Les Réseaux Informatiques

Chapitre I : Introduction aux réseaux informatiques

I - GENERALITES 1

I - 1. DEFINITIONS 1
I - 2. QU'APPORTENT LES RESEAUX 1
I - 3. VOCABULAIRE DE BASE 1

II - DIFFERENTE TECHNIQUE DE COMMUTATION : 2

III - ARCHITECTURE DES RESEAUX 3

III - 1. MODELE DE REFERENCE OSI 3
III - 2. ARCHITECTURE TCP / IP 4

Chapitre 2 : Couche physique

I – CODAGE DE L'INFORMATION 6

II – NOTION DE TRANSMISSION 6

II – 1. SYSTEME DE COMMUNICATION 6
II – 2. SYSTEME DE COMMUNICATION INFORMATIQUE 6
II – 3. NOTION DE SIGNAL 7
II – 4. SUPPORT DE TRANSMISSION 7
II – 5. NATURE DES LIAISONS DE DONNEES 7

III – MULTIPLEXEURS 8

IV – MOYENS DE TRANSMISSION 8

V – TRANSMISSION DE DONNEE SUR UNE VOIE 8

V – 1. TRANSMISSION SERIE ET PARALLELE 8
V – 2. SYNCHRONISATION 9
a) Transmission asynchrone 9
b) Transmission synchrone 9

VI – DIFFERENTS MODES DE TRANSMISSION 9

VI – 1. TRANSMISSION EN BANDE DE BASE 9
VI – 2. TRANSMISSION LARGE BANDE 9

VII – LES MODEMS 10

VII – 1. LE MODEM EMETTEUR 10
VII – 2. LE MODEM RECEPTEUR 10
VII – 3. NORMALISATION DES MODEMS 10
VII – 4. JONCTION MODEM – TERMINAL (ETTD – ETCD) 10

VIII – LE RESEAU TELEPHONIQUE POUR LA TRANSMISSION DE DONNEE 12

VIII – 1. UTILISATION DU RESEAU COMMUTE 12
VIII – 2. LE RNIS 12

Chapitre 3 : Couche liaison de données

I – FONCTION DE LA COUCHE 2 13

II – ORGANISATION DE LA COUCHE LIAISON DE DONNEES 13

III – CONTROLE D'ERREUR 14

IV – PROTOCOLE DE LA LIAISON DE DONNEE 15

IV – 1. DEFINITIONS : 15
IV – 2. PROCEDURE BASEE SUR LE BIT (HDLC) 15

V – LES RESEAUX LOCAUX 16

V – 1. DEFINITION 16
V – 2. NIVEAU 1 ET 2 DES RESEAUX LOCAUX 17

VI - QUELQUES RESEAUX LOCAUX STANDARDS 19

VI - 1. LA FAMILLE DES RESEAUX ETHERNET 19
VI – 2. LES RESEAUX APPLE - TALK 19
VI – 3. LA FAMILLE DES RESEAUX HAUT DEBIT 20

Chapitre 4 : La couche Réseau

I - ROLE DE LA COUCHE RESEAU 21

II – LE ROUTAGE 21

II – 1. LES ALGOS DE ROUTAGE 21
II – 2. ALGORITHMES FIXES 21
II – 3. LE ROUTAGE ADAPTATIF 22

III – CONGESTION DES RESEAUX 23

III – 1. PREVENTION DE LA CONGESTION 23
III – 2. GUERISON DE LA CONGESTION 23

IV – LE PROTOCOLE X25 23

V – LE PROTOCOLE IP (INTERNET PROTOCOL) 23

VI – INTERCONNEXION DE RESEAU 25

Chapitre I

Introduction aux réseaux informatiques

I - Généralités

I - 1. Définitions

- Réseau : C'est un ensemble d'ordinateurs (ou de périphériques) autonomes connectés entre eux et qui sont situés dans un certain domaine géographique.

Suivant la distance qui sépare les ordinateurs, on distingue plusieurs catégories de réseaux :

- Les LAN (Local Area Network) qui correspondent par leur taille à des réseaux intro - entreprises. La distance de câblage est de quelques centaines de mètres. Ces réseaux ont des topologies particulières (voir plus loin).
- Les MAN (Metropolitan Area Network) : qui correspondent à une interconnexion de quelques bâtiments se trouvent dans une ville (Campus).
- Les WAN (Wide Area Network) destinés à transporter des données à l'échelle d'un pays. Ces réseaux peuvent être terrestres (Utilisation d'infra - structure au niveau : câble, fibre, ...) ou satellite (Mise en place d'engins spatiaux pour retransmettre les signaux vers la terre).

On parle aussi de réseaux :

- Homogènes : Tous les ordinateurs sont du même constructeurs : Apple - Talk.
- Hétérogènes : Les ordinateurs reliés au réseau sont de constructeurs divers.
  Ex. : Ethernet.

- Téléinformatique = informatique à distance. C'est une science qui associe les problèmes liés au traitement des données et aux problèmes liés au transport de l'information.

I - 2. Qu'apportent les réseaux

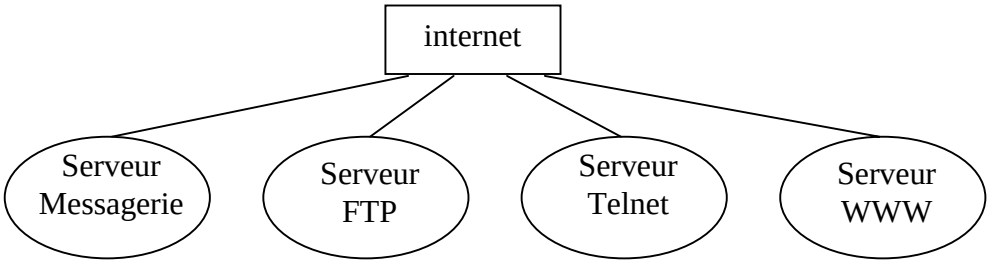
Les Réseaux permettent :

- De partager les fichiers.
- Le transfert de fichier.
- Le partage d'application : compilateur, système de gestion de base de donnée (SGBD).
- Partage d'imprimante.
- L'interaction avec les utilisateurs connectés : messagerie électronique, conférence électronique, Talk, ...
- Le transfert de donnée en générale (réseaux informatiques).
- Le transfert de la parole (réseaux téléphoniques).
- Le transfert de la parole, de la vidéo et des données (réseaux à intégration de services ou multimédia).

I - 3. Vocabulaire de base

- Station de travail : on appelle station de travail toute machine capable d'envoyer des données vers les réseaux (PC, MAC, SUN Terminale X, ...). Chaque station de travail à sa propre carte interface (carte réseau).

- Nœud : c'est une station de travail, une imprimante, un serveur ou toute entité pouvant être adressée par un numéro unique.
  L'unicité de l'adresse est garantie par le constructeur d'une carte réseau qui donne un numéro unique ne pouvant être changé par une personne.
- Serveur : dépositaire centrale d'une fonction spécifique : serveur de base de donnée, de calcul, de fichier, ...



- Paquet : C'est la plus petite unité d'information pouvant être envoyée sur le réseau. Un paquet contient en général l'adresse de l'émetteur, l'adresse du récepteur et les données à transmettre.
- Topologie : organisation physique et logique d'un réseau. L'organisation physique concerne la façon dont les machines sont connectées (Bus, Anneau, Étoile, Maillé, Arborescence, ...). La topologie logique montre comment les informations circulent sur le réseau (diffusion, point à point).

II - Différente technique de commutation :

Le réseau doit permettre l'échange de messages entre les abonnés quelle que soit leur localisation.

Définition : La commutation rassemble toutes les techniques qui réalise la mise en relation de 2 abonnés quelconques.

Il existe 4 techniques de commutation :

- Commutation de circuits (ex. : le téléphone). Un chemin physique est établi à l'initialisation de la communication entre l'émetteur et le récepteur et reste le même pendant toute la durée de la communication.
  Si les deux correspondants n'ont pas de données à transmettre pendant un certain temps, la liaison restera inutilisée. L'idée est de concentrer plusieurs correspondants sur une même liaison. Dans le cas où les communications seraient nombreuses, il faut prévoir des mémoires pour stocker des informations en attendant que la liaison soit disponible.
- Commutation de messages : Un message est un ensemble d'information logique formant un tout (fichier, mail) qui est envoyé de l'émetteur vers le récepteur en transitant nœud à nœud à travers le réseau. On a un chemin logique par message envoyé. Le message ne peut être envoyé au nœud suivant tant qu'il n'est pas reçu complètement et sans erreur par le nœud actuel.

Remarque : La commutation de message nécessite la mise en place d'algorithmes de routage.

- Commutation de paquets : optimisation de la commutation de message qui consiste à découper les messages en plusieurs paquets pouvant être acheminés plus vite et indépendamment les uns des autres. Cette technique nécessite la mise en place de la numérotation des paquets.

Remarque : Technique très utilisé sans les réseaux d'ordinateurs transfèrent des données tel que le réseau Transpac.

- Commutation de cellule : commutation de paquets particulière. Tous les paquets ont une longueur fixe de 53 octets (1 paquet = 1 cellule de 53 octets).
  C'est la technique utilisée dans les réseaux ATM où un chemin est déterminé pour la transmission des cellules.

Commutation de cellule = superposition de 2 types de commutation : - commutation de circuit - commutation de paquets.

- Mode connecté : Demande explicite de connexion et de déconnexion.
- Mode non connecté : Pas de demande de connexion.

III - Architecture des réseaux

Pour assurer la connexion d'une machine, il faut réunir les supports physiques - Mais pour s'assurer du bon transfert de l'information avec une qualité de service suffisante, il faut prévoir une architecture logicielle.

Si on dispose de n machines, il faut $\frac{n.(n-1)}{2}$ interfaces de communications différentes.

Une normalisation de l'architecture logicielle s'impose. Deux grandes familles d'architectures se disputent le marché. La première provient de l'ISO et s'appelle OSI (Open System Interconnection).

La deuxième est TCP / IP. Une 3ème Architecture plus récente est UIT - T (Union Internationale des Télécommunications).

Il s'agit de l'adaptation du modèle OSI pour prendre en compte les réseaux haut - débit (réseau ATM).

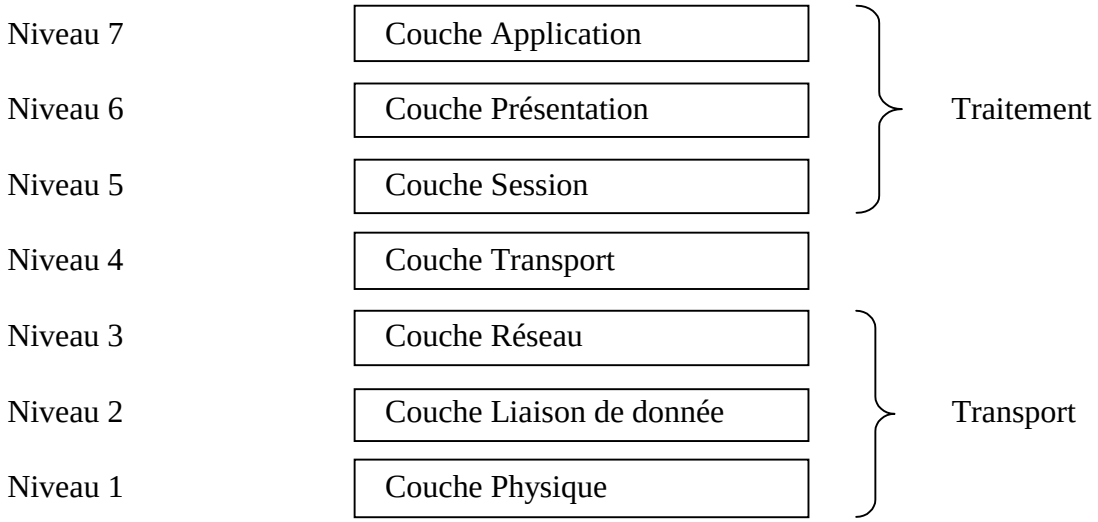
III - 1. modèle de référence OSI

L'ISO a défini une architecture logicielle formée de 7 couches.
Intérêt : Bien séparer les problèmes.
Fonctionnement : Chaque couche (n) offre un certain nombre de services à la couche (n+1) en déroulant un protocole uniquement défini à partir des services fournis par la couche (n-1).

Le concept de l'OSI nécessite la compréhension de 3 concepts.
1. Le service (N)
2. Le protocole (N)
3. Le point d'accès à un service (N-SAP)

- Service (N) : Ensemble d'événements et primitives pour rendre au niveau (n-1)
- Protocole (N) : Ensemble de règles nécessaires pour le service (N) soit réalisé
- N-SAP : Point situé à la frontière entre les couches (n) et (n+1).

L'architecture OSI est schématisée comme suit :



- Couche physique : Assure le transfert de bit. Ce niveau rassemble les propriétés qui spécifient les caractéristiques mécaniques, électriques et fonctionnelles des circuits de données.
  On trouve dans cette couche :
  - L'étude des interfaces de connexion (fonction) : interface analogique V24 et numérique X21.
  - L'étude des modems
  - Les multiplexeurs et concentrateurs
  - Les nœuds de commutation.

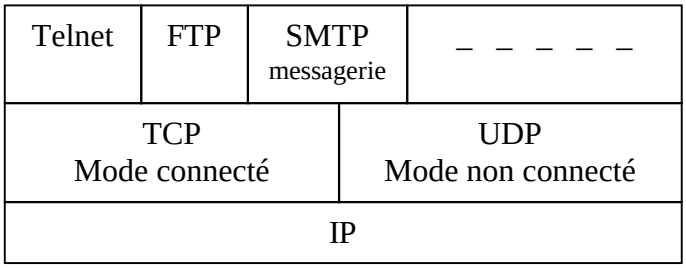
  Interface standard vue en cours (V24).
- Couche liaison de données : Responsable de l'acheminement d'unités de données appelées trames en assurant la meilleure qualité de transmission possible. Une **trame** est une suite structurée de bits. Protocole standard : HDLC (High Data Level Link Control).
- Couche réseau : Transporte des unités de données de taille fixe appelés paquets. Exemple de protocole standards : X25 et IP.
- Couche transport : Transporte des unités de données appelées messages.

Protocole TCP et UDP et TCP / IP.

III - 2. Architecture TCP / IP

La défense américaine devant le fonctionnement des machines utilisant des protocoles de communication différente et incompatible à décider de définir sa propre architecture. Ces protocoles représentent aussi comme l'architecture OSI sous la forme d'une architecture en couches.

C'est l'architecture TCP / IP :



IP : Internet Protocol : protocole de niveau réseau assurant un service sans connexion.
TCP : Transmission Control Protocol : niveau transport (niveau 4) qui fourni un service fiable en mode connecté.
UDP : User Datagram Protocol : niveau transport en mode non connecté.
FTP : File transfert Protocol.
SMTP : Simple Mail Tranfert Protocol.
Telnet : Protocol de gestion de Terminal Virtuel (permet d'obtenir les logiciels d'un autre ordinateur grâce au réseau).

Chapitre 2

Couche physique

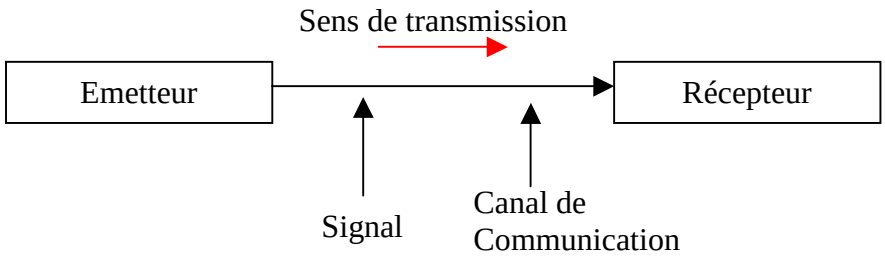
I – Codage de l'information

Les réseaux de données ont pris naissances dans la numérisation des informations. Le codage des informations par des 0 et des 1. Plusieurs codes normalisés existent. Les principaux codes sont : le code ASCII, le code EBCDIC et Télégraphique.

II – Notion de transmission

Une fois le codage des données, il faut transmettre ses bits sur le réseau.

II – 1. Système de communication

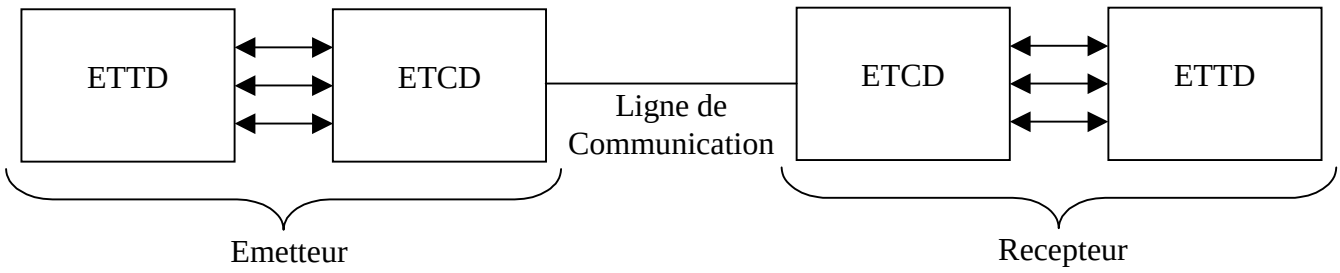


Problème de la transmission :
Trouver une bonne transformation de l'information de signal tel que le canal soit capable de le propager correctement.

II – 2. Système de communication informatique

Dans le cas de système informatique, l'information à transmettre est une suite de bits et les éléments composants le bipoint du système sont :

- Les ETTD (Equipement : Terminaux de traitement de donnée, Ordinateurs, PC, imprimante, …).
- Les ETCD (Equipement Terminal de circuit de Donnée) : Equipements permettent de transformer les bits en signaux (modem).



II – 3. Notion de signal

Un signal est une grandeur physique qui évolue au cours du temps : grandeur électrique (intensité, tension) ou une onde électromagnétique.
Mathématique : $y(t) = A \cdot \sin(\omega t + \Phi)$

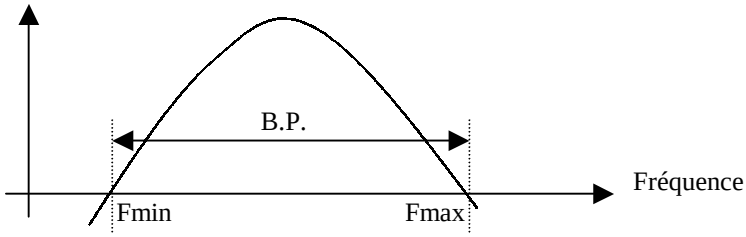
II – 4. Support de transmission

Les caractéristiques des supports de transmission (débit, taux d'erreurs) dépendent de la bande passante, de l'affaiblissement du signal … etc,
et de la façon d'utiliser le support pour transmettre des données (multiplexage ou non, …).

- Bande Passante :

La bande passante d'une voie est la plage de fréquence sur laquelle la voie est capable de transmettre des signaux sans que leur affaiblissement soit trop important.

Rapport d'affaiblissement :



- Courbe d'affaiblissement

Valeur du rapport d'affaiblissement en fonction de la fréquence.

Le rapport d'affaiblissement $= \dfrac{\text{Amplitude du signal reçu}}{\text{Amplitude du signal émis}}$

- Capacité d'une voie

Quantité d'information pouvant être transmise en une seconde. S'exprime en bit/s. Voir aussi la notion de bauds, liées à la valence.

- Longueur élémentaire d'une voie

Longueur (en mètres) au-delà de laquelle le signal doit être amplifié ou répété pour être correctement reçu.
La longueur élémentaire est plus important dans le cas de la fibre optique que dans le cas du coaxial.

- Temps de transfert

Durée qui sépare le début d'émission de la fin de réception :
$T_{transfert} = T_{émission} + T_{propagation}$.

- Taux d'erreur

Probabilité de perte ou d'altération d'une information (1 bit). On peut la mesurer en calculant pendant un temps significatif le rapport du nombre de bits erronés sur le nombre de bits émis.

II – 5. Nature des liaisons de données

- Différent mode de liaison

- Simplex : Transmission dans un seul sens.
- Semi – Duplex : Transmission dans les 2 sens mais alternativement.
- Duplex : Transmission dans les 2 sens simultanément.

- Configuration des liaisons de données

➢ Liaison point à point : Deux ETTD reliés. Une suite de liaisons point à point forme un anneau.
➢ Liaison multi – point : La même liaison est partagée entre plusieurs ETTD.

III – Multiplexeurs

Lorsque plusieurs circuits de données existent, il est intéressant de concentrer les données transmises sur des voies de basse vitesse (BV) sur un seul circuit de donnée à plus fort débit (HV). Multiplexeurs et concentrateurs réalisent cette opération.

➢ Multiplexage en fréquence : Chaque voie BV conserve sa BP sur la voie HV.
  ⇨ La voie HV doit avoir une capacité suffisante pour absorber toutes les données provenant des voies BV.
➢ Multiplexage temporel : Suit le même mécanisme, mais au lieu de diviser la voie HV en fréquences, on découpe le temps en tranches affectées régulièrement à chaque voie.

IV – Moyens de transmission

Les principaux supports utilisés : métalliques, ondes, fibres optiques.

- Support métallique : reposent sur la propriété de conductivité électrique des métaux (cuivre, bronze, …).
  ⇨ Paire de fils torsadés.
  ⇨ Câble coaxial : – câble fin (Eternet fin) – gros câble (gros Eternet).
- Fibre optique : la transmission se fait par propagation d'un rayon lumineux dans une fibre de verre.
- Hertzienne : Utilise des ondes radio – électriques. La propagation se fait par ligne droite (radio, télé, …) pour permettre des liaisons grandes distance, on utilise des satellites.
  ⇨ Avantages : liaison grande distance. Pas de câblage.
  ⇨ Inconvénients : affaiblissement des signaux et le temps de propagation est de 260 ms pour un aller – retour.

V – Transmission de donnée sur une voie

V – 1. Transmission série et parallèle

La transmission de bit peut – être faite de deux manières :

⇨ En parallèle : Transmission de plusieurs bits simultanément (bus d'un micro de 8 ou 16 bits). Plusieurs communication simultanément.

⇨ En série : Les bits sont transmis séquentiellement les un après les autres.

V – 2. Synchronisation

a) Transmission asynchrone

- Les caractères sont transmis de façon irrégulière (clavier, …).
- L'intervalle entre 2 caractères est aléatoire.
- Le début du message peut arriver à n'importe quel moment.

Mais il faut reconnaître le début et la fin d'un caractère pour permettre la synchronisation bit intra caractère. Ce qui se fait par l'ajout des start – bit et stop – bit.
Les avantages de la transmission asynchrone :
– Simple à mettre en œuvre,
– Peu coûteuse,
– Débit limité.

b) Transmission synchrone

Les bits sont émis de façon régulière sans séparation entre les caractères. Pour cela, émetteur et récepteur possèdent une horloge bit de même fréquence.

VI – Différents modes de transmission

VI – 1. Transmission en bande de base

⇨ Il n'est pas nécessaire de moduler le signal après codage.
⇨ Le signal émis sur la ligne est celui obtenu après le codage.
⇨ L'intérêt de ce codage est le coût peu élevé.

Remarque :
Les signaux bande de base sont sujets à une atténuation dont l'importance dépend du support. Ils doivent être régénérer périodiquement, en utilisant des répéteurs.

- Répéteur : Mémorise une fraction de seconde les signaux avant de le retransmettre sur la ligne sortante.
- Différents codages : voir TD (code NRZ, biphase de Manchester, biphase différent, …).

VI – 2. Transmission large bande

Pour transmettre la transmission longue distance, on module une onde porteuse sinusoïdale.
Mathématiquement, elle est de la forme :

$s(t) = A \cdot \sin(\omega.t + \Phi)$

ou $s(t) = A \cdot \sin(2\pi f.t + \Phi)$

A : Amplitude
f : Fréquence
ω : Pulsation
Φ : Phase initiale

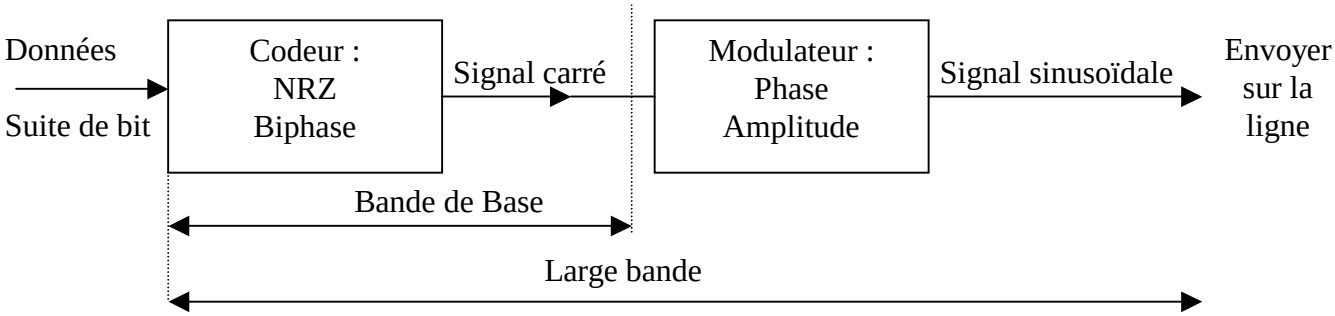
Les types de modulation :

⇨ Modulation d'amplitude : Le signal est modulé en faisant varier l'amplitude.
$s(t) = A(t) \cdot \sin(\omega.t + \Phi)$
⇨ Modulation de fréquence :
$s(t) = A \cdot \sin(2\pi f(t).t + \Phi)$
⇨ Modulation de phase :
$s(t) = A \cdot \sin(2\pi f.t + \Phi(t))$

VII – Les modems

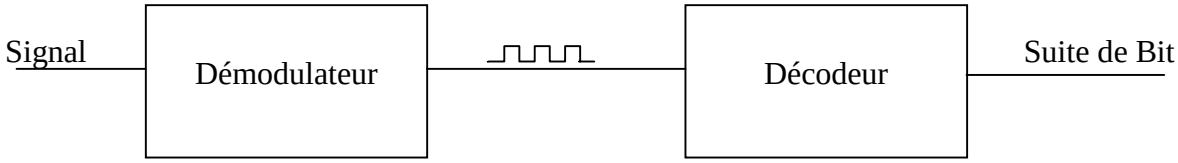
VII – 1. Le modem émetteur

Transforme les données à émettre en un signal adapté à la ligne.



Remarque :
Dans la transformation en bande de base, l'appareil transforment les données .
Ne fais pas de modulation. Dans ce cas, on l'appelle plutôt "transceiver" ou transmetteur.

VII – 2. Le modem récepteur



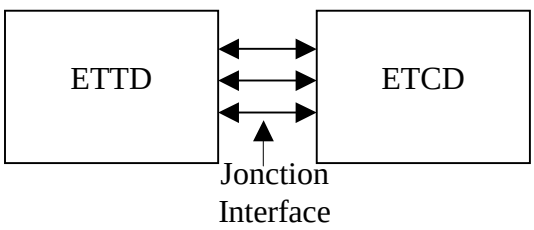
VII – 3. Normalisation des modems

Les modems et les interfaces sont normalisés ce qui assure une bonne compatibilité entre les équipements.

Le classement des modems se fait en fonction des critères suivants:
- Technique de transmission : bande de dase, large bande.
- Débit : 300 bit/s, 600 bit/s, …, 1200 bit/s.
- Support de transmission : réseau commuté, ligne spécialisé, ligne semi-duplex et duplex.
- Méthode de synchronisation : asynchrone, synchrone.
- Format de l'appareil : Boitier indépendant, carte à insérer dans un ordinateur.

Il en résulte plus d'une vingtaine de modems normalisés.

VII – 4. Jonction modem – Terminal (ETTD – ETCD)



Pour accéder à un circuit de donnée, il faut réaliser les étapes suivantes :
- Etablissement du circuit (si la ligne n'est pas affectée en permanence).
- Initialisation (adapter le modem à la ligne).
- Transmission des données.
- Libération de circuit.

- Avis V24

Cette interface définit la séquence logique des opérations éffectuées à la jonction ETTD – ETCD en décomposant celle – ci en autant de fils, de fonction d'échanges à réaliser. Les différents circuits sont numérotés.

Ex. : Dans la série 100 les principaux circuit numérotés :

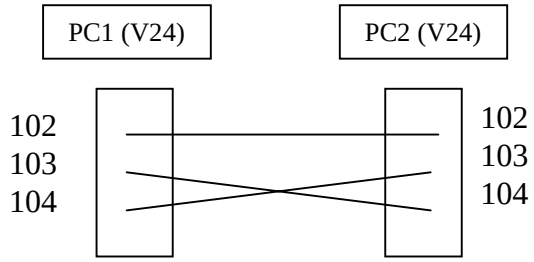
102 => Masse
103 => Emission de donnée
104 => Réception
105 => Demande pour émettre
106 => Prêt à émettre
108 => Réception prêt

- Application

Connextion de deux PC sans modem. On veut donc réaliser une connexion directe ETTD – ETTD.

V24 croisé

Null Modems



<u>Algorithme:</u>

```
Procédure – Emetteur (Message)
|       Pour i de 1 à long (Message)
|       |               Faire émettre (Message [i])
|       |               Fait
|       Emetteur (car_fin_de_Message)
Fin

Procédure – Recevoir (Message)
|       Message = ' ';
|       Répeter
|       |       Recevoir (c)
|       |       Si c != car_fin_de_Message
|       |       |       Alors Message <= Message c
|       |       Finsi
|       Jusqu'à c = car_fin_de_message
Fin
```

Les registres de V24 sont :

THR : Registre d'écriture
RBR : Registre de lecture
LCR : Lire Control Register
LSR : Lire Status Register

```
Procédure – Emettre (c)
|       Tant que je ne suis pas autorisée à émettre
|       |       Attendre;
|       Fin tant que
|       Ecrire c dans THR
Fin
```

```
Procédure – Recevoir (c)
|       Tant que je ne suis pas autorisé à lire
|       |       J'attends;
|       Fin tant que
|       C <= contenu du registre RBR
Fin
```

VIII – Le réseau téléphonique pour la transmission de donnée

VIII – 1. Utilisation du réseau commuté

Le réseau commuté peut transmettre des données mais à un débit de 4500 bit/s. Le réseau est accédé depuis l'ETTD via un modem normalisé pour respecter les caractéristiques du réseau.
Interêt : Atteindre des correspondants situés n'importe où. Le coût de communication est environ égale au coût de la communication téléphonique.

VIII – 2. Le RNIS

Réseau Numérique à Intégration de Service.
Le RNIS se caractérise par la distribution jusque chez l'abonner des cannaux déjà présent dans le réseau actuel.

⇨ L'usager a accés non seulement au réseau téléphonique, mais à un réseau de transmission apte à véhiculer le son, l'image et les données.

Principe du RNIS : Accés de base de 144 Kbits et comporte 2 voies de 64 Kbits et 1 voie de 16 Kbits.
Les canaux B permettent de téléphoner tout en envoyant un fichier. Les cannaux sont réservés aux transferts liès aux informations de service.

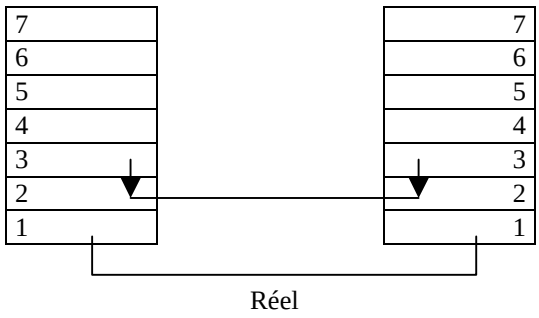
Remarque : Pour accéder aux réseaux numériques, il faut une interface standard de type X21. Pour ne pas jeter les micros munis uniquement de V24, on passe par un convertisseur X21 bis.

Chapitre 3

Couche liaison de données

Des réseaux généraux et des réseaux locaux.

I – Fonction de la couche 2



La couche liaison de donnée assure les fonction suivantes :

- Elle est responsable des transfert sans erreurs des trames => ce qui nécessite l'implantation de code de détection et/ou de correction d'erreurs.
- Elle est responsable du contrôle de flux de protocole en proche (entre deux voisins directs).
- Elle assure le séquencement des informations (numérotation des trames).

Les caractéristiques de la couche liaison de données dépendent :

- Du mode d'exploitation de la ligne / duplex, full duplex, simplex.
- Du mode de détection d'erreurs.
- Du format des trames.
- Du principe d'acquittement utilisé (acquittement : ack).

- L'ack systématique : protocole de type "envoyer – attendre".
- L'ack par anticipation avec rejet simple : on émet un certain nombre de trames sans recevoir d'ack, puis on attend un ack groupé de type :
  a) "la trame n est correcte, envoyer le trame n+1"
     ⇨ ack positif pour toutes les trames i ≤ n.
  b) " la trame j est incorrecte"
     ⇨ ack positif pour toutes les trames < j
     ⇨ ack négatif pour toutes les trames ≥ j et ≤ n.
- L'ack par anticipation avec rejet sélectif : la trame j est incorrecte, seule la trame j doit être réémise.

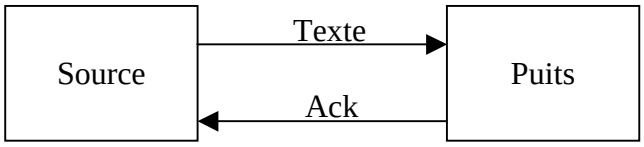
II – Organisation de la couche liaison de données

Le protocole de niveau 2 définit dans quel ordre les trames doivent être échangées : on parle aussi de gestion de tour de parole.

Quelques définitions :

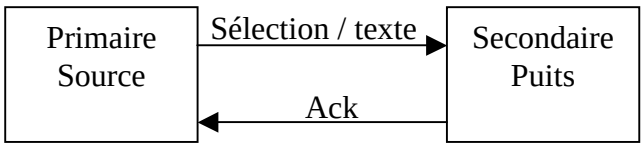
1) Station primaire : station primaire ou permanente responsable de la gestion de la liaison de données.

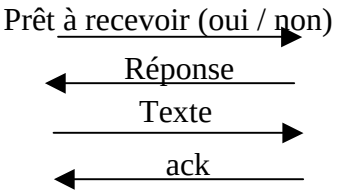
2) Station secondaire : exécute des ordres reçus de la station primaire. La station primaire assure l'allocation de la voie et la supervision de la liaison. En mode commande la liaison est exploitée par l'envoi de commande du primaire vers le secondaire.
Pour le transfert de texte, la station primaire ou secondaire qui est en possession du tour de parole prend l'état de temporaire maître et l'autre devient esclave. Par convention le texte circule de la station source à la station puits.



Il existe plusieurs type de dialogue :

- Invitation à recevoir (type sélection)





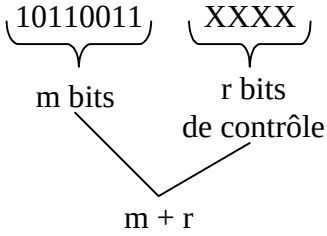
- Invitation à émettre (polling)
- Liaison point à point dissymétrique : transfert bidirectionnel de texte en combinant deux liaisons unidirectionnelles de ses opposées.
  Une liaison se fait en mode sélection et l'autre en mode polling.
- Liaison point symétrique : superposition de deux lignes unidirectionnelles en mode polling.
- Liaison par compétition : chaque station peut émettre de manière indépendante.

III – Contrôle d'erreur

La technique la plus utilisée : code polynomial

Exemple :
Soit une suit de bit à émettre : 10110011
Cette suite de bit correspond à un polynôme : $x^7 + 0.x^6 + x^5 + x^4 + 0.x^3 + 0.x^2 + x^1 + x^0$
$x^7 + x^5 + x^4 + x + 1$

Utilisation du code polynomial pour émettre
On dispose d'un polynôme $G(x) = x^r + \ldots + 1$ appelé polynôme générateur (de degré r).



f (donnée, contrôle) émission
f^{-1} (donnée, contrôle) réception

Soit à émettre les bits 10
$G(x) = x + 1$

1 – Construire le polynôme M(x) associé aux bits de donnée : $M(x) = x$
2 – Je multiplie M(x) par x^r (c'est à dire le nombre de plus haut degré du polynôme générateur).
Ici $M'(x) = M(x) . x = x^2$
3 – Je divise M'(x) par G(x) pour calculer le reste C(x)

$C(x) = 1$

$$\begin{array}{l|l} x^2 & x+1 \\ x^2 + x & \overline{x+1} \\ \quad x+1 & \\ \overline{\quad 1} & \end{array}$$

4 – Soit $P(x) = M'(x) + C(x)$ le polynôme qui correspond à la suite de bits à émettre :
$P(x) = x^2 + 1$ d'où la suite de bits à émettre : 101
$P(x) = M(x) . x^2 + C(x)$

$M(x) . x^2$ } Ou exclusif ⟹

$$\begin{array}{l|l} M(x) . x^2 & G(x) \\ & \overline{Q(x)} \\ C(x) & \end{array}$$

P(x) peut s'écrire :
$(Q(x) . G(x) + C(x)) + C(x) = Q(x) . G(x) + (C(x) + C(x))$
Mais $C(x) + C(x) = 0$
D'où $P(x) = Q(x) . G(x)$
C'est à dire un multiple de G(x).
A la réception, le récepteur divise l'ensemble des bits qu'il reçoit par G(x). Si le reste de la division = 0 alors la trame est correcte sinon elle est rejetée.

IV – Protocole de la liaison de donnée

IV – 1. Définitions :

Un protocole de liaison de donnée = ensemble des règles définissant la construction et la reconnaissance des messages (codage, décodage, structure ou trame, lois de contrôle, …) permettant la détection d'erreurs ainsi que les règles d'initialisation et de fermeture de connexion.
Il existe plusieurs classes de procédure de liaison de donnée :
- Les procédures basées sur le caractère
- Les procédures basées sur le bit

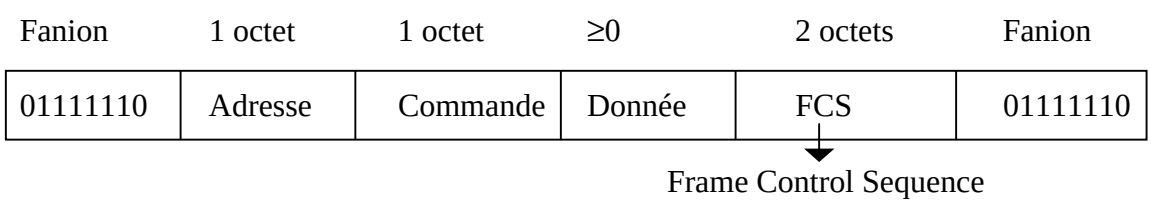
Remarque : Pour des procédures basées sur le caractère : l'élément de base est le caractère => autant de procédure que de codage de caractères (EBCDIC, ASCII).

IV – 2. Procédure basée sur le bit (HDLC)

HDLC est la procédure de liaison de donnée normalisée retenue dans le modèle OSI.

a) Principe : dans HDLC les trames sont considérées comme une suite de bits non structurée en caractère.

b) Structure d'une trame HDLC :



1 flag = 01111110
Il faut s'assurer qu'entre 2 flags, il n'y ait pas un autre flag.
Transparence : a toute émission de bits on applique les opérations suivantes : après cinq 1 consécutifs, on insère un 0 avant d'émettre (entre les fanions).
A la réception, avant de traiter la trame on retire un zéro qui se trouve après cinq 1 consécutifs (entre les fanions).

c) Différentes procédures HDLC
Le protocole HDLC peut être utilisé de différente façons. Un certain nombre de classes ont été normalisée par l'ISO.

Mode SNRM : Mode de réponse normal.
Mode déséquilibré asymétrique dans lequel une station est maître et l'autre esclave. La station secondaire ne peut émettre que sur ordre de la station primaire. Liaison classique entre un terminal et un ordinateur.
Mode SARM : Mode de réponse asynchrone, le secondaire peut émettre sans recevoir d'ordre du primaire, mais c'est le primaire qui est responsable de la gestion de la ligne.
Mode SABM : Mode asynchrone équilibré : chaque station est à la fois primaire (dans le sens de la transmission où elle est émettrice). Les deux stations ont le même statut.

	Codage des commandes (P = 1)					Réponse (F = 1) commande U A			
SNRM	1 1	0 0	P	0 0 1		1 1	0 0	F	1 1 0
SARM	1 1	1 1	P	0 0 0		1 1	1 1	F	0 0 0
SABM	1 1	1 1	P	1 0 0		1 1	1 1	F	1 0 0
DISC	1 1	0 0	P	1 0 0	(déconnexion)	1 1	0 0	F	1 0 0

V – Les réseaux locaux

V – 1. Définition

Un réseau local est une architecture distribuée localisée géographiquement : LAN, MAN.
Caractéristique : faible distance géographique, différent équipement, topologie.

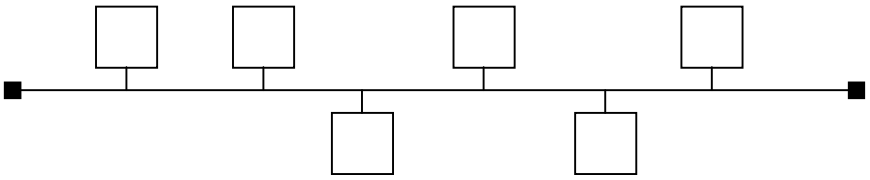
V – 2. Niveau 1 et 2 des réseaux locaux

<table>
<tr><td>Application</td><td></td><td colspan="3" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Présentation</td><td></td></tr>
<tr><td>Session</td><td></td></tr>
<tr><td>Transport</td><td></td><td colspan="3" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Réseau</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Liaison de donnée</td><td>LLC</td><td colspan="3">802.2</td></tr>
<tr><td>MAC</td><td>802.3
CSMA/CD Bus</td><td>802.4
Token Bus</td><td>802.5
Token Ring</td></tr>
<tr><td>Physique</td><td></td><td colspan="3">Physique</td></tr>
<tr><td>OSI</td><td></td><td colspan="3">Réseaux Locaux</td></tr>
</table>

a) Technologie des réseaux locaux

3 topologies : bus, anneau, étoile.

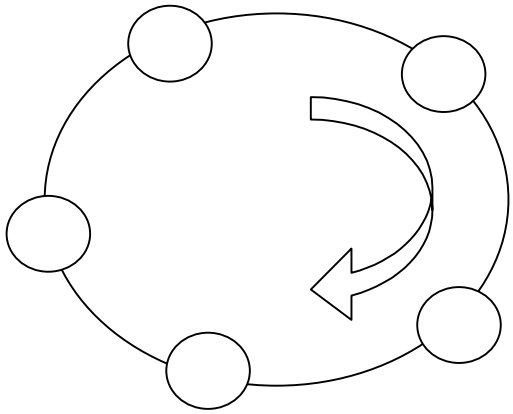
Bus :



Bouchon
Terminal

Anneau :

Utilisation d'un
jeton pour
le dialogue.



b) Niveau 2 des réseaux locaux

Dans les réseaux locaux, on utilise des procédures un peu différentes de HDLC principalement parce qu'il est nécessaire d'assurer en plus des fonctions d'accès au support. Les techniques utilisées restent similaire à celle HDLC.
La couche liaison de donnée des réseaux locaux est divisée en deux sous – couches.

- La sous – couche LLC (L ogical Link Control)
- La sous – couche MAC (Medium Access Control)

La sous – couche MAC à fait l'objet de trois normes :
802.3 : Réseau en bus CSMA/CD
802.4 : Token bus
802.5 : Token ring

c) La norme 802.3 ou CSMA/CD

- Principe :

CSMA/CD est une technique basée sur le principe d'écoute, de compétition et de détection de collision.
CSMA/CD : Carrier Sens Multiple Access / Collision Detected.

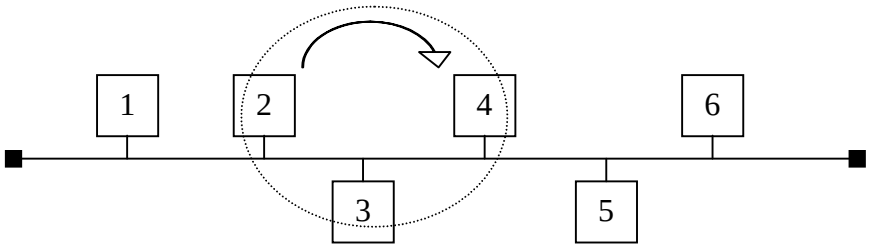
- Algorithme :

Le principe d'accès au support est la compétition : un émetteur utilise la voie dés qu'il est prêt à émettre.
Il ignore donc les autres émetteur.
⇨ Risque de collision.
Pour limiter le nombre de collision, cette technique utilise le principe d'écoute : un émetteur n'émet que s'il n'y a pas de transmission en court.

d) La norme 802.4 : Token Bus

- Topologie physique du réseau, c'est le bus.
- Topologie logique : Anneau.

L'allocation du bus est déterminée par la circulation d'un jeton (droit d'émission). Cette technique a été retenue car elle assure un délais borné pour l'accès au bus.



Anneau virtuel : elles vont parler à tour de rôle.

- Emission : chaque station connaît l'adresse d'une station gauche et d'une station droite.
  Elle reçoit de la station gauche un jeton.
  Quand elle a fini d'utiliser ce jeton (elle a fini de transmettre ses trames).
  Elle passe le jeton à la station de droite. Pour éviter qu'une station ne monopolise le jeton, on utilise un délai de garde.

- Insertion d'une station dans l'anneau : chaque station est identifiée de façon unique par une adresse (adresse constructeur).
  Les stations sont intégrées dans l'anneau dans l'ordre définie par leur adresses.
  Le jeton circule suivant cet ordre.
  Périodiquement, la station qui possède le jeton envoie une trame « sollicite une successeur » en précisent son adresse et l'adresse de son successeur actuel.
  Si une station d'adresse désire intégré l'anneau, et $i < k < j$, l'anneau devient i – k – j - … .
  Si plusieurs station k_1, k_2, … désirent intégrer l'anneau alors il y a risque de collision et le problème sera résolu avec une technique similaire à CSMA/CD.

- Retrait d'une station : Lorsqu'une station sort, il faut qu'elle est le jeton. Lorsqu'une station Q de prédécesseur P et de successeur R désire sortir de l'anneau, elle attend d'avoir le jeton puis émet une trame « set - successor ».
  Pour lui indiquer que son successeur a changé et il devient R.

e) La norme 802.5 : jeton sur anneau

- Topologie physique : anneau
- Topologie logique : anneau

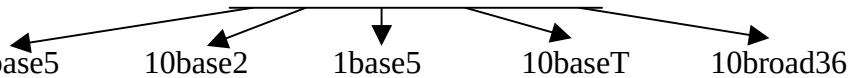
Topologie facile à mettre en œuvre.
L'accès au support, c'est le jeton.

VI - Quelques réseaux locaux standards

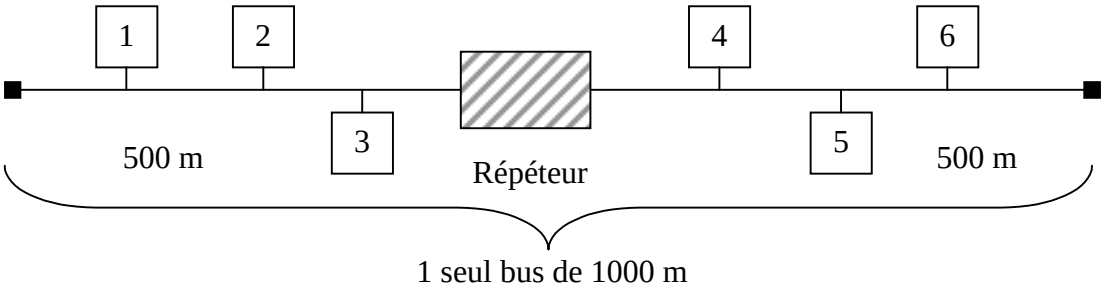
VI - 1. La famille des réseaux éthernet

La norme 802.3 a servi de base au développement de nombreux réseaux locaux. Les différents réseaux sont différent les uns au autres par les caractéristiques de leurs couche physique : type du support, longueur des segments, débit binaire, type de transmission (bande de base, large bande). Certains des réseaux ont été normalisés et sont désignés suivant la normalisation : " D Trans L ".
D : Débit en Mbit/s
Trans : Type de transmission : - Base : bande de base - Broad : Large bande.
L : Longueur élémentaire de segments en centaines de mètres.

Ex. : Norme 802.3 ou CSMA/CD



Exemple : 10 base 5 :
Réseau de la famille Ethernet
10 Mbit/s
Bande de base
Longueur élémentaire 500 m
MAC, CSMA/CD



VI – 2. Les réseaux Apple - Talk

Protocole de niveau MAC = CSMA/CA (a : Collision Avoided)
CSMA/CA : Version optimisée de CSMA/CD dans le sens où l'on essai d'éviter au plus vite les collisions.

VI – 3. La famille des réseaux haut débit

a) Le réseau FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

Réseau à structure en boucle avec un contrôle daccès par jeton utilisant la fibre optique comme support.
Haute performance : 100 Mbit/s
Distance de raccordement : 200 km
Interconnecte jusqu'à 1000 stations
Accès au support : variante de 802.5

b) Fast Ethernet

Le Fast Ethernet est un réseau éthernet à 100 Mbit/s.
La technique d'accès au support est CSMA/CD. La différence réside dans le câble.
Trois sous – norme :
100 base TX : paire torsadée catégorie 5
100 base T4 : paire torsadée catégorie 3,4,5
100 base FX : Fibre optique

Chapitre 4

La couche Réseau

I - Rôle de la couche réseau

- Doit transporter des paquets de la source vers la destination tout au long du chemin.
- Doit connaître la topologie du réseau de communication et doit être capable de choisir des chemins appropriés à travers celle – ci.

Les principaux services fournis par cette couche sont :
- Le routage des paquets
- Le contrôle de congestion
- L'interconnexion des réseaux

Deux modes de connexion sont possibles :
- Le mode connecté
- Le mode non connectée

II – Le routage

Le routage est une fonction qui consiste à acheminer les paquets d'une machine source à une machine destinataire.
Les algorithmes de routage doivent être :
- exacts
- simples
- robustes
- optimaux
- stables

II – 1. Les algos de routage

Ils peuvent être regroupés en deux classes principales.
Les algorithmes fixes ou non adaptatifs (statique)
Les algorithmes adaptatifs (dynamique)

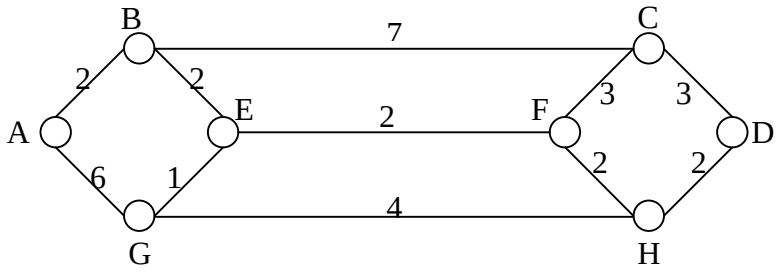
II – 2. Algorithmes fixes

Les algorithmes fixes fondent leurs décisions sur les connaissances statiques du réseau. Le choix d'une route ou d'un chemin pour aller d'une machine i à une machine j est déterminé une fois pour toute, pour tout i et pour tout j.

Exemple d'algorithme statique (algorithme de Dijkstra en 1959)

Principe : graphe non orienté.

But : Trouver le « meilleur » chemin de A vers D.



Chaque nœud du graphe est étiqueté par un triplet.

DIST	LABEL	PRED

DIST : Distance du nœud source en suivant le meilleur chemin
LABEL : Vaut P pour permanent ou T pour temporaire
PRED : Prédécesseur du nœud

- Au début de l'algorithme, les meilleurs chemins ne sont pas connus donc DIST vaut l'infinie partout.
- Au fur et à mesure que l'algorithme progresse et trouve les meilleurs chemins, les étiquettes sont modifiées.
- Au début, tous les labels sont mis à T (temporaire).

Hypothèse : nœud de départ A et nœud d'arrivé D.

Règle : Parmi tous les nœuds temporaire, on choisi la plus petit valeur.

Algorithme :
Pour i de 1 à n
    Faire pour j de 1 à n
        Si i différent de j => Dijkstra (i,j,A,ETAT)

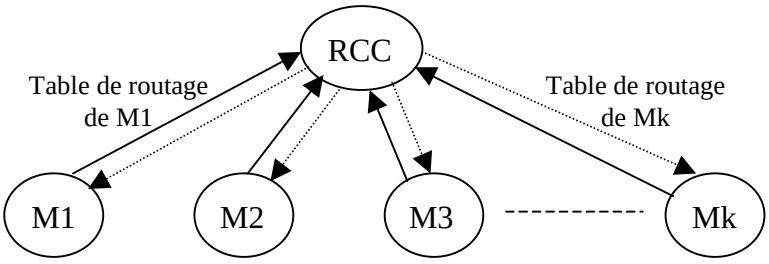
Le résultat de cet algorithme permet de définir les tables de routage.

(Résultat : A, B, E, F, H et D).

II – 3. Le routage adaptatif

Exemple : routage centralisé.

Principe : on dispose d'un RCC (Centre de Contrôle de Routage)
Au niveau du RCC, on dispose d'une procédure de calcul des tables de montage (Ex. Dijkstra).



⟶ Chaque machine Mi envoie des infos au RCC concernant le trafic du réseau.
Le RCC regroupe toutes ces infos, modifie la matrice d'adjacente
et calcul sur la base de cette modifications les différentes tables de routage.
⟵ Et les redistribue aux différentes machines.

III – Congestion des réseaux

La congestion est due aux ressources limités dont disposent les réseaux : débit maximum, fenêtre de crédit limitée par la taille de la mémoire.

III – 1. Prévention de la congestion

a) Régulation de flux

La fenêtre de crédit définit le nombre maximum de paquets en transite entre deux utilisateurs.

b) Préallocation judicieuse des ressouces : ce n'est possible qu'en mode connecté.

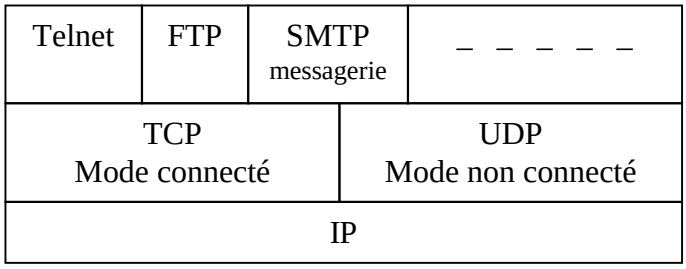
III – 2. Guérison de la congestion

Rejet des paquets qui sont provoqué la congestion.
Mais rejet sélectif : ne pas rejeter les paquets de services ou de supervision.

IV – Le protocole X25

Protocole de couche réseau standard – protocole à commutation de paquets implanté en France sous le nom de TRANSPAC.
X25 définit l'interface entre l'utilisateur et le réseau en 3 niveaux de procédures qui correspondent aux couches 1,2 et 3 du modèle OSI.
Niveau 1 : Physique – complément spécifié dans X21 et X21bis.
Niveau 2 : Liaison de donnée – basé sur HDLC (LAPB : Balanced Link Access Protocol).
Niveau 3 : Réseau – gère des liaisons par circuit virtuel ou des liaisons spécialisés.

V – Le protocole IP (Internet Protocol)



a) Principe

Contrairement à X25 qui travaille en mode circuit virtuel (connecté), IP travail en mode datagramme (non connecté).
IP est basé sur la notion de datagrammes transportés d'une machine à une autre à travers un ou plusieurs réseaux interconnectés.

b) Structure d'un datagramme IP

Un datagramme IP est composé de deux parties :
- En-tête : Partie fixe de 20 octets
  Partie optionnelle : Longueur varaible
- Texte : Longueur varaible

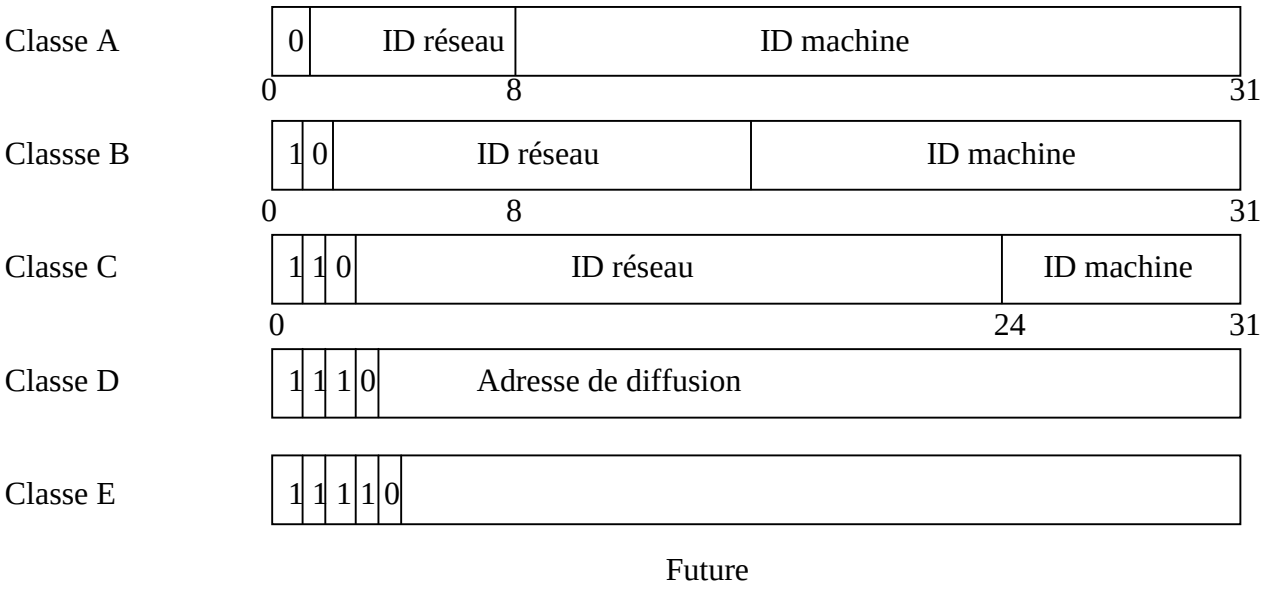
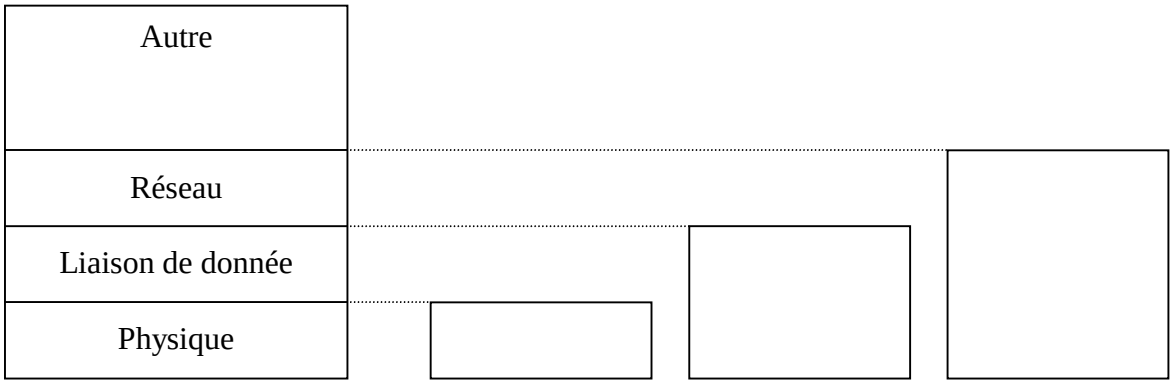
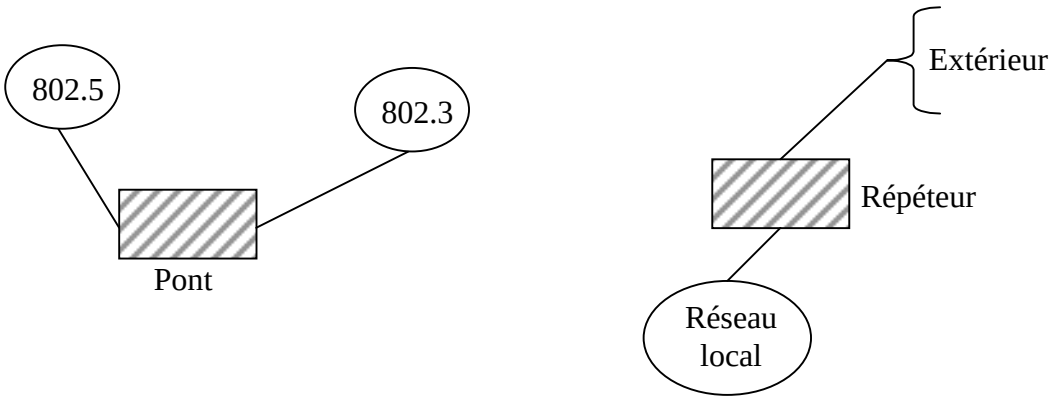
Dans la partie fixe, ontrouve l'adresse IP du source et l'adresse IP du destinataire.

c) Adresse IP

TCP / IP est définie comme un réseau virtuel constitué d'un ensemble de réseaux physiques interconnectés entre eux par des passerelles.
L'adresse IP est l'élément essentiel permettant à TCP / IP de masquer les détails des réseaux physiques.
L'interconnexion apparaît à l'utilisateur comme un réseau unique.

Définition : Une adresse Internet (IP) est composée d'une suite d'entiers soigneusement choisis pour assurer un routage efficace.
L'adresse IP inclut l'identification du réseau ainsi que celle de la machine appartenant au réseau.
Chaque adresse IP est codée sur 32 bits.

Il existe 5 classes d'adresses :



VI – Interconnexion de réseau