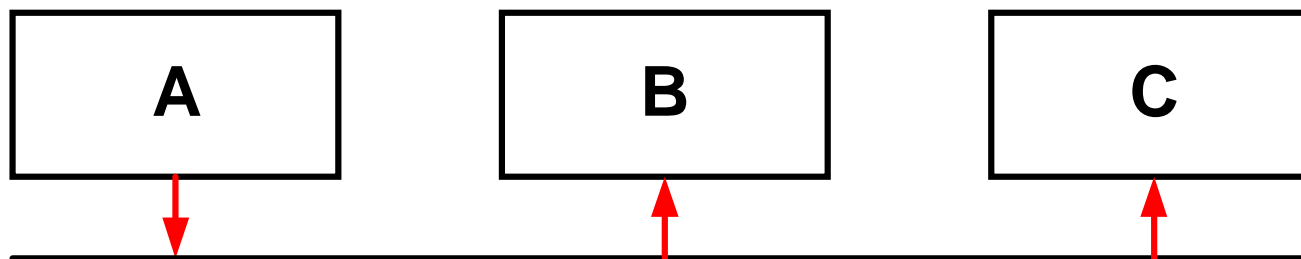


RESEAUX : Ethernet

- Réseau à diffusion – CSMA/CD
- Format d'une trame
- 10BaseT
- Caractéristiques
- Domaine de collision
- Protocoles de couche supérieure
- Architecture Microsoft
- Analyseur de protocoles – Moniteur de trafic
- Performances – *Throughput* – *Response time*
- Terminologie
- URLs

Principes (1)

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



- **Multipoint** géré par la méthode d'accès **CSMA/CD**
- L'échange s'effectue avec des blocs d'information synchrones, appelés **trames**, transmis à **10 Mbit/s**



Principes (2)

- 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** ou *Unicast*

Adresse de mon PC

00 A0 C9 DB 73 E0

Chaque fabricant

00 A0 C9 XX XX XX

HP

gère son espace

00 60 B0 XX XX XX

HP

08 00 20 XX XX XX

SUN

Principes (3)

- Chaque trame contient :
 - Un champ *Destination Address*
 - Un champ *Source Address*



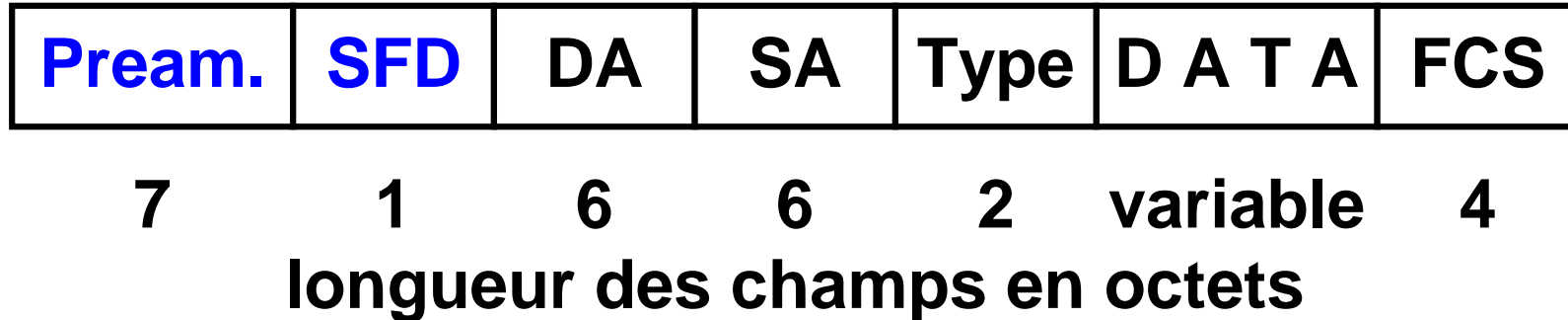
- Une adresse particulière **FF FF FF FF FF FF**, *broadcast address*, permet de diffuser la trame à tous les nœuds du réseau
- Voir protocole ARP, ...

CSMA/CD : **C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess with **C**ollision **D**etect

- **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

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

Format d'une trame (1)



- **Preamble** Séquence de synchronisation bit
10101010
- **SFD** *Start of Frame Delimiter*
Séquence de synchronisation trame
10101011

Format d'une trame (2)

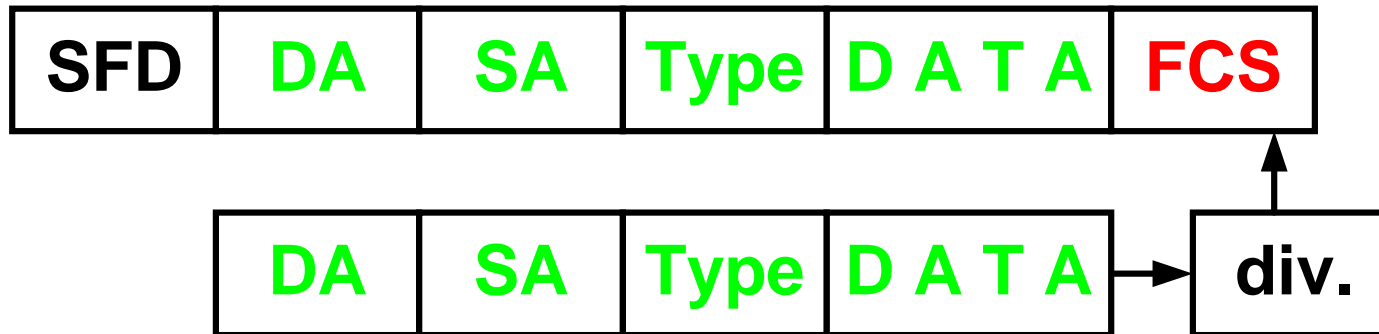
- **DA** *Destination Address*
Adresse de destination
- **SA** *Source Address*
Adresse de source
- **Type** Protocole de couche supérieure
- **DATA** Données utiles
Longueur limitée à 1500 octets



Format d'une trame (3)

- **FCS**

Frame Check Sequence



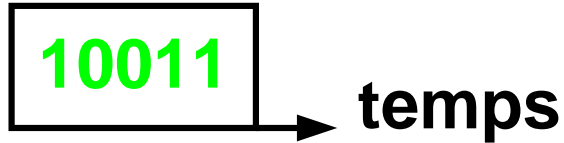
Redondance par code cyclique redondant

CRC : *Cyclic Redundancy Check*

Polynôme de degré 32 → 4 octets

CRC (1)

- Message



- Diviseur

101

x^2+1

Polynôme de degré 2

- Génération du CRC

Division modulo 2

1001100 : 101

101

111

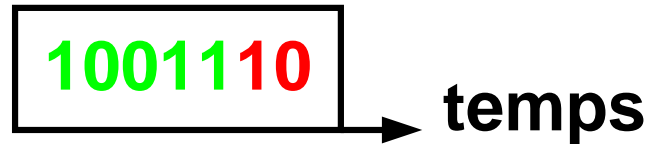
101

100

101

Reste = 10

- Données transmises



- Contrôle à la réception

1001110 : **101**

Division modulo 2

101

111

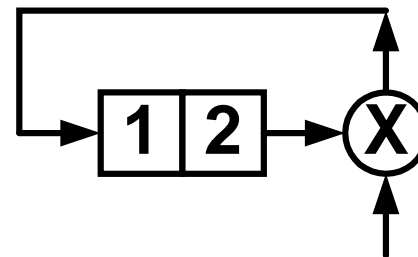
101

101

101

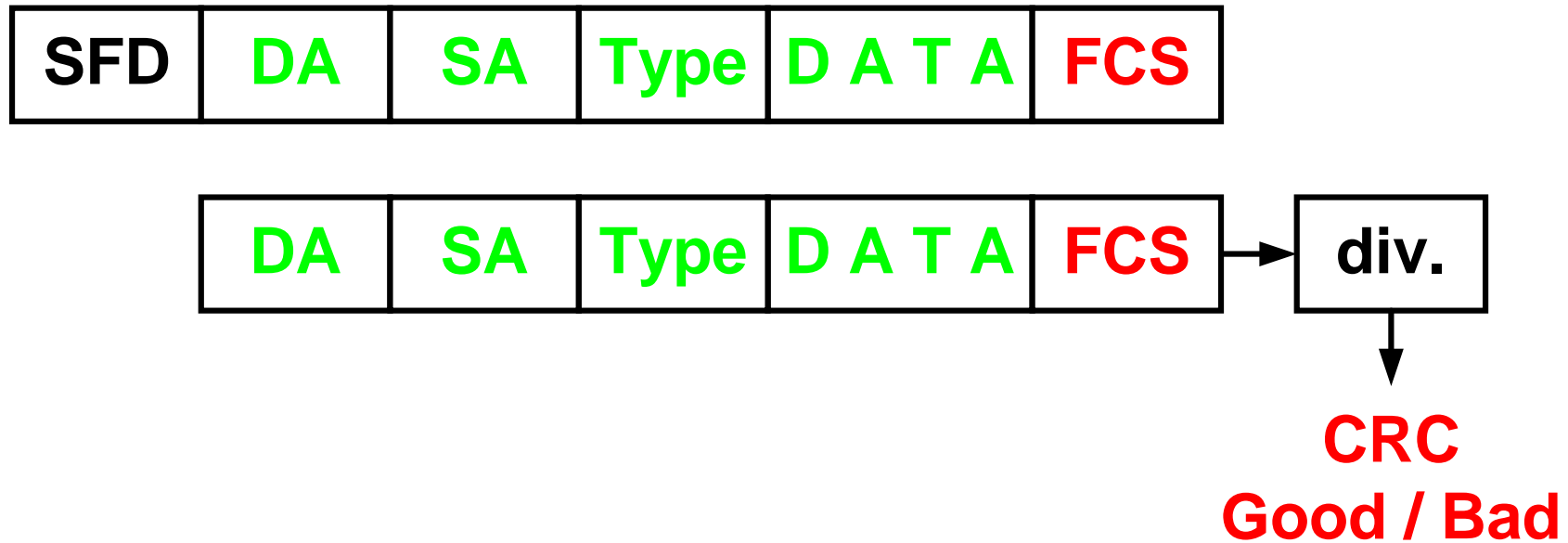
Reste = **0** → **CRC ok !**

- Implémentation de x^2+1 :



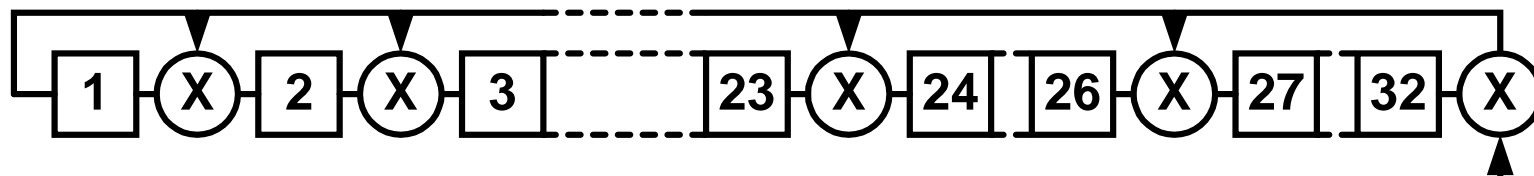
Xor - Shift

- Contrôle à la réception



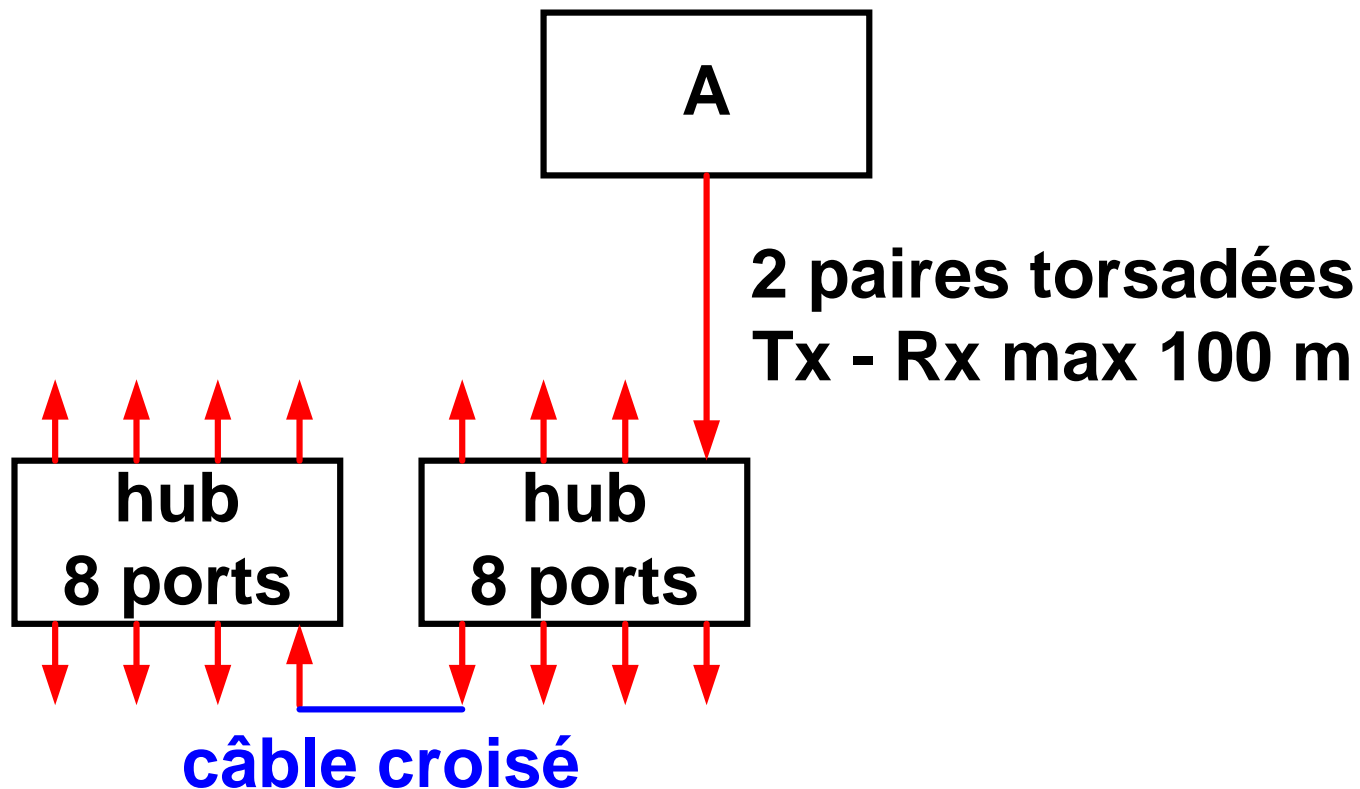
- Implémentation de AUTODIN-II

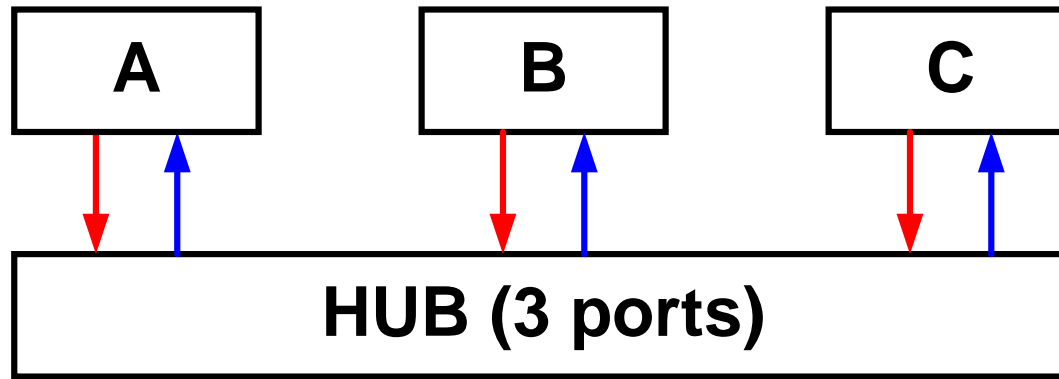
$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$



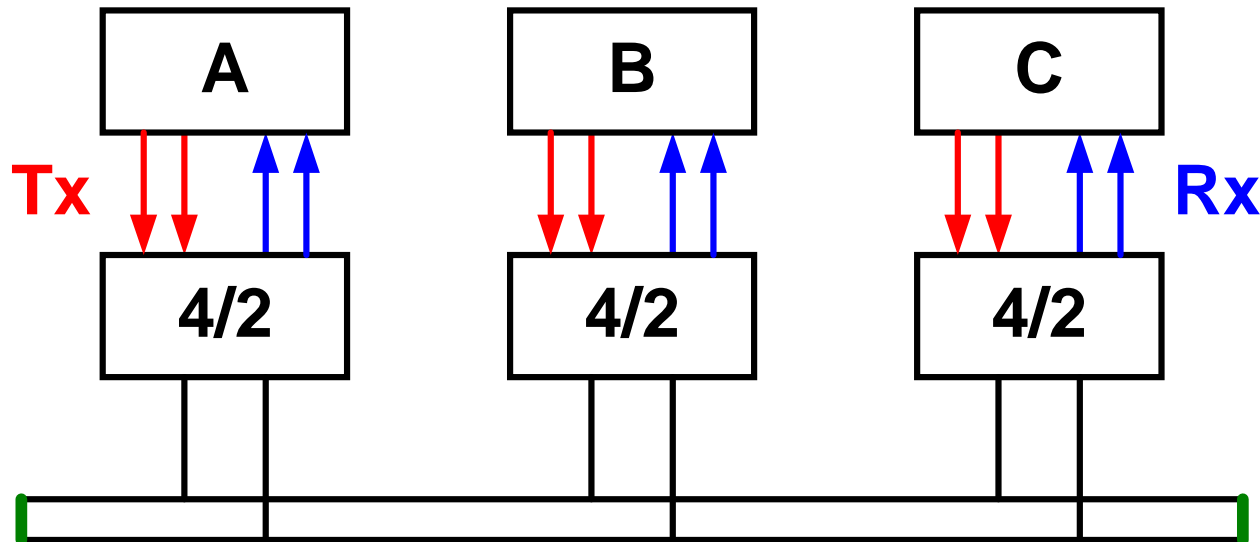
10 Base T (1)

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





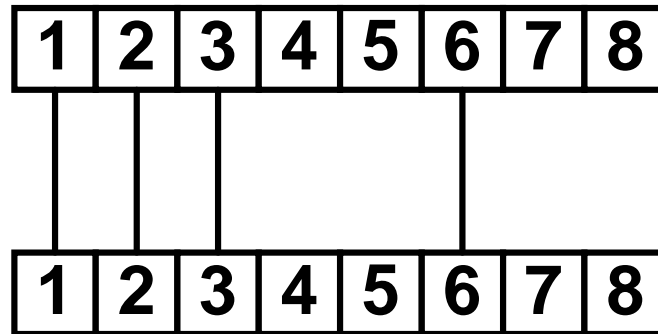
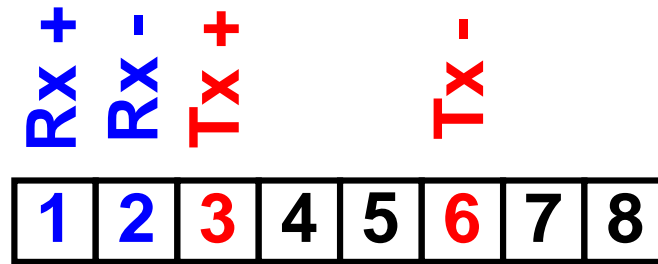
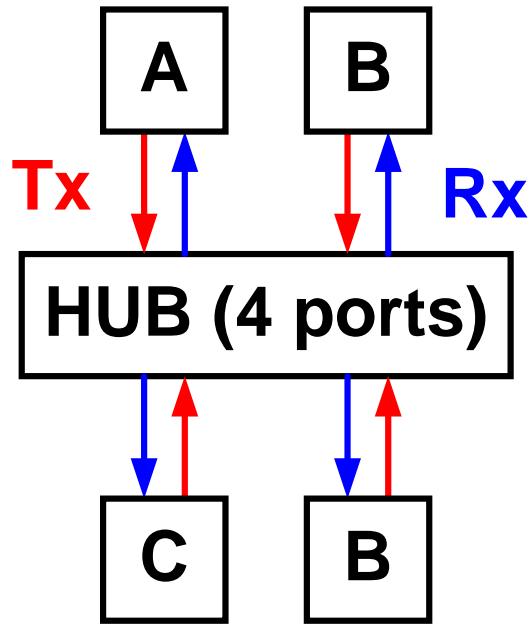
- Schéma bloc du *hub*



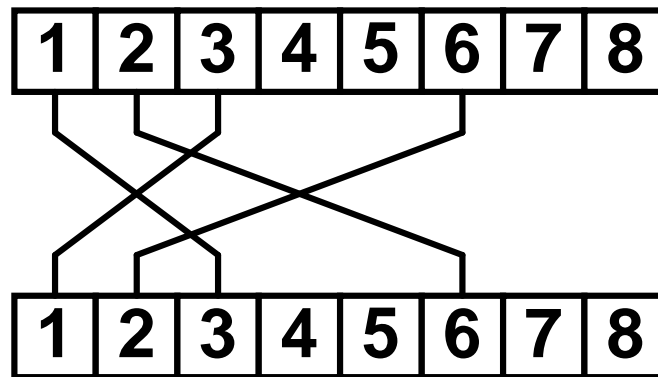
Conversion 4 fils / 2 fils
Terminaisons (50 Ohm)

10 Base T (3)

- Câblage

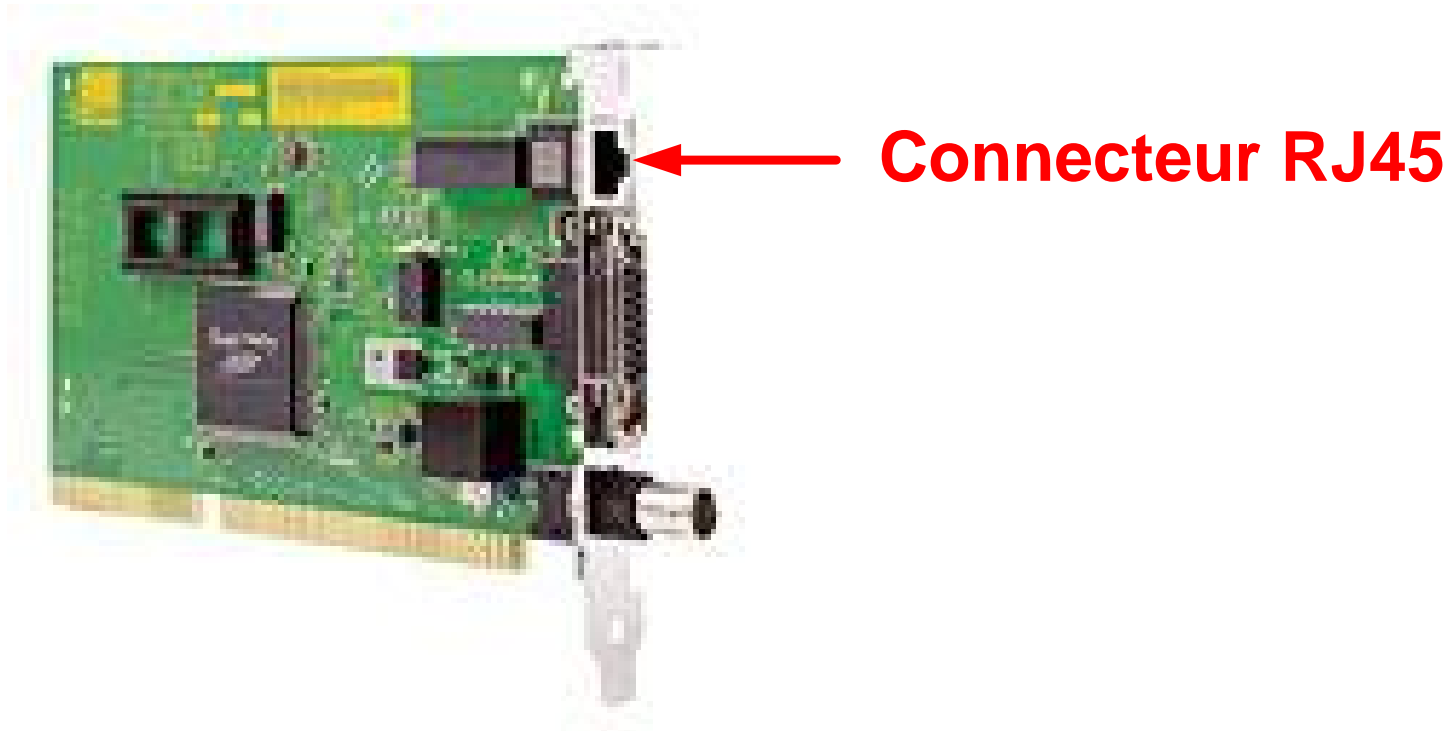


Straight cable



Crossover cable

10 Base T : hub + contrôleur PC



- 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 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 (10Base5 ou 10Base2)

Norme	10Base5	10Base2	10BaseT
topologie	bus	bus	étoile
long. max	500 m	200 m	100 m
support	1 coaxial 50 h	1 coaxial 50 h	2 paires torsadées
type de câble	RG11	RG58	téléphone
<i>transceiver</i>	externe	interne	interne
connecteur	SUB-D15 (AUI)	BNC	RJ45

- **1982** **Spécifications Ethernet DEC, Intel et Xerox**
- **1983** **Norme IEEE 802.3 10Base5 (AUI) Cu**
- **1985** **10Base2 (BNC) Cu**
- **1990** **10BaseT (RJ45) Cu**
- **1994** **100BaseT Cu - Fo**
- **1999** **Gigabit Fo – Cu**
- **2002** **10Gigabit Fo**

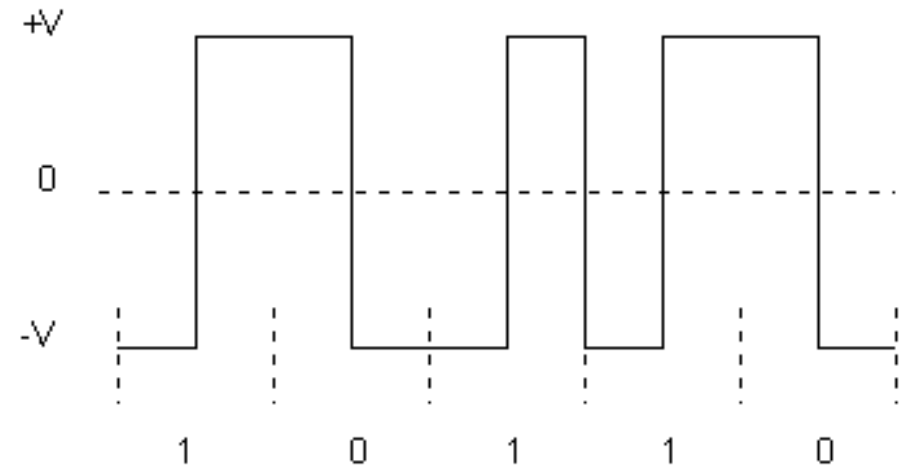
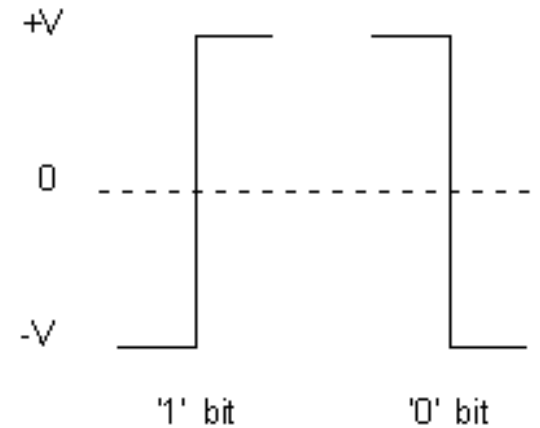
Caractéristiques communes (1)

- **Bit rate** 10 Mbit/s (*Manchester encoded*)
- **Interframe gap** 9,6 ~s (correspond à 12 octets)
- **Attempt limit** 16
- **Jam size** 32 bits
- **Max frame size** 1518 bytes
- **Min frame size** 64 bytes
- Les champs *Preamble* et *SFD* n'interviennent pas dans le calcul de la longueur de la trame

Caractéristiques communes (2)

- Transmission en bande de base par code Manchester
- Pas de multiplexage fréquentiel

	volt
+V	0.85
idle	0
-V	-0.85



Caractéristiques communes (3)

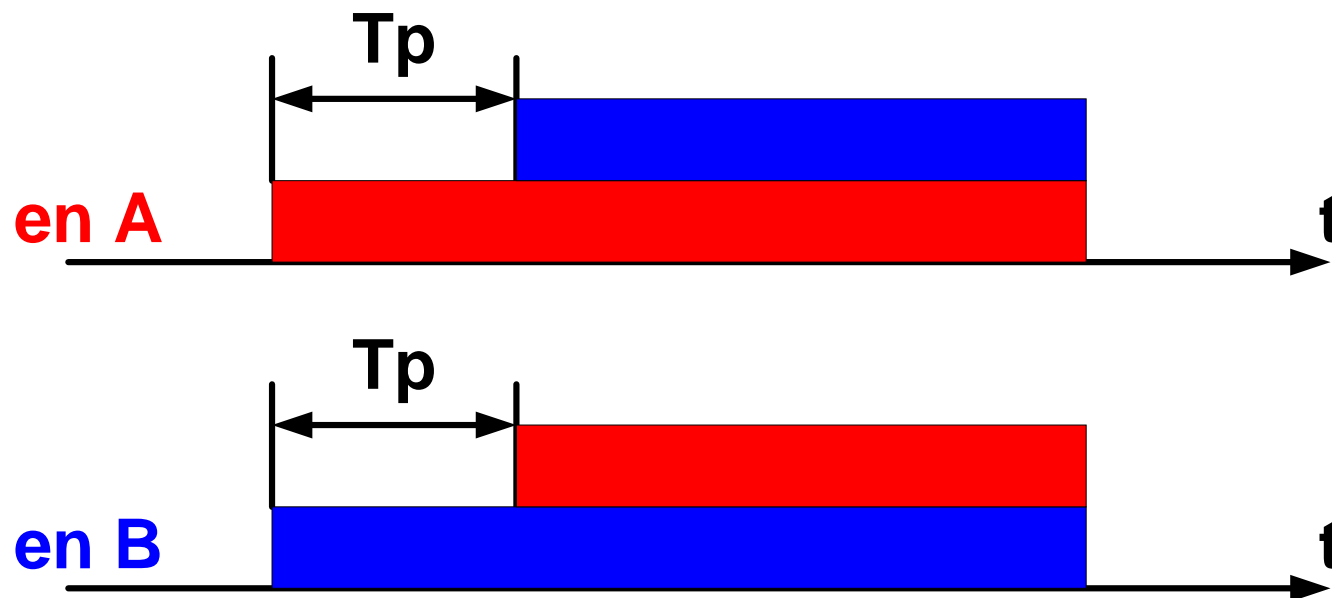
- **Taille max = 1518 octets**
→ 1500 octets de données utiles (champ DATA)
- La fonction *jabber*, implémentée au niveau matériel, empêche l'émission d'une trame trop longue
- **Taille min = 64 octets**
→ Durée_64 = 51 ~s
- Des octets de bourrage (*padding byte*) sont parfois nécessaires

Domaine de collision (1)

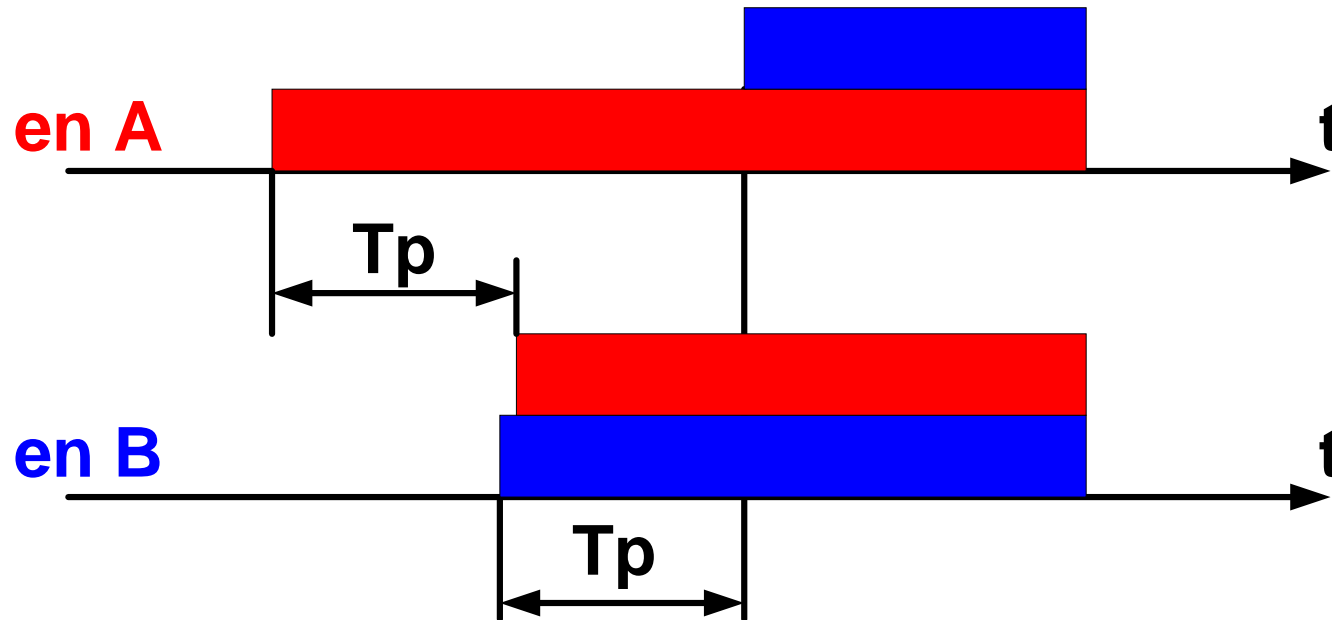
- **Quelle est la portée d'un réseau *ethernet* ?**
- **Quel est le nombre maximum de modules *hub* ?**
- **Le temps de propagation n'est pas nul :**
 - Tp câble coaxial = 5 ns/m**
 - Tp paire symétrique = 15 ns/m**
 - Tp = 1,5 ~s pour un câble de 100 m**
- **Une collision doit être détectée par tous les nœuds**
 - On parle alors du **domaine de collisions****

Domaine de collision (2)

- Soit T_p = temps de propagation entre A et B
- Déterminer la durée minimale de la trame permettant de détecter la collision
- Hypothèse : A et B commencent d'émettre simultanément



- Cas extrême

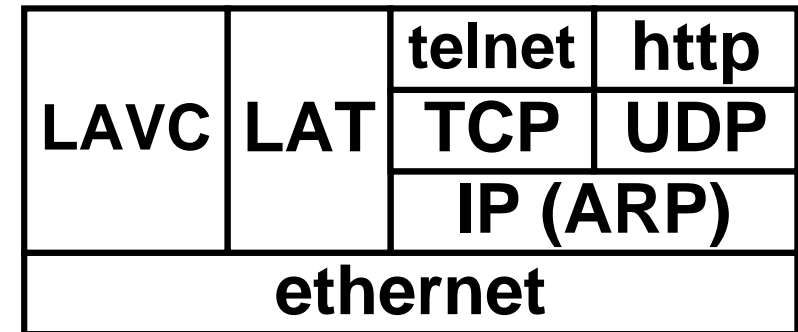


- La norme *ethernet* définit une trame de 64 octets comme longueur minimale
- $Durée_{64} = 51 \sim s$ (10 Mbit/s)

Domaine de collision (4)

- Le temps de propagation dans le cas le plus défavorable est égal aux temps aller et retour de la trame (*RTD : Round Trip Delay*) = $2 T_p \text{ max}$
- 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 la durée de la trame la plus courte
→ $2 T_p \text{ max} < \text{Durée}_{64} = 51 \text{ ns}$
- La collision ne peut se produire que durant cet intervalle de temps

- Cette figure illustre l'empilement des couches de protocole présent sur un serveur Alpha



- Quelques valeurs du champ **Type**

0800 IP *Internet Protocol*

0806 ARP *Address Resolution Protocol*

6003 *DECNET Phase IV*

6004 LAT *DEC Local Area Transport*

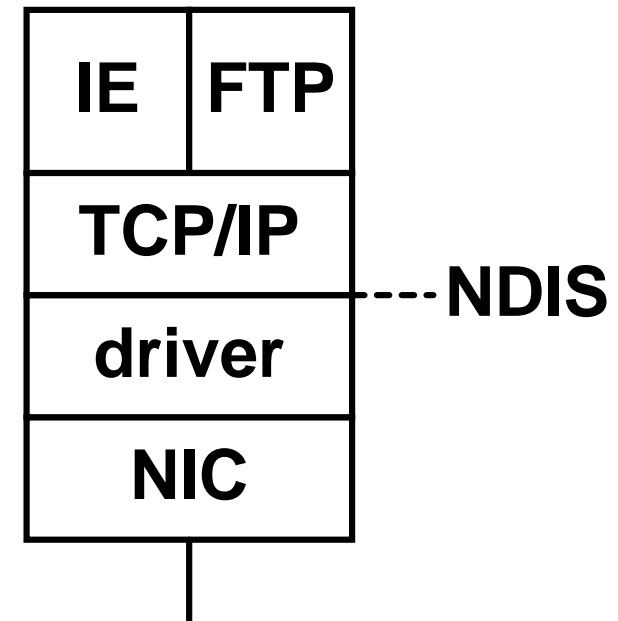
utilisé par les serveurs de terminaux

6007 LAVC *DEC Local Area VAX Cluster*



Architecture Microsoft

- Dans cet exemple, l'utilisateur de ce PC dispose de 2 applications *Internet Explorer* et *File Transfer Protocol*
- Une interface de bas niveau **NDIS** (*Network Driver Interface Specification*) rend le système d'exploitation (XP, W2K, ...) indépendant du contrôleur *ethernet*
- Ce module *hardware*, appelé **NIC** (*Network Interface Card*), est livré avec un pilote (*driver*)





- **Preamble** **Synchronisation bit** **HW**
- **Start of Frame Delimiter** **Synchronisation trame** **HW**
- **Destination Address** **Filtrage adresses** **HW**
 Unicast + broadcast
- **Frame Check Sequence** **CRC : (good / bad)** **HW**

Nombre de trame/s (Frame Rate)

1

$$\text{Frame rate} = \frac{1}{\text{Interframe gap} + \frac{\text{Frame size} + \text{Preamble}}{\text{Bit rate}}}$$

[frame/s]

Frame Size	Octet	64	512	1024	1518
Frame Rate	Frame/s	14880	2349	1197	812

Packets dropped

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

Pratiquement :

- 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 (*sniffer*)
- ***Packets dropped*** (trames perdues)

- **Labo A1**

Mode **analyseur de protocole** ethernet

Décoder chaque champ ethernet, IP, ...

- **Labo A2**

Mode **moniteur de trafic**

Mesurer la charge du réseau

Nombre de nœuds actifs

Taux de charge, % utilisation, *throughput*

Nombre de trames, nombre d'octets

Longueur des trames – distribution (64 – 128 – ... – 1518)

Protocoles de niveau supérieur (IP, IPX, DECnet, LAT, ...)

Erreurs (CRC, trame trop courte, trop longue, non multiple 8)

Analyseur dans architecture MS

- L'analyseur (Acquisition - Affichage)

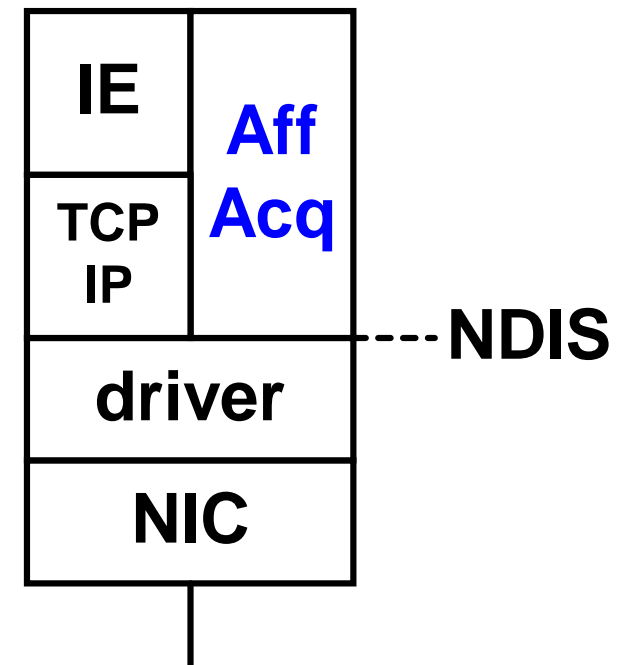
constitue un outil indispensable pour l'étude d'un réseau *ethernet*

Logiciels *Observer, Ethereal, ...*

- Il doit être capable d'acquérir tout le trafic du réseau → *promiscuous mode*

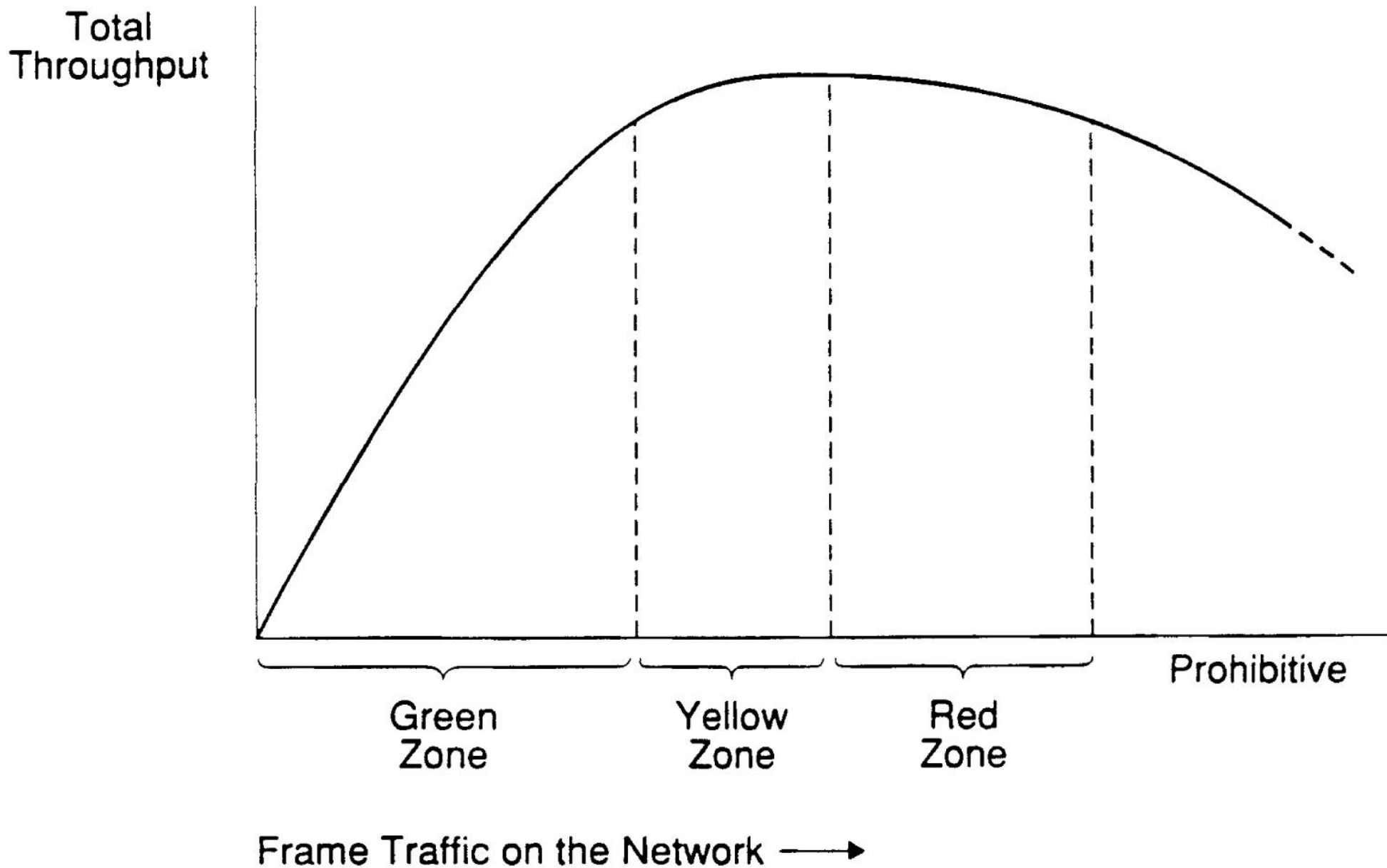
- Le pilote (*driver*) assure un filtrage logiciel des trames pour l'application IE

L'interface NDIS ne permet pas de transmettre les compteurs d'erreur (CRC, ...) ni les 4 octets de CRC



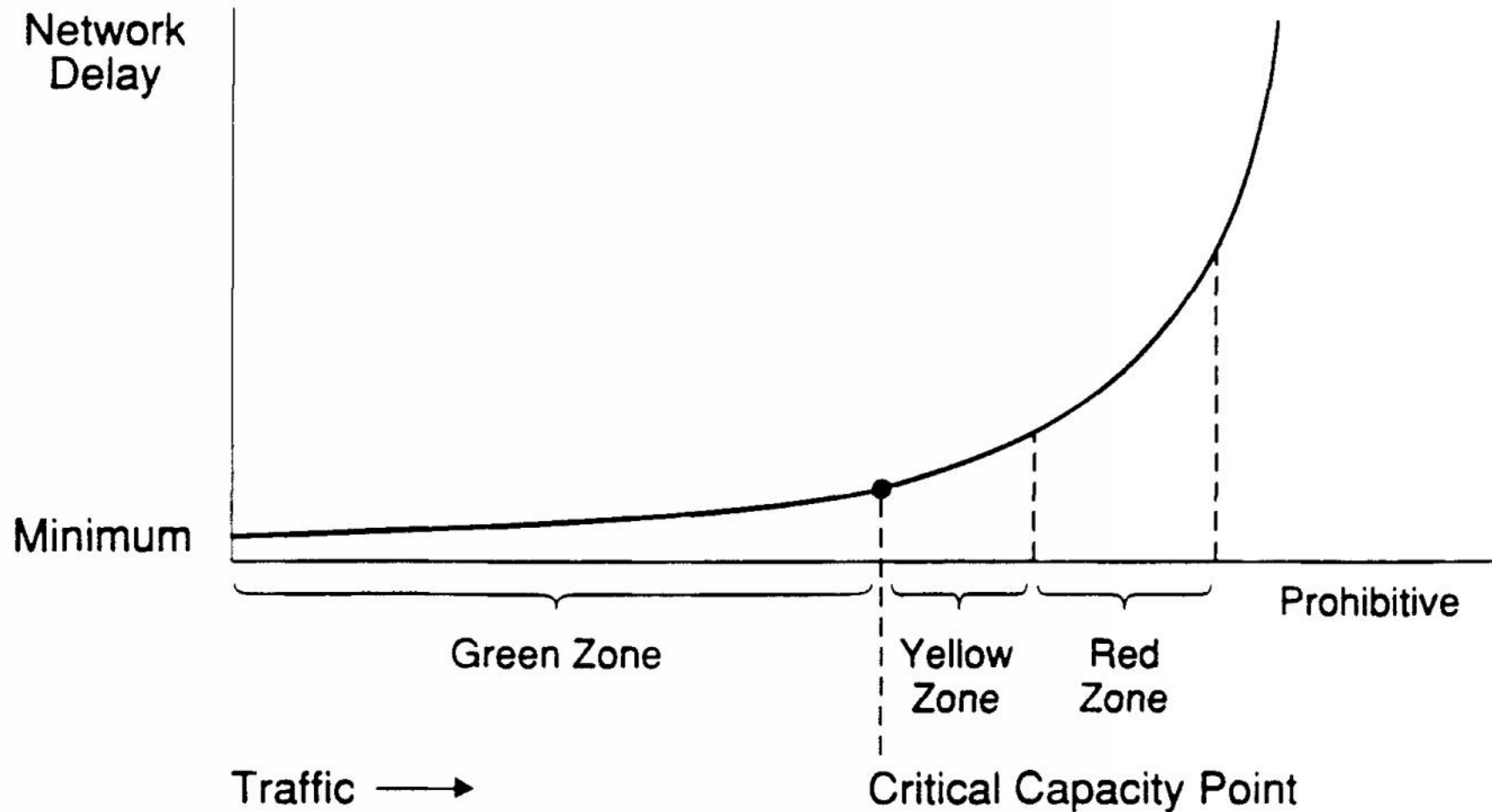
- *Ethernet* fait partie des réseaux à diffusion (***shared network***) qui **partage une bande passante de 10 Mbit/s**
- Le trafic est de type *burstly*; c'est-à-dire que la charge varie dans de fortes proportions (applications, périodes de la journée,...)
- Le débit utile (***throughput***) augmente proportionnellement à la demande tant que la charge totale est inférieure à 50%

Limitation due aux collisions



Response Time

- 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 applicatifs (client – serveur) et réseau

- **IEEE** *Institute of Electrical and Electronic Engineers*

- **MAC** *Media Access Control*

Couche qui implémente CSMA/CD

→ **MAC Address = adresse ethernet**

- **Unicast** L'adresse de destination de la trame désigne un nœud unique (un ordinateur)
- **Broadcast** tous les nœuds (tous les ordinateurs)
- **Multicast** un groupe de nœuds (des ordinateurs)

- **NIC** *Network Interface Card*
Module matériel (carte PCI) compatible 10BaseT, ...
- **TP** *Twisted Pair* (paire torsadée)
- **UTP** *Unshielded Twisted Pair* (... non blindée)
- **STP** *Shielded Twisted Pair* (... blindée)

- <http://www.ethereal.com> puissant analyseur
- <http://www.rware.demon.co.uk/ethernet.htm> excellent
- <http://www.unige.ch/dinf/jfl/elem/etherhom.htm>
- <http://www.ictglobal.com/faq1.html>
- <http://www.tavve.com/nmsweb/doc/ethernet.html>

- <http://standards.ieee.org/catalog/IEEE802.3.html>
- <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html>

- <http://www.google.ch>
- <http://www.whatis.com>