

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAÏD – TLEMCCEN

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

LABORATOIRE DU GENIE BIOMEDICAL - **GBM**

Mémoire de Magister en Electronique

Option : *Signaux et Systèmes*

THEME

**ETUDE ET REALISATION D'UN
TELEHOPITAL**

Présenté par

HABIBES NAIMA

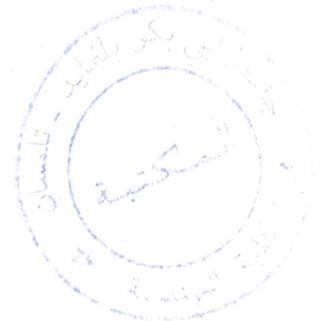
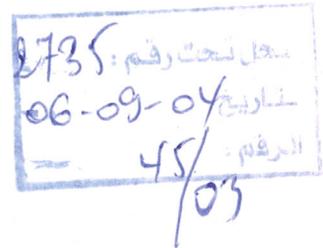
Mr **Chaben Sari Nasereddine**
Mr **Benyoucef Boumedienne**
Mr **Kherbouche Mouaffek**
Mr **Khélif M'hammed**

Mr **Benabdellah Mohammed**

Pr à l'Université de Tlemccen
Pr à l'Université de Tlemccen
Pr à l'Université de Tlemccen
Docteur d'état
Université de Tlemccen
CC à l'Université de Tlemccen

PRESIDENT
EXAMINATEUR
EXAMINATEUR
EXAMINATEUR

RAPPORTEUR



A mes parents
Mes frères et sœurs
Toute la famille Habibes
Tout ce qui me sont de très chère

Remerciements

Cette thèse a été effectuée au laboratoire de Génie biologique et médical du département d'Electronique de l' Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, au sein du groupe de Télémedecine dirigé par Monsieur M. Benabdellah Maître de conférence à l'université Aboubekr Belkaid Tlemcen , je lui exprime particulièrement toute ma reconnaissance pour m'avoir fait bénéficier de ses compétences scientifiques, ses qualités humaines et sa constante disponibilité.

J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur Chabane Sari Nasreddine, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ma thèse.

Monsieur le professeur Benyoucef Boumediene: vous avez bien voulu examiner et juger mon travail. Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

Monsieur le professeur Kherbouche Mouaffek: votre participation à ce jury de thèse montre tout l'intérêt que vous porter au Génie Biologique et médicale et plus particulièrement à la Télémedecine. Soyez convaincu de notre sincère reconnaissance.

Que Monsieur Khelif M'hamed soit remerciés pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Ma reconnaissance va également à mes amies : Souhila, Hafida, Farah et collègues pour l'ambiance chaleureuse dans laquelle s'est déroulé ce travail, les témoignages de sympathie et l'aide morale que j'ai pu trouver auprès d'eux.

En fin, j'adresse mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Sommaire

Table des matières

CHAPITRE I

Introduction générale.....	1
I. Introduction	2
II. Les réseaux informatiques	4
II.1 Définition des réseaux informatiques	4
II.2 Classification des réseaux informatiques	4
III. Réseaux locaux.....	4
III.1 Introduction	4
III.2 Nature des informations	5
III.3 Catégorie de réseaux locaux	5
III.3.1 Les autocommutateurs	5
III.3.2 Les réseaux locaux informatique	6
III.3.3 Les réseaux locaux large bande.....	6
III.4 Codage et transmission	6
III.5 Support de transmission	8
III.5.1 Caractéristique d'une voie de transmission	8
III.5.2 Différents Supports de transmission	8
III.6 Transmission du signal numérique	8
III.6.1 Transmission en bande de base	9
III.6.2 Transmission en large bande	11
III.7 Mode de liaison	12
III.8 Les constituants matériels d'un réseau local.....	13
III.9 Topologie des réseaux locaux.....	14
III.9.1 Topologie en bus	14
III.9.2 Topologie en étoile	15
III.9.3 Topologie en anneau	16
IV. Architecture des réseaux	17
IV.1 Architecture ISO.....	18
IV.1.1 Le service (N)	19
IV.1.2 Le protocole (N)	20

IV.1.3 Les (N) – SAP service Access Point	21
IV.1.4 Les attributs de service et de protocole	21
IV.1.5 Présentation des différentes couches du modèle OSI	24
IV.1.5.1 les couche physique	24
IV.1.5.2 les couche de liaison	24
IV.1.5.3 les couche réseau	25
IV.1.5.4 la couche transport	26
IV.1.5.5 la couche session	26
IV.1.5.6 la couche présentation	27
IV.1.5.7 la couche application	27
IV.2 Architecture TCP/IP	27
IV.2.1 Présentation de l'architecture TCP/IP	27
IV.2.2 Protocole TCP	31
IV.2.3 Protocole IP	37
IV.2.3 Protocole UDP	42
V. Présentation de l'INTERNET	43
V.1 Fonctionnement de l'Internet	43
V.2 Le routage IP	44
V.3 Conclusion	45
VI. Conclusion	46

CHAPITRE II

I. Introduction	47
II. 802.3 et Ethernet	48
II.1 Introduction	48
II.2 Type de réseaux Ethernet	49
II.2.1 10 base 5	49
II.2.2 10 base 2	50
II.2.3 100 base T	51
II.3 Les ponts Ethernet	52
II.4 La méthode d'accès à la parole (CSMA/CD)	53
II.4.1 Présentation de la méthode CSMA/CD	53
II.4.2 Limitations	54

II.5	Limitation d'un réseau Ethernet	54
III.	802.5 Token ring	55
III.1	Introduction	55
III.2	Principe	55
III.3	Topologie	56
III.4	Le niveau physique.....	56
III.5	Les ponts Token Ring.....	57
III.6	Protocole.....	57
III.7	La priorité.....	58
III.8	Localisation des coupures de câbles.....	59
III.9	Duplication d'adresse.....	59
III.10	Conclusion.....	60
IV.	802.4 Token Bus	60
IV.1	Introduction	60
IV.2	Principe de circulation du jeton.....	61
IV.3	Conclusion.....	62
V.	ANSI X3T9.5 (FDDI)	62
V.1	Introduction	62
V.2	Le codage 5B/5B.....	62
V.3	Circulation du jeton	62
V.3.1	Le jeton simple.....	63
V.3.2	Le jeton réduit.....	64
V.4.	Gestion des priorités	64
V.5	Gestion des fautes	65
V.6	Insertion d'une station de classe A	66
V.7	Conclusion	68
VI.	802.9(RNIS)	68
IV.1	Historique	68
IV.2	Principe	68
IV.3	Conclusion	69
VII.	CCITT X 25.....	69
VII.1	Introduction	69
VII.2	Technologie	69
VII.3	Caractéristiques	70

VII.4 Conclusion	70
VIII. Frame Relay.....	71
VIII.1 Caractéristiques	71
VIII.2 Récupération de bande passante.....	71
VIII.3 Fonctionnement.....	71
VIII.4 Adressage.....	73
VIII.5 Conclusion.....	73
IX. ATM (Asynchronous Transfer Method).....	73
IX.1 Introduction.....	73
IX.2 Commutation de paquet et circuit virtuel	74
IX.3 Principe de commutation de cellules.....	74
IX.4 Transfert synchrone.....	75
IX.5 Adressage ATM.....	75
IX.6 UNI et NNI.....	76
IX.7 Cellule ATM.....	76
IX.8 Catégorie de services ATM.....	76
IX.9 Contrôle de flux.....	77
IX.10 Les connexions.....	78
IX.11 Conclusion.....	78
X. Introduction à l'administration des réseaux des réseaux	79
X.1 Introduction.....	79
X.2 Objectifs de l'administration.....	80
X.3 La normalisation de l'administration des réseaux.....	80
X.4 Le standard SNMP.....	80
X.5 Les catégories de Télé-administration.....	82
X.5 Conclusion	84

CHAPITRE III

I. Introduction	85
II. La Télémedecine	85
II.1 Notion de Télémedecine.....	85
II.2 Champs d'application de la Télémedecine	87
II.3 Avantages de la Télémedecine	87

II.3.1 Avantages pour le système de santé	87
II.3.2 Avantages pour le médecin spécialiste.....	87
II.3.3 Avantages pour le médecin exerçant en région éloignée ou rurale	88
II.3.4 Avantages pour les petits établissements Hospitaliers.....	88
II.3.5 Avantages pour le malade	88
III. Système d'information hospitalier (Télé hôpital).....	88
III.1 Introduction.....	88
III.2 Analyse du système d'information de l'hôpital.....	89
III.2.1 Les différents niveaux du système d'information	89
III.2.2 Environnement du système d'information	89
III.2.3 Analyse structurelle.....	91
III.2.4 Analyse fonctionnelle.....	92
III.2.5 Gestion d'un système Téléhôpital.....	94
III.2.6 Elément d'un système Téléhôpital	94
III.2.7 Informatisation du dossier du patient.....	96
IV. Application à l'hôpital de Tlemcen.....	96
IV.1 Introduction	96
IV.2 Flux inter-services.....	96
IV.3 Liaison entre l'hôpital et les centres de proximité.....	97
IV.3.1 Technique ADSL.....	98
IV.3.2 Protocole RTP	103
V. Conclusion	106

CHAPITRE IV

I. Introduction	107
II. Type de données médicales	107
II.1 Source d'imagerie médicale.....	107
II.2.1 Radiographie conventionnelle.....	107
II.2.2 Angiographie numérisée.....	108
II.2.3 La tomodensitométrie (scanner)	108
II.2.4 L'échographie.....	108

II.2.5 La scintigraphie.....	109
II.2 Numérisation et traitement.....	109
II.3 Stockage des données.....	110
III. Compression d'image.....	110
III.1 Compression d'images fixes.....	110
III.1.1 Introduction.....	110
III.1.2 Compression par DCT.....	110
III.1.3 Compression par Ondelette.....	113
III.1.4 Présentation des résultats.....	115
III.2 Compression d'image vidéo.....	119
III.2.1 MPEG1.....	119
III.2.2 MPEG4.....	121
III.3 Conclusion.....	121
V. Base de données.....	121
IV.1 Architecture client/serveur.....	122
IV.2 Architecture fédérée.....	122
V. Conclusion.....	124

CHAPITRE V

I. Introduction.....	125
II. Présentation du logiciel.....	125
II.1 première partie (Transmission).....	126
II.2 Deuxième partie (Base de données).....	127
III. Conclusion.....	132
Conclusion générale.....	133
Bibliographie.....	134
Annexes.....	135

Introduction générale:

Dans notre vie quotidienne les changements deviennent de plus en plus élaborés dans un temps de plus en plus court. Avec ces modifications, nous devons faire face aux changements technique et psychologiques. Notre intérêt est d'utiliser les nouvelles technologies des réseaux informatiques dans le domaine médical dans le but de faciliter le traitement, la transmission et le stockage des données médicales.

Ainsi a la notion d'hôpital se substitue de plus en plus la notion de Téléhôpital où les données relatives aux malades sont véhiculées via des réseaux informatiques.

Notre travail est basé sur l'étude d'un système Téléhôpital et la réalisation d'un duplexe médical en réseau local permettant un diagnostic à distance a fin d'améliorer la qualité de soin et d'éviter tout déplacement inutile.

Les travaux menés dans cette thèse sont regroupés en quatre chapitres:

- Le premier chapitre est consacré à l'étude théorique des réseaux informatiques.
 - Le deuxième chapitre présente une étude approfondie des différents réseaux locaux et la présentation de leurs caractéristiques.
 - Le troisième chapitre est consacré à la présentation du système Téléhôpital. Ce chapitre est divisé en deux parties:
 - La première partie comporte l'aspect général et les fonctions principales d'un système Téléhôpital.
 - La deuxième partie est consacrée au traitement des données médicales en vue d'une exploitation Téléhospitalière.
 - Le quatrième chapitre est consacré à la présentation du logiciel réalisé.
- Enfin nous terminons par une conclusion générale .

Chapitre I

Les réseaux informatiques

I. INTRODUCTION:

Toutes les informations que nous recevons chaque jour, chez nous et au bureau, nous parviennent via un réseau. On peut définir celui-ci comme un ensemble d'éléments interconnectés et partageant un même objectif. Une définition aussi large inclut les réseaux Télévisé, les réseaux de banque ATM, les réseaux informatiques aussi bien que les réseaux non électriques tels que les services postaux.

Les besoins de communication de données informatiques entre systèmes plus ou moins éloignés sont multiples: Transmission de messages, partage de ressources, transfert de fichiers, consultation de bases de données, gestion de transaction....

Il est important de noter que ce sont les applications qui sont à l'origine de la demande et de la procédure de communication. En revanche, l'établissement de la communication entre les systèmes téléinformatiques effectuée à partir du réseau .

C'est tout d'abord la connexion entre les 2 systèmes qui est établie à travers le réseau (phase 1), puis la communication est établie, vérifiant que les systèmes peuvent dialoguer: même langage, mémoire disponible, (phase 2). Les applications peuvent alors échanger leurs informations (phase 3).

Matériellement, un réseau de transmission comprend des équipements de raccordement, pouvant être externes (comme un modem) ou internes (carte réseau par exemple). Ces équipements sont connectés entre eux par des lignes ou supports physiques de transmission .

Un réseau de transmission de données peut donc être défini comme l'ensemble des ressources liées à la transmission et permettant l'échange des données entre les différents systèmes éloignés. Suivant leur organisation, ou architecture, les distances, les vitesses de transmission et la nature des informations transmises, les spécifications et normes utilisées sont différentes.

La classification des réseaux de transmission est de plus en plus complexe. Mais trois familles de réseaux sont à distinguer:

- les réseaux informatiques: dans cette catégorie, les lignes de transmission et les équipements de raccordement sont le plus souvent la propriété de l'utilisateur.
- les réseaux de télécommunication pour acheminer des voix téléphoniques et pour les liaisons longues distances. Ces réseaux sont le plus souvent la propriété d'opérateurs de télécommunication qui louent leur utilisation et des services aux client.

- les réseaux des câblo-opérateurs pour distribuer des canaux de T.V.

II. LES RESEAUX INFORMATIQUES:

II.1. DEFINITION DES RESEAUX INFORMATIQUES:

Un réseau est un ensemble de dispositifs interconnectés et partageant un objectif commun. Un réseau informatique est un ensemble de dispositifs comprenant des ordinateurs personnels PC, des ordinateurs centraux, des imprimantes et des modems; tous les dispositifs de l'ensemble sont interconnectés de façon à pouvoir partager des informations.

Un seul ordinateur personnel connecté à une imprimante ne forme pas un réseau. Connecté à un modem, un ordinateur ne forme pas d'avantage un réseau. Par contre, si on connecte des ordinateurs par câble pour qu'ils utilisent la même imprimante et partagent des informations, on a installé un réseau qui permet d'accomplir une grande diversité de tâches. Par conséquent l'installation de réseau correspond a deux objectifs principaux:

Le partage de ressources et le partage d'informations.[1]

II.2. CLASSIFICATION DES RESEAUX:

Suivant la localisation, les distances entre systèmes informatiques et les débits maximums, on peut distinguer cinq types de réseaux (figure N° 1):

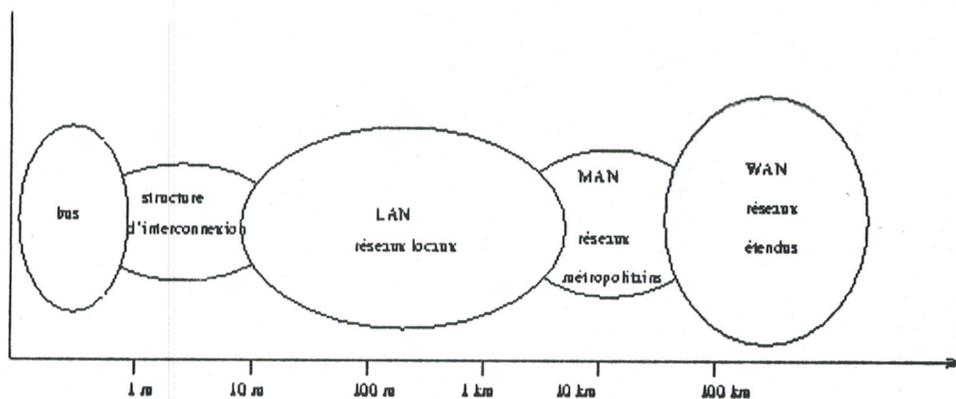


Fig.1: Les différentes catégories de réseaux informatiques.

- ❖ Les réseaux de petite taille, où on trouve les bus qui interconnectent les processeurs, les mémoires, les entrées sorties d'un calculateur ou d'un multiprocesseur. La distance maximum entre les points de connexion les plus éloignés est inférieure à 1 mètre .

- ❖ Les structures d'interconnexions permettent de relier plusieurs calculateurs dans une même pièce, ou à de petites distances, différents calculateurs entre eux, la distance maximum entre deux points est faible pour permettre des haut débits.
 - ❖ Les réseaux locaux ou LAN (Local Area Network) qui correspondent par leur taille aux réseaux intra-entreprise et qui permettent l'échange de données informatiques ou le partage de ressources.
 - ❖ Les réseaux métropolitains ou MAN (Metropolitan Area Network) qui permettent l'interconnexion de plusieurs sites à l'échelle d'une ville, chacun des sites pouvant être équipé d'un réseau local.
 - ❖ Les réseaux longues distances ou WAN (Wide Area Network), généralement réseaux d'opérateurs, et qui assurent la transmission des données numériques sur des distances à l'échelle planétaire. Le support utilisé peut être terrestre (réseau maillé du type réseau téléphonique ou ligne spécialisée) ou hertzien (transmission par satellite).[1,2]
- Ces réseaux sont généralement associés pour permettre une gestion ouverte et décentralisée des ressources informatiques au sein d'une entreprise.

III. RESEAUX LOCAUX:

III.1. INTRODUCTION:

Un réseau local peut être défini comme l'ensemble téléinformatique permettant l'échange à haut débit de données entre équipements au sein d'une entreprise, d'une société ou de tout autre établissement.

Ces réseaux peuvent être globalement caractérisés par des débit allant de 100 kbit/s à 1 Gbit/s sur des distances maximums de 10 km.

Les équipements connectés sont variés: micro-ordinateurs, imprimantes, terminaux, serveurs, calculateurs, stations graphiques, matériel audio ou vidéo, automates pour les réseaux locaux industriels...

Les besoins d'échange sont divers: Consultation de bases de données, transfert de fichiers, partage de ressources, transmission de messages, contrôle de processus industriel par des stations réparties, échanges d'informations vidéo ou audio.[1]

III.2. NATURE DES INFORMATIONS:

Le type et le volume des informations à transmettre, ainsi que le nombre d'utilisateurs simultanés, constituent la charge du réseau et vont déterminer le débit minimum nécessaire, et donc les types de support possibles. Le support, la disposition des équipements et la configuration du site d'implantation du réseau vont conduire au choix de la topologie.

On peut répertorier plusieurs types d'informations pouvant circuler sur un réseau local:

- Les informations de type Bureautique: consultation de bases de données, saisie de formulaire ou de tableau, de messagerie, de télécopie...
- Les informations de type informatique(ou multimédia): transfert de fichiers, d'images fixes et de son...
- Les informations de type temps réel: la voix et le son, l'image animée, la commande de processus (utilisée dans le cadre d'unités de production: dans le domaine des réseaux locaux industriels).[1,2]

III.3. CATEGORIES DE RESEAUX LOCAUX:

Un réseau local est utilisé par les entreprises pour véhiculer des données informatiques mais également la voix et si possible des informations de type multimédia en temps réel. Suivant les types de signaux et d'informations transportées on peut regrouper les équipements en trois catégories:

- Les autocommutateurs destinés initialement au transport de la voix.
- Les réseaux locaux en bande de base destinés aux données informatiques.
- Les réseaux locaux large bande qui tentent de transmettre sur un même support différents types d'informations.[1]

III.3.1. LES AUTOCOMMUTATEURS:

Souvent désignés sous le nom de PABX (Private Automatic Branch eXchange), ces équipements sont conçus à l'origine pour transmettre en interne et sur le réseau public les communications téléphoniques d'une entreprise. A l'origine de type analogique, les autocommutateurs étaient difficilement utilisables pour le transfert de données numériques, leurs débits restant faibles. L'apparition des PABX numériques a permis d'atteindre les débits de 64 kbit/s nécessaires à la transmission

de la voix numérisée. Certaines versions récentes de PABX permettent en outre la transmission de données informatiques avec des possibilités de mise en réseau avec d'autres équipements d'interconnexion.

III.3.2. LES RESEAUX LOCAUX INFORMATIQUES:

Ces réseaux transmettent les informations numériques en bande de base. La nature des informations peut aller des simples fichiers texte à des sons ou des images animées.

On peut dégager trois classes de réseaux locaux informatiques:

- Les réseaux locaux d'entreprise (Local Area Networks) qui interconnectent les équipements informatiques au sein d'une entreprise (exemple : Ethernet ou Token Ring).
- Les réseaux locaux métropolitains (Metropolitan Area Networks) destinés à relier plusieurs entreprises où le FDDI (Fiber Distributed Data Interface) est un exemple d'un tel réseau. [1,2,4]
- Les réseaux locaux industriels destinés au transport des informations de contrôle de processus présentant ou non des contraintes temps réel. Pour ce type d'application, les industriels cherchent de plus en plus à utiliser les réseaux locaux informatiques.

III.3.3. LES RESEAUX LOCAUX LARGE BANDE:

Les réseaux locaux large bande sont destinés principalement à la diffusion vidéo, ils permettent également le transport de la voix et des données informatiques. Ils sont capables de transmettre simultanément plusieurs communications tant en numérique qu'en analogique. Ces différents types de transmission doivent à l'heure actuelle être traités par des équipements différents.

Les progrès de la technologie laissent prévoir la généralisation des équipements multimédias. Il devrait alors s'opérer, à terme, un regroupement des réseaux locaux informatiques et large bande.

III.4. CODAGES ET TRANSMISSION:

Dans la plupart des réseaux téléinformatiques, les informations sont de nature numérique mais leur transmission sur le support physique d'interconnexion (la ligne) peut être réalisée, suivant les besoins et les caractéristiques du support, sous forme

analogique (exemple RTC: réseau téléphonique commuté) ou numérique (réseaux locaux, RNIS: Réseaux Numérique à Intégration de Service). Dans les deux cas, une adaptation à la ligne est nécessaire : pour une transmission analogique, cette adaptation consiste à une conversion numérique - analogique par modulation.

Les informations numériques traitées et transmises dans les systèmes téléinformatique correspondent à une association d'éléments binaires ou bits. Suivant le type de traitement réalisé et la nature des informations (base de données, texte, télécopie, programme...), les éléments binaires sont regroupés pour former un ensemble significatif.

Pour cela, on utilise des codes qui font correspondre à chaque caractère une suite précise d'éléments binaires. Les principaux codes utilisés sont: le code télégraphique, le code ASCII et le code EBCDIC.[6]

Après l'étape codage intervient l'étape transmission, la question qui se pose est: comment envoyer les suites binaires des caractères vers l'utilisateur final de ces information?

Deux cas se présentent: la transmission asynchrone et la transmission synchrone.

➤ Transmission asynchrone:

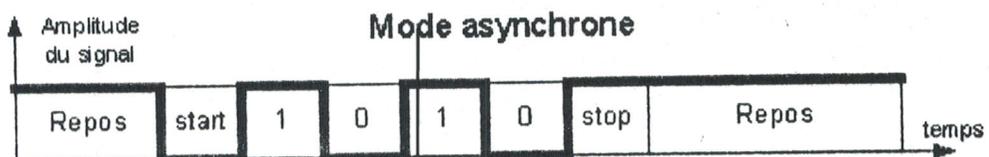


Fig.2: Mode asynchrone.

En mode asynchrone, les signaux sont transmis n'importe quand. Il n'y a pas d'horloge entre la source et la destination. Les bits Start et Stop encadre le caractère transmis pour permettre à l'organe de destination de repérer le début et la fin de sa transmission.

➤ Transmission synchrone:

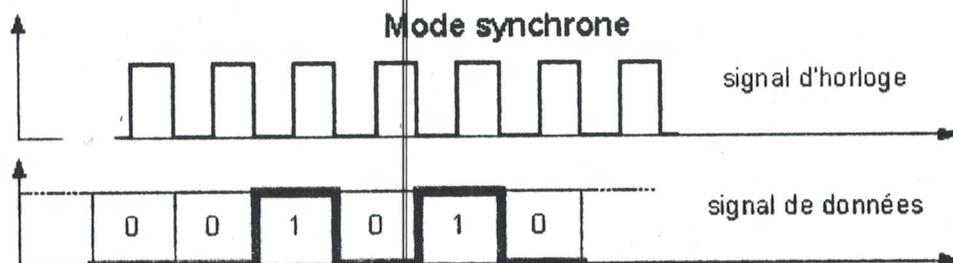


Fig.3: Mode synchrone.

En mode synchrone, un fil particulier transportant le signal d'horloge relie les deux éléments. Les bits des différents caractères sont transmis directement les uns à la suite des autres à chaque période d'horloge.

III.5. SUPPORTS DE TRANSMISSION:

III.5.1. CARACTERISTIQUE D'UNE VOIE DE TRANSMISSION:

Chaque ligne de transmission possède les caractéristiques suivantes:

- Impédance caractéristique.
- Capacité.
- Bande passante.
- Temps de propagation TP.
- Temps de transmission Tt.

Ces caractéristiques sont détaillées en annexe A.

III.5.2. DIFFERENTS SUPPORT DE TRANSMISSION:

Il existe différents supports de transmission (voir annexe A):

- Câble coaxial.
- Paire torsadée.
- Fibre optique.

La fibre optique est de plus en plus utilisée, elle est devenue concurrentielle en prix et en connecteurs (coût d'installation).

La bande passante de la fibre optique est beaucoup plus importante c'est-à-dire qu'elle permet de transférer une très grande quantité d'informations.

La fibre optique présente un faible encombrement. Un autre avantage c'est qu'elle est moins sensible aux bruits et aux interférences électromagnétiques; ce qui entraîne une minimisation du taux d'erreurs de transmission. [4,6]

III.6. TRANSMISSION DU SIGNAL NUMERIQUE:

On trouve deux approches possibles pour le transport des éléments binaires:

- Soit on fait véhiculer l'information directement en bande de base.
- Soit on alloue à chaque type d'information une bande passante en fonction de ses besoins (approche large bande), dans cette approche, les signaux numériques sont modulés sur une porteuse.

III.6.1. TRANSMISSION EN BANDE DE BASE:

Principes:

Lorsque la longueur de la liaison ne dépasse pas quelques centaines de mètres, les informations peuvent être transmises sur le support de liaison sans transformation du signal numérique en signal analogique. Ce type de transmission sans transposition de fréquences par modulation est appelé transmission en bandes de base.

La transmission en bande de base rencontrée principalement dans les réseaux locaux permet d'obtenir des circuits de données à grand débit et faible portée (débit supérieur à 1Mbit/s pour des distances inférieures à 1km) en utilisant directement des supports physiques de type métalliques (paires torsadées ou câble coaxiaux) ou optique avec éventuellement l'adjonction de répéteurs disposés sur des intervalles de 500 mètres à quelques kilomètres. Pour que les signaux ne s'atténuent pas, on utilise des répéteurs qui reçoivent les signaux, les amplifient avant de les retransmettre sur la ligne.[5]

Le signal binaire n'est pas généralement transmis directement sur la ligne et différents codages numériques sont utilisés pour différentes raisons:

- La récupération de l'horloge nécessaire en transmission synchrone est facilitée par des séquences qui présentent des changements d'état fréquents et évitant ainsi des longues suites de 1 ou de 0.
- Le spectre d'un signal binaire est concentré sur les fréquences basses qui sont les plus affaiblies sur la ligne.
- Les perturbations subies par un signal sont proportionnelles à la largeur de sa bande de fréquence.

Différents codages sont utilisés pour transmettre les données en bande de base (voir Figure 4).

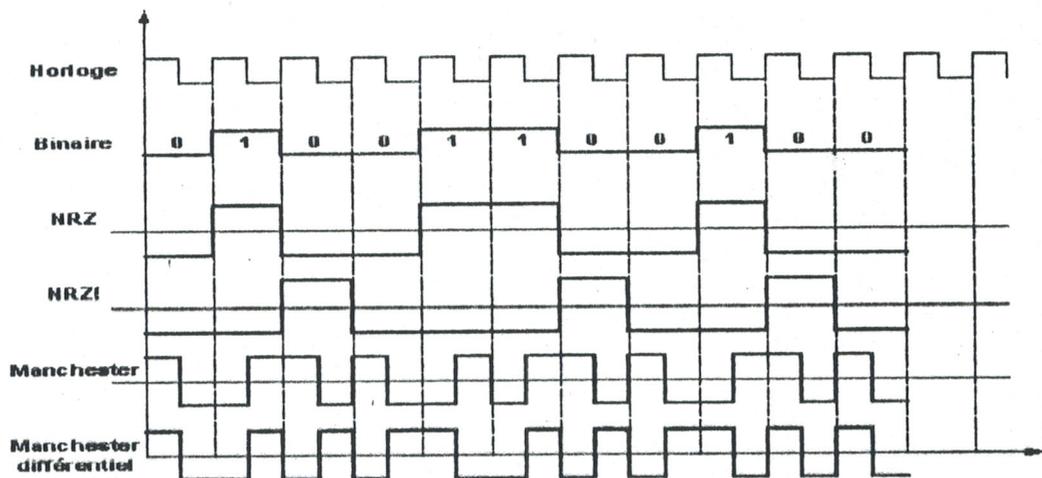


Fig. 4 : Différent types de codage.

* Le codage **NRZ** (No Return to Zero) est simplement un codage avec une valeur de $+V$ pour le signal pour représenter un 1 et $-V$ pour représenter un zéro. De cette façon, la composante continue du signal est nulle (s'il y a globalement autant de 1 que de 0), ce qui donne une consommation moins importante.

*Le codage **NRZI** (NRZ Inverted) inverse le signal si le bit à transmettre est un 0 et ne l'inverse pas s'il s'agit d'un 1. Cela évite un signal continu lors d'une longue succession de 0.

*Le codage **Manchester** propose une inversion du signal systématique au milieu de la période d'horloge, ce qui garantit l'impossibilité d'avoir un signal continu. Pour transmettre un 1, il s'agira d'un front montant, et pour transmettre un 0, d'un front descendant.

* Le codage **Manchester différentiel** réalise un OU exclusif entre l'horloge et les données. Il y a toujours une transition au milieu de la période d'horloge, avec inversion entre 2 bits pour transmettre un 0 et absence de transition pour transmettre un 1.

Les deux codages Manchester permet d'assurer une composante nulle du signal, mais demande un signal de fréquence 2 fois plus important qu'avec les codages NRZ.

Remarque:

La transmission en bande de base occupe la totalité de la bande passante du canal interdisant l'utilisation des techniques de multiplexage.

III.6.2. TRANSMISSION EN LARGE BANDE:

Différentes raisons rendent impossible la transmission en bande de base à des vitesses élevées et sur de grandes distances:

- Pas de propagation pour les fréquences en dehors de la bande passante du support.
- Perte et affaiblissement sur la ligne.
- Impossibilité de différencier plusieurs communications sur un même support: bruit – diaphonie...

Toutes ces raisons imposent la transformation des données numériques à transmettre en un signal analogique modulant une onde porteuse, signal adapté au support de transmission.

Les opérations de modulation en émission et de démodulation en réception sont réalisées par l'ETCD (Equipement Terminal de Circuit de Données) couramment appelé modem «modulateur – démodulateur».

On peut prendre l'exemple d'une station de travail, qui, à l'aide d'un modem et d'une ligne téléphonique, envoie des données à un serveur. Le modem joue le rôle d'adaptateur entre le système source et le système de transmission (voir Figure 5).

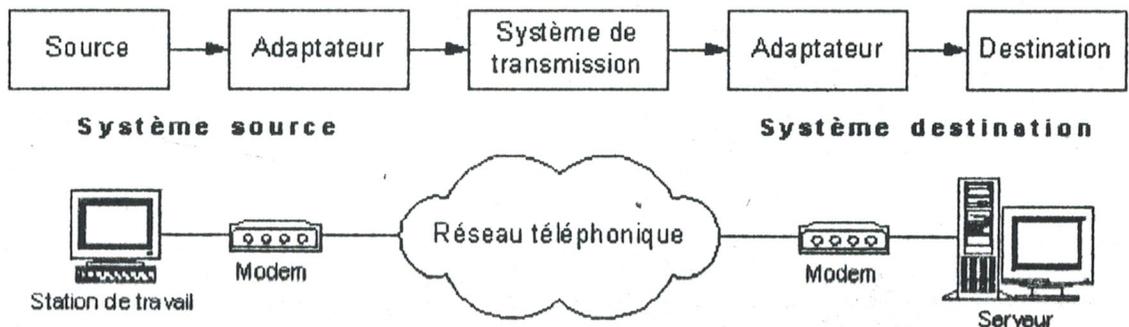


Fig. 5 : Transmission de données par voie téléphonique.

Le système source est appelé **ETTD** (Equipement Terminal de Traitement de Données) ou **DTE** en anglais (Data Equipment Terminal). L'adaptateur est appelé **ETCD** (Equipement Terminal de Circuit de Données) ou **DCE** (Data Communication Equipment). Il peut s'agir d'un **Modem** (Modulateur - Démodulateur) pour la transmission analogique à partir d'un signal numérique, ou d'un **ERBDB** (Emetteur – Récepteur en Bande De Base) pour la transmission numérique. Le signal analogique sera créé grâce à la modulation. On appelle « jonction » la partie qui relie l'ETTD et ETCD.[6]

Les trois principaux types de modulation utilisés dans les transmissions sont les modulations d'amplitude, de phase et de fréquence.

La modulation d'amplitude ou ASK :

L'amplitude du signal varie du simple au double suivant que l'on veuille transmettre un 0 ou un 1.

La modulation de fréquence ou FSK:

La fréquence du signal varie du simple au double suivant que l'on transmette un 0 ou un 1.

La modulation de phase ou PSK:

La phase du signal varie en fonction du bit à envoyer.

Il existe aussi un autre type de modulation qui est la modulation QAM 4 états (Quadrature Amplitude Modulation) basée sur l'addition et la séparation du cosinus et du sinus affectés à un même bit. Cette technique est utilisée dans la plupart des nouveaux MODEM.

III.7. MODE DE LIAISON:

Le transfert d'information entre deux systèmes informatiques peut s'effectuer, en fonction des besoins et des caractéristiques des éléments, suivant trois modes de liaison.

➤ **Liaison simplex (unidirectionnelles):**

Les données sont transmises dans un seul sens (voir figure 8): de l'émetteur vers le récepteur, l'exploitation en mode unidirectionnelle est justifiée pour les systèmes dont le récepteur n'a jamais besoin d'émettre (tache d'impression,...).

➤ **Liaison semi-duplex (half duplex):**

La transmission est possible dans les deux sens mais non simultanément (voir figure 8), l'exploitation est au mode bidirectionnelle à l'alternance. Ce type de liaison est utilisé lorsque le support physique est commun aux deux sens de transmission (cas des lignes téléphoniques).

➤ **Liaison duplex intégrale (full duplex):**

Les données peuvent être émises ou reçues simultanément dans les deux sens (voir figure 8), l'exploitation est au mode bidirectionnel simultané. A chaque sens de transmission correspond un canal de communication propre.

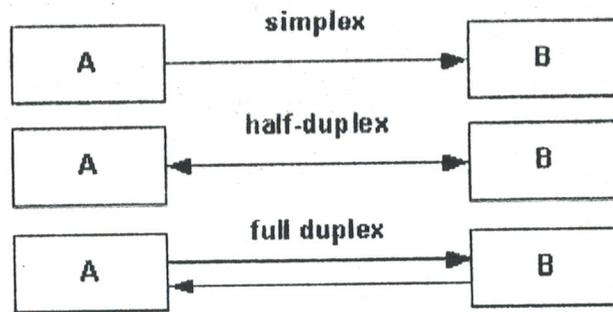


Fig.8 :Les différents types de liaison entre deux systèmes A et B.

III.8. LES CONSTITUANTS MATERIELS D'UN RESEAU LOCAL:

* Les éléments matériels permettant d'interconnecter les ordinateurs sont les suivants:

- a) La carte réseau (parfois appelé coupleur): elle permet d'interfacer l'ordinateur au support physique, c'est-à-dire mémoriser pendant un certain temps les informations passant à travers les lignes physiques.
- b) Le transmetteur «tranceiver» (appelé aussi adaptateur): il permet d'assurer la transformation des signaux circulant sur le support physique, en signaux logiques manipulables par la carte réseau, aussi bien à l'émission qu'à la réception.
- c) La prise: Il s'agit de l'élément permettant de réaliser la jonction mécanique entre la carte réseau et le support physique.
- d) Le support physique d'interconnexion: c'est le système de câblage qui permet de relier les ordinateurs entre eux. Les câbles utilisées comme supports de transmission sont les suivants: le câble coaxial, la paire torsadée et la fibre optique.

* Les équipements d'interconnexion

Une organisation comporte généralement plusieurs réseaux locaux reliés entre eux c'est-à-dire interconnectés.

Pour établir une telle interconnexion on déploie les principaux équipements matériels suivants :

- Les répéteurs : permettent de régénérer un signal.
- Les ponts (bridges), permettant d'acheminer les informations entre réseaux locaux de même type (c.à.d avec le même protocole).
- Les passerelles (gateways), permettant de relier des réseaux locaux de types différents (en créant un pont entre eux).[1,2,3]

- Les routeurs, permettant de relier de nombreux réseaux locaux de telle façon à permettre la circulation des données d'un réseau à un autre de la façon optimale (en trouvant une route à travers les divers ponts pour atteindre la station cible).

III.9. TOPOLOGIE DES RESEAUX LOCAUX:

Un réseau informatique est constitué d'ordinateurs reliés entre eux grâce à du matériel (câblage, cartes réseaux, ainsi que d'autres équipements permettant d'assurer la bonne circulation des données). L'arrangement physique de ces éléments est appelé Topologie physique. Il en existe trois:

- La topologie en bus.
- La topologie en étoile.
- La topologie en anneau.

Par symétrie, cette topologie physique doit être complétée par une topologie logique qui correspond à la façon avec laquelle les données transitent dans les câbles.

III.9.1. TOPOLOGIE EN BUS:

C'est l'organisation la plus simple d'un réseau. Tous les ordinateurs sont reliés à une même ligne de transmission ou bus (ligne physique) par l'intermédiaire d'un câble (généralement coaxial) (voir Figure9).

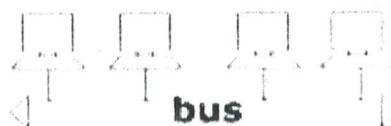


Fig.9 : Topologie en bus.

Chaque équipement est relié à un câble commun à tous, c'est une extension de la liaison multipoints comme il est possible de réaliser une arborescence de bus.

Sur câbles coaxiaux, les connexions au niveau du câble commun sont assurés par des connexions passives (MAU ou trancheiver) limitant ainsi les risques de pannes. En revanche, pour les fibres optiques, les connexions sont le plus souvent des équipements actifs. Deux types de bus peuvent exister:

* Bus unidirectionnel: Les informations ne peuvent circuler que dans un sens et la transmission à toutes les stations est assurée par l'existence de deux canaux séparés.

* Bus bidirectionnel: Les informations circulent dans les deux sens mais non simultanément sur un câble unique. Lorsqu'une station émet, le signal se propage dans les deux sens de part et d'autre de la connexion vers toutes les autres stations.

Pour éviter toute réflexion du signal en bout de ligne, une résistance ($50 \Omega - 75 \Omega$) de terminaison d'impédance égale à l'impédance caractéristique du câble coaxial doit être connectée. [1,2,6]

Cette topologie est économique en câblage, en effet, dans le cas d'un câble coaxial, elle permet facilement l'extension de réseau par ajout d'équipement (un câble est un connecteur pour équipement) dans la limite de la capacité de gestion du système d'exploitation.

Si le support est de type optique, cette opération s'avère plus délicate car elle nécessite la coupure de la fibre optique à l'endroit de la connexion.

La fiabilité, le dysfonctionnement d'une station ne met pas en cause le fonctionnement du reste du réseau. En revanche, une panne de serveur immobilise le réseau.

En cas de rupture du câble commun, tous les équipements situés en aval par rapport au serveur sont bloqués. Les autres peuvent - sous réserve de reconfiguration par le système d'exploitation et d'ajout d'une résistance de terminaison au niveau de la rupture - continuer à fonctionner.

La topologie en bus est celle adoptée par les réseaux Ethernet, Appletalk et la plupart des réseaux industriels.

III.9.2. TOPOLOGIE EN ETOILE:

Comme son nom l'indique, une topologie en étoile consiste en la liaison concentrée de tous les ordinateurs qui convergent vers un système matériel appelé hub (voir figure 10) ou concentrateur, c'est une boîte comprenant un certain nombre de jonctions auxquelles on peut connecter les câbles en provenance des ordinateurs.

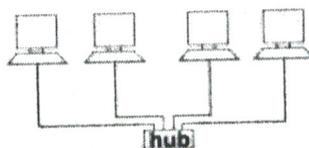


Fig.10 : Topologie en étoile.

III.9.3. TOPOLOGIE EN ANNEAU:

Dans un réseau en topologie en anneau, les ordinateurs forment une boucle (voir figure 11) sur laquelle chacun d'entre eux va "avoir la parole" successivement.

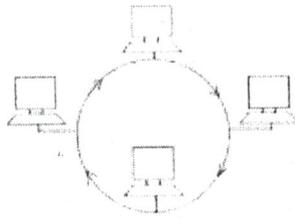


Fig.11 : Topologie en anneau.

En réalité, dans une topologie en anneau les ordinateurs ne sont pas reliés en boucle, mais sont reliés à un répartiteur (appelé MAU, Multistation Access Unit) qui gère la communication entre les ordinateurs en impartissant à chacun d'entre eux un temps de parole.

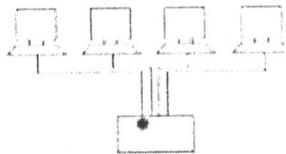


Fig.12 : Topologie réelle en anneau.

Dans cette topologie, les informations transitent d'équipement en équipement jusqu'à destination. Les MAU sont donc des éléments actifs chargés de recevoir les informations en provenance de la station précédente et de les retransmettre vers la station suivante.

L'insertion de nouveaux équipements sur l'anneau (un câble est un MAU par équipement) nécessite la coupure de l'anneau aux points d'insertion.

Deux événements peuvent bloquer le réseau dans son intégralité : une panne de l'un des MAU actifs, ou la rupture du câble en un point quelconque de l'anneau : dans le premier cas le fonctionnement partiel de réseau peut être assuré en court-circuitant le MAU en cause, la station associée est alors déconnectée. Dans le second cas, il est possible de limiter le blocage par l'utilisation double anneau.

Si les informations circulent dans le même sens sur les deux anneaux, le fonctionnement du réseau peut être assuré en cas de rupture de l'un des câbles. Si les informations circulent en sens inverse, il est possible d'assurer le fonctionnement dans le cas de rupture des deux câbles.

Les réseaux Token Ring et FDDI utilisent respectivement les topologies en anneau et double anneau.[2,6]

Lorsqu'un message est introduit dans le circuit, il sera automatiquement lu par tous les postes qu'il atteint. Un nœud qui lie un message qui ne lui est pas destiné se contente de le renvoyer. Lorsque le message arrive au destinataire, celui-ci le remplace par un accusé de réception vers l'expéditeur, et lui à son tour remet un jeton vide dans le réseau (pour que d'autres postes peuvent émettre un autre message).

Lors de la planification de l'installation d'un réseau local, il est nécessaire de connaître les contraintes liées à l'utilisation de tel ou tel support de transmission.

Celle-ci sont en général exprimées en longueur maximal de support et en nombre de machines connectables. Plus un câble est long, plus le signal électrique ou optique qui le traverse s'atténue, au delà d'une certaine distance. La fiabilité de la transmission ne peut plus être assurée, sauf si l'on ajoute des répéteurs.

Le support de transmission doit être adapté au type du réseau local. Le réseau local industriel utilise un support peu sensible aux parasites comme la fibre optique ou le câble coaxial.

Pour les réseaux locaux l'environnement de travail des bureaux impose moins de contraintes physiques aux câbles. Ici, ce sont les aspects d'intégration avec le téléphonie qui privilégieront la paire torsadée. Des aspects de vitesse de transmission pourront favoriser les supports comme le câble coaxial que la fibre optique. Il peut exister un lien entre le choix du câblage et le système d'exploitation réseau. Certaines systèmes d'exploitation réseau ne fonctionnent que sur des types de câblage spécifiques.

IV. ARCHITECTURE DES RESEAUX:

Pour réaliser le transport des données d'une extrémité à l'autre, le réseau physique ou matériel doit comprendre une architecture logicielle spécifiée permettant

d'ordonner la transmission des informations et s'assurer du transfert des données jusqu'au destinataire.

Pour cela on adopte une architecture qui est, en fait, spécifique pour chaque type de réseau, et qui définit une certaine hiérarchie à suivre pour expédier les données.

Cette architecture peut être définie par un ensemble de règles suivant une normalisation mondiale. Ainsi, deux grandes architectures sont concurrentes:

- Architecture de la normalisation ISO (Interconnexion des systèmes ouvert) ou bien OSI (Open System Interconnection).
- L'architecture de l'environnement TCP/IP.
- Le modèle UIT-T (Union Internationale des Télécommunications).

IV.1. ARCHITECTURE ISO:

L'architecture ISO forme le modèle de référence pour les autres architectures. Ce modèle comporte 7 couches (voir figure 13).

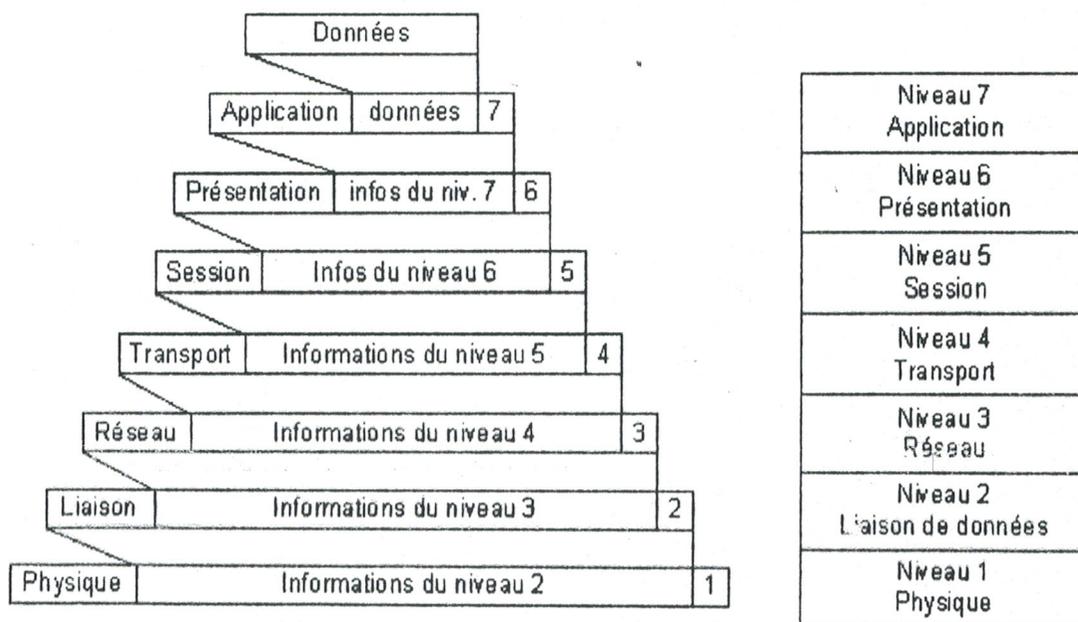


Fig.13 : Les différentes couches du modèle OSI.

Les concepts d'architectures en couche requièrent la définition de trois objets de niveaux (N), qui seront eux-mêmes déterminés par des attributs:

- La sémantique d'association.
- la sémantique de fonctionnalité.
- la syntaxe du codage.

Le niveau (N) est composé de 3 objets:

- Le service (N).
- Le protocole (N).
- Les points d'accès au service (N) ou (N)-SAP(N-Service Acces Point).

IV.1.1. LE SERVICE(N):

Le service qui doit être rendu au niveau N de l'architecture est défini par le service (N). Il est réalisé par un ensemble d'action devant être effectuées au niveau N. Le service(N) correspond notamment aux événements et aux primitives associées à mettre en place pour rendre un service au niveau supérieur, c'est à dire au niveau(N+1).[1,2]

Un réseau en couche est défini par les utilisateurs du service(N) et par les fournisseurs du service(N), suivant la figure(14).

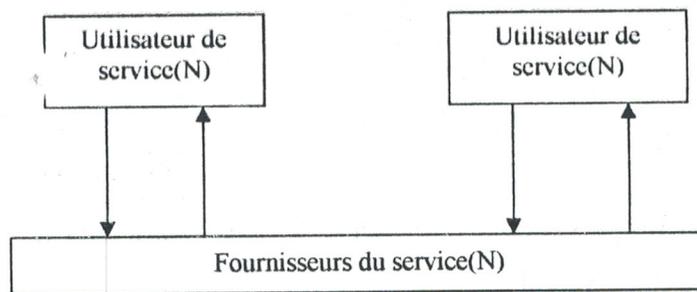


Fig.14:Model de service en couches.

Les différentes interaction s'effectues suivant le schéma de la figure15, celui-ci montre les relations entre l'entité(N) et les services(N) et(N+1). Les entités(N) communiquent par un protocole(N) qu'on va définir par la suite.

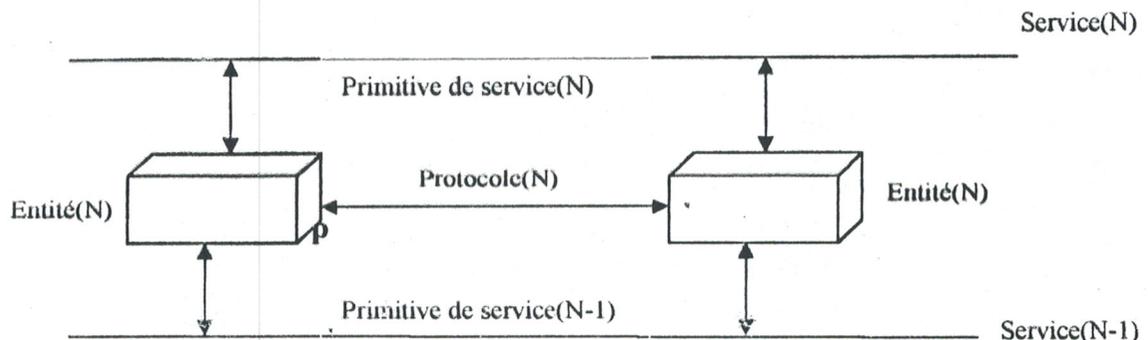


Fig.15 : Interactions entre entités.

Quatre primitives de service sont définies:

- Les primitives de demandes, par lesquelles un utilisateur de service appelle une procédure.

- Les primitives d'indication, par lesquelles l'entité correspondante est avertie qu'une procédure a été mise en route par l'entité émettrice sur son point d'accès au service ou bien que le fournisseur de service indique qu'il appelle une procédure.
- Les primitives de réponse, par lesquelles l'utilisateur distant du service(N) accepte ou refuse le service demandé.
- Les primitives de confirmation qui indiquent l'acceptation ou le refus du service demandé qui a été fait au point d'accès au service(N).

On peut représenter les quatre primitives de service par le schéma de la figure(16).

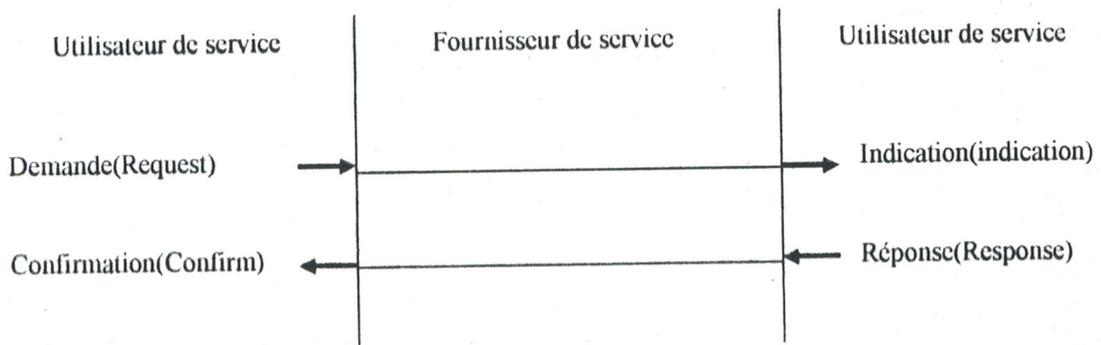


Fig.16 : Les quatre primitives de service.

IV.1.2. LE PROTOCOLE(N):

Le protocole de niveau N définit un ensemble de règles nécessaire à la réalisation au service de niveau(N). Ces règles définissent les mécanismes qui vont permettre de transporter les informations d'un niveau(N) à un autre niveau(N) correspondant au service(N). En particulier, le protocole(N) va proposer les règles pour contrôler l'envoi des données(voir figure 17).

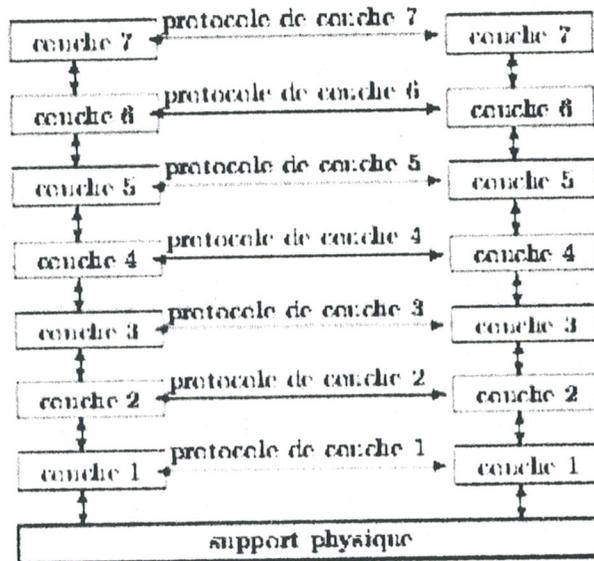


Fig.17 : protocole de niveau N.

IV.1.3. LES (N)-SAP ((N)-Service Access Point):

Les points d'accès au service(N) sont situés à la frontière entre les couches (N+1) et (N). Les services (N) sont fournis par une entité(N) à une entité(N+1) à ces points d'accès aux services(N).

Les différents paramètres pour la réalisation du service(N) s'échangent sur cette frontière. Un (N)-SAP permet d'identifier une entité de niveau(N+1). A un (N)-SAP peut être mise en correspondance une adresse. C'est à ces points de frontières que les adresses sont définies.

IV.1.4. LES ATTRIBUTS DE SERVICE ET DE PROTOCOLE:

Un service et un protocole sont déterminés par trois attributs:

La sémantique d'association, la sémantique de fonctionnalité, et la syntaxe.

- La sémantique d'association peut être de deux types: Soit orienté connexion soit sans connexion. La norme de base propose l'utilisation de l'orientation connexion.

Dans un dialogue avec connexion, trois phases se succèdent dans le temps:

- Etablissement de la connexion entre les deux entités communicantes.
- Le transfert de données.
- La fermeture de la connexion.

Dans le mode sans connexion, les entités homologues ont une connaissance a priori des possibilités de communication commune. Les différentes phases de la communication sont caractérisées par l'échange:

- De primitives de service .
 - D'unité de données, de protocole, ou PDU(Protocol Data Unit).
- La sémantique de fonctionnalité regroupe l'ensemble des procédures qui sont utilisées pendant la phase de transfert de données. Pour une association avec une connexion, les principales fonctions que nous rencontrerons sont les suivantes:
- fragmentation / réassemblage.
 - Concaténation/séparation.
 - Données exprès.
 - Remise en séquence.
 - Réinitialisation.
 - Contrôle de flux.
 - Contrôle d'erreurs.
- En fin l'attribut syntaxe caractérise le codage des primitives de service et des PDU. La mise en correspondance des adresses pour aller d'une entité d'application à une autre en passant par l'ensemble des couches peut se faire de deux façons:
- par adressage hiérarchique, comme celui représenté dans la figure(19).
- Dans le cas d'un adressage hiérarchique, l'adresse est composée de plusieurs parties.

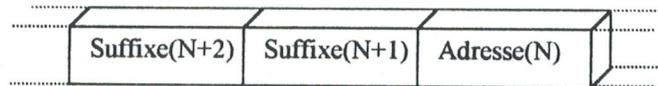


Fig.19 : Adressage hiérarchique.

A partir d'une adresse de niveau supérieur à (N), il est possible, en enlevant les suffixes (N+1),(N+2),..., qui sont des éléments d'adresse unique dans le contexte d'un point d'accès à des services primitives (N+1),(N+2),..., de retrouver l'adresse (N).

L'adressage hiérarchique simplifie considérablement le routage des unités de données dans un réseau. Il est simple à mettre en œuvre mais, en revanche, le nombre d'octets à transporter est en général important et implique une surcharge pour les lignes de communications.

- La deuxième méthode de mise en correspondance des adresses est constituée par l'utilisation de tables. Les tables d'adressage vont permettre de traduire les adresses (N) en adresse (N-1).

La structure des adresses aux différents niveaux peut être très différente. La difficulté de gérer ces tables, qui forment une surcharge au niveau des nœuds intermédiaire de routage. En revanche la longueur l'adresse peut être optimisée et les unités de données du protocole (PDU) n'ont a transporter que très peu d'octet de surcharge.

Unités de données d'un service:

Les principales unités de données d'un service sont décrites dans la figure(19).

Une unité de données d'un service(N), ou (N)-SDU((N)-Service Data Unit), est un ensemble de données provenant de l'interface de la couche(N) qui doit être transporté sur une connexion (N). Les informations de contrôle du protocole(N), ou (N)-PCI((N)-Protocol Control Information), proviennent d'entité (N), pour coordonner leur travail. Elles sont rajouter, le cas échéant, à des SDU sur une connexion (N-1).

Pour coordonner le travail au même niveau, nous avons ajouté les entités de données PCI. Pour contrôler la communication entre entités de niveau (N+1) et entités de niveau (N), les informations nécessaires sont transportées dans des (N)-ICI ((N)-Interface Control Information). Ces informations de gestion sont ajoutées à des (N)-PDU pour donner naissance aux (N)-IDU((N)-Interface Data Unit).

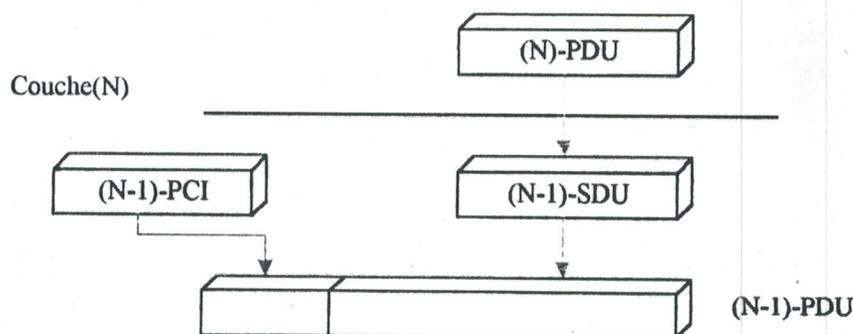


Fig.19 : Les unités de données.

IV.1.5. PRESENTATION DES DIFFERENTES COUCHE DU MODEL OSI:

IV.1.5.1. La couche physique:

C'est la première couche de l'architecture OSI. Elle a pour objectif de conduire les éléments binaires (suites des 0 et des 1) sur le support physique.

La couche physique est constituée, principalement, du matériel qui fournit des moyens nécessaires pour l'activation et la désactivation des connexions physiques destinées à la transmission des éléments binaires. Elle est formée d'une logique câblée et microprogrammée (partie logicielle). On trouve en particulier:

- Les interfaces de connexion ou jonctions.
- Les modems.
- Les multiplexeurs qui permettent à concentrer plusieurs émissions sur une seul ligne.
- Les nœuds de commutation.
- Divers équipements ou supports spécifiques au réseau, comme un satellite, dans le cas d'une communication par voie hertzienne.[3,6,7]

IV.1.5.2. La couche liaison:

La couche liaison comme son nom l'indique, est chargée de partager et de lier le support physique unique entre plusieurs stations pour l'envoi des informations. Donc, elle doit s'occuper du maintien, de libération des connexions et du transfert des unités de données de service liaison.

En outre, cette couche a pour but de corriger les erreurs produites au niveau 1. Beaucoup de normes et de recommandations sont disponibles pour cette couche liaison. Outre le service définit par la norme ISO 8886 et CCITT X.212, nous pouvons citer:

- HDLC(High-level Data Link Control), le protocole de liaison normalisé par l'ISO.
- ISO 3309 pour la structure des trames ou LPDU.
- ISO 7776 pour la description de la norme CCITT LAP-B dans un contexte ISO.[3,7]

L'ISO a aussi travaillé sur un ensemble de normes dans le domaine des réseaux locaux, des méthodes d'accès et des protocoles de liaison.

- ISO 8802.1 pour l'introduction au réseaux locaux.

- ISO 8802.2 pour la procédure de ligne(trois sous cas sont définis: LLC1, LLC2, LLC3, où LLC(Logical Link Control) est le nom de la procédure de niveau 2 pour les réseaux locaux.).
- ISO 8802.4,5,6,7 pour les différentes techniques d'accès (jeton ,bus ,..).

IV.1.5.3. La couche réseau:

Le rôle de la couche réseau est de permettre l'acheminement des paquets d'informations jusqu'à l'utilisateur final. Et cela, en passant par des nœuds de commutations intermédiaires, ou par des passerelles.

Par ailleurs, la couche réseau fournit des moyens nécessaires pour l'échange entre les unités de niveau transport et ceux du service réseau.

Ce niveau comporte trois fonctions principales:

1)Contrôle de flux des paquets:

Le contrôle de flux doit absolument éviter les embouteillages de paquets dans le réseau. Si le contrôle de flux à échoué, un contrôle de congestion fait normalement revenir le trafic à une valeur acceptable par le réseau.

2)Le routage:

Le routage permet d'acheminer les paquets d'informations vers leurs destination, au travers du maillages des nœuds de commutation. C'est une deuxième composante dont il faut tenir compte pour optimiser le temps de réponse.

3)L'adressage des paquets:

La dernière grande fonction de la couche réseau consiste à gérer les adresses des NSAP. C'est à ce niveau qu'il faut ajouter les adresses complètes dans les différents paquets, pour qu'ils atteignent le destinataire.

Les adresses forment un ensemble très vaste qui doit regrouper toutes les machines terminales du monde. Au niveau de l'ISO, il a fallu prévoir une norme d'adressage susceptible de répertorier l'ensemble de tous les équipements terminaux.

Pour mettre en place et développer les fonctionnalités du niveau réseau, il est possible de choisir entre deux grandes méthodes:

- Le mode connecté, dont lequel l'émetteur et le récepteur se mettent d'accord sur un comportement commun et négocient les paramètres et les valeurs à mettre en œuvre.
- Le mode non connecté, qui n'impose pas de contrainte à l'émetteur par rapport au récepteur.

La normalisation du niveau trois comporte les textes suivants:

- ISO 8348 ou CCITT X.213 qui définit le service réseau.
- ISO 8208 ou CCITT X.25 qui définit le protocole de réseau en mode connecté.
Ce protocole est le plus souvent appelé X25 et tous les grands réseaux publics suivent cette recommandation.
- ISO 8473 qui définit le protocole de réseau en mode non connecté, ce protocole est connu sous le nom d'Internet ISO. C'est une normalisation du protocole développé par la déf. Américaine sous le nom d'IP, qu'on développera plus loin.[7]

IV.1.5.4. La couche transport:

C'est l'ultime niveau qui s'occupe de l'acheminement de l'information.

Cette couche doit assurer le transfert des données entre les entités de niveau session. Ce transport doit être transparent c.a.d. indépendant des éléments binaires transportés. Le service doit optimiser l'utilisation des infrastructures pour avoir un bon rapport qualité / prix.

IV.1.5.5. La couche session:

Comme son nom l'indique, la couche session a pour but d'ouvrir et fermer des sessions entre les utilisateurs. Il faut s'assurer que l'utilisateur ou au moins son représentant (boîte aux lettres électroniques) est bien présent. Pour ouvrir une connexion avec une machine distante, la couche session doit posséder un langage compréhensible de l'autre extrémité. Le passage par la couche présentation avant d'ouvrir une session est obligatoire.

La couche session a la possibilité de gérer quelques fonctionnalités telle que la resynchronisation (reprise d'échange à partir des points précis) et la gestion des interruptions.

IV.1.5.6. La couche présentation:

Les différentes machines connectées ne possèdent pas la même syntaxe pour exprimer les applications qui doivent être effectuées. C'est la couche présentation qui se charge de la syntaxe des informations et procurent un langage syntaxique commun à l'ensemble des utilisateurs connectés ou bien aux entités d'application communicante.

IV.1.5.7. La couche application:

La couche application est la dernière du model de référence ISO. Elle contient toutes les fonctions nécessaires pour communiquer entre différents systèmes. Cette couche application s'occupe de la sémantique. Pour mettre en place cette communication, on associe au niveau de cette couche un processus d'application ou AP (Application Process) qui peut être vue en étant un ensemble d'entité d'application ou AE (Application Entity). Ces entités provenant des applications différentes, communiquent entre elles en faisant appel à des éléments de services d'application ou ASE (Application Service Element). L'entité application contient un ou plusieurs ASE. La coordination entre différents ASE est gérés par le composant objet d'association unique ou SAO (Single Association Object) qui contrôle la communication durant toute la vie de cette association.

Le fonctionnement des ASE à l'intérieur du SAO est déterminé par une fonction de contrôle SACF (Single Association Control Function). L'entité d'application fait appel à différent ASE, pas en parallèle mais toujours en série. Cependant rien n'empêche une entité de reboucler régulièrement sur un ASE.

IV.2. ARCHITECTURE TCP/IP:

IV.2.1. PRESENTATION DE L'ARCHITECTURE TCP/IP:

Dans les années 70, la défense américaine (DoD), devant le foisonnement de machines, utilisant des protocoles de communication différents et incompatibles, décide de définir sa propre architecture. Cette architecture TCP/IP, est à la source du réseau Internet.

Elle est aussi adoptée par de nombreux réseaux privé, appelés Intranets. Les deux principaux protocoles définis sont les suivants:

- Internet Protocole (IP), qui est un protocole de niveau réseau assurant un service sans Connexion.

- Transmission Control Protocol (TCP), qui est un protocole de niveau transport, il fournit un service fiable avec connexion.

Ces protocoles se présentent sous la forme d'une architecture en couches qui inclut également sans qu'elle soit définie explicitement, une interface d'accès au réseau. En effet, de nombreux sous-réseaux distincts peuvent être pris en compte dans l'architecture TCP/IP, aussi bien de type réseau local que de type réseau étendu. Cette architecture est représentée par la figure 20.

Couches de protocoles

Niveaux Supérieurs
TCP
IP
Couche Physique

Fig.20 : Architecture TCP/IP.

Cette architecture se fonde sur le protocole IP (Internet Protocole), qui correspond au niveau 3 de l'architecture du modèle de référence. En fait, il ne correspond que partiellement au niveau 3. La réalité est un peu plus complexe:

Le protocole IP a été inventé comme protocole d'interconnexion, c.a.d comme bloc de données avec un format bien défini contenant une adresse, mais sans autre fonctionnalité. Le but était de transporter ce bloc de données dans un autre paquet de n'importe quelle autre technique de transfert de paquets. Cela valait pour la première génération du protocole IP appelé IPv4. En revanche, la deuxième version du protocole IP, dénommée IPv6 ou IP version 6, joue réellement un rôle de niveau 3: de nouvelles fonctionnalités ont été installées pour transporter les paquets d'une extrémité du réseau à l'autre avec une certaine sécurité.

Les paquets IP sont indépendants les uns des autres et sont routés individuellement dans le réseau par des routeurs. La qualité de service proposée par le protocole IP est très faible: pas de détection des paquets perdus ni de possibilités de reprise sur erreur.

Le protocole TCP regroupe les fonctionnalités de niveau 4 du modèle de référence. C'est un protocole assez complexe qui possède de nombreuses options permettant de résoudre tous les problèmes de perte de paquets dans les niveaux inférieurs. En particulier un fragment perdu pourra être récupéré par

retransmission sur le flot d'octets. Le protocole TCP travail en mode connecté, contrairement au deuxième protocole disponible dans cette architecture: UDP. Le protocole UDP(User Datagram protocol) se positionne aussi au niveau transport, mais dans un mode sans connexion.

Toute la puissance de cette architecture repose sur la souplesse de sa mise en place au dessus de tous les réseaux existants.[3,6]

Dans une architecture TCP/IP, les couches qui sont représentées par des protocoles sont la couche interface réseau, Internet, transport et la couche transport(voir figure21).

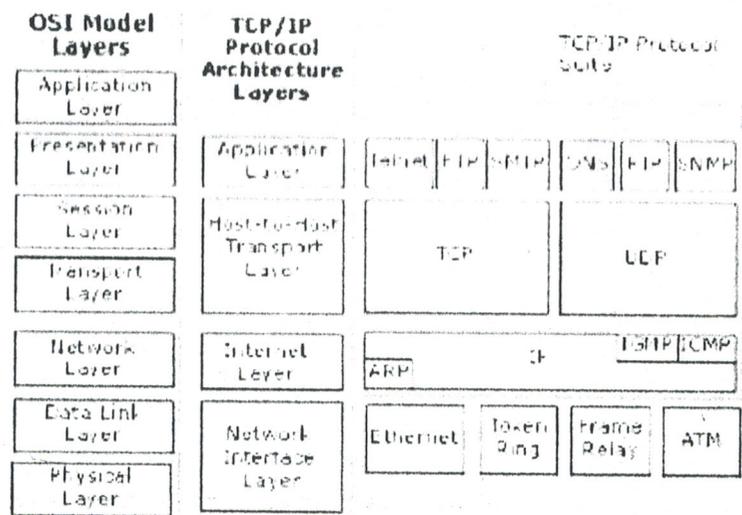


Fig.21 :Architecture TCP/IP par rapport au modèle OSI.

1)la couche interface réseau(Network Interface Layer):

Cette couche est responsable de la transmission des paquets TCP/IP sur le support physique. Les supports physiques peuvent être tels que Ethernet, Token Ring et les réseaux WAN (Wide Area Network) comme X.25 ou Relayage de Trames qu'on va détailler par la suite.

2)Couche Internet:

Cette couche a pour fonction d'adressage des paquets et le routage. Les protocoles de cette couche sont les suivants:

- IP(Internet Protocol) : Protocole responsable d'adressage, fragmentation et réassemblage des paquets.

- ARP(Address Resolution Protocol): Protocole chargé de la résolution de l'adresse de couche Internet telle que l'adresse physique.
- ICMP(Internet Control Message Protocol): Son rôle est d'exécuter les fonctions de diagnostic et d'établir un rapport d'erreurs suite au transmission des paquets IP.
- IGMP(Internet Group Management Protocol): Responsable de la gestion des groupes IP multicast ou multipoint.

3)Couche Transport:

La couche transport (aussi connue sous le nom de la couche transport hôte à hôte) permet de faire communiquer à la couche Application par une session les datagrammes. Cette couche fournit les protocoles suivants:

- TCP: TCP fournit un service avec connexion de bout en bout. Cette connexion s'effectue par l'intermédiaire de passerelles (gateways) qui prennent en compte le protocole IP comme niveau supérieur. Cela est schématisé par la figure22.

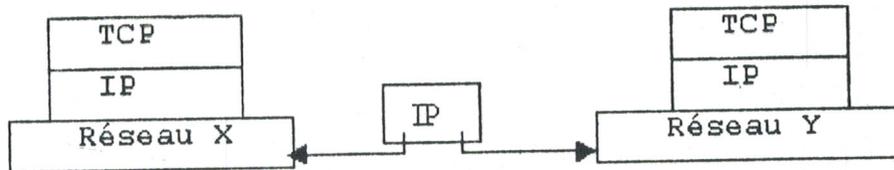


Fig.22 :Architecture d'interconnexion.

- TCP permet le recouvrement des paquets perdus durant la transmission.
- UDP (User Datagram Protocol) : c'est un alternatif de protocole TCP, il fournit un service en mode non connecté. UDP utilise Internet Protocol (IP) pour échanger entre applications des datagrammes (unités de données de taille variable gérées par le logiciel). Pour cela, UDP utilise la notion de PORT pour distinguer les différentes applications (PORT source et PORT destination). UDP est non fiable puisqu'il fonctionne sans reprise sur erreur et n'effectue aucun contrôle de flux.

4)Couche Application:

La couche Application fournit les fonctionnalités et les moyens nécessaires pour accéder aux autres couches, et elle définit les protocoles pour que les applications échangent les données. Il existe plusieurs protocoles et les plus

répandus sont les suivants:

- HTTP (HyperText Transfer Protocol): Utilisé pour le transfert des fichiers mettant à jour les pages Web de World Wide Web.
- FTP (File Transfer Protocol): Pour le transfert interactif des fichiers.
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol): Pour le transfert des courriers électroniques.
- TELNET: Protocole d'émulation Terminal, il est utilisé pour la communication à distance aux hôtes des réseaux.

Et, pour faciliter l'utilisation et la gestion de réseaux TCP/IP, la couche Application dispose des protocoles suivants:

- DNS (Domain Name System): Utilisé pour convertir le nom de l'hôte en adresse IP.
- RIP (Routing Information Protocol): Utilisé par les routeurs pour échanger l'information de routage sur le réseau Internet IP.
- SNMP (Simple Network Management Protocol): Utilisé entre la gestion de console et les composants de réseau (routeurs, ponts et hubs intelligent) pour collecter et échanger l'information gérée par le réseau.[1,7]

IV.2.2. PROTOCOLE TCP:

IV.2.2.1. Introduction:

Le protocole TCP est défini dans le but de fournir un service de transfert de données de haute fiabilité entre deux ordinateurs "maîtres" raccordés sur un réseau de type "paquets commutés", et sur tout système résultant de l'interconnexion de ce type de réseaux.

TCP est un protocole sécurisé orienté connexion conçu pour s'implanter dans un ensemble de protocoles multicouches, supportant le fonctionnement de réseaux hétérogènes. Il fournit un moyen d'établir une communication fiable entre deux tâches exécutées sur deux ordinateurs autonomes raccordés à un réseau de données. Le protocole TCP s'affranchit le plus possible de la fiabilité intrinsèques des couches inférieures de communication sur lesquelles il s'appuie. TCP suppose donc uniquement que les couches de communication qui lui sont inférieures lui procurent un service de transmission de paquet simple, dont la qualité n'est pas garantie.

En principe, TCP doit pouvoir supporter la transmission de données sur une large gamme d'implémentations de réseaux, depuis les liaisons filaires câblées, jusqu'aux réseaux commutés, ou asynchrones.

TCP s'intègre dans une architecture multicouche des protocoles, juste au-dessus du protocole Internet IP. Ce dernier permet à TCP l'envoi et la réception de segments de longueur variable, encapsulés dans un paquet Internet appelé aussi "datagramme". Le datagramme Internet dispose des mécanismes permettant l'adressage d'un service TCP source et un destinataire, quelles que soient leur position dans le réseau. Le protocole IP s'occupe aussi de la fragmentation et du réassemblage des paquets TCP lors de la traversée de réseaux de plus faibles caractéristiques. Le protocole IP transporte aussi les informations de priorité, compartimentation et classification en termes de sécurité relatives aux segments TCP. Ces informations se retrouvent alors transmises de bout en bout de la communication.

IV.2.2.2. Spécification fonctionnelle de TCP:

Port source (16 bits): Le numéro de port de la source.

Port Destinataire (16 bits): Le numéro de port du destinataire.

Numéro de séquence (32 bits): Le numéro du premier octet de données par rapport au début de la transmission (sauf si SYN est marqué). Si SYN est marqué, le numéro de séquence est le numéro de séquence initial (ISN) et le premier octet à pour numéro ISN+1.

Accusé de réception (32 bits): Si ACK est marqué ce champ contient le numéro de séquence du prochain octet que le récepteur s'attend à recevoir. Une fois la connexion établie, ce champ est toujours renseigné.

En-tête TCP

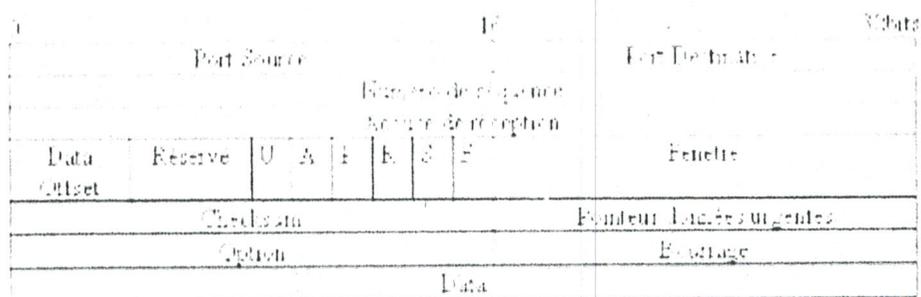


Fig.23 : Entête du protocole TCP.

Data Offset (4 bits): La taille de l'en-tête TCP en nombre de mots de 32 bits. Il indique là où commence les données. L'en-tête TCP, dans tous les cas à une taille correspondant à un nombre entier de mots de 32 bits.

Réservé (6 bits): Réservés pour usage futur. Doivent nécessairement être à 0.

Bits de contrôle(6 bits de gauche à droite):

- URG: Pointeur de données urgentes significatif.
- ACK: Accusé de réception significatif.
- PSH: Fonction Push.
- RST: Réinitialisation de la connexion.
- SYN: Synchronisation des numéros de séquence.
- FIN: Fin de transmission.

Fenêtre (16 bits): Le nombre d'octets à partir de la position marquée dans l'accusé de réception que le récepteur est capable de recevoir.

Checksum(16 bits): Le Checksum est constitué en calculant le complément à 1 sur 16 bits de la somme des compléments à 1 des octets de l'en-tête et des données pris deux par deux (mots de 16 bits). Si le message entier contient un nombre impair d'octets, un 0 est ajouté à la fin du message pour terminer le calcul du Checksum. Cet octet supplémentaire n'est pas transmis. Lors du calcul du Checksum, les positions des bits attribués à celui-ci sont marqués à 0. Le Checksum couvre de plus une pseudo en-tête de 96 bits (voir figure24) préfixée à l'en-tête TCP. Cette pseudo en-tête comporte les adresses Internet source et destinataires, le type de protocole et la longueur du message TCP. Ceci protège TCP contre les erreurs de routage. Cette information sera véhiculée par IP, et est donnée comme argument par l'interface TCP/Réseau lors des appels d'IP par TCP.

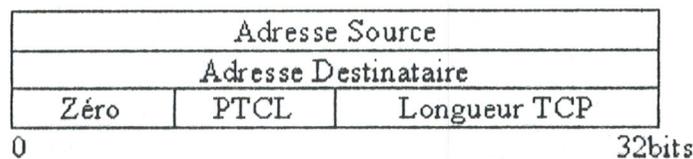


Fig.24 : Pseudo entête du protocole TCP.

La longueur TCP compte le nombre d'octets de l'en-tête TCP et des données du message, en excluant les 12 octets de la pseudo en-tête.

Pointeur de données urgentes: 16 bits Communique la position d'une donnée urgente en donnant son décalage par rapport au numéro de séquence.

Le pointeur doit pointer sur l'octet suivant de la donnée urgente. Ce champ n'est interprété que lorsque URG est marqué.

Options: Les champs d'option peuvent occuper un espace de taille variable à la fin de l'en-tête TCP. Ils formeront toujours un multiple de 8 bits. Toutes les options sont prises en compte par le Checksum. Un paramètre d'option commence toujours sur un nouvel octet.

- **Etablissement et rupture des connexions TCP:**

TCP indique un identificateur de port. Comme ces identificateurs sont choisis indépendamment par chaque extrémité, ils peuvent se révéler identiques. L'adresse unique d'une communication TCP est obtenue par la concaténation de l'adresse Internet avec l'identificateur du port sélectionné, constituant ainsi ce que l'on nomme une "socket". Cette socket est alors unique dans l'ensemble du réseau.

Une connexion de base est définie par un couple de sockets, l'un définissant l'émetteur, l'autre le récepteur. Une socket peut devenir le destinataire ou la source pour plusieurs sockets distinctes. La connexion est résolument bidirectionnelle, et prend la dénomination de "full-duplex".

TCP est libre d'associer ses ports avec les processus exécutés sur sa machine. Cependant, quelques règles ont été établies pour l'implémentation. On a défini un certain nombre de sockets "réservés" que TCP ne doit associer qu'avec certains processus bien identifiés. Ceci revient à dire que certains processus peuvent s'attribuer la propriété de certains ports, et ne pourront initier de communication que sur ceux-ci. (Actuellement, cette "propriété" est issue d'une implémentation locale, mais nous envisageons une commande utilisateur Request Port, ou une autre méthode pour assigner automatiquement un ensemble de ports à une application, par exemple en utilisant quelques bits de poids fort du numéro de port pour coder l'application).

Une connexion est demandée par activation de la commande OPEN indiquant le port local et les paramètres du socket distant. En retour, TCP répond par un nom local (court) symbolique que l'application utilisera dans ses prochains appels. Plusieurs choses doivent être retenues à propos des connexions. Pour garder la trace de cette connexion, nous supposons l'existence d'une structure de données appelée Transmission Control Block (TCB). Une des stratégies d'implémentation est de dire que le nom local donné est un pointeur vers le

TCB associé à cette connexion. La commande OPEN spécifie en outre si le processus de connexion doit être effectué jusqu'à son terme, ou s'il s'agit d'une ouverture en mode passif.

Une ouverture passive signifie que le processus de connexion se met en attente d'une demande de connexion plutôt que de l'initier lui-même. Dans la plupart des cas, ce mode est utilisé lorsque l'application est prête à répondre à tout appel. Dans ce cas, le socket distant spécifié n'est composé que de zéros (socket indéfini). Le socket indéfini ne peut être passé à TCP que dans le cas d'une connexion passive.

Un utilitaire désireux de fournir un service à un processus non identifié pourra initier une connexion passive. Tout appelant effectuant une requête de connexion sur le socket local sera reconnu.

Les sockets "réservés" sont un bon moyen d'associer à priori des ports à des applications standard. Par exemple, le serveur "Telnet" est en permanence associé à un socket particulier, d'autres étant réservés pour les transferts de fichiers, sessions de terminal distant, générateur de texte, écho (ces deux pour des besoins de test), etc.

Les processus peuvent ouvrir une connexion passive et attendre qu'une connexion active les impliquant provienne d'une autre machine. TCP aura la charge d'avertir l'application qu'une communication est établie. Deux processus émettant au même moment une requête de connexion l'un vers l'autre se retrouveront normalement connectés. Cette souplesse est indispensable pour assurer un bon fonctionnement du réseau composé d'éléments totalement asynchrones.

Les deux cas de conclusion d'une communication impliquant une connexion passive et une active sont les suivants. Soit le socket distant a été précisé lors de la requête de connexion passive, auquel cas seule une requête de connexion du distant attendu vers le local peut aboutir à l'établissement d'une communication. Soit le socket distant a été laissé indéfini, et toute requête de connexion sur le socket local, d'où qu'elle vienne aboutit à une communication valide.

Si plusieurs requêtes de connexion passive sont en attente (enregistrées dans la table de TCBs) pour le même socket local, et qu'une demande de connexion active provient de l'extérieur, le protocole prévoit de d'abord chercher s'il l'une

des requêtes dont le socket distant a été clairement exprimé correspond à celui de la demande. Si ce n'est pas le cas, ce socket sera activé. Sinon, c'est une requête "indéfinie" qui sera activée.

La procédure de connexion utilise le bit de contrôle de synchronisation (SYN) et suppose la transmission de trois messages. Cet échange est appelé "négociation ternaire".

La connexion suppose le rendez-vous d'un segment marqué du bit SYN et d'une requête locale (TCB), chacun des deux étant créé par l'exécution d'une commande de connexion. La correspondance entre le socket arrivé et le socket attendu détermine l'opportunité de la connexion. Celle-ci ne devient réellement établie que lorsque les deux numéros de séquence ont été synchronisés dans les deux directions.

La rupture d'une connexion suppose l'émission de segments, marqués du bit FIN.

- **Communication de données avec TCP:**

Les données circulant dans la connexion ouverte doivent être vues comme un flux d'octets. L'application indique dans la commande SEND si les données soumises lors de cet appel (et toutes celles en attente) doivent être immédiatement émises par l'activation du flag PUSH.

Par défaut, TCP reste libre de stocker les données soumises par l'application pour les émettre à sa convenance, jusqu'à ce que le signal PUSH soit activé. Dans ce dernier cas, toutes les données non émises doivent être envoyées. Symétriquement, lorsque le TCP récepteur voit le flag PUSH marqué, il devra passer immédiatement toutes les données collectées à l'application destinataire. Il n'y a a priori aucune corrélation entre la fonction PUSH et les limites des segments. Les données d'un segment peuvent être le résultat d'une seule commande SEND, en tout ou partie, ou celui de plusieurs appels SEND. Le rôle de la fonction push et du flag PUSH est de forcer la transmission immédiate de toutes les données latentes entre les deux TCP.

Il y a par contre une relation entre la fonction push et l'usage des tampons dans l'interface TCP/application. Chaque fois qu'un flag PUSH est associé à des données stockées dans le tampon de réception, celui-ci est intégralement transmis à l'application même s'il n'est pas plein. Si le tampon est rempli avant

qu'un flag PUSH soit vu, les données sont transmises à l'application par éléments de la taille du tampon.

TCP dispose d'un moyen d'avertir l'application que, dans le flux de données qu'il est en train de lire, au delà de la position de lecture courante, des données de caractère urgent sont apparues. TCP ne définit pas ce que l'application est sensée faire lorsqu'elle est avisée de la présence de ces données. En général, c'est l'implémentation de l'application qui traitera ces données urgentes selon ses besoins propres. [1,5,7]

IV.2.3. PROTOCOLE IP:

IV.2.3.1. Description fonctionnelle:

La fonction ou rôle du Protocole Internet est d'acheminer les datagrammes à travers un ensemble de réseaux interconnectés. Ceci est réalisé en transférant les datagrammes d'un module Internet à l'autre jusqu'à atteindre la destination. Les modules Internet sont des programmes exécutés dans des hôtes et des routeurs du réseau Internet. Les datagrammes sont transférés d'un module Internet à l'autre sur un segment particulier de réseau selon l'interprétation d'une adresse Internet. De ce fait, un des plus importants mécanismes du protocole Internet est la gestion de cette adresse Internet.

Lors de l'acheminement d'un datagramme d'un module Internet vers un autre, les datagrammes peuvent avoir éventuellement à traverser une section de réseau qui admet une taille maximale de paquet inférieure à celle du datagramme. Pour surmonter ce problème, un mécanisme de fragmentation est géré par le protocole Internet.

IV.2.3.2) Adressage:

Une distinction doit être faite entre noms, adresses, et chemins. Un nom indique ce que nous cherchons. Une adresse indique où cela se trouve. Un chemin indique comment y aboutir. Le protocole Internet s'occupe essentiellement des adresses. C'est à des protocoles de niveau plus élevé (ex., hôte-vers-hôte ou application) que revient la tâche de lier des noms à des adresses. Le module Internet déduit de l'adresse Internet une adresse réseau local. La tâche qui consiste à transcrire l'adresse de réseau local en termes de

chemin (ex., sur un réseau local ou dans un routeur) revient au protocole de bas niveau.

Les adresses ont une longueur fixe de 4 octets (32 bits). Une adresse commence toujours par un numéro de réseau, suivi d'une adresse locale (appelée le champ "reste") codant l'adresse de l'hôte sur ce réseau. Il existe trois formats ou classes d'adresses Internet, A,B,C,D .

La transcription d'adresse Internet en adresses de réseau local doit être sujette à quelques précautions ; un hôte physique unique peut abriter plusieurs adresses Internet distinctes comme s'il s'agissait de plusieurs hôtes indépendants. Des exemples de répartition d'adresses peuvent être trouvés dans "Address Mappings" (rfc 1060).

IV.2.3.3. Fragmentation:

La fragmentation du datagramme Internet devient nécessaire dès lors qu'un datagramme de grande taille arrive sur une portion de réseau qui n'accepte la transmission que de paquets plus courts.

Un datagramme Internet peut être spécifié "non fractionnable" Un tel datagramme Internet ne doit jamais être fragmenté quelques soient les circonstances. Si un datagramme Internet non fractionnable ne peut être acheminé jusqu'à sa destination sans être fragmenté, alors il devra être rejeté.

La fragmentation, la transmission et le réassemblage à travers un réseau local hors de vue d'un module de protocole Internet est appelée fragmentation Intranet .

Les procédures de fragmentation et réassemblage Internet doivent pouvoir "casser" un datagramme Internet en un nombre de "fragments" arbitraire et quelconque pourvu que le réassemblage soit possible. Le récepteur des fragments utilise le champ d'identification pour s'assurer que des fragments de plusieurs datagrammes ne puissent être mélangés. Le champ "Fragment Offset" indique au récepteur la position du fragment reçu dans le datagramme original. Les champs "Fragment Offset" et "Longueur Totale" déterminent la portion du datagramme original que représente le fragment. L'indicateur bit "Dernier Fragment" indique (lors de sa remise à zéro) au récepteur qu'il s'agit du dernier fragment. Ces champs véhiculent suffisamment d'information pour réassembler les datagrammes.

Le champ d'identification sert à distinguer les fragments d'un datagramme de ceux d'un autre datagramme. Le module Internet émetteur d'un datagramme Internet initialise le champ d'identification à une valeur qui doit être unique pour cette paire source-destination et pour ce protocole pendant toute la durée de transmission de ce datagramme. Le module Internet terminant l'émission d'un datagramme met le bit "Dernier Fragment" et le champ "Fragment Offset" à zéro.

Pour fragmenter un long datagramme, un module Internet (par exemple, dans un routeur), crée deux nouveaux datagrammes et copie le contenu des champs d'en-tête Internet originaux dans les deux nouvelles en-têtes. Les données du datagramme original sont divisées en deux portions, la première d'une taille multiple de 8 octets (64 bit) (la taille de la seconde portion n'est donc pas nécessairement un multiple de 8 octets). Nous appellerons le nombre de blocs de 8 octets dans la première portion NBF (Nombre de Blocs du Fragment). La première portion de données est placée dans le premier des deux nouveaux datagramme, et le champ "Longueur Totale" est renseigné avec la taille de ce datagramme.

Le bit "Dernier Fragment" est basculé à 1. La seconde portion de données est placée dans le second des deux nouveaux datagrammes, et le champ "longueur totale" est renseigné avec la taille du second datagramme. Le bit "Dernier Fragment" est placé à la même valeur que celui du datagramme original. Le champ "Fragment Offset" du second datagramme constitué est renseigné avec la valeur du même champ du datagramme original plus NFB.

Cette procédure peut être généralisée à une fragmentation en n fragments, plutôt que les deux décrits ci-dessus.

Pour réassembler les fragments d'un datagramme Internet, un module Internet (par exemple dans un hôte destinataire) recombine les datagrammes dont les valeurs des quatre champs suivants sont identiques: identification, source, destination, et protocole. La recombinaison est réalisée en remplaçant la portion de donnée contenue dans chaque fragment dans un tampon à la position relative indiquée par le champ "Fragment Offset" lu dans l'en-tête correspondant. Le premier fragment sera donc placé en début de tampon, et le dernier fragment récupéré aura le bit "Dernier Fragment" à zéro.

Spécification de IP:

La figure 25 résume le contenu de l'en-tête Internet.

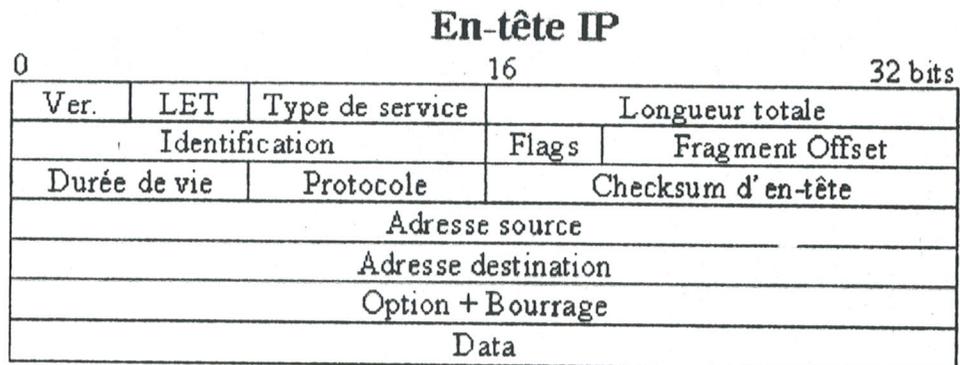


Fig.25 : entête IP.

Version: 4 bits

Le champ Version renseigne sur le format de l'en-tête Internet.

Longueur d'En-Tête: 4 bits

Le champ Longueur d'En-Tête (LET) code la longueur de l'en-tête Internet, l'unité étant le mots de 32 bits, et de ce fait, marque le début des données. Notez que ce champ ne peut prendre une valeur en dessous de 5 pour être valide.

Type de Service: 8 bits

Le Type de Service donne une indication sur la qualité de service souhaitée, qui reste cependant un paramètre "abstrait". Ce paramètre est utilisé pour "guider" le choix des paramètres des services actuels lorsqu'un datagramme transite dans un réseau particulier. Certains réseaux offrent un mécanisme de priorité, traitant préférentiellement un tel trafic par rapport à un trafic moins prioritaire (en général en acceptant seulement de véhiculer des paquets d'un niveau de priorité au dessus d'un certain seuil lors d'une surcharge momentanée). Principalement, le choix offert est une négociation entre les trois contraintes suivantes: faible retard, faible taux d'erreur, et haut débit.

Longueur Totale: 16 bits.**Identification:** 16 bits

Une valeur d'identification assignée par l'émetteur pour identifier les fragments d'un même datagramme.

Flags : 3 bits

Divers commutateurs de contrôle.

Bit 0 : réservé, doit être laissé à zéro

Bit 1: (AF) 0 = Fragmentation possible, 1 = Non fractionnable.

Bit 2: (DF) 0 = Dernier fragment, 1 = Fragment intermédiaire.

Fragment Offset : 13 bits

Ce champ indique le décalage du premier octet du fragment par rapport au datagramme complet. Cette position relative est mesurée en blocs de 8 octets (64 bits). Le décalage du premier fragment vaut zéro.

Durée de vie : 8 bits

Ce champ permet de limiter le temps pendant lequel un datagramme reste dans le réseau. Si ce champ prend la valeur zéro, le datagramme doit être détruit. Ce champ est modifié pendant le traitement de l'en-tête Internet. La durée de vie est mesurée en secondes. Chaque module Internet doit retirer au moins une unité de temps à ce champ, même si le traitement complet du datagramme par le module est effectué en moins d'une seconde. De ce fait, cette durée de vie doit être interprétée comme la limite absolue maximale de temps pendant lequel un datagramme peut exister. Ce mécanisme est motivé par la nécessité de détruire les datagrammes qui n'ont pu être acheminés, en limitant la durée de vie même du datagramme.

Protocole : 8 bits

Ce champ indique quel protocole de niveau supérieur est utilisé dans la section données du datagramme Internet. Les différentes valeurs admises pour divers protocoles sont listées dans la RFC "Assigned Numbers" [rfc1060].

Checksum d'en-tête : 16 bits

Un Checksum calculé sur l'en-tête uniquement. Comme certains champs de l'en-tête sont modifiés (ex., durée de vie) pendant leur transit à travers le réseau, ce Checksum doit être recalculé et vérifié en chaque point du réseau où l'en-tête est réinterprété. L'algorithme utilisé pour le Checksum est le suivant :

On calcule le complément à un sur 16 bits de la somme des compléments à un de tous les octets de l'en-tête pris par paires (mots de 16 bits).

Adresse source: 32 bits

L'adresse Internet de la source.

Adresse destination: 32 bits

L'adresse Internet du destinataire.

Options: variable

Les datagrammes peuvent contenir des options. Celles-ci doivent être implémentées par tous les modules IP. Le caractère "optionnel" concerne leur transmission, et non leur implémentation.

Dans certains environnements, l'option de sécurité peut être obligatoire dans tous les datagrammes.

Le champ d'option est de longueur variable. Un datagramme peut comporter zéro ou plus options.

IV.2.3. PROTOCOLE UDP:

Le protocole User Datagram Protocol (UDP) est défini dans le but de fournir une communication par paquet unique entre deux processus dans un environnement réseau étendu. Ce protocole suppose l'utilisation du protocole IP comme support de base à la communication.

Ce protocole est transactionnel, et ne garantit ni la délivrance du message, ni son événement de duplication. Les applications nécessitant une transmission fiable et ordonnée d'un flux de données implémenteront de préférence le protocole TCP (Transmission Control Protocol). La figure 26 présente l'entête UDP.

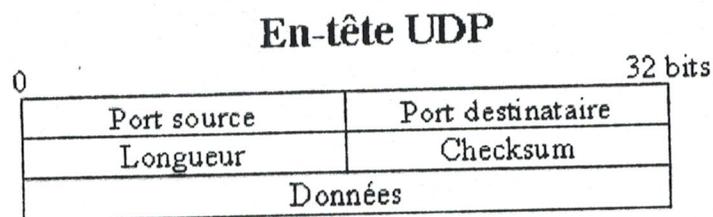


Fig.26 : Entête UDP.

Le **Port Source** est un champ optionnel. Lorsqu'il est significatif, il indique le numéro de port du processus émetteur, et l'on supposera, en l'absence d'informations complémentaires, que toute réponse devra y être dirigée. S'il n'est pas utilisé, ce champ conservera une valeur 0.

Le **Port Destinataire** a une signification dans le cadre d'adresses Internet particulières.

La **Longueur** compte le nombre d'octets dans le datagramme entier y compris le présent en-tête.

Le **Checksum** se calcule en prenant le complément à un de la somme sur 16 bits des compléments à un calculé sur un pseudo en-tête constitué de l'information typique d'une en-tête IP, l'en-tête UDP elle-même, et les données, le tout additionné d'un octet nul éventuel afin que le nombre total d'octets soit pair.

La pré en-tête ajoutée avant l'en-tête UDP contient l'adresse IP source, l'adresse IP destinataire, le code de protocole, et la longueur du segment UDP. Cette information permet d'augmenter l'immunité du réseau aux erreurs de routage de datagrammes. La procédure de calcul du Checksum est la même que pour TCP. Un Checksum transmis avec une valeur zéro a effectivement une signification particulière. Dans ce cas, le segment indique qu'aucun Checksum n'a été calculé.

V. PRESENTATION DE L'INTERNET:

Internet est défini comme étant un ensemble de réseaux hétérogènes interconnectés.

Son concept a été développé dans le milieu des années 70 par le DARPA (Defense Advanced Research Agency) c'est-à-dire l'Agence pour les Projets de Recherches Avancées dans la Défense. Ce réseau l'appela, à cette époque Arpanet.[2,8]

V.1. FONCTIONNEMENT DE L'INTERNET:

L'Internet est le résultat de l'interconnexion de différents réseaux physiques par l'intermédiaire des passerelles et des routeurs en respectant certaines conventions.

Chaque machine de l'Internet possède une adresse IP (Internet Protocol) Cette adresse permet de reconnaître une connexion au réseau Internet d'un ordinateur donné. L'adresse IP (32 bits) est constitué de deux parties: Un identificateur de réseau et un identificateur de la machine pour ce réseau.

Les adresses IP sont réparties sur quatre classes, chacune d'elles permet d'attribuer un code ou numéro pour chaque réseau comprenant un certain nombre de machines :

- Classe A : 126 réseaux (1.0.0.0 à 126.0.0.0 c'est-à-dire le premier octet représente le réseau, le nombre 127 est réservé et le réseau 0 n'existe pas). Les trois autres octets sont réservés aux stations (ordinateurs).
- Classe B : 16 384 réseaux (128.0.0.0 à 191.255.0.0, c'est-à-dire les deux premiers octets représentent le réseau avec les deux premiers bits sont 1 et 0) et les deux autres octets pour les stations.
- Classe C : 2 097 152 réseaux (192.0.0.0 à 255.255.255.0, c'est-à-dire les trois premiers octets représentent le réseau avec les trois premiers bits sont 1, 1 et 0) et 254 stations.
- Classe D : adresse de groupe.

Les adresses IP sont traitées par des routeurs qui effectuent le routage en se basant sur le numéro de réseau. Un hôte relié à plusieurs réseaux aura plusieurs adresses IP. En fait, une adresse n'identifie pas simplement une machine mais une connexion à un réseau.

Les adresses IP figurantes sur les machines sont des adresses logiques, et c'est le logiciel réseau qui le convertit en adresse physique utilisée pour transmettre le message (la trame). Cette traduction est effectuée au moyen du protocole ARP (Address Resolution Protocol) qui permet, même de déterminer l'adresse physique destinataire. Pour optimiser le fonctionnement de ARP chaque machine tient à jour, en mémoire, une table des adresses résolues (mémoire cache).

Il existe aussi un protocole RARP qui permet de faire l'inverse de ARP, c'est-à-dire permet de déterminer l'adresse logique à partir de l'adresse physique d'une machine (cas de serveur Proxy).

V.2. LE ROUTAGE IP:

Internet résulte de l'interconnexion de différents réseaux physiques par des machines appelées routeurs. Chaque réseau, contenant un ensemble de hôtes, est connecté, éventuellement, à un routeur. Le routeur permet de déterminer l'adresse physique du destinataire et de faire circuler les messages (paquets).

Il existe deux types de routage:

- Routage direct : consiste à faire rattacher deux machines au même routeur.
- Routage indirect : c'est le routage le plus complexe car il consiste à faire

envoyer les messages de routeur en routeur jusqu'au destinataire en se servant des tables de routage.

Table de routage: c'est une mémoire qui garde l'adresse IP (de l'hôte de destinataire) pour chaque numéro de réseau à atteindre. Elle peut, également, contenir une adresse de routeur par défaut.

Notion de masque : un masque est un moyen permettant de reconnaître le numéro de réseau de l'adresse IP en question.

Exemple : pour la classe C le masque, en décimale, est 255.255.255.0 .[8]

V.3. CONCLUSION:

Le réseau Internet, initialement utilisé par les réseaux universitaires et de recherche, permet virtuellement de relier l'ensemble des réseaux à l'échelon de la planète. Utilisant le protocole TCP/IP, il offre de nombreux services comme la consultation de serveurs multimédias, la messagerie électronique etc...

VI) Conclusion:

Le développement des télécommunications a permis progressivement la réalisation de réseaux d'ordinateurs. Les connexions peuvent se faire au moyen de plusieurs supports de transmission.

De façon générale les réseaux informatiques sont caractérisés par leurs topologie, débits et la vitesse de transmission.

Les caractéristiques d'un réseau informatique sont:

- ❖ La distance.
- ❖ Le débit.
- ❖ La topologie.
- ❖ Le support de transmission.
- ❖ Le protocole de communication.

Un réseau est un système complexe qu'on doit organiser et gérer. La multiplicité et l'hétérogénéité de ses éléments constitutifs, de ces modes de fonctionnement, de ses applications, rendent sa gestion et sa maîtrise difficiles. Pour cela les méthodes de gestion doivent être conçues et mises en place, si possible lors de la conception du réseau, pour garantir un service de réseau harmonieux et efficace.

Chapitre II

Les réseaux locuax normalisés

I. Introduction:

L'objectif premier d'un RL (réseau local) est économique : il permet de partager les ressources matérielles et logicielles entre les différents postes et utilisateurs.

Les caractéristiques suivantes sont communes à tous les réseaux locaux et permettent d'atteindre les objectifs fixés.

➤ Liaison multipoint symétrique:

Dans les RL on parle de liaison multipoint symétrique : multipoint est en opposition avec les liaisons point à point qui permettent de relier uniquement deux équipements comme deux ponts distants reliant deux RL d'une entreprise qui possède plusieurs bâtiments par exemple. Multipoint signifie qu'il y a plusieurs entrées sur la liaison. Symétrique signifie que l'on veut que tous les équipements reliés puissent discuter directement entre eux et non comme dans les réseaux où il y a un poste principal dit contrôleur et où un poste désirent communiquer avec un autre s'adresse au contrôleur qui passe le message au destinataire. Cette notion de symétrie implique donc d'établir des méthodes d'accès à la parole pour que chacun puisse parler. [8]

➤ Distance limitée:

Les RL, pour obtenir des débits élevés, limitent leurs distances de quelques dizaines de mètres à une dizaine de kilomètres. L'objectif étant de partager des équipements, cette distance est suffisante.

➤ Haut débit global:

Les WAN ont des débits relativement bas (Numéris de France Télécom : 64 Kbps), ils n'excèdent pas 2 Mbps. Par contre un LAN s'efforce d'obtenir des débits élevés, par exemple Ethernet : de 10 Mbps à 1 Gbps.

➤ Faible délais:

Le partage des fichiers nécessite des accès aux disques distants rapides sinon l'utilisateur transfère sur son disque le fichier, le modifie et le renvoie sur le disque partagé. Ceci pose un problème de cohérence lorsque plusieurs utilisateurs veulent accéder à un fichier. Avec un LAN, les temps d'accès au disque sont proches des temps d'accès à un disque local.

➤ **Faible taux d'erreur:**

Taux d'erreur d'un bus interne de PC est de: $(10)^{-15}$

Taux d'erreur d'un LAN est au minimum $(10)^{-9}$, souvent $(10)^{-12}$.

Le taux d'erreur correspond au nombre de bits qui s'inversent sur le nombre de bits transmis. Un taux de $(10)^{-9}$ signifie qu'1 bit sur un milliard s'inverse. Ce chiffre paraît impressionnant mais sur Ethernet 10 Mbps cela correspond à plus d'une erreur toutes les 2 minutes.

Pour obtenir de hauts débits on ne peut pas se permettre d'émettre et de demander un accusé de réception, il faut émettre en continu en supposant que la réception est bonne. D'où l'importance d'avoir des taux d'erreur aux alentours de $(10)^{-12}$ qui correspondent à moins d'une erreur toutes les 27h.

➤ **Diffusion:**

Lorsqu'un poste d'un RL émet tous les autres l'entendent. Si un poste entend un message qui n'est pas pour lui, il l'ignore.

➤ **Privé:**

Les RL doivent être administrés par leurs propriétaires : on ne passe pas par un opérateur.

➤ **Grand nombre d'utilisateurs:**

Les RL sont évidemment conçus pour accueillir un grand nombre de postes.

II. 802.3 et Ethernet:

II.1. Introduction:

Historiquement, c'est le premier réseau local et c'est aussi le réseau le plus utilisé à l'heure actuelle (85% des réseaux locaux). Ethernet V1 a été inventé par Rank Xerox vers le milieu des années 70.

Son principe est basé sur la diffusion des messages sur un bus logique qui peut être un bus ou une étoile physique. C'est à dire une station qui parle, envoie une trame contenant le message, sa propre adresse et l'adresse du destinataire sur le bus. Toutes les stations voient passer cette trame mais seule celle qui se reconnaît comme étant le destinataire la lit.

Par la suite IEEE a normalisé ce réseau et l'a nommé 802.3. Le nom Ethernet est une marque déposée par Digital, Rank Xerox et Intel.[10]

Avec ce type de réseaux on peut relier des dizaines, voir des centaines de stations avec un débit de 1,10 ou 100 Mbps et même aujourd'hui de 1 Gbps.

Les réseaux Ethernet se nomment 10Base5, 10BaseT, 10Broad36, etc. Ce sont des notations IEEE, elles dépendent du débit utilisé, du mode de transmission et du câblage utilisé.

II.2. Type de réseau Ethernet:

II.2.1. 10Base5:

Il s'agit du câblage originel pour les réseaux Ethernet qui utilise des câbles coaxiaux. Ce type de câblage ressemble à peu à des tuyaux d'arrosage de couleur jaune et portent des repères tous les 2,5m pour désigner les prises des emplacements des stations de travail. Le raccordement mécanique est réalisé au moyen d'une prise particulière appelée *prise vampire* (voir figure 1). Au niveau de chaque prise, un petit trou percé dans le câble coaxial permet à de fines pointes d'entrer en contact avec l'âme centrale du câble et avec la tresse métallique périphérique. La longueur maximale des câbles est de 500 mètres.

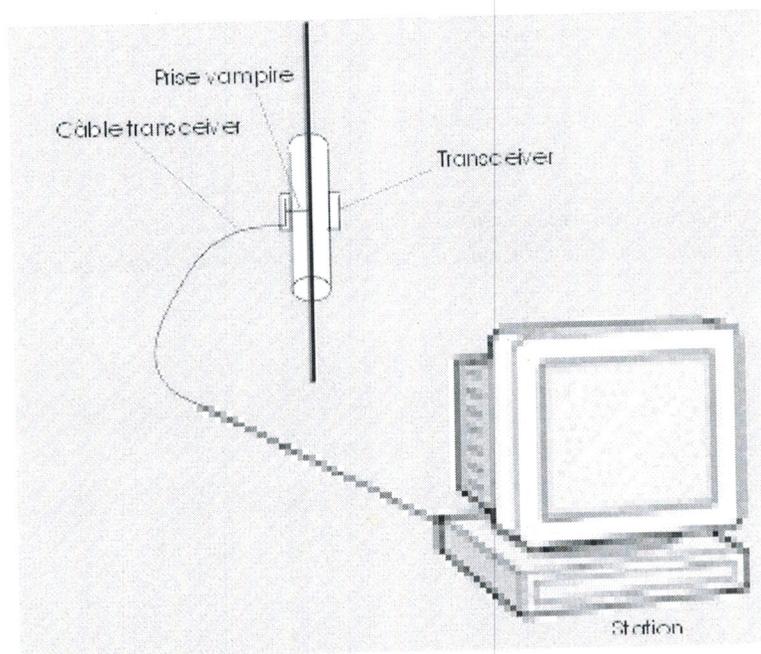


Fig.1 : Eléments de base d'un réseau 10 base 5.

II.2.2. 10Base2:

Le 10Base2 est le deuxième type de câblage qui apparut pour le standard Ethernet (IEEE 802.3) pour les réseaux locaux. Le standard 10Base-2 (aussi appelé *Thin-Ethernet*) utilise du câble coaxial 50 ohms (RG-58 A/U) avec une longueur maximum de 185 mètres par brin (voir figure 2). Ce câble est plus fin et plus flexible que celui qui était utilisé pour le standard 10 base 5. Le câble RG-58 A/U est non seulement plus simple, beaucoup moins cher à posé que son prédécesseur, mais, de plus, les T sont plus simples à posées, plus fiables et moins coûteuses que les prises vampires. Malheureusement, ce type de câblage ne permet que des segments de 200m de long et seulement 30 stations connectés sur ce même segment.[11]

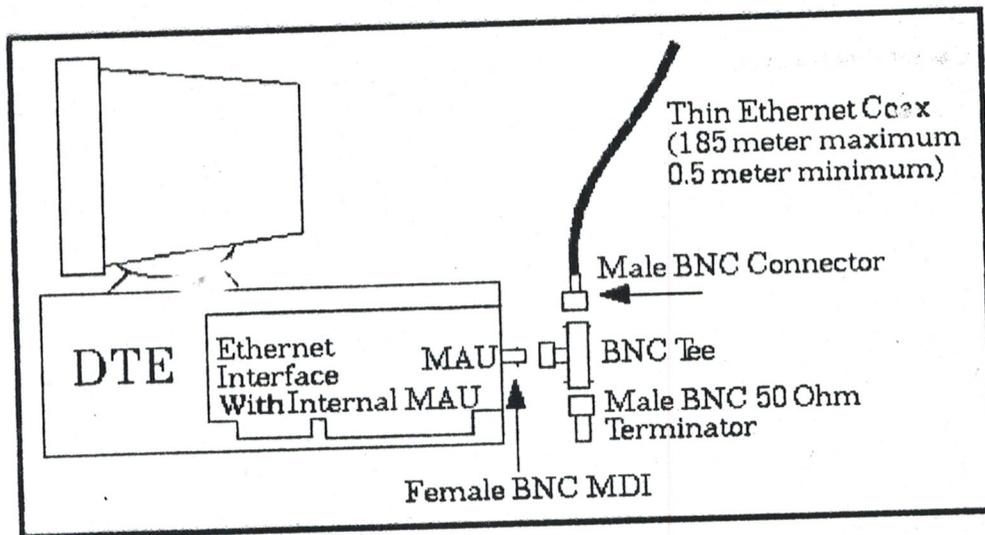


Fig.2 : Câblage d'un réseau 10 base 2.

Les câbles de type 10Base-2 utilisent des connecteurs BNC. La carte réseau NIC à l'intérieur de l'ordinateur nécessite d'être connectée à un T (voir figure 3) auquel vous pouvez alors attacher un câble à chaque extrémité à des ordinateurs adjacent. Toutes connexion inutilisée doit être terminée à l'aide d'un terminateur de 50 ohms (voir figure 3).

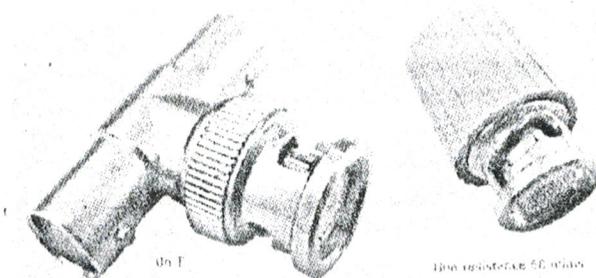


Fig.3 : résistance de fin de terminaison et un T.

II.2.2. 100Base T:

L'approche dans la conception et le fonctionnement du 100Base est très proche du 10Base. Elle reprend les principaux aspects de la norme à 10Mb/s (le protocole, la topologie, le format des trames,...) ce qui lui a valu l'appellation d'héritière du 10Base.

La principale modification tient dans le fait que l'on passe à une vitesse de transmission dix fois plus élevée. De plus les spécifications sur le câblage sont différentes, en effet trois types de câblage sont donnés pour transmettre des signaux Ethernet à 100Mb/s.

Le 100Base-T tire son nom de ses spécifications que nous allons identifier :

- Le 100 provient de la vitesse de transmission qui est de 100Mb/s.
- Le Base qu'en à lui correspond à baseband qui est le type de signal émis.

La dernière partie du nom permet d'identifier le type de câblage utilisé parmi les trois catégories suivantes : T4, TX, FX.

- Le 100Base-T4 qui correspond à 4 paires torsadées de qualité téléphonique.
- Le 100Base-TX qui utilise deux paires torsadées de type 5.
- Le 100Base-FX qui utilise deux brins de fibre optique.[11]

De façon générale on peut résumer les caractéristiques des réseaux Ethernet suivant le câblage, le débit et le nombre des stations connectées (voir figure 4).

Nom	Type de câble	Long.max d'un segment	Nb max de stations par segment	Remarques
10Base5	Coaxial épais	500 m	100	Adapté aux réseaux fédérateurs
10Base2	Coaxial fin	200 m*	30	Système le moins cher
100Base-T	Paires torsadées	100 m	1'024	Maintenance facile
100Base-FX	Fibre optique	2'000 m	1'024	Le plus adap. entre plusieurs bâtiments

Fig.4 :Caractéristiques des réseaux locaux.

II.3. Les ponts Ethernet:

Les ponts Ethernet sont dits transparents et le routage se fait de pont en pont (voir figure 5).

Les stations A, B, C et D peuvent être sur un même réseau physique. Le pont limite l'encombrement en ne laissant passer que les trames nécessaires. Pour situer les stations, le pont observe les adresses sources des trames et en cas de doute, il diffuse.

Lorsque la station A envoie une trame à la station D : A diffuse la trame et ne se soucie pas du travail des ponts qui vont amener la trame à bon port. Pour régler le problème du chemin lorsqu'il y en a plusieurs, les ponts Ethernet utilisent l'algorithme du **Spanning Tree** :

Son principe est le suivant :

- 1- On choisit un pont racine, ce sera celui dont l'adresse est la plus petite.
- 2- Sur chaque réseau on choisit un pont désigné qui le raccorde à la racine : on prend celui qui a le plus court accès (en nombre de ponts) à la racine. Donc le pont racine est le pont désigné pour chacun des réseaux auxquels il est raccordé. Si il y a deux ou plus qui sont égaux on prend celui qui a la plus petite adresse.

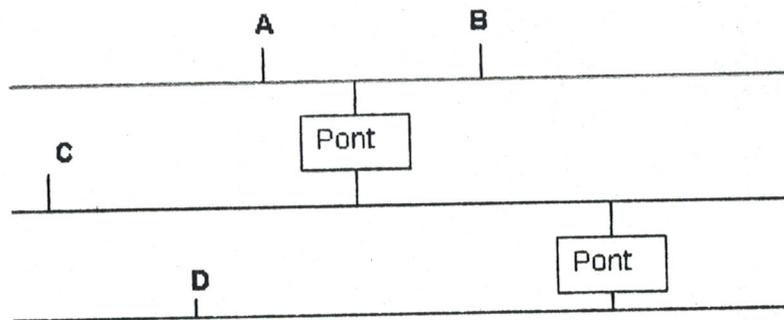


Fig.5 : Les ponts ETHERNET.

II.4. La méthode d'accès à la parole (CSMA/CD):

II.4.1. Présentation de la méthode CSMA/CD:

On a vu que le principe d'Ethernet est que lorsqu'une station émet, où qu'elle soit tout le monde l'entend. Ce principe permet de ne pas avoir à effectuer de routage : l'information est diffusée partout. L'inconvénient majeur est qu'étant donné que sur un support un seul signal peut se propager à la fois, il faut que les stations parlent les unes après les autres.

Dans 802.3 et Ethernet la méthode choisie est CSMA (Carrier Sens Method Acces). Son principe est celui de la politesse : on ne parle que quand personne ne parle.[8,10]

Lorsque la station veut émettre, elle écoute. Si personne d'autre n'émet, elle émet. Si une autre station émet, elle attend. Ensuite soit elle réessaye plus tard (CSMA non persistant, la méthode n'est plus utilisée), soit elle écoute et lorsque c'est libre elle émet (CSMA persistant).

Cette méthode a un inconvénient : lorsque deux stations attendent, elles vont émettre en même temps. Les deux signaux vont se superposer et être incompréhensibles. On appelle cela une collision. Pour résoudre ce problème on va effectuer une détection des collisions (CD: Collision Detection). D'où le nom de CSMA/CD.

Pour reconnaître une collision l'émetteur écoute son écho, si il correspond à ce qu'il émet c'est bon, sinon c'est qu'il y a une collision. Il émet alors un «JAM» pour avertir tout le monde qu'il y a eu une collision. Ensuite les stations qui voulaient parler calculent un nombre aléatoire et se mettent en veille pendant un temps proportionnel à ce nombre. Et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elles puissent parler.

II.4.2. Limitations:

Malgré la méthode de détection des collisions, certaines pourraient passer inaperçues. Par exemple si les stations A et B sont éloignés sur le RL, A peut émettre une trame très courte, écouter son écho et penser que tout est bon. Cependant il est possible que de l'autre côté B écoute, que la trame de A ne soit pas encore arrivée et donc émette. Une collision va se produire alors que A aura cru que tout s'était bien passé, sa trame serait perdue. Pour éviter cela, la norme impose une taille de trame minimum de 512 bits. Si le message n'est pas assez long, on rajoute des bits pour arriver à cette taille. Cependant ce n'est pas suffisant : si la taille du réseau n'est pas limitée, le problème peut toujours se produire.[10]

On limite donc la taille du réseau en fonction du temps de retournement (Round Trip Delay) de la trame minimum et du débit. C'est à dire en fonction du temps que mettent 512 bits à faire l'aller retour entre les deux points les plus éloignés du réseau, puisqu'il faut pour détecter une collision qu'avant que la station ait fini d'émettre ses 512 bits le signal du premier bit soit arrivé au bout et que si une station du bout a émis un bit à ce moment, il ait eu le temps d'arriver. Donc, en résumé, il faut que le temps d'émission de 512 bits soit supérieur au temps d'un aller-retour du signal (Round Trip Delay) sur le réseau (pour plus de détail voir annexe B)

Une autre limitation est imposée pour stabiliser les conditions électriques du support et pour réinitialiser les processus liés aux couches 1 et 2. C'est le délai entre deux émissions de trame. Il est fixé en bit time, qui signifie le temps d'émission d'un bit. Le bit time sur un 10Base5 est de 0,1 micro seconde puisqu'en 1 seconde on émet 10 Mbits. Le délai étant fixé à 96 bits time, sur 10Base5 le délai inter trame est de 9.6 micro seconde.

II.5. Limitation d'un réseau Ethernet:

La méthode d'accès étant non déterministe (on ne peut prédire précisément le temps qu'une station attendra avant de parler), ce réseau est inadapté aux applications temps réels.

Il faut aussi remarquer qu'un réseau Ethernet ne supporte pas la charge : sur un 10Base5 si le débit demandé par les stations est inférieur à 3Mbps, le réseau fonctionne bien et le débit effectif sera d'environ 3 Mbps. Par contre si le débit

demandé est supérieur à 3 Mbps, le nombre de collisions va aller croissant et le réseau va saturer. Le débit effectif pourra alors avoisiner le 0 Mbps. Pour palier à ce problème, si le réseau sature trop souvent l'administrateur devra ajouter des ponts pour limiter les domaines de collisions. Les performances s'accroîtront encore plus si l'on utilise des switch qui limitent encore plus les domaines de collision.[10,11]

Ceci dit qu'Ethernet est quand même un réseau performant, rapide, peu coûteux et facile à mettre en œuvre. C'est certainement pour cela qu'il est utilisé dans la plupart des RL.

III. 802.5 Token Ring:

III.1. Introduction:

Token Ring est le protocole promu par IBM pour se démarquer d'Ethernet. Au départ ce réseau avait un débit de 4 Mbps, aujourd'hui c'est du 16 Mbps. On a vu avec Ethernet que l'organisation pour l'accès à la parole était assez anarchique : chacun parle quand il veut, sa méthode de détection des collisions est basée sur le principe qu'on laisse se produire des erreurs et qu'on les traite quand elles arrivent. IBM n'a pas apprécié cette philosophie et a inventé l'anneau (RING) à jeton (TOKEN) où chacun parle quand on lui donne la parole.[10]

III.2. Principe:

Un jeton tourne, va de station en station. Lorsque l'on veut parler on attend que le jeton passe. Si il est libre on le marque occupé et on parle. Lorsque l'on reçoit un message on marque la trame pour signaler qu'on l'a lue et on la laisse continuer. L'émetteur reçoit donc la trame qu'il a émise en sachant si le destinataire l'a lue. Il libère le jeton et le passe à son voisin. Comme il n'y a qu'un jeton en circulation sur l'anneau une seule station peut transmettre à un instant donné. Ceci évite l'émission simultanée de plusieurs trames et résout le problème de l'accès multiple.

Il est plus lent sur de faibles charges qu'Ethernet mais plus rapide qu'Ethernet (même 100 Mbps) sur de lourdes charges car il ne s'écroule pas sous les collisions.[14]

Lorsque le trafic est faible, le jeton passe la plupart de son temps à circuler sur l'anneau. De temps en temps une station en prend possession et émet sa trame. Par contre lorsque le trafic s'intensifie de sorte que chaque station possède des trames en attente d'émission, dès qu'une station libère le jeton, la suivante le prend immédiatement. Le droit d'émettre se déplace de station en station suivant l'ordre de connexion physique.

III.3. Topologie:

En topologie logique c'est un anneau. C'est à dire que ce n'est pas un simple réseau à diffusion mais une succession de liaisons point à point formant un cercle.[8,10,14,]

Par contre sa topologie physique (qui peut aussi être un anneau) est souvent une étoile. La topologie physique a évolué vers une étoile pour gérer la rupture de l'anneau. Les stations sont reliées à des concentrateurs (MAU Multiple Access Unit). La figure 6 représente ce type de réseau.

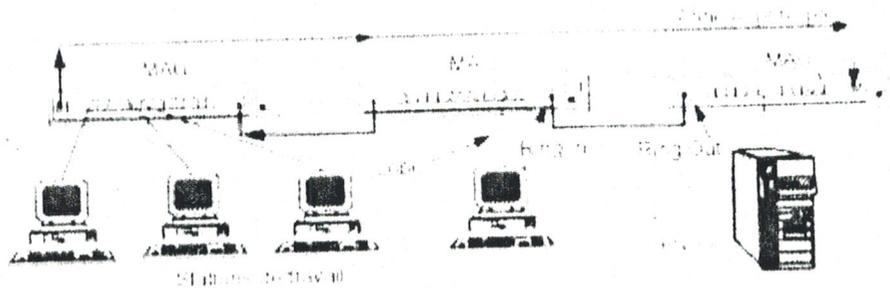


Fig.6 :Réseau Token Ring.

III.4. Le niveau physique

Au niveau physique la norme recommande d'utiliser des paires torsadées blindées bien qu'en théorie on puisse aussi utiliser du coax ou de la fibre optique.

Les signaux de transmission sont en Bande de Base et utilisent les règles du codage Manchester Différentiel : un bit à 1 correspond à une transition en début de l'intervalle temps du bit, un bit à 0 est caractérisé par l'absence de transition. Cette méthode de codage est plus complexe mais offre une meilleure immunité aux bruits.

III.5. Les ponts Token Ring:

Leur système est beaucoup plus simple. En fait les stations ont «Conscience» qu'il peut y avoir des ponts et donc le gère.

Lorsqu'une station veut parler à une autre, elle va d'abord essayer de lui parler sur son anneau. Si personne ne lit la trame, elle pense que la station est sur un autre anneau relié par un pont. Elle la recherche en envoyant une trame discovering. Quand un pont voit passer une trame de ce type il se note dedans et la renvoie de l'autre côté. Si un pont voit passer une trame discovering où il est déjà il l'a jette. Quand le destinataire la reçoit, il l'a renvoie en suivant le chemin inverse. Ainsi la station de départ connaît le chemin d'accès au destinataire et le notera dans chaque trame qu'elle lui enverra.

Il y a plusieurs politiques applicables : soit on prend le premier qui revient, soit celui qui a traversé le moins de ponts,...

Le principe de noter le chemin dans chaque trame est appelé routage à la source.

III.6. protocole:

La base du protocole est la capture du jeton lorsque l'on veut transmettre. Lorsque le jeton est capturé, la station peut le conserver pendant le « temps de maintien du jeton » (THT : Token Holding Timer) dont la valeur est paramétrable. Par défaut elle est de 10 ms. Pendant ce temps la station doit émettre une grande trame, plusieurs trames ou relâcher le jeton si elle n'a plus rien à émettre.[8]

Le principe étant basé sur un jeton, il est important de le surveiller. Si le jeton est perdu, par exemple à cause d'une perturbation électrique ou de la panne d'une station, plus personne ne pourra parler. Il se peut aussi qu'une trame tourne indéfiniment sur le réseau si l'émetteur de cette trame tombe en panne avant de la retirer.

Il y a donc une station sur le réseau appelée moniteur. Elle va surveiller et gérer les problèmes susceptibles de se produire. Le moniteur vérifie notamment que la structure du jeton est correcte et qu'aucune trame orpheline ne circule sur l'anneau. Lorsqu'une situation anormale est constatée, le moniteur purge l'anneau et y injecte un nouveau jeton.

Méthode de surveillance de présence du jeton :

le moniteur réinitialise un timer à chaque passage du jeton, si le timer arrive au bout avant que le moniteur ne voit passer le jeton, il émet une trame de purge (PRG) qui fait le tour de l'anneau. Ensuite, il émet un jeton neuf.

Méthode de surveillance d'une trame qui boucle :

lorsqu'une trame passe devant le moniteur, il met le bit moniteur de l'octet contrôle d'accès de la trame à 1. Ainsi si le moniteur voit arriver une trame avec ce bit M à 1 c'est que la trame a déjà fait plus d'un tour. Le moniteur la supprime donc comme si il en était l'émetteur et émet un jeton vide.

III.7. La priorité:

En plus du fait que le protocole de TR soit déterministe au contraire d'Ethernet, il est doté d'un mécanisme pour la notion de priorité des trames. Jusqu'à présent, on a décrit le fonctionnement en supposant que toutes les trames avaient la même priorité, hors TR prévoit 8 niveaux de priorité, de 0 (trame courante) à 7 (trames exceptionnelles et urgentes).

En fait, lorsqu'une station veut émettre une trame, soit il n'y a pas de trafic et elle va pouvoir prendre immédiatement le jeton libre (dans ce cas le niveau de priorité désiré est sans importance) soit il y a du trafic et elle va voir passer plusieurs trames avant que le jeton ne lui revienne. Dans ce cas elle va utiliser le champ réservation de la trame qui passe devant elle en lui mettant son niveau de priorité (les 3 bits permettent d'inscrire une priorité de 0 à 7).

Si une autre station veut aussi émettre une réservation, elle ne pourra le faire que si son niveau de priorité est supérieur. Dans ce cas elle remplace l'ancienne réservation par la sienne.

Ainsi lors d'un tour, c'est la plus prioritaire qui a inscrit son niveau de priorité. La station qui a émis cette trame va relâcher à la fin de l'émission un jeton libre. Mais avant cela, elle aura copié le niveau de réservation dans le champs priorité (également 3 bits).

Les stations qui verront passer ce jeton libre ne pourront le prendre que si leur niveau de priorité est égal ou supérieur à celui indiqué dans le jeton. Par contre elles peuvent toujours effectuer des réservations avec les mêmes contraintes.

Bien sûr, ce n'est pas forcément celle qui avait effectué la plus forte réservation qui va prendre le jeton puisque si une station pendant le tour du jeton est apparue avec une priorité plus forte, elle prendra le jeton qu'elle ait effectué ou pas une réservation.

III.8. Localisation des coupures de câbles:

Dans TR si un câble est défaillant c'est tout le réseau qui est affecté contrairement à Ethernet où ce ne sont que les stations branchées sur ce câble qui sont coupées du réseau. Il fallait donc un mécanisme pour parer à cette éventualité. De même si une station s'arrête alors qu'elle était connectée sur le réseau, il ne faut plus lui envoyer de trame car sinon, l'anneau serait ouvert. C'est le MAU qui règle tout cela.

En fait les stations ne sont pas vraiment en étoile comme on l'a vu précédemment, elles sont connectées à un MAU qui simule l'anneau. Celui-ci étant en liaison permanente avec les cartes TR, dès que l'une d'elles ne répond plus, il l'a court-circuite pour fermer l'anneau. Il en est de même pour des coupures de câbles : c'est le MAU qui va court-circuiter le câble défaillant. Avant cela il faut détecter l'endroit de la panne. Pour cela les stations ont un protocole bien défini : quand un câble de l'anneau est sectionné, très vite, plus personne ne reçoit rien. Les stations émettent alors des trames appelées BCN (Beacon) pour signaler qu'elles ne reçoivent plus rien. Une Beacon contient au départ l'adresse de la station émettrice. Une station qui reçoit une Beacon la retransmet et arrête d'émettre les siennes. Ainsi ne circuleront très rapidement sur le réseau que les Beacons de la station qui se situe juste après la coupure puisque ce sera la seule à ne rien recevoir. Le MAU sait alors où se situe la coupure grâce à l'adresse située dans ces Beacons. Il l'isole en refermant l'anneau par un autre chemin.

III.9. Duplication d'adresse:

Le TR étant prévu pour fonctionner avec des adresses sur 2 octets définies par l'administrateur, il est possible que dû à une erreur humaine deux stations aient la même adresse.

Ceci est gênant donc, quand une station se connecte au réseau, elle commence par émettre une trame DAT (Duplicate Adresse Test).

Cette trame a comme particularité d'avoir comme adresse destinataire l'adresse source.

Ainsi lorsque cette trame revient si le «frame status» indique que la trame a été lue, c'est qu'il y a une autre station avec la même adresse.

TR le signale immédiatement au système du réseau. Ces derniers réagissent de façons complètement différentes : certains refusent de se connecter, d'autres se contentent de le signaler et certains envoient un ordre de déconnexion pour l'autre station.

III.10. Conclusion:

Au niveau efficacité le TR est une réussite puisque le débit effectif suit à peu près le débit soumis et en tout cas ne s'écroule jamais. De plus il gère parfaitement les niveaux de priorité, ce qui le rend conforme aux utilisations temps réels.

Cependant, il n'a pas réussi à s'imposer car sa technologie est trop chère et que la méthode d'accès est finalement assez complexe. De plus son principe ne se prête pas à l'utilisation des switch qui permettent d'isoler les serveurs sur des parties à hauts débits.

Il reste néanmoins d'actualité chez IBM et dans les applications temps réel, son principe est toujours utilisé pour les réseaux fédérateurs FDDI.

IV. 802.4 Token Bus:

IV.1.Introduction:

Le principe ici est le même que pour TR : on partage la ressource de communication en se passant un jeton. Seulement ici les stations se trouvent sur un bus logique (voir figure 7) . Le principe du jeton a l'avantage de garantir un temps maximum entre deux accès à la parole. Pour utiliser le jeton on doit définir un anneau logique. Pour cela à un instant donné une station n'a qu'un prédécesseur et un successeur. Le jeton viendra du prédécesseur et sera transmis au successeur.[14]

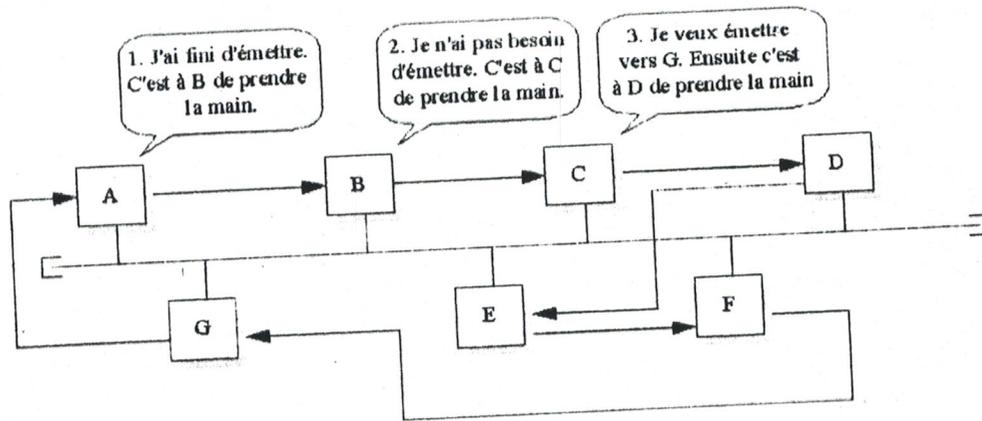


Fig.7 : Principe du réseau 802.4.

Le support physique utilisé est un câble coaxial d'impédance caractéristique 75 ohms et la transmission est de type bande de base ou large bande. Trois techniques, assez complexes, de modulations des fréquences porteuses sont prévues, permettant la délimitation des trames. Les débits sont de 1, 5 et 10 Mbit/s.[5]

Les signaux sont transmis sur du câble coaxial de façon analogique (ce qui induit l'utilisation de modems) sous forme d'ondes porteuses modulées.

IV.2.Principe de circulation du jeton:

Le bus assure la diffusion des signaux vers toutes les stations. Le jeton détermine un accès séquentiel des stations à la parole, évitant ainsi les collisions.

Les stations connectées au réseau forment un anneau logique en étant rangées par ordre décroissant de leurs adresses. La station ayant la plus petite adresse considère comme son successeur la station ayant la plus grande adresse, ainsi une boucle est formée. Chaque station connaît l'adresse de son successeur et celle de son prédécesseur. Une seule station possède le jeton, elle émet ses trames pendant un temps maximum puis envoie une trame « jeton » à sa station successeur. Ainsi le jeton passe par toutes les stations et personne ne parle en même temps. L'emplacement physique n'intervient pas dans le passage du jeton.

Temps de transmission:

Chaque fois qu'une station acquiert le jeton, elle peut transmettre pendant une durée de temps limitée avant de devoir passer le jeton à son successeur. Le temps maximum de transmission appelé Hi Pri Token Hold Time est configuré par l'administrateur après analyse des contraintes du système.

IV.3. Conclusion:

Ce type de réseau a l'avantage d'être déterministe et de ne pas s'écrouler sous les collisions. Cependant la nécessité d'avoir des équipements comme des modems et du câble coaxial le rend relativement coûteux.

Il est de moins en moins utilisé mais encore d'actualité dans les réseaux industriels.

V. ANSI X3T9.5 (FDDI):

V.1. Introduction:

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) né au début des années 80, son principe est celui d'un double anneau à 100Mbps sur fibre optique. Son rôle principal est celui des réseaux fédérateurs (Backbone), à plat il peut s'étendre sur 100 km et accepter jusqu'à 1000 stations. Ses trames maximales sont de 45 Ko. On le trouve encore beaucoup sur des sites où un backbone à 100 Mbps était nécessaire avant l'arrivée du 100BaseT, mais FAST ETHERNET et le Gigabit Ethernet sont en train de causer sa perte. Sa norme n'est pas de l'IEEE, elle vient de l'ANSI et est nommée X3T9.5. Certaines installations tournent à 200 Mbps mais elles sont instables, on utilise le réseau secondaire pour transmettre 200 Mbps.[5]

V.2. Le codage 4B/5B:

Ce codage est basé sur NRZI qui code un 1 par une transition et un 0 par une absence de transition plus le fait qu'on code 4 bits par une suite de 5 ne comprenant jamais plus de trois 0 à la suite, un 0 au début et deux 0 à la fin. Ceci permet d'avoir au moins une transition tous les 3 bits.[5]

V.3. Circulation du jeton:

Comme dans le TR, une station qui souhaite émettre des données doit attendre le jeton libre. Lorsque celui-ci arrive, la station peut émettre dans tous

les cas une trame dite synchrone puis en fonction de l'algorithme que nous verrons ensuite, des trames dites asynchrones pendant une durée limitée. Ensuite le station réemet le jeton. Contrairement à TR on n'attend pas le retour de ses trames avant de réemettre le jeton, le délai serait trop long. Il peut donc y avoir sur l'anneau plusieurs trames en simultané mais un seul et unique jeton. Le fait que l'on n'attende pas le retour de ses trames pour réemettre le jeton explique le fait qu'on ne puisse utiliser le même principe de priorité que dans TR.

Les trames sont ensuite retirées de l'anneau par la station qui les a émises, néanmoins les dépouilles de trames continuent à circuler puisqu'une station ne reconnaît sa trame qu'à l'adresse source. Etant donné qu'il n'y a pas de bit M, ces dépouilles et les trames dont l'émetteur serait déconnecté avant de les retirer pourraient tourner indéfiniment. Ce problème est réglé par le fait que toutes les stations sont des répéteurs (puisque'elles réemettent la trame qu'elles reçoivent) sauf celle qui est en train d'émettre. Cette dernière purge donc tout ce qui lui arrive en amont. Cette méthode simple a quand même un inconvénient : une station peut recevoir plusieurs fois le même message, il faudra donc régler ce problème au niveau supérieur. [5,10]

V.3.1. Le jeton simple:

Le principe utilisé par FDDI vise à partager de manière aussi équitable que possible la bande passante de l'anneau entre les diverses stations tout en privilégiant les messages urgents.

Les stations d'un réseau transmettent généralement leurs données selon deux flux différents. Une petite partie est émise régulièrement et le reste ponctuellement.

Sur FDDI, chaque station est sûre de pouvoir émettre à chaque passage du jeton libre une petite quantité de données et est sûre que le jeton libre revient relativement rapidement et régulièrement.

Les trames qu'on est sûr de pouvoir émettre sont dites synchrones. Ensuite, selon la disponibilité du réseau, la station pourra peut être encore émettre plusieurs trames dites asynchrones.

V.3.2) Le jeton réduit :

Le jeton réduit est un processus qui permet à un groupe des stations de se réserver pendant un temps tout le trafic asynchrone, pour transmettre par exemple, un flot de données important.

Lorsqu'une station décide d'utiliser cette méthode, elle attend un jeton libre, en mode synchrone, elle prévient les stations qui doivent faire parti de son groupe puis libère non pas un jeton normal mais un jeton réduit.

Avec ce type de jeton, les stations qui n'ont pas été invitées au groupe ne peuvent plus émettre du tout en mode asynchrone, ce qui laisse de la bande passante pour celles du groupe.

Cette méthode n'altère pas la transmission synchrone. Lorsque les stations du groupe ont transmis toutes leurs données, la station du départ, lorsqu'elle a récupéré le jeton, libère un jeton simple et le fonctionnement du réseau redevient normal. [14]

V.4. Gestion des priorités:

Dans FDDI, la notion de priorité ne s'applique pas uniformément. En fait, les transmissions de trames synchrones sont les plus prioritaires puisque ce sont les seules que l'on est sûr de pouvoir transmettre. Cependant, parmi ces trames, toutes ont la même priorité. La notion de priorité s'applique donc uniquement sur la transmission asynchrone et en dehors de la notion de jeton réduit.

Nous avons déjà vu que le jeton mettait au plus $2 * TTRT$ pour faire le tour de l'anneau, mais que pour pouvoir transmettre des trames asynchrones il fallait que ce dernier fasse le tour en moins de $TTRT$. La notion de priorité induit quelques contraintes supplémentaires au sujet du droit de transmettre des trames asynchrones. [1]

FDDI prévoit 8 niveaux de priorité, le niveau de priorité (de 0 à 7) sera noté i . Pour le calcul du droit de transmettre des trames asynchrones, les stations utilisent une fonction Pri qui est inversement proportionnelle à i (voir figure 8).

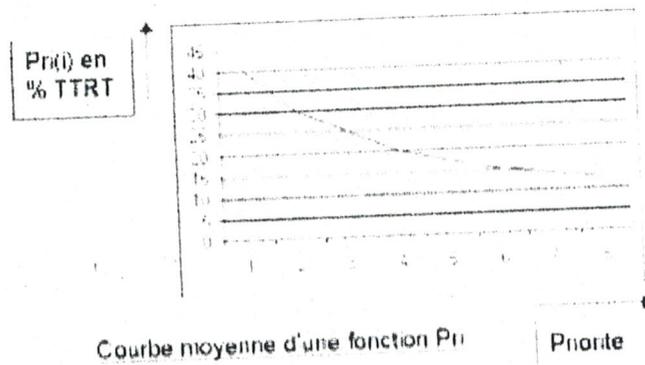


Fig.8 : Courbe de priorité.

Le droit d'émettre une trame asynchrone n'est pas uniquement d'avoir le $THT > 0$, il faut que le THT soit supérieur au résultat de $Pri(i)$, i étant le niveau de priorité de la trame à émettre. De plus, la station n'aura pour cette trame que le temps de $THT - Pri(i)$. Il faut donc prévoir si on aura le temps ou pas d'émettre cette trame. Pour cela, les stations calculent le temps d'émission de la trame et vérifient l'inégalité suivante : $THT - Pri(i) < Dm$ avec Dm indique le temps de transmission de la trame. [5,10]

V.5. Gestion des fautes:

Dans FDDI, on n'a pas de signal continu ni de moniteur comme dans TR. Il faut donc d'autres moyens pour gérer les fautes.

On a déjà vu que le problème de la trame qui boucle est réglé par le fait que la station émettrice purge ce qui lui arrive en amont.

Pour la disparition du jeton, on utilise le fait qu'il soit censé passer au moins tous les $2 * TTRT$. En clair, si le jeton n'est pas arrivé lorsque TRT arrive à 0 et que le bit AT vaut 1, on sait que le jeton est perdu. La première station qui s'en aperçoit émet une trame Claim Token avec son adresse et son TTRT. Une station qui reçoit un Claim Token avec un TTRT supérieur le retransmet, s'il est égal, elle le retransmet si l'adresse source de l'émetteur est plus grande que la sienne. Dans les autres cas, elle émet son propre Claim Token. Quand une station reçoit son Claim Token, c'est qu'elle est celle qui a la plus grande adresse de celles qui proposent le plus grand TTRT. C'est à elle d'émettre un nouveau jeton et de prévenir les autres stations du TTRT à utiliser.

Ce mécanisme induit qu'on a sur le réseau le TTRT le plus grand paramétré dans les stations et permet de changer ce dernier en cours de fonctionnement. Il

est néanmoins incontestable que l'on perd du temps à chaque perte de jeton. Pour détecter une coupure on s'appuie sur ce mécanisme. En effet, une coupure induit une perte de jeton et donc l'émission d'une trame Claim Token. Si on ne reçoit pas un Claim Token après un certain temps on sait qu'il y a une coupure. On émet alors des trames Beacon à la façon TR pour localiser la panne. Les stations sont réparties dans deux classes de connexion. La classe A regroupe les stations ayant un réseau secondaire, en cas de problème on reboucle donc sur ce réseau et la station reste connectée. Les stations de la classe B sont connectées avec un seul réseau au concentrateur. En cas de problème le concentrateur la déconnecte.

V.6. Insertion d'une station de classe A:

Lorsque l'on insère une station de classe A dans un FDDI, on parle de croissance. Imaginons un cas où 3 stations de classe A sont reliées à un concentrateur.

Lorsque la station B est débranchée les stations A et C utilisent leurs réseaux secondaires comme dans la figure ci-dessous (voir figure 9).

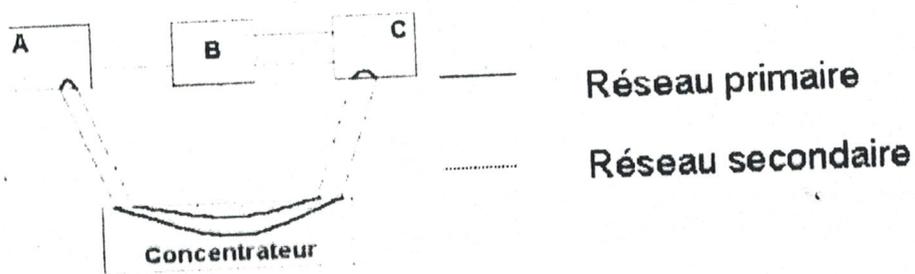


Fig.9 : Relation entre A et C avec B débranchée.

Lorsque B est branché deux sous anneaux se créent reliant A et B d'un coté, B et C de l'autre (voir Figure10).

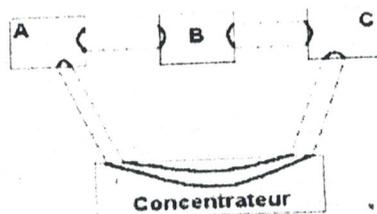


Fig.10 : Relation entre A et C avec B branchée.

Ensuite, ces deux sous anneaux se relient en un seul pour relier A, B et C
(voir figure 11).

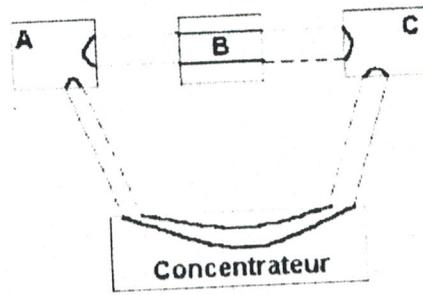


Fig.11 : Relation entre les sous anneaux.

Enfin, une des stations, A ou C raccorde l'anneau ABC au grand réseau
(voir figure12).

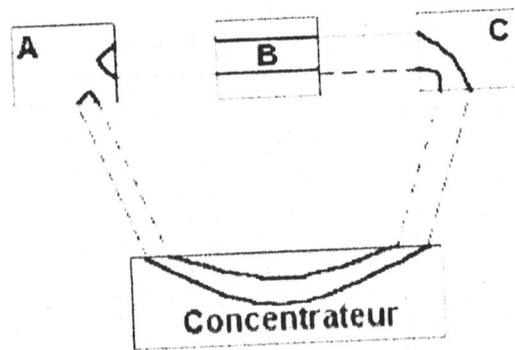


Fig.12 : Raccordement de l'anneau ABC au grand réseau avec A ou C.
Pour terminer, les stations vont se brancher uniquement sur le réseau primaire
(voir figure 13).

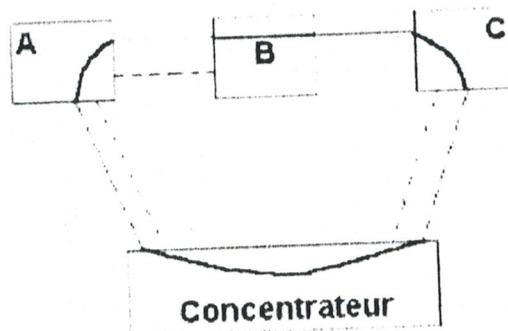


Fig.13 : Branchement des stations via le réseau primaire.

V.7. Conclusion:

FDDI est une sorte de TR à hauts débits. Il est utilisé en tant que réseau fédérateur par sa capacité à transmettre l'information rapidement sur de grandes distances. On le voit encore sur de nombreux sites mais les réseaux modernes comme ATM sont en train de le remplacer.

VI 802.9 (RNIS):

RNIS signifie Réseau Numérique à Intégration de Service. Numéris de France Télécom est un exemple de RNIS.

VI.1. Historique:

Au départ, le téléphone effectue des transmissions analogiques : le microphone transforme l'onde sonore en onde électrique qui est directement propagée sur le câble. La qualité de la voix est donc médiocre et il n'y a pas la possibilité de véhiculer des informations supplémentaires. Autre inconvénient majeur : au niveau informatique, on ne peut pas transmettre 3500 bps. Les modems, par codage ont permis quand même une amélioration limitée à 33 400 bps. [8]

Aujourd'hui, en utilisant en partie Numéris (au niveau interne de France Télécom) et les modems de la norme X2, on peut transmettre à une vitesse de 57 600 bps.

VI.2. Principe:

On veut numériser le signal d'un bout à l'autre. Pour numériser la voix (qui va de 300 à 3400 Hz) selon les techniques traditionnelles il faut 64 kbps (il faut 8000 échantillons par seconde codés chacun sur 8 bits).

Le RNIS prévoit 3 canaux logiques sur un câble : 2 canaux dits «B» à 64 kbps et 1 dit «D» à 16 kbps. Pour séparer ces canaux le RNIS effectue un multiplexage temporel fixé ; c'est à dire que sur 9 unités de temps, les 4 premières unités sont réservées au premier canal B, les 4 suivantes au 2ème canal B et la dernière au canal D. On dit que ce multiplexage est fixé parce que même si un canal est libre, les autres n'y ont pas accès. Les canaux B servent à

transporter la voix, un fax ou autre. Le canal D sert à l'information du réseau (connexion, déconnexion, info sur l'appelant,...).

Le RNIS fonctionne sur un bus «S» qui accepte 8 appareils (fax, téléphone, micro ordinateur,...) et une régie (standard Numéris).

La régie reçoit l'appel et l'envoie sur le bus, les informations transitant sur un canal B, l'utilisateur peut recevoir une télécopie en même temps qu'une communication. On peut aussi transmettre à $2 * 64$ kbps en utilisant les 2 canaux entre 2 ordinateurs. Ce débit ne peut être utilisé pour Internet qui ne sait pas répartir le débit sur les 2 canaux (mais 64 kbps c'est toujours mieux que 56 kbps).

VI.3. Conclusion:

RNIS a été normalisé en 1985, 10baseT n'existait pas encore, c'était alors des débits acceptables. Aujourd'hui, on s'oriente vers le RNIS large bande (sur base ATM) qui permet des débits beaucoup plus élevés et plus de communications en parallèle.

VII. CCITT X 25:

VII.1. Introduction:

X25 est un protocole de transport sur de longues distances avec un plan de numérotation international mis en place par le CCITT.

On parle de WAN ou de réseau de transport par paquets en mode connecté.

X25 a beaucoup été utilisé dans les années 80 mais le fait qu'il ne soit pas adapté aux hauts débits et à la fibre optique fait qu'il arrive à bout de souffle.

VII.2. Technologie:

X25 définit un réseau téléphonique pour ordinateurs. L'appelé peut refuser la communication, reconnaître l'adresse de l'appelant, accepter un PCV, ...

En bref, dans X25, le DTE initie un appel via un numéro, le réseau route ensuite ce paquet d'appels et crée un circuit virtuel (CV). Ce protocole est orienté connexion, c'est à dire que les équipements le long du chemin vont mémoriser le CV et réserver des ressources pour la ligne.

Ce système permet une connexion avec un temps de réponse garanti et un contrôle d'erreurs tout au long du CV. Un autre avantage est qu'après le paquet d'appels, on ne transmet plus l'adresse du destinataire mais seulement le numéro de CV. Par contre si une ligne est coupée, il faut se reconnecter.[10]

VII.3. Caractéristiques:

Le réseau X25 est basé sur de vieilles technologies et donc a un taux d'erreurs élevé. C'est ce qui le caractérise le plus après le fait qu'il soit orienté connexion avec l'établissement d'un circuit virtuel.

En fait, les taux d'erreurs élevés ont imposés un protocole qui limite énormément les débits. En effet, sur de longues distances avec les taux d'erreurs de l'époque un paquet n'avait presque aucune chance d'arriver intacte à l'autre bout du réseau, il fallait donc absolument que les commutateurs discutent entre eux pour se renvoyer les trames (si on avait laissé ce rôle aux stations, elles n'auraient jamais rien reçu). Leur dialogue qui prend une bonne partie de la bande passante consiste à ce que le récepteur dise si il a bien reçu (RR : Receive and Ready), si il a bien reçu mais qu'il n'est pas prêt à en recevoir d'autres (RNR : Receive but Not Ready) ou si il n'a pas bien reçu (REJ : Reject). Ce protocole est appliqué au niveau 2 et 3. De plus, pour permettre d'avoir moins de chance qu'un paquet soit erroné, X25 le segmente et le réassemble à l'arrivée. Toute cette gestion des fautes ralentit énormément le débit qui se trouve limité à 9600 bps par CV et 2 Mbps par ligne.[1,10]

Remarque : La norme X25 est une description de l'interface à un réseau mais laisse libre le fonctionnement interne qui peut très bien être du Frame Relay ou de l'ATM.

VII.4. Conclusion:

X25 est un vieux réseau qui a été normalisé avant l'arrivée des réseaux locaux mais il est toujours utilisé.

Transpac (qui est le grand utilisateur d' X25) proposait des services de liaisons réservés à 64 kbps puis à 256 kbps en 1991. En 1997, les débits proposés vont quand même sur X25 jusqu'à 2 Mbps.

VIII. Frame Relay:

Ce protocole de la même famille qu' X25 connaît un certain succès aux USA. Il est beaucoup moins lourd qu' X25 puisque normalisé à la fin des années 80, il se base sur des taux d'erreurs beaucoup plus faibles.

VIII.1. Caractéristiques:

FR, comme X25 est basé au départ sur l'établissement d'un CV. Seulement en 89-90, les taux d'erreurs sont passés de 10^{-5} (en 80) à 10^{-8} , ce qui permet d'alléger nettement le protocole. En premier lieu, FR n'effectue plus de segmentation, ensuite il n'effectue plus de contrôle entre les commutateurs. Le seul contrôle qui reste est le CRC qui est effectué au niveau matériel et ne prend donc pas de temps. En cas de CRC erroné, le commutateur jette simplement la trame sans prévenir personne. La gestion des erreurs se fera directement au niveau des stations dans les couches supérieures.

VIII.2. Récupération de bande passante:

En plus du fait d'alléger le protocole FR offre la possibilité d'utiliser une partie de la bande passante libre. Pour cela, lorsqu'on ouvre une ligne on donne deux débits; le CIR (Committed Information Rate) et le EIR (Excess Information Rate). En fait le CIR détermine le débit réservé, c'est à dire le débit qu'on est sûr de pouvoir transmettre. EIR détermine l'excès que l'on peut se permettre : si on émet à plus de CIR+EIR les trames seront jetées par le premier commutateur. Entre CIR et CIR+EIR, on peut transmettre mais on a aucune garanti que toutes les trames soient transmises.[12]

VIII.3. Fonctionnement:

Physiquement, on ne varie pas la vitesse d'émission d'un bit, les variations de débit se font par l'insertion de silence. En fait, le premier commutateur va vérifier la cadence d'émission, c'est à dire qu'il va se donner un laps de temps et compter les bits transmis pendant ce laps de temps. La station pourra donc soit émettre des bits régulièrement soit envoyer d'un coup un gros paquet puis observer un silence.

Pour le contrôle des débits, le premier commutateur sait donc dans quelle tranche se trouve une trame. Si elle est dans la tranche CIR, il va l'envoyer directement sur le réseau. Si elle est entre CIR et CIR+EIR, il va l'envoyer en notant un bit nommé DE à 1. Si elle est au delà de EIR, il va la jeter directement.

Ce procédé permet ensuite dans le réseau de gérer les « embouteillages ». Lorsqu'un commutateur est saturé (ou plutôt ayant qu'il ne le soit), il jette toutes les trames ayant le bit DE à 1. Ainsi il se libère et peut transmettre les trames obligatoires. Pour ce processus, les débits CIR des CV cumulés sont en fait réservés et correspondent à la capacité des commutateurs donc on est sûr si on ne traite qu'eux de pouvoir les transmettre. Par contre, si on ajoute les EIR certains commutateurs ne pourraient plus assurer, en fait les débits CIR+EIR ne sont utilisables que si tous les CIR ne sont pas utilisés. C'est de la récupération de bande passante, on permet aux stations de parler plus si les autres n'ont rien à dire.

Le principe donc est d'émettre à un débit CIR puis d'essayer un peu plus, puis encore un peu plus et ainsi de suite jusqu'à émettre à un débit CIR+EIR ou jusqu'à recevoir une indication de congestion envoyée par un commutateur qui jette les trames au bit DE=1. A ce moment, on revient à un débit de CIR et on reprend le processus. Revenir à CIR a deux intérêts. Premièrement, les trames ne seront plus jetées et deuxièmement le débit du CV baisse brusquement, ce qui soulage le commutateur qui était proche de saturer.

Ceci permet par exemple pour la voix de réserver un canal à 50 kbps de CIR avec 10 kbps d'EIR. On paiera donc moins cher la ligne, on aura une voix mal transmise, hachée lorsque le réseau est saturé mais une voix très claire lorsqu'il est libre. [1,12]

On peut aussi avoir une ligne avec 64 kbps de CIR et 32 kbps d'EIR qui permet d'avoir une bonne transmission de voix qui devient d'une qualité exceptionnelle quand le réseau est libre. Ceci permet aussi pour la transmission de données régulières mais pas constantes de ne pas bloquer une ligne sur laquelle on ne transmet presque rien. Pour des données, on va plutôt prendre un CV du genre 4kbps de CIR et 156 kbps d'EIR (si l'opérateur accepte) ce qui permet d'effectuer de gros transferts.

VIII.4. Adressage:

C'est un inconvénient pour FR, il n'y a pas de norme. En X25, on utilise la norme universelle du téléphone (préfixe, code pays, opérateur, adresse par secteur géographique, adresse station) qui permet d'avoir un lien X25 inter-opérateurs, inter-pays. En FR certains opérateurs utilisent la norme du téléphone, mais d'autres pas. Il est donc difficile d'avoir une communication FR internationale.

VIII.5. Conclusion:

Ce mode de fonctionnement arrange finalement tout le monde puisque l'utilisateur paie moins et peut utiliser des débits plus élevés qu'en X25 et l'opérateur peut vendre plus de débit que son réseau peut assumer. FR est un réseau de transfert de données, de liaison de RL bien pensé mais ATM qui arrive avec des débits à 155 Mbps pour une technologie de même coût font que FR ne sera certainement pas plus exploité que ce qu'il est aujourd'hui.

IX. ATM (Asynchronous Transfer Method):

IX.1. Introduction:

Cette technologie est représentée depuis quelques années comme la technologie du futur. Elle permet de transporter à la fois voix, vidéo et données à des hauts débits (25, 155 et 650 Mbps) et cela sur de grandes distances. Au départ, seuls les opérateurs ont utilisé cette technique qui ne peut vraiment pas se comparer à Ethernet ou TR (de niveaux 1 et 2) car ATM représente presque tous les niveaux à lui tout seul.

En effet, beaucoup d'utilisateurs n'ayant que faire du transport de voix et de vidéo se sont satisfaits de 100 Base T. Mais 155 Mbps de débit garanti intéresse de plus en plus d'industriels dont les installations sont dépendantes du réseau informatique et on trouve de plus en plus de réseaux ATM reliant des bus Ethernet. En fait, au niveau fonctionnalités si l'on veut le comparer avec un autre système, il faut parler de TCP + IP + Ethernet par exemple. En effet, IPv6 sur 100 Base T peut se comparer à ATM puisqu'il peut transporter de la vidéo, mais à l'heure actuelle on utilise IPv4 qui n'est pas capable de transférer correctement de la vidéo en temps réel.[1,13]

IX.2. Commutation de paquets et circuit virtuel:

Si l'on veut classer les techniques de communication, on a d'un côté la commutation de circuit où on réserve une ligne physique pour une communication (RTC) et de l'autre la commutation de paquets où l'on envoie paquet par paquet.

Dans cette seconde technique, on distingue 2 familles :

- les datagrammes (IP) où les paquets suivent différents chemins
- les circuits virtuels où on établit une connexion puis les paquets suivent toujours le même chemin.

Dans les circuits virtuels ou Gigabit Ethernet il y a encore 2 familles :

- La première transporte des paquets de longueur variable (X25 et FR)
- La seconde des paquets de longueur fixe et courte : c'est ATM.

IX.3. Principe de commutation de cellules:

Dans ATM, on parle de commutation de cellules car on transmet les informations par lots de 53 octets.

Le choix de transmettre les données par petits lots de taille fixe est une caractéristique essentielle d'ATM, c'est le principe qui permet d'augmenter de façon importante les débits. En effet, cette petite taille permet de réduire énormément les temps de transit.

Prenons un exemple pour illustrer ce gain de temps :

Soit 2 stations reliées par 2 commutateurs. Prenons un débit de 10 Mbps et un temps de propagation entre commutateurs et stations de 10ms.

Dans le premier cas, on transmet une trame de 100 Mo qui met donc 10s à être émise. Le premier commutateur fini de recevoir la trame après 10,1 s et la renvoie, le second a fini de recevoir à 20,2s, puis la renvoie. La station destinataire a donc reçu toute la trame au bout de 30,3s.

Dans le second cas, on transmet 100 trames de 1 Mo qui mettent donc 0,1s à être émises. Le premier commutateur a fini de recevoir la première trame à 0,2s puis la réémet. Il a reçu les 100 trames à 10,1s. Jusque là il n'y a pas de différence. Mais les trames ayant été émises au fur et à mesure, le second commutateur a tout reçu à 10,2s et le destinataire a tout reçu à 10,2 secondes. On a donc d'un côté une transmission qui a pris 30,3 secondes et de l'autre 10,3 seconde.

Un autre avantage est que les priorités sont prises en compte immédiatement : dans le cas où l'on transmet 100 Mo, même si une trame de priorité supérieure arrive, elle doit attendre la fin de la trame soit 10s à 10 Mbps. Dans le cas de cellules de 53 octets, l'attente est de 41,2 micro secondes à 10 Mbps.

Enfin, le troisième avantage important est que le découpage fixe des cellules permet un traitement Hardware qui est quasiment instantané contrairement à un traitement logiciel qui prend un temps important.

IX.4. Transfert asynchrone:

ATM signifie transfert asynchrone, non pas parce que les stations et commutateurs ne sont pas synchronisés mais par opposition à RNIS. En effet, en RNIS, on fait du multiplexage temporel fixe, c'est à dire qu'on découpe la bande passante toujours de la même façon, de façon synchrone. En ATM qui doit parler parle et peut parler pendant plusieurs intervalles de temps.

IX.5. Adressage ATM:

Les cellules étant de 53 octets, il est compréhensible qu'on ne pouvait se permettre d'avoir des adresses sur trop d'octets. Le principe de circuit virtuel permet de résoudre ce problème. Au départ une station qui veut parler à une autre doit se connecter. Pour cela chaque station possède une adresse sur 20 octets. La station commence par envoyer une cellule avec l'adresse de destination, les commutateurs routent cette cellule dans le réseau en créant au fur et à mesure un circuit virtuel entre chaque commutateur traversé et lui attribue un numéro de CV différent entre chaque commutateur (sur 3 octets). Ceci permet dans chaque commutateur d'avoir plus de 16 millions d'entrées et autant de sorties. La station ensuite n'indiquera dans la cellule que les 3 octets du numéro de CV la reliant au premier commutateur. Ensuite c'est chaque commutateur qui connaît les CV à emprunter selon la provenance de la cellule. En fait le n° de CV est divisé en VPI et VCI. Le VPI est le numéro du « conduit » à utiliser (sur 1 octet donc 256 conduits peuvent être branchés). Le VCI est le numéro de voie dans le conduit (sur 2 octets).

IX.6. UNI et NNI:

UNI : User Network Interface

NNI : Network Node Interface

UNI est la norme qui décrit l'interface de la station au premier commutateur, NNI celle qui décrit l'interface entre les commutateurs.

Remarque sur VPI/VCI : au paragraphe précédent nous avons dit que VPI est sur 1 octet, ceci est vrai en UNI mais en NNI, VPI compte 12 bits ce qui monte le nombre de CV possibles à plus de 250 millions.

IX.7. Cellule ATM:

VPI	VCI	PT	CLP	HEC
1,5 octets	2 octets	3 bits	1 bit	10 octets

VPI : en UNI, 4 bits ne sont pas utilisés

PT : il indique le type de trafic

1 bit indique le type de cellule : 0 = données et 1 = réseau

1 bit sert à indiquer une congestion éventuelle

1 bit est libre pour les évolutions ou pour les systèmes

CLP : c'est l'équivalent du bit DE de FR

HEC : c'est un CRC capable de corriger une erreur

Il n'y a pas de préambule car des cellules sont transmises en permanence (si il n'y a rien à dire, on transmet des cellules vides) et les commutateurs sont réglés avec des horloges qui se décalent au maximum de 1ms tous les 3 ans. Mais il peut se produire un décalage du câble ou autre. Dans ce cas, le HEC sera faux plusieurs fois d'affilée. Les commutateurs se recalcront par tâtonnement jusqu'à obtenir un HEC juste.

IX.8. Catégories de services ATM:

En introduction, on a dit rapidement que ATM avait pour vocation de transporter l'information au sens large: Son, vidéo, données informatiques, ... Chacun de ces domaines demande des contraintes différentes : la vidéo et la voix des délais faibles et une vitesse constante, l'interconnexion de RL des débits élevés mais des temps élastiques, le transfert de données des temps élastiques et des débits corrects ponctuellement, ... De plus, les taux d'erreurs doivent être beaucoup plus bas pour la transmission de données informatiques

que pour celle de voix ou de vidéo.

ATM prévoit donc 5 services différents selon ce que l'on veut transmettre:

- **CBR** (Continuous Bit Rate): Trafic à débit fixe avec des contraintes temporelles. Permet de faire de l'émulation de circuit, parfait pour la vidéo.
- **VBR – RT** (Variable Bit Rate – Real Time): Trafic de débit variable avec contraintes temporelles. Tolère de petites variations de délais, convient à la voix ou à la vidéo compressée.
- **VBR – NRT** (Variable Bit Rate – Non Real Time): Trafic de débit variable sans contrainte temporelle. On négocie un débit moyen assuré. Idéal pour interconnecter des FR ou il faut garantir le CIR.
- **ABR** (Available Bit Rate): Trafic de débit variable sans contrainte temporelle. On garantit optionnellement un minimum de débit mais pas de bande passante permanent. Convient à l'interconnexion des RL.
- **UBR** (Unspecified Bit Rate): Aucune garantie de service. Peut correspondre au transfert de données.

En fait en CBR et VBR, il y a réservation de ressources, pas en ABR ni UBR. Lorsque l'on se connecte au réseau on choisie donc la qualité de service que l'on veut en fonction de ce que l'on doit faire. Mais ça ne suffit pas, il faut choisir les descripteurs de trafic:

- **PCR** (Peak Cell Rate): Débit en pointe maximal autorisé.
- **SCR** (Sustainable Cell Rate): Débit moyen autorisé.
- **MBS** (Maximum Burst Size): Nombre de cellules maximum autorisées à émettre d'affilé au PCR.
- **CDV** (Cell Delay Variation): Flexibilité maximum autorisée au réseau.
- **Max et Min CTD** (Cell Transfer Delay): Max et min du temps de transfert.
- **CLR** (Cell Loss Ratio): Taux de cellules perdues.
- **CER** (Cell Error Rate): Taux de cellules erronées.

IX.9. Contrôle de flux:

Comme dans FR, les commutateurs signalent aux stations concernées lorsqu'il y a une congestion et jettent les cellules tagguées de plus, le commutateur jette aussi les cellules UBR. Il y a un autre mécanisme qui permet de jeter toutes les cellules d'un paquet si une cellule du paquet a été jetée. Au niveau de la régulation des stations il y a plusieurs procédés :

- Le commutateur demande explicitement à la station de se mettre à un débit de tant ou simplement de ne pas augmenter.
- Le commutateur indique la congestion et la station réagit. Dans ce cas, la station augmente régulièrement son débit d'un petit pourcentage, lors d'une congestion, elle le descend brutalement.

IX.10. Les connexions:

Au départ, les CV sont des connexions point à point non symétriques donc quand 2 stations discutent, elles créent 2 CV, 1 aller et 1 retour. Sur ATM on peut aussi créer des connexions point à multipoint (toujours non symétriques). Le CV au départ est unique puis se duplique dans certains commutateurs pour arriver dans les différentes stations. Il y a aussi un protocole pour qu'une feuille (destinataire d'une liaison point à multipoint) s'ajoute. Elle crée un CV jusqu'à l'émetteur et lui demande de s'ajouter. Le défaut majeur de cette technique c'est que la plupart des réseaux ont des adresses de groupe et de broadcast (tout le monde). Sur ATM, on comble ce manque en installant un serveur MARS qui est connecté avec une liaison point à multipoint avec toutes les stations du réseau. Lorsque l'on veut «broadcaster» ou « multicaster » on lui transmet les cellules et lui les diffuse.

IX.11. Conclusion:

La norme ATM faite par ATM Forum permet d'obtenir des débits de 25, 155 et 650 Mbps. ATM permet d'être un réseau fédérateur puissant, d'interconnecter toute sorte de RL de façon transparente et rapide. ATM peut aussi être un réseau métropolitain. Les réseaux publics utilisent aussi ATM pour relier des réseaux FR (ou X25) ou intra opérateurs. ATM permet aussi de faire des RL surtout si ceux-ci ont des vocations temps réel haut débit ou multimédia. Bref, ATM est rapide, performant, fiable et adapté à tous les transports d'informations. C'est pour cela que l'on parle de technologie du futur.[12]

X. Introduction à l'administration des réseaux:

X.1. Introduction:

Le terme administration de réseaux recouvre l'ensemble des fonctions qui sont nécessaires pour l'exploitation, la sécurité, le suivi et l'entretien du réseau. Il est nécessaire de pouvoir initialiser de nouveaux services, installer de nouvelles stations raccordées au réseau, superviser l'état du réseau global et de chacun de ses sous ensembles, suivre de manière fine l'évolution des performances, évaluer et comparer diverses solutions, mettre fin à des situations anormales. L'administrateur a besoin de trois grands types d'actions pour agir et suivre son réseau :

- Des actions en temps réel pour connaître l'état de fonctionnement de son réseau (surveillance et diagnostic des incidents, mesure de la charge réelle, maintenance, contrôle, information aux utilisateurs,...) et agir sur celui-ci (réparation, ajout de nouveaux utilisateurs, retraits,...), assurer la sécurité (contrôler les accès, créer/retirer des droits d'accès,...).
- Des actions différées pour planifier, optimiser, quantifier et gérer les évolutions du réseau (statistiques, comptabilité, facturation, prévention, évaluation de charges,...).
- Des actions prévisionnelles qui lui permettent d'avoir une vision à moyen et long terme, d'évaluer des solutions alternatives, de choisir les nouvelles générations de produits, d'envisager les configurations, de décider du plan d'extension, de vérifier la pertinence de la solution réseau pour un problème donné...

L'ensemble de ces objectifs ne peut être satisfait par un outil unique. Il est nécessaire de faire appel à plusieurs techniques de l'informatique et des mathématiques pour répondre à ces divers besoins. Nous distinguerons les fonctions liées à la gestion au jour le jour du réseau, communément appelées outils d'administration (ou LAN manager), les outils de configuration et les outils d'analyse et de mesure (analyseurs de protocoles, simulation et théorie des files d'attentes).[13]

X.2. Objectifs de l'administration:

Le rôle de l'administration du réseau est indissociable de la structure d'organisation de l'entreprise. Les fonctions assurées par un groupe d'utilisateurs (micro-ordinateurs, robots,...) sont de première importance dans la définition du service qui doit leur être fourni. L'administration du réseau doit posséder une bonne connaissance des entités réseau qu'il contrôle et une compréhension claire de la manière dont le réseau local est utilisé. Cette connaissance est nécessaire pour permettre des actions efficaces: réponses rapides aux questions posées par les utilisateurs, suivi précis de l'utilisation effective du réseau, évolution des logiciels, matériels, protocoles, applications.

La qualité de l'administration du réseau peut généralement être jugée en fonction de la disponibilité (i.e. durée de fonctionnement sans interruption) et du temps de réponse.

Pour effectuer une bonne administration, l'administrateur a besoin de procédures d'interventions et d'outils adaptés aux conditions d'exploitation du réseau.

Dans un environnement réseau les procédures les plus fréquemment citées sont:

- *Sauvegardes.
- *Gestion de l'espace disque.
- * Implantation de logiciel.
- * Implantation de nouvelles versions.
- * Modification de configuration.
- * Rechargement de fichier.
- * Gestion des droits d'accès.

X.3. La normalisation de l'administration des réseaux:

La normalisation ISO définit 4 niveaux dans une administration de réseaux :

- le niveau fonctionnel.
- le niveau organisationnel.
- le niveau informationnel,
- le niveau communication.

Le niveau fonctionnel

Le niveau fonctionnel intègre les fonctionnalités suivantes :

- la gestion de la configuration,
- la gestion des anomalies,
- la gestion des performances,
- la gestion de la sécurité,
- la gestion financière.

Le niveau organisationnel

Le niveau organisationnel décrit la répartition de l'administration de réseaux OSI entre :

- agent et rôle d'agent,
- manager et rôle manager,
- partition des activités de l'administration.

Les activités d'administration sont réalisées au travers de la manipulation des objets gérés. Les interactions entre AE (Application Entities) utilisent les services et les opérations.

Le niveau informationnel

Le niveau informationnel prend en compte la base d'information d'administration mise à disposition par la MIB qui est une base de données qui référence l'ensemble des objets définis et gérés dans le réseau.

Le niveau communication

Le niveau communication permet l'interaction entre l'application manager / agent et l'application agent / manager au travers du service CMIS et du protocole CMIP qui le véhicule.

X.4. Le standard SNMP(Simple Network Management Protocol):

La grande diffusion et l'utilisation du standard de transport de données TCP-IP ainsi qu'INTERNET ont permis de développer un standard d'administration de réseaux relativement simple mais qui diffère de la normalisation ISO.

Une architecture SNMP se compose de :

- Un ensemble de nœuds gérés (agent SNMP),
- Une station de gestion centralisée (manager SNMP),
- Un protocole de gestion pour l'échange entre la station et les nœuds de réseaux.

- Une sécurité par authentification et appartenance au profil de communauté SNMP.

Dans SNMP, chaque agent recense les informations dans la base de gestion et échange des données avec le manager. La base de gestion est un ensemble de données et d'éléments prédéfinis :

- Type de noeud (hôte, passerelle,...),
- L'adresse IP du noeud,
- Le mécanisme de routage,
- Le nombre de paquets reçus,
- Le nombre de paquets erronés en émission,
- Le temps de transmission minimal.

La structure de ces objets est appelée SMI (Structure of Management Information).

L'agent administrateur se contente ensuite d'effectuer des set (met une valeur dans une MIB) et des get (lit une valeur dans une MIB) sur les différentes MIB distantes.

X.5. Les catégories de Téléadministration:

*La gestion des configurations intègre les outils de télé exploitation sur le réseau afin de réaliser les inventaires techniques de composition des équipements, les télé configurations, les paramétrages et mise en exploitation depuis le poste central.

*Gestion d'exploitation des réseaux:

Elle comprend les outils permettant la télé exploitation sur le réseau afin de permettre:

- Le pilotage des ressources à distance.
- La surveillance du fonctionnement en temps réel et l'aide au diagnostic de pannes.

*Gestion des performances:

La gestion des performances comprend les outils permettant la télé exploitation sur le réseau afin de remplir les fonctions d'aide à la planification des évolutions.

Elle consiste à mesurer l'activité des ressources réseaux, d'analyser les évolutions probables comparées à celles prévues en effectuant des simulations.

***Gestion de la sécurité:**

La gestion de la sécurité comprend les outils permettant la télé exploitation sur le réseau afin de remplir les fonctions de gestion technique et de sécurité:

- Sécurité physique du réseau (défauts d'alimentation, de câblage, d'accès aux ressources contrôlées).
- Contrôle d'accès logique à l'architecture du réseau (authentification des utilisateurs).
- Confidentialité et intégrité des données, des programmes et de la prise en main à distance.
- Analyse de la vulnérabilité du réseau, et dispositifs de back-up assurant la continuité de service.

***Gestion administrative:**

La gestion administrative comprend les outils permettant la télé exploitation sur le réseau afin de remplir les fonctions de gestion du parc des équipements matériels et logiciels installés, des activités liées et de la maintenance associée.

La gestion des moyens comprend:

- la liste des équipements.
- les modèles de configuration automatique.
- la localisation géographique et suivie dans le temps.
- la gestion des contrats de maintenance, des commandes, livraisons.
- le suivi de changement de version.
- la planification, gestion des délais, des tests et analyse statistique d'activités.

La gestion des incidents comprend:

- la gestion des anomalies, de leur suivi et de l'historique.
- l'analyse statistique avec un tableau de bord de qualité de service.

La gestion financière des équipements comprend:

- la gestion du parc installé et des stocks.
- l'affectation budgétaire des équipements.
- l'analyse statistique financière des équipements.

XI . Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons exposé les concepts de base des réseaux locaux et des réseaux haut débits qui sont à la croisée des réseaux locaux et des réseaux longues distances.

Pour interconnecter deux réseaux locaux à travers un réseau inter- sites, il faut tout d'abord choisir un support (ou encore un réseau de transport) : Ligne spécialisée, X25, RNIS, AT M.....

Ce choix dépend avant tout de facteurs économique et types de données transmises citons par exemple échange de données médicales entre l'hôpital et les autres centres de proximité afin d'aboutir à un téléhôpital qui est l'objet du chapitre suivant nécessite un haut débit et une large bande passante du fait qu'on transporte à la fois des images médicales du son et de vidéo.

Chapitre III

Systeme Téléhopital

I. Introduction:

Dans notre vie quotidienne, les changements deviennent de plus en plus élaborés dans un temps de plus en plus court. Avec ces modifications l'être humain devrait faire face aux changements techniques et psychologiques. Notre intérêt est d'utiliser les nouvelles technologies des réseaux informatiques dans le domaine médicale. La pratique médicale à distance, que ce soit dans le domaine du diagnostic, de la thérapeutique, ou du monitoring nous amène à un engouement qui s'articule autour de notions de Télésoins, Téléhopital, Télésanté et enfin Télémédecine.

Dans le cadre de notre travail nous nous sommes intéressé à l'étude et la réalisation d'un Téléhopital. Pour cela nous allons tout d'abord essayer de définir la Télémédecine telle qu'elle est perçue aujourd'hui dans le monde médical.

II. La Télémédecine:

II.1. Notions de Télémédecine:

De nombreux auteurs définissent la Télémédecine comme l'union des Télécommunications et de la Médecine.

Toute fois, cette technique n'est que l'une des séries d'innovation réalisées dans les technologies de l'information qui commence à modifier l'accès aux soins de santé, leur coût et leur qualité. Pour définir clairement la Télémédecine, on peut répartir les innovations réalisées dans les technologies de l'information en trois catégories principales, dont l'une est la Télémédecine.

Ces trois catégories sont:

- Les technologies conçues pour fournir au consommateur des renseignements sur la santé qui leurs permettront de prendre des décisions éclairées, par exemple accès par Internet à des renseignements sur la santé et à des groupes d'entraide, Cd-Rom et Standard fournissant sur demande les renseignements sur la santé.
- Les technologies utilisées pour échanger des renseignements sur la santé à des fins administratives entre les payeurs, prestataires et consommateurs, par exemple les systèmes d'information hospitalier (SIGFU : Système d'Information de Gestion Financière et d'Utilisation Hospitalière).

- La Télémédecine: Les technologies utilisées pour permettre l'accès aux soins de santé, la prestation des soins à distance, recueillir, organiser et partager les informations cliniques (entre les prestataires et patients) requises afin d'évaluer l'état du patient, poser un diagnostic et d'établir un traitement, comme les vidéo interactives, les systèmes de Téléradiologie, d'enregistrement et retransmission, les aides à la décision informatisées et les dossiers de patients informatisés.[15]

L'ATA (Américan Telemedicine Assosiation) définit la Télémédecine comme:

1/ L'emploi des télécommunications pour relier les spécialistes des soins de santé aux hôpitaux, cliniques, médecins de soins primaires et patients afin de fournir à distance: diagnostic, traitement, consultation et formation continue par exemple: Télécardiologie, Télédermatologie, Télépsychiatrie, Téléoncologie et Téléradiologie.

2/ L'emploi des Télécommunications pour transférer des informations médicales (graphique, audio et vidéo) entre médecin, infirmiers, patients ou établissement hospitalier en région éloignée, par exemple: EEG, ECG, EMG, rayons X, Ultrasons, RMN, Tomographie, dossiers de patient, base de donnée et système expert a distance.

Une autre définition est celle du professeur **Lareng** «La Télémédecine consiste à l'utilisation des moyens et des techniques qui permettent à distance la pratique médicale».[15,16]

En général, la Télémédecine consiste en l'utilisation des télécommunications et des technologies de l'information pour permettre l'accès aux soins à distance et recueillir, organiser et partager les informations cliniques requises afin d'évaluer l'état du patient, d'établir le diagnostic puis le traitement.

II.2 . Champ d'application de la Télémédecine:

Deux grands champs d'application de la Télémédecine peuvent être envisagés:

Le télédiagnostic et la téléassistance, dans laquelle s'inscrit la téléinformation, des professionnelles, et des patients.

Mais ce ne sont pas les seuls domaines d'applications de la Télémédecine, on peut trouver aussi:

- Téléencadrement: L'établissement d'une relation entre un spécialiste et un médecin de soin primaire, un résident, un infirmier...ect.
- Téléconsultation: Consultation entre médecins et autres professionnelles de la santé à divers endroit dans les cas des malades en phase critique et ceux nécessitant une deuxième opinion.
- Télédiagnostic: services diagnostic fournis par des groupes de spécialistes aux établissements éloignés qui n'ont pas d'experts sur place.
- Téléchirurgie: les interventions chirurgicales ayant recourt à la Télérobotique et à la réalité virtuelle.

II.3. Avantages de la Télémédecine:

II.3.1. Avantage pour le système de santé:

Les avantages pour le système de santé sont centrés sur la capacité de la Télémédecine d'améliorer l'accès aux services de soins de santé, la qualité des services et de réduire ou maîtriser les coûts de ces services en:[15]

- Assurant une utilisation appropriée des ressources régionales et locales (c.à.d. le bon traitement administré au meilleur endroit par la personne la plus appropriée).
- Assurant des soins continus (plus de soins sont par le prestataire de soins primaires ou en association avec celui ci).
- Rendant l'accès aux soins de santé plus équitable (incluant les zones rurales ou les petits centres urbains qui ne comptent pas une population suffisante pour soutenir un éventail de service spécialisé).
- Contribuant au recrutement, au maintient et à la formation des prestataires en région éloignées ou rurales.

II.3.2. Avantage pour le médecin spécialiste:

Les avantages dont bénéficieraient le médecin spécialiste sont:

- De meilleurs relations avec les médecins traitants.
- Une diminution de déplacements pour se rendre aux cliniques éloignées.
- Une prestation plus efficace de services nécessaires.

II.3.3. Avantages pour le médecin exerçant en région éloignée ou rurale:

Les avantages dont bénéficieraient le médecin exerçant en région éloignée ou rurale sont:

- Un meilleur accès à l'information et aux ressources.
- Une diminution de l'isolement clinique.
- Un accès à la formation et à de meilleures pratiques.

II.3.4. Avantages pour les petits établissements hospitaliers:

Les avantages dont bénéficieraient les petits établissements hospitaliers sont:

- Une plus grande capacité de recruter et à retenir les médecins et autres professionnels de santé.
- Une amélioration de la continuité des soins.
- Un accès à la formation et à l'information.

II.3.5. Avantages pour le malade:

Les avantages dont bénéficieraient le patient sont:

- Un meilleur accès aux services spécialisés.
- Une réduction des coûts engagés par le patient pour recevoir des soins par exemple: Les coûts du déplacement.
- La possibilité de profiter d'avantage de soutien familial grâce à une diminution du temps passé loin de la famille(cas des malades atteints par un cancer par exemple...).

III. Système d'information hospitalier (Téléhospital):

III.1. Introduction:

Un système d'information hospitalier (SIH) peut être défini comme un système informatique destiné à faciliter la gestion de l'ensemble des informations médicales et administratives d'un hôpital et à améliorer la qualité des soins distribués. Un SIH est par vocation intégrateur et l'on pourrait tout aussi bien parler de système intégré de traitement de l'information hospitalière (SITIH).[16]

La mise en place d'un SIH est une nécessité et peut bénéficier d'un large consensus de la part des différents acteurs du système de santé. La réussite

d'un SIH est soumise à plusieurs conditions. Parmi les plus importantes; citons:

- Une connaissance approfondie du système d'information de l'hôpital.
- Une analyse fine de la sociologie des organisations de l'hôpital et une bonne communication, interne entre les différents acteurs de l'hôpital et externe avec son environnement.
- Une stratégie matérielle et logicielle adaptée.
- Une estimation juste des ressources nécessaires à sa mise en œuvre et son exploitation.

III.2. Analyse du système d'information de l'hôpital:

III.2.1. Les différents niveaux du système d'information:

Un hôpital est une organisation très complexe générant des quantités considérables d'informations. la mise en place d'un SIH ne peut se concevoir sans une analyse approfondie du système d'information de l'hôpital, c'est à dire de l'ensemble des éléments en interaction ayant pour objectif de rassembler, traiter et fournir les informations nécessaires aux activités de l'hôpital.[15]

L'analyse du système d'information de l'hôpital peut se faire selon plusieurs axes:

- Quel est l'environnement du SIH?
- Quelles sont les finalités de l'hôpital(analyse par objectifs)?
- Quelle est sa structure et son organisation (analyse structurelle)?
- Quelles sont les fonctions couvertes (analyse fonctionnelle)?
- Quelles sont les retombées possibles d'un système d'information sur l'organisation de l'hôpital et comment les relations entre les acteurs seront-elles modifiées (analyse comportementale)?

La méthodologie d'analyse d'un système d'information complexe peut être transposée d'un pays à l'autre.

III.2.2) Environnement du système d'information:

La figure 1 illustre la diversité des acteurs impliqués de façons directe ou indirecte par le système d'information hospitalier. Il s'agit à l'évidence des

patients, des personnels de soins (médecins, infirmiers, pharmaciens et biologistes, ingénieurs biomédicaux...), des personnels administratifs, mais également des acteurs extra- hospitaliers comme les organismes industriels ou les media.[16,17]

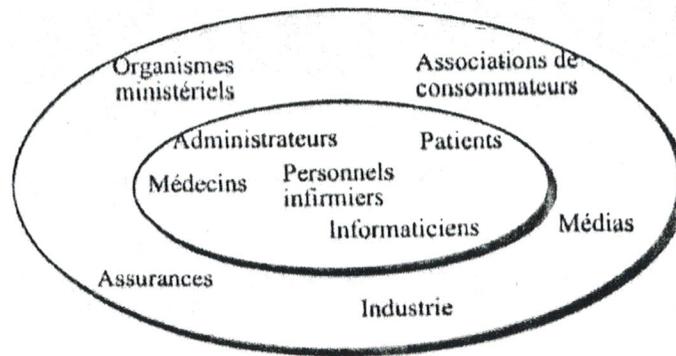


Fig.1 : Les acteurs du système d'information hospitalier.

Le système d'information de l'hôpital, quelle qu'en soit sa complexité, doit être analysé dans le cadre plus large du système d'information de santé, afin de pas sous-estimer les besoins de communication entre les différents sous-systèmes.

Le tableau de la figure 2 donne des exemples de niveaux d'analyse du système d'information. La plupart des fonctionnalités recherchées (l'évaluation de la qualité, la planification financière) peuvent être envisagées à plusieurs niveaux d'agrégation(service, hôpital...).

Niveau	Exemples de fonctions informatisables
1. patient	Gestion du dossier médical Gestion des actes médicaux Aide à la décision
2. unités médicaux techniques	Evaluation d'activité Recherche de la qualité de soin Recherche clinique
3. Hopital	Comptabilité générale et analytique Pilotage medico-économique
4. Réseaux de soins	Planification des dépenses hospitalières Epidémiologie

Fig.2 : exemple de niveau d'analyse du système d'information.

III.2.3. Analyse structurelle:

L'analyse structurelle doit comporter une analyse détaillée de l'organisation, des ressources matérielles et humaines. Alors il y a une dépendance étroite entre les structures matérielles et les structures humaines. (voir figure 3)

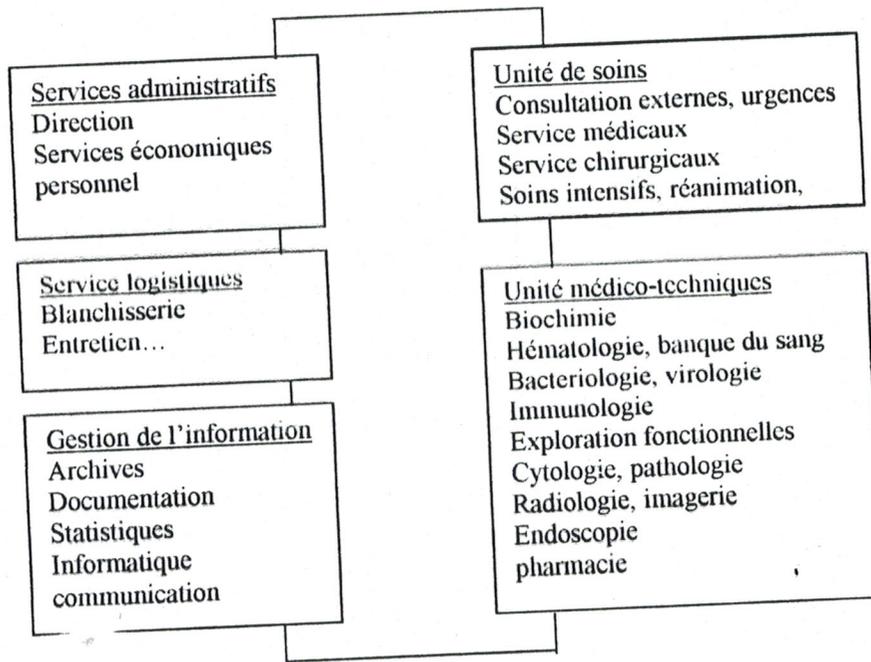


Fig.3 : Les structures hospitalières.

En terme d'analyse de système d'information, chacune de ces structures (cité précédemment dans la figure 3), médicales ou médicaux- techniques, devient une ressource mise à la disposition des autres structures ou de l'extérieur générant des actes, produisant de l'information et consommant d'autres ressources. [18]

III.2.4. Analyse fonctionnelle:

L'analyse fonctionnelle permet de déterminer les différentes fonctions d'un système (action médicale diagnostique ou thérapeutique, la gestion des ressources...).

Une bonne analyse des objectifs et des fonctions remet souvent en cause les structures existantes.

Toutes division du système d'information de l'hôpital en sous systèmes est arbitraire. De façon schématique, trois grandes approches peuvent être posées:

- La première approche consiste à projeter les fonctions sur les acteurs (hospitaliers) du système d'information. elle permet de mieux cerner les besoins des différentes catégories de personnels hospitaliers. On peut ainsi parler de sous-systèmes d'information administratif, médical, infirmier, etc.
- La deuxième approche calque les sous-systèmes sur les structures de l'hôpital. elle revient donc à distinguer les sous-systèmes d'information

Médico-administrative des sous-systèmes de gestion des unités de soins et ceux des plateaux techniques (biologie, radiologie ...).

- La dernière approche consiste à individualiser le système d'information du patient (tout ce qui concerne le patient et qui peut être stocké dans le dossier patient) de ce qui concerne le reste de l'hôpital. [18]

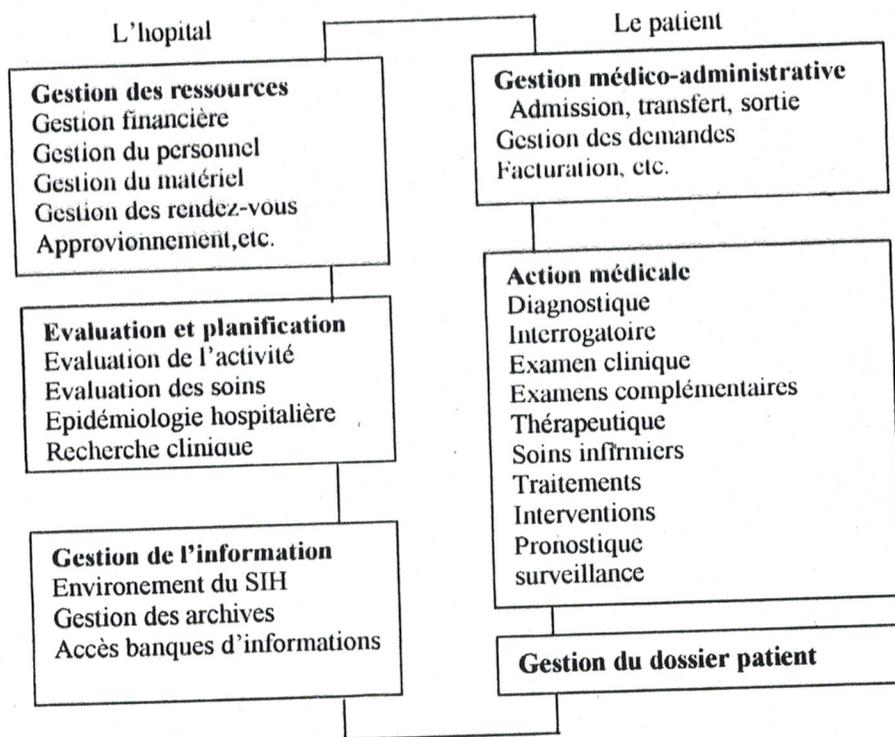


Fig.4 :Analyse fonctionnelle: individualisation du système d'information du patient.

- la figure 4 illustre cette approche. Les fonctions de la colonne de droite sont directement liées à la prise en charge médicale des patients. Celle de la colonne de gauche sont surtout liées au fonctionnement de l'hôpital et de ses structures. Cette approche met bien en valeur la notion de dossier patient unique et partagé servant de support d'information d'origine administrative, médicale ou infirmière et d'aide à la prise de décisions.

III.2.5. Gestion d'un système Téléhopital :

➤ gestion administrative:

Elle comporte principalement les sous systèmes de gestion medico-administrative des malades, la comptabilité générale et analytique, et le système de gestion personnels.

➤ Gestion des unités de soins:

Elle regroupe toutes les fonctions liées aux soins d'un patient donné et à l'action médicale en général. Elle est de ce fait très complexe et difficile à modéliser. De façon schématique, on peut y distinguer 3 sous-systèmes:

- Le sous-système lié à la production des actes(demande des examens, retour des résultats, gestion et optimisation des rendez-vous).
 - Le sous-système lié à la constitution et à la mise à jour du dossier permanent du patient.
 - Le sous-système lié au contrôle et au pilotage de ces activités.
- Les fonctions de communication sont très importantes. Une partie de la complexité est liée à la nécessité de chaîner les informations concernant les différents épisodes de soins intra mais également extra-hospitalière a fin d'éviter les examens redondants et de garantir la cohérence des soins.

➤ Gestion des plateaux techniques:

On regroupe sous cette dénomination toutes les activités des laboratoires de biologie, de services d'exploration fonctionnelles, des services d'imagerie et de la pharmacie.[15,18]

III.2.6. Elément d'un système Téléhopital:

De façon générale, on peut schématiser un réseau Téléhopital comme un ensemble d'acteurs et de ressources finalisées sur la production de soins et de services de qualité.

La figure(5) illustre les 3 composantes principales d'un réseau Téléhopital et leurs interactions.

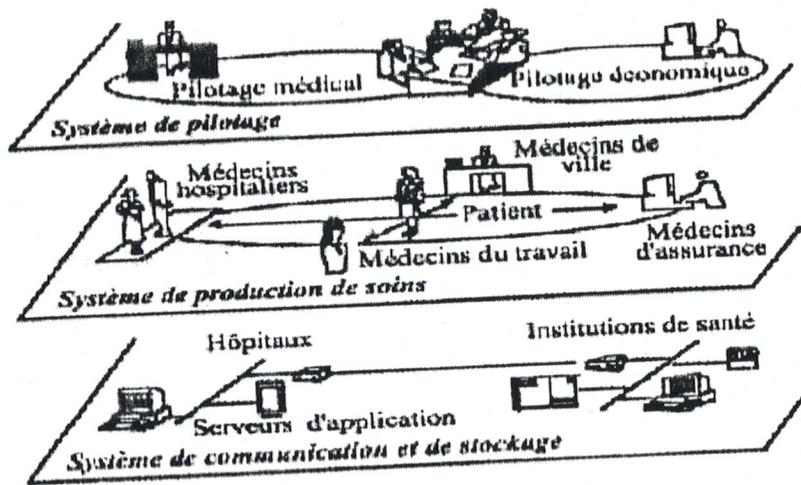


Fig.5 : Architecture fonctionnelle et technique d'un téléhôpital.

Les différents éléments d'un téléhôpital sont:

1-Systeme de communication et de stockage (niveau 1):

la mise en place d'un téléhôpital repose sur une infrastructure technologique constituée d'un réseau de communication, et de ressources de stockage et de traitement de l'information (serveurs d'application) et de points d'accès au réseau (poste de travail des professionnels).

2-Le système de production de soins (niveau 2):

ce système est centré autour du patient. Il fait intervenir les différentes catégories de professionnels de soins. Il doit permettre l'élaboration des indicateurs recherchés pour le pilotage médical et économique du système. La mise en œuvre du système de production doit satisfaire les exigences de la législation et les règles déontologiques et éthiques. Ainsi la protection de la confidentialité des données posera d'autant plus de problèmes que le réseau est ouvert sur un nombre élevé d'acteurs.

3-Le système de pilotage (niveau 3):

Il implique une vision prospective du devenir du réseau, qui peut s'appliquer sur des indicateurs (médicaux, administratifs...).

III.2.7. Informatisation du dossier du patient:

Le dossier patient est la mémoire dans laquelle sont consignées toutes les informations nécessaires à la surveillance d'un patient.

Les informations stockées sont de plus en plus complexes, reflétant l'apparition de nouvelles méthodes d'investigations, en particulier d'analyse des signaux et d'imagerie. Il est donc un outil de communication. Utilisé individuellement, il participe directement à la prise de décision. Utilisé collectivement, il présente l'expérience des équipes de soins et peut servir d'outils d'évaluation, de recherche et de planification. [16,18]

IV. Application à l'hôpital de Tlemcen:

IV.1. Introduction:

Le but de notre travail se base sur deux points essentiels:

- L'étude et la réalisation d'un réseau informatique au niveau de l'hôpital de Tlemcen a fin de faciliter l'échange des données médicales entre les différents services, ainsi que le stockage de ces données dans une base de données.
- Etablir la relation entre l'hôpital et d'autres centres de proximité afin d'éviter tout déplacement inutile du patient d'un côté et du médecin exerçant dans une zone rurale de l'autre côté.

Les étudiants de médecine peuvent aussi bénéficier de cette relation pour suivre le déroulement d'une opération chirurgicale sans se déplacer au sein de l'hôpital, ou en accédant à une base de données où sont stockées les différentes données médicales.

IV.2. Réseau inter-services:

Le réseau inter-service permet de relier les différents services de l'hôpital (cardiologie, biochimie etc) entre eux pour permettre l'échange de données. Celui-ci peut être schématisé par la figure 6.

Chaque sous-réseau est constitué d'un ensemble de postes reliés entre eux. On peut choisir la topologie en bus afin de permettre à tous les postes de communiquer entre eux sans obligation de passer par un serveur. Les sous-réseaux sont reliés entre eux par un réseau à double anneau. La communication

extérieur se fait à travers un serveur. Un exemple d'une liaison interservice est la communication d'un poste de service de cardiologie avec un autre de biochimie. Un exemple dans le but d'envoyer les analyses concernant les patients.

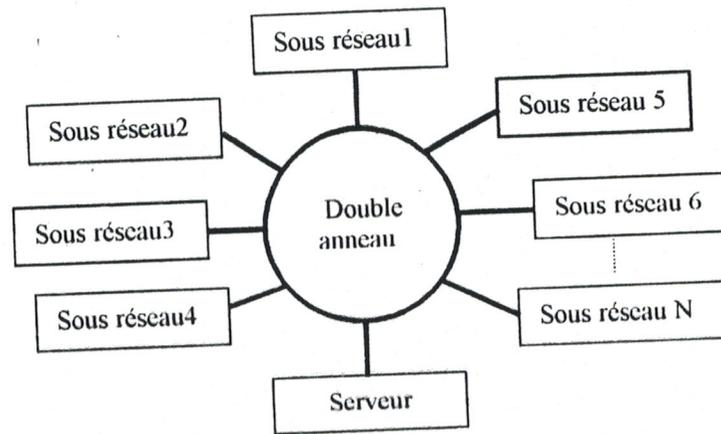


Fig.6 : Réseau inter-service.

Un exemple d'un sous réseau est présenté par la figure (7).

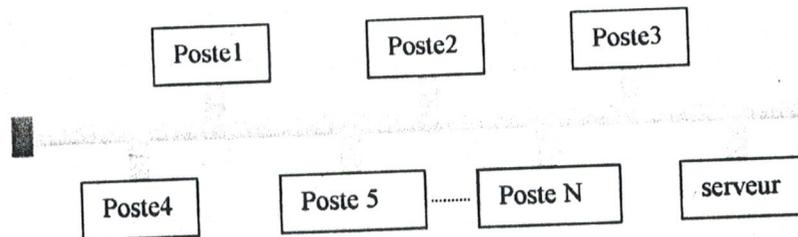


Fig.7 : Architecture d'un sous réseau.

IV.3. Liaison entre l'hôpital et les centres de proximité:

Le moyen le plus pratique et économique pour synthétiser une telle liaison médicale est l'utilisation du réseau téléphonique commuté RTC; l'économie de l'installation et la facilité d'utilisation sont les atouts de ce type de transmission.

L'avantage d'un tel système est la flexibilité et la disponibilité de ces éléments constitutifs, quant aux inconvénients, il se résument en la limitation des données à transmettre due à la bande passante de la ligne téléphonique (300 hz- 3400hz) qui est assez étroite.

Pour remédier à ce problème trois solutions sont envisageables:

- L'utilisation du réseau de téléphone cellulaire(GSM), qui utilise des fréquences très élevées.
- L'utilisation de la technique ADSL, détaillée par la suite.
- L'utilisation du réseau RNIS, malheureusement nous ne disposons pas d'un tel réseau en Algérie.

Un autre problème peut être posé au niveau de la transmission en temps réel des données médicale et en particulier les séquences vidéo et le son, par exemple cas d'une visioconférence ou la Téléchirurgie. Une solution à un tel problème est l'utilisation du protocole RTP détaillée par la suite.

IV.3.1 Technique ADSL:

IV.3.1.1 Introduction:

La générosité en bande passante des technologies à hauts débits n'a d'égal que leur coût de plus en plus conséquent; les techniques de transmission xDSL (Digital subscriber line) sont apparues pour tenter de rompre cette spirale infernale en ressuscitant le fil de cuivre.

Les techniques xDSL dopent le débit potentiel des fils en cuivre qui représente encore la plus grosse partie des installations terminales des opérateurs avec un débit possible supérieur à 8Mbit/s (ADSL), sans dégradation du signal sur une distance de 4kms sans répéteur. [19]

IV.3.1.2 Principe de fonctionnement:

La bande passante de la boucle locale est limitée à 4 KHz par des filtres mis en place par les compagnies de téléphone. Cette bande passante suffit pour le transport de la voix, mais si on retire le filtre passe-bas, la bande réelle de la boucle locale dépasse le MHz lorsque la paire de cuivre est en bon état, et que sa longueur ne dépasse pas quelques kilomètres.

Quand on dispose d'une bande de fréquence large(MHz), on peut la diviser en: $1000/4 = 250$ canaux (de 4 kHz chacun).

Si un canal permet de faire passer 33,6 Kbps (ce que fournit un modem analogique branché sur une ligne téléphonique traditionnelle), on dispose d'un débit total de:

$250 \times 33,6 / 1000 = 8,4$ Mbps. Là réside la base des procédés DSL.

Dans le cas particulier du procédé ADSL, les fréquences sont utilisées comme le montre la figure 8. La bande la plus basse (0-4 KHz) est réservée à la téléphonie analogique traditionnelle (le transport de la voix). La bande intermédiaire est réservée au trafic montant de données, la bande la plus élevée (qui est aussi la plus large) au trafic descendant. [20]

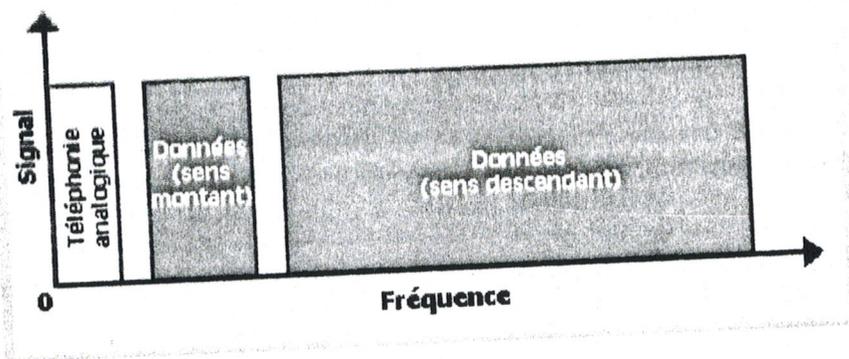


Fig.8 : Utilisation des fréquences dans le procédé ADSL.

A l'extrémité de la ligne téléphonique qui se trouve chez l'utilisateur, on installe un "splitter" (voir figure 9). Ce dispositif est constitué :

- D'un filtre passe-bas, auquel on raccorde un téléphone analogique.
- D'un filtre passe-haut, auquel on raccorde un micro-ordinateur via un modem approprié.

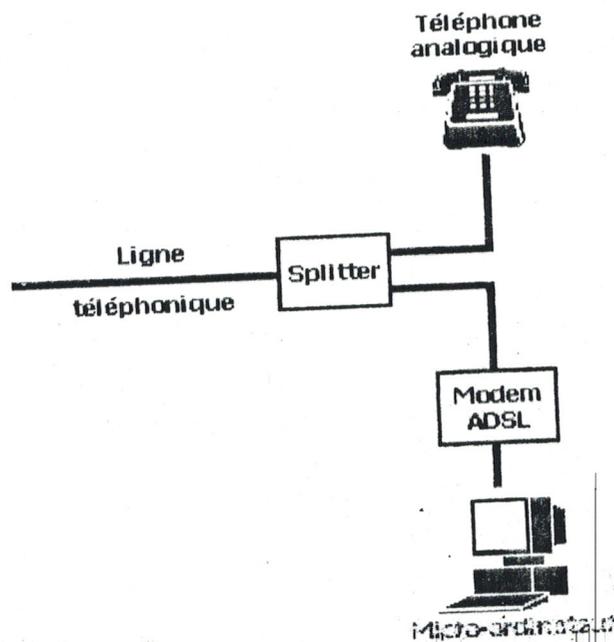


Fig. 9 : Installation de l'ADSL chez l'utilisateur.

Le modem DSL se présente:

- Soit comme une carte à enficher dans l'un des connecteurs PCI de l'ordinateur.

- Soit comme un dispositif externe, relié à l'ordinateur par un câble Ethernet.

Dans une petite entreprise, on peut regrouper les micro-ordinateurs sur un même réseau Ethernet, et raccorder ce dernier au modem ADSL via un concentrateur. On peut ainsi interroger Internet à partir de chacun des postes, en n'utilisant qu'une seule ligne téléphonique, et une seule adresse IP.

A l'autre extrémité de la ligne, dans le standard de la compagnie de téléphone, on installe également un splitter (voir figure 10). Son filtre passe-bas aiguille la voix vers un commutateur de circuits. Son filtre passe-haut est relié à un modem, qui reconstitue les données numériques, et les dirige vers un réseau de transmission de données numériques. L'ensemble de ces dispositifs est appelé **DSLAM (DSL Access Multiplexer)**, parce qu'il regroupe le trafic issu de plusieurs lignes d'utilisateur sur une même ligne à haut débit.

La conception du DSLAM permet:

Une utilisation plus rationnelle des réseaux, car le transport des données et l'interrogation d'Internet n'encombrent plus les commutateurs et les circuits de transport de la voix, comme c'est le cas avec les modems analogiques et le RNIS.

Une économie sur le transport des données, qui est moins onéreuse sur un réseau à commutation de paquets que sur un réseau à commutation de circuits.

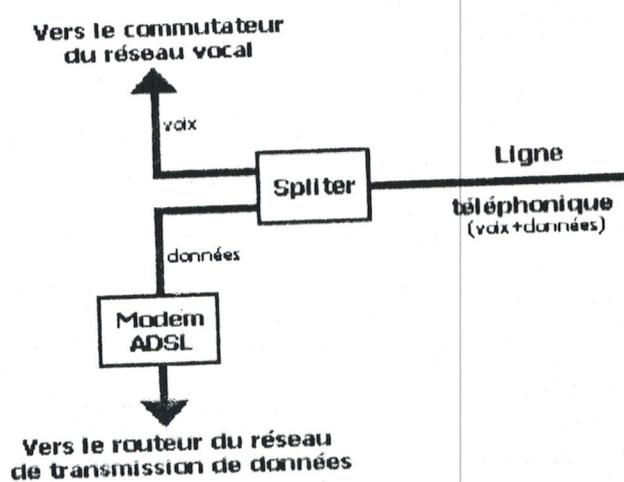


Fig. 10: Installation de l'ADSL dans le central de la compagnie de téléphone.

Le procédé ADSL possède les propriétés caractéristiques suivantes:

La téléphonie traditionnelle et le transfert des données numériques empruntent simultanément la même ligne.

La vitesse nominale de transfert des données numériques se chiffre en Mbps.

La vitesse réelle dépend de la longueur et de la qualité de la ligne: En fait, le débit s'ajuste en permanence aux conditions rencontrées sur la ligne (bruit, défaut d'isolement, etc.), par tranches de 4 Kbps.

Le débit descendant est généralement très supérieur au débit montant.

Pour le transfert des données, la ligne est toujours connectée.

Une fois la connexion établie, tout se passe comme si l'utilisateur utilisait un poste de travail relié à un réseau local.

De manière théorique, cette technologie offre un débit maximal descendant (d'Internet vers l'abonné) de 8,2 M bit/sec et un débit maximal montant (de l'abonné vers Internet) de 640 K bit/sec. Cependant, ces performances ne sont pas possibles sur une grande distance (plus de 5 km). [20,21]

D'un point de vue technique ADSL fonctionne en full duplex grâce à un multiplexage fréquentiel, permettant de faire transiter simultanément les signaux montant et descendant accompagnés également des signaux portant la voix téléphonique.

ADSL utilise deux techniques de modulation :

- Le codage CAP (Carrierless Amplitude and Phase modulation), développé par Westel, autorise un débit de 2 Mbit/s dans le sens descendant et 16Kbit/s dans le sens ascendant.

- Le code DMT (discrete Multi Tone) développé par Amati Communication, offre un débit de diffusion abonné de 8 Mbit/s et 640Kbit/s en sens inverse.

Les lignes de cuivre ont un spectre de la fréquence de 1.1Mhz (voir figure 11), celui-ci peut être utilisé à la communication de données sous deux limitations principales:

1. Les fréquences inférieure à 4khz sont utilisées par les POTS (Plain Old Telephone Service: services téléphoniques analogiques de base).

2. L'amplification n'est pas la même à toutes les fréquences.

La technologie utilisée avec le DMT divise la fréquence en trains de 256 sous fréquences de 64Khz à 1.1Mhz (voir figure 11).

Chaque sous-fréquence est un canal indépendant et a son propre signal. Le protocole ADSL définit une donnée qui est connue aux deux extrémités et leurs permet de trouver un codage spécifique pour chaque sous-fréquence, et utilise cette information pour insérer les données dans les sous-fréquences.

La technologie DMT est aussi très utile dans le mode asymétrique où les sous-canaux sont divisés en deux groupes, un pour les données en amont (opérateur) et l'autre pour les données en aval (utilisateur final)

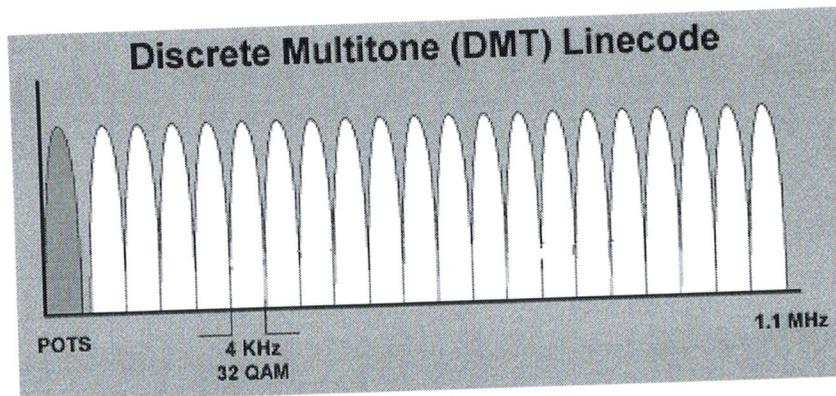


Fig.11 : Modulation DMT.

Avantages du DMT:

- Utilisation optimum de la capacité de la ligne.
- Débit réglable.
- Réglage très flexible de la densité spectrale de la puissance, pour éviter les interférences avec les services existants.
- Meilleure immunité contre l'interférence sélective.
- Meilleure immunité contre le bruit d'impulsion.

IV.3.1.3. Conclusion:

L'ADSL, même s'il utilise votre ligne de téléphone, vous permet quand même de vous servir d'Internet en même temps que de téléphoner. Ce n'est pas le cas des modems habituels. Cette technique vous permet aussi de communiquer à haut débit.

Vous pouvez même faire de la vidéoconférence et envoyer des données médicales à d'autres postes distants.

En fin on peut dire que l'ADSL est une nouvelle technique, qui est actuellement la plus utilisée.

IV.3.2. Protocole RTP:

IV.3.2.1. Introduction:

RTP (Realtime Transport Protocol) et son compagnon RTCP (Realtime Transport Control Protocol) permettent respectivement de transporter et de contrôler des flots de données qui ont des propriétés temps-réel. RTP et RTCP sont des protocoles qui se situent au niveau de l'application et utilisent les protocoles sous-jacents de transport TCP ou UDP. Mais l'utilisation de RTP/RTCP se fait généralement au-dessus de UDP. RTP et RTCP peuvent utiliser aussi bien le mode Unicast (point à point) que le mode Multicast (multipoint).[19]

IV.3.2.2. Fonction du protocole RTP:

RTP fournit des fonctions de transport de bout en bout pour les applications temps réel:

- Conférence audio, vidéo interactive.
- Diffusion vidéo, audio.
- Simulation.

Il permet aussi de:

- Reconstituer la base de temps des différents flux multimédia (audio, vidéo...).
- Détecter les pertes de paquets.
- Identifier le contenu des paquets pour leur transmission sécurisée...

Il ne permet pas de:

- Réserver des ressources dans le réseau.
- Apporter une fiabilité dans le réseau.
- Garantir le délai de livraison.

Pour cela on fait appelle au protocole RSVP (détaillé plus loin) pour l'allocation de ressources.[20]

IV.3.2.2. Fonction du protocole RTCP:

RTCP (Real-time Transport Control Protocol) accompagne RTP. Il assure un trafic de contrôle: C'est un "feedback" (voir figure 12) pour l'émetteur sur la qualité de transmission et d'autres informations basées sur la transmission périodique de paquets de contrôle à tous les participants dans une session. Ces quatre fonctions principales sont:

- Fournir des informations sur la qualité de la session (information de retour pour une source (feedback)).
- Garder une trace de tous les participants à une session, par un identifiant unique et permanent pour un participant.
- Contrôler le débit auquel les participants à une session RTP transmettent leurs paquets RTCP.
- Transmettre des informations de contrôle sur la session (optionnel)

Exemple: Identifier un participant sur les écrans des participants.

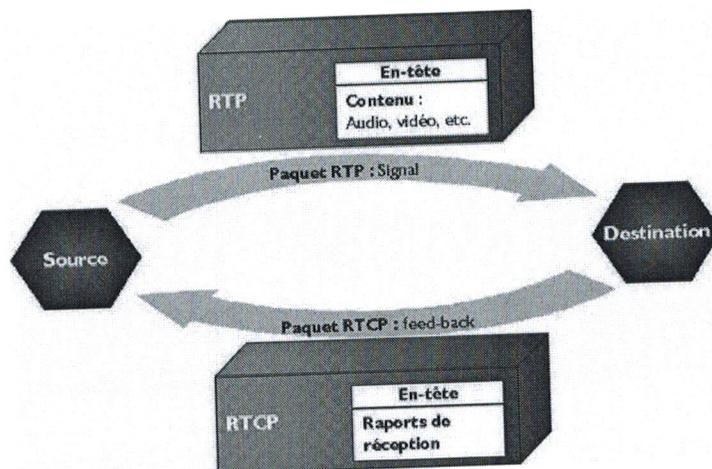


Fig.12 : Principales fonctions de RTP et RTCP.

IV.3.2.3. Protocole RSVP:

Avec RSVP on retrouve la notion de priorité dans le traitement des paquets IP; en effet une bande passante est allouée à chaque récepteur selon le besoin qu'il a manifesté. Voyons comment fait RSVP pour allouer des ressources. [19,22]

Dans un premier temps une requête (voir figure 13) est envoyée par le client à chacun des routeurs du maillant véhiculant le flux de paquets afin de demander à chacun des routeurs une allocation de bande passante.

Dans le cas où l'un des routeurs ne dispose pas d'assez de ressources pour subvenir aux besoins de ce client, alors il renvoie un message d'erreur et l'allocation de ressources est annulée pour tous les routeurs du chemin. Dans le cas où tous les routeurs disposent d'assez de ressources pour subvenir au besoin du client, chacun des routeurs va donner une priorité aux paquets de ce client de telle sorte à lui assurer le débit dont il a fait la demande.

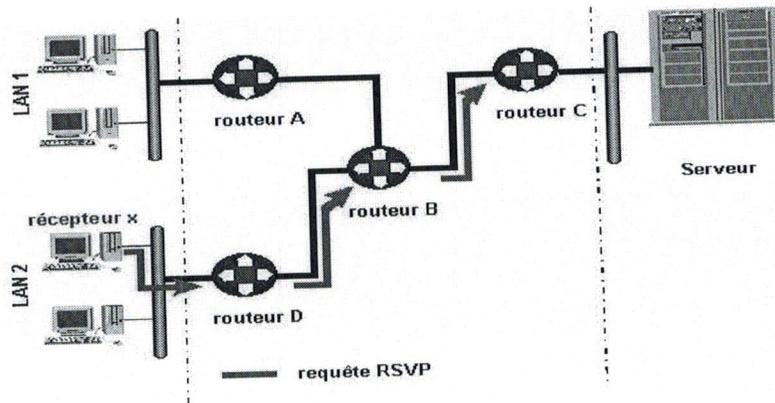


Fig.13 : Requête RSVP.

IV.3.2.4. Conclusion:

Le protocole de transport de données RTP est accompagné d'un second protocole RTCP (Real Time Control Protocol) qui ne fait qu'assurer un trafic de contrôle. Celui-ci renvoie à l'émetteur un feed-back sur la qualité de la transmission. Le protocole RSVP est utilisé pour l'allocation de ressources dans le réseau afin d'aboutir à une transmission fiable et sécurisée.

I. Conclusion:

Les données médicales véhiculées dans un réseau ne sont pas à l'origine informatisées, ces données passent par trois opérations avant d'être transmises:

- L'acquisition.
- Le traitement.
- Le stockage.

Pour les données de types temps réel, l'opération de stockage est faite après la transmission.

Ces données varient en fonction de l'application:

- Dans le cas d'un Télédiagnostic les données transmises sont propres au malades et dépendent aussi du type de la maladie.
- Dans le cas d'une visioconférence, le type de données à transmettre dépend du sujet traité.

Chapitre IV

*Traitement et stockage
des données médicales*

I. Introduction:

La télétransmission des images numérisées à l'intérieur d'une structure hospitalière entre différents services permet une consultation rapide de plusieurs experts pour une décision diagnostique et une meilleure prise en charge thérapeutique.

Les images analogiques sont numérisées pour faciliter leurs traitement, stockage et transmission à distance.

De nombreux paramètres font l'objet d'enregistrement continu. C'est le cas par exemple des signaux électrophysiologiques (ECG, EEG, EMG...) et autres signaux physiologiques. Les données sont ensuite numérisées, tracées et associées à un texte pour former le dossier du malade.

II. Types de données médicale:

Les techniques d'imagerie occupent une place croissante dans l'exercice de la médecine. Les images peuvent intervenir aussi bien dans le processus de la décision diagnostique que pronostique ou thérapeutique. Il peut s'agir d'images radiographiques, scintigraphiques, échographiques, photographiques, de film (endoscopie) ou d'images fonctionnelles obtenues par reconstruction (tomodensitométrie), imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire (IRM).[18]

II.1. Source d'image médicale:

II.1.1. Radiographie conventionnelle:

Celle-ci utilise les radiations ionisantes d'une source de rayon X, reste la modalité la plus importante d'un service de radiologie. Elle permet des temps de pose courts. L'image résultant de la superposition des organes traversés par le rayon X est enregistrée sur un film radiographique sensible aux rayons X. la digitalisation est faite à partir de ces films. Elle peut également être faite directement (radiographie digitale), grâce à l'utilisation de plaques au phosphore en remplacement des films conventionnels.

II.1.2. Angiographie numérisée:

Angiographie numérisée permet de visualiser le lit vasculaire en soustrayant de l'image, les structures indésirables (os, organes). Les premiers clichés, effectués avant l'injection veineuse ou artérielle du produit de contraste, sont numérisés. Ils permettent de constituer un masque qui sera soustrait des clichés pris après l'injection.

II.1.3. La tomодensitométrie (scanner):

Utilise également des rayons X mais l'image, au lieu d'être obtenue directement est reconstruite à partir de l'atténuation des rayons observés dans différentes directions. Chaque image, de 2562 à 51122 pixels, correspond à une coupe transversale de la partie du corps intéressée. Le temps de pose est de 0.5 à 2 secondes par coupe.

Les techniques d'imagerie par résonance magnétique (IRM) permettent également, à partir de phénomènes physiques très différents, de reconstruire des images. Le malade est placé dans un champ magnétique intense, qui oriente les noyaux des atomes.

L'application de radio fréquences permet de faire entrer en résonance certains atomes, comme les atomes d'hydrogènes.

À l'arrêt de l'émission, les atomes reviennent à leur état initial en émettant un signal radio dont l'intensité et la durée dépendent des caractéristiques biologique des tissus traversés. Sans utiliser de radiation ionisante, l'IRM fournit ainsi des images qui dépendent du métabolisme et des caractéristiques des tissus traversés.

II.1.4. L'échographie:

L'échographie est basée sur l'émission, à partir d'une sonde acoustique, d'ondes ultrasonores. La sonde sert également de récepteur pour les ondes réfléchies. Constituée de cristaux piézo-électriques, elle convertit en signaux électriques les échos acoustiques. Les signaux provenant de nombreux chemins unidirectionnels sont digitalisés et traités. Ils sont stockés en mémoire et transformés en signaux vidéo qui peuvent être affichés sur écran de contrôle sous forme d'une image 2D. L'intensité du signal vidéo est proportionnelle à l'intensité de l'écho.

II.1.5. La scintigraphie:

L'image scintigraphique est obtenue par injection d'un isotope radioactif (marqueur) attaché à un composant biologique (traceur) ayant une affinité pour un organe particulier (par exemple la thyroïde, surrénale). L'isotope émet des radiations qui sont captées par une camera sensible au rayonnement (par exemple Gamma caméra). L'enregistrement des séquences d'images permet d'apprécier certaines fonctions de l'organe exploré.

II.2. Numérisation et traitement:

En dehors de la radiologie, de nombreuses sources d'images peuvent également faire l'objet d'une numérisation et d'un traitement. Le recueil peut être fait à partir d'un appareil photographique (conventionnel ou numérique) ou d'une camera vidéo (endoscopie, image microscopique d'anatomie pathologique,...). Un traitement d'images couleurs est souvent nécessaire (par exemple, la quantification de l'effet d'un traitement sur des lésions dermatologiques). [20]

L'analyse d'une image s'effectue par une série de procédures qui forme la chaîne de traitement de l'image. Chaque étape de la chaîne dépend des résultats obtenus lors des étapes précédentes et de la connaissance du domaine.

- ❖ L'étape d'acquisition.
- ❖ L'étape de numérisation.
- ❖ L'étape prétraitement.

Cette étape permet essentiellement d'améliorer la qualité de l'image. Cette étape peut être suivie d'une étape de segmentation afin d'isoler les éléments constitutifs de l'image, et d'extraire les paramètres significatifs de l'image (exemple: volume d'une masse tumorale).

- ❖ L'étape d'interprétation:

La phase d'interprétation peut déboucher sur un diagnostic, un pronostic, voire une action (robotique).

II.3. Stockage des données:

La numérisation des images facilite leurs traitements, stockage, et leur transmission à distance.

Ces images sont stockées soit dans des disques durs ou disques magnétiques CD-ROM, pour faciliter la gestion et l'archivage de ces données. Les images médicales numérisées occupent un très grand espace mémoire (voir annexe C), pour cela des techniques de compression sont utilisées pour réduire la taille des images fixes ou animées.[18]

III. Compression d'image:

III.1 Compression d'images fixes:

III.1.1. Introduction:

La compression consiste à réduire la taille des données qui sont stockées par l'ordinateur. On distingue les méthodes de compression réversibles et irréversibles. Les premières n'altèrent pas l'image (Exemple: GIF, PCX) tandis que les dernières vont modifier l'image de manière plus ou moins "subtile" pour en réduire la taille (Exemple: Jpeg, Ondelettes, Fractale etc). La perte d'information doit être jugée acceptable.

La DCT, les Ondelettes et la compression Fractale utilisent des décompositions d'images afin de déceler et supprimer les redondances contenues dans les images.[24]

La décomposition canonique des images est spatiale: L'image est représentée par une matrice de "pixels". Une telle décomposition présente deux inconvénients:

- Il est impossible de détecter les redondances que l'image contient.
- Tous les pixels ont à priori la même importance, ce qui ne permet pas d'évaluer l'importance de chaque information par rapport aux autres.

III.1.1.2. Compression par DCT:

- Comme la plupart des images sont régulières, les données de l'image transformée sont concentrées dans le domaine des basses fréquences.

- Ces données n'ont pas toute la même importance dans l'image.
(possibilité d'en négliger certaines).

La compression par DCT consiste principalement à une transformation du domaine spatial au domaine fréquentiel en utilisant la transformée de Fourier (voir figure 1).

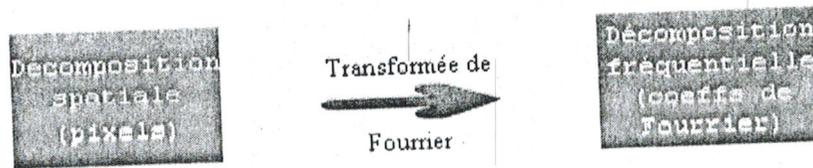


Fig.1 : Transformation en domaine fréquentiel.

La compression JPEG: (Joint Photographic Expert Group)

C'est une méthode de compression qui a été conçue pour abandonner des informations que l'œil humain a de la peine à voir. Néanmoins les images qui contiennent beaucoup de zones uniformes de même couleur ne seront pas bien gérées ; de plus la décompression n'est pas très rapide. JPEG est un standard de compression de données utilisé particulièrement pour les images de haute définition. Le taux de compression dépend fortement des caractéristiques de l'image. [24,25]

La compression JPEG compresse les images avec un algorithme à trois étapes:

- Transformation en cosinus discrète (DCT).
- Quantification.
- Codage: Run-length encoding (RLE).

* Transformation en cosinus discrète:

Les blocs images possèdent une grande redondance spatiale. Pour réduire cette redondance, l'algorithme JPEG transforme les blocs de huit pixels par huit pixels du domaine spatial vers le domaine fréquentiel en utilisant une transformation en cosinus discrète.

On note $A=(a_{ij})$ un bloc de l'image originale, et $B=(b_{ij})$ le bloc correspondant dans l'image transformée. On deux matrices de taille $8*8$.

La transformée en cosinus discrète bidimensionnelle s'écrit alors :

$$b_{ij} = \frac{2}{N} C_i C_j \sum_{l=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} \cos \left[\frac{(2k+1)l\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2l+1)j\pi}{2N} \right] a_{kl}$$

$$C_i = \frac{1}{\sqrt{2}}, \text{ pour } i=0 \text{ et } C_i = 1 \text{ pour } i \neq 0.$$

Une forme équivalente pour cette formule est la suivante :

$B = P^{-1}AP$, où P est la matrice dont les coefficients sont :

$$P_{ij} = C_j \frac{\sqrt{2}}{N} \cos \left[\frac{(2i+1)j\pi}{2N} \right].$$

De plus $P^{-1} = P'$, donc P est une matrice orthogonale, ce qui permet de l'inverser rapidement pour obtenir la transformée inverse.

*** Quantification :**

Ensuite, l'algorithme quantifie les coefficients fréquentiels. La quantification consiste à approximer chaque coefficient fréquentiel par un nombre dans un nombre limité de valeurs (c'est-à-dire pondérer l'importance des différents domaines de fréquences).

*** Codage :**

Le codeur choisit une matrice de quantification qui détermine comment chaque coefficient de la matrice 8 x 8 est quantifiés. La perception humaine de l'erreur de quantification est plus faible pour les hautes fréquences spatiales, ces fréquences seront alors quantifiées plus sévèrement (c'est-à-dire avec moins de valeurs) que les basses fréquences. La combinaison de la transformée en cosinus discrète et de la quantification permet de transformer beaucoup de coefficients fréquentiels à zéro, notamment les coefficients correspondant à une grande fréquence spatiale. Les coefficients non nuls étant regroupés en haut et à gauche de la matrice, la matrice n'est pas lue par ligne et colonne mais en zigzag (voir figure 2) pour optimiser la compression. Ceci permet de mettre tous les zéros de la matrice les uns à la suite des autres.

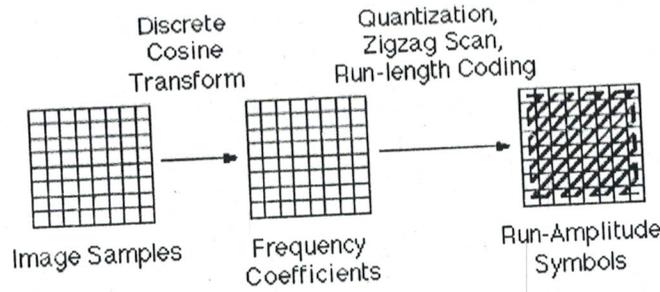


Fig.3 : Les étapes de l’algorithme JPEG.

Ensuite, un codage RLE(Run Length Encoding) est appliqué, puis un codage de Huffman. Le principe de ce codage est le suivant : si on considère un fichier, celui-ci est constitué de données qui sont toutes codées avec la même quantité d'information (sur 8 bit ou 16 bit par exemple). Or, si certaines données reviennent beaucoup plus souvent que d'autres, il est plus avantageux de les coder sur un petit nombre de bit, après pour les données qui reviennent rarement on utilise plus de bits. Huffman a trouvé un algorithme qui permet d'attribuer à chaque valeur possible un code qui répond aux exigences précédentes et qui permet une lecture du fichier codé même lorsque les codes sont mis bout à bout (unicité de l'interprétation du fichier codé).

III.1.1.3. Compression par Ondelettes:

La compression par Ondelettes est une des méthodes les plus avancées pour l'analyse des signaux, qu'il s'agisse d'images ou de son ,on trouve le concept de schéma itératif c'est-à-dire la répétition sans fin d'une même opération à des échelles de plus en plus petites. La technique des Ondelettes consiste à la décomposition d'un signal par une Ondelette mère qui sera déplacée (le long de l'axe des temps) et dilatée.

La transformée en Ondelettes d'un signal f(t) est donnée par:

$$y(a,b) = \int f(t) \psi_{a,b}^*(t) dt$$

$$\psi_{(a,b)} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

Avec: $\Psi_{a,b}(t)$ désigne une base d'Ondelettes obtenue par dilatation et translation d'une Ondelette mère $\Psi(t)$.

- a : paramètre de dilatation.
- B : paramètre de translation.

ψ doit être de moyenne nulle ($\int \psi(t) dt = 0$) et d'énergie finie ($\int |\psi(t)|^2 dt < \infty$).

Il existe plusieurs types d'Ondelettes, citons par exemple :

- Ondelette de Haar.
- Ondelette chapeau mexicain et de Morlet (voir Annexe D).

L'analyse par Ondelettes est similaire à l'analyse de Fourier dans le sens où c'est une transformée, qui décompose un signal en ses principaux constituants afin de l'analyser. Mais tandis que la transformée de Fourier décompose un signal en une série de sinusoides de différentes fréquences, la transformée en Ondelettes décompose le signal en Ondelettes, qui sont des versions traduites et dilatées d'une même fonction appelée Ondelette mère.

Une transformation par ondelettes consiste à décomposer un signal en une tendance grossière accompagnée de détails de plus en plus fins. Ainsi, pour reconstituer le signal avec une précision donnée, il suffira de connaître la tendance et les détails correspondant au niveau de précision recherché et de négliger les autres. [26,27]

Présentation de l'algorithme:

Une image en noir et blanc peut être considérée comme un ensemble de pixels, chaque pixel représentant un niveau de gris. On peut modéliser cette image par une matrice carrée de taille égale à la résolution de l'image. Pour une image en couleur, il suffit de considérer trois images, chacune représentant le niveau de rouge, de vert et de bleu de l'image originale.

On procède à une décomposition de l'image **fréquentielle et spatiale**, par projections successives sur deux sous-espaces orthogonaux, l'un donnant l'allure générale de l'image (il s'agit de l'image en résolution moitié) et l'autre les détails. Les sous-espaces sont définis par une base orthonormée de vecteur.

Décomposition:

On note E_p l'ensemble des images de taille $2^p * 2^p$.

$$E_p = E_{p-1} \oplus F_{p-1}$$

↑ Allure générale ↑ Détails

On décompose donc E_p de la manière suivante:

Il est alors possible de décomposer E_{p-1} de la même manière. En deux dimensions, cette décomposition peut se visualiser de la manière suivante (voir figure 4) :

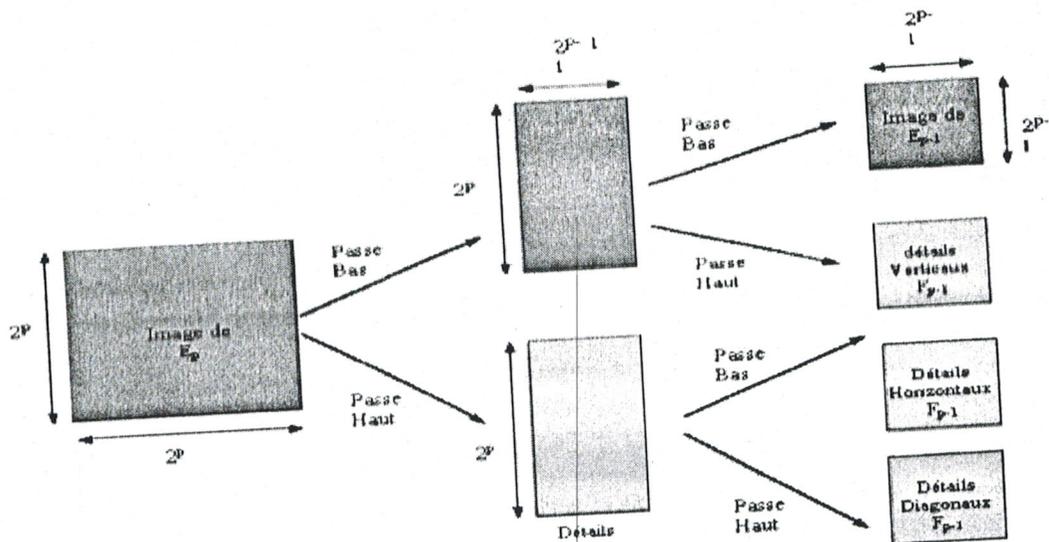


Fig.4 : Décomposition d'une image par ondelette.

On travaille d'abord sur les colonnes, puis on travaille sur les lignes du résultat obtenu.

Le nombre des détails est fonction du niveau choisi.

III.1.1.4 * représentation des résultats:

Nous avons divisé le travail en deux parties :

La première partie comprend la compression d'image médicale en niveau de gris (image radiologique) par deux méthodes la DCT et l'Ondelette, ensuite la compression d'image médicale couleur (exemple image cytologique).

Les programmes sont fait sous le logiciel Matlab.

III.1.1.4.1. Compression d'une image en niveau de gris:

A / Compression par DCT :

La figure N° 5 présente une image radiologique compressée avec différents taux de compression.

Celui-ci est le rapport entre l'image résultante (image compressée) et l'image originale (voir annexe D).

On remarque que si le taux de compression est inférieur à 20% l'image décompressée reste en bonne qualité et qu'à partir d'un taux de compression de 20% un effet de mosaïque apparaît sur l'image décompressée.

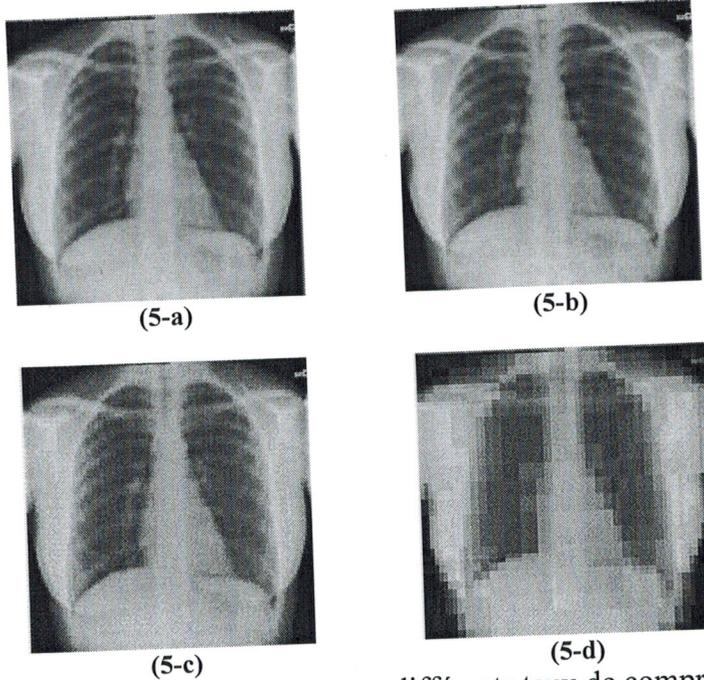


Fig.5 : compression d'image avec différents taux de compression.
 (a) image originale, (b) tc =10%, (c) tc =20%, (d) tc =75%.

B / Compression par Ondelette :

La figure 6 nous donne la décomposition par l'Ondelette de Haar de la même image radiologique.

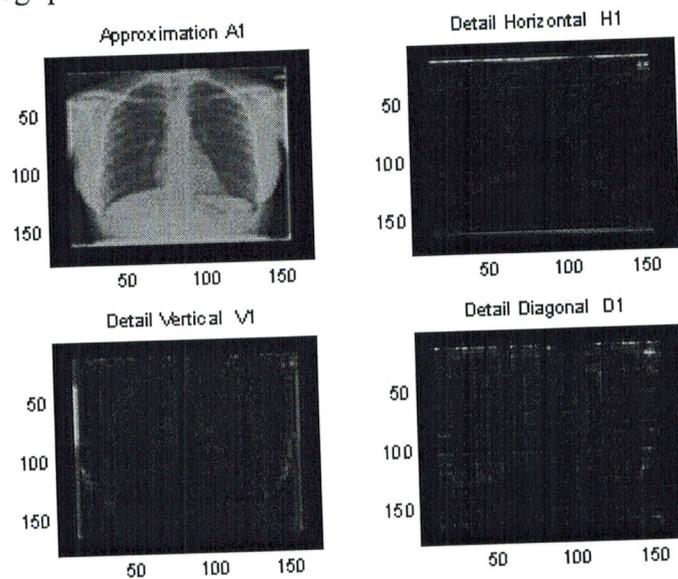


Fig.6 : Décomposition en niveau 1.

On a fait varier le taux de compression de telle façon à comparer entre les deux méthodes. La figure suivante présente l'image décompressée avec différents taux de compression.

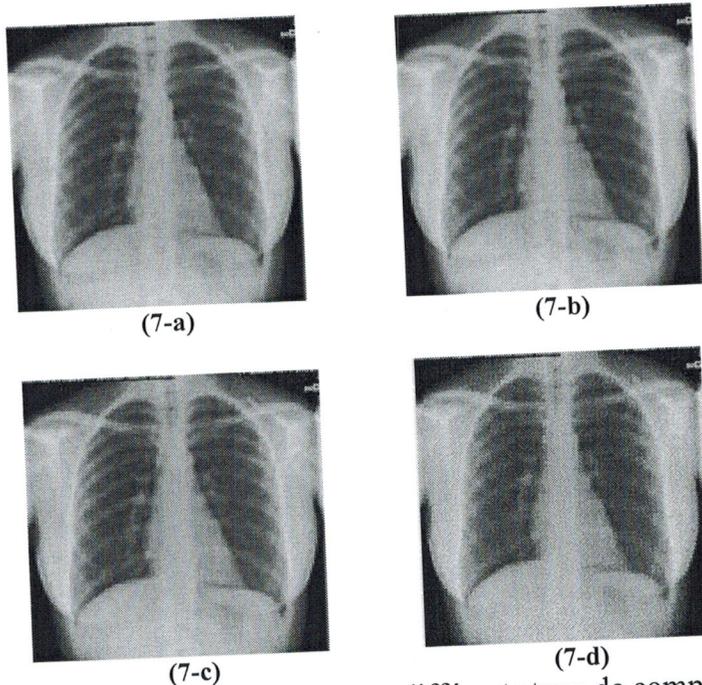


Fig.7 : compression d'image avec différents taux de compression.
 (a) image originale, (b) tc =10%, (c) tc =75%, (d) tc =80%.

On remarque que cette méthode conserve la qualité de l'image jusqu'à un taux de compression de 80% où un léger effet de mosaïque apparaît sur l'image décompressée (voir figure 7-d).

Le tableau suivant présente les caractéristiques détaillées des ces dernières images.

TC (%)	Nbcoefi	Nbcoeff	Nbcoeff(%)
0	37251	37251	63
10	37251	49782	84
30	37251	54954	93
50	37251	56457	96
75	37251	57231	97

Tableau 1 : caractéristiques des différentes images.

Le nombre de pixels de l'image originale est de 58800 pixels.

TC : Taux de compression.

Nbcoefi : Nombre initial de coefficients nuls.

Nbcoeff : Nombre de coefficients nuls dans l'image reconstruite.

III.1.1.4.2. Compression d'une image couleur:

La décomposition d'une image par Ondelette, nous amène à la représenter par son approximation et ces détails (Horizontal, vertical et diagonal) (voir figure8 a,b).

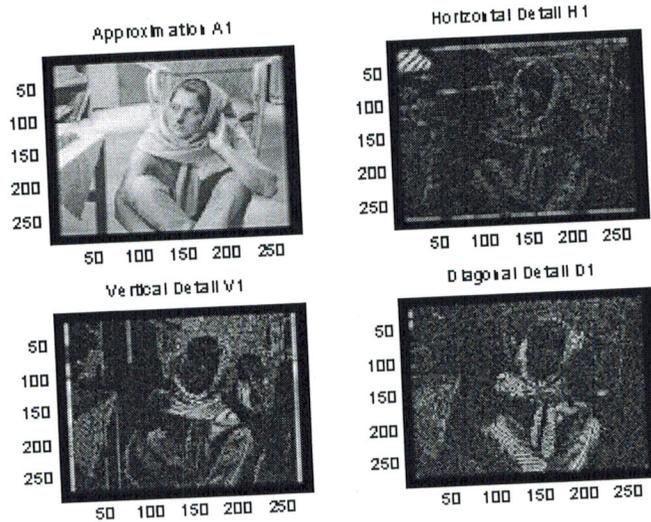


Fig.8 (a) : Décomposition en niveau 1.

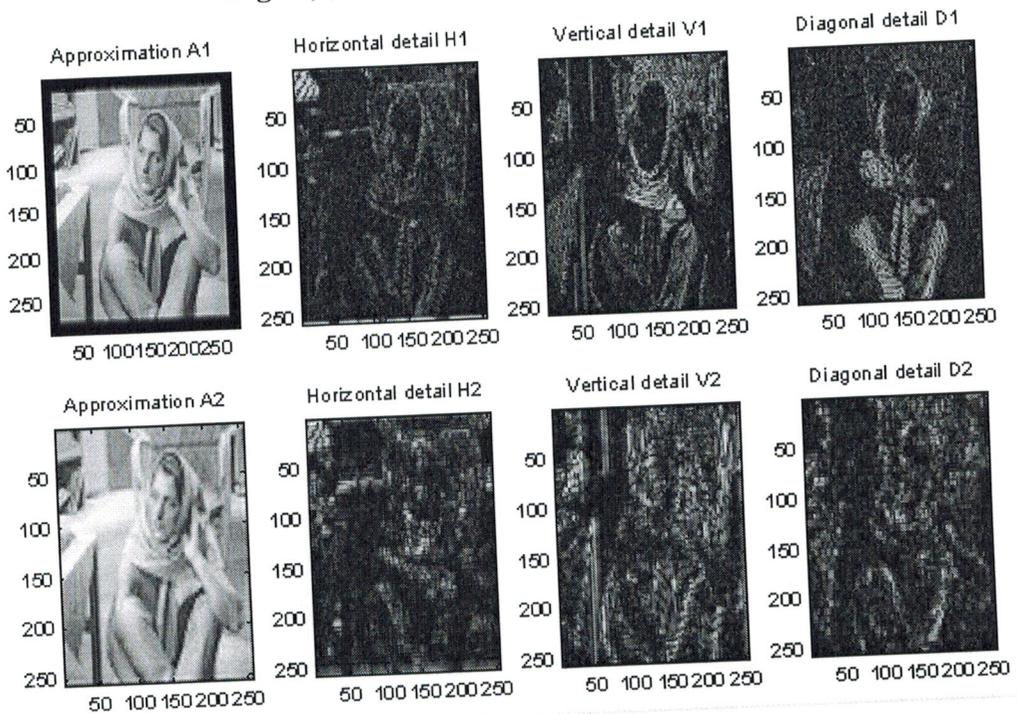


Fig.8(b) : Décomposition en niveau 2.

La figure suivante présente une image médicale couleur (figure 8-a) qui est l'image originale. Les figure 8(b,c,d) sont le résultat de la compression de cette image avec des taux de compression de 10, 50 et 75%(Pour le calcul du taux de compression voir annexe D).

La compression par Ondelette conserve la qualité de l'image tant que le taux de compression est inférieur à 75%, au-delà l'image se dégrade et perd sa qualité. De manière générale la compression par Ondelette est la plus adaptée pour la compression des images médicales, du fait qu'elle présente des taux de compression élevé tout en sauvegardant la qualité de l'image.

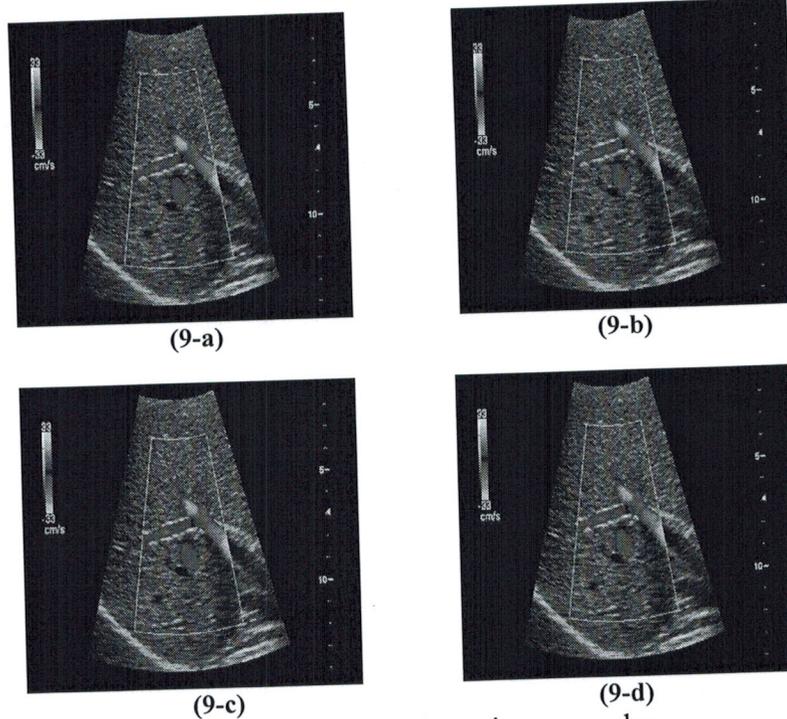


Fig.9 : compression d'une image couleur.
 (a) image originale, (b) tc =10%, (c) tc =50%, (d) tc =75%.

Le nombre de pixels de l'image originale est de 277050 pixels.

Le tableau suivant présente les caractéristiques détaillées des ces dernières images.

TC (%)	Nbcoefi	Nbcoeff	Nbcoeff(%)
0	6931	6931	21
10	6931	18980	58
20	6931	25179	77
50	6931	30844	95
75	6931	31816	98

Tableau 2 : caractéristiques des différentes images.

TC : Taux de compression.

Nbcoefi : Nombre initial de coefficients nuls.

Nbcoeff : Nombre de coefficients nuls dans l'image reconstruite.

III.2 Compression d'images vidéo:

III.2.1. MPEG1:

MPEG1 convertit les signaux vidéo analogiques en paquets de données numériques qui seront plus faciles à transporter sur un réseau. L'un des avantages des données digitales est la non dégradation du signal. Le principe de la compression est de réduire autant que possible les redondances d'information sans que cela ne modifie l'aspect visuel du fichier ainsi traité.

MPEG1 est constitué de deux couches, la première (couche système) stocke l'information temporelle nécessaire à la synchronisation vidéo et audio, et la deuxième (couche compression) inclut les flux audio et vidéo.

III.2.1.1. Hiérarchie des données Vidéo:

La figure 10 schématise l'hiérarchie des données dans le flux vidéo:

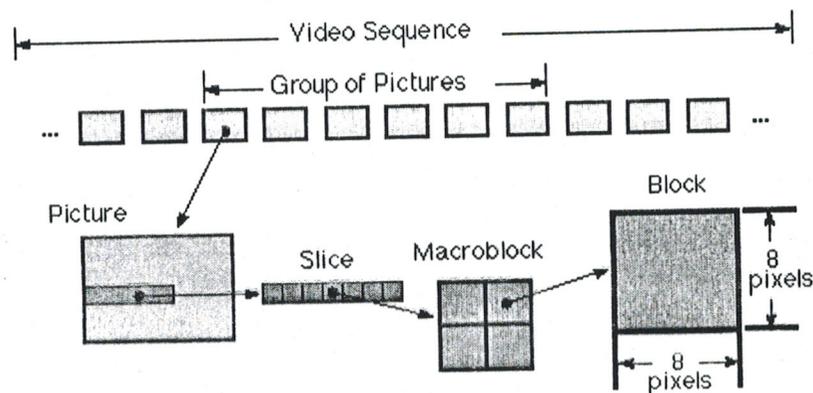


Fig.10 : Hiérarchie des données dans un flux vidéo.

Les données sont hiérarchisées de la façon suivante:

* **Séquence vidéo (Video Sequence):**

Elle commence par une en-tête de séquence, contient un ou plusieurs groupes d'images et s'achève par un code de fin de séquence.

Groupe d'images (Group of Pictures):

Il regroupe une en-tête et une série d'une ou plusieurs images permettant d'y accéder de façon aléatoire.

Image (Picture):

C'est l'unité élémentaire pour le codage de la séquence vidéo. Une image est un groupe de trois matrices rectangulaires qui représentent la luminance (Y) et la chrominance (Cb et Cr), un élément de la matrice représentant un pixel. Cette représentation YCbCr est équivalente à celle RGB.

Tranche (Slice):

Les tranches sont un ou plusieurs macroblocs adjacents ordonnés de gauche à droite puis de haut en bas. Ce sont des éléments importants pour la gestion des erreurs. Si le flux de données contient une erreur, le décodeur peut sauter la tranche et passer au début de la suivante directement. Plus il y a de tranches, meilleur est le traitement des erreurs, mais il fait perdre de la place.

Macroblocs (Macroblocks):

C'est un ensemble des valeurs de luminance et chrominance de 8 lignes de 8 pixels. [28]

III.2.2. MPEG4:

MPEG4 est un standard ISO/IEC développé par MPEG. L'objectif de MPEG4 n'a pas été seulement de succéder aux normes MPEG1 et MPEG2, mais de définir une nouvelle norme dans la compression vidéo.

MPEG4 permettra de nombreuses possibilités, telle que la communication temps réel (vidéophone, téléconférence...).[29]

III.3. Conclusion:

La compression de données informatiques consiste à réduire la taille de l'information pour le stockage de cette information et son transport.

Un exemple d'utilisation de la compression pour le stockage est:

- Bases de données (stockage des images médicales propres à chaque malade).
- La sauvegarde des données sur des disques de petite taille.

Le coût des limites technologiques nécessitent d'utiliser la compression de données pour le stockage d'importants volumes d'information.

La compression est utilisée dans le transport des données dans le cas des réseaux par câbles dont la bande passante est étroite.

Pour une durée donnée, la compression permet de faire circuler plus d'informations, le débit est donc plus grand.

Les différents algorithmes de compression sont choisis en fonction de trois critères importants:

- Leur taux de compression (rapport de la taille du fichier compressé sur la taille du fichier initial).
- La qualité de compression (sans/avec perte et alors pourcentage de pertes).
- La vitesse de compression et de décompression.

IV. Bases de données:

Le but des bases de données est de permettre à différents utilisateurs sur différents postes d'accéder aux données stockées dans ces bases de données et effectuer des modifications.

Les bases de données se divisent en deux types suivant l'architecture.

IV.1.1. Architecture client/serveur:

C'est un modèle d'architecture applicative où les programmes sont répartis entre processus clients et serveurs communiquant par des requêtes avec réponses.

C'est la description du fonctionnement coopératif entre le serveur et le client.

A un logiciel serveur peut correspondre plusieurs logiciels clients, la seule obligation est le respect du protocole entre les deux processus communicants.

Il existe différentes variantes de l'architecture client/serveur, selon le fait qu'un processus serveur est associé à chaque utilisateur, ou que plusieurs utilisateurs partagent un même processus serveur. Dans le premier cas le serveur est

monotache. Chaque processus client a un processus serveur associé. La

machine supportant les serveurs doit partager son temps entre eux.

Dans le cas d'une architecture client/serveur classique, les données sont centralisées sur le poste serveur.[30]

IV.1.1. Architecture fédérée:

A fin de répondre à la tendance centralisée de l'approche client serveur, certains systèmes de gestion de base de données (SGBD) préconisent une architecture fédérée. Une telle architecture ajoute à l'architecture client multiserveurs un SGBD géré sur la station du client par le processus client. Cette architecture est représentée sur la figure 11. Il devient possible de sortir des données d'un serveur pour les traiter sur le client, puis les renvoyer après traitement.

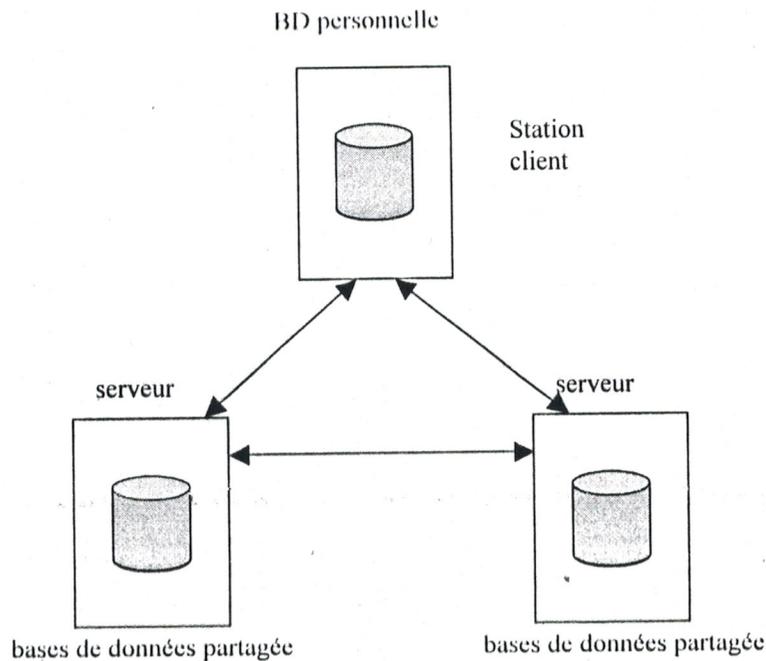


Fig. 11: architecture fédérée.

Dans le cadre d'un Téléhopital les bases de données devront être sécurisées puisqu'elles contiennent des informations personnelles des malades.

V. Conclusion:

Pour réaliser un système Téléhopital il faut passer par les étapes suivantes:

- Etablir un cahier de charge en tenant compte des:
 - Ressources existantes.
 - Besoins de l'hôpital.
- Etablir le réseau c'est-à-dire les connexions physiques.
- Mettre en place les logiciels et les différents programmes permettant la communication, la gestion du réseau et le partage des fichiers et des bases de données (par exemple le dossier du patient) et des différents traitements des données.

Chapitre V

Présentation du logiciel

I. Introduction:

Le but de ce travail est de mettre à profit les nouvelles technologies des réseaux informatiques dans le domaine médical.

La pratique médicale à distance que se soit dans le domaine du diagnostic, de la thérapeutique, ou du monitoring nous amène à la notion de Télémedecine et de Téléhopital.

Ainsi à la notion d'hôpital se substitue de plus en plus la notion de Téléhopital où les informations relatives aux malades sont véhiculées via des réseaux informatiques.

II. PRESENTATION DU LOGICIEL:

Notre travail a consisté en l'implémentation d'un logiciel qui prend en charge l'échange d'information médicale au sein d'un réseau local au niveau de l'hôpital de Tlemcen. Les fonctions principales de notre logiciel sont les suivantes:

- Echange des données textuelles.
- Visualisation d'images médicale en même temps sur deux postes différents.
- Réalisation d'un télépointeur.
- Elaboration d'une base de données patient.

La puissance et l'originalité du logiciel réside dans la possibilité de l'utilisation simultanée du partage d'image, et du télépointeur surtout dans les situations d'urgence où le diagnostic et la conduite thérapeutique doivent être établis le plus rapidement possible sans oublier la partie textuel qui permet de prendre un avis supplémentaire d'un autre médecin sous forme d'un rapport médical et de le sauvegarder dans un dossier propre au malade.

Le logiciel proprement dit a été réalisé sous DELPHI, il se compose de deux parties principales:

- ❖ La partie transmission (Télédiagnostic).
- ❖ Base de données malades.

II.1. Première partie (transmission):

Cette première partie consiste à établir la relation entre deux postes distants via un réseau local. Ensuite ces deux postes peuvent échanger des images médicales et le dialogue textuel suivant l'organigramme de la figure 1.

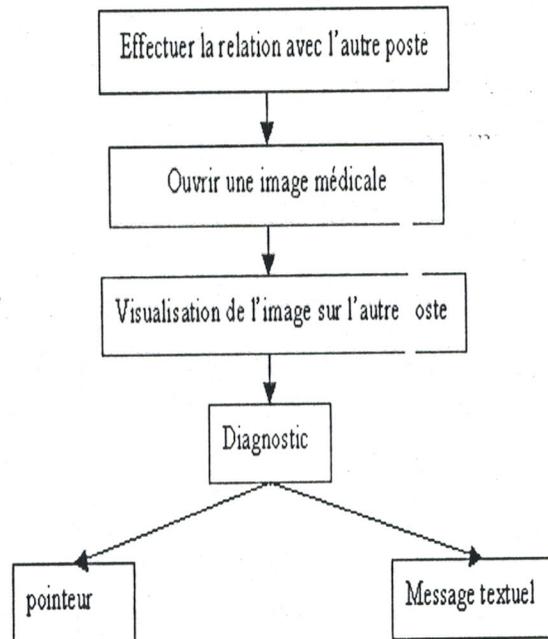


Fig.1 : Organigramme de l'application.

Le chronogramme de fonctionnement consiste à établir la connexion entre interférents par le biais de leurs adresses IP, dans le but d'échanger des données. Le Télépointeur, et le transfert du texte sont immédiatement disponibles comme le montre la figure 1.

Le logiciel réalisé permet aussi la visualisation d'une image médicale radiologique ou cytologique en même temps sur deux postes différents dans un but d'expertise.

En utilisant le Télépointeur le médecin peut désigner la partie affectée sur une image médicale tout en ayant la possibilité de rédiger un diagnostic.

Nous présentons par la suite des exemples d'une telle liaison.

1) Nous présentons dans cet exemple (voir figure 2) une liaison entre deux médecins analysant une image radiologique. Ces deux médecins disposent:

- de la possibilité d'une communication textuelle.
- d'un Télépointeur.

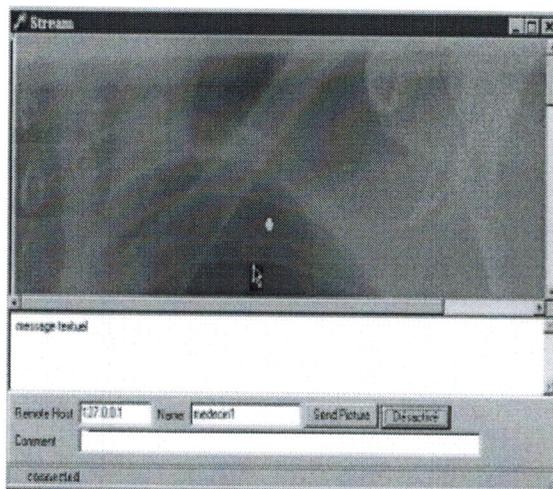


Fig.2 : Liaison de deux médecins analysant une image radiologique.

2) Ce deuxième exemple présente l'envoi d'une image cytologique à un autre poste (voir figure3a-b) et la visualisation en même temps de cette image.

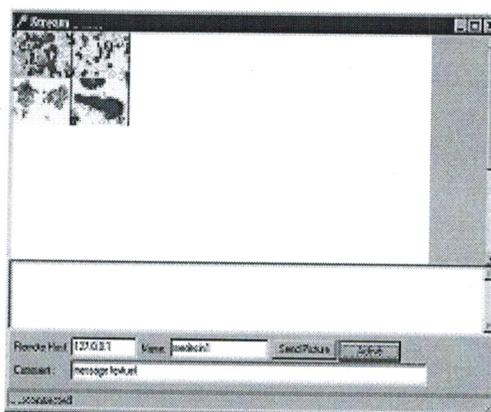


Fig3-a: Liaison entre deux médecins analysant une image cytologique.

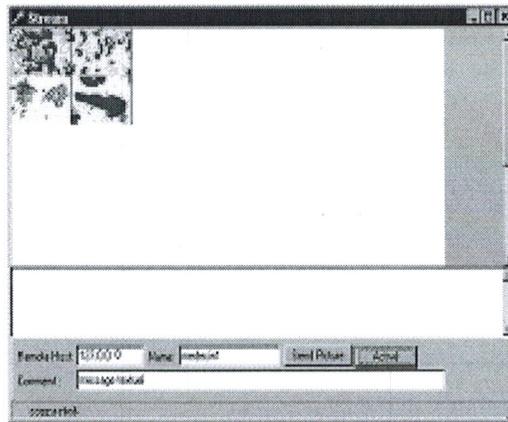


Fig.3-b: relation de deux médecins analysant une image cytologique.

Les applications médical temps réel tel que la téléchirurgie, le télédiagnostic présentent par nature des contraintes de temps que ne demande pas le simple échange de fichiers ou de données textuelles.

Le délai de transmission doit être borné, et une synchronisation stricte doit être assurée entre la ressource et la destination.

Dans un réseau local et selon l'interactivité, les applications s'accommoderont de délai de transmission plus ou moins importants.

Dans le cas d'un Téléhopital, nous avons des applications avec différent degré d'élasticité. Cependant les applications temps réel telle que la vidéo conférence, la télé chirurgie ont une faible élasticité. Pour la vidéo conférence le problème se pose au niveau du son car l'oreille est plus rapide, plus exigeante et plus sélective que l'œil. Elle ne tolère pas de délai d'écho ou de ralentissement.

Nous présentons par la suite les tolérances de quelques applications.

- Asservissement Téléchirurgie:

Délai critique < 50 ms

Gigue nulle.

L'action doit être synchronisée avec le retour d'image ou la boucle de Feed back.

- Audio conférence:

Délai très court: 150 ms.

- **Téléphonie:**

Délai court < 200 ms.

Le duplex interactif est une condition du confort et de la qualité de service.

L'échange des données médicales demande une interactivité forte et peut nécessiter l'accès à des informations distantes (dossier du malade, images radiologique...) ainsi que la mémorisation des informations échangées. Dans ce cas, les techniques utilisées intègrent, éventuellement sur un même poste de travail, la transmission de la voix, d'images numérisées mais aussi des techniques de vidéo et de visioconférences.

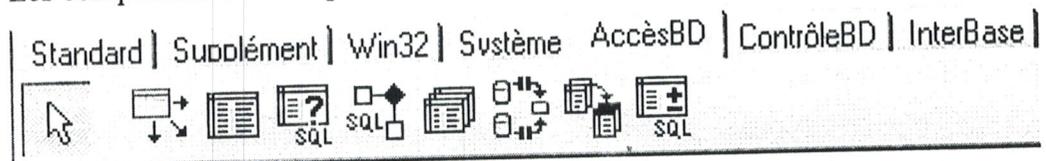
II.1. Deuxième partie (base de données):

II.1.1 Connexion aux bases de données avec Delphi :

Delphi propose en standard des composants pour manipuler des bases de données et des tables relationnelles. Tous ces composants ont une base commune : Borland Database Engine (BDE).

1/ Les composants sources :

Les composants sources permettent d'accéder à des tables de données.



- **Table :**

Le composant Table permet d'accéder aux données contenues dans une table relationnelle.

- **DataSource :**

Le composant DataSource sert à visualiser les enregistrements d'une table ou d'une requête dans les composants visuels utilisant un composant DataSource comme source de données.

2/ Les formulaires :

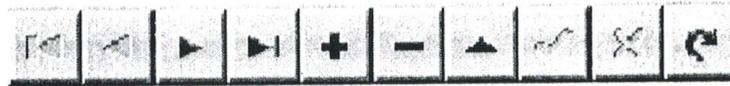
- Composant BD visuels :

Une fiche Delphi sur laquelle apparaissent des données issues d'une base de données est Conçue à partir de composants similaires aux composants classiques, les composants BD visuels.

- Navigateur de base de données :

La façon la plus simple de naviguer dans les données est d'utiliser le composant navigateur

BD (DBNavigator). C'est un composant graphique représentant des boutons type magnétocassette qui permettent de passer d'un enregistrement à l'autre, de sauter en fin de table, etc.



- Utilisation d'une grille :

Il est possible de visualiser plus d'un enregistrement à la fois à l'aide du composant universel grille BD (*DBGrid*), qui permet d'obtenir une vue des données sous forme tabulaire. Ce composant s'adapte à la structure de la table référencée afin d'en montrer tous les champs.

II.1.2 Réalisation de la base de données :

L'informatisation du dossier du malade nécessite la sauvegarde des données propres aux malades, ainsi que le diagnostic du médecin et même des images médicales et des tracés des signaux physiologiques.

Notre base de données comporte les données suivantes:

- ❖ Numéro.
- ❖ Nom.
- ❖ Prénom.
- ❖ Date de naissance.
- ❖ Sexe.
- ❖ Une partie textuelle pour mentionner le diagnostic et le traitement posé par le médecin.

Vous pouvez également rechercher le dossier d'un malade par deux critères:

- Par son numéro.
- Par son nom.

On peut aussi ajouter un nouveau malade, supprimer un dossier de malade existant ainsi que l'affichage de la liste des malades.

Après la recherche si ce malade figure dans la liste, alors les coordonnées de celui-ci seront affichées.

L'organigramme suivant (voir la figure 4) présente les différentes étapes à suivre pour l'ouverture d'un dossier existant ou l'ajout d'un nouveau.

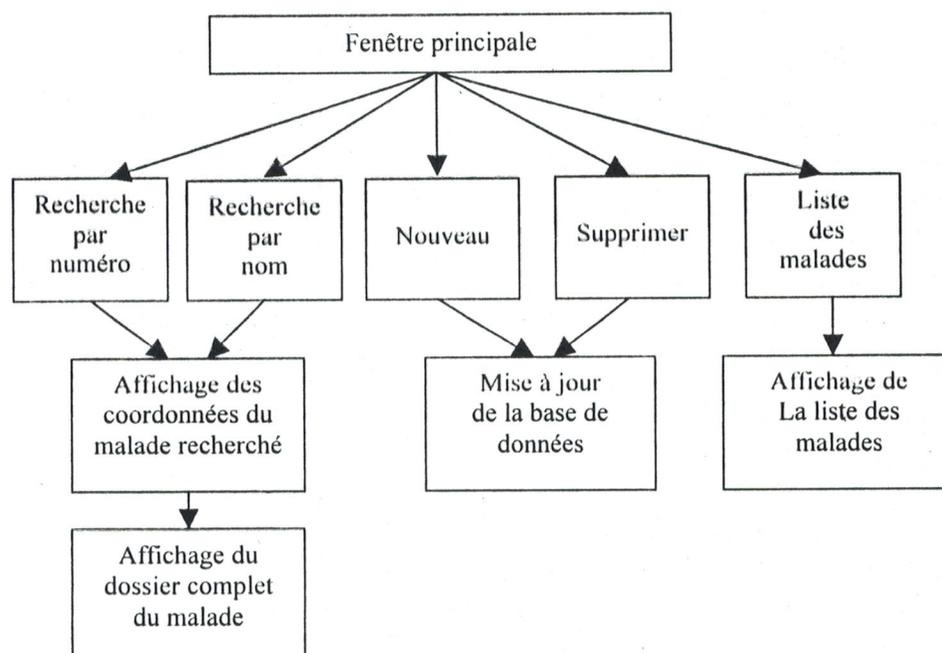


Fig.4 : Fonction principale de la base de données.

Nous présentons maintenant un exemple:

Le chronogramme de fonctionnement est le suivant :

La fenêtre principale se présente comme suit (voir figure 5):

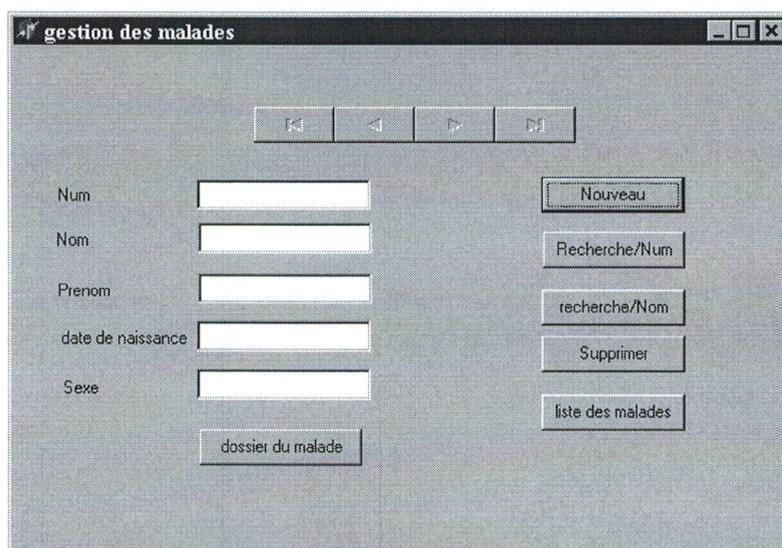


Fig.5 : Fenêtre principale.

Si vous recherchez un malade qui n'est pas enregistré dans la liste, alors un message s'affiche vous indiquant que ce malade ne figure pas dans la liste, si non les coordonnées du malade seront affichées (voir figure 6 et 7).

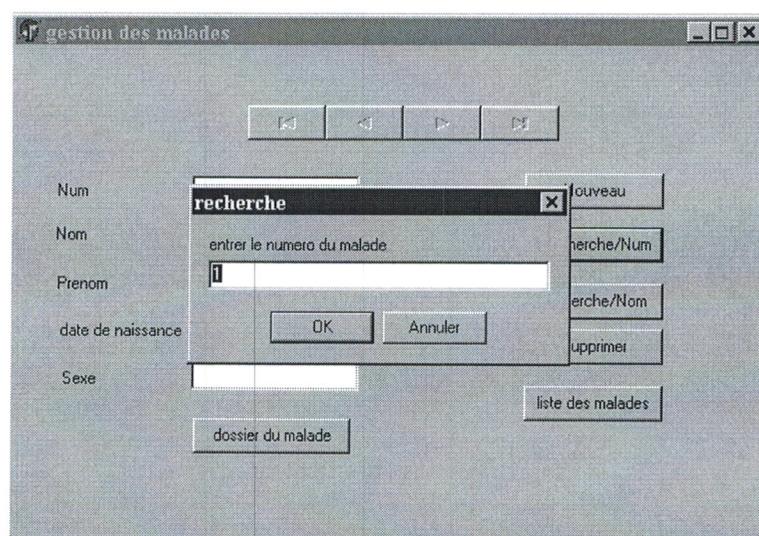


Fig.6 : Recherche d'un malade.

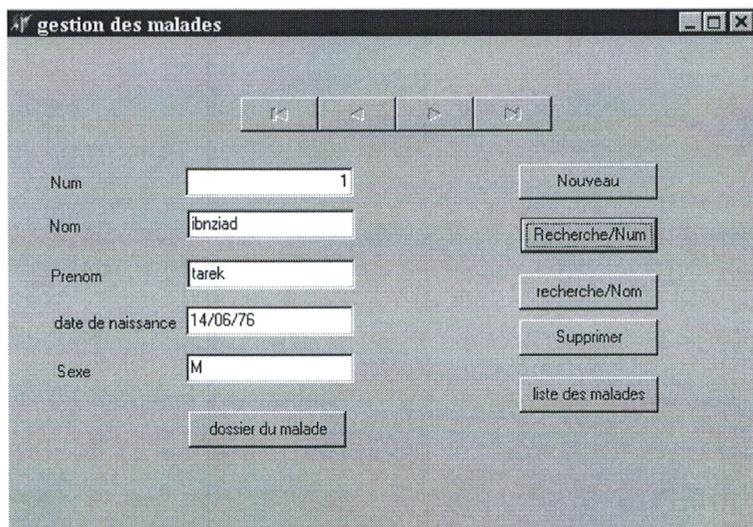


Fig.7 : Affichage des coordonnées du malade.

Si on veut afficher le dossier complet du malade (voir figure8), il suffit de cliquer sur le bouton dossier du malade.

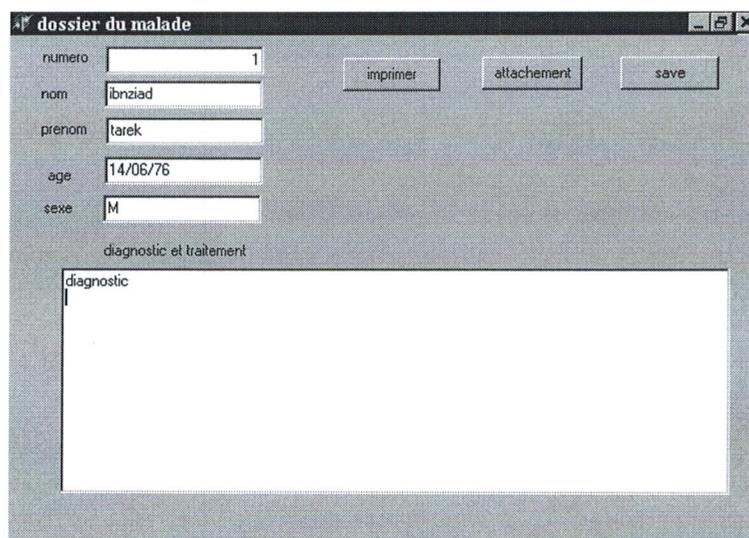
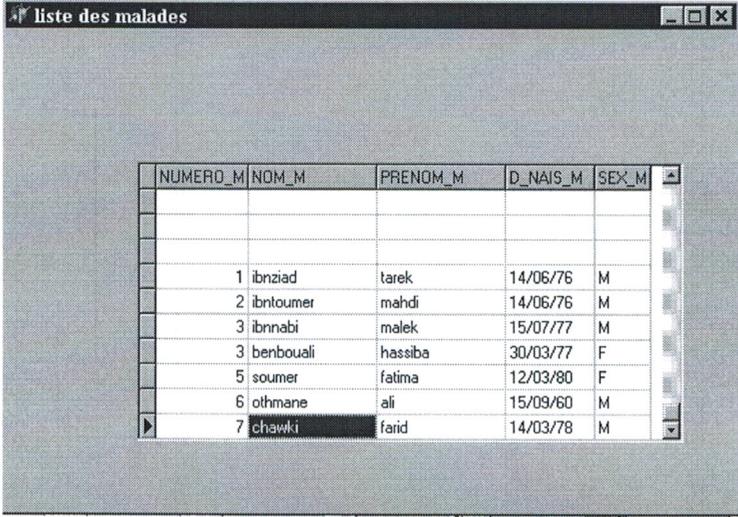


Fig.8 : Affichage du dossier du malade.

La liste des malades se présente sous la forme suivante (voir figure 9):



The screenshot shows a window titled "liste des malades" containing a table with the following data:

NUMERO_M	NOM_M	PRENOM_M	D_NAIS_M	SEX_M
1	ibnziad	tarek	14/06/76	M
2	ibntoumer	mahdi	14/06/76	M
3	ibnnabi	malek	15/07/77	M
3	benbouali	hasiba	30/03/77	F
5	soumer	fatima	12/03/80	F
6	othmane	ali	15/09/60	M
7	chawki	farid	14/03/78	M

Fig.9 : Liste des malades.

En fin nous pouvons dire que la base de données facilite énormément la tâche au médecin et lui fait gagner beaucoup de temps.

III. Conclusion:

Notre travail a consisté en l'implémentation d'un logiciel qui permet de transformer un hôpital en Téléhôpital. Celui-ci réalise les fonctions suivantes :

- a) La communication textuelle entre deux postes quelconques situés au sein de l'hôpital.
- b) Le partage d'image en temps réel soutenu par un Télécursseur qui permet aux interférant de se positionner sur l'image partagée.

Notre système a été testé en pratique et est fonctionnel, seulement pour aboutir à un Téléhôpital nous devons transmettre différentes données en même temps, de la vidéo, du son et des images médicales et de les partager entre les différents services en premier lieu et avec d'autre service de proximité en deuxième lieu. .

Dans ces conditions nous aurons atteint l'objectif qui est celui de la réalisation d'un Téléhôpital à l'intérieur duquel l'acheminement de l'information médicale multimédia est possible.

Conclusion générale

L'échange des données médicales au sein d'un hôpital demande une interactivité forte et peut nécessiter l'accès à des informations distantes (dossiers du malade, images médicales) ainsi que la mémorisation des informations échangées.

Notre travail s'est consacré sur la réalisation d'un logiciel permettant la visualisation d'images médicale en même temps et sur deux postes différents, l'échange des données textuelles et d'un télépointeur dans le but d'améliorer le diagnostic et faciliter la tâche au médecin.

Les perspectives que nous envisageons sont la transmission d'image vidéo en temps réel et d'améliorer la base de données patient réalisée.

En fin nous espérons que notre travail sera accompli par d'autres étudiants.

Bibliographie

- [1] Les réseaux, Guy Pujolle Eyrolles 1995
- [2] Internet multimédia et temps réel, Jean François Susbielle
- [3] Réseaux locaux et téléphonie, S.ghernaoui-Helie, A.Duffour Masson 1995
- [4] Transmission et réseaux, Stephanie Loheir et dominique present Duno 1999
- [5] Pratique des réseaux d'entreprise, Jean Luc Montagnier
- [6] Les réseaux, Guy Pujolle Eyrolles 2003
- [7] www.Commentcamarche.com
- [8] Pratique des réseaux d'entreprise 2^{ème} partie, Jean Luc Montagnier
- [9] The art of the Internet, B.P.Kehoe édition 1992
- [10] www.info.univ-angers.fr
- [11] www.host.ots.utexas.edu
- [12] <http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/>
- [13] <http://www.nmf.org>
- [14] TCP/IP illustrated volume 1, W.Richard Stevens Wesley
- [15] Hand book of TELEMEDICINE, Olga Ferrer-Roca Marcelo Sosa-Indicissa ISO 1998
- [16] www.Mocbius.com
- [17] New Technologie in Hospital Information, J.Dudeck, Blobel 1998
- [18] Introduction to Telemedicine, Richard Wootton, John Craig édition RSM 1999
- [19] J.Wang and H.K Huang Medical image compression by using three dimensional Wavelet transformation IEEE trans.on medical Imaging.vol 15.nu.pp.547-554.aug.1996.
- [20] www.ADSL
- [21] technique ADSL.
- [22] Internet n'est pas une autoroute de l'information, Mark Scafer 1995
- [23] T. Nguyen and A. Zakhor, "Distributed Video Streaming", Multimedia Computing and Networking 2002, Multimedia Conference, Jan 2002
- [24] Possibilité et limite du traitement d'image, Jean Serra
- [25] www.ondelette.com
- [26] V. Wickerhauser, INRIA Lectures on Wavelets Packet Algorithms; INRIA Lectures Notes, 1991
- [27] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, Image coding using vector quantization in the wavelet transform domain, Inter. Conf. on ASSP . Am-buquerque (New Mexico), pp. 2297-2300, 1990:
- [28] T. Nguyen and A. Zakhor, "Distributed Video Streaming", Multimedia Computing and Networking 2002, Multimedia Conference, Jan 2002
- [29] www.amara.com
- [30] Programmer les bases de données avec Delphi, M.C Belaid 3^{ème} édition 2002

Annexe A

caractéristique d'une voie de transmission :

On donne le nom de câble à une unité constructive comportant une ou plusieurs lignes ,et protégées contre les influences physiques ,chimiques ou électromagnétiques extérieures (dans l'air ,dans l'eau ou dans la terre).

On désigne par ligne un milieu matériel fini de transmission ,il peut consister par exemple en :

- Deux fils métalliques isolés et toronnés : paires symétriques (ou paire torsadée) ;
- Deux conducteurs concentriques : paires coaxiale (câble coaxial) ;
- Un tube métallique : guide d'ondes ;
- Un guide filiforme diélectrique : fibre optique .

Impédance caractéristique :

Z_c , impédance caractéristique, est l'impédance d'une ligne de longueur finie refermée sur un récepteur, dont $Z_r = Z_c$,se comporte comme une ligne de longueur infinie ,et on dit que la ligne est adaptée (adaptation d'impédance).

Toute rupture d'impédance ($Z_r \neq Z_c$) provoque la réflexion d'une partie de l'énergie incidente .

Bande passante :

A l'extrémité de la ligne ,le récepteur doit identifier et décoder le signal.

Cette fonction ne peut valablement être effectuée que si le signal n'a pas été exagérément modifié pendant la transmission. La bande passante est la grandeur de basse qui renseigne sur les possibilités de transmission d'une ligne .

Deux paramètres contribuent à modifier la forme du signal transmis :

- l'affaiblissement dû à la résistance ohmique ;
- la vitesse de propagation du signal sur le support .

Temps de propagation T_p :

Le temps de propagation est le temps nécessaire à un signal pour parcourir un support d'un point à un autre ,ce temps dépend donc de la nature du support ,de la distance et également de la fréquence du signal .

Temps de transmission T_t :

Le temps de transmission est le délai qui s'écoule entre le début et la fin de la transmission d'un message sur une ligne ,ce temps est égal au rapport entre la longueur de message et le débit de la ligne .

- Le temps de traverser (ou délai d'acheminement sur une voie correspond au nombre de bits transmis en une seconde) est égal au temps total mis par un message pour parvenir d'un point à un autre : $T_p + T_t$.

Différents supports de transmission :

a) la paire torsadée :

la paire torsadée non blindée (UTP)

Les câbles à paire torsadée sont formés de deux fils isolés en cuivre enroulés l'un autour de l'autre ,ces paires sont entourées d'une gaine isolante .La structure torsadée contribue à la réduction des interférences électrique entre des signaux transmis sur les fils .

-Le câble à paire torsadée utilisé pour les installations téléphoniques ou les réseau entreprise ,peut contenir 50 paires de conducteurs ou même d'avantage .

-les fils de cuivres en paires torsadée utilisée par la transmission local en bande de base ou pour faible fréquences (moins de 100 mètre :cas immeubles)

la paire torsadée blindée (STP) :

L'existence d'un blindage fait diminuer les interférences provenant de sources électriques extérieures ou câble . En général ,pendant l'interaction électrique entre le blindage et le câble qu'il protège fait qu'un câble blindé transmet le signal moins loin qu'un câble similaire non blindé ,avec un débit important .

Par conséquent ,le choix doit tenir compte du degré de parasite de l'environnement de réseau et de la longueur du câble .

- Avantages et inconvénients :

-une utilisation de la paire torsadée permet d'atteindre des débits importants (des débits de 10 M bit /s et même 100 M bits) pour des prix nettement inférieures à ceux du câble coaxial .

-L'emploi de la paire torsadée rend l'installation moins coûteuse est plus simple que celle du câble coaxial .

-la paire torsadée permet également de reconfigurer ,de maintenir ou de faire évoluer le réseau d'une façon simple .

-la paire torsadée est un support très économique , souple à un faible volume mais en revanche ,elle est très sensible aux parasites électromagnétiques ambiants .

b) le câble coaxial :

Un câble coaxial formé d'un conducteur centra , qui transmet le signal ,entouré d'un isolant et d'une tresse métallique ou d'une feuille conductrice protégeant contre les parasites extérieure . Le blindage rend ces types de câbles parfaitement adaptés aux environnement fortement exposés aux parasites tels que les usines (environnement industriel)

- il présente une meilleure immunité aux interférences électromagnétique que la paire torsadée mais un peu moins souple .

- il est utilisable pour des distances de l'ordre de quelques Kilomètre et permet d'obtenir un débit de 10 -16 M bit /s c'est le plus courant des supports de réseaux locaux d'entreprise .

-les câbles sont aussi plus au moins épais et lourds ; plusieurs catégories de câbles existant sur le marché :

a- Le câble 50 Ω ,de type Ethernet

b- Le câble 75 Ω ,de type CATV

c)-Le câble 93 Ω ,qui est utilisé dans le monde IBM pour connecter les terminaux .

-La connectivite du câble coaxial est aussi très simple .

c) la fibre optique :

La fibre optique est un guide diélectrique permettant la propagation d'onde lumineuses.

La fibre optique est presque totalement insensible aux parasites . Sa fabrication n'est pas onéreuse ,mais la connectivite qu'il lui liée st très complexe et aussi assez mal maîtrisée.

Le matériel d'envoi et de réception des signaux est compliqué et cher .

Les fibres optiques utilisées dans les réseaux locaux à haut débit elle présente de nombreux avantages :

- Une très longue bande passante (de l'ordre de 1G Hz pour 1 Km)
- Un faible volume
- Une grande légèreté -offre un bon niveau de sécurité .
- Une très faible atténuation -une très bonne qualité de la transmission .
- Une bonne résistance à la chaleur et au froid .

Annexe B

Taille des différentes images radiologiques :

Le tableau suivant présente la taille des différentes images médicales en fonction de la résolution de l'image.

Type d'images	Résolution de l'image	Grandeur(Mbits)
RX	2048×2048×12 bits	50Mb
	512×512×10 bits	2,6 Mb
	1024×1024×10 bits	10,5 Mb
Mammograph	4096×5120×12 bits	250 Mb
CT (computer tomography)	512×512×12 bits× nombre d'image	3 Mb× nombre d'images
	256×256×12 bits	0,8 Mb
MR (magnetic Resonance)	256×256×12bits×50 images	40 Mb
Ultrason	256×256×8 bits	0,52 Mb
	640×480×8 bits	2,5 Mb
Médecine nucléaire	128×128×8 bits	0,13 Mb
DSA (Digital Substraction Angiography)	512×512×10 bits	2,6 Mb
	1024×1024×10 bits	10,5 Mb

Annexe C

Carractéristiques temporelles des différents réseaux locaux

En 10Base5:

Temps d'émission de 512 bits à 10 Mbps = $512 / (10)^7 = 51,2 \times (10)^{-6} s$.

Le Round Trip Delay doit donc être inférieur à $51,2 \times (10)^{-6} s$.

Sur un gros coax le signal se propage à environ $6 \times (10)^7 m/s$

L'aller retour doit donc être inférieur à $6 \times (10)^7 m/s \times 51,2 \times (10)^{-6} s$, soit un peu plus de 3000m.

Donc une distance maximum de 1500 m.

En 10Base2:

Temps d'émission de 512 bits à 10 Mbps = $\frac{512}{(10)^7} = 51,2 \times (10)^{-6} s$.

Le Round Trip Delay doit donc être inférieur à $51,2 \times (10)^{-6} s$.

Sur un coax fin, le signal se propage à environ $2 \times (10)^7 m/s$.

L'aller retour doit donc être inférieur à $2 \times (10)^7 m/s \times 51,2 \times (10)^{-6} s$, soit un peu plus de 1000m.

Donc une distance maximum de 500 m.

Annexe D

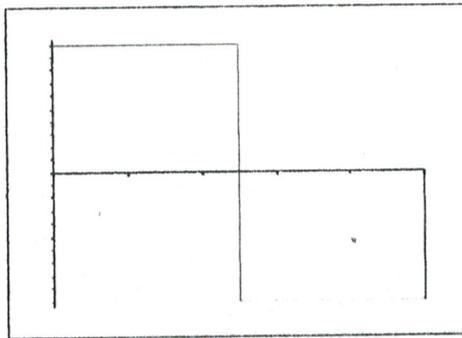
I -Présentation des différents types d'Ondelettes :

1/ Ondelette de Haar :

L'ondelette mère de Haar est la fonction Ψ définie par :

$$\Psi(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \in \left[0, \frac{1}{2}\right] \\ -1 & \text{si } x \in \left[\frac{1}{2}, 1\right] \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

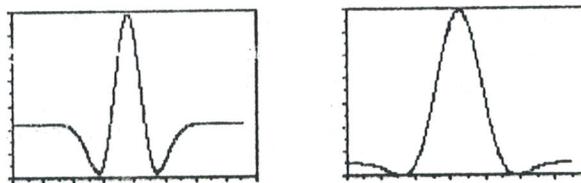
Elle se présente comme suit :



Ondelette mère de Haar

Fig.1 : Ondelette mère de Haar.

2/ Ondelette Chapeau Mexicain et de Morlet :



Ondelette mère Chapeau Mexicain et de Morlet

fig.2 : Ondelette chapeau Mexicain et de Morlet.

II- Calcul du taux de compression :

1/ Compression par DCT :

Supposons que l'image est divisée en blocs de $m \times m$ pixels. Après compression on ne sauvegarde que $q \times q$ pixels, alors le taux de compression s'écrit :

$$tc = \frac{q \times q}{m \times m} \quad (1).$$

2/ Compression par Ondelette :

Pour évaluer le taux de compression, il faut pouvoir déterminer en nombre de bits l'espace occupé d'une part par l'image originale et d'autre part par l'image reconstruite.

Quand on décompose l'image $N \times N$ codée sur b bits en k niveau de résolution elle est

représentée par son approximation de taille $\frac{N}{2^k} \times \frac{N}{2^k}$ qui peut être codée sur s bits et

des détails de taille $3 \times \left(\frac{N}{2^k} \times \frac{N}{2^k}\right)$ qui peuvent être codés sur d bits.

Et en mettant $\alpha\%$ de coefficients à zéros, le taux de compression sera estimé par la formule suivante :

$$tc = \frac{N \times N \times b}{\left(\frac{N}{2^k} \times \frac{N}{2^k}\right) \times s + \left(3 \times \left(\frac{N}{2^k} \times \frac{N}{2^k}\right)\right) \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \times d}$$

Résumé :

Ce travail à consister en l'implémentation d'un logiciel qui prend en charge les échanges d'informations médicales multimédia au sein d'un réseau local (LAN). Il s'agit dans la plupart des cas d'un hôpital. Doté de notre système, celui-ci devient un téléhôpital.

Les fonctions principales de notre logiciel sont les suivantes :

- Echanges des données textuels.
- Echanges d'images fixes pour différent formats BMP , JPEG, etc.
- Réalisation d'un télépointeur.

Etant entendu que tous ces échanges se font en temps réel.

Le logiciel réalisé permet aussi le transfert des données médicales ainsi que la visualisation d'une image médicale radiologique ou cytologique en même temps sur deux postes différents dans un but d'expertise

En utilisant le Télépointeur le médecin peut désigner la partie affectée sur une image médicale tout en ayant la possibilité d'utiliser la voix pour dialoguer avec son interférant.

Les applications médicales temps réel telle que la télé-chirurgie, télédiagnostic présentent par nature des contraintes supplémentaires en matière de débit.

Le délai de transmission doit être borné, et une synchronisation stricte doit être assurée entre la ressource et la destination.

Notre travail s'est basé aussi sur la réalisation d'une base de données patient afin d'informatiser les dossiers des malades et faciliter le stockage et la transmission des données propre aux malades, ainsi que la compression d'images médicales par deux méthodes :

- La compression d'images par la transformée en cosinus discrète DCT classique.
- La compression par Ondelette.

La compression d'images nous permet de stocker plus d'images et nous fait gagner plus d'espace mémoire. Cette technique permet aussi de minimiser le temps de transmission des images médicales.

Mots clés : réseau local, architecture, protocole, données médicales, multimédia.