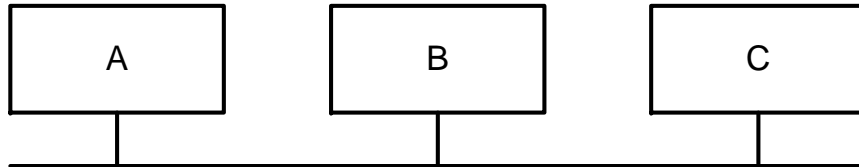


RESEAUX : Ethernet

1 Principes



Plusieurs ordinateurs (A, B, C, ...) communiquent via **un seul support de transmission** (câble coaxial).

L'échange s'effectue avec des blocs d'information synchrones, appelés **frames**, transmis à **10 Mbit/s**.

Transmission en bande de base par code *Manchester*.

→ pas de multiplexage en fréquence

Chaque trame est **diffusée** sur le réseau et est donc visible par tous les ordinateurs.

Ethernet fait partie des réseaux à diffusion.

Chaque **nœud ethernet** (ordinateur) possède une **adresse unique** (6 octets) appelée également **adresse physique**.

Adresse de mon
poste de travail :

00 A0 C9 DB 73 E0

Chaque fabricant
gère son espace :

00 A0 C9 XX XX XX	HP
00 60 B0 XX XX XX	HP
08 00 20 XX XX XX	SUN

Chaque trame contient :

- Un champ **Destination Address**
- Un champ **Source Address**

Une adresse particulière **FF FF FF FF FF FF**, **broadcast address**, permet de diffuser la trame à tous les nœuds du réseau.

2 CSMA/CD

Chaque nœud *ethernet* implémente la même méthode d'accès au support → aucun chef d'orchestre.

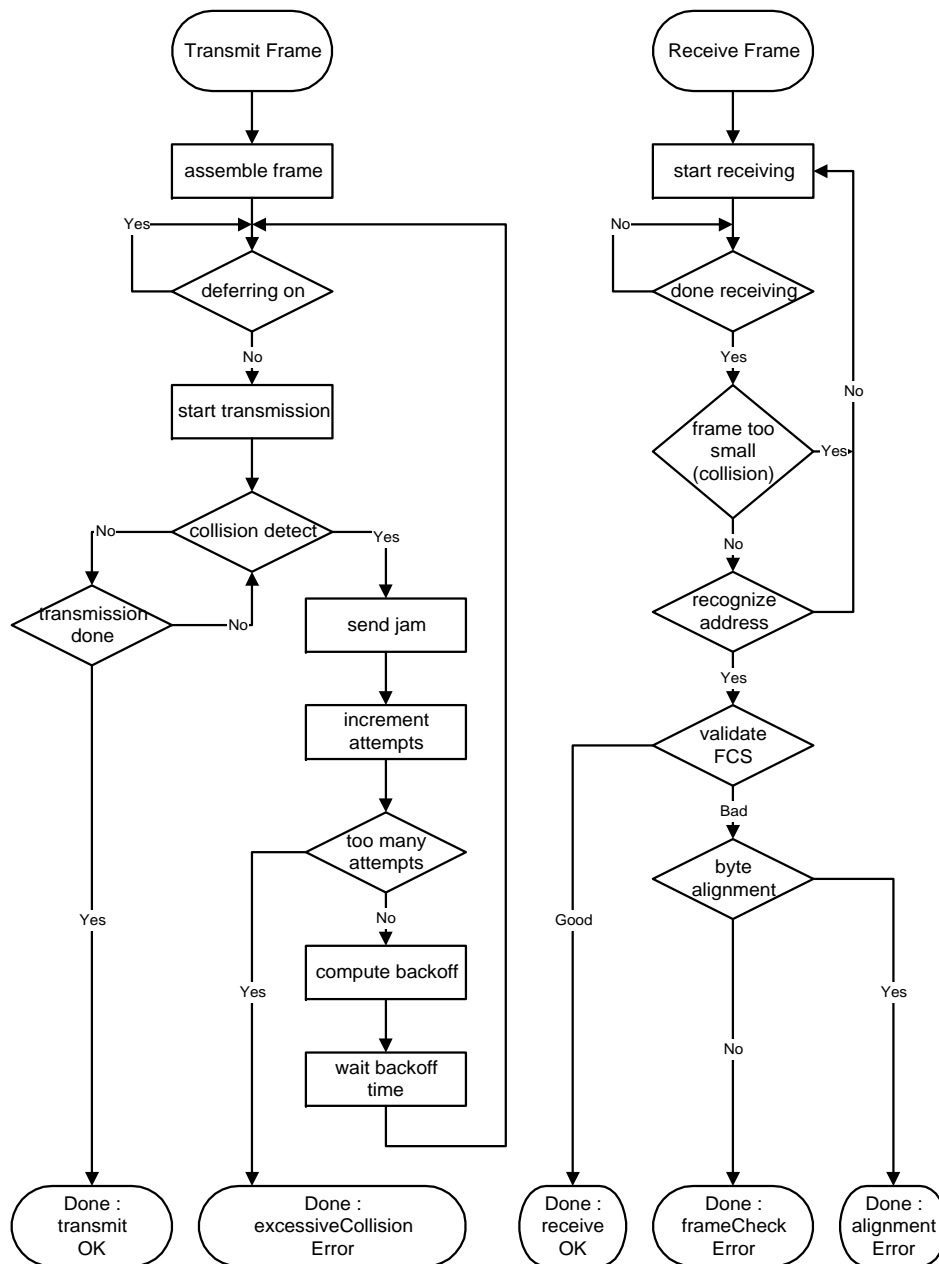
CSMA/CD : *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect*

- *Multiple Access* Configuration **multipoint** ou **bus**.
- *Carrier Sense* Chaque nœud doit détecter si le **support est libre**.
Listen before talking - écouter avant de parler.
- *Collision Detect* Les collisions sont détectées par les nœuds en train d'émettre.
Comparaison du signal émis avec celui reçu.

Cette méthode d'accès présente un comportement aléatoire; aucune garantie de disposer du support.

D'autre méthode d'accès comme *token ring* offre par contre un comportement déterministe.

Emission et réception d'une trame - spécification *Ethernet 2.0* :



Deferring on

Support libre ?

Collision Detect

Comparaison du signal émis avec celui reçu.

Jam

Séquence aléatoire qui garantit que tous les nœuds détecteront la collision.

Attempts

Nombre de tentative

Backoff

A la suite d'une collision, chaque nœud abandonne l'émission puis respecte une pause de durée aléatoire, avant de ré émettre. Cette pause est calculée selon l'algorithme *truncated binary exponential backoff* qui garantit un doublement de la pause après chaque essai infructueux; dans le but de limiter les collisions.

Too small

Résultat d'une collision

Byte Alignment

Longueur non multiple de 8 bits
Protocole orienté octet

Ex 1

Réseau composé de 4 nœuds A, B, C, D.
Collision due à l'émission simultanée de A et B.

- Qui détecte la collision ?
- Comment la collision est détectée ?

3 Format d'une trame

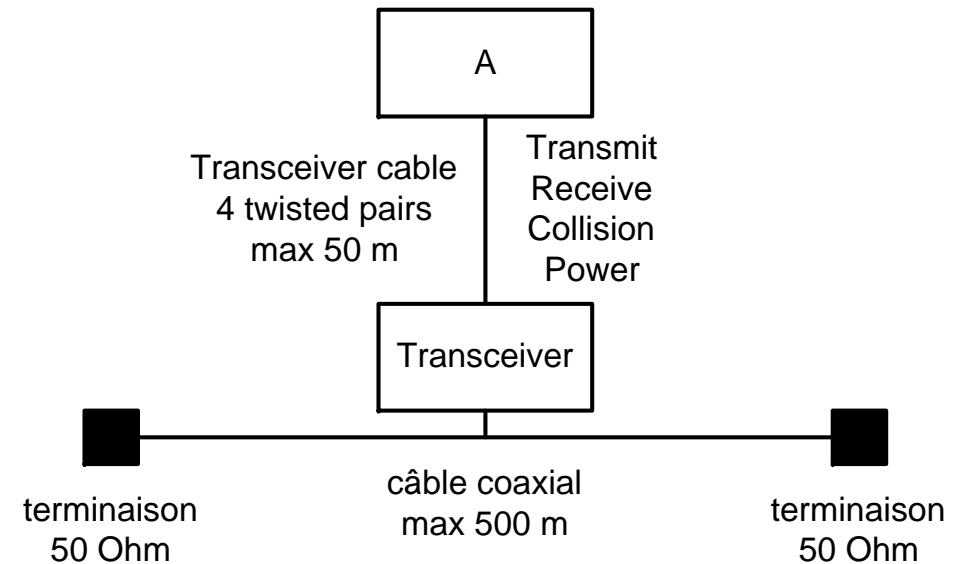
Pream.	SFD	DA	SA	Type	D A T A	FCS
7	1	6	6	2	variable	4

longueur des champs en octets

<i>Preamble</i>	Séquence de synchronisation bit 10101010
SFD	<i>Start of Frame Delimiter</i> Séquence de synchronisation trame 10101011
DA	<i>Destination Address</i> Adresse de destination
SA	<i>Source Address</i> Adresse de source
Type	Protocole de couche supérieure
DATA	Données utiles Longueur limitée à 1500 octets
FCS	<i>Frame Check Sequence</i> Redondance par code cyclique redondant CRC : <i>Cyclic Redundancy Check</i>

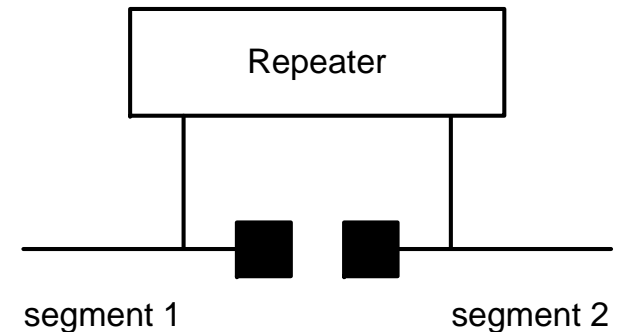
Ex 2 Comment le récepteur fait pour déterminer les marques de début et de fin de trame ?

4 Modules et interfaces



Segment *ethernet* limité à 500 m

Extension avec module répéteur



5 Temps de propagation

Quelle est la portée d'un réseau *ethernet* ?

Quel est le nombre maximum de modules répéteur ?

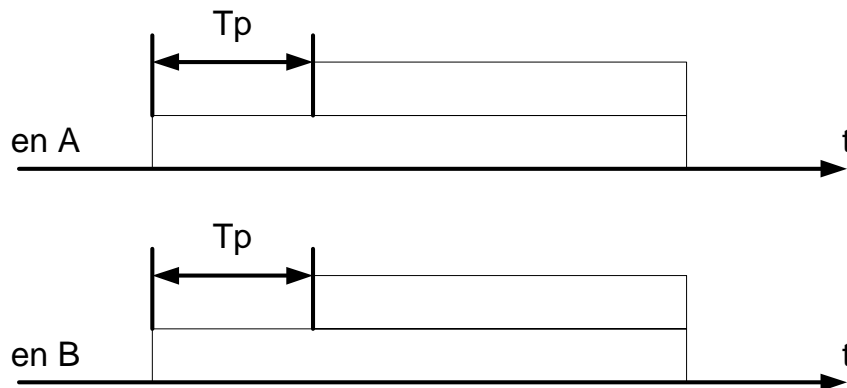
Le bon fonctionnement du réseau exige une détection des collisions.

Le temps de propagation n'est pas nul :

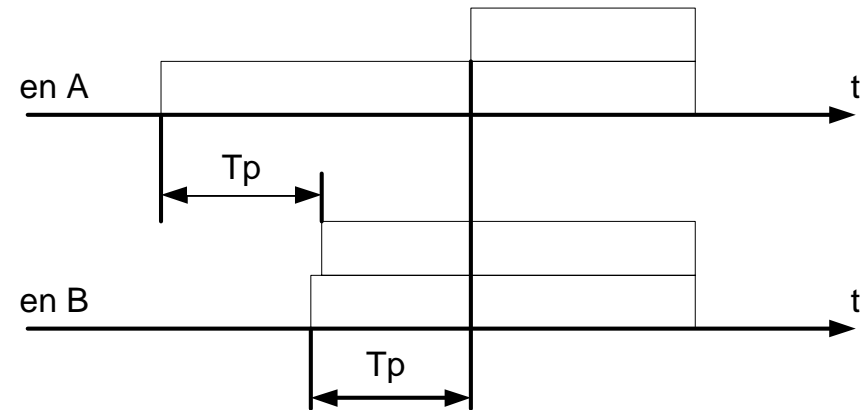
- T_p câble coaxial = 5 ns/m
- $T_p = 2,5 \mu s$ pour un segment de 500 m

Ex 3 Soit T_p = temps de propagation entre A et B
Déterminer la durée minimale de la trame permettant de détecter la collision

A et B commencent d'émettre simultanément



Cas extrême



La norme *ethernet* définit une trame de 64 octets comme longueur minimale.

Durée de la trame correspondante : $T_{\text{trame64bytes}} = 51 \mu s$.

Le temps de propagation dans le cas le plus défavorable est égal aux temps aller et retour de la trame (*RTD : Round Trip Delay*)

$$2 T_p \text{ max} < T_{\text{trame64bytes}}$$

La collision ne peut se produire que durant cet intervalle de temps.

Il est donc possible d'augmenter la portée d'un réseau *ethernet* pour autant que son temps de propagation aller-retour maximum ne dépasse pas $50 \mu s$.

On parle alors du **domaine de collisions**.

6 Caractéristiques

- *Cable medium* 50 Ohm coaxial cable
- *Bit rate* 10 Mbit/s (Manchester encoded)
- *Interframe gap* 9,6 μ s (correspond à 12 octets)
- *Attempt limit* 16
- *Jam size* 32 bits
- *Max frame size* 1518 bytes
- *Min frame size* 64 bytes

Remarques :

Les champs *Preamble* et SFD n'interviennent pas dans le calcul de la longueur de la trame.

Taille max = 1518 octets → **1500 octets de données utiles**
Champ DATA

La fonction *jabber*, implémentée au niveau matériel, empêche l'émission d'une trame trop longue

Taille min = 64 octets → Ttrame = 51 μ s > 2 Tp max

Des octets de bourrage (*padding byte*) sont parfois nécessaires

7 Evolution de la norme

Les normes *ethernet* constituent un moyen économique pour échanger de l'information dans un environnement limité (*LAN Local Area Network*).

Elles continuent d'évoluer pour atteindre aujourd'hui 1 Gbit/s !

1976 Metcalfe + Boggs (Xerox PARC)
Description d'un réseau basé sur un câble coaxial, dans lequel chaque station "écoute" le câble (*ether*).

1982 Spécifications Ethernet par DEC, Intel et Xerox
Support = câble coaxial (10 mm de diamètre - *thick*)
Transceiver externe

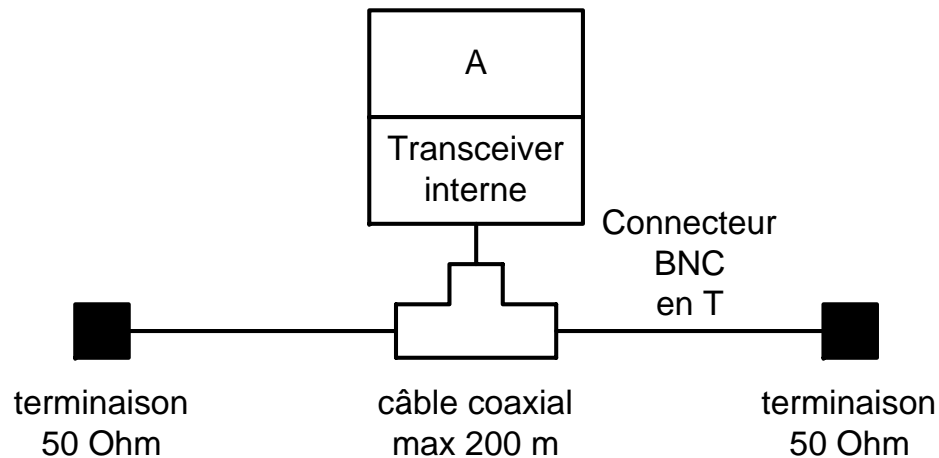
RFC 894 : *IP Datagrams over Ethernet Networks*

IEEE : *Institute of Electrical and Electronic Engineers*

1983 IEEE 802.3 adopte la norme **10Base5**
10 Mbit/s
bande de base
segment de 500 m

RFC 1042 : *IP Datagrams over IEEE 802 Networks*

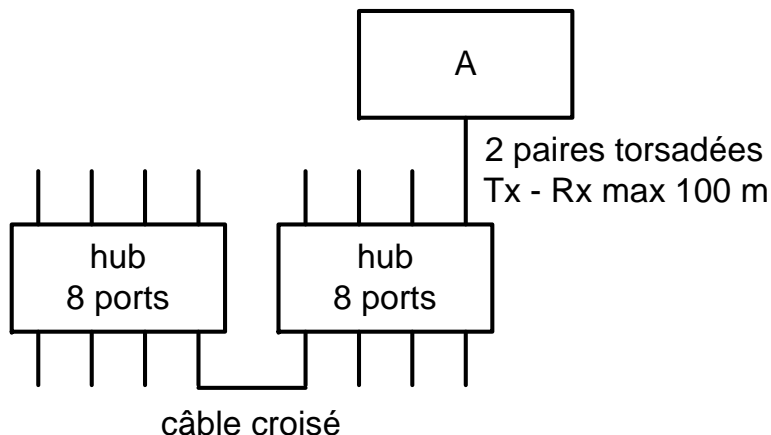
1985 IEEE 802.3 adopte la norme **10Base2**
→ 10 Mbit/s, bande de base, segment de 200 m



Support = câble coaxial (5 mm de diamètre - *thin*)
Transceiver interne + connecteur BNC en T

1990 IEEE 802.3 adopte la norme **10BaseT**
→ 10 Mbit/s, bande de base, *Twisted Pair*

Topologie étoile avec **hub**



Ne pas confondre commutateur (*switch*) et *hub* !!!

Le signal électrique émis par le nœud A est répété sur tous les autres ports.

Un nœud détecte une collision (et donc cesse d'émettre) s'il reçoit des données alors qu'il est en train d'émettre.

Le *hub*, qui détecte également cette collision, la signale sur tous les ports avec le signal *jam*.

Un nœud, qui aurait sa paire destinée à la réception interrompue, serait incapable de détecter la moindre collision et pourrait donc compromettre le bon fonctionnement du réseau.

A cet effet, un dispositif de test de liaison est ajouté qui prévoit l'émission périodique d'une impulsion (1 bit) de test en l'absence de trafic et sur sa vérification à l'autre extrémité.

Le *hub* pourra au besoin **isoler un nœud** jugé défaillant :

- test de liaison négatif (*LinkBeat*)
 - nombre anormal de collisions (*segmented*)
 - nœud émet des blocs trop longs (*jabber*)
- et ainsi d'améliorer la fiabilité du réseau local.

Cette configuration étoile permet de détecter des pannes matérielles plus facilement que dans les cas précédents où tous les *transceivers* sont sur le même câble coaxial.

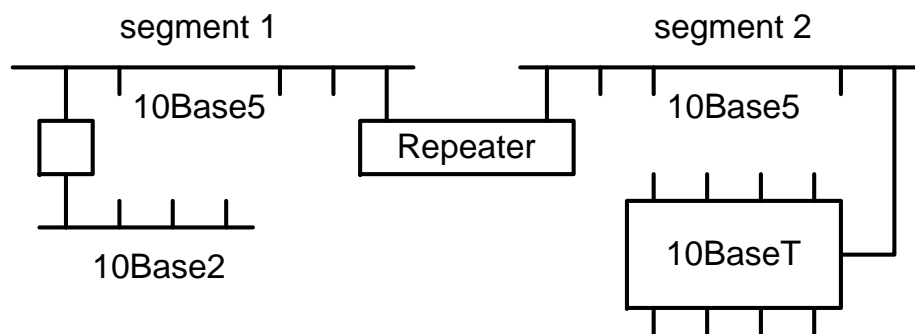
De plus, le *hub* dispose de fonctions de maintenance telle la visualisation des statistiques du trafic par port.

8 Exemples

Cet exemple illustre le cas de l'EIG qui a d'abord (1984) utiliser la seule norme disponible (10Base5) pour créer son réseau local.

Des extensions plus économiques, basées sur 10Base2, sont ensuite apparues.

Quelques laboratoires utilisent principalement 10BaseT.

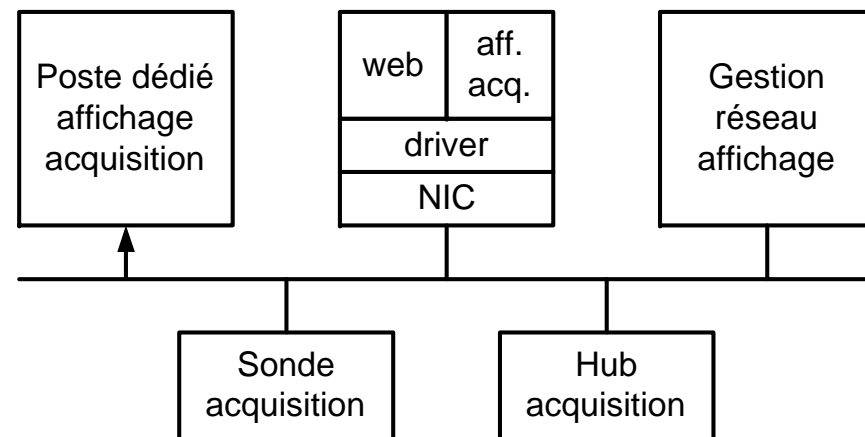


Norme année	10Base5 1983	10Base2 1985	10BaseT 1990
topologie	bus	bus	étoile
long. max du segment	500 m	200 m	100 m
support de transmission	1 coaxial 50 Ω	1 coaxial 50 Ω	2 paires torsadées
type de câble	RG11	RG58	téléphone
transceiver	externe	interne	interne
connecteur	SUB-D15 (AUI)	BNC	RJ45

9 Analyseur ethernet

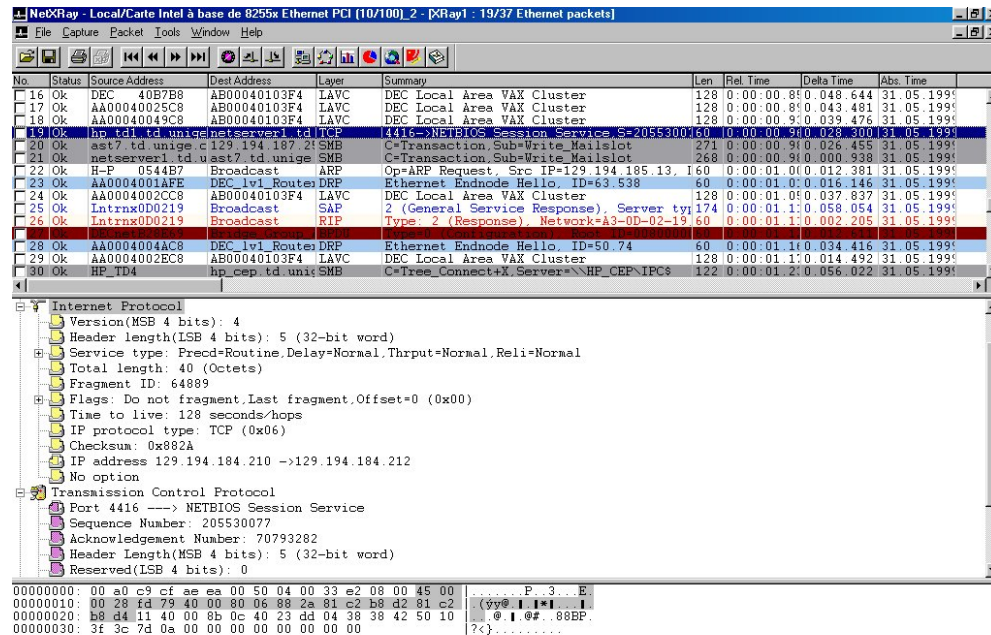
L'analyseur constitue un outil indispensable pour l'étude d'un réseau *ethernet*.

Différentes configurations sont possibles :



- Poste de travail dédié à la gestion du réseau
- Logiciel capable de fonctionner avec d'autres applications
Outil NetXRay (acquisition + affichage) du laboratoire
Pilote (*driver*)
NIC : *Network Interface Card in promiscuous mode*
- Sonde distante de l'affichage (*Remote Monitoring*)
- Sonde intégrée dans les équipements (*hub, switch, router, ...*)

NetXRay en mode analyseur de protocoles



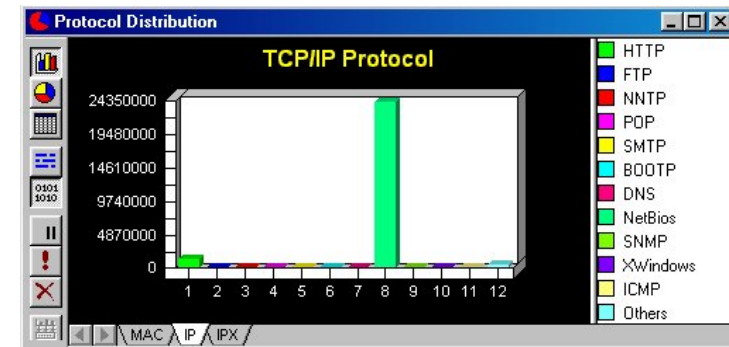
Packet Decode
Summary Pane
Detail Pane
Hex Pane

Capture
Buffer

Packet Capture

Address filter
Protocol filter
Data Pattern
Buffer option
Profile selection

NetXRay en mode moniteur de trafic



Network Monitor (global/node)

Real time statistics
Segment statistics
Packet size distribution
History statistics
Host statistics
Matrix statistics
Protocol Distribution

Charge du réseau (cumulé - par seconde)
Nombre de nœuds actifs
Taux de charge, % utilisation, *throughput*
Nombre de trames
Nombre d'octets
Longueur des trames
Distribution (64 - 128 - 256 - 512 - 1518)
Couches de niveau supérieur (IP, IPX, NetBEUI, DECnet, LAT, ...)
Erreurs
CRC
Trame trop courte
Trame trop longue
Trame non multiple de 8 bits

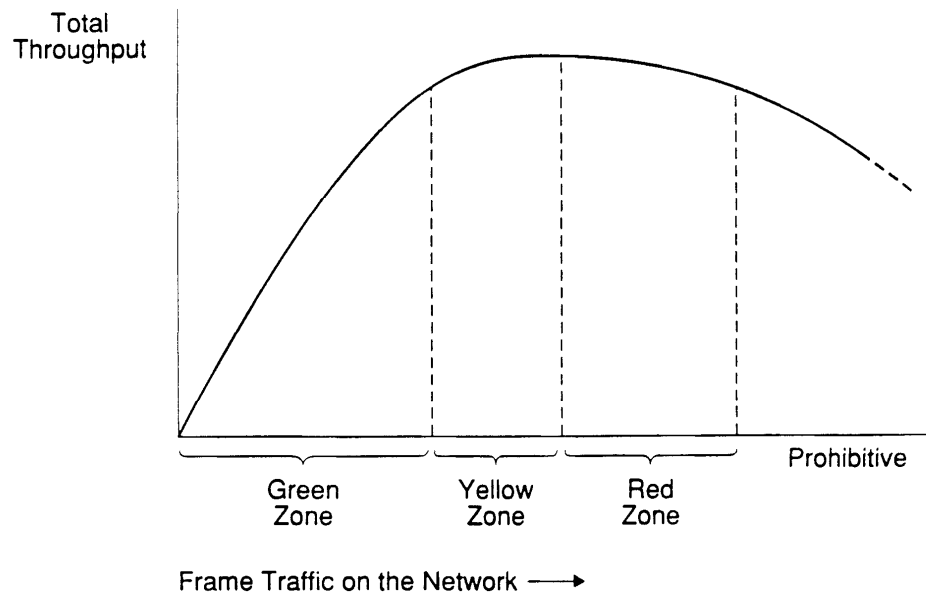
10 Performances

Ethernet fait partie des réseaux à diffusion (**shared network**) qui partage une bande passante de 10 Mbit/s.

Le trafic est de type **burstly**; c'est-à-dire que la charge varie dans de fortes proportions (applications, périodes de la journée,...).

Le débit utile (**throughput**) augmente proportionnellement à la demande tant que la charge totale est inférieure à 50%.

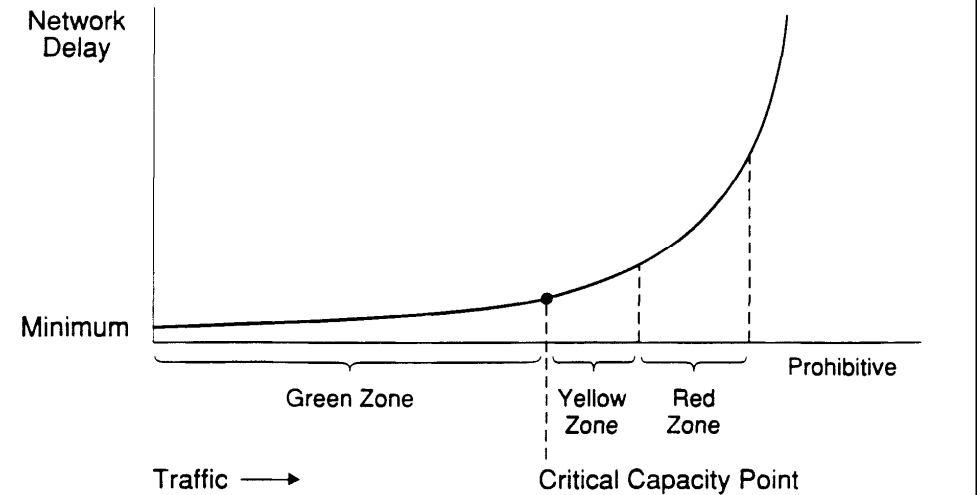
Au-delà, il est limité en raisons des répétitions dues aux collisions.



CSMA/CD throughput as a function of network traffic

L'utilisateur perçoit cette saturation par une augmentation du temps de réponse (**response time**).

Ce paramètre, qui a une signification **end to end**, inclut les temps d'exécution côtés client et serveur ainsi que le temps de latence (**latency time**).



CSMA/CD network delay as a function of network traffic

$$\text{Frame rate} = \frac{1}{[\text{frame/s}] \left(\text{Interframe gap} + \frac{\text{Frame size} + \text{Preamble}}{\text{Bit rate}} \right)}$$

Chaque nœud *ethernet* devrait être capable de recevoir 14880 trames par seconde pour ne pas perdre de données lorsque la charge est maximum.

- Seule une partie de ce flux est destiné à un nœud
- Capacité de filtrage de chaque nœud doit être suffisante
- Filtrage effectué au niveau matériel dans le circuit contrôleur *ethernet*
- Filtrage effectué au niveau logiciel dans le cas d'un analyseur *Packets dropped* (trames perdues)

Ce paramètre *frame rate* renseigne également sur le nombre d'interruptions matérielles que le système va recevoir. Une interruption par trame sera normalement générée par le contrôleur *ethernet* de l'analyseur.

Principe même du récepteur synchrone capable de gérer une trame de longueur maximum.

La figure suivante illustre l'empilement des couches de protocole présent sur le serveur Alpha de l'EIG :



0800	IP	<i>Internet Protocol</i>
0806	ARP	<i>Address Resolution Protocol</i>
6003		DECNET <i>Phase IV</i>
6004		
6004	LAT	DEC <i>Local Area Transport</i> utilisé par les serveurs de terminaux
6007	LAVC	DEC <i>Local Area VAX Cluster</i>

12 Terminologie

MAC	<i>Media Access Control</i> Couche MAC qui implémente la méthode d'accès CSMA/CD
→	MAC Address = adresse ethernet = adresse physique
→	MAU : <i>Media Access Unit</i> = <i>Transceiver</i> <i>Transceiver</i> = <i>Transmitter</i> + <i>Receiver</i>
→	AUI : <i>Attachment Unit Interface</i> = interface 15 pôles
NIC	<i>Network Interface Card</i> Module électronique (carte PCI) Bus de l'ordinateur - NIC - <i>ethernet</i> Interfaces supportées : 10BaseT, 10Base2, ...
Unicast	L'adresse de destination de la trame désigne un nœud unique (un ordinateur)
Multicast	un groupe de nœuds (des ordinateurs)
Broadcast	tous les nœuds (tous les ordinateurs)
TP	<i>Twisted Pair</i> Paire torsadée
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i> Paire torsadée non blindée
STP	<i>Shielded Twisted Pair</i> Paire torsadée blindée

13 Notions importantes

Réseau à diffusion
Adresse *ethernet*, adresse physique, MAC address
CSMA/CD
Interframe gap, *Attempt limit*, *Backoff*, *Jam*, *Jabber*, *LinkBeat*, *Collision detect*
Format d'une trame
Synchronisation
Adresse de destination
Unicast, *Multicast*, *Broadcast*
Adresse de source
Type
Transceiver, *Repeater*, *Hub*
Temps de propagation, domaine de collisions
Caractéristiques 10Base5, 10Base2, 10BaseT
Analyseur *ethernet*
Décoder le protocole
Caractériser le trafic : charge,...
Nombre de trames par seconde
Terminologie

14 Suite

Chapitre Protocoles : ethernet - ip - tcp - applications

Chapitres *Switching* : 100BaseT, Gigabit
Half-full duplex
Token Ring

Ex 1 *Ethernet* fonctionne en mode **half duplex**

Les nœuds sont en train de :

- Recevoir une trame (attente de réception)
- Emettre une trame

Diagramme page 3 :

A et B (en mode **émission**) détecte la collision par comparaison du signal émis avec celui reçu.

Pratiquement : détection du niveau de tension

C et D (en mode **réception**) détecte une trame trop courte comme l'analyseur *ethernet*, toujours en mode réception.

Ex 2 Tout **format de bloc synchrone** définit une marque de début et de fin.

Marque de début : champ SFD = 10101011

Les champs *Preamble* et SFD sont gérés par le matériel (contrôleur *ethernet*)

Marque de fin : absence de signal électrique → niveau de tension

Le champ FCS est géré par le matériel (contrôleur *ethernet*)

Certains analyseurs ignorent même la présence de ce champ dans la longueur de la trame.

→ longueur min = 60 octets

→ longueur max = 1514