

## Chap. I Généralités

### A. Architecture des réseaux

Une communication réussie entre des hôtes sur un réseau nécessite une interaction entre de nombreux protocoles différents. Un groupe de protocoles associés entre eux et nécessaires à une fonction de communication est appelé suite de protocoles. Ces protocoles sont implémentés dans les logiciels et le matériel qui se trouvent sur chaque hôte et périphérique réseau.

Le transport des données d'une extrémité à une autre d'un réseau nécessite un support de communication physique ou hertzien.

**Les supports réseaux :** Les réseaux utilisent principalement trois types de supports pour interconnecter des périphériques et fournir le chemin par lequel des données peuvent être transmises :

- Fils métalliques dans des câbles
- Fibres de verre ou optiques de plastique (câbles en fibre optique)
- Transmission sans fil

Le codage du signal qui doit se produire afin de transmettre le message diffère selon le type de support.

- Sur des *fils métalliques*, les données sont codées *en impulsions électriques*.
- Les transmissions par *fibre optique* s'effectuent via des *impulsions de lumière*, dans des plages de lumière infrarouges ou visibles.
- Dans les transmissions *sans fil*, des modèles *d'ondes électromagnétiques* illustrent les différentes valeurs de bit.

Les critères de choix d'un support réseau sont :

- la distance sur laquelle les supports peuvent transporter correctement un signal ;
- l'environnement dans lequel les supports doivent être installés ;
- la quantité de données et le débit de la transmission ;
- le coût des supports et de l'installation.

Pour réduire la complexité de connexion, la plupart des réseaux sont organisés en séries de couches ou niveaux, chacune étant construite sur la précédente.

Le nombre de couches, leur nom et leur fonction varient selon les réseaux. Cependant, dans chaque réseau l'objet de chaque couche est d'offrir certains services aux couches plus hautes sans qu'elles aient à connaître les détails de l'implémentation de ces services.

La couche '*n*' gère la conversation avec la couche '*n*' d'une autre machine. Les règles et conventions utilisées pour cette conversation sont connues sous le nom de *protocoles* de la couche '*n*'.

L'ensemble des couches et protocoles est appelé *Architecture du réseau*.

Pour que les données arrivent correctement au destinataire, il faut une architecture logicielle chargée du contrôle des paquets dans le réseau. Il existe trois (03) grandes architectures réseaux :

- 1- L'architecture OSI (Open System Interconnexion).
- 2- L'architecture TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) utilisée dans le réseau internet.
- 3- L'architecture introduite par l'UIT-T (Union International des Télécommunication-section Telecommunication) pour l'environnement ATM (Asynchronous Transfer Mode).

## I. Architecture OSI (Open System Interconnexion)

Le modèle OSI constitue le modèle de référence inter- réseau le plus connu. Le modèle OSI est un modèle à 7 couches qui décrit le fonctionnement d'un réseau de communication de paquets. Chacune des couches de ce modèle représente une catégorie de problèmes que l'on rencontre dans un réseau.

En tant que modèle de référence, le modèle OSI fournit une liste exhaustive de fonctions et de services qui peuvent intervenir à chaque couche. Il décrit également l'interaction de chaque couche avec les couches directement supérieures et inférieures.

Découper les problèmes en couches présente des avantages tels que :

- Mettre un réseau en place revient à trouver une solution pour chacune des couches.
- Changer de solution pour une couche sans avoir à tout repenser.

**La couche application (couche 7)** : est la couche supérieure du modèle OSI. Elle est la couche qui sert d'interface entre les applications que nous utilisons pour communiquer et le réseau via lequel nos messages sont transmis. Les protocoles de couche application sont utilisés pour échanger des données entre les programmes s'exécutant sur les hôtes source et destination. Il existe de nombreux protocoles de couche application et de nouveaux protocoles sont constamment en cours de développement (FTP, SMTP, DNS...).

**La couche présentation (couche 6)** : ce niveau se charge de la syntaxe des informations que les applications se communiquent. La couche présentation joue un rôle important dans un environnement hétérogène. C'est un intermédiaire indispensable pour une compréhension commune de la syntaxe des documents transportés sur le réseau. Les différentes machines connectées n'ayant pas la même syntaxe pour exprimer les applications qui s'y effectuent, si on les interconnecte directement, les données de l'une ne peuvent généralement pas être comprises de l'autre. La couche 6 procure un langage syntaxique commun à l'ensemble des utilisateurs connectés. La couche présentation remplit trois fonctions principales :

- **Codage et conversion des données** de la couche application afin que les données issues du périphérique source puissent être interprétées par l'application appropriée sur le périphérique de destination ;
- **Compression des données** de sorte que celles-ci puissent être décompressées par le périphérique de destination ;
- **Chiffrement des données** en vue de leur transmission et **déchiffrement des données** reçues par le périphérique de destination.

**La couche session (couche 5)** : ce niveau a pour fonction d'ouvrir et de fermer des sessions entre utilisateurs. Il est inutile d'émettre de l'information s'il n'y a personne à l'autre extrémité pour récupérer ce qui a été envoyé. Il faut donc s'assurer que l'utilisateur que l'on veut atteindre, ou du moins son représentant (qui peut être une boîte aux lettres électronique) soit présent. Cette couche fournit donc, les services permettant l'établissement d'une connexion, son maintien et sa libération et pour redémarrer les sessions interrompues ou inactives pendant une longue période.

**La couche transport (couche 4)** : ce niveau prend en charge le transport du message de l'utilisateur d'une extrémité à une autre du réseau. Il segmente les données et se charge du contrôle nécessaire au réassemblage de ces blocs de données dans les divers flux de communication. Pour ce faire, elle doit :

- **Effectuer un suivi** des communications individuelles entre les applications résidant sur les hôtes source et de destination ;
- **Segmenter les données** et gérer chaque bloc individuel ;
- **Réassembler les segments** en flux de données d'application ;
- **Identifier** les différentes applications.

**La couche réseau (couche 3)** : ce niveau doit permettre l'acheminement correcte des paquets d'information jusqu'à l'utilisateur final. Pour effectuer ce transport de bout en bout, la couche 3 utilise quatre processus de base :

L'adressage ; l'encapsulation ; le routage ; la dés-encapsulation

**La couche liaison (couche 2)** : permet d'échanger des données via un support local commun. La couche liaison de données assure deux services de base :

- Elle permet aux couches supérieures d'accéder aux supports par des techniques telles que le verrouillage de trame (reconnaitre, lors de l'arrivée des éléments binaires, les débuts et fins de trames).
- Elle contrôle la manière dont les données sont placées sur les supports et reçues des supports par des techniques telles que le contrôle d'accès au support et la détection des erreurs.

**La couche physique (la couche 1)** : fournit le moyen de transporter sur le support réseau les bits constituant une trame de couche liaison de données. Cette couche accepte une trame complète de la couche liaison de données et la code sous la forme d'une série de signaux transmis sur le support local. La transmission de trames sur le support local exige les éléments de couche physique suivants :

- Le support physique et les connecteurs associés
- Une représentation des bits sur le support
- Le codage de données et des informations de contrôle
- L'ensemble de circuits émetteur et récepteur sur les périphériques réseau

L'objectif de la couche physique est de créer le signal électrique, optique ou micro-ondes qui représentent les bits dans chaque trame. Ces signaux sont alors envoyés sur le support individuellement.

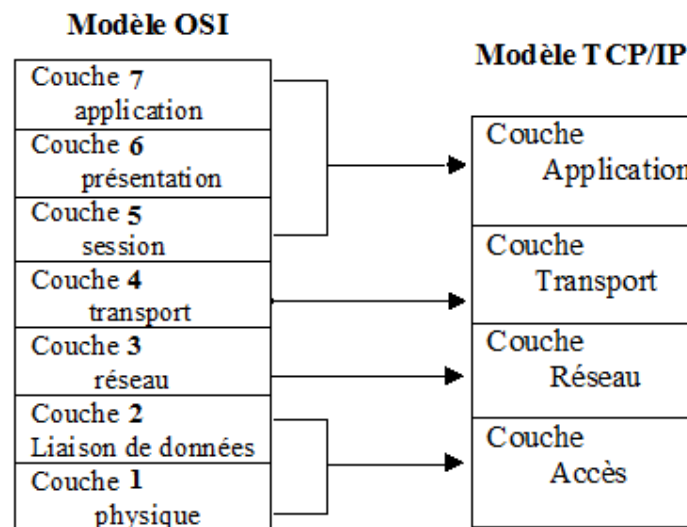
La couche physique doit récupérer les signaux individuels à partir du support, de restaurer leurs représentations binaires et de transmettre les bits à la couche liaison de données sous forme de trame complète.

## II. Architecture TCP/IP (TCP/IP : Transmission Control Protocole / Internet Protocol)

C'est une suite de protocoles utilisé sur Internet. Cette architecture est conçue dans le but de faire communiquer plusieurs machines différentes et incompatibles.

Cette architecture est composée de couches suivantes:

- *La couche Interface réseau (couche physique + couche liaison) Network internet*
- *La couche Internet (couche réseau) : Internet Layer*
- *La couche Transport (couche transport) : Transport Layer*
- *La couche application (couche session + couche présentation + couche application)*



**Figure 1.1 Architecture des réseaux**

**La couche Interface réseau (couche accès):** cette couche est responsable de la transmission des paquets TCP/IP sur le support physique. Elle prend en charge :

- L'acheminement des données sur le support
- Synchronisation de la transmission de données
- Format des données
- Conversion des signaux
- Contrôle des erreurs de transmission

**La couche Internet (couche réseau):** son rôle est de permettre la transmission de paquets ou datagrammes dans n'importe quel réseau et l'acheminement de ces paquets indépendamment les uns des autres jusqu'à destination (routage). Les protocoles les plus importants sont les suivants :

- IP (pour l'adressage, fragmentation et réassemblage)
- ARP (pour la résolution d'adresse)
- ICMP (pour le diagnostic et établissement de rapport d'erreurs suite à la transmission des paquets IP).

**La couche Transport** : permet à des applications s'exécutant sur des machines distantes de communiquer.

Deux protocoles ont été définis :

- TCP (Transmission Control Protocol) est un protocole fiable orienté connexion qui permet la remise sans erreur de paquets.
- UDP (User Datagram Protocol) qui est un protocole non fiable sans connexion. Ce protocole est utilisé pour les applications dans lesquelles le plus important est d'avoir les données à temps, comme la transmission du son ou de l'image (exemple : vidéo conférence)

**La couche application** : Elle contient les applications réseaux permettant de communiquer grâce aux couches inférieures et à un des deux protocoles TCP ou UDP.

Les protocoles de couche application TCP/IP les plus connus sont ceux permettant l'échange d'informations entre les utilisateurs. Ces protocoles spécifient les informations de format et de contrôle nécessaires à un grand nombre de fonctions courantes de communication via Internet. Voici certains de ces protocoles TCP/IP :

- Le protocole HTTP (Hypertext Transfer Protocol) est utilisé pour transférer les fichiers qui constituent les pages du Web.
- Le protocole SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) est utilisé pour transférer les courriels et les pièces jointes.
- Le protocole Telnet, protocole d'émulation de terminal, est utilisé pour permettre un accès distant aux serveurs et aux périphériques réseau.
- Le protocole FTP (File Transfer Protocol) est utilisé pour le transfert interactif de fichiers entre les systèmes.
- Le protocole DNS (Domain Name Service) est utilisé pour traduire les adresses Internet en adresses IP.

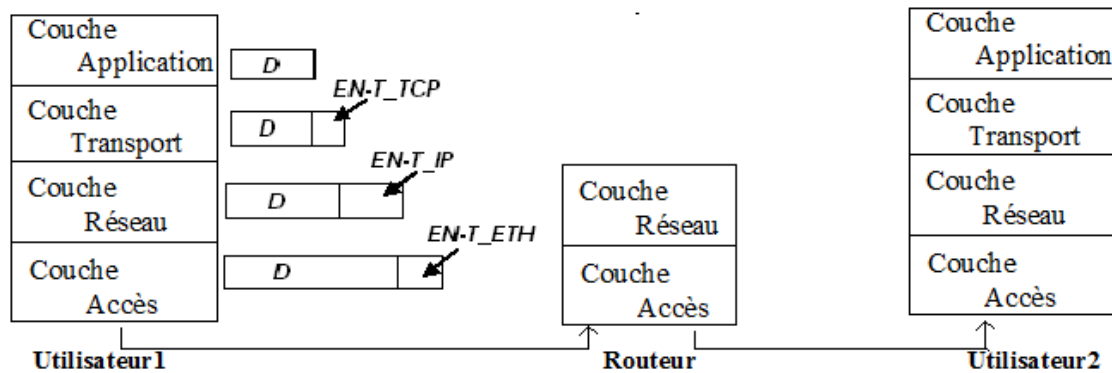
**Remarque** : Les couches du modèle TCP/IP sont désignées par leur nom uniquement, les sept couches du modèle OSI sont plus fréquemment désignées par un numéro.

### **III. Processus de communication (Unité de données de protocole et encapsulation)**

Le modèle TCP/IP décrit la fonctionnalité des protocoles qui constituent la suite de protocoles TCP/IP. Ces protocoles, qui sont implémentés sur les hôtes émetteurs et récepteurs, interagissent pour fournir une livraison de bout en bout d'applications sur un réseau. Un processus de communication complet comprend les étapes suivantes:

- Création de données sur la couche application du périphérique final d'origine.
- Segmentation et encapsulation des données lorsqu'elles descendent la pile de protocoles dans le périphérique final source.
- Génération des données sur les supports au niveau de la couche d'accès au réseau de la pile
- Transport des données via l'inter-réseau, qui est constitué de supports et de périphériques intermédiaires.
- Réception des données au niveau de la couche d'accès au réseau du périphérique final de destination.

- Décapsulation et assemblage des données lorsqu'elles remontent la pile dans le périphérique de destination.
- Transmission de ces données à l'application de destination, au niveau de la couche application du périphérique final de destination.



Avec EN-T\_IP : en-tête IP  
EN-T\_TCP : en-tête TCP  
EN-T\_ETH : en-tête Ethernet

**Figure I.2. Processus de communication**

Lorsque les données d'application descendent la pile de protocoles en vue de leur transmission sur le support réseau, différents protocoles ajoutent des informations à chaque niveau. Il s'agit du processus d'encapsulation.

La forme qu'emprunte une donnée sur n'importe quelle couche est appelée **unité de données de protocole(UDP)**. Au cours de l'encapsulation, chaque couche encapsule l'unité de données de protocole qu'elle reçoit de la couche supérieure en respectant le protocole en cours d'utilisation. À chaque étape du processus, une unité de données de protocole possède un nom différent qui reflète sa nouvelle apparence. Les unités de données de protocoles sont nommées en fonction des protocoles de la suite TCP/IP.

- **Données (Data Unit ou message)** : terme générique pour l'unité de données de protocole utilisée dans la couche application.
- **Segment** : unité de données de protocole de la couche transport.
- **Paquet (Datagram)** : unité de données de protocole de la couche Internet (ou réseau).
- **Trame (Frame)** : unité de données de protocole de la couche d'accès réseau.
- **Bits** : unité de données de protocole utilisée lors de la transmission physique de données à travers le support.

### Acheminement des données jusqu'au périphérique final

Au cours du processus d'encapsulation, des identificateurs d'adresse sont ajoutés aux données lorsque celles-ci descendent la pile de protocoles sur l'hôte source. Tout comme il existe plusieurs couches de protocoles qui préparent les données à la transmission vers leur destination, il existe plusieurs couches d'**adressage** pour garantir leur livraison.

Les protocoles de la **couche 3** ont été principalement conçus pour déplacer des données depuis un **réseau local vers un autre réseau local** au sein d'un inter-réseau.

Tandis que les adresses de la **couche 2** sont uniquement utilisées pour communiquer entre des **périphériques sur un réseau local unique**, les adresses de la couche 3 doivent inclure des identificateurs qui permettent aux périphériques réseau intermédiaires de localiser des hôtes sur différents réseaux.

Dans la suite de protocoles TCP/IP, chaque adresse hôte IP (adresse logique) contient des informations sur le réseau où se trouve l'hôte.

À la limite de chaque réseau local, un périphérique réseau intermédiaire, généralement un routeur, décapsule la trame pour lire l'adresse hôte de destination contenue dans l'en-tête du paquet. Les routeurs utilisent la **partie d'identificateur de réseau** de cette adresse pour déterminer le chemin à utiliser afin d'atteindre l'hôte de destination. Une fois le chemin déterminé, le routeur encapsule le paquet dans une nouvelle trame et l'envoie vers le périphérique final de destination. Lorsque la trame atteint sa destination finale, les en-têtes de trame et de paquet sont supprimés et les données sont transmises à la couche 4 supérieure.

Au niveau de la couche 4, les informations contenues dans l'en-tête d'unité de données de protocole identifient le **processus ou le service** spécifique s'exécutant sur le périphérique hôte de destination qui doit intervenir sur les données en cours de livraison.

Les hôtes (qu'il s'agisse de clients ou de serveurs sur Internet) peuvent exécuter simultanément plusieurs applications réseau (un navigateur Web, un programme de messagerie instantanée, un jeu en ligne). Tous ces programmes qui s'exécutent séparément constituent des exemples de processus individuels.

Les messages instantanés n'apparaissent pas subitement au milieu d'un document de traitement de texte ou d'un courriel qui apparaît dans un jeu. Le fait est que les processus individuels exécutés sur les hôtes source et de destination communiquent entre eux. Chaque application ou service est représenté(e) au niveau de la **couche 4** par un **numéro de port**.

Un dialogue unique entre des périphériques est identifié par une paire de numéros de port source et de destination de la couche 4, qui représentent les deux applications qui communiquent. Lors de la réception des données sur l'hôte, le numéro de port est examiné pour déterminer quel processus ou application constitue la destination correcte des données.

#### IV. Architecture du modèle UIT-T

Le rôle de ce modèle est de prendre en charge les applications multimédias c.à.d. la superposition de la voix, des données et de l'image. Ce réseau doit être capable de remplacer le réseau téléphonique et tous les réseaux spécialisés (TV, Telex, ...) et donc être capable de véhiculer tous les types d'informations. Il permettra *la vidéo à la demande, la télévision à la carte, le courrier électronique multimédia, l'interconnexion de LAN ...*

Cette technologie est l'ATM (Asynchronous Transfer Mode ou technique de transfert asynchrone). L'idée de base de l'ATM est de transmettre l'information dans de petits paquets de taille fixe : *les cellules*.

**Une cellule fait 53 octets : 5 octets d'en tête et 48 octets de données.**

Cette technologie utilise une technique de commutation particulière appelée *commutation de cellules*.

Le modèle UIT-T ne s'intéresse qu'au transport de bout en bout de l'information et non à son traitement aux extrémités du réseau. Il est constitué de trois (03) couches (plus toutes celles que les utilisateurs veulent bien mettre au dessus) :

- La couche prenant en charge le transport des cellules sur un support physique : ATM est conçu pour être indépendant du support de transmission.
- La couche ATM se préoccupant de l'acheminement des cellules de bout en bout : Elle définit le format d'une cellule et le rôle des champs d'en-tête. Elle s'occupe également de l'établissement et du relâchement des circuits virtuels ainsi que du contrôle de congestion.
- La couche AAL (ATM Adaptation Layer : couche d'adaptation à l'ATM) : cette couche permet aux utilisateurs d'envoyer (ou de recevoir) des paquets plus grands qu'une cellule. Cette couche segmente ces paquets, transmet les cellules individuellement et les réassemble de l'autre côté.



## B. Routage et commutation

Il existe une diversité de réseau, incluant des LAN, des MAN et des WAN, de même qu'une grande diversité de protocoles dans chacune des couches. Nous allons nous intéresser aux problèmes qui surviennent lorsque deux ou plusieurs réseaux sont interconnectés pour former un inter-réseau.

Il existe quatre (04) types de connexion entre réseau :

LAN-LAN      LAN-WAN      WAN-WAN      LAN-WAN-LAN

Dans chacun des cas, il faut nécessairement insérer un équipement (équipement d'interconnexion) à la jonction de deux réseaux pour prendre en compte les conversions nécessaires des paquets, datagrammes ou trames en transit et de leur permettre de passer aisément d'un réseau à l'autre.

### I. Equipements d'interconnexion

Le nom et la fonction de l'équipement d'interconnexion dépend de la couche dans laquelle s'opèrent les conversions :

- **Le répéteur** : il copie simplement les bits en transit entre deux segments de câbles, il agit dans la couche physique. Un répéteur multiport est appelé **Hub** ou **concentrateur**.
- **Le pont** : il copie et fait suivre les trames entre deux réseaux LAN, il agit dans la couche liaison de données. Un pont multiport est appelé **Switch** ou **commutateur**.
- **Le routeur** : il copie et fait suivre des paquets ou des datagrammes entre des réseaux différents, il agit dans la couche réseau.
- **La passerelle de transport** : elle met en relation les flux de données d'un protocole de couche de transport.
- **La passerelle d'application** : elle réalise l'interconnexion entre application de couches supérieures, elle agit dans la couche application.

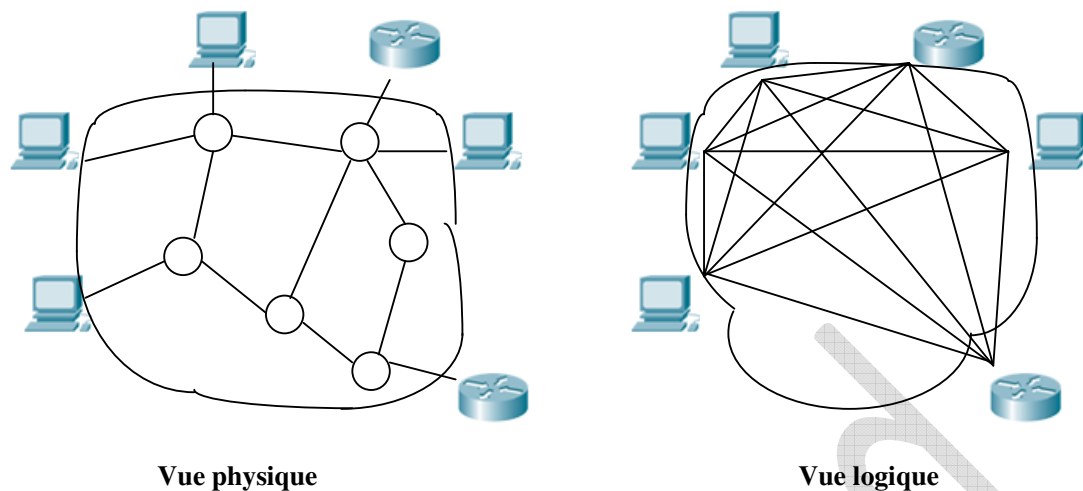
### II. Commutation et routage

Les technologies de transfert de paquets doivent permettre de transférer une trame arrivant dans un nœud vers une ligne de sortie. Les techniques qui permettent ce transfert sont de deux (02) types : le **routage** et la **commutation**.

Le rôle d'un nœud de transfert peut se résumer à trois (03) fonctions :

- Analyse de l'en tête du paquet et sa traduction.
- Commutation ou routage.
- Multiplexage des paquets sur la sortie déterminée.

Le transfert sert à mettre en relation un utilisateur avec n'importe quel autre utilisateur.



**Figure I.3. Un réseau**

La commutation (respectivement le routage) permet l'aiguillage de la communication d'un canal en entrée vers un canal de sortie. Ainsi du point de vue utilisateur, la commutation (resp. le routage) assure l'acheminement des données de bout en bout de manière transparente.

La commutation (et routage) est nécessaire parce qu'il n'est pas concevable de créer autant de liaisons point à point que de paires d'utilisateurs (Figure I.3. vue logique). Il faut donc mettre en œuvre des techniques (techniques de transfert) pour optimiser le partage des ressources (les commutateurs, les circuits de données, ...).

Plusieurs mécanismes sont nécessaires au bon acheminement des données :

- des informations d'acheminement : **l'adressage**
- des techniques de sélection de route : **le routage**
- un trafic fluide : **contrôle de flux et de congestion**

La différence entre un routeur et un commutateur réside dans ce qui est transporté dans le champ d'adresse :

- Une adresse complète dans le premier cas (routeur)
- Une référence dans le second cas (commutateur)

La gestion des tables de routage est plus complexe que celle des tables de commutation, qui sont généralement plus petites, puisque seules les connexions actives sont prises en compte.

Les **commutateurs** acheminent les paquets vers le récepteur en utilisant **des références** (que l'on appelle aussi **des identificateurs** ou **des étiquettes**) **de circuit** ou **de chemin**. En revanche, les **routeurs** utilisent une **table de routage** pour diriger les paquets vers leur destination.

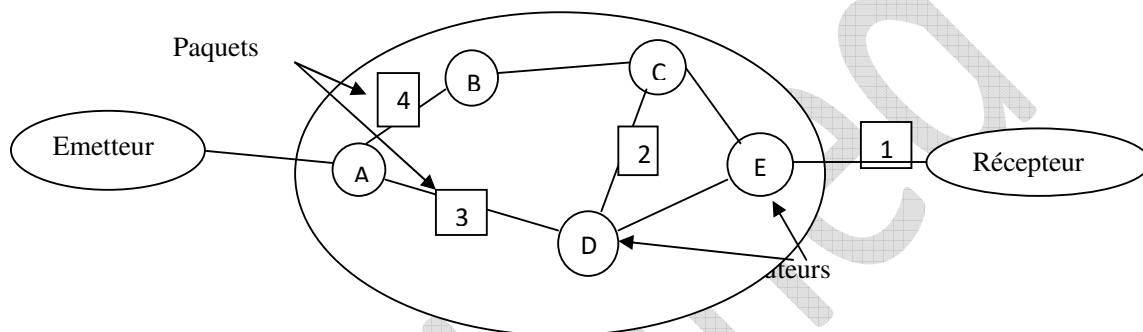
Ces deux possibilités sont différentes : dans la commutation, le chemin que suivent les paquets de nœud en nœud est toujours le même ; alors que, dans le routage, le paquet est routé à l'entrée de chaque nœud grâce à l'adresse complète du récepteur.

Dans un **routeur**, le paquet doit posséder l'adresse complète du destinataire et la décision de router prend du temps : il faut retrouver la bonne sortie de la table de routage et surtout il faut gérer cette table de routage.

Dans un **commutateur**, le paquet ne possède qu'une référence qui indique une file de sortie du nœud, file de sortie qui est toujours la même quelque soit l'état du réseau (en cas de panne, un routage intervient qui demande de redéfinir un nouveau chemin).

Dans le cas du routage:

- les paquets contiennent une adresse destination
- les nœuds sont alors des **routeurs**,
- la table d'acheminement est une **table de routage**,
- la décision d'acheminement est prise par chaque routeur et pour chaque datagramme.

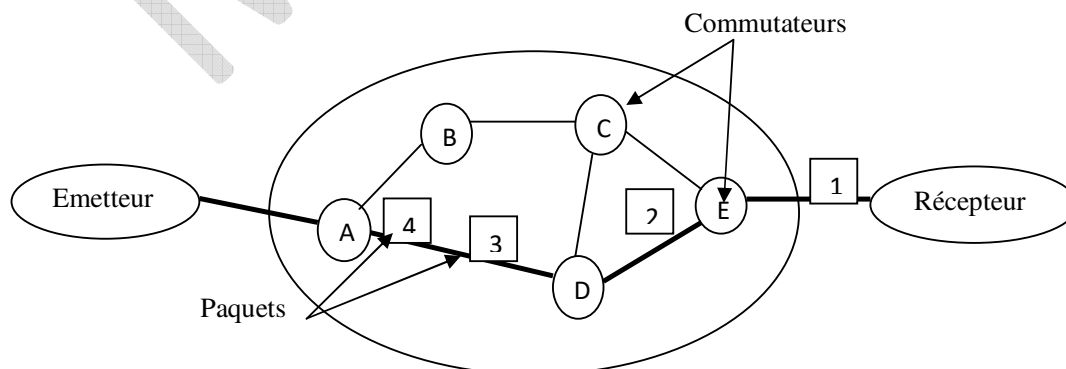


**Figure I.4 Routage**

Où **A, B, C, D** et **E** représentent des équipements d'interconnexion (routeur ou commutateur).  
**1, 2, 3** et **4** représentent les paquets (numérotés selon l'ordre d'émission par la source).

Dans le cas de la commutation:

- un circuit (une suite de nœuds intermédiaires) est établi entre la source et le destinataire.
- les paquets contiennent une étiquette (identifiant) de circuit.
- les nœuds sont considérés comme des **commutateurs**.
- la table d'acheminement est une **table de commutation** construite par une opération de routage. Elle contient un identifiant de flux et la voie à prendre.
- Le circuit ayant préalablement été choisi, un commutateur ne fait que transmettre le paquet au commutateur suivant le long du circuit



**Figure I.5. Commutation**

**Remarque :** Depuis quelques temps, on superpose dans une même boîte un commutateur et un routeur. En effet, certaines applications sont mieux prises en compte par un routage alors que d'autres demande une commutation. *Exemple :* La navigation dans une BD web distribuée au niveau mondial préfère un environnement routé. En revanche, le transfert d'un gros fichier s'adapte mieux à une commutation. Les **routeurs/commutateurs** ont des architectures doubles : une partie routeur, une partie commutateur. Dans cette catégorie on trouve : les **IP-switch**, les **Tag-switch**, les **commutateurs ARIS...**

### III. Les techniques de transfert

Il existe cinq (05) grandes techniques de transfert :

- Les réseaux à commutation de circuits.
- Les réseaux de transfert de message.
- Les réseaux de transfert de paquet.
- Les réseaux à commutation de trames.
- Les réseaux à commutation de cellules.

**Remarque :** le mot **transfert** indique que commutation et routage sont possible tandis que commutation insiste sur le fait que seul un mode commuté existe.

Les réseaux à commutation de circuit ont été les premiers à apparaître (le Réseau Téléphonique Commuté (RTC) en est un exemple). Les commutations de message et de paquets ont pris la succession pour optimiser l'utilisation des lignes de communications dans les environnements informatiques. Enfin, récemment, deux nouveaux types de commutation sont apparus. Ils s'apparentent à la commutation de paquets et ils ont été mis au point pour augmenter les débits sur les lignes et prendre en charge des applications multimédia.

#### 1- Les réseaux à commutation de circuits

Un circuit matérialisé est construit entre l'émetteur et le récepteur. Ce circuit n'appartient qu'aux deux entités qui communiquent. Le circuit doit être établi avant que des informations puissent transiter. Il dure jusqu'au moment où l'un des deux abonnés interrompt la communication.

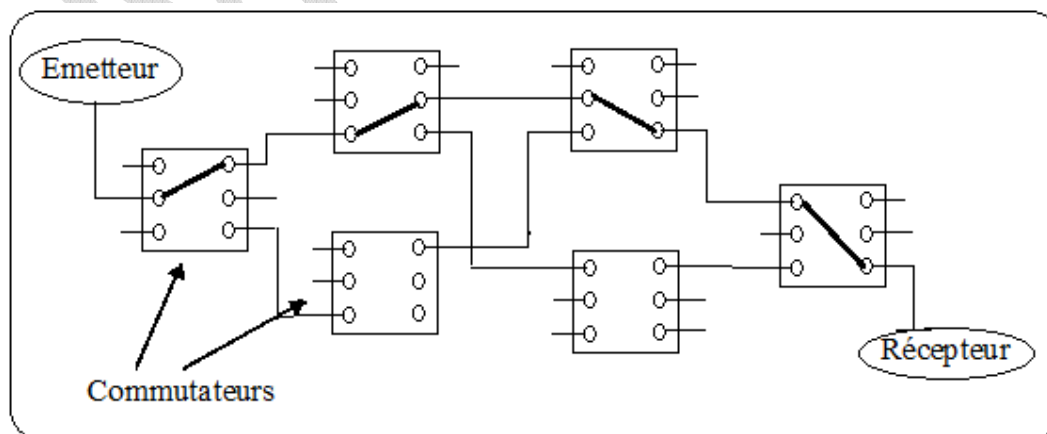


Figure I.6. Commutation de circuit

Si les deux correspondants n'ont plus de données à se transmettre pendant un certain temps, la liaison reste inutilisée. D'où l'idée de concentrer sur une même liaison plusieurs communications pour que le taux d'utilisation des liaisons augmente.

Si de nombreuses communications utilisent une même liaison, une file d'attente va se former. Il va falloir prévoir des zones de mémoire pour retenir les messages en attendant que la liaison soit disponible.

Caractéristiques générales :

- respect du séquençement des données.
- bande passante dédiée garantie.
- débit rapide et constant.
- la source et le destinataire doivent avoir le même débit.

## 2- Les réseaux de transfert de messages

Un message est une suite d'informations formant logiquement un tout pour l'expéditeur et le destinataire (un fichier complet par exemple).

Un réseau de transfert de message est un réseau maillé de nœuds. Le message est envoyé de nœud en nœud de transfert jusqu'au destinataire : il ne peut pas être envoyé au nœud suivant tant qu'il n'est pas complètement et correctement reçu par le nœud précédent.

**Des tampons** aux nœuds intermédiaires sont nécessaires pour mémoriser les messages tant que ceux-ci ne sont pas correctement stockés dans le nœud suivant. Il faut également un **système de gestion** des transmissions qui accuse réception des messages correctement reçus et demande la retransmission des messages erronés. De plus, comme la capacité des mémoires intermédiaires est limitée, il faut introduire un **contrôle sur le flux** des messages pour éviter tout débordement. Des politiques de routage des messages peuvent être introduites pour aider et sécuriser les transmissions : si une liaison tombe en panne, il faut prévoir un autre chemin. Si les messages sont trop longs, ils peuvent être stockés sur disque aux nœuds intermédiaires ; dans ce cas, le temps de réponse de la transmission augmente considérablement.

Pour accélérer la vitesse de transmission et rendre beaucoup plus simples les reprises sur erreurs, le concept de réseau à transfert de paquets est apparu.

## 3- Les réseaux de transfert de paquets

Le paquet est une suite d'informations binaires ne pouvant pas dépasser une valeur fixée à l'avance. Ainsi, les messages des utilisateurs sont découpés en paquets ce qui facilite les retransmissions.

Les principes sont les mêmes que dans les réseaux de transfert de messages mais les blocs d'informations élémentaires sont beaucoup plus courts.

Les paquets sont envoyés indépendamment les uns des autres. Les paquets de plusieurs messages peuvent donc être multiplexés temporellement sur une même liaison.

Le rôle des nœuds est d'aiguiller les paquets vers la bonne porte de sortie, déterminée par une table de routage ou une table de commutation.

Par rapport au transfert de messages, la gestion de blocs d'informations de petites tailles est plus simple, surtout au niveau des reprises sur erreurs. En revanche, un problème apparaît lors du réassemblage des paquets pour reformer le message original : **perte d'un paquet**.

Donc, on gagne en temps de réponse et en performance mais on complexifie l'architecture en ajoutant une couche de protocole supplémentaire.

Caractéristiques générales :

- Les circuits sont partagés, les paquets sont multiplexés par les nœuds.
- Si un lien inter-nœud est occupé, le paquet est mémorisé jusqu'à ce qu'un lien se libère. Une fois le transfert réalisé, le lien est libéré.
- La mémorisation des paquets sur les commutateurs (ou routeurs) requiert de la mémoire et engendre un ralentissement du temps de transfert.
- La charge du réseau peut être répartie.
- Non-respect du séquençement des paquets, problème du réassemblage.
- Pas de réservation de bande passante possible.
- Non adaptée aux applications temps réel.

**Exemple :** Internet est un exemple de réseau à routage de paquets.

**Remarque :** Les protocoles ATM et X.25 demandent aux paquets de toujours suivre la même route. De ce fait, les paquets arrivent dans l'ordre.

#### 4- Les réseaux à commutation de trames

La commutation de trames est une extension de la commutation de paquets.

Dans la commutation de paquets, les commutateurs récupèrent des entités de niveau 3 alors que la commutation de trames traite des entités de niveau 2. Cette approche présente l'avantage de ne remonter qu'au niveau trame au lieu du niveau paquet.

#### 5- Les réseaux à commutation de cellules

La commutation de cellules est une commutation de trames assez particulière : tous les paquets ont une longueur fixe de 53 octets.



**Figure 1.7 Une cellule**

La commutation de cellules a pour objectif de remplacer à la fois la commutation de circuits et la commutation de paquets en respectant les principes de ces deux (02) techniques.