

3

Réseaux de transport et d'archivage de l'information médicale

1. Téléinformatique et Télécommunication

La téléinformatique est la discipline qui concerne toutes les techniques permettant aux équipements informatiques de communiquer entre eux. La téléinformatique s'occupe du traitement de l'information sur un ordinateur distant.

La télécommunication s'occupe des moyens techniques et matériels pour assurer le transport de l'information.

2. Réseaux de communication

2.1. Définition

Un réseau de communication est un ensemble de moyens matériels et logiciels géographiquement distants destinés à offrir un service, ou liés à l'échange et au transport de données entre différentes entités.

2.2. Classification des réseaux de communication

Les réseaux de communications peuvent être classés conformément au type d'informations transportées et de la nature des entités impliquées. On distingue ainsi trois principales catégories de réseaux :

- Les réseaux de télécommunications
- Les réseaux Téléinformatiques
- Les réseaux de télédiffusion

2.2.1. Les réseaux de télécommunications

Ce sont les réseaux de communications les plus anciens qui ont pour objectif d'acheminer les communications vocales entre individus. On parle de :

- communication vocale analogique lorsque la parole est envoyée sous la forme d'ondes électromagnétiques,
- communication vocale numérique lorsque la parole est envoyée sous forme binaire (suite de '0' ou '1').

Exemples : Réseau Téléphonique Commuté Public, Réseaux mobiles GSM, ...

2.2.2. Les réseaux téléinformatiques

Un système téléinformatique peut se définir comme étant un ensemble d'équipements informatiques (serveurs, ordinateurs, imprimantes ...) géographiquement dispersés, reliés entre eux par un support de communication leur permettant l'échange d'information (Fig.1).

Exemples : Internet, réseaux locaux d'entreprises, ...

2.2.3. Les réseaux de télédiffusion

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

Exemples : Eutelsat, Nilesat, ...

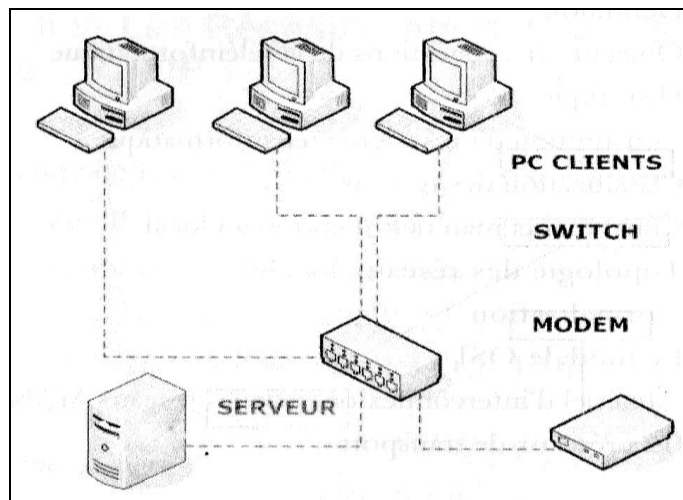


Fig.1 – Schéma d'un réseau informatique.

3. Classification des réseaux téléinformatiques

Il existe différentes classifications des réseaux informatiques car les critères sont multiples.

3.1. Classification selon la taille

La classification traditionnelle fondée sur l'étendue géographique consiste à considérer la distance entre les entités communicantes. Ainsi, on trouve :

3.1.1. Local Area Network (LAN) – Réseaux Locaux d'Entreprise (RLE)

Un *réseau local* permet de relier plusieurs ressources informatiques d'un même établissement (un hôpital, une clinique, cabinet médical, un immeuble, etc..) situées à des distances allant de quelques mètres à quelques kilomètres (au maximum 2.5 km). Ils offrent des débits élevés de 10 Mbits/s à 10 Gbits/s. Les supports physiques utilisés le plus souvent sont les paires de fils torsadés, les câbles coaxiaux et les fibres optiques.

3.1.2. Métropolitain Area Network (MAN) – Réseaux Métropolitains (RM)

Ces réseaux sont généralement utilisés pour interconnecter un ensemble de réseaux locaux géographiquement dispersés, et peuvent couvrir une circonscription géographique de moins de 100 km à des vitesses très élevées (réseaux public urbain : une ville, un grand campus). Ils offrent des débits élevés allant jusqu'à quelques centaines de Mbits/s.

3.1.3. Wide Area Network (WAN) – Réseaux Larges (RLD)

Ils sont destinés à transporter l'information sur de grandes distances à l'échelle d'un pays, d'un continent ou de plusieurs continents. Les débits offerts sont très variables, de quelques kbits/s à quelques Mbits/s. On distingue deux sortes de WAN : *le réseau terrestre* (infrastructures au niveau du sol), et *le réseau satellitaire*.

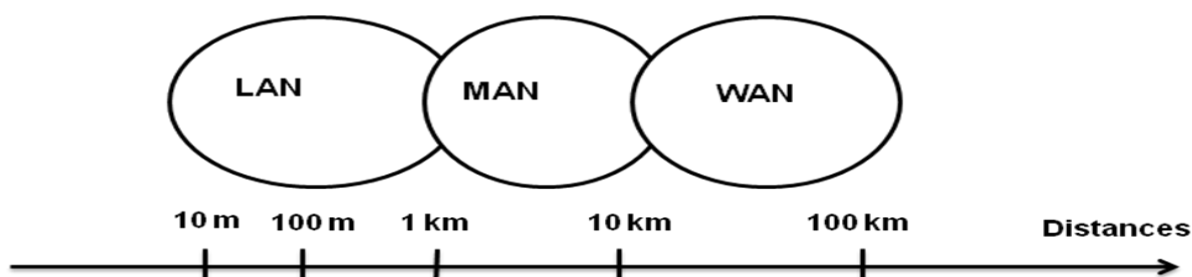


Fig.2 – Classification des réseaux informatiques selon leur taille.

3.2. Classification selon l'infrastructure utilisée

3.2.1. Les Réseaux filaires

Ce sont les réseaux classiques qui utilisent une infrastructure de communication câblée. Par exemple les réseaux locaux de type Ethernet.

3.2.2. Les Réseaux sans fil

Les systèmes sans fil modernes offrent de meilleures performances. On trouve :

- i. **L'interconnexion de système** : concerne l'interconnexion des divers composants d'un ordinateur à l'aide d'un système radio de faible portée. Il s'agit du *bluetooth*. Il permet d'interconnecter sans câble un ordinateur et ses périphériques, ainsi que d'autres dispositifs tels que des caméras numériques, des scanners, etc.
- ii. **Les LAN sans fil** : il s'agit de systèmes dans lesquels chaque ordinateur est équipé d'un modem radio et d'une antenne grâce auxquels il peut communiquer avec d'autres machines.
- iii. **Les WAN sans fil**.

3.2.3. Les Réseaux mobiles

Ce sont des réseaux sans fil, caractérisés par la mobilité d'une partie voire de la totalité de l'infrastructure. On y trouve :

- i. **Un Réseau cellulaire** : c'est un réseau sans fil réparti sur des zones terrestres appelées *cellules*, desservies chacune par au moins un emplacement fixe émetteur-récepteur appelé *station de base*. Réunies, ces cellules fournissent une couverture radio sur une large zone géographique. Cela permet à un grand nombre d'émetteurs-récepteurs portatifs (par exemple les téléphones mobiles) de communiquer les uns avec les autres via les stations de base. La connexion continue est garantie grâce au mécanisme du *handover* (transfert intercellulaire), cela même si certaines des unités mobiles sont en mouvement à travers plus d'une cellule durant la transmission.
- ii. **Un Réseau ad-hoc** : ou réseau sans infrastructure fixe. C'est un réseau d'auto-configuration des liaisons sans fil reliant les nœuds mobiles.

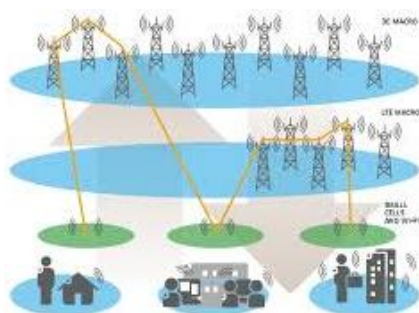


Fig.3 – Réseau cellulaire mobile.

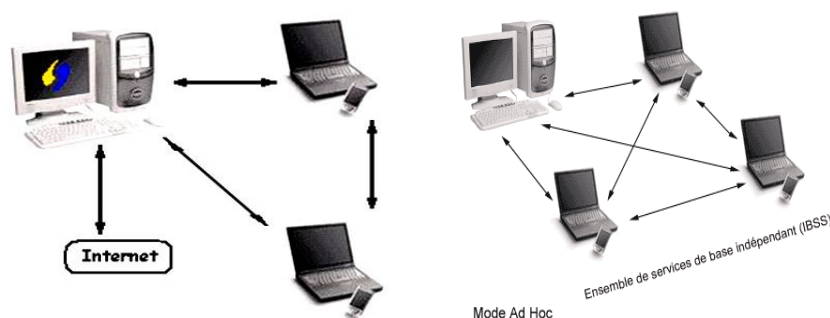


Fig.4 – Exemple de réseau mobile ad-hoc.

3.2.4. Les Réseaux domestiques

L'idée de base est de faire communiquer les appareils des habitations et de les rendre accessibles par Internet. Beaucoup d'appareils peuvent être interconnectés :

- Les ordinateurs (PC, portables, périphériques partagés, etc.),
- Les systèmes de divertissement (TV, DVD, caméras, lecteurs MP3, etc.),
- Les systèmes de télécommunication (téléphones, téléphones portables, télécopieurs, etc.),
- Les appareils ménagers (micro-ondes, fours, climatiseurs, etc.),
- Les systèmes de télémétrie et de surveillance (alarmes incendie et vol, compteurs d'eau, thermostats, vidéosurveillance, etc.).



Fig.5 – Exemple de réseau domestique.

3.3. Classification selon l'ouverture

Il s'agit d'une classification où le critère organisationnel prédomine.

3.3.1. Réseau public

Il est accessible à tous moyennant une redevance d'usage. Par exemple **Internet**. Un réseau public peut être géré par une personne privée (opérateur de télécommunication de droit privé).

3.3.2. Réseau privé interne

Il est accessible à une communauté d'utilisateurs appartenant à une même organisation ou entreprise. Par exemple **Intranet**. Un réseau privé est dit *virtuel* lorsqu'à travers un réseau public on simule un réseau privé. Un réseau privé peut être sous la responsabilité d'une personne de droit public (réseau d'un ministère...).

3.3.3. Réseau privé interne et externe

Il est ouvert vers l'extérieur. Par exemple **Extranet**.

3.4. Classification selon la topologie

Un réseau informatique est constitué d'ordinateurs reliés entre eux grâce à du matériel (câblage, cartes réseaux, ...). L'arrangement de ces éléments (comment les machines sont raccordées au réseau) est appelé *topologie physique*. La *topologie logique* renseigne sur le mode d'échange des messages (comment l'information est transmise) dans le réseau. Toutes les topologies de base sont des variantes d'une liaison :

- *point à point* où les machines sont reliées deux à deux ;
- *multipoint* qui se basent sur des techniques de partage du support.

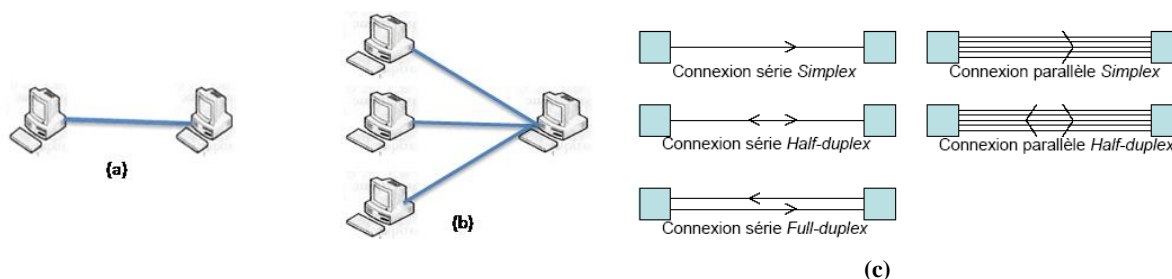


Fig.6 – Liaisons de base des éléments d'un réseau. (a) Point à point. (b) Multipoint. (c) Types de connexions.

3.4.1. Réseaux point à point

Dans ce cas, le taux d'activité est faible et le support est sous-utilisé.

i. Topologie en étoile

- Tous les nœuds du réseau sont reliés à un nœud central commun : le *concentrateur*. Tous les messages transitent par ce point central. Le concentrateur est actif, il examine chaque message reçu et ne le retransmet qu'à son destinataire.
- L'ajout d'une station ne nécessite pas la coupure du réseau.
- La défaillance d'un poste n'entraîne pas celle du réseau, cependant le réseau est très vulnérable à celle du nœud central.

ii. Topologie en anneau

- Chaque poste est connecté au suivant en point à point. L'information circule dans un seul sens, chaque station reçoit le message et le régénère. Si le message lui est destiné, la station le recopie au passage. Ce type de connexion autorise des débits élevés et convient aux grandes distances (régénération du signal par chaque station).
- L'anneau est sensible à la rupture de la boucle. Les conséquences d'une rupture de l'anneau peuvent être prises en compte en réalisant un double anneau.

iii. Topologie maillée

- Il existe deux types : topologie de maillage complet et celle de maillage partiel.
- Ce type de réseau, permettant de multiple choix de chemins vers une même destination, est très résistant à la défaillance d'un nœud et autorise une optimisation de l'emploi des ressources en répartissant la charge entre les différents nœuds (voies).
- Dans la topologie maillée complète, tous les périphériques sont connectés directement à tous les autres appareils. Cela fournit une redondance complète pour le réseau et augmente également le coût de manière significative.
- La configuration complète de maillage est utilisée dans a environnement WAN.
- La topologie de maillage partiel fournit une redondance moins forte que celle fournie par le maillage complet, parce qu'elle ne nécessite pas que chaque appareil soit connecté à tous les autres périphériques du réseau mais seulement un minimum de deux.

iv. Topologie hiérarchique

- Ou réseaux arborescents. Ils sont constitués d'un ensemble de réseaux étoiles reliés entre eux par des concentrateurs jusqu'à un nœud unique de (nœud de tête).
- Cette topologie est essentiellement mise en œuvre dans les réseaux locaux.
- Ces réseaux, sont très vulnérables à la défaillance d'un lieu ou d'un nœud.
- Néanmoins, le point faible de ce type de topologie réside dans l'ordinateur "père" de la hiérarchie qui, s'il tombe en panne, interdit alors toute communication entre les deux moitiés du réseau.

3.4.2. Réseaux diffusants ou multipoints

Dans les réseaux diffusants, les messages sont envoyés à toutes les machines (*broadcasting*). Un champ d'adresse placé dans le message indique le destinataire. Chaque machine analyse chaque message reçu. Les messages non destinés à une machine réceptrice sont ignorés par elle.

v. Topologie en bus

- c'est l'organisation la plus simple d'un réseau ; tous les ordinateurs reliés à une même ligne physique par l'intermédiaire d'un câble unique appelé *bus*. Les extrémités se terminent par des bouchons.

- Ils autorisent des débits importants (>100 Mbit/s sur 100 m).
- Il est possible d'y insérer une nouvelle station sans perturber les communications en cours.
- La longueur du bus est limitée par l'affaiblissement du signal, il est nécessaire de régénérer celui-ci régulièrement.
- chaque station accède directement au réseau, d'où des problèmes de conflit d'accès qui nécessitent de définir une politique d'accès.

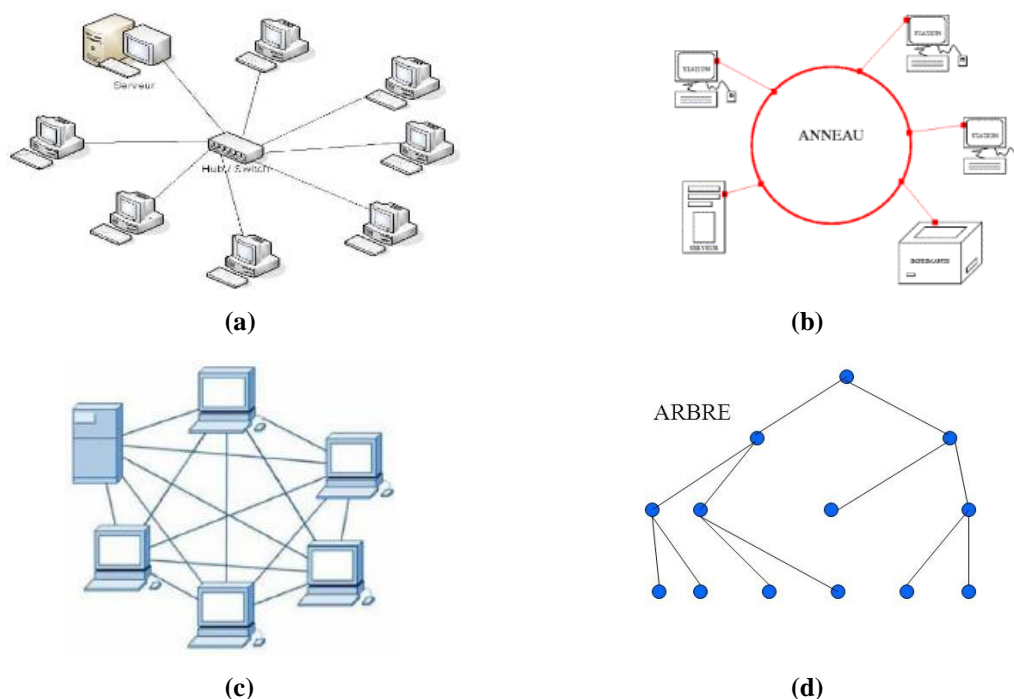


Fig.7 – Réseaux de type point à point. (a) En étoile. (b) En anneau. (c) Réseau maillé. (d) Hiérarchique.

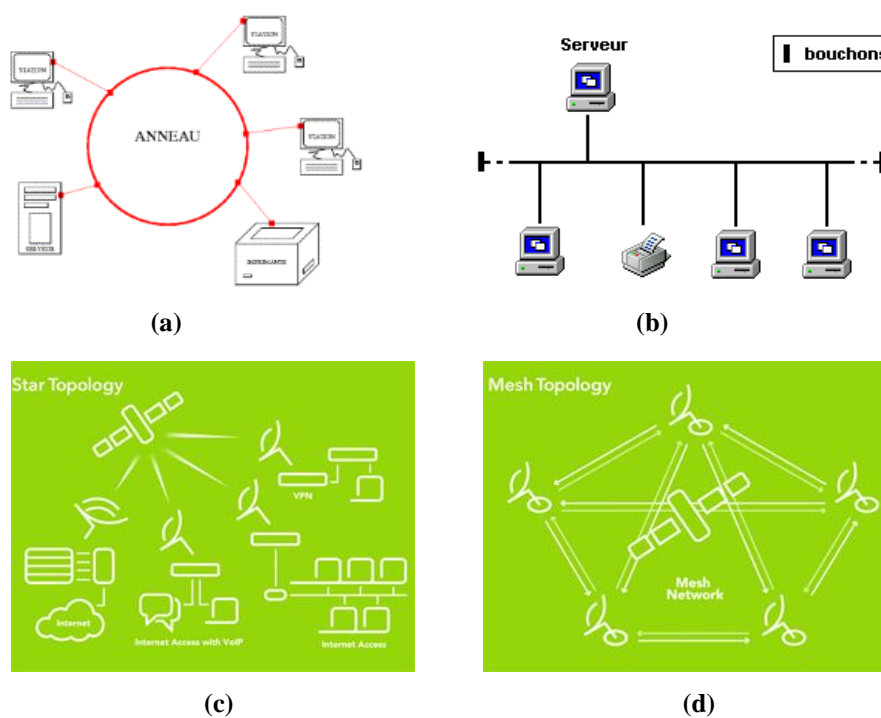


Fig.8 – Réseaux multipoints. (a) En anneau. (b) Structure de bus. (c), (d) Diffusion par satellite.

4. Connexions d'égal à égal et client – serveur

Il existe essentiellement deux modèles de gestion de réseau disponibles pour un réseau local :

- égale à égale : le modèle de gestion de réseau poste à poste.
- client-serveur : tous les périphériques accèdent aux ressources du réseau via un serveur central.

4.1. Réseau poste à poste

Dans une architecture d'égal à égal chaque ordinateur est un peu serveur et un peu client. Cela signifie que chacun des ordinateurs du réseau est libre de partager ses ressources.

i. Avantages

- Un coût réduit.
- Une simplicité à toute épreuve.

ii. Inconvénients

- Ce système n'est pas centralisé ce qui le rend très difficile à administrer.
- La sécurité est peu présente.
- Aucun maillon du système n'est fiable.
- Les réseaux d'égal à égal ne sont valables que pour un petit nombre d'ordinateurs (généralement une dizaine) et pour des applications ne nécessitant pas une grande sécurité (il est donc déconseillé pour un réseau professionnel avec des données sensibles).

4.2. Réseaux avec serveur dédié

Similaire au réseau poste à poste mais l'on rajoute un poste plus puissant dédié à des tâches bien précises. Cette nouvelle station s'appelle *serveur*. Le serveur centralise les données relatives au bon fonctionnement du réseau.

i. Avantages

- *Des ressources centralisées* : Etant donné que le serveur est au centre du réseau il peut gérer des ressources communes à tous les utilisateurs afin d'éviter les problèmes de redondance et de contradiction.
- *Une meilleure sécurité* : Le nombre de points d'entrée permettant l'accès aux données est moins important.
- *Une administration au niveau serveur* : Les clients ayant peu d'importance dans ce modèle ont moins besoin d'être administrés.
- *Un réseau évolutif* : Grâce à cette architecture il est possible de supprimer ou rajouter des clients sans perturber le fonctionnement du réseau et sans modifications majeures.

ii. Inconvénients

- Un coût élevé dû à la technicité du serveur.
- Un maillon faible : le serveur est le seul maillon faible du réseau client/serveur.

5. Intérêt d'un réseau

Un réseau peut partager des ressources physiques (périphériques) ou des ressources logiques (données, applications). Pour cela les raisons pour lesquelles un réseau est utile :

- **Le partage des ressources physiques :** Permet de mettre en commun un périphérique entre plusieurs ordinateurs indépendamment de leur localisation physique. Par exemple : les périphériques de fourniture d'images médicale dans un service hospitalier, les disques durs, etc.
- **Le partage d'applications :** Les applications, comme les logiciels du traitement de l'image, utilisées par tout le monde sont installées sur un disque partagé en réseau. Ainsi, lorsqu'un ordinateur n'est pas assez performant, il est possible d'exécuter les programmes non plus sur ce poste, mais sur un ordinateur distant. Ce dernier beaucoup plus puissant pour exécuter de nombreux programmes en parallèle de façon transparente pour les utilisateurs du réseau.
- **Le partage de données :** Permet d'accéder à une donnée depuis n'importe quel ordinateur relié à un réseau. Par exemple : chaque médecin de ville pourrait accéder aux dossiers stockés dans une base de données.
- **La communication entre personne :** Un réseau d'ordinateurs peut fournir une puissante media communication entre personne séparées par de longues distances. Par exemple : le médecin qui interprète l'examen est à distance du service où est effectué ce dernier.

6. Constitution d'un système téléinformatique

Les composantes d'un réseau sont classées en trois familles principales :

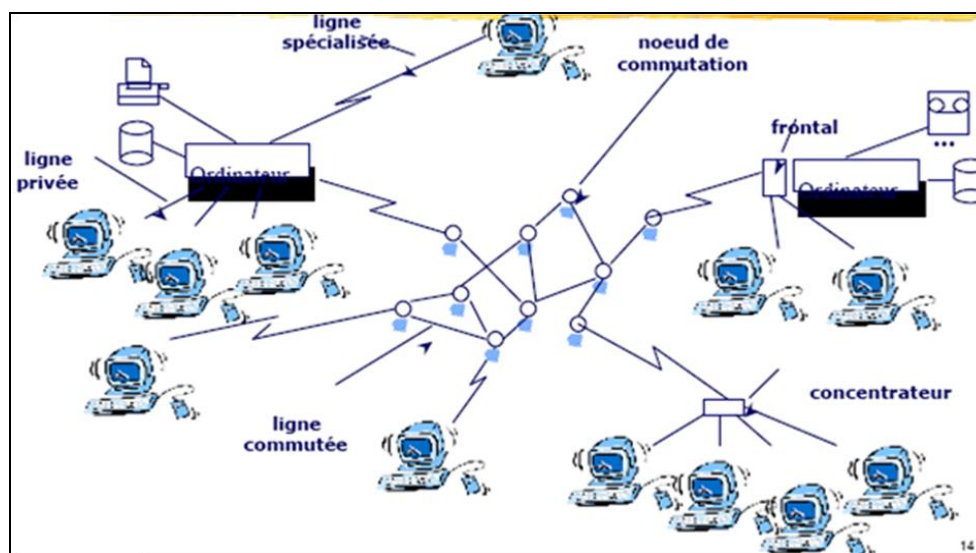


Fig.9 – Principales composantes d'un réseau.

6.1. Equipements Terminaux de Traitement de Données (ETTD)

A portée directe de l'utilisateur, ces éléments lui permettent d'accéder aux ressources du réseau. Ils peuvent comporter ou non une capacité propre de traitement de l'information. On cite :

- Les éléments terminaux (claviers, écrans).
- Les stations de travail (PCs ou autres).
- Les ordinateurs centraux (dits *serveurs*).
- Les téléphones portables, les tablettes, etc.

Les traitements d'information les plus importants sont assurés par les serveurs auxquels les terminaux ou stations de travail sont reliés d'une manière directe ou à distance.

6.2. Equipements Terminaux de Circuits de Données (ETCD)

Les ETTD sont reliés au système de télécommunication par l'intermédiaire de différents dispositifs, dits ETCD ou Contrôleurs de communication, qui gèrent l'accès d'un équipement terminal à la ligne de communication. Ils sont plus souvent intégrés à l'ordinateur. On trouve deux principaux types :

- **Carte ou interface réseau** : Permet de décharger le CPU de la gestion des lignes de transmission.
- **Modem** : Les équipements distants sont connectés au contrôleur de communication par des équipements modems (Modulateur – Démodulateur) qui convertissent les informations binaires en analogique et vice-versa, pour permettre la transmission sur les lignes de communication.

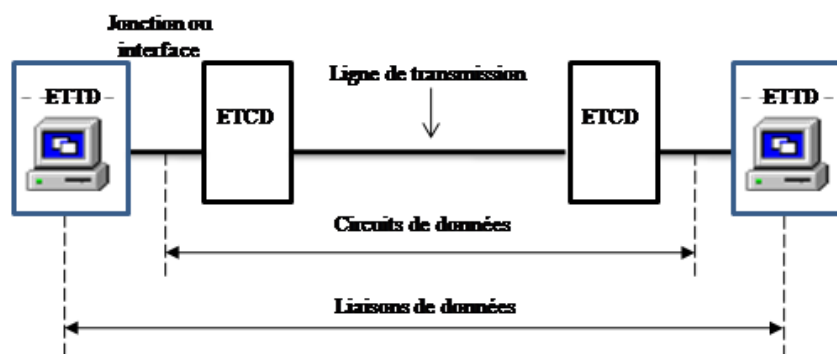


Fig.10 – Communication entre deux ETCDs.

6.3. Equipements d'interconnexion

Ils assurent la connexion entre deux ou plusieurs équipements terminaux. On distingue :

- **Les multiplexeurs** : partagent statiquement les lignes entre plusieurs ETTD.
- **Les concentrateurs** : partagent dynamiquement les lignes de transmission.
- **Les commutateurs** : font de la commutation de données. Lors de la connexion entre deux machines distantes, la commutation de données désigne les techniques utilisées pour acheminer les données de bout en bout.
- **Les routeurs** : permettent de relier de nombreux réseaux locaux de telle façon à permettre la circulation de données de manière optimale. Ce sont des machines clés d'Internet, qui permettent de choisir le chemin qu'un message va emprunter.
- **Les passerelles (Gateways)** : ce sont des systèmes matériels et logiciels permettant de faire l'interface entre deux protocoles différents. Lorsqu'un utilisateur distant (exemple : connexion à Internet par RTC) contacte un tel dispositif, celui-ci examine sa requête. Si celle-ci correspond aux règles que l'administrateur réseau a définies, la passerelle crée un pont logique entre les deux réseaux.

7. Supports physiques de communication

Ce sont des éléments permettant de faire circuler les informations entre les équipements de transmission. Différents types de supports peuvent être utilisés:

7.1. Les supports filaires

Permettent de faire circuler une grandeur électrique sur un câble généralement métallique. On distingue:

- **Les câbles coaxiaux** : Sont constitués d'un câble de cuivre séparé, par un isolant, d'un conducteur externe en treillis (Fig.11). Les câbles en bande de base permettent des transmissions digitales à des vitesses de l'ordre de 10 mégabits par seconde (Mb/s) sur quelques centaines de mètres. Les câbles large bande sont utilisés pour les transferts analogiques (ex. signaux de télévision). Des plages de fréquences distinctes peuvent être réservées pour la transmission simultanée des sons, des images et des données. Ils nécessitent des amplificateurs permettant de renforcer périodiquement les signaux analogiques.
- **Les paires torsadées** : Sont les plus connues du fait de leur utilisation en routine pour les transmissions téléphoniques. Elles sont constituées de deux fils de cuivre isolés et enroulés en

spirale (Fig.12) et permettent aussi bien des transmissions analogiques que digitales. Des débits de quelques mégabits sur des distances de plusieurs kilomètres sont possibles.



Fig.11 – Câble coaxial (*coax* en abrégé). (a) Constitution. (b) Fiche mâle et fiche femelle.

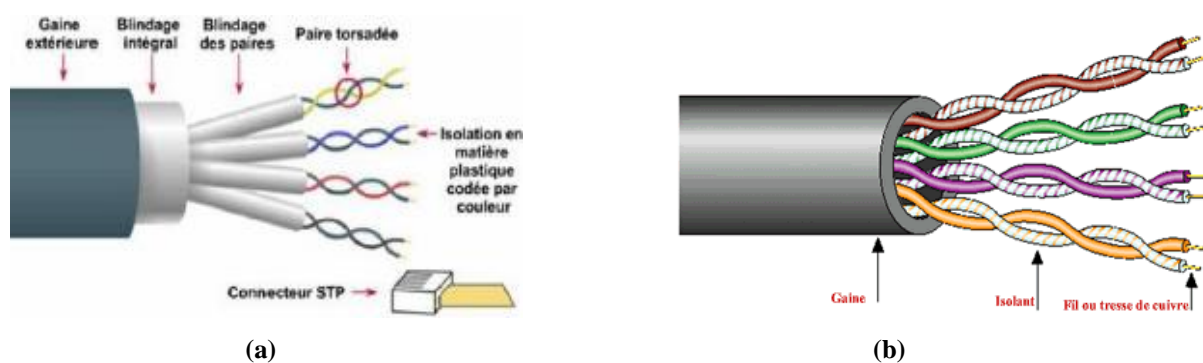


Fig.12 – Paires torsadées. (a) Blindées. (b) Non blindées.

7.2. Les supports optiques ou réseaux en fibres optiques

Ils utilisent les vibrations lumineuses pour transmettre les informations. Ils Nécessitent :

- **un émetteur** (source) **de lumière** qui peut être une diode électroluminescente, une diode à infrarouge ou les Lasers utilisés pour la fibre monomode.
- **un guide cylindrique** (support physique de transmission) en fibres de verre.
- **un récepteur** (détecteur) **de lumière** capable de générer des impulsions électriques (photodiode ou phototransistor).

Les réseaux en fibres optiques peuvent assurer des débits de l'ordre de 100 Mb/s sur une distance d'un kilomètre. Ils ne sont pas sensibles aux interférences électromagnétiques et permettent des communications plus rapides mais aussi plus sûres.

7.3. Les supports aériens

Dans ce cas, le support de transmission est immatériel (pas de support physique entre deux extrémités du réseau). Les supports utilisés sont l'air ou le vide. Peuvent se faire au moyen de rayons infrarouges, de faisceaux lasers ou d'ondes radio. Deux tours de 100 mètres de hauteur peuvent échanger des données à 100 km de distance. La plupart des transmissions par micro-ondes radio utilisent des fréquences très élevées (de 2 à 40 GHz).

7.4. Transmission par satellites

Les liaisons hertziennes sont difficilement utilisables pour les longues distances, car cela nécessite des relais ; d'où l'utilisation des satellites. Un satellite comporte plusieurs répéteurs ou transpondeurs ; chacun reçoit un signal dans une bande de fréquence donnée et le ré-amplifie puis le retransmet dans une

autre bande de fréquence. Bien que les communications se fassent à la vitesse de la lumière, le délai entre l'émission et la réception d'un message est de ce fait significatif, de l'ordre de 250 à 300 ms. Par contre, la transmission par satellite permet des débits importants, de l'ordre de 50 Mb/s.

8. Archivage

Les systèmes d'archivage actuellement présentés n'ont pas changé de nature technologique mais sont de plus en plus performants, en termes de capacité et de vitesse d'accès.

- Les supports de stockage à accès rapide ou à court terme (quelques jours à quelques semaines) : ils sont généralement toujours proposés sous disques RAID (Fig.13) (de 9 Go à 220 Go) éventuellement dupliqués (temps d'accès courts et technique de sécurisation).
- Les supports de stockage de deuxième niveau (moyen terme ou environ 1 an) : les disques magnéto optiques tendent à être de plus en plus remplacés par les dispositifs à bande magnétique (DLT) et les CD-ROM (eux-mêmes bientôt remplacés par les DVDR). Ces supports sont généralement mis en place et accessibles dans des mémoires de grande capacité ou à poste fixe pour permettre la disponibilité, en ligne, de grands volumes de données (114 disques = 1 à 6 Téraoctets).
- Les supports de stockage de troisième niveau (long terme ou environ 5 ans) : dans ce cas il faut des bibliothèques de bandes magnétiques de capacité avec des valeurs typiques de 720 Go à 23 To.

Enfin pour l'archivage l'image doit, au préalable, être compressée dans un format standard afin d'être archivée en respectant des impératifs médico-légaux et réglementaires.

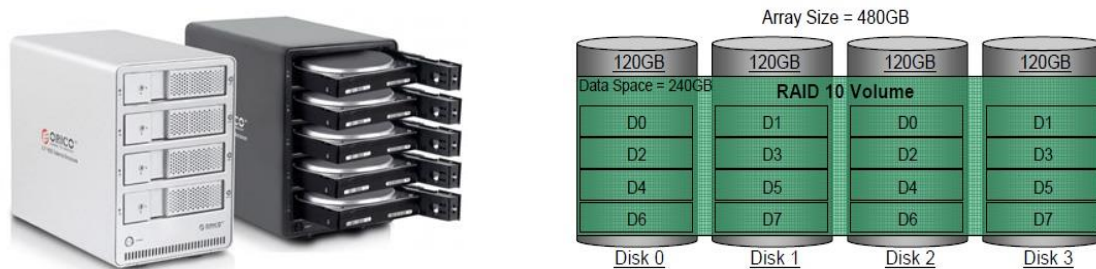


Fig.13 – Modèles de disques RAID.

Références

- [1] N. SALMI et A. ABDELLI, "Réseaux et Télétraitements", *Collection Les manuels de l'étudiant*, Ed. Pages Bleues Internationales, Avril 2012.
- [2] "Chap. III- Réseaux de transport et d'archivage de l'information médicale", *Cours INFMED, UCL, Département d'Electronique*, 2014-2015.
- [3] C. SERVIN, "Réseaux et Télécoms", *Cours et exercices corrigés*, ED. Dunod, Paris 2003.
- [4] W. PUECH, "Classification des réseaux", Centre universitaire de formation et de recherche de Nîmes