous décrivons les principales architectures utilisées dans les réseaux étendus. Les références bibliographiques principales utilisées sont : [3, 7, 8, 9].

2.2 Support de communication

Généralement, il existe deux grandes classes de supports de communication. Les supports filaires (les paires torsadées, les câbles coaxiaux, les fibres optiques, etc) ou les supports sans fil (les ondes hertziennes, radio-électriques, ultraviolettes, lumineuses, infrarouge, etc.). Une communication peut s'effectuer selon deux modes :

- Point à point : les deux équipements sont interconnectés directement via une même et unique liaison.
- Multi-points : plusieurs équipements sont interconnectés directement via une même et unique liaison.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les différentes technologies filaires et sans fil utilisées comme support de communication.

2.2.1 Technologies de câblage

Les technologies filaires utilisées comme support de communication peut être classées en 3 classes : câbles coaxiaux, câbles en paires torsadées et fibres optiques.

Câbles coaxiaux

Les câbles coaxiaux (cf. Fig. 2.1) sont généralement constitués d'un conducteur central (âme), d'une enveloppe isolante (diélectrique) et d'un conducteur extérieur (tresse, ruban ou tube). Le choix d'un câble coaxial dépend essentiellement des caractéristiques suivantes :

- les pertes ou affaiblissement en dB/m.
- l'impédance caractéristique (généralement 50 ou 75 ohms).
- la vitesse de propagation et le retard linéique (liés au diélectrique).
- la rigidité diélectrique (lié au diamètre de l'isolant).



FIGURE 2.1 – Câbles coaxiaux

Câbles en paires torsadées

Une paire torsadée (cf. Fig. 2.2) est une ligne de transmission formée de deux fils conducteurs enroulés en hélice l'un autour de l'autre. Les paires torsadées sont souvent blindées

afin de limiter les interférences. Le blindage peut être appliqué individuellement aux paires ou à l'ensemble formé par celles-ci. Lorsque le blindage est appliqué à l'ensemble des paires, on parle d'écrantage.

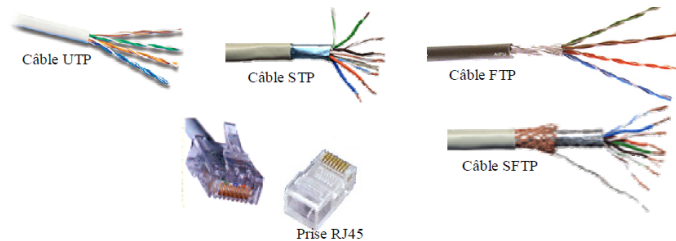


FIGURE 2.2 – Câbles en paires torsadées

Il existe plusieurs types de paires torsadées :

- Paire torsadée non blindée ou UTP (Unshielded Twisted Pair).
- Paire torsadée écrantée ou FTP (Foiled Twisted Pair).
- Paire torsadée blindée ou STP (Shielded Twisted Pair).
- Paire torsadée écrantée et blindée ou SFTP (Shielded Toiled Twisted Pair).

Fibres optiques

Une fibre optique (cf. Fig. 2.3) est un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété d'être un conducteur de la lumière et sert dans la transmission de données. Elle offre un débit nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux. La fibre optique est un guide d'onde qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière. Lorsqu'un rayon lumineux entre dans une fibre optique à l'une de ses extrémités avec un angle adéquat, il subit de multiples réflexions et se propage jusqu'à l'autre extrémité en empruntant un parcours en zigzag.

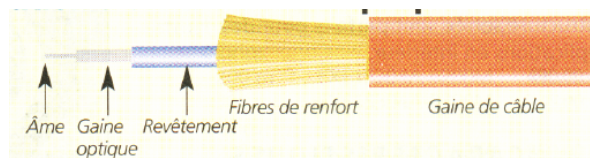


FIGURE 2.3 – Fibres optiques

2.2.2 Technologies sans câble

Cette technologie regroupe deux grandes familles qui sont :

- Technologie à ondes courtes : permettent des connexions sans fil à portée réduite, e.g., WIFI (cf. Fig. 2.4).
- BLR (Boucle Locale Radio) ou WLL (Wireless Local Loop) est une technologie permettant de véhiculer des données sur de plus longues distances, e.g., WiMax (portée pouvant atteindre 15 km sans relais).



FIGURE 2.4 – Technologie à ondes courte ou WIFI

2.2.3 Autres technologies

La CPL, pour Courant Porteur en Ligne, peut être considérée comme une technologie alternative pour véhiculer l'information. Elle consiste à faire circuler l'information numérique sur le courant porteur : le 220v.

2.3 Protocoles d'accès à distance

La connexion à un réseau à distance peut s'effectuer de deux manières différentes. Soit par l'intermédiaire :

1. d'un fournisseur d'accès à Internet (ISP :Internet Service Provider) : le plus souvent la connexion au fournisseur d'accès à Internet s'effectue avec le protocole PPP et une adresse IP dynamique est allouée par le Provider. Les adresses IP dynamiques ne permettent pas de router soi-même le courrier électronique, ni d'avoir son propre serveur WEB. Les messages électroniques sont récupérés et envoyés au serveur de messagerie du Provider en utilisant le protocole POP3 ou IMAP4, et ils sont routés sur le réseau Internet avec le protocole SMTP.
2. de liaisons spécialisées fournies par les opérateurs téléphoniques : l'accès à distance s'effectue dans le cadre d'un abonnement permanent à une ligne numérique dédiée via un routeur et un dispositif de connectivité spécialisé par exemple. Les paquets sont filtrés et routés par le routeur (en utilisant le protocole EGP par exemple), puis ils sont transmis par le dispositif de connectivité spécialisé. C'est le dispositif de connectivité spécialisé qui assure la liaison avec le réseau. Le plus souvent la connexion à une ligne numérique dédiée permet d'avoir une adresse IP fixe. Ceci permet d'avoir un serveur WEB et de messagerie propre pour router les messages électroniques directement avec SMTP.

Les protocoles d'accès à distance pour établir une connexion sont multiples. Dans ce qui suit, nous allons décrire quelques uns.

1. SLIP (Serial Line Internet Protocol) : est un protocole de liaison internet en série qui encapsule le protocole IP. Il s'agit d'un protocole de liaison simple n'effectuant

ni contrôle d'adresse, ni contrôle d'erreur, c'est la raison pour laquelle il est vite devenu obsolète par rapport à PPP. Ce protocole envoie une simple trame composée uniquement des données à envoyer suivies d'un caractère de fin de transmission. Une version de SLIP avec compression des en-têtes appelé CSLIP (Compressed SLIP) a été aussi proposée.

2. PPP (Point to Point Protocol) : il s'agit d'un protocole beaucoup plus élaboré que SLIP, dans la mesure où il transfère des données supplémentaires, mieux adaptées à la transmission de données. PPP est composé de trois protocoles : un protocole d'encapsulation de datagrammes ; un protocole de contrôle de liaison (LCP, Link Control Protocol) ; un protocole de contrôle de réseau (NCP, Network Control Protocol).
3. PAP (Password Authentication Protocol) : est un protocole d'authentification par mot de passe pour PPP. Son principe consiste à envoyer l'identifiant et le mot de passe en clair à travers le réseau. Si l'identifiant et le mot de passe correspondent à ceux stockés dans le serveur d'authentification, alors l'accès est autorisé.
4. CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol) : est un protocole d'authentification pour PPP basé sur la résolution d'un défi (challenge), i.e., le serveur d'authentification compare la séquence transmise par la machine distante avec le calcul effectué localement avec la clé secrète associée à l'utilisateur ; Si les deux résultats sont égaux, alors l'authentification réussit, sinon elle échoue. CHAP améliore PAP dans le sens où le mot de passe n'est plus transmis en claire.
5. BGP/EGP (Border Gateway Protocol/ Exterior Gateway Protocol) : sont les protocoles qui permettent d'échanger des informations de routage (appelés préfixes) entre Autonomous Systems (AS). Ils sont principalement utilisés entre les opérateurs et fournisseurs d'accès à Internet pour l'échange de routes.

2.4 Architectures des réseaux étendus

Plusieurs architectures de réseaux étendus ont été proposées dans l'industrie. Dans ce qui suit, nous allons décrire brièvement et énumérer les caractéristiques de chacune.

- Relais de trames ou Frame Relay : un réseau relais de trames est caractérisé par :
 - un réseau numérique à commutation de paquets sur de la fibre optique.
 - des fonctionnalités de contrôle des erreurs moins strictes.
 - des trames de longueur variable.
- X.25 : est un réseau analogique à commutation de paquets, fournissant des fonctionnalités de contrôle des erreurs très élaborées.
- ATM (Asynchronous Transfer Mode) : un réseau ATM est caractérisé par :
 - un réseau analogique (large de bande) ou numérique (bande de base) à commutation de paquets.
 - une technologie puissante et polyvalente (véhicule la voix et les données).
 - des trames (cellules) de longueur fixe (53 Octets).

- supporter les applications temps réel.
 - vitesse théorique de 1,2Gb/s.
- RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) : RNIS se caractérise par :
- un réseau numérique à commutation de paquet.
 - la bande passante est divisée en trois canaux. 2 canaux à 64 Kb/s appelés canaux B qui peuvent être utilisés simultanément. Un canal à 16 Kb/s appelé canal D pour la gestion des données.
 - RNIS est une solution peu chère et adaptée pour les petites entreprises.
- FDDI (Fiber Distributed Data Interface) : est un réseau en fibre optique, à grande vitesse (100 Mb/s) et à anneau double, utilisant un système de détection et de localisation des défaillances. Il est utilisé généralement comme un réseau fédérateur (Backbone) permettant de réunir plusieurs autres réseaux.
- SONET (Synchronous Optical NETwork) : est un réseau qui repose sur la technologie de la fibre optique.
- SMDS (Switched Multimegabit Data Service) : ce réseau est caractérisé par :
- un réseau de commutation de paquets.
 - une transmission sans contrôle d'erreurs.
 - un débit de 1 à 34 Mb/s.
 - une connectivité de type many-to-many.
 - une topologie à bus double qui forme un anneau ouvert.

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre, il a été question de présenter les différentes technologies utilisées comme support de communication. Ces dernières peuvent être filaires (câbles coaxiaux, paires torsadées, fibres optiques) ou sans fil (technologie à ondes courtes, BLR) ou encore des technologies exploitant la CPL. Il a été aussi question de présenter les protocoles d'accès à distance, ainsi que les différentes architectures des réseaux étendus proposées dans l'industrie. Dans le chapitre suivant, les technologies d'accès, ainsi que les techniques de commutation utilisées dans les réseaux étendus seront explorées.

Chapitre 3

Technologies d'accès et de commutation dans les réseaux étendus

3.1 Introduction

Le réseau d'accès (ou boucle locale) permet de connecter le client au cœur du réseau de l'opérateur de télécommunications ou du fournisseur d'accès Internet. Il se caractérise par une portée limitée, on parle parfois schématiquement de dernier kilomètre (last mile). Les références bibliographiques utilisées sont : [7, 10, 11]

3.2 Technologies d'accès

Différentes technologies d'accès réseau ont été développées pour relier l'abonné au réseau d'opérateurs de télécommunications ou du fournisseur d'accès Internet. Elles peuvent reposer sur le réseau téléphonique, utiliser la fibre optique, adopter un accès radio ou exploiter le réseau électrique existant. Dans ce qui suit, nous allons mettre la lumière sur ces technologies d'accès, tout en présentant le principe de fonctionnement et éventuellement les avantages et les inconvénients.

3.2.1 Technologies d'accès basés sur le réseau téléphonique

Plusieurs technologies reposent sur les réseaux téléphoniques pour relier le client au réseau de l'opérateur de télécommunications ou du fournisseur d'accès Internet. Parmi ces technologies, on cite : RTC, RNIS, xDSL.

Technologie RTC

Le réseau téléphonique commuté (ou RTC) est le réseau du téléphone qui relie le poste de l'abonné et le central téléphonique. L'abonné dispose d'un poste téléphonique connecté à un commutateur (cf. Fig.3.1(b)) via une ligne d'abonné. Structuellement, RTC se subdivise en réseau d'alimentation (Backbone) et en réseau de distribution (réseau local) (cf. Fig. 3.1(a)).

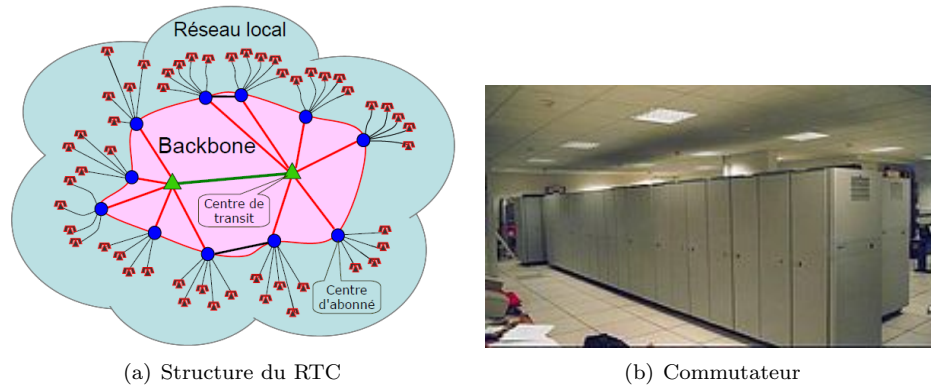


FIGURE 3.1 – Réseau téléphonique commuté

Les avantages et les inconvénients du RTC sont d'une part ceux inhérents au RTC lui-même, et d'autre part ceux induits par la transmission de données. RTC présente l'avantage d'être commuté, éteud et répondu, il offre aussi une liaison en full duplex, i.e., les deux utilisateurs de la liaison peuvent émettre et recevoir en même temps. Son inconvénient est qu'il nécessite l'utilisation de matériels spécifiques (modulateur/démodulateur) et il offre un débit relativement faible, à ça s'ajoute les perturbations qui peuvent apparaître en cours de la communication.

Technologie RNIS

L'architecture des Réseaux Numériques à Intégration de Services (RNIS) a été conçue pour associer la voix, les données, la vidéo et tout autre application ou service. Les réseaux RNIS bande de base fournissent des services à faible débit de 64Kbps à 2Mbps. RNIS définit deux types de canaux logiques :

- Les canaux B transmettent à un débit de 64Kbps en commutation de circuit ou de paquet.
- Les canaux D supportent les informations de signalisation : appels, établissement des connexions, demandes de services, routage des données sur les canaux B et enfin libération des connexions.

Les figures Fig. 3.2(a) et Fig. 3.2(a) illustrent l'organisation des protocoles RNIS dans le modèle OSI et les formats des trames RNIS respectivement.

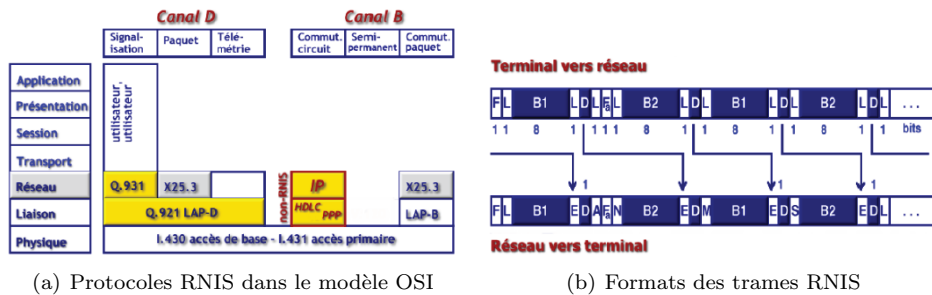


FIGURE 3.2 – Réseaux Numériques à Intégration de Services

Technologie xDSL

La DSL, pour Digital Subscriber Line ou ligne numérique d'abonné, regroupe l'ensemble des technologies mises en place pour un transport numérique de l'information sur une simple ligne téléphonique. Selon que la transmission est symétrique ou asymétrique, deux grandes familles xDSL peuvent être distinguées. Les technologies xDSL sont à différencier par : la vitesse de transmission, la distance maximale de transmission, la variation de débit entre le flux montant (de l'abonné vers le central) et le flux descendant (du central vers l'abonné), le caractère symétrique ou non de la liaison.

- Solutions xDSL symétriques : la connexion s'effectue avec un débit identique en flux montant comme en flux descendant. HDSL et SDSL sont deux solutions représentatives de cette famille.
 - HDSL (High bit rate DSL) : offre un débit de 2Mbps.
 - SDSL (Symmetric DSL) : conçue pour une courte distance.
- Solutions xDSL asymétriques : la connexion s'effectue avec un débit plus faible de l'abonné vers le central. ADSL et VDSL sont deux solutions représentatives de cette famille.
 - ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) : ou Ligne Numérique à Paire Asymétrique, permet de faire coexister sur une même ligne un canal descendant (downstream) de haut débit, un canal montant (upstream) de moyen débit et un canal de téléphonie appelé POTS (Plain Old Telephone Service). Elle permet notamment le transport de données TCP/IP, ATM et X.25.
 - VDSL (Very High Bit Rate DSL) : est la plus rapide des technologies DSL.

3.2.2 Technologie d'accès en fibre optique

Une fibre optique (cf. Fig. 3.3) est un fil en verre qui a la propriété d'être un conducteur de la lumière et sert dans la transmission de données. Elle offre un débit d'information nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux. La fibre optique exploite les propriétés réfractrices de la lumière. Le rayon lumineux se propage et subit de multiples réflexions jusqu'à son arrivée à l'autre extrémité.

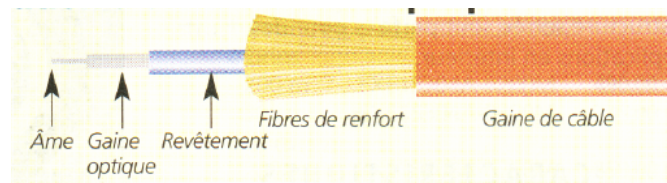


FIGURE 3.3 – Fibre optique

La fibre optique est caractérisée par :

- Atténuation : $P_l = P_0 e^{-\alpha L}$ avec P_l , P_0 : puissance d'entrée et de sortie, α : coefficient d'atténuation, L : longueur de la fibre.
- Vitesse de transmission : de 1 petabit/s sur une distance de 52,4 km (établi par NEC et Corning en 2012).
- Non-linéarité : canal de transmission non linéaire.

Selon le diamètre de leur cœur et la longueur d'onde utilisée, elles peuvent être :

- Fibres multimodes : dites MMF, pour Multi Mode Fiber, elles peuvent transporter plusieurs modes (trajets lumineux).
- Fibres monomodes : dites SMF, pour Single Mode Fiber, leur cœur très fin n'admet ainsi qu'un mode de propagation.

3.2.3 Technologie d'accès radio

La boucle locale radio (BLR) est une technologie permettant aux opérateurs de raccorder directement par voie hertzienne les clients à leur réseau (cf. Fig. 3.4).

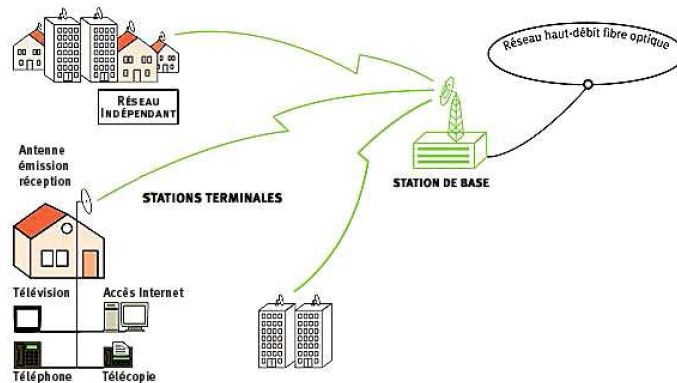


FIGURE 3.4 – Boucle locale radio

Cette technologie présente les avantages suivants :

- Petit coût de mise en service.
- BLR permet un déploiement plus rapide.
- BLR permet des débits plus élevés.

Elle présente les inconvénients suivants :

- BLR peut être affecté par les conditions météorologiques.
- BLR peut être affecté par les ondes radio à haute fréquence.

Le tableau Tab. 3.1 présente une comparaison entre WiFi et WiMax (considéré comme un exemple de la technologie BLR).

	WiFi	WiMAX
Portée	Max 100m à l'intérieur	Max 50Km en extérieur
Mobilité	supportée	802.16a Fixe, 802.16e Mobile
Modulation	OFDM 64 canaux	OFDM 256 canaux
QoS	Utilisation de CSMA/CA	QoS intégrée à la couche MAC
Sécurité	WPA, WEP	DES 128bits, RAS 1024bits

TABLE 3.1 – Comparaison entre WiFi et WiMax

3.2.4 Technologie d'accès basés sur le réseau électrique

Le CLP (Courant Porteur en Ligne ou Power Line Carrier) est une technologie basée sur l'utilisation des réseaux électrique pour véhiculer l'information numérique. Il est principalement utilisé pour créer un réseau haute vitesse, et il peut être utilisé dans un large éventail d'applications, e.g., Internet haut débit, voix sur IP, etc. L'association HomePlug Power Alliance travaille sur la normalisation de cette technologie.

Comme illustré sur Fig. 3.5, le CLP consiste à superposer au signal électrique (50Hz) un autre signal à plus haute fréquence (1,6 à 30MHz) et de faible énergie. Ce signal se propage sur l'installation électrique et peut être reçu et décodé.

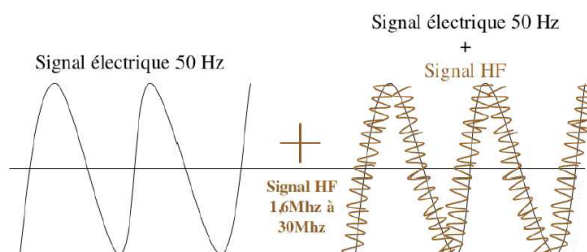


FIGURE 3.5 – Principe du CPL

Le CLP peut être mis en œuvre sous deux types d'architecture : Outdoor (cf. Fig. 3.6(a)) et Indoor (cf. Fig. 3.6(b)).

Le CPL présente les avantages suivants :

- L'utilisation du réseau électrique évite de refaire le câblage.
- Cette technique peut désenclaver des endroits dans lesquels aucune technique ne permet de se raccorder.
- Les matériels ne sont pas chers comparés avec ceux utilisés dans d'autres technologies.

Il présente les inconvénients suivants :

- Problème de sécurité peut se poser.

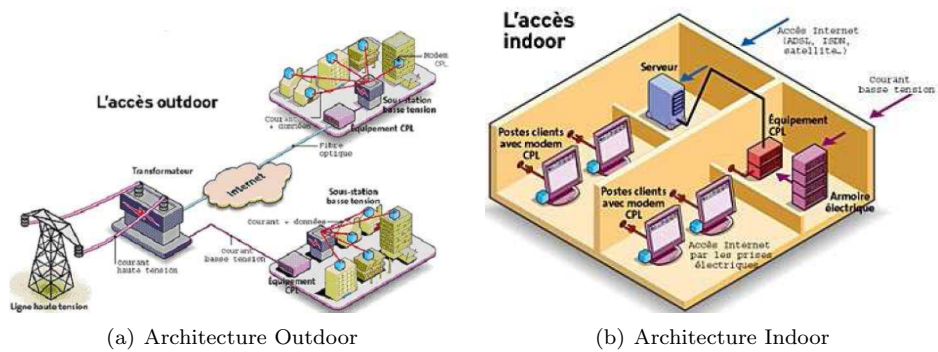


FIGURE 3.6 – Architecture de la technologie CPL

— Les lignes électriques sont soumises à de fortes variations de performance.

3.3 Technologies de commutation

Pour transmettre des informations au-delà d'un réseau local, il est nécessaire d'utiliser un réseau commuté comportant des nœuds de commutation (cf. Fig. 3.7). Il existe deux grands types de réseaux commutés : les réseaux à commutation de circuits et les réseaux à commutation de paquets (cf. Fig. 3.8). Les nœuds ont pour vocation essentielle de recevoir des informations par une liaison et de les diriger vers un autre nœud par une autre liaison de manière à les acheminer au destinataire. Les informations vont donc passer de nœud en nœud pour arriver à destination. Les liaisons entre nœuds sont généralement multiplexées, soit de manière spatiale (FDM : Frequency Division Multiplexing), soit de manière temporelle (Time Division Multiplexing).

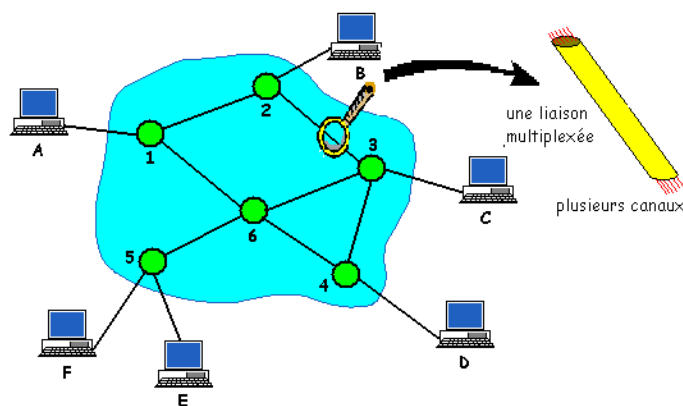


FIGURE 3.7 – Réseau commuté

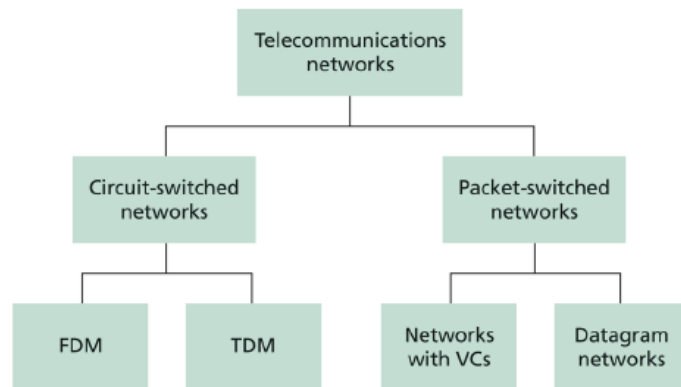


FIGURE 3.8 – Types de réseaux commutés

3.3.1 Commutation de circuits (circuit switching)

Dans ce mode de commutation, un chemin (circuit, channel) temporaire est construit entre l'émetteur et le récepteur à partir des liaisons du réseau commuté. Ce circuit est ensuite libéré à la fin de la communication pour qu'il puisse être utilisé dans une autre communication. Une communication, via un réseau à commutation de circuits nécessite 3 phases :

- Création du circuit : au préalable, un circuit entre les deux stations émettrice et réceptrice doit être construit.
- Transfert des données : le circuit de bout en bout étant construit, les données peuvent être échangées entre les deux stations.
- Libération du circuit : à la fin du transfert de données, l'une des stations peut prendre l'initiative de libérer le circuit.

La commutation est effectuée à l'aide des nœuds commutateurs. Un commutateur possède des lignes d'entrées et des lignes de sorties. A chaque ligne d'entrée correspond une ligne de sortie (cf. Fig. 3.9).

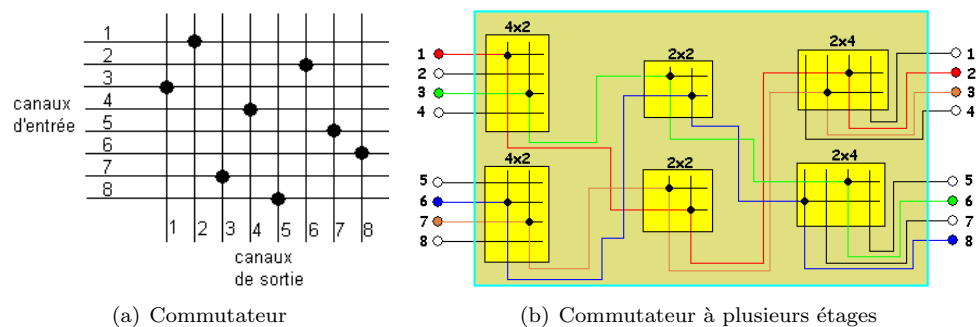


FIGURE 3.9 – Structure d'un commutateur

Les liaisons entre nœuds sont multiplexées (cf. Fig. 3.10), soit de manière spatiale (FDM : Frequency Division Multiplexing), soit de manière temporelle (Time Division Multiplexing).

Trois techniques de multiplexage peuvent être distinguées :

- Frequency division multiplexing (FDM) : le spectre de fréquence est partagé équitablement en n connexions.
- Time-division multiplexing (TDM) : le temps est divisé en slots.
- Wavelength division multiplexing (WDM) : sorte de FDM spécifique à la fibre optique.

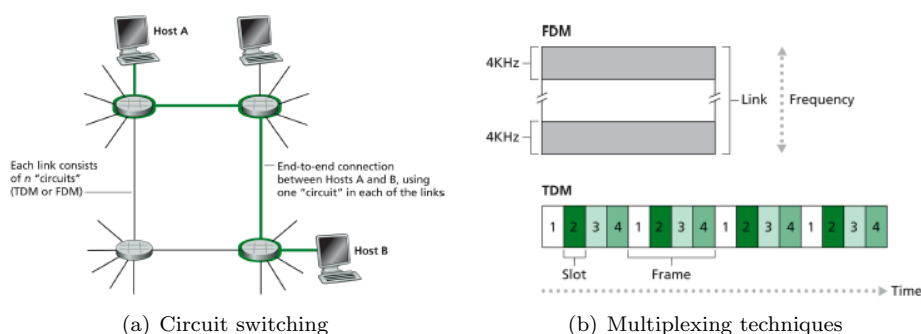


FIGURE 3.10 – Techniques de multiplexage

3.3.2 Commutation de paquets (packet switching)

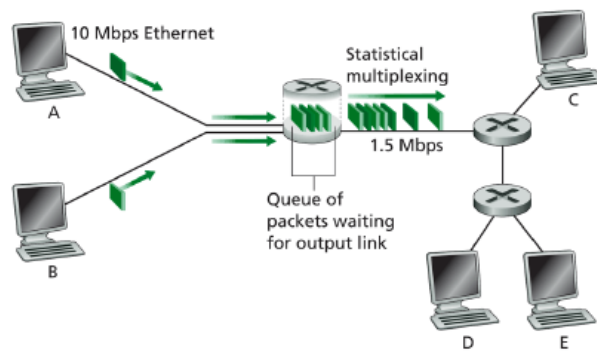
Dans la commutation de paquets (cf. Fig. 3.11(a)), un bloc d'information à transmettre est découpé en paquets (cf. Fig. 3.11(a)). Un paquet comporte donc une fraction de l'information à transmettre mais aussi un champ de contrôle, généralement placé en début de paquet (en-tête).

Dans ce type de commutation, deux modes d'acheminement des paquets peuvent être distingués :

- Mode circuit virtuel : un chemin entre la source et la destination est construit, puis tous les paquets d'un même message suivent ce chemin, ce qui implique que les paquets arrivent dans l'ordre.
- Mode datagramme : chaque paquet est traité indépendamment des autres, i.e., les paquets empruntent éventuellement des chemins différents, ce qui implique que les paquets n'arrivent pas nécessairement dans l'ordre.

À noter que :

- La commutation de paquets n'est pas toujours souhaitable pour les services en temps réel (téléphonie, vidéos conférences, etc.) à cause des delays imprévisibles et variables.
- Elle offre un partage plus équitable de la bande passante.
- Elle est plus simple, plus efficace et moins coûteuse à implémenter.
- En termes de délai de transmission, la commutation de paquets est beaucoup plus performante que la commutation par circuit.



(a) Commutation de paquets



(b) Découpage en paquets

FIGURE 3.11 – Principe de la commutation de paquets

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, il a été question de présenter les différentes technologies d'accès utilisées pour connecter l'abonné au réseau de l'opérateur de télécommunications ou le fournisseur d'accès à Internet. Particulièrement, les avantages et les inconvénients des unes et des autres ont été énumérés. Les techniques de commutation utilisées par ces technologies ont été aussi détaillées. Le chapitre suivant présentera les réseaux de transmission et le processus de signalisation adopté dans les réseaux étendus.

Chapitre 4

Réseaux PDH et SDH

4.1 Introduction

Le réseau de transmission fournit les capacités de transport des flux voix, vidéo, données générés par les réseaux de commutation : IP, ATM, Frame Relay, RTC, GSM, etc. Pour économiser le coût du réseau de transmission, plusieurs communications se partagent le même support physique. Les flux de données sont alors multiplexés et transmis sur ce qui est appelé communément des lignes MIC (Multiplexage d'impulsion codée). Les technologies généralement considérées pour la transmission sont : PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) et SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Dans ce qui suit, nous présentons dans un premier lieu les techniques de multiplexage, ensuite, nous détaillons les technologies de transmission utilisées dans les réseaux étendus. Les références bibliographiques utilisées sont : [12, 13, 14, 15].

4.2 Techniques de multiplexage

Afin de partager le médium de communication entre plusieurs flux de données, trois techniques de multiplexage ont été distinguées : FDM, TDM et WDM/DWDM.

1. **Multiplexage FDM ((Frequency Division Multiplexing))** : est une technique de multiplexage par répartition de fréquence. Elle consiste à partager la bande de fréquence disponible en un certain nombre de canaux ou sous-bandes et à affecter chacun de ces canaux à une voie de transmission (cf. Fig. 4.1(a)). Pour prévenir les interférences entre les sous-bandes, des bandes de garde ont été utilisées pour les isoler les uns des autres.
2. **Multiplexage TDM (Time Division Multiplexing)** : consiste à affecter à un flux unique la totalité de la bande passante pendant un slot de temps et à tour de rôle pour chaque flux de données (cf. Fig. 4.1(b)).
3. **Multiplexage WDM/DWDM** : WDM (Wavelength Division Multiplexing) est

considérée comme une sorte de FDM et utilisée dans le cadre des réseaux de fibres optiques. Elle consiste à injecter simultanément dans une fibre optique plusieurs trains de signaux numériques sur des longueurs d'ondes distinctes. La norme ITU-T G692 définit la plage de longueurs d'ondes dans la fenêtre de transmission de 1530 à 1565 nm. L'espacement normalisé entre deux longueurs d'ondes est de 1,6 ou 0,8 nm. La fibre optique utilisée est de type monomode. La technique WDM est dite DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) lorsque l'espacement entre longueurs d'ondes est égal ou inférieur à 0,8 nm.



FIGURE 4.1 – Techniques de multiplexage

4.3 Réseaux de transmission

Un réseau de transmission (cf. Fig. 4.2) est un ensemble de liens permanents entre nœuds. Les routes sont préétablies et configurées dans les nœuds et le transport est totalement transparent au service transporté. Dans ce qui suit, nous allons décrire les réseaux de transmission PDH, SDH et D-WDM.

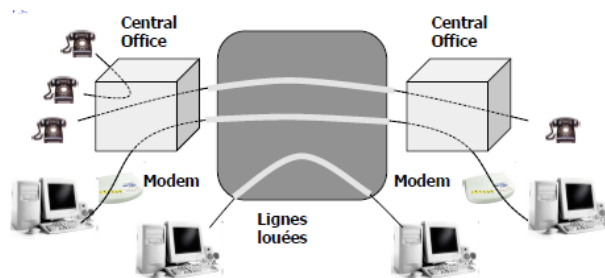


FIGURE 4.2 – Réseau de transmission

4.3.1 PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

PDH ou la hiérarchie numérique plésiochrone est une technologie utilisée dans les réseaux de télécommunications afin de véhiculer les voies téléphoniques numérisées. Le terme *plésiochrone* signifie que les flux multiplexés n'ont pas le même débit, mais ce débit diffère légèrement en fonction de l'horloge de traitement local. Dans PDH le transfert de données est basé sur un

flux à 2 Mbit/s. Pour transmettre la voix, 30 canaux de 64 kbit/s sont utilisés et 2 canaux de 64 kbit/s utilisés pour la signalisation et la synchronisation. Afin de transmettre plusieurs flux de 2 Mbit/s, ces flux sont multiplexés en groupes de quatre, i.e., prendre 1 bit du flux #1 suivi d'un bit du #2, puis le #3 et enfin le #4, et ainsi de suite. Chaque flux de 2 Mbit/s n'étant pas nécessairement au même débit, des compensations doivent être faites.

Comme illustré sur Fig. 4.3, PDH adopte un multiplexage hiérarchique (i.e., chaque débit est transporté dans un débit immédiatement supérieur) de liens à partir de 2 Mbit/s dans des conduits de tailles supérieures : 8 Mbit/s, 34 Mbit/s, 140 Mbit/s et 560 Mbit/s.

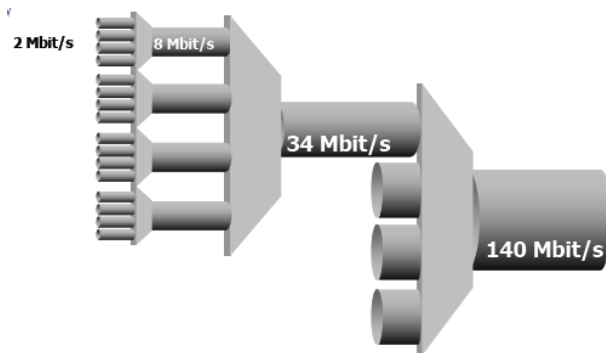


FIGURE 4.3 – Multiplexage plésiochrone PDH

PDH présente les limites suivantes :

- Le débit se limite le plus souvent à 140 Mbit/s.
- L'absence de normes internationales qui rend complexe l'interconnexion des réseaux.
- L'inadéquation du débit des trames plésiochrones (<140 Mbits/s) à la capacité offerte par des technologies telle que la fibre optique (>> 10 Térabits/s).
- L'absence de ressources de gestion intégrées dans les trames, e.g., l'insertion du nouveau site B amène à un démultiplexage complet de la trame avant de la reconstituer (cf. Fig. 4.4).

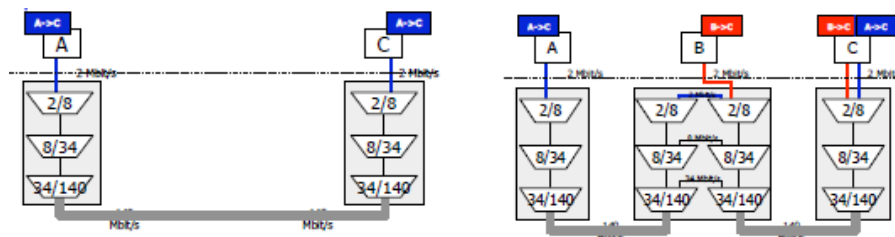


FIGURE 4.4 – Limite de PDH

4.3.2 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) ou hiérarchie numérique synchrone est une hiérarchie de transmission fondée sur les concepts de SONET (Synchronous Optical NETWORK), qui

vient remédier aux inconvénients de la hiérarchie numérique plésiochrone (PDH). En effet,

- SDH est normalisée, i.e., des équipements provenant des constructeurs différents peuvent être interconnectés.
- elle est flexible et facile à exploiter.
- les ressources de gestion des trames sont bien présentes.

SDH est un réseau de distribution d'horloge qui permet la délivrance de bits en synchronisme de l'horloge de référence. Dans SDH (cf. Fig. 4.5), la trame arrive à une cadence régulière de 8000 trames/ seconde, soit une toutes les $125 \mu\text{s}$. Chaque conduit (2, 34, 140 Mbit/s) est repéré par sa position dans la trame grâce au pointeur. Le mécanisme de pointeurs suppose que l'ensemble des nœuds d'un réseau SDH sont pilotés par le même signal d'horloge.

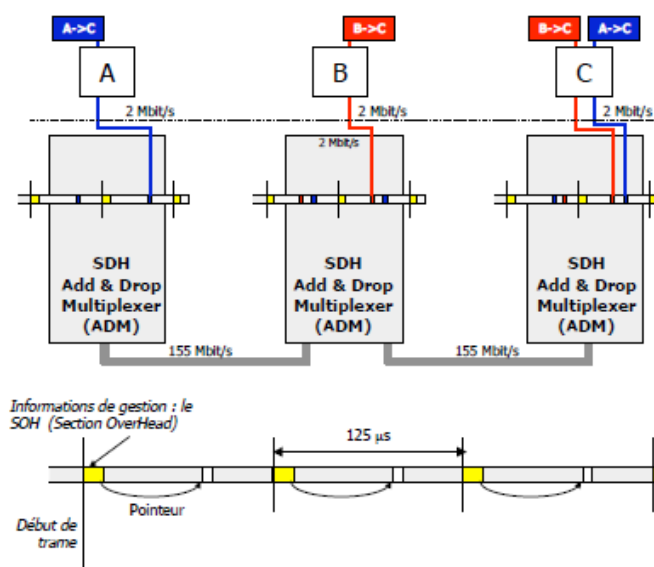


FIGURE 4.5 – Principe de SDH

La technologie SDH, ayant été conçue pour fonctionner sur fibre optique, dispose de débits de transport considérables permettant de réserver une capacité significative pour la gestion du réseau. La gestion du réseau SDH inclut l'exploitation, la gestion, la maintenance et la mise en service, elle est effectuée par des informations de surdébit transportées dans les trames. Certaines données dites de bourrage sont incluses juste pour la synchronisation.

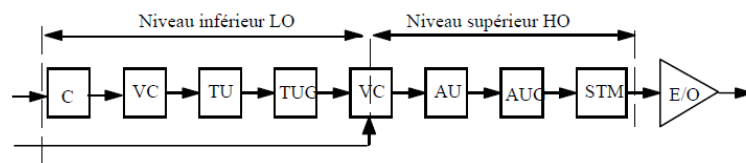
Pour la norme SDH, les niveaux sont organisés hiérarchiquement en STM-n (Synchronous Transport Module, niveau n). Pour SONET il sont organisés en STS-n (Synchronous Transport signal, niveau n). Le tableau Tab. 4.1 récapitule les débits de la hiérarchie SDH/SONET.

Lors du multiplexage SDH, les données sont encapsulés dans des blocs (trames) qui seront multiplexés pour donner une trame STM. Chaque bloc porte un nom, on trouve : Conteneur (C), Conteneur Virtuel (VC), Tributary Unit (TU), Tributary Unit Group (TUG), Administrative Unit (AU), Administrative Unit (AUG), et Synchronous Transport Module (STM). Le multiplexage SDH se fait en deux niveaux : LO (Low Order) et HO (High Order).

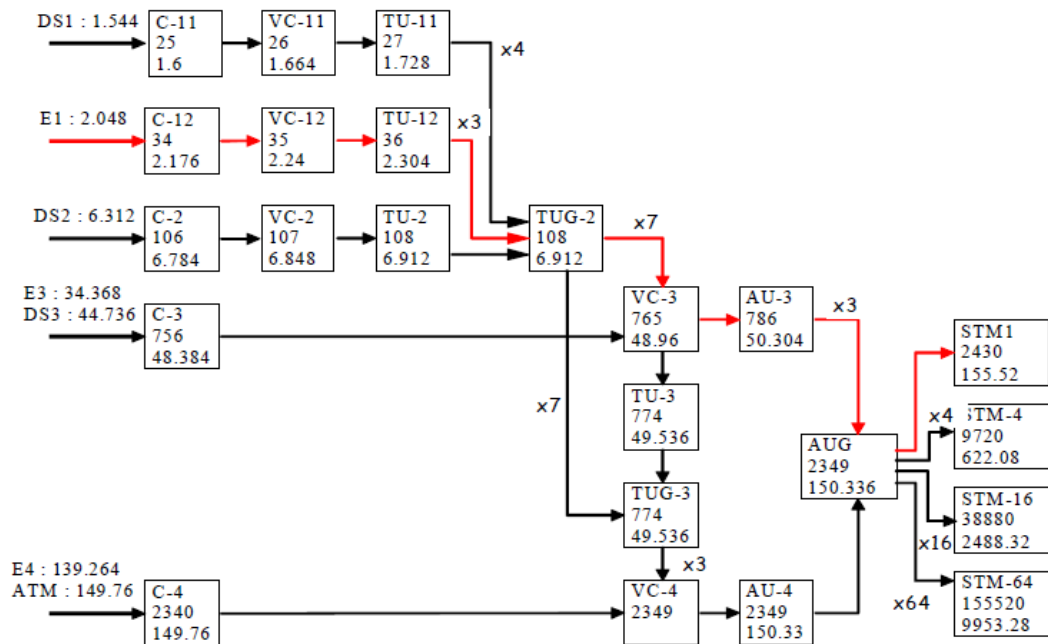
SDH	SONET	Désignation optique	Débit (Mbps)
STM-1	STS-1	OC-1	51.84
STM-4	STS-3	OC-3	155.52
STM-16	STS-12	OC-12	622.08
STM-64	STS-48	OC-48	2488.32
STM-192	STS-192	OC-192	9953.28

TABLE 4.1 – Débit de la hiérarchie SDH/SONET

Dans LO, les VC-LO sont multiplexés pour former les VC-HO, et dans HO, les VC-HO sont mutliplexés pour former les trames STM (cf. Fig. 4.6).



(a) Niveaux de multiplexage SDH



(b) Chaque rectangle indique le nom du bloc de données, sa taille (octets) et son débit (Mbs)

FIGURE 4.6 – Multiplexage SDH

Les signaux à transporter proviennent de liaisons qui peuvent être synchrones ou asynchrones. Pour faciliter leur transport, SDH les segmente en petit blocs appelés *conteneurs* (container). Un conteneur contient un paquet de données utiles (payload), plus un certain

nombre d'octets de bourrage utilisés pour la synchronisation. Pour pouvoir gérer le conteneur, SDH ajoute des bits de gestion appelés POH (Path Overhead), l'ensemble constitue ce qu'on appelle un *conteneur virtuel* VC (Virtual Container). Pour pouvoir localiser un VC dans une trame SDH, un pointeur est qui indique l'adresse relative du VC est utilisé. Le pointeur plus le VC constitue ce qu'on appelle une Tributary Unit (TU) (cf. Fig. 4.7(a)). Les TUs de différents affluents sont multiplexées (groupées par 3 ou 4) pour former des blocs plus grand appelé des Tributary Unit Group (TUG) (cf. Fig. 4.7(b)). Le groupement de plusieurs TUG forme ce qu'on appelle Un Virtual Container de niveau supérieur (VC-HO). Un VC-HO peut aussi être formé directement à partir d'un affluent extérieur haut débit. Dans tous les cas, 9 octets POH sont attribués à chaque VC-HO. Des octets de bourrage et de justification peuvent aussi être ajoutés afin d'adapter la taille du VC-HO à la structure de la trame SDH. Dans le niveau HO, on trouve aussi les unités AU (Administrative Units) et AUG (Administrative Units Group) qui correspondent respectivement à TU et TUG dans le niveau LO.

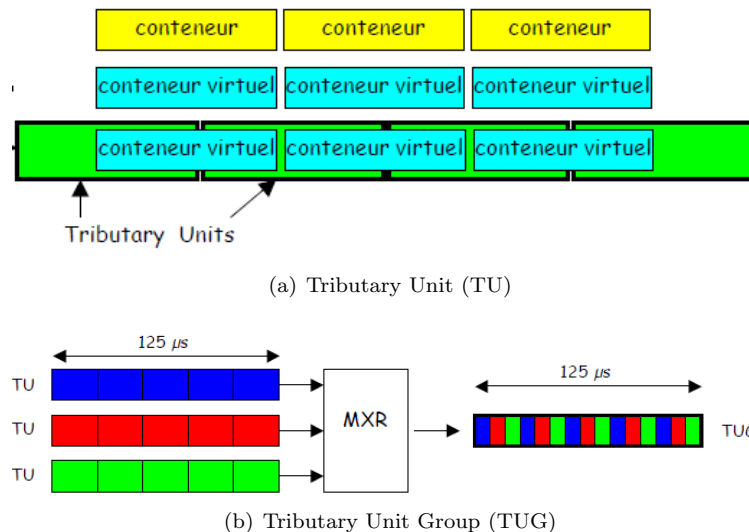


FIGURE 4.7 – Tributary unit and tributary unit group

Pour faire face aux défaillances techniques (rupture d'une fibre ou la défaillance d'un équipement de réseau), SDH prévoit deux sortes de protection :

- **Protection 1+1** : cette protection prévoit un deuxième support de secours qui prend le relais en cas de défaillance du circuit normal (cf. Fig. 4.8(a)).
- **Protection 1 :1** : elle consiste à utiliser simultanément 2 fibres à demi-charge. Si l'un des dispositifs est défaillant, le deuxième est utilisé à pleine charge. (cf. Fig. 4.8(a)).

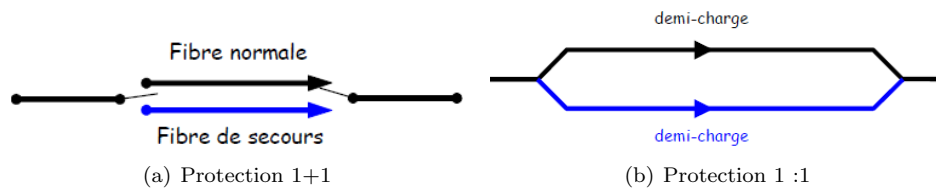


FIGURE 4.8 – Protection dans SDH

4.4 Conclusion

Un support de communication est partagé entre plusieurs flux de données (voix, vidéo, données). Ces flux sont généralement multiplexés sur les liens reliant les nœuds d'un réseau. Deux technologies de transmission des données ont été développées. PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) qui se compose de 30 canaux de 64 kbit/s utilisés pour transmettre la voix, et 2 canaux de 64 kbit/s utilisés pour la signalisation et la synchronisation. La deuxième technologie SDH (Synchronous Digital Hierarchy), qui vient pallier les insuffisances de PDH, permet la délivrance de données en synchronisme avec une horloge de référence, et ceci après avoir les segmenté en blocs appelés conteneurs.

Chapitre 5

Réseaux sans fil

5.1 Introduction

Actuellement, il est très facile de créer un réseau sans fil permettant aux appareils de communiquer entre eux. Grâce aux réseaux sans fil, un utilisateur mobile peut accéder à l'information n'importe où et n'importe quand. Il peut consulter son courrier électronique, naviguer sur Internet dans les aéroports, les gares ou dans d'autres lieux publics. Le domaine militaire, celui des secours en cas de catastrophes, les réseaux véhiculaires résultant de l'interconnexion de véhicules en mouvement ou les réseaux de capteurs capable de récolter et de transmettre les données environnementales, sont des exemples d'applications des réseaux sans fil. Dans ce qui suit, nous allons présenter ces réseaux, en particulier, leurs applications, caractéristiques, architectures, protocoles, normes et standards. Les références utilisées sont : [16, 17, 18].

5.2 Communication sans fil

Dans ce qui suit, nous présentons quelques généralités sur les réseaux sans fil.

5.2.1 Qu'est-ce qu'un réseau sans fil ?

Un réseau sans fil est un ensemble d'appareils éventuellement mobiles (PDA, ordinateur portable, agenda électronique, etc.), appelés nœuds par la suite, connectés entre eux et qui peuvent s'envoyer et recevoir des données sans qu'aucune connexion filaire physique les reliant. Un réseau sans fil peut fonctionner en mode *infrastructure* ou *ad hoc* (cf. Fig. 5.1). Dans le mode avec infrastructure, les nœuds communiquent entre eux via un point d'accès qui peut être relié à un réseau fixe. Par contre, dans le mode *ad hoc*, aucune infrastructure n'est nécessaire pour la communication entre nœuds.

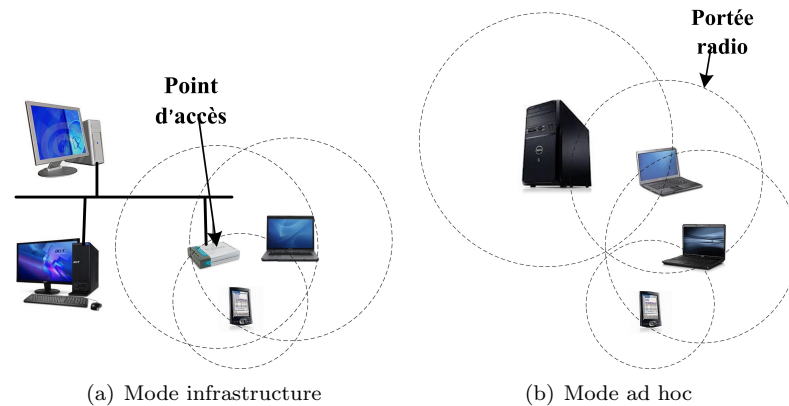


FIGURE 5.1 – Modes de fonctionnement d'un réseau sans fil

5.2.2 Applications des réseaux sans fil

Les réseaux sans fil peuvent être utilisés dans des applications militaires ou civiles, pour mettre en place rapidement des réseaux temporaires. Les applications fréquemment citées sont :

- Applications collaboratives : ces réseaux sont bien adaptés pour former un réseau d'échange d'information.
- Urgences : les réseaux sans fil permettent aux différentes équipes de secours d'établir rapidement des liaisons et d'échanger des informations.
- Militaires : les réseaux sans fil sont parfaitement bien adaptés pour permettre la communication des soldats lors d'interventions militaires en milieu hostile.
- Réseaux de capteurs : ce sont des réseaux sans fil déployés pour prélever des grandeurs physiques (e.g., la température, la pression, etc.).
- Réseaux véhiculaires : un réseau sans fil peut connecter des véhicules afin de s'échanger des informations sur l'état de la route par exemple.
- Nomadisme : accéder à internet via un ordinateur portable en mobilité.

5.2.3 Caractéristiques et contraintes des réseaux sans fil

Contrairement aux réseaux filaires, les sans fil possèdent les caractéristiques suivantes :

- Mobilité : les nœuds dans un réseau sans fil peuvent se déplacer et ils sont entièrement indépendants.
- Support de communication ouvert : en effet, le médium sans fil est ouvert, ce qui fait que les informations qui voyagent dans l'air peuvent être facilement interceptés.
- Multi-saut : comme la portée de communication des nœuds est limitée, un nœud se trouve dans l'obligation de solliciter les nœuds intermédiaires pour acheminer ses données à destination.
- Débit faible : comparés aux réseaux filaires, les débits des réseaux sans fil peuvent

paraître faibles.

- Sécurité : les données étant diffusées, elles peuvent être interceptées, modifiées ou supprimées par tout nœud se trouvant à portée radio.
- Hétérogénéité des nœuds : un nœud peut être équipé d'une ou plusieurs interfaces radio ayant des capacités de transmission et de traitement (CPU, mémoire) différentes.

5.2.4 Classification des réseaux sans fil

Fig. 5.2 illustre les différentes solutions sans fil utilisées pour la communication.

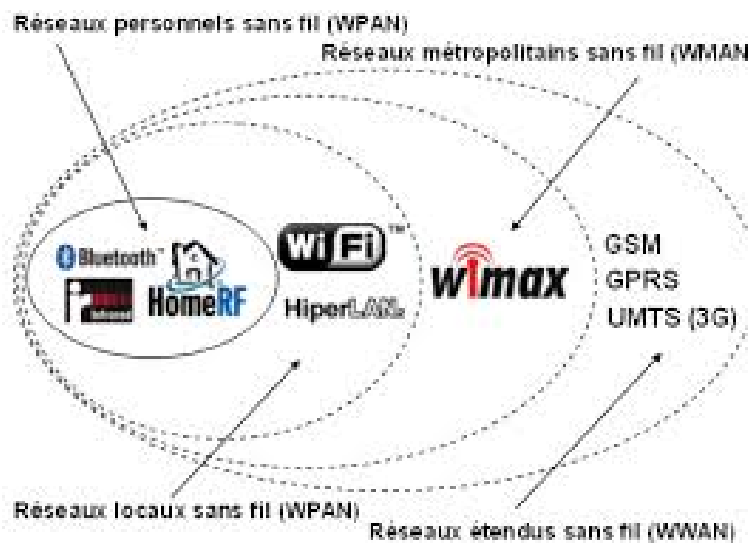


FIGURE 5.2 – Classification des réseaux sans fil

- **WPAN (Wireless Personal Area Network)** : permet la connexion de périphériques (pda, imprimante, etc.), avec un portée faible (quelques dizaines de mètres). Deux technologies représentatives de cette classe :
 - Bluetooth : lancée par Ericson en 1994, elle offre un débit de 1Mbps pour une portée de 30m. Elle a été spécifiée par la norme 802.15.1.
 - HomeRF (Home Radio Frequency group) : offre un débit de 10Mbps pour 50 a 100m. Elle a été abandonnée en 2003 au profit du WiFi.
- **WLAN (Wireless Local Area Network)** : il couvre l'équivalent d'un réseau local d'entreprise (100 m). WiFi et Hiperlan sont deux technologies représentatives de cette classe.
 - WiFi (Wireless Fidelity) : offre un débit jusqu'à 54 Mbps pour une portée de plusieurs centaines de mètres.
 - Hiperlan (High Performance Radio LAN) : est une norme européenne travaillant dans l'intervalle de fréquence 5150-5300Mhz et qui offre un débit jusqu'à 54 Mbps pour une portée de plusieurs centaines de mètres.

Classe	Portée max	Débit (Mbps)	Usage
WPAN	Qlq m	1	Réseau personnel
WLAN	500 m	+ de 50	Entreprise, domestique
WMAN	4 à 10 km	1 à 10	Ville, campus, etc.
WWAN	Plusieurs centaines de km	1 à 10	Régional, national ou international

TABLE 5.1 – Récapitulatif des réseaux sans fil

- **WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)** : plus connu sous le nom de Boucle Local Radio (BLR). Il permet à un particulier ou une entreprise d'être relié à son opérateur (téléphone fixe, Internet, télévision, etc.) via les ondes radio. Il a été spécifié par la norme 802.16. LMDS (Local Multipoint Distribution Service), MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service) et WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) sont des technologies représentatives de cette classe.
- **WWAN (Wireless Wide Area Network)** : plus connu sous le nom de réseau cellulaire mobile et qui est utilisé par les téléphones mobiles. Les technologies représentatives de cette classe sont : GSM (Global System for Mobile communication), GPRS (General Packet Radio Service) et UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

Tab. 5.1 résume les différentes technologies sans fil.

5.3 Roaming

Le roaming, ou handover, ou encore l'itinérance représente l'action qui consiste pour une station à changer de point d'accès (AP) sans perdre sa connectivité réseau. Il a été spécifié dans 802.11.f en 2003. Deux types de roaming peuvent être distingués :

- **Roaming intra-ESS (Internal Roaming)** : le mobile passe d'un AP à un autre AP au sein du même réseau sans fil.
- **Roaming inter-ESS (External Roaming)** : le mobile se déplace dans le WLAN d'un autre fournisseur de service internet sans fil ou Wireless Internet Service Provider (WISP).

5.4 Conclusion

Dans ce chapitre, il a été question de présenter les réseaux sans fil. Nous avons énuméré les applications, les caractéristiques ainsi que les différentes technologies de ces réseaux. Nous avons aussi décrit le roaming qui permet à un nœud de changer son point d'accès auquel il est rattaché tout en gardant sa connectivité.

Conclusion

La mise en réseau des équipements informatiques ou de télécommunication permet de s'échanger des informations d'une part et partager des ressources matérielles et logicielles d'autre part. La mise en évidence d'une communication fait intervenir trois composants : un support de communication, un point d'interconnexion et un protocole de communication. En effet, pour qu'ils communiquent, deux nœuds dans un réseau doivent être connectés au réseau via des points de connexion. Ces derniers sont reliés entre eux par des supports de communication, lesquels sont utilisés par les nœuds pour véhiculer les données échangées. Bien évidemment, des règles de communication doivent être établies pour que les communicants comprennent les uns des autres.

Dans ce support de cours, on s'est focalisé sur les réseaux étendus et d'opérateurs de télécommunications. Ces réseaux offrent la possibilité aux usagers de s'échanger des données et d'accéder aux ressources partagées à distance. Ils appartiennent à des opérateurs qui mettent à disposition des services de communication à distance et fournissent aux usagers un service de transport de données en utilisant des lignes spécialisées louées ou commutés. Plusieurs technologies d'accès qui permettent de relier l'utilisateur aux réseaux étendus ou d'opérateurs existent en pratique. Elles se basent sur le réseau téléphonique, utilisent la fibre optique, adoptent un accès radio ou exploitent le réseau électrique. Chacune de ces technologies trouve son application selon l'organisation, l'architecture et la nature des informations transportées. Pour des raisons de coût, les flux de données sont multiplexés sur les supports de communication. Le multiplexage est piloté généralement par une horloge de référence qui schedule la délivrance des données. Des services de protection sont aussi offerts par un réseau de transmission, il s'agit de support de secours qui prend le relais en cas de défaillance.

A noter qu'avec la diversité des données à transporter, la quantité croissante de ces données et les exigences des usagers en termes de qualité de service, les réseaux d'accès à distance doivent offrir la possibilité de transporter une quantité beaucoup plus importante tout en garantissant une performance et une qualité de service satisfaisante.

Bibliographie

- [1] D. Seret. Les réseaux. Eyrolles.
- [2] A. Tannebaum, Réseaux Informatiques, Pearson.
- [3] D. Comer. TCP/IP, architectures, protocoles et applications. Interéditions.
- [4] G. Pujol. Les réseaux. Eyrolles. 1997.
- [5] L. Toutain. Réseau Locaux et Internet. Hermès.
- [6] P. Rolin, G. Martineau, L. Toutain et A. Leroy. Les réseaux, principes fondamentaux. Hermès.
- [7] B. Petit. Architecture des réseaux. Ellipse.
- [8] Y. Rekhter, T.J. Watson, T. Li. A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). RFC 1771, March 1995.
- [9] C. Huitema. Routing the Internet. Prentice Hall, 2000.
- [10] A. Delley, M. Francioli et P. Zbinden. Technologies d'accès aux réseaux. Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg. 1999.
- [11] M. Butty. ADSL Connaissances de base. Swisscom SA Network Training. 2000.
- [12] <http://fr.wikipedia.org/> [consulté le 01/09/2012]
- [13] J. Baudron. SDH transmission Network. iXTEL. 2004.
- [14] <http://www.efort.com> : Réseau de Transmission [consulté le 02/09/2012]
- [15] A. Oumnad. Cours sur la Hiérarchie SDH. Ecole Mohammadia des Ingénieurs. 2006.
- [16] K. Al Agha, G. Pujolle et G. Vivier . Réseaux sans fil et mobiles. Eyrolles. 2001.
- [17] A. Baadache. Sécurité contre l'attaque de suppression de paquets dans les réseaux ad hoc. Thèse de doctorat. Université de Béjaïa. 2012.
- [18] P. Mühlethaler. 802.11 et les réseaux sans fil. Eyrolles. 2002.