Ethernet

Licence Informatique SMI

Université Mohammed-V Agdal

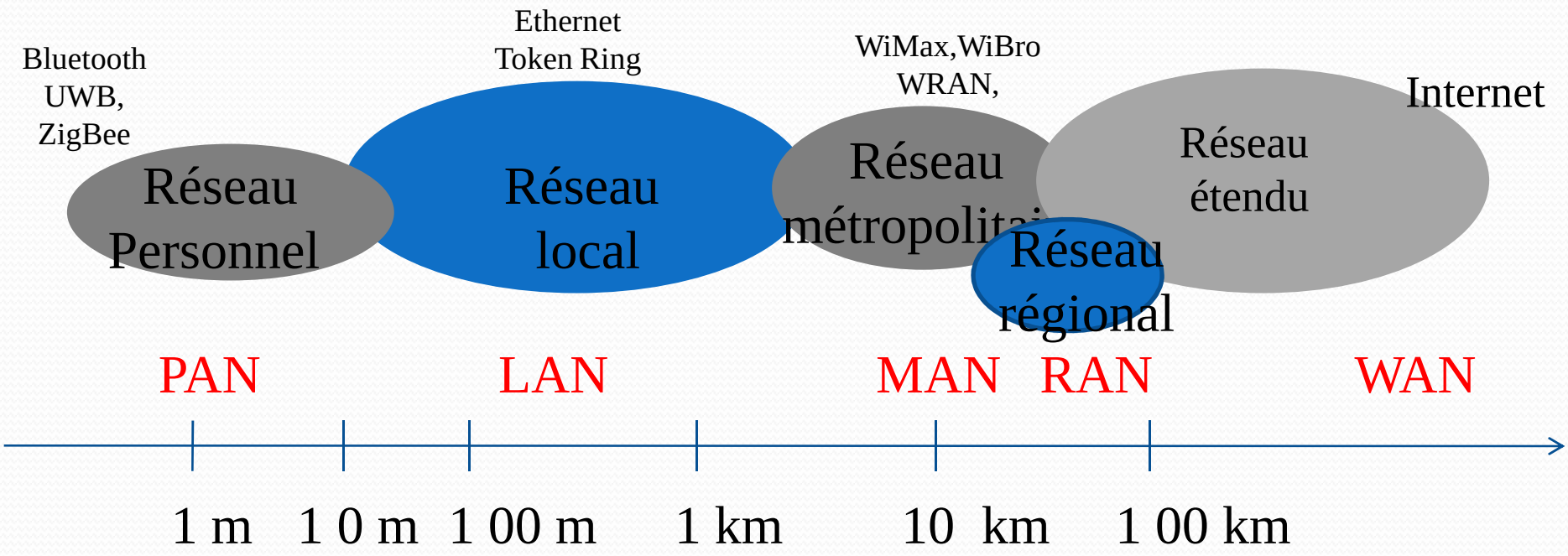
Faculté des Sciences Rabat

Département informatique

Bouabid El Ouahidi
ouahidi@fsr.ac.ma

NB: Certaines parties sont prises sur des documents internet

Appellations selon la taille



PAN (Personal Area Network)

LAN (Local Area Network)

MAN (Metropolitain Area Network)

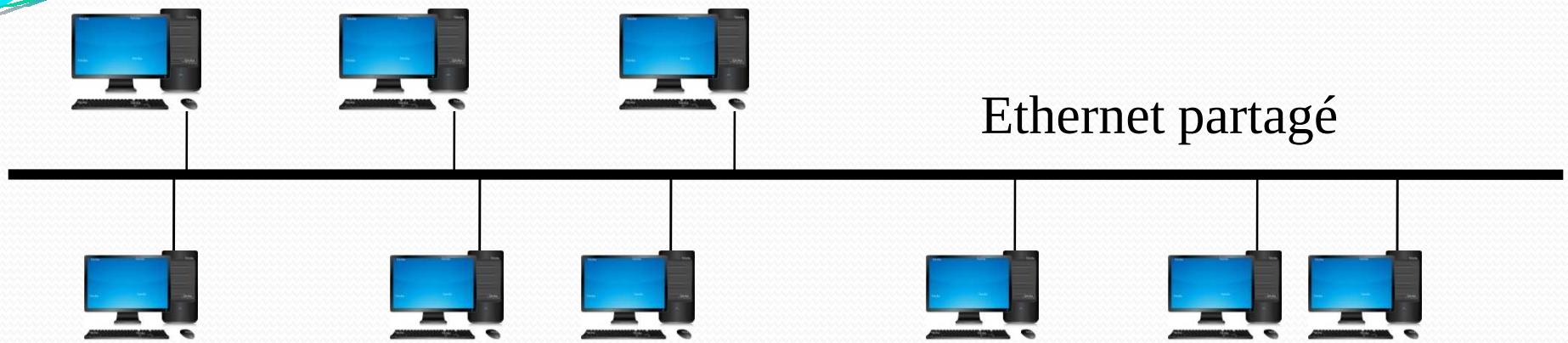
RAN (Regional Area Network)

WAN (Wide Area Network)

Quelques normes IEEE 802

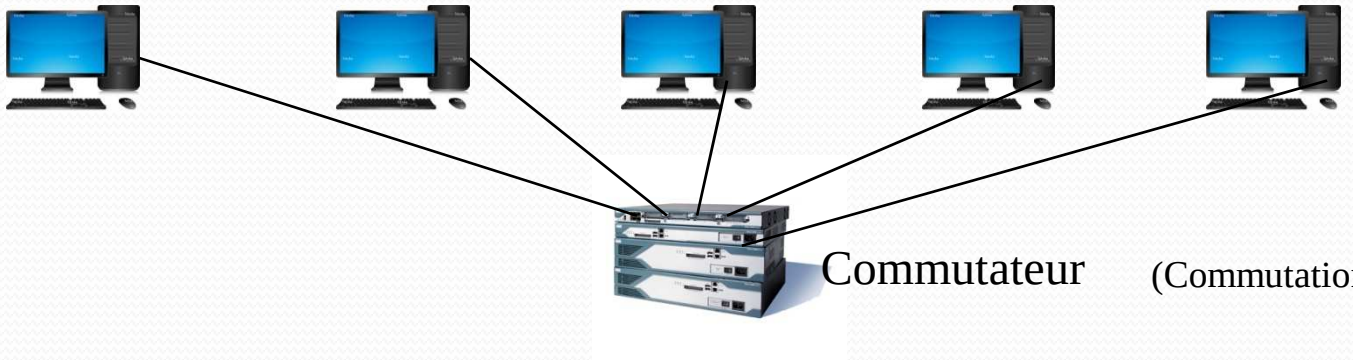
802.1 High Level Interface, Network Management, Bridging, Glossary
802.2 Logical Link Control
802.3 CSMA/CD Ethernet
802.4 Token Bus
802.5 Token Ring (LAN IBM)
802.6 Metropolitan Area Network (DQDB : Double Queue Dual Bus)
802.7 Broadband LAN Technical Advisory Group
802.8 Fiber Optic Technical Advisory Group
802.9 Integrated Service LAN (IsoEthernet), pour isochrone (temps réel)
802.10 LAN Security (SILS : Standard for Interoperable LAN Security)
802.11 Wireless LAN
802.12 Demand Priority LAN (100VG - AnyLAN)
802.14 Cable TV MAN
802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN), bluetooth
802.16 ***Metropolitan Area Networks (MANs)***, *including WiMAX*

Ethernet



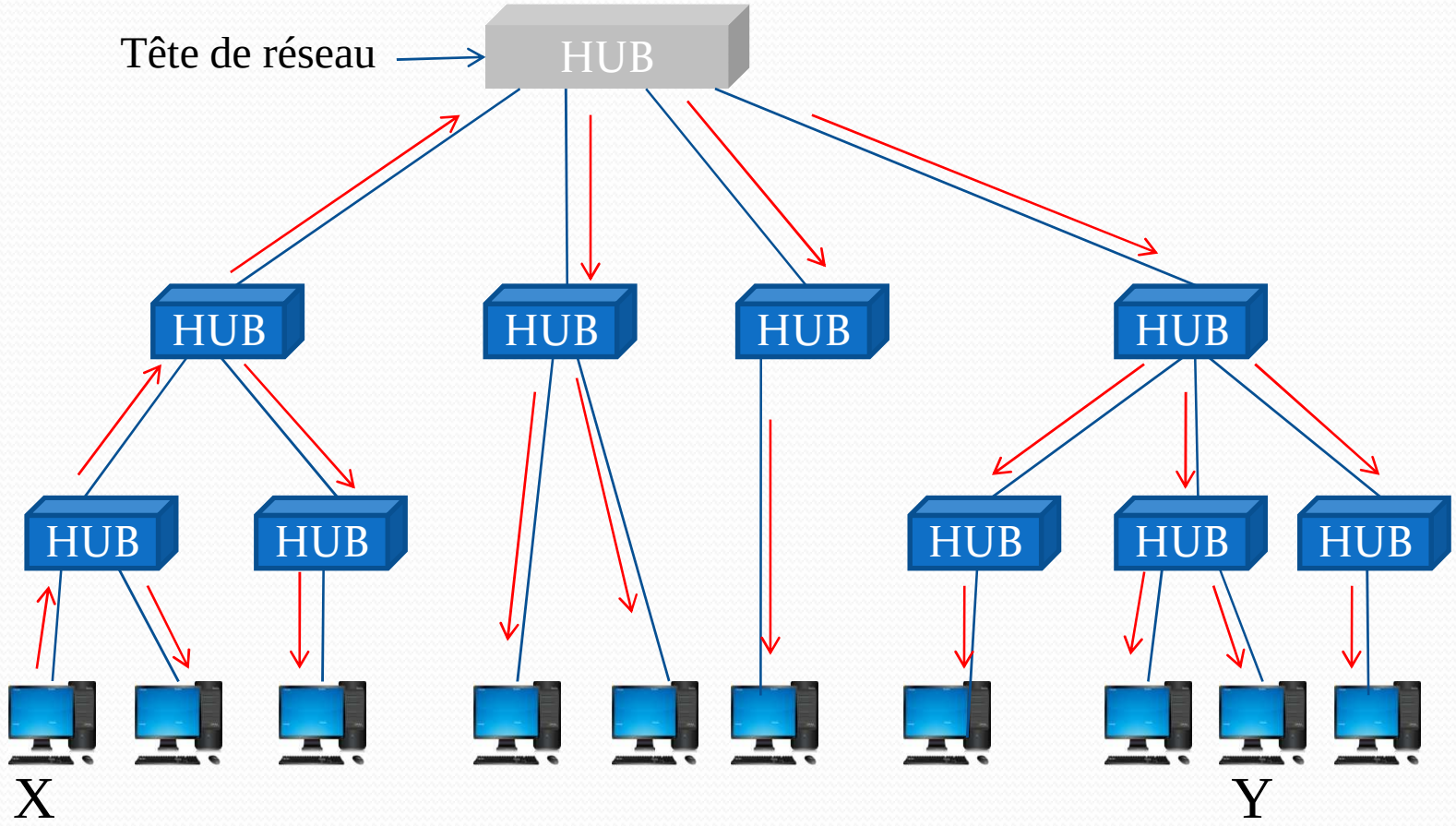
Ethernet partagé

Ethernet Commuté

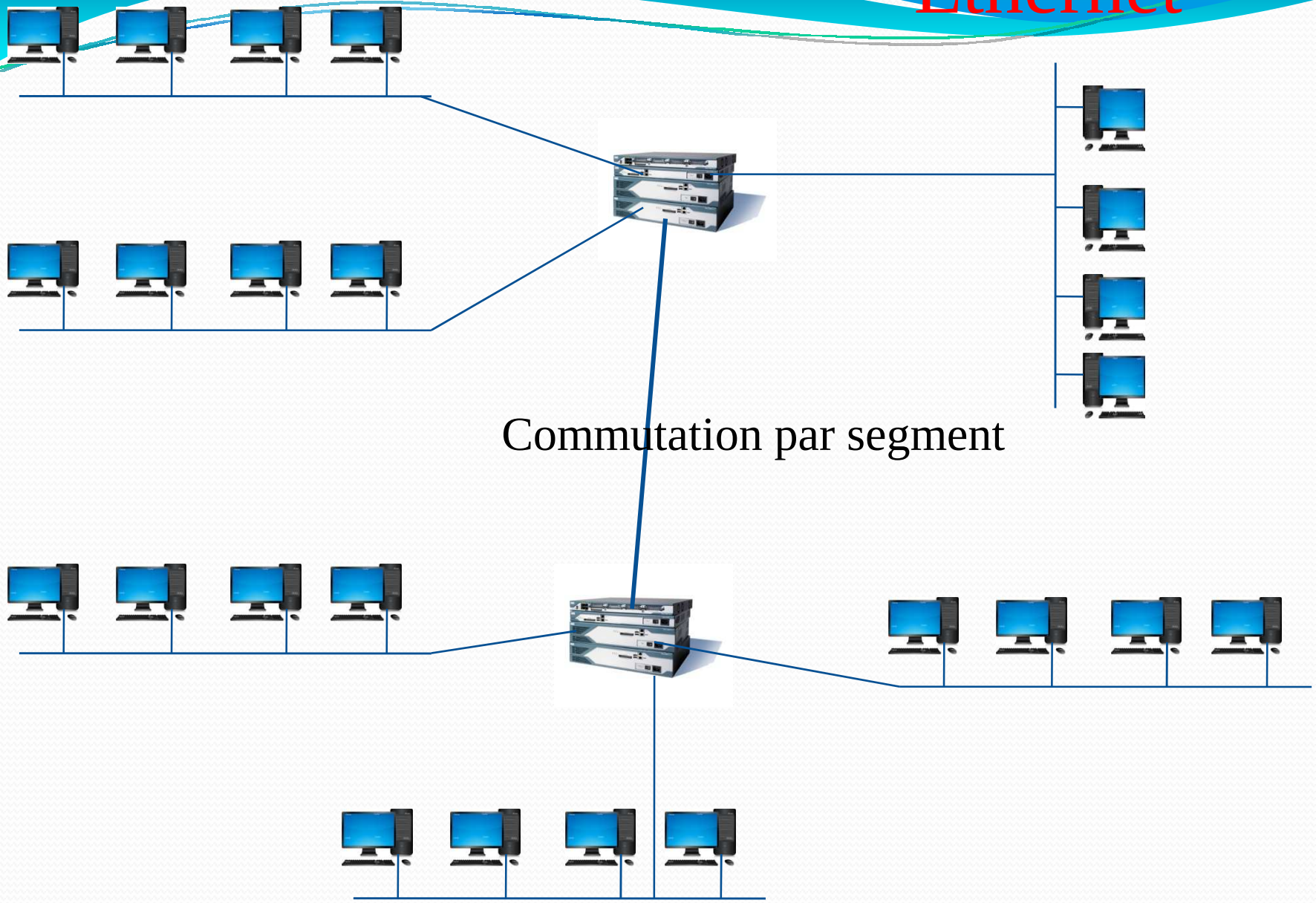


Commutateur (Commutation par port)

Ethernet Partagé (Hubs)



Ethernet



Commutation par segment

Architecture Ethernet

Normalisation Ethernet:

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
  1980 création du comité 802: Normalisation LANs

- ECMA (European Computer Manufacturers Association)

Ethernet partagés normalisés

IEEE 802.3 10 Base 5 (Câble coaxial blindé jaune)

IEEE 802.3 10 Base 2 (Cheaprnet, câble coaxial non blindé, thin Ethernet

IEEE 802.3 10 Base 36 (Ethernet large bande, câble coaxial

IEEE 802.3 1 Base 5 (Starlan 1 Mbits/s Câble coaxial blindé jaune)

IEEE 802.3 10 Base T (10 Mbits/s , Twisted-Pair (paires de fils torsadées)

IEEE 802.3 10Base F, Fiber Optic (Fibre Optique

- IEEE 802.3 10 Base FL, Fibre Link
- IEEE 802.3 10 Base FB, Fibre Backbone
- IEEE 802.3 10 Base FP, Fibre Passive

IEEE 802.3 10 0 base T, Twised Pair ou encore FastEthern (100 Mbits/s, CSMA/CD)

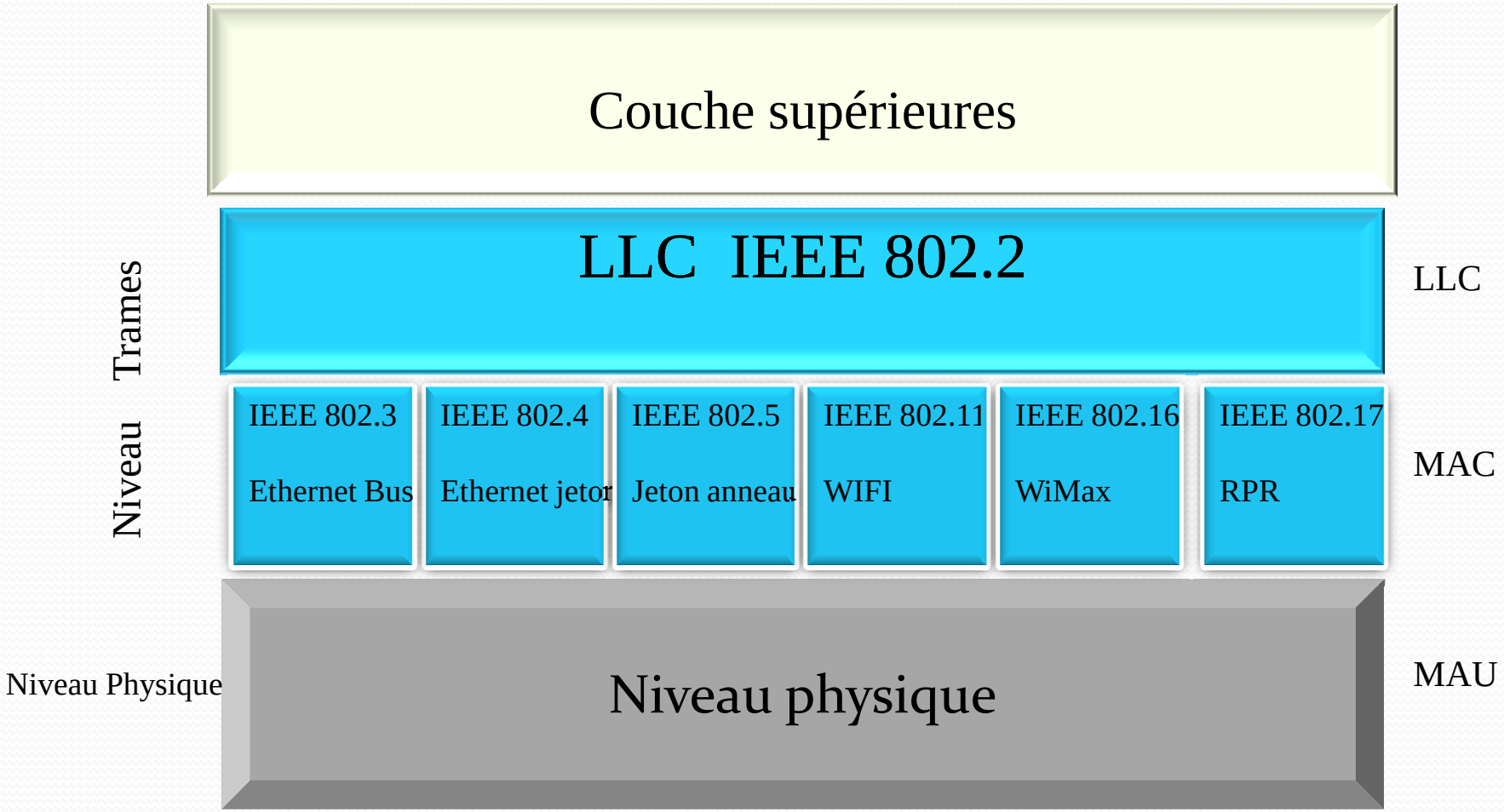
- 10 Base TX;, Fibre Link
- 10 Base T4
- 10 Base FX,

---- 1000 Base CX, 1000 Base LX, 1000 Base T, 1000 Base SX

IEEE 802.9 10 Base M (Multimédia)

IEEE 802.11 10 Base X (Hertien)

Architecture LANs



LLC=Logical Link Control
MAC=Media Access Control
MAU= Medium Access Unit

Architecture LANs

Les fonctions du niveau physique sont réalisées par des MAU (Media Access Unit):

- Le codage et décodage des données
- La synchronisation
- La reconnaissance de trames

La couche MAC (Media Access Control) : Accès Médium

- CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection pour l'accès à un réseau Ethernet partagé.
- CSMA/CA (Collision Avoidance) pour le WiFi
- Polling pour l'accès aux réseaux Bluetooth
- RPR (Resilient Packet Ring) pour les réseaux MAN

LLC (Logical Link control):- Contrôle de l'émission et réception

- ✓ LLC1: sans connexion et sans acquittement
- ✓ LLC2 : avec connexion et avec acquittement
- ✓ LLC3: sans connexion et avec acquittement simplifiée

Accès Aléatoire

Principe: -Consiste à émettre à un instant aléatoire, s'appuie sur la méthode Aloha.

Aloha: Permettre la communication entre différents établissement s (situés sur des iles) de l'université de Hawai,

Principe Aloha:

- **Si un coupleur a une trame prête, il la transmet sans se préoccuper des autres coupleurs.**
- **Si il y a collision, les trames sont perdues et sont retransmises ultérieurement**

ALOHA (1970)

Avantage:

- Simplicité
- Aucune synchronisation
- Décentralisée

Inconvénients:

- Perte d'informations résultant d'une collision
- Manque d'efficacité en cas de collision, car la transmission n'est pas interrompue.
- Si plusieurs coupleurs, le débit baisse trop.

Amélioration d'ALOHA

Slotted Aloha (1972)

- Ou Aloha <en tranches> ou Aloha Discrétisé
  - Découpe le temps en tranches
  - Autorise l'émission de trames qu'en début de tranche
  - Collision: si deux ordinateurs émettent pendant une même tranche
- Permet d'améliorer le débit, mais reste instable
  - Aloha discrétisé est deux fois plus efficace qu'Aloha
    - Permet d'utiliser 37 % du débit physique du réseau.

CSMA (1975)

Principe:-Ecoute du canal avant transmission

Si un coupleur veut transmettre une trame
Il écoute la canal, si libre il émet;
sinon, il diffère à une date ultérieure

Améliore Aloha, mais ne supprime pas les collisions

Il suffit de considérer le cas deux stations les plus éloignées.

Variantes CSMA

Nombreuses variantes de CSMA, diffèrent par trois caractéristiques:

- La stratégie suivie par le coupleur après détection de l'état du canal
- La manière dont les collisions sont détectées
- La politique de retransmission après collision

Ses principales Variantes:

- CSMA non Persistant
- CSMA-Persistant
- CSMA-p persistant

CSMA non persistant:- Le coupleur écoute, si libre il émet, sinon, Il recommence le même processus après un temps aléatoire d'attente

CSMA persistant:-Le coupleur écoute, si libre il émet, sinon, il continue à écouter jusqu'à ce que le canal soit libre et émet à ce moment.

Moins de perte de temps, mais augmente la probabilité de collision, car les trames qui s'accumulent pendant la période occupée sont toutes transmises en même temps.

CSMA p-persistant:- le même que persistant, mais lorsque la canal devient libre, la probabilité que le coupleur émet est p. La probabilité que le coupleur diffère son émission est 1-p.

Réduit la probabilité de collision. En effet, si deux terminaux souhaitent émettent en même temps, avec les algorithmes précédents, la collision est inévitable. Dans le cas p-persistant, il y une probabilité 1-p que chaque terminale n'émet pas, ce qui évite la collision. En revanche, il augmente le temps avant retransmission

CSMA-CD (Carrier Sense Multiple Access /Collision Detection):

Algorithme CSMA-CD

Si un coupleur veut émettre:

a) Il écoute le canal, si libre il émet *tout en continuant à écouter*

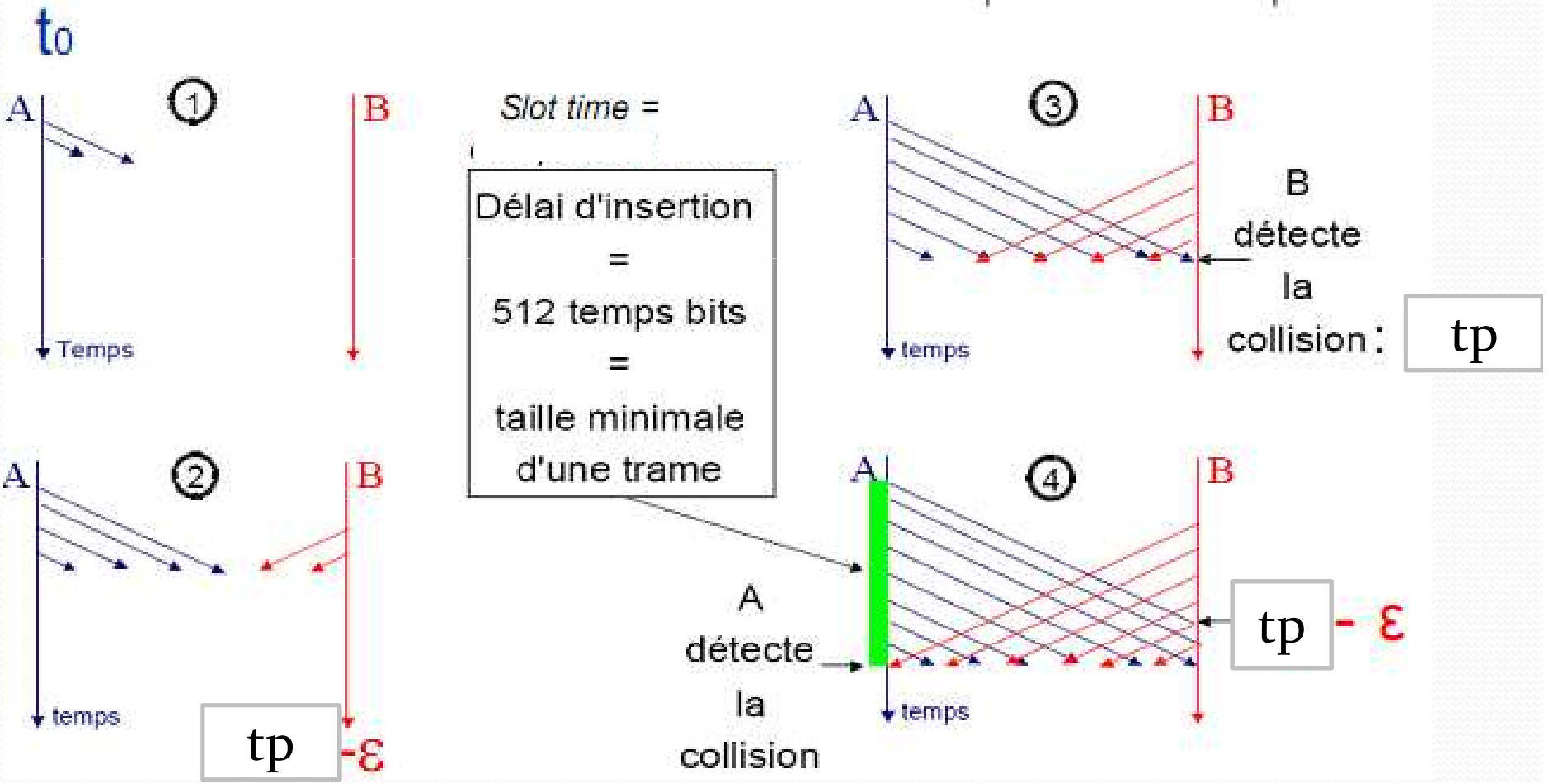
b) Si collision, arrêter d'émettre et transmettre des bits dits de bourrage, et reprendre en a) *après* un temps *aléatoire calculé* par l'algorithme dit de *back-off*. *Ce temps est un multiple du slot time*

CSMA/CA:- Collision Avoidance (WIFI). Permet à CSMA/CD de fonctionner lorsque la détection n'est pas possible (cas WIFI).

CSMA/CR

slot time

Temps minimum pour détecter une collision =
Temps nécessaire pour que le signal émis par une station parvienne à l'autre station: τ



Slot time

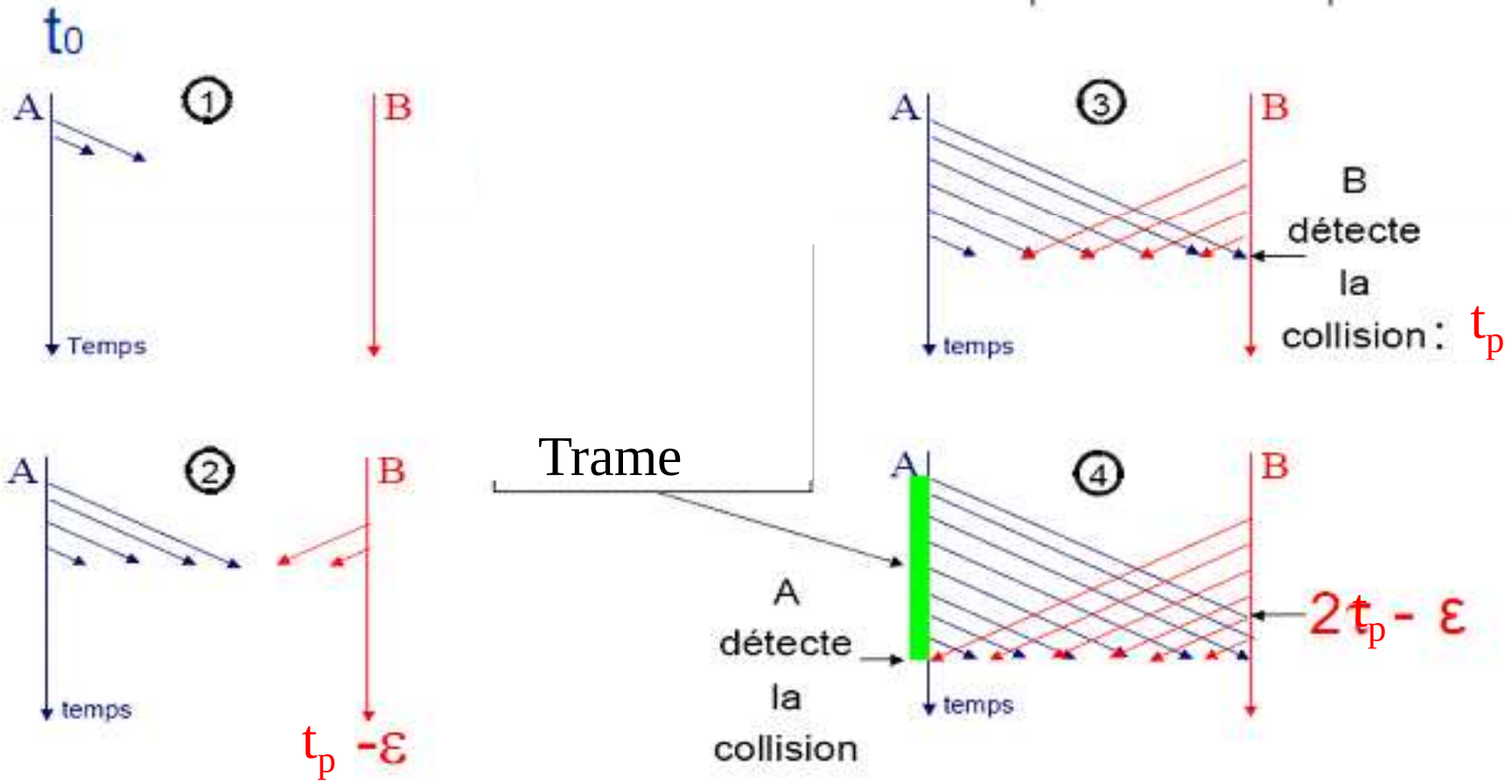
Soit t_p temps de propagation entre A et B les plus éloignés.
A émet en utilisant CSMA/CD, c'est-à-dire écoute, si libre émet tout en continuant à écouter.

- Slot time= Temps minimal pendant lequel A est assuré que la trame n'a pas rencontrée de collision.

- Ce temps doit être supérieur ou égale à $2t_p$. Sinon, il peut y avoir collision sans que A ne le détecte pas.
- Comme conséquence, IEEE 802.3 impose comme taille minimale d'une trame Ethernet 64 octets pour un débit de 10 Mbits/s

Slot Time :- $\tau = 2tp$

Temps minimum pour détecter une collision =
Temps nécessaire pour que le signal émis
par une station parvienne à l'autre station: t_p



Slot time (τ)?

Calcul du Slot time (τ)?

- La norme 10 Base T impose une taille 64 octets comme taille minimale d'une trame Ethernet. Cas débit D= 10 Mbits/s

- le slot time τ =51,2 μs.

On en déduit la longueur maximale: $L = \tau/2 * 10^8 =$ 5,12 km.
(vitesse = 200 000 km/s sur câble).

Mais le choix s'est fixé sur 2,5km pour la 10 Base T.

Algorithme Back-off

Soit n la n$^{\underline{ième}}$ collision.

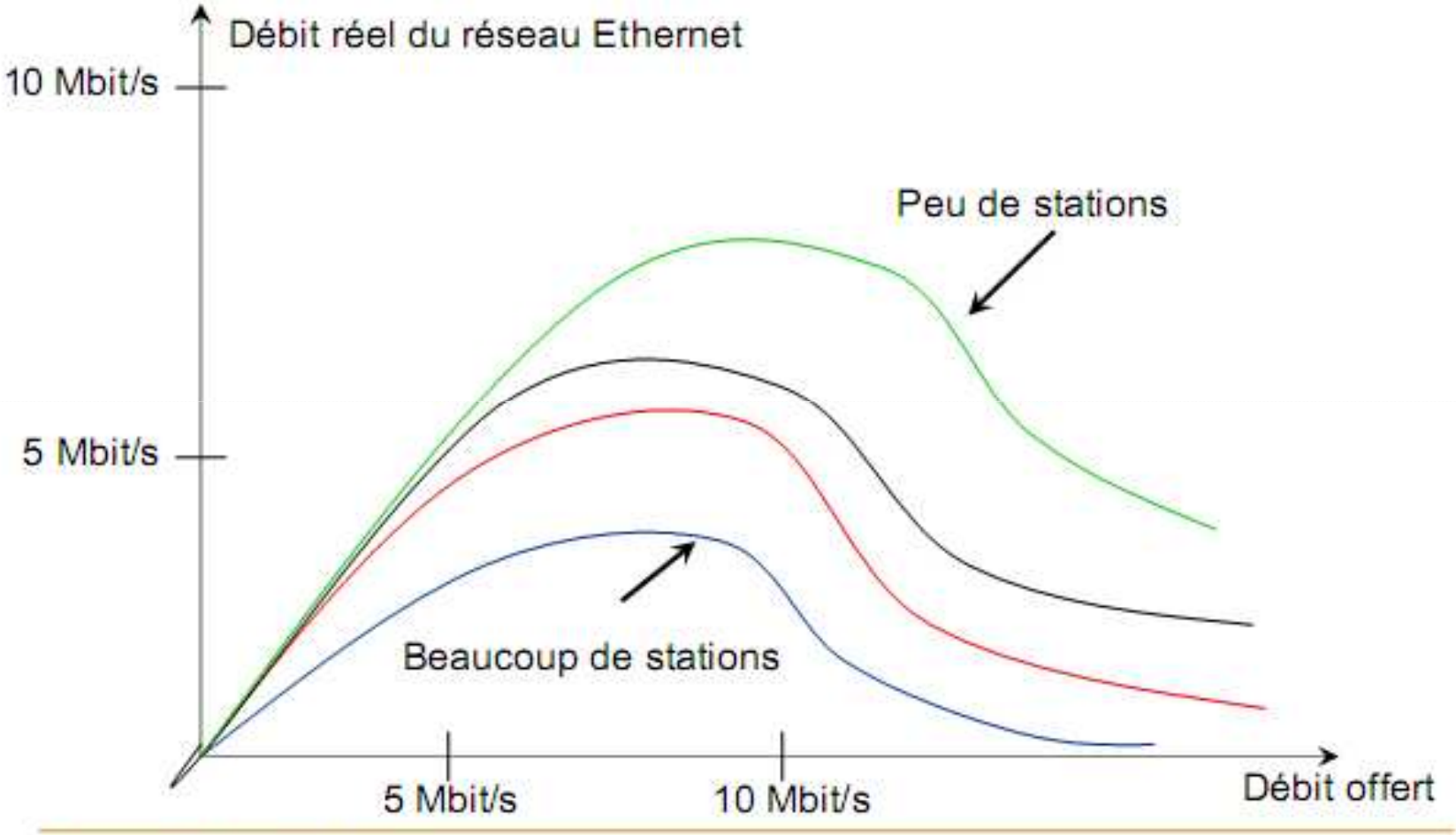
k = min (10, n)

Choisir aléatoirement r, tel $0 \leq r \leq 2^k$

La reprise s'effectue après le temps r* τ (τ est le slot time)

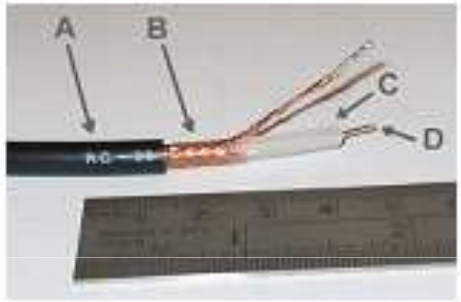
Si n $\geq$16 abandon

Performance du réseaux Ethernet



Les supports en 10 Mégabits par sec.

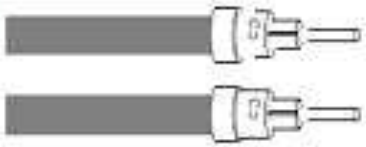
- 10Base5 ou *Thick (epais) Ethernet*, câble coaxial
  - Taille max du segment : 5 X 100 connexions, espacées de 2,5m
  - Signal en bande de base
  - Le débit en Mbit/s



- 10Base2 ou *Thin (fin) Ethernet*, câble coaxial
  - Taille max du segment : 185m

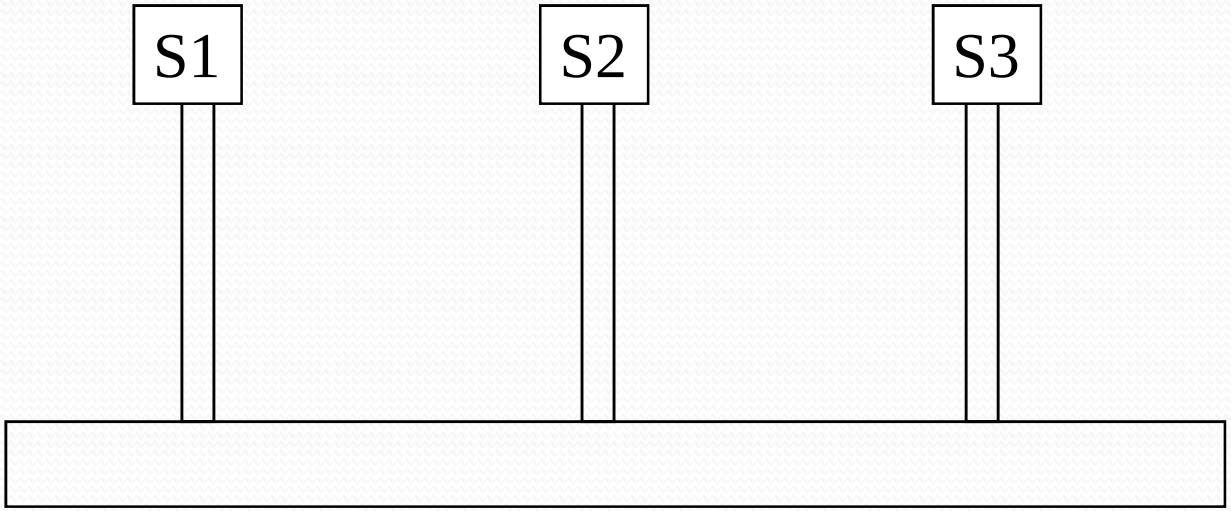
- 10Base-T : paire torsadée non blindée (UTP)
  - 100m maximum

- 10Base-F ou fibre optique
  - 2km entre répéteurs, immunité électro-magnétique
  - Supporte facilement l'augmentation de débit



CSMA/CD

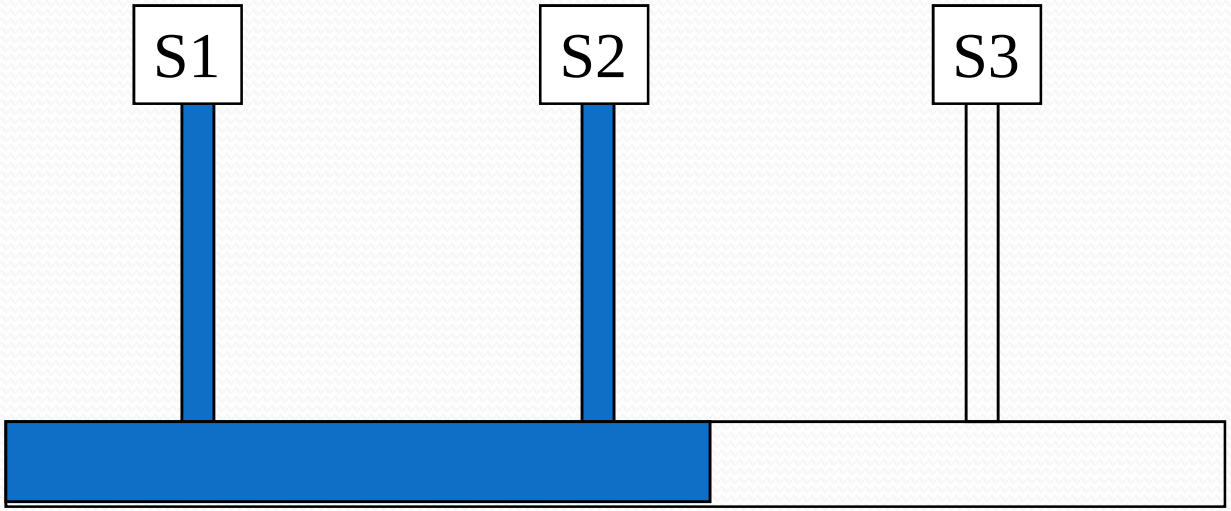
- Transmission sans problème



Instant T_1 : S1 veut transmettre

CSMA/CD

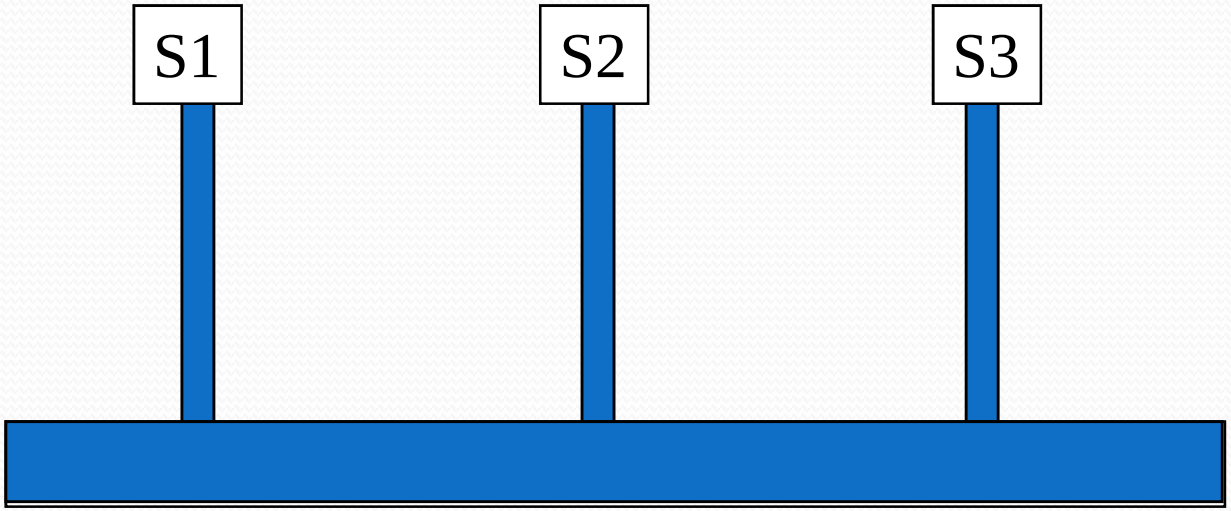
- Transmission sans problème



Instant $T_1 + D_I + D_P$(S1->S2) : S2 reçoit

CSMA/CD

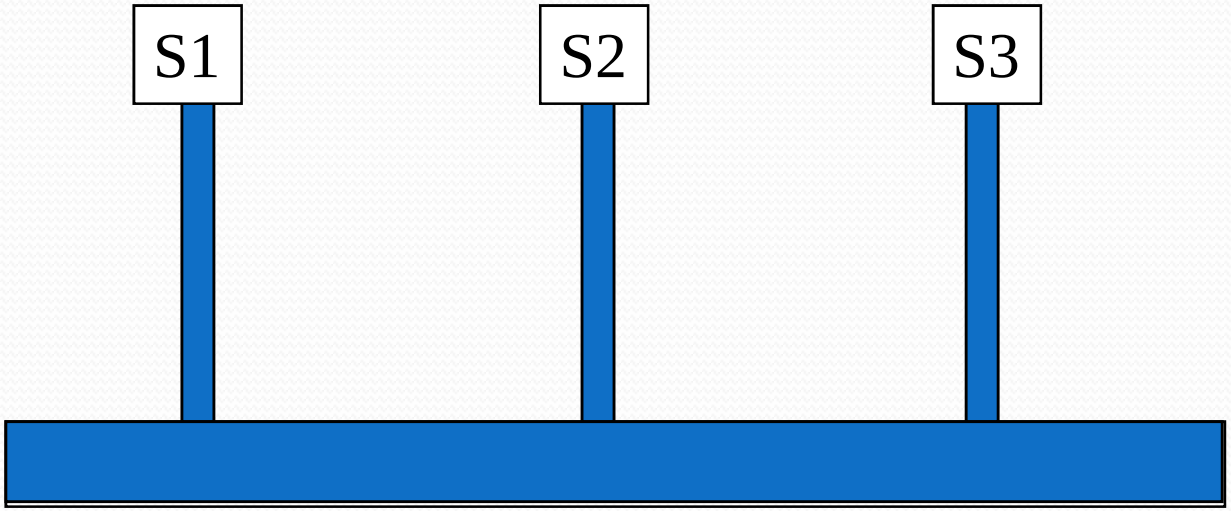
- Transmission sans problème



Instant $T_1 + D_I + D_P$(S1->S3) : S3 reçoit

CSMA/CD

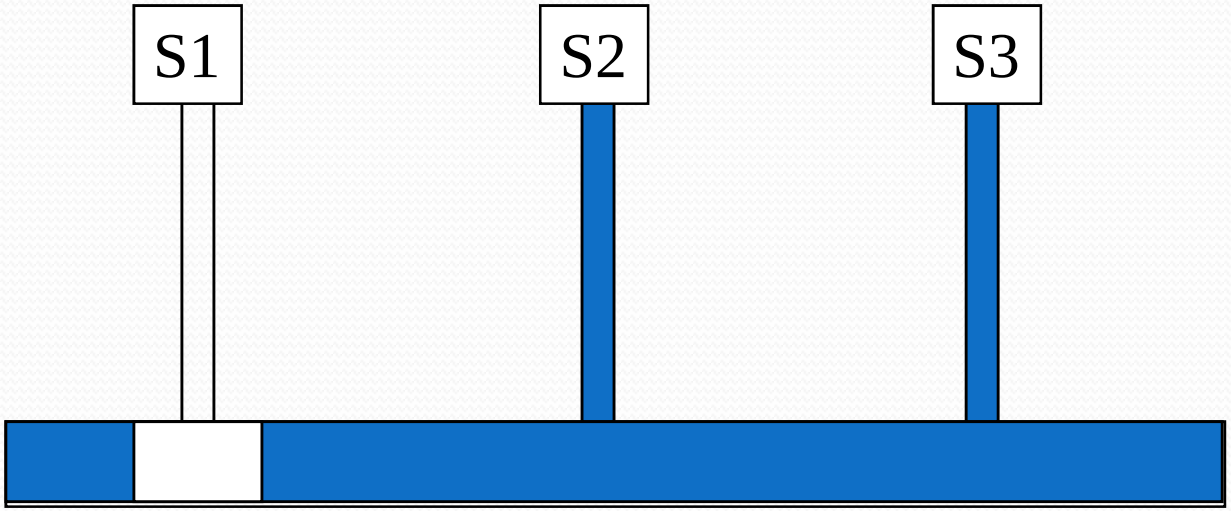
- Transmission sans problème



Instant T_2 : S1 cesse d'émettre

CSMA/CD

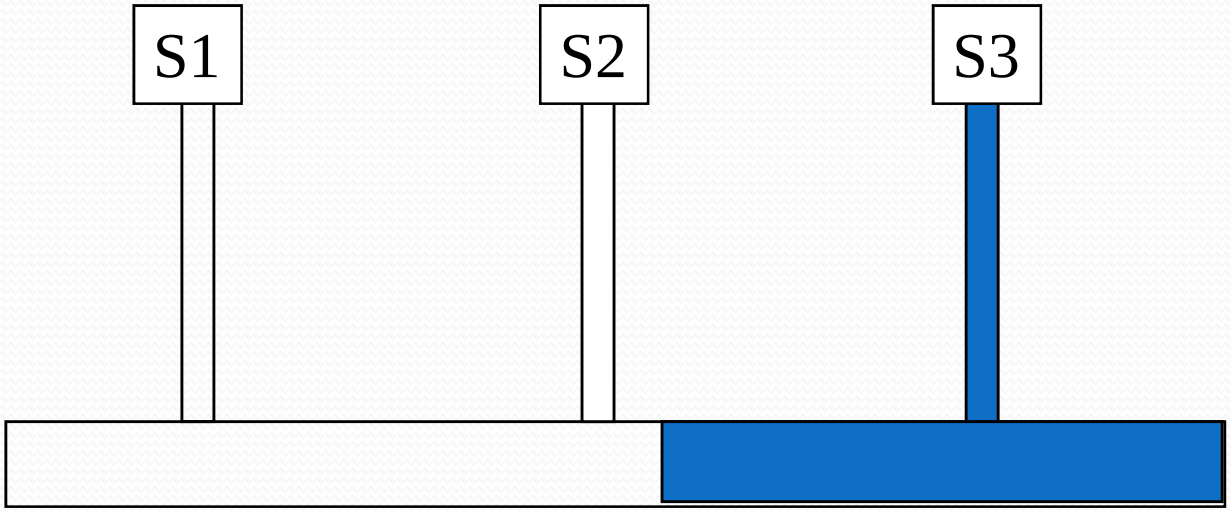
- Transmission sans problème



Instant $T_2 + \Delta$

CSMA/CD

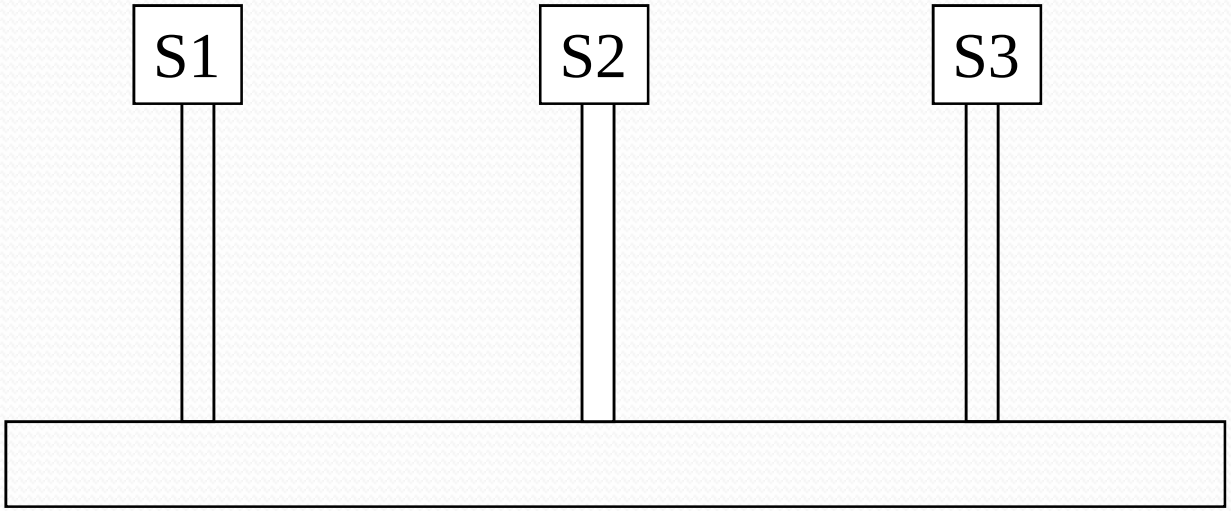
- Transmission sans problème



Instant T_2 + D_P(S1->S2) : S2 cesse de recevoir

CSMA/CD

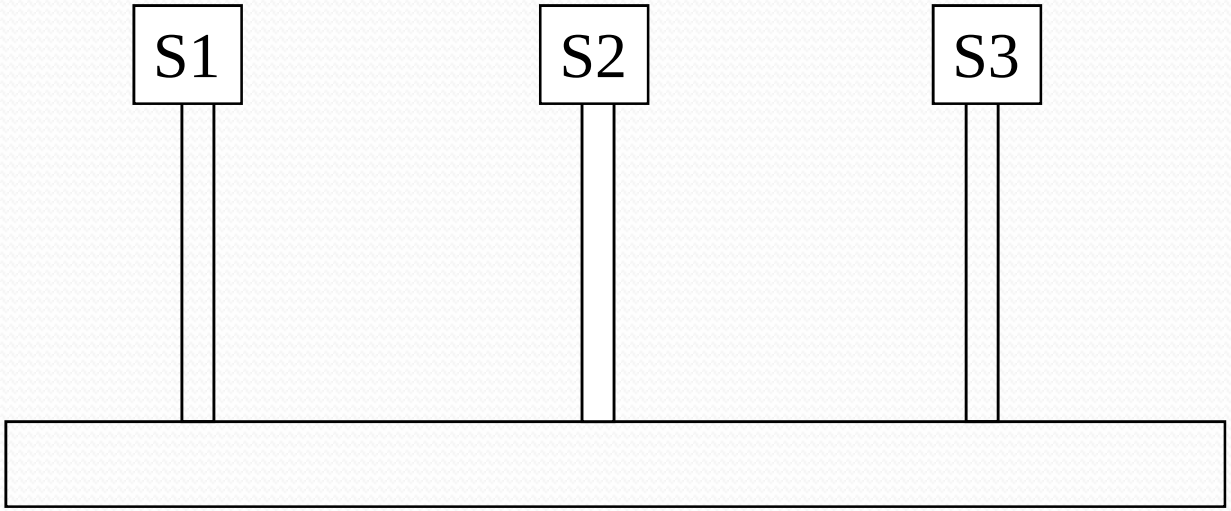
- Transmission sans problème



Instant T_2 + D_P(S1->S3) : S3 cesse de recevoir

Délai inter-trames?

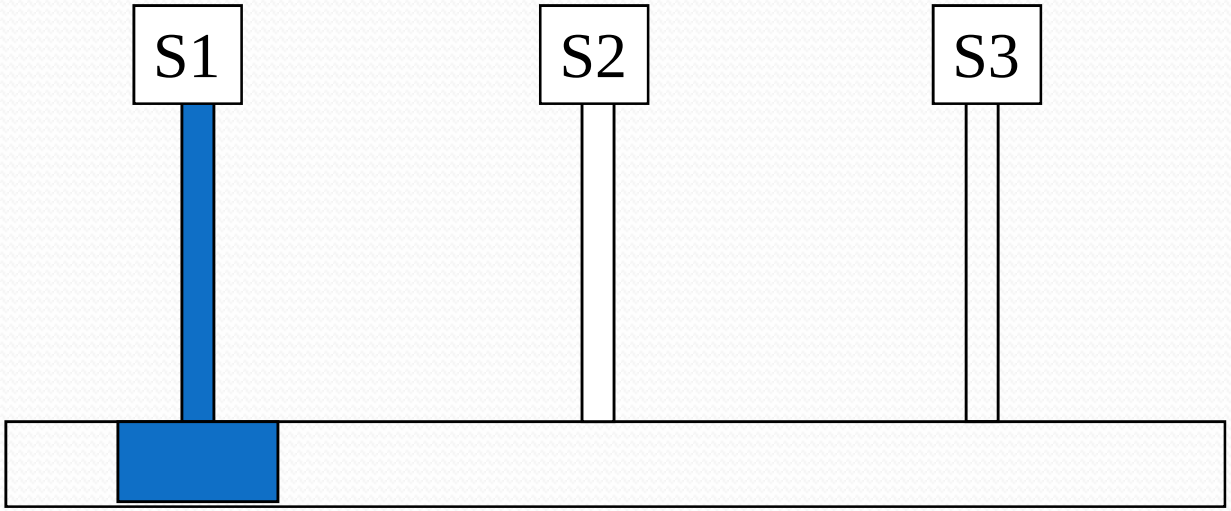
- Nécessité du délai inter-trame (9,6 µs=> 12 octets, 10Mbits/s)



Instant T_0 : S1, S2, et S3 n'ont rien à transmettre

Délai inter-trames?

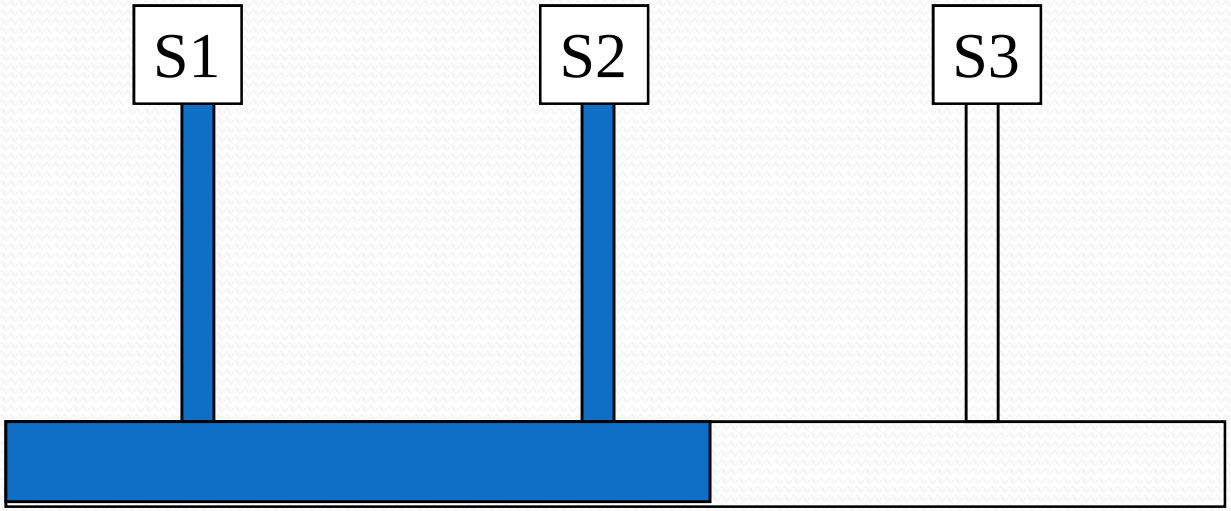
- Nécessité du délai inter-trame



Instant T_1 : S1 veut transmettre ,
S1 commence à transmettre

Délai inter-trames?

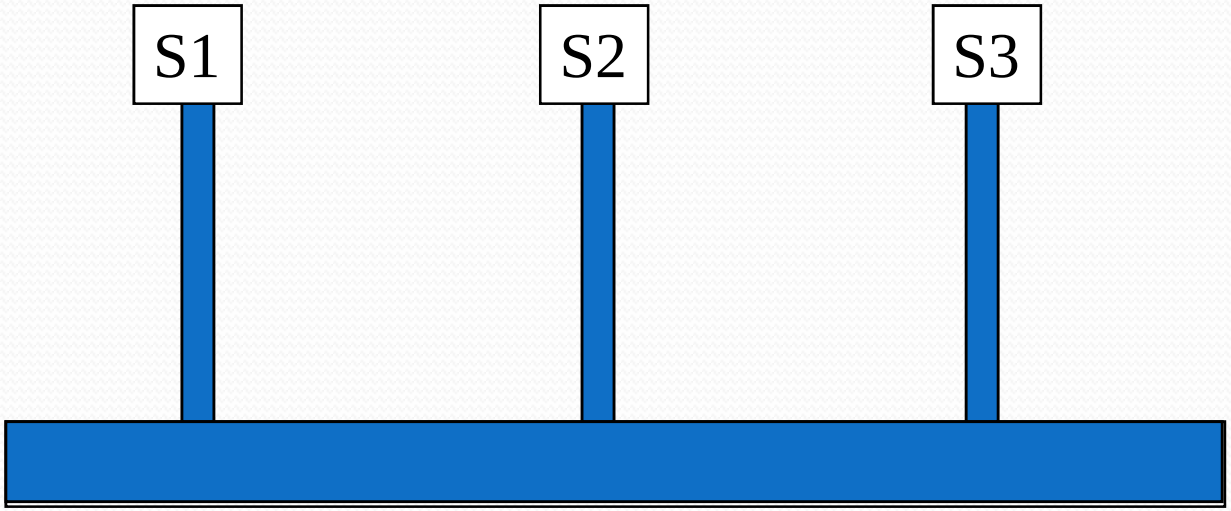
- Nécessité du délai inter-trame



Instant T_1 + D_P(S1->S2) : S2 reçoit

Délai inter-trames?

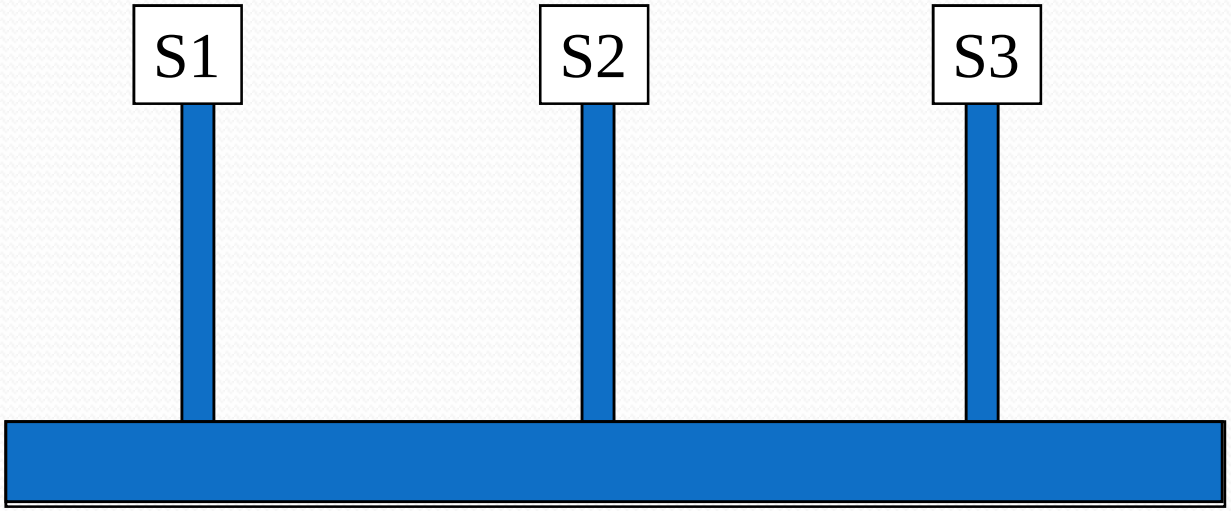
- Nécessité du délai inter-trame



Instant T_1 + D_P(S1->S3) : S3 reçoit

Délai inter-trames?

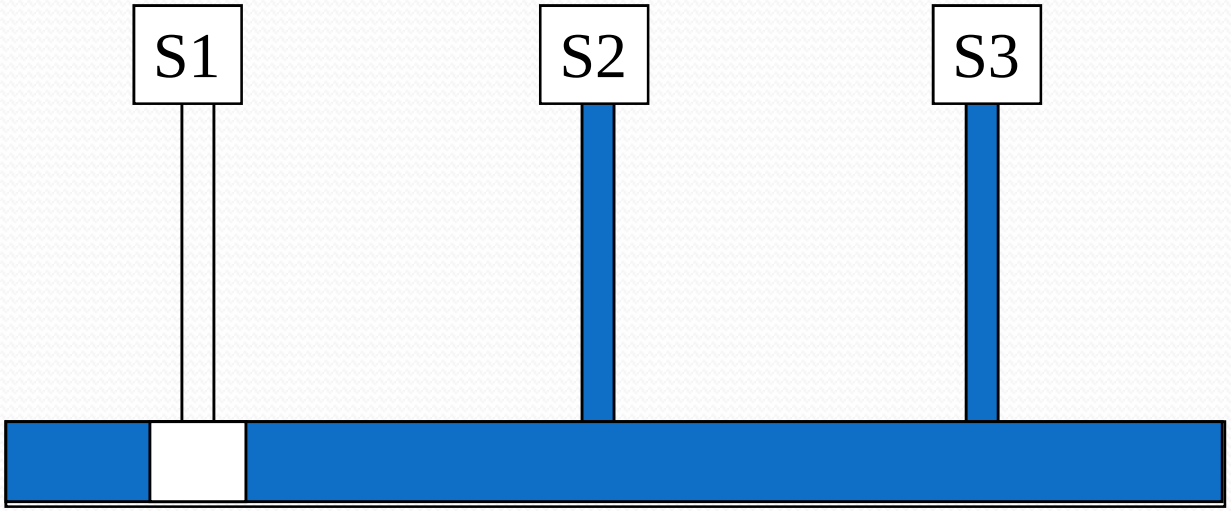
- Nécessité du délai inter-trame



Instant T_2 : S2 veut transmettre!

Délai inter-trames?

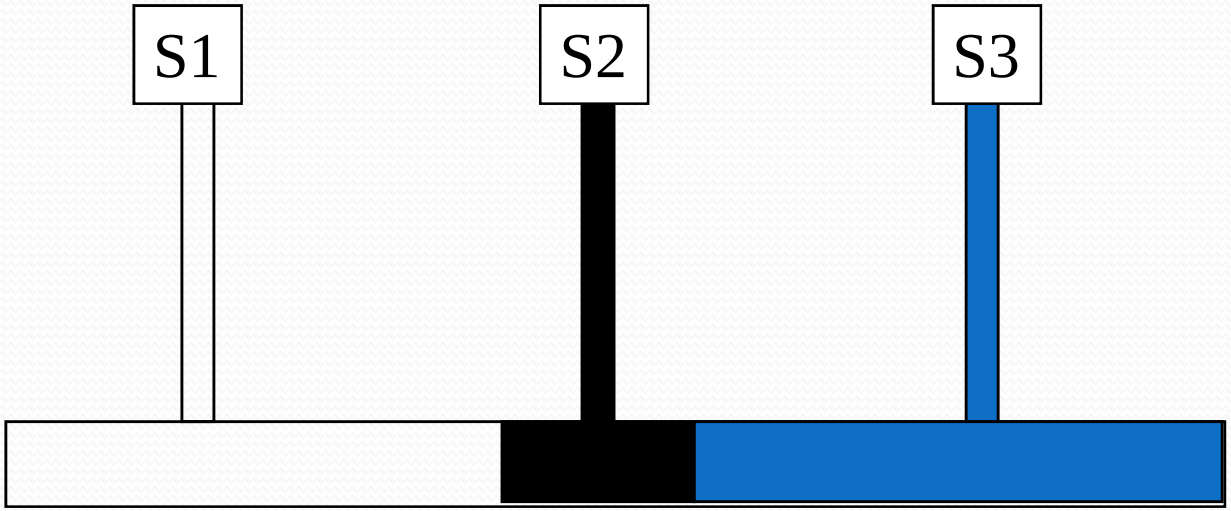
- Nécessité du délai inter-trame



Instant T_3 : S1 cesse de transmettre

Délai inter-trames?

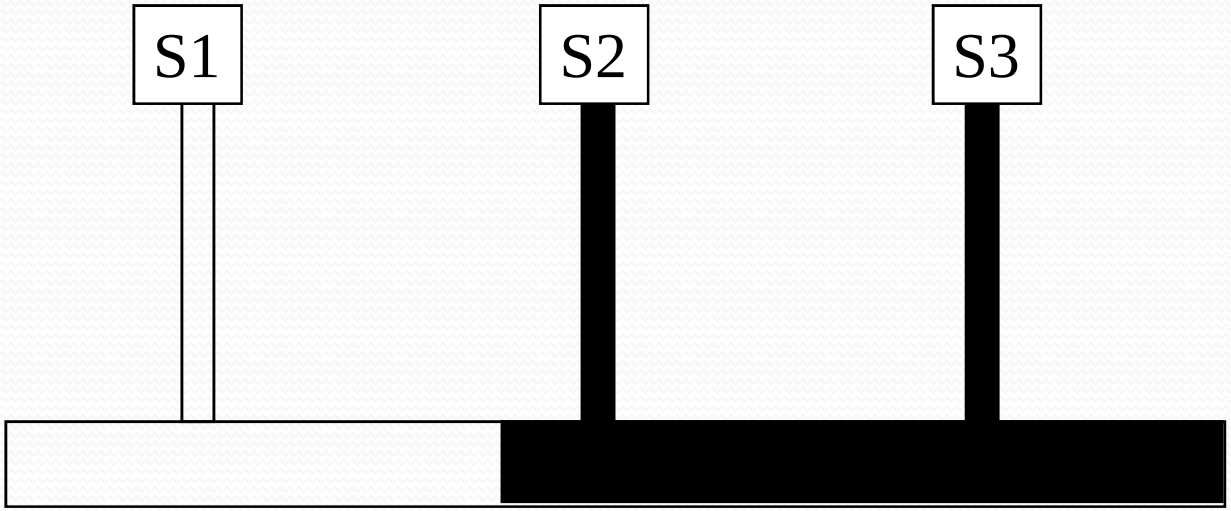
- Nécessité du délai inter-trame



Instant T_3 + D_P(S1->S2): S2 cesse de recevoir
S2 détecte la passivité du support et commence à émettre!!

Délai inter-trames?

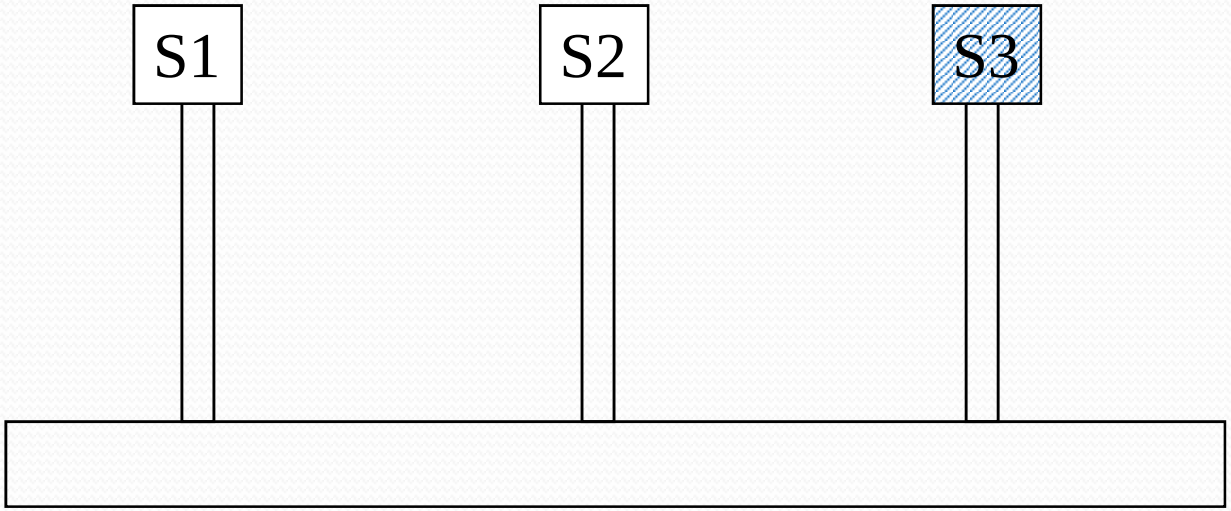
- Nécessité du délai inter-trame



Instant T_3 + D_P(S1->S3): S3 cesse de recevoir les données de S1 et reçoit les données de S2 sans pouvoir faire la différence!

Collision

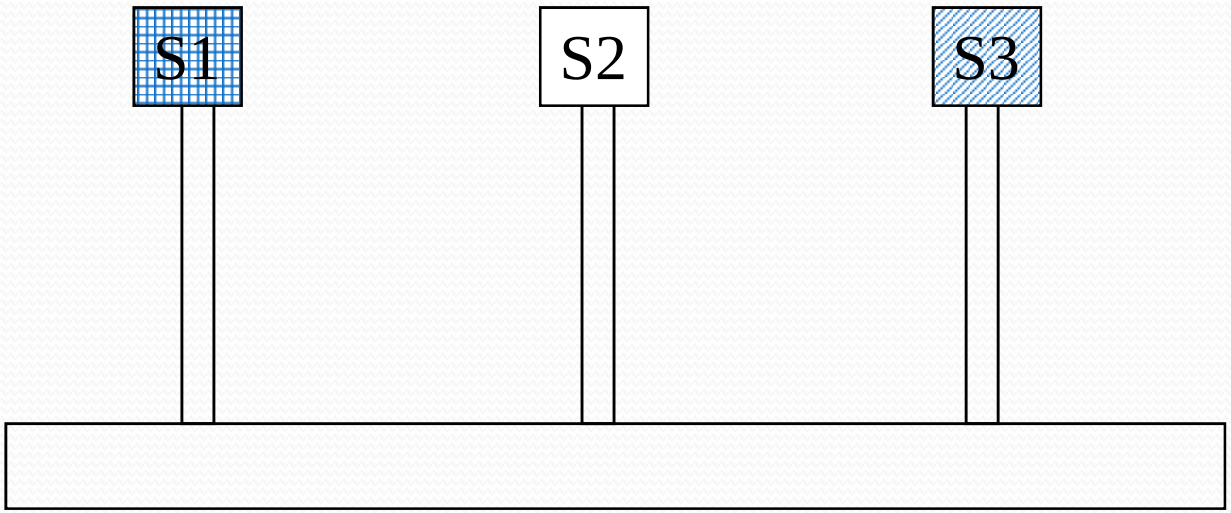
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant T_1 : S3 veut transmettre et commence son décompte

Collision

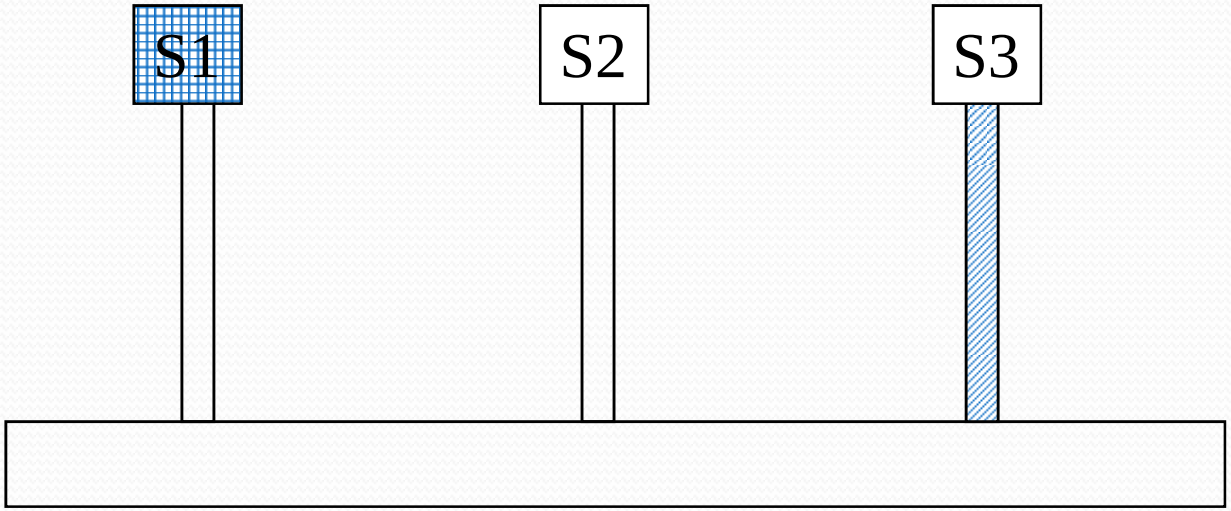
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + \Delta$: S1 veut transmettre et commence son décompte

Collision

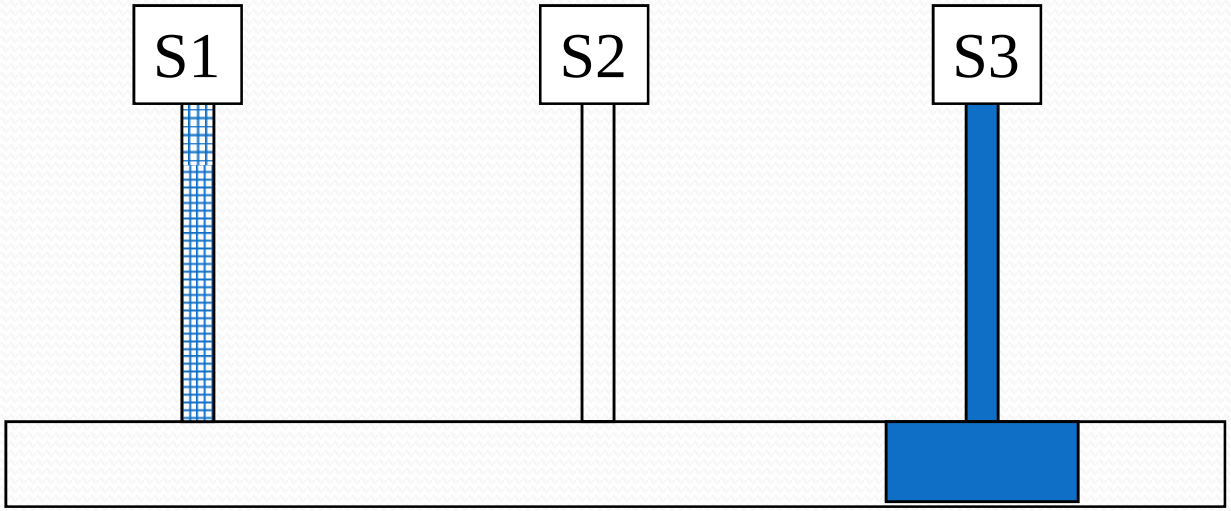
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + D_I$: S3 commence à transmettre

Collision

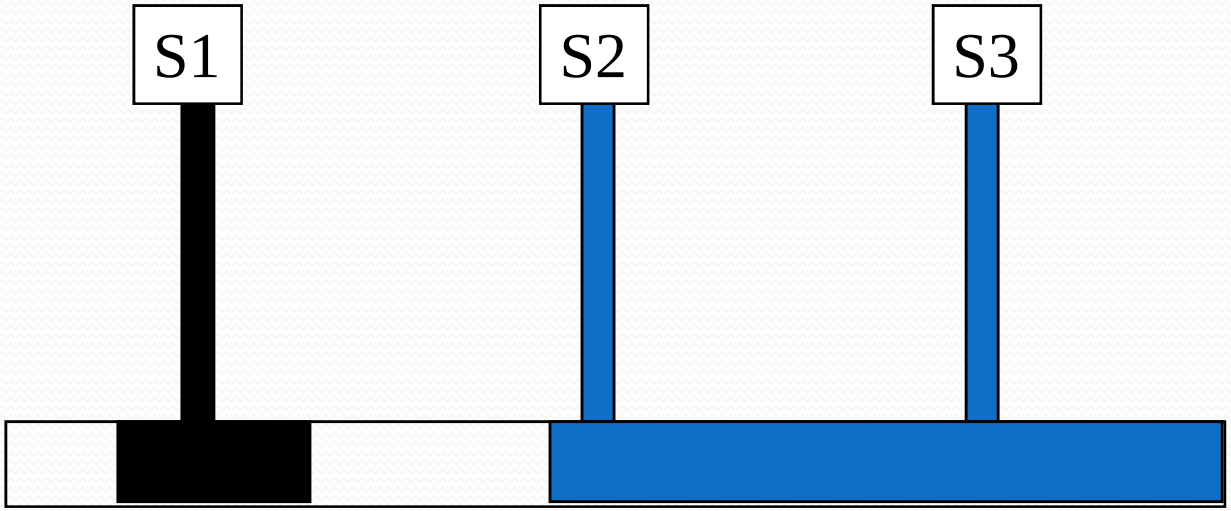
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + \Delta + D_I$: S1 commence à transmettre

Collision

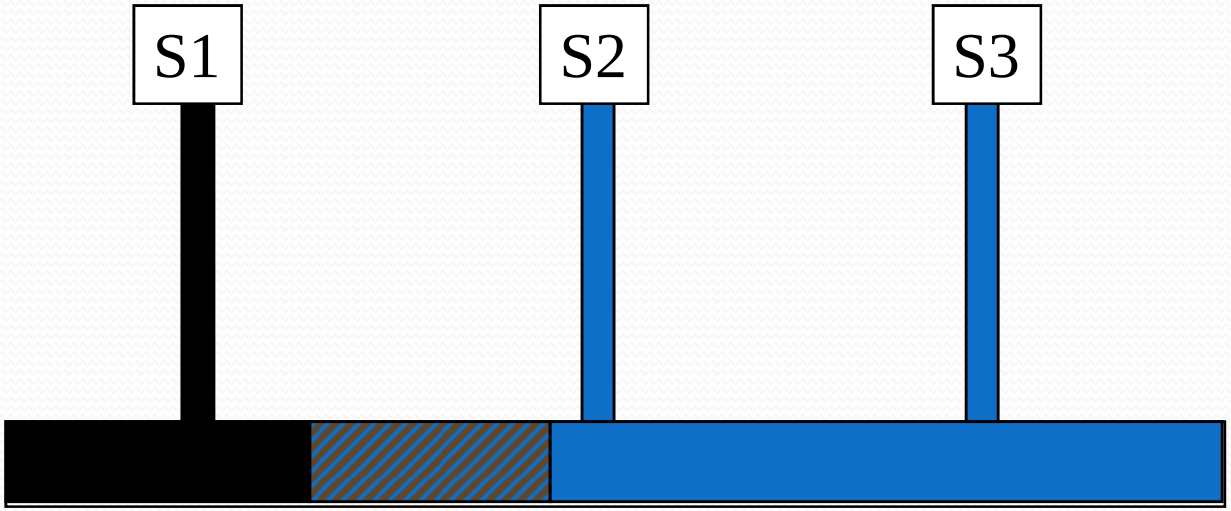
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + D_I + D_P$(S3->S2) : S2 commence à recevoir

Collision

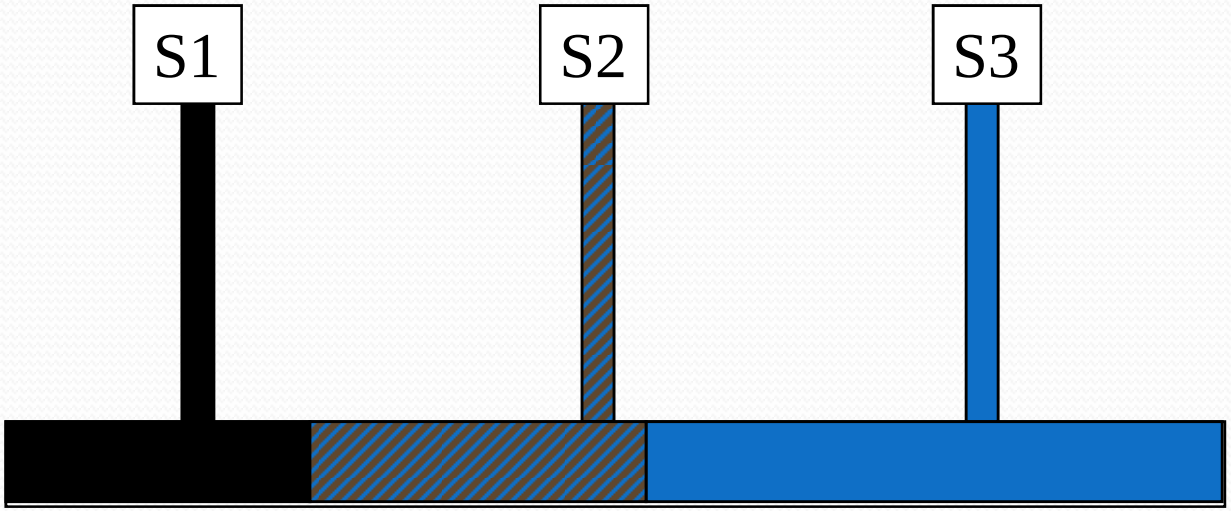
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + D_I + D_P(S3S2) + \varepsilon$: collision

Collision

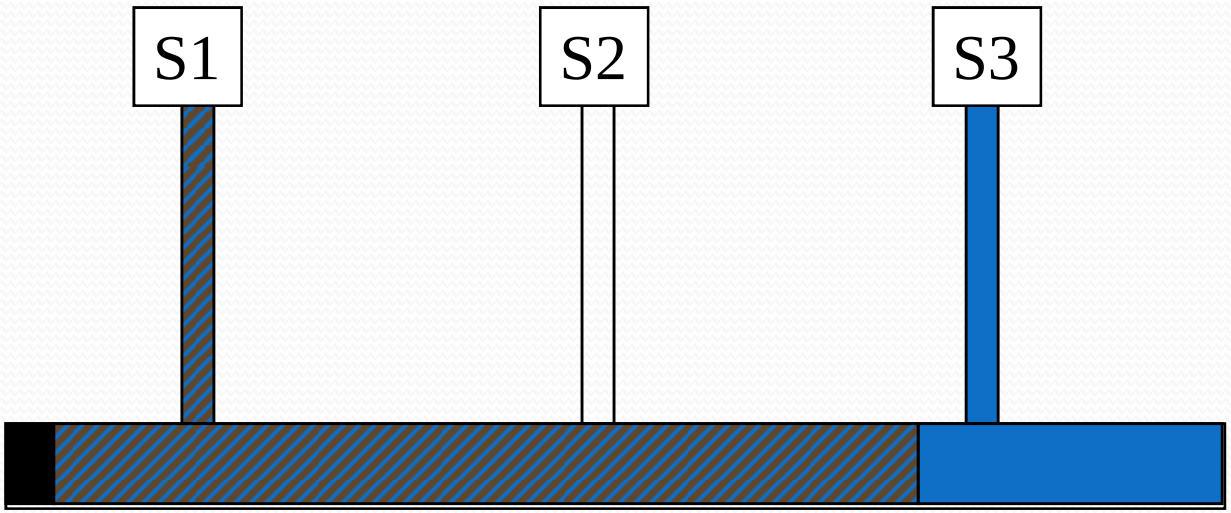
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + \Delta + D_I + D_P$(S1->S2) : S2 détecte la collision
S2 arrête la réception

Collision

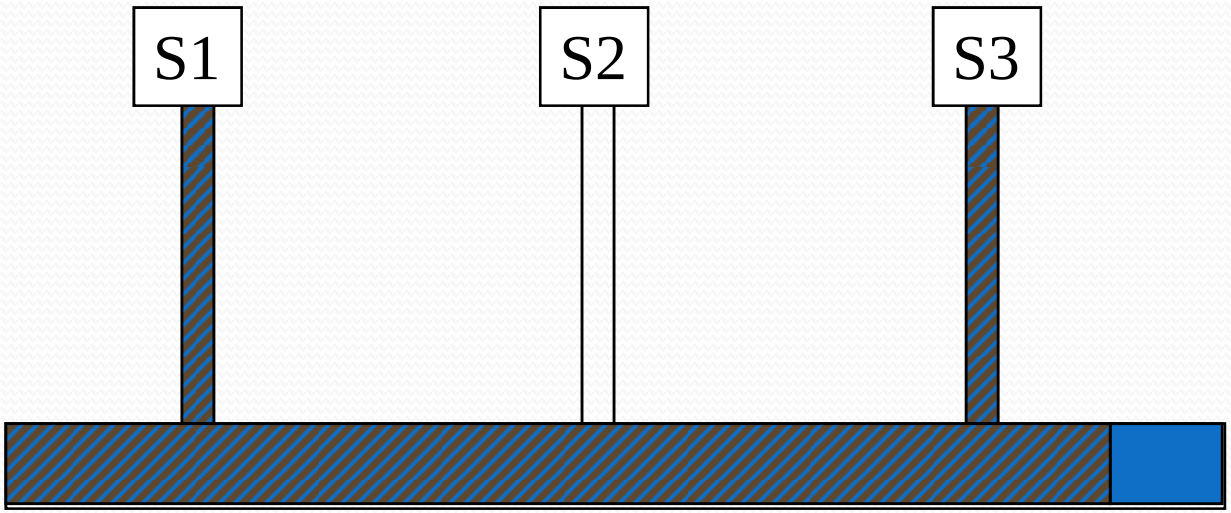
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + D_I + D_P$(S3->S1) : S1 détecte la collision
S1 transmet la trame « abandon »

Collision

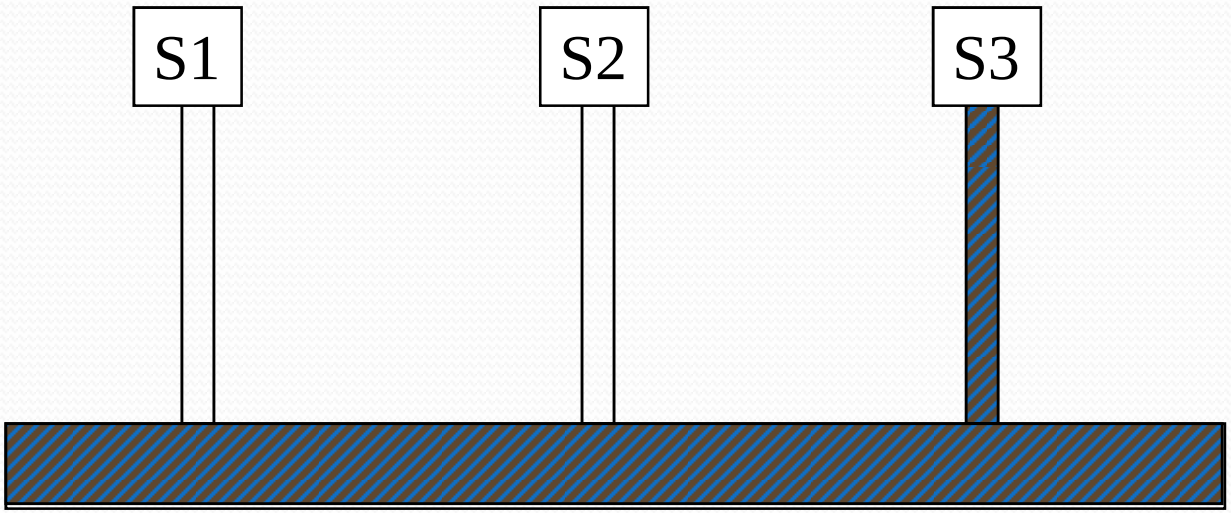
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + \Delta + D_I + D_P$(S3->S1) : S3 détecte la collision
S3 transmet la trame « abandon »

Collision

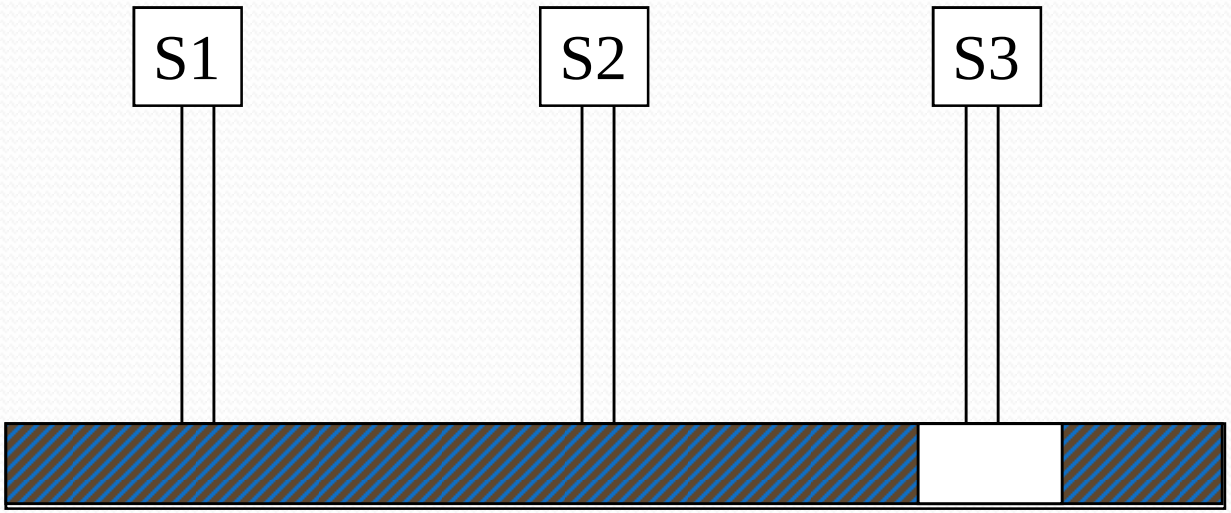
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant T_1 + D_I + D_P(S3->S1) + émission TA : S1 backoff
S1 arrête de transmettre

Collision

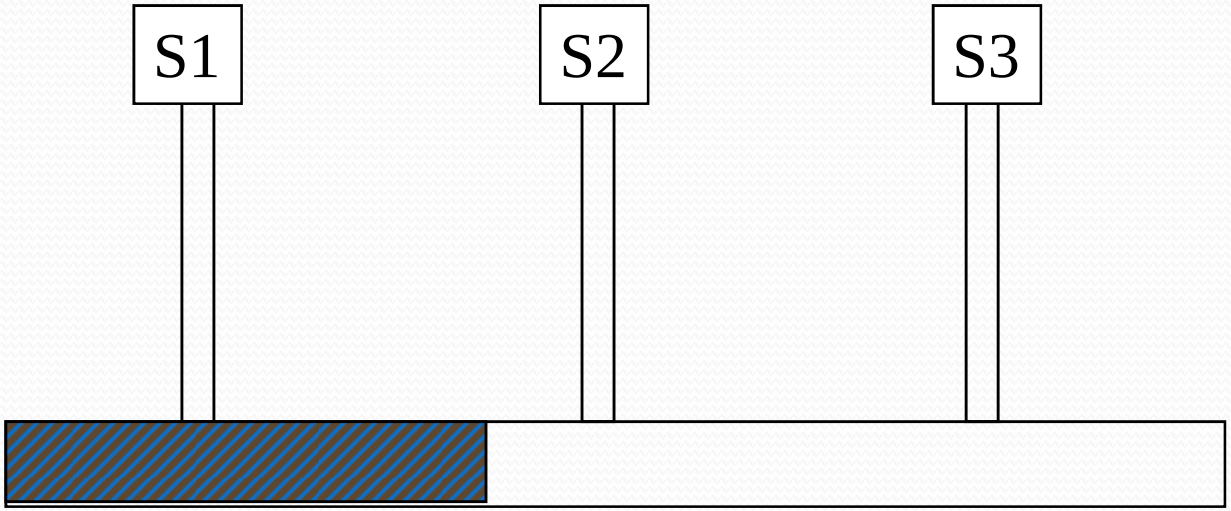
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + \Delta + D_I + D_P$(S3->S1) + émission TA : S3 backoff
S3 arrête de transmettre et détecte l'état passif

Collision

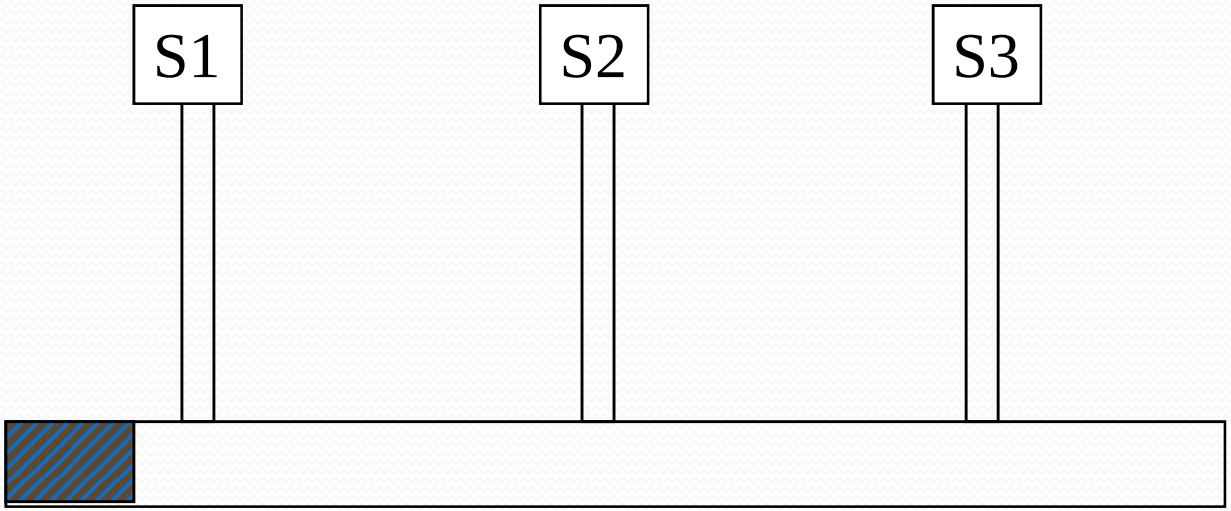
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + \Delta + D_I + D_P$(S3->S1) + émission TA + D_P(S2->S3):
S2 détecte l'état passif

Collision

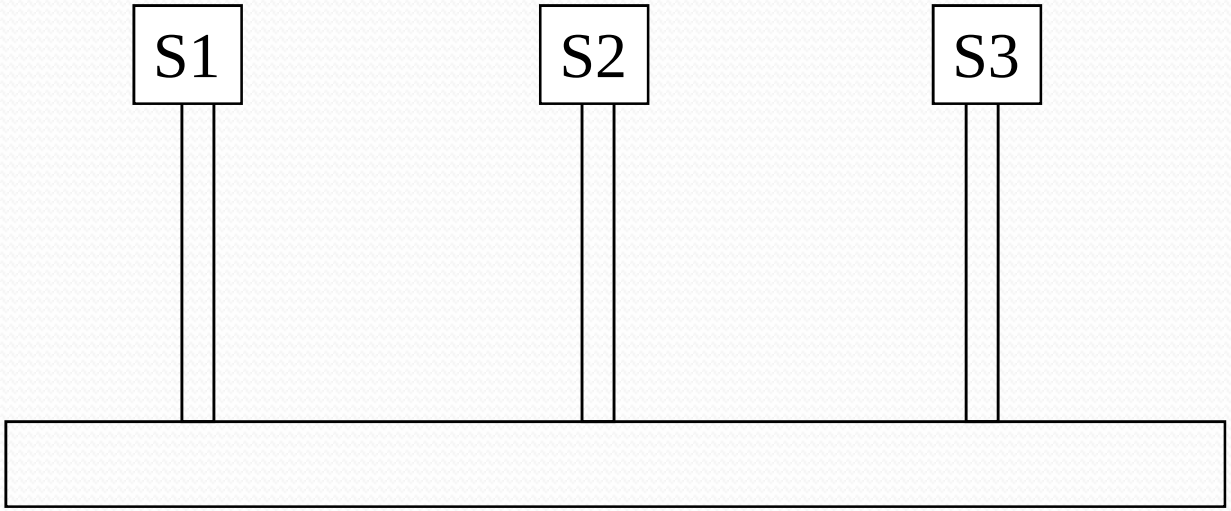
- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + \Delta + D_I + D_P$(S3->S1) + émission TA + D_P(S1->S3):
S1 détecte l'état passif

Collision

- Illustration de l'occurrence d'une collision



Instant $T_1 + \Delta + D_I + D_P(S3S1)$ + émission TA + D_P :
l'état passif est détecté par tous

Traitement des collisions (exemple)

- Exemple avec 2 stations :
  - 1ère collision S1----S2

    probabilité nouvelle collision S1----S2 : 0.5
  - 2ème collision S1----S2

    probabilité nouvelle collision S1-----S2 : 0.25
  - 3ème collision S1-----S2

    probabilité nouvelle collision S1-----S2 : 0.125
  - 4ème collision S1-----S2

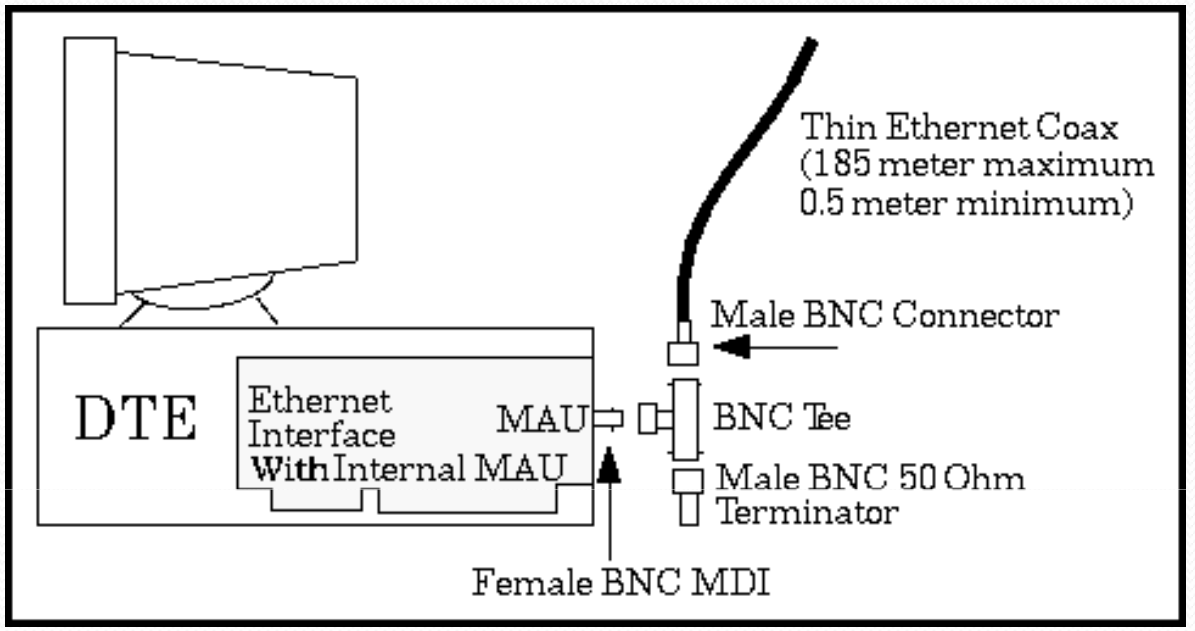
    probabilité nouvelle collision S1-----S2 : 0.0625

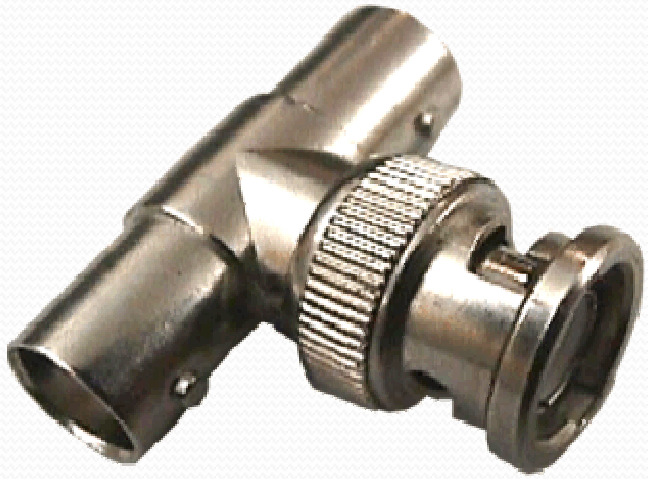
10Base5 and 10Base2

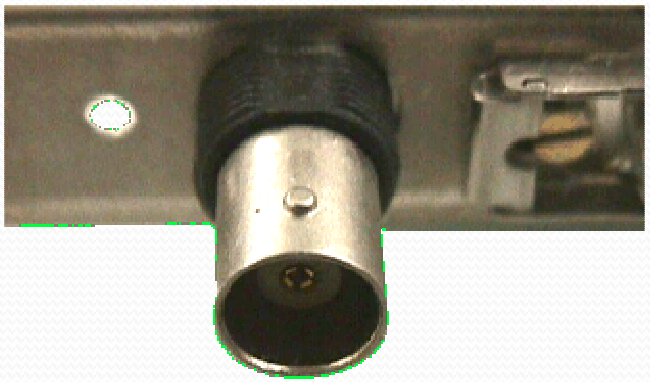
- *Thick Ethernet* (Ethernet épais)
  - Coaxial (1 cm de largeur, jaune, peu flexible)
  - Jusqu'à 500 mètres de câble pour 1 segment
  - Max 100 machines, tous les 2,5 mètres
  - Connectique N-type entre câble

- *Thin Ethernet* (Ethernet fin) ou *Cheapernet*
  - Coaxial (0,5cm de largeur, noir/gris, + flexible)
  - Jusqu'à 185 mètres de câble pour 1 segment
  - Maximum de 30 machines, tous les 50 cm

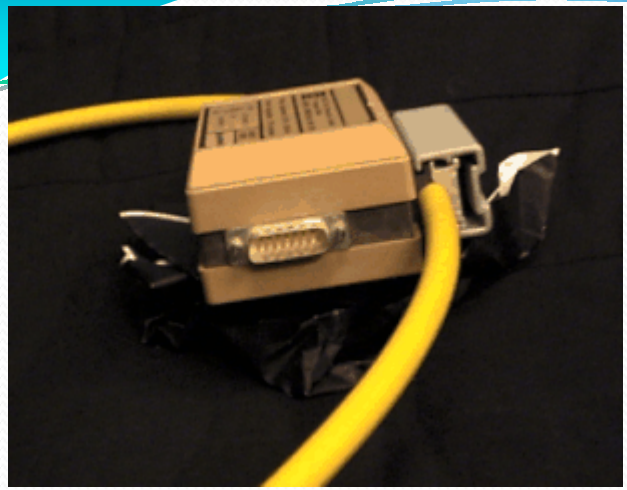
10 Base 2


Thin Ethernet Coax
(185 meter maximum
0.5 meter minimum)
Male BNC Connector
DTE
Ethernet
Interface
With Internal MAU
MAU
BNC Tee
Male BNC 50 Ohm
Terminator
Female BNC MDI

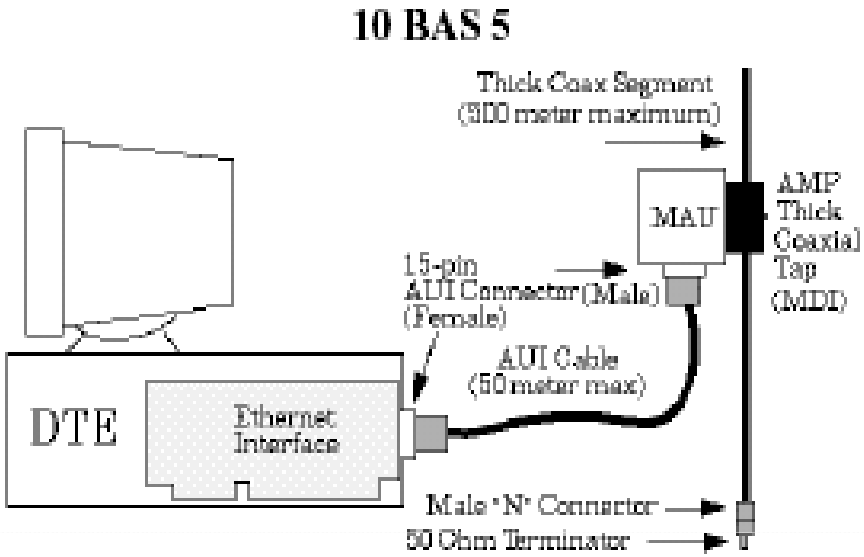


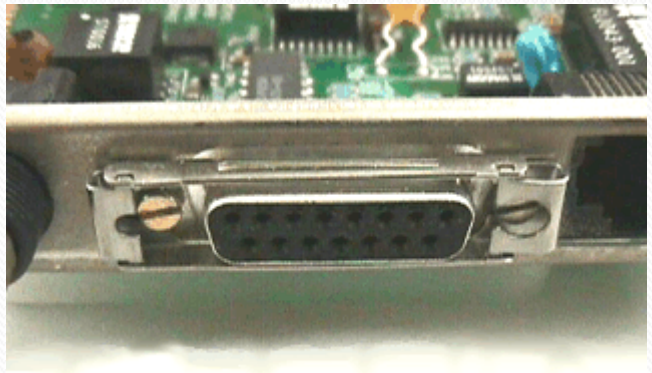


10 Base 5

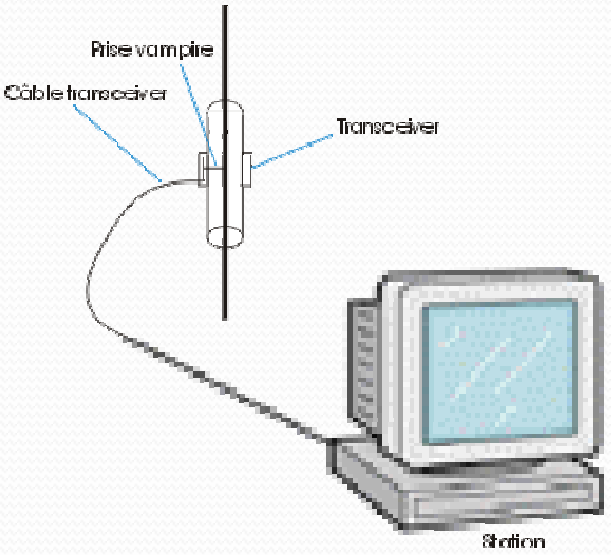


Un transceiver





Un connecteur AUI sur une carte réseau

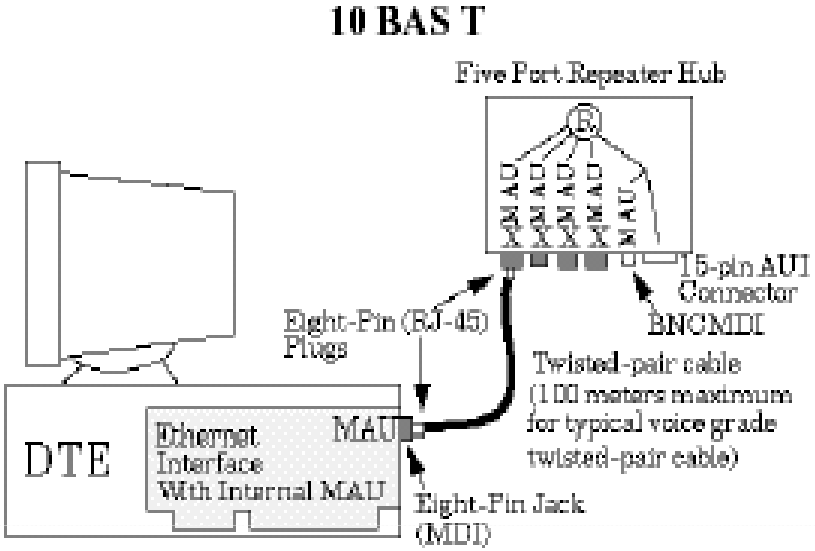


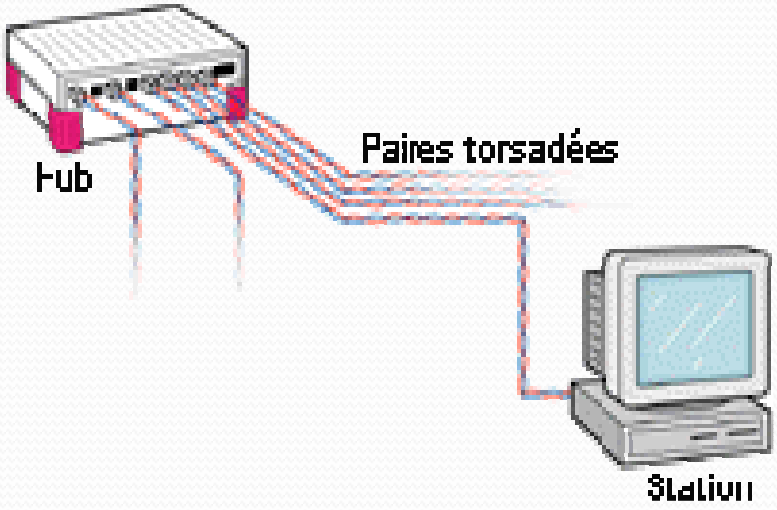
10BaseT

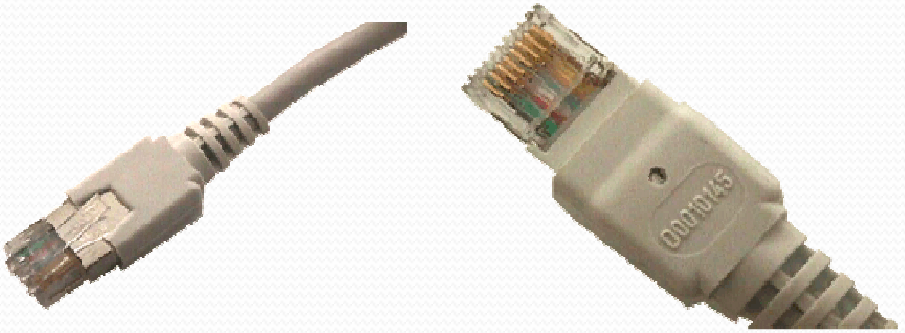
- Ethernet à pair torsadée
  - Pair torsadée non blindée (*unshield twisted pair*)
  - 4 paires polarisées
  - 100 mètres par segment
  - Peut supporter le mode optionnel de fonctionnement full duplex
- Topologie en étoile (répéteur)
- Connectique type RJ45

10 Base T

Les hubs

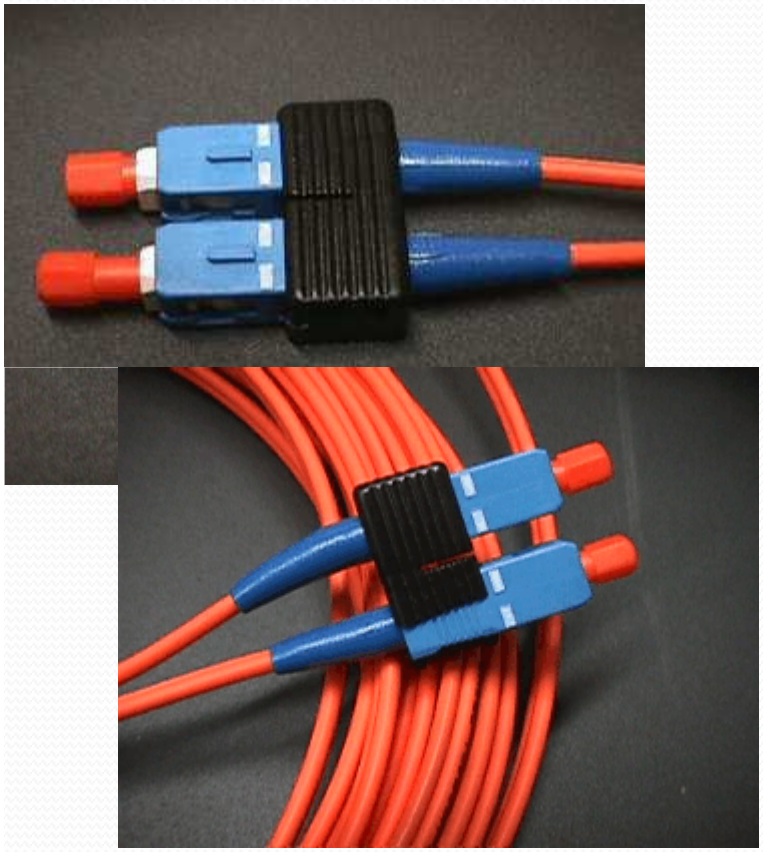


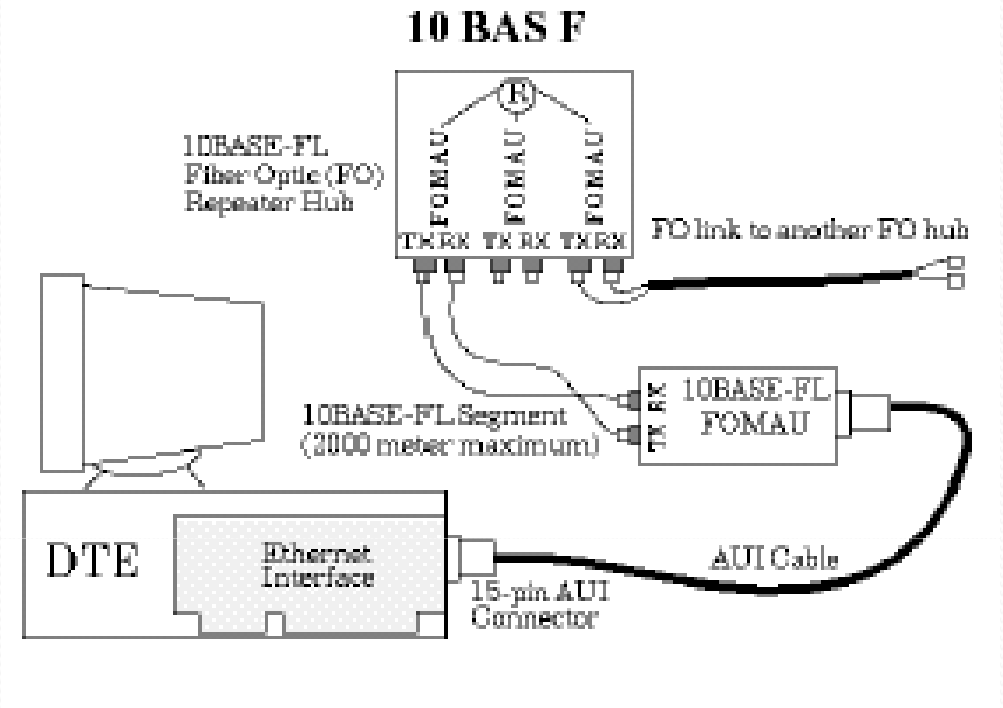




Un connecteur RJ-45

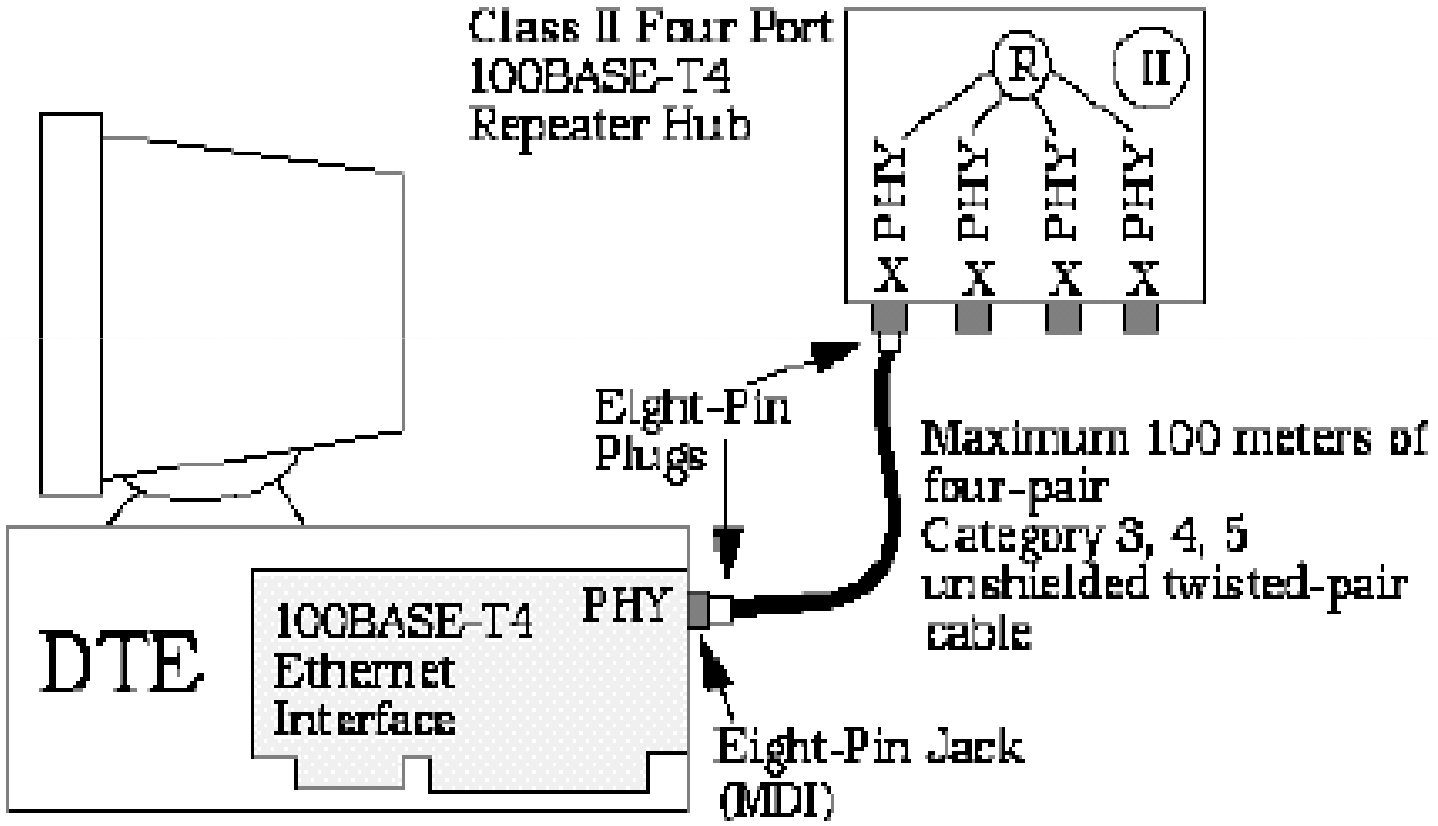
10 Base F



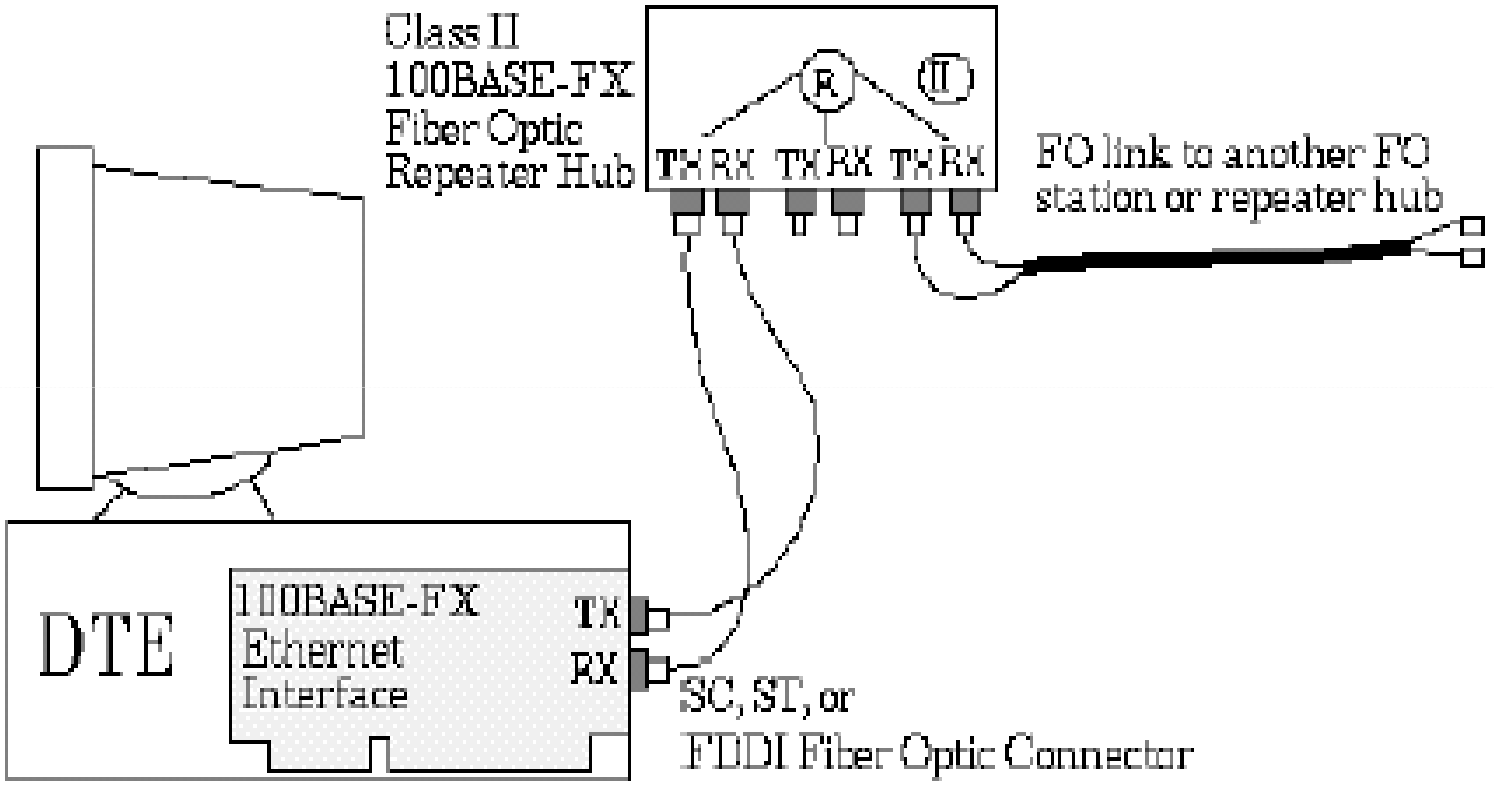


Des connecteurs pour fibre-optique

Fast Ethernet: 100 Base T4

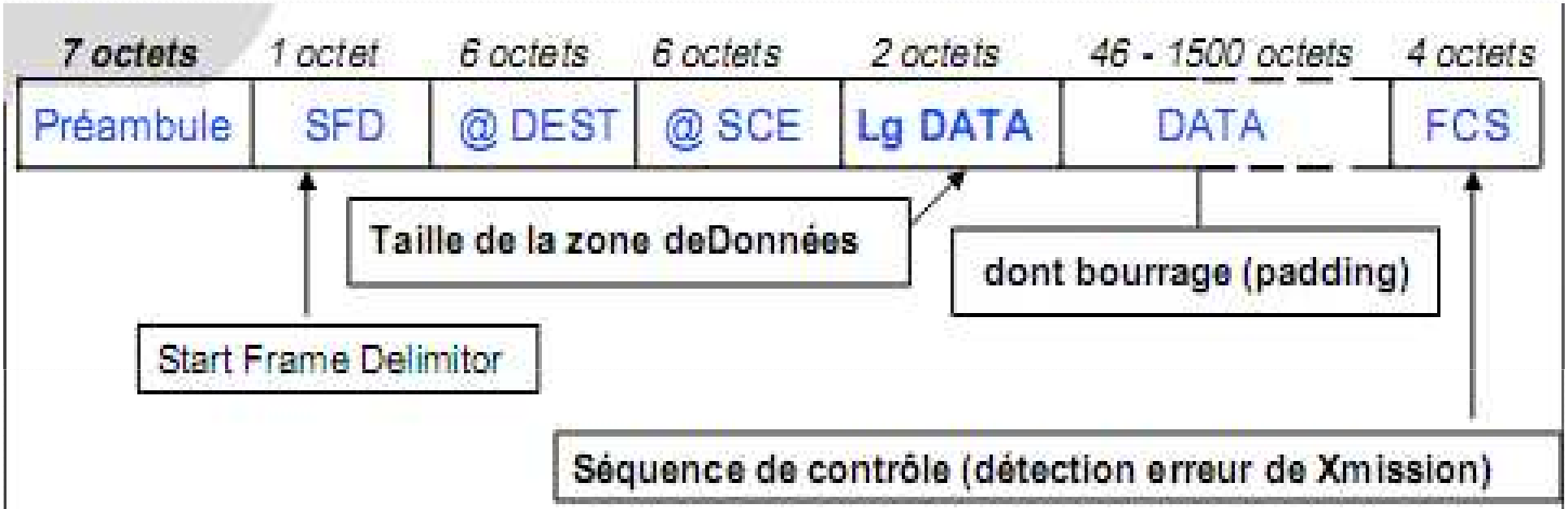


Fast Ethernet: 100 Base FX

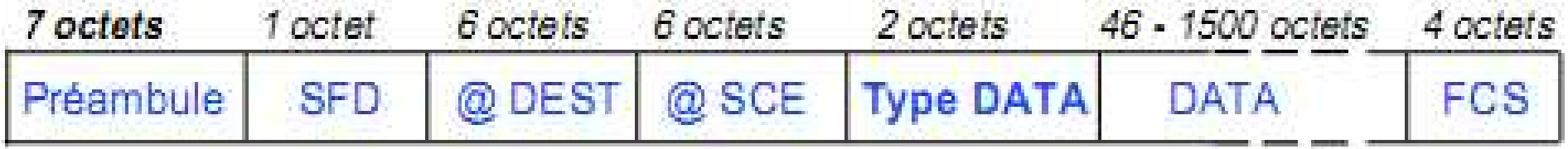


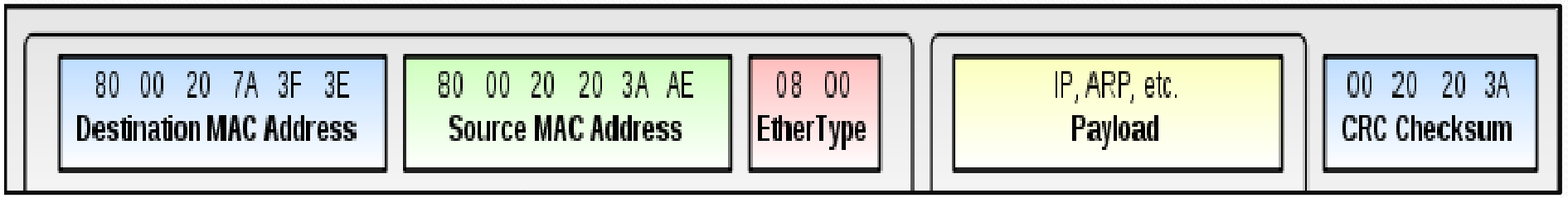
Norme	10 BAS 5	10 BAS 2	10 BAS T	10 BROAD 36	10 BAS F
Support	Coaxial 50 Ω Câble jaune	Coaxial 50 Ω Câble noir RG58	Paire torsadée	Coaxial 50 Ω Type CATV	Fibre optique
Vitesse	10 Mbits/s	10 Mbits/s	10 Mbits/s	10 Mbits/s	10 Mbits/s
Longueur d'un segment	500 m	200 m	100 m	1875 m	1 km
Taille du réseau	2,5 km	925 m	5 HUBS en cascade	3675 m	-
Distance min inter-station	2,5 m	0,5 m	250 m max	-	-
nombre de station par segment	100 max.	30 max.	-	1024	-
Codage	Manchester	Manchester	Manchester	Modulation	-
Topologie	bus	bus	bus	étoile	étoile
câble	Semi-rigide avec rayon de courbure 30 cm	souple	-	-	-
repiquage	prises piquées	T vissés BNC	-	-	-
Remarques		MAU intégré sur la carte contrôleur, compatible 10 BAS 5			utilise un HUB

TRAME IEEE 802.3



FORMAT D'UNE TRAME ETHERNET




80 00 20 7A 3F 3E
Destination MAC Address
80 00 20 20 3A AE
Source MAC Address
08 00
EtherType
IP, ARP, etc.
Payload
00 20 20 3A
CRC Checksum

Les champs de la trame

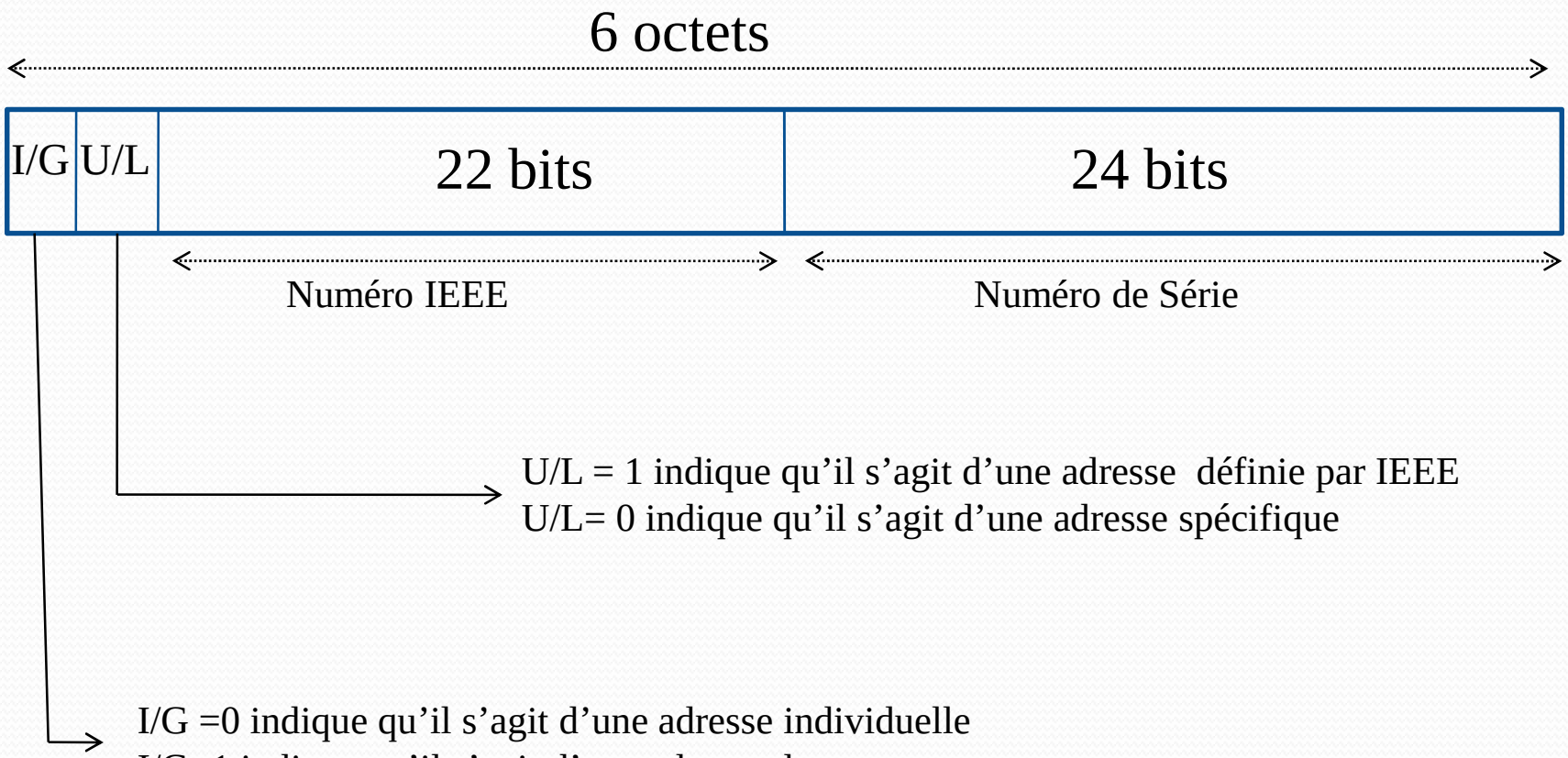
- Préambule = 56 bits ou 62 bits de valeur 101010…..10.

Suivi dans le de la trame IEEE, par l'octet SDF (10101011)
Suivi dans le cas de la trame Ethernet de bits à 11.

Ces deux séquences sont identiques, seule l'interprétation diffère.

Le drapeau de début est sur 6 octets. La probabilité de le trouver dans la séquence binaire est $2^{-64.}$

- Les adresses (dites adresses MAC):
  - Taille 6 octets.
  - Unique au monde
  - Adressage plat


6 octets
I/G
U/L
22 bits
24 bits
Numéro IEEE
Numéro de Série
U/L = 1 indique qu'il s'agit d'une adresse définie par IEEE
U/L= 0 indique qu'il s'agit d'une adresse spécifique
I/G =0 indique qu'il s'agit d'une adresse individuelle
I/G=1 indique qu'il s'agit d'une adresse de groupe

Début d'adresse MAC (en hexadécimal)	Vendeur
00-00-0C	Cisco
00-00-1D	Cabletron
08-00-20	Sun
08-00-2B	DEC
08-00-5A	IBM

- Trois familles d'adresses :
  - point-à-point : désigne un seul équipement sur le réseau.
  - diffusion généralisée (*broadcast*) désigne tous les équipements sur le réseau (`FF-FF-FF-FF-FF-FF`).
  - diffusion restreinte (*multicast*) désigne un sous-ensemble d'équipements (premier bit de l'adresse à 1).

Champ Type ou Longueur

- Champ Type d'Ethernet II (16bits = 2 octets)
  - Indique le protocole de plus haut niveau
  - Ex. : 0x0800 trame IPv4, 0x08DD trame IPv6, 0x0805 X.25
- Champ Longueur/Type de IEEE 802.3 (16 bits)
  - Indique le nombre d'octets dans le champ de données
    - Éventuellement moins de 46 octets (caractères de bourrage)
    - Si ≤ 1516 octets, c'est la taille des données
    - Si ≥ 1536 octets, c'est utilisé comme le type de données
- Ethernet II est compatible avec 802.3

Le champ suivant: 2 octets

- Cas IEEE: Lg Data=longueur du champ DATA (lg<=1500)
- Cas Ethernet: Type Data= indique le protocole de la couche supérieure

Exemple: Type Data
0x0800 : IPv4
0x86DD : IPv6
0x0806 : ARP
0x8035 : RARP
0x0600 : XNS
0x809B : AppleTalk
0x88CD : SERCOS I

Type Date>1500

CRC

Le polynôme générateur

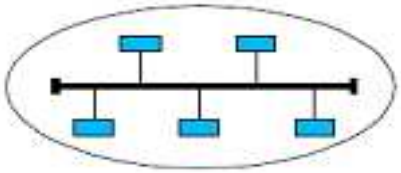
$g(x) = x^{32}+x^{26}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+X^{10}+x^{8}+X^{7}+X^{5}+X^{4}+X^{2}+X$

CRC sur 4 octets.

Domaine de collision (1)

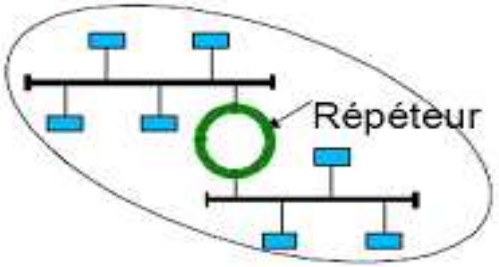
- Au delà de la taille maximum d'un segment Ethernet (500m pour 10Base5 – *Thick Ethernet*)
  - Le signal est détérioré
  - Nécessite d'être restaurer
- En restant dans le limites de CSMA/CD, il est possible d'agrandir le réseau avec des répéteurs/hubs ou des ponts/commutateur ou des routeurs
  - Répéteurs/hubs : gardent même protocole, même vitesse, media différents
  - Pont, commutateur ou routeur : permet d'avoir des vitesses ou des protocoles différents

Domaine de collision (2)

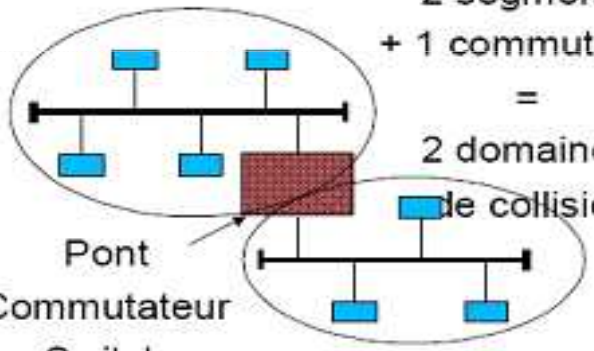


1 segment = 1 domaine

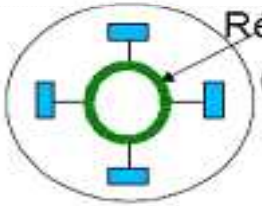
2 segments
+ 1 répéteur
= 1 domaine



2 segments
+ 1 commutateur
=
2 domaines
de collision



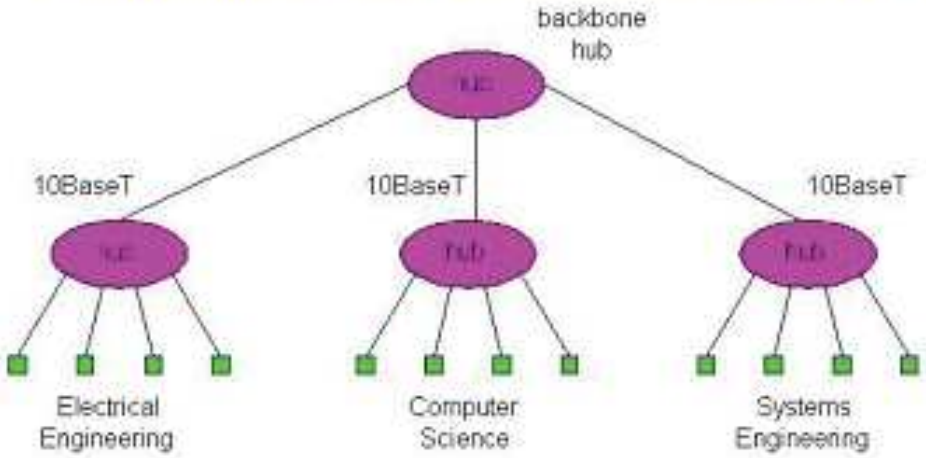
Pont
Commutateur
Switch

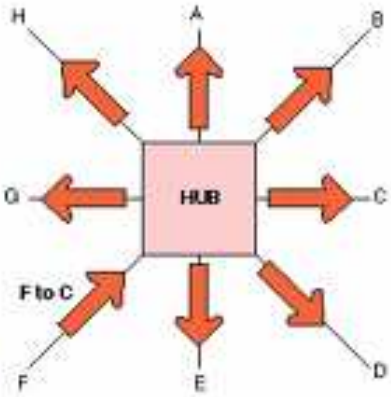


1 étoile = 1 domaine

Fonctions de concentrateurs (*hubs*)

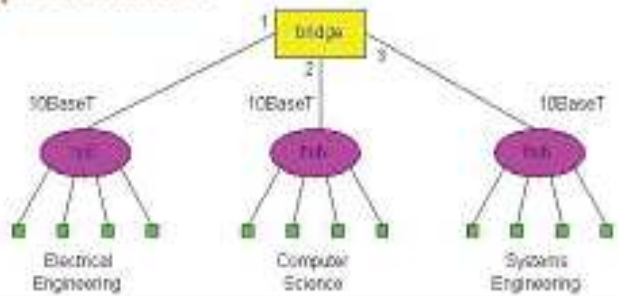
- Équipement de la couche physique
- Une méthode d'interconnection de réseaux LAN simple
- Transforme l'architecture en bus en architecture étoile
- Les bits sont diffusés sur toutes les interfaces du hub
- Les segments LAN créés appartiennent au même domaine de collision et domaine de diffusion





Les ponts (*bridge* - couche2)

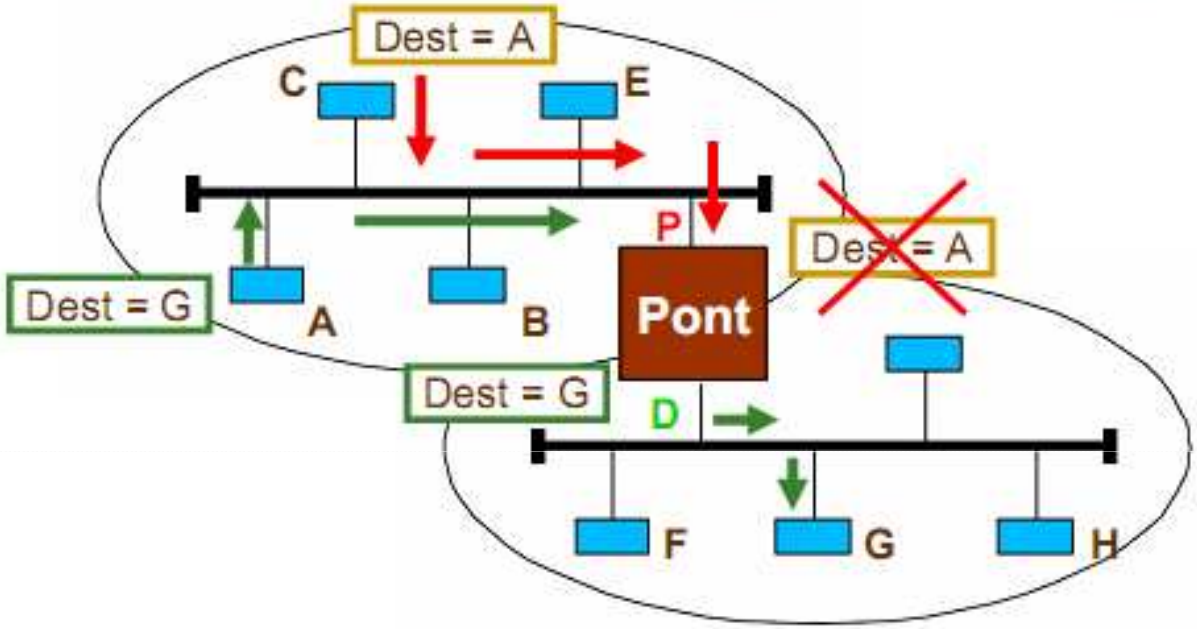
- Équipement de la couche liaison de données
  - Permet d'étendre le domaine de diffusion et d'isoler les domaines de collisions
- Lorsque le domaine de collision a atteint ses limites
  - Permet de déplacer des trames d'un domaine de collision à un autre (sépare les domaines de collision)
- Ponts transparents (*learning bridge*)
  - Support différents (ex.10Base5,10BaseT)
- Ponts a traduction (*translation*)
  - Protocole différent: modifie l'encapsulation



Principe general d'un pont transparent

- Initialement: limiter la transmission des trames
  - Utiliser pour cela des adresses MAC
  - Apprendre les adresses MAC des émetteurs relies à chacun des port du pont (table d'apprentissage)
  - Une trame reçue sur un port P: récupération de l'adresse destination *Dest*
    - Si elle est destinée a une machine accessible via P, détruire la trame, c'est le filtrage (*discard*)
    - Si *Dest* correspond a un port D, on transmet vers D
    - Si on ne trouve pas l'adresse, transmission vers tous sauf P
  - Toute trame incomplète, incorrecte ou ayant subi une collision est détruite

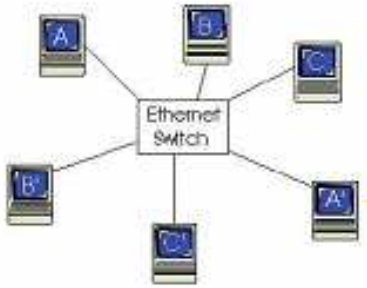
Principe général d'un pont transparent

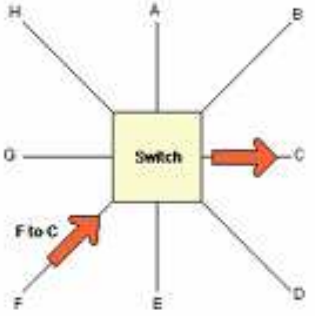


- Si le pont ne trouve pas l'adresse, transmission vers tous sauf P
- Toute trame incomplète, incorrecte, ou ayant subi une collision est détruite

Commutateur (*Switch* – couche 2)

- Essentiellement, c'est la même chose qu'un pont transparent
- Objectif : Isoler le trafic, allonger les distances, interconnecter entre des différents protocoles de couche 2
  - Réalise un domaine de diffusion et micro-segmente le domaine de collision
- Créer des réseaux locaux virtuels (VLAN), se qui permet d'améliorer la sécurité et la souplesse sans perdre de vitesse



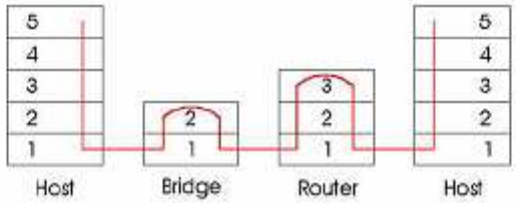


Techniques de commutation

- A la volée (*cut-through* ou *Fast Forward*)
  - La trame peut commencer à être retransmis vers une sortie des que la zone d'adresse de la destination est connue, sans attendre la fin de la trame
  - Pas de correction ni d'assurance de qualité des trames
- Enregistrement et acheminement (*store and forward*)
  - La trame est reçue en entier avant d'etre transmise
  - Elle est examine avant d'être retransmis
    - Si erreur, elle est jette

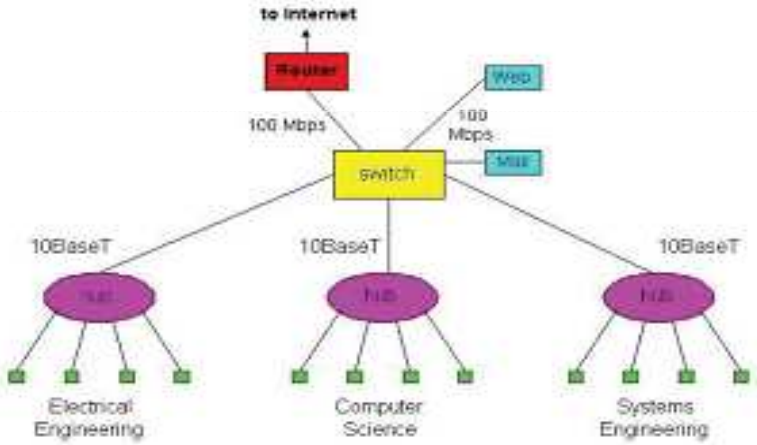
Routeurs (*Router* – couche 3)

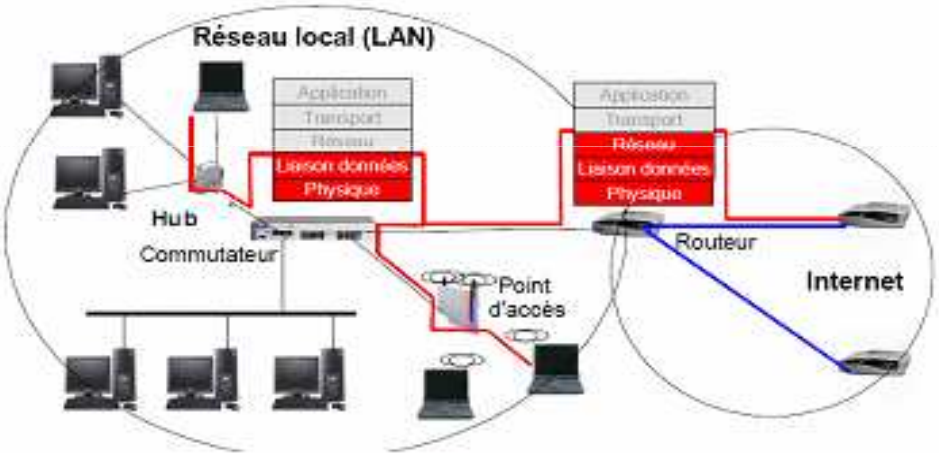
- Routeur est un commutateur de paquets de couche 3
  - Un pont est un commutateur de trame de couche 2
- Connecte plusieurs domaines de *broadcast* représentant chacun un domaine IP
  - Définit la limite des domaines de *broadcast*
  - Protection contre les tempêtes de diffusion
- Représente la passerelle nécessaire au LAN pour discuter avec le reste du monde



Un réseau d'entreprise typique

- Une institution composée de plusieurs départements et disposant de différents hôtes peut mettre en place un réseau sur un mélange de hub, commutateurs Ethernet et de routeurs





Bilan

- Résumé des principales caractéristiques des dispositifs pour l'interconnexion d'un réseau LAN

	Hubs	Ponts	Routeurs	Commutateurs Ethernet
Isolement de trafic	non	oui	oui	oui
Plug and Play	oui	oui	non	oui
Routage optimal	non	non	oui	non

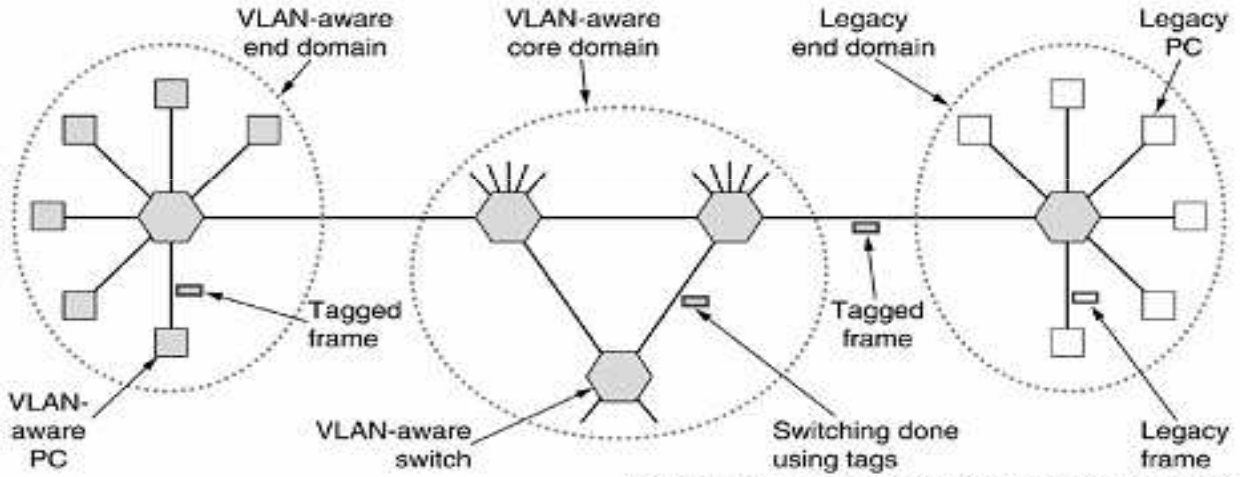
Évolutions d'Ethernet

Caractérisation du canal de transmission par sa 'largeur de bande'

- Augmentation du débit
  - 100Mbit/s *Fast Ethernet* 802.3u (1995)
  - 1000Mbit/s, 1Gbit/s, *Gigabit Ethernet* 802.3z (1998)
  - 10000Mbit/s, 10Gbit/s 802.3ae (2002)
- Full duplex avec commutation (IEEE 802.3x, 1997)
  - FDSE (*Full Duplex Switched Ethernet*)
  - 10Base-T full duplex = 20Mbit/s de bande passante
  - 100Base-T full duplex = 200Mbit/s de bande passante
  - Émission et réception simultanée sur le support
- Réseaux Locaux Virtuels (VLANs), 802.1q
  - Ajoute une étiquette à l'en-tête de la trame Ethernet, la marquant comme appartenant à un certain VLAN,

Compatibilité (2)

- *A priori*, seul le commutateur ou le pont a besoin de connaître l'appartenance d'une trame à un VLAN



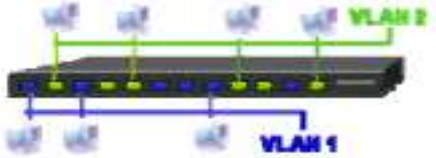
Copyright A. Tanenbaum, Pearson Education, 2003

Les Réseaux Locaux Virtuels - VLANs

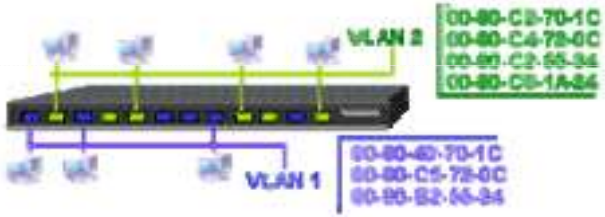
- Segmentation flexible du réseau local
  - Regroupe les utilisateurs/ressources qui communiquent le plus fréquemment indépendamment de leur emplacement
- Organisation virtuelle, gestion simple des ressources
  - Modifications logique ou géographique facilitées, et gérées via la console (plutôt que dans l'armoire de brassage)
- Efficacité de bande passante/utilisation des serveurs
  - Limitation de l'effet des inondations de broadcasts
  - Partage possible d'une même ressource par plusieurs VLAN
- Sécurité réseau améliorée
  - Les communications :
    - à l'intérieur d'un VLAN peuvent être sécurisées
    - entre 2 VLANs distincts peuvent être contrôlées

Mise en oeuvre des VLAN

- Niveau 1 : VLAN par port
  - Associe chaque port du commutateur à un VLAN particulier



- Niveau 2 : VLAN par adresse MAC
  - Associe les adresses MAC des stations à chaque VLAN



- Niveau 3 : VLAN par protocole
  - Associe un VLAN par :
    - type de protocole : TCP/IP, IPX
    - le sous-réseau : adresse IP

VLAN par adresse MAC

- Chaque carte MAC est gérée individuellement
  - Chaque switch maintient une table @MAC ↔ VLAN
- Le switch détermine le VLAN de chaque trame
  - A partir de l'adresse MAC source ou destination
- Quand un utilisateur se déplace vers un autre port
  - Son VLAN reste le même, sans aucune modification
  - Modification physique → aucune modification logique
- Différents VLANs possibles sur un même segment
  - Mais les machines peuvent communiquer entre-elles
- Avantage : l'indépendance de la localisation
- Contrainte : difficulté de réaliser une diffusion
  - nécessite d'une table avec toutes les adresses MAC qui doit être partagée par tous les commutateurs

VLAN par protocole ou adresse net

- Regroupement par protocole
  - Un VLAN pour IPv4, un autre pour IPv6, etc
  - Le switch associe le VLAN en fonction du protocole transporté
- Par adresse réseau (niveau 3)
  - Un VLAN pour un ensemble d'adresses (IP, par exemple)
  - Ou un VLAN pour une adresse de sous-réseau donnée
- Très flexible
  - Organisation logique sans besoin de re-affecter d'@ IP
  - Néanmoins, pas de fonction de routage (≠ d'un routeur)
- Assez coûteux et viole les principes OSI
  - Nécessite d'aller inspecter a l'intérieur de la trame
- Contrainte : est légèrement moins performante car les commutateurs doivent analyser des informations dans la trame

Compatibilité (1)

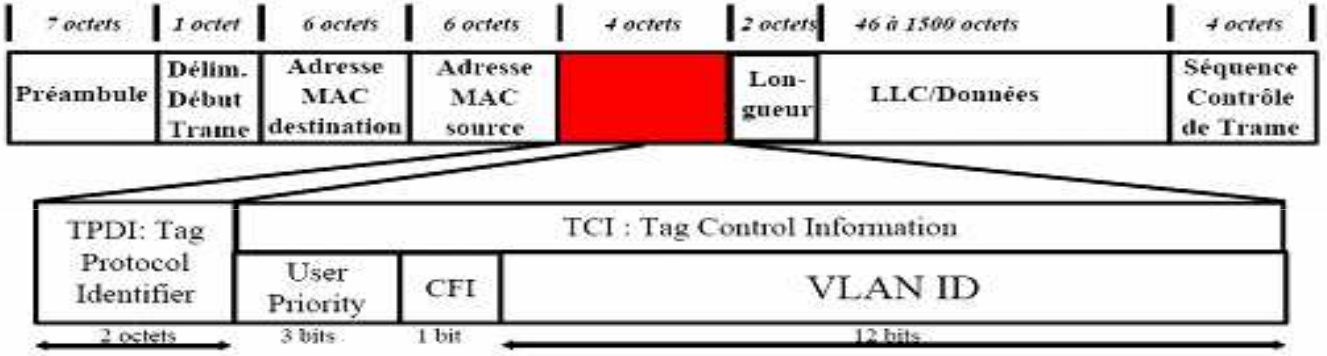
- Comment une machine fait elle pour savoir à quel VLAN elle appartient ?
  - La machine peut ne pas le savoir, ou ne pas pouvoir l'exprimer
  - L'administrateur le spécifie au niveau des switches
- Les switches ajoutent des étiquettes (*tags*) aux trames, et masquent leur présence aux machines
  - Ces tags permettent d'aiguiller les trames entre switches
  - Ils sont retirés de la trame avant qu'elle soit délivrée aux machines qui ne savent pas les interpréter

Extension des trames

- Norme IEEE 802.1Q (802.1p et 802.1q)
  - Définissent respectivement des extensions pour :
    - La priorité, ou Qualité de Service au niveau MAC: Classe de Service ou CoS
    - L'interoperabilité des réseaux locaux commutes (*Virtual Bridged Local Area Networks*: les VLAN
- Étendent le format d'Ethernet/IEEE 803.2
  - Ajoutent 4 octets pour spécifier ces informations (*tag*)
  - La longueur maximale d'une trame était de 1518 octets
  - Elle passe a 1522 octets (attention à l'inter-operabilité)

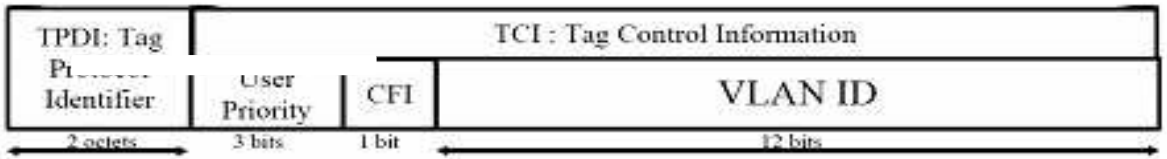
Format de trame (802.1p et 802.1q)

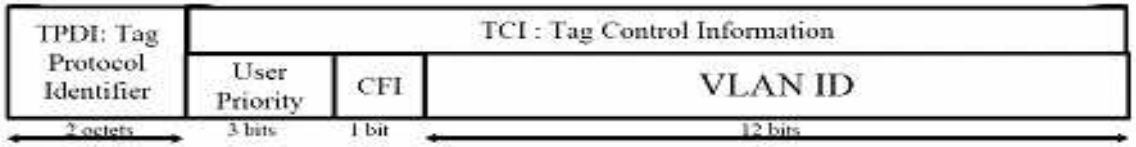
- Ajout d'un champ de 4 octets (tag)



Champs IEEE 802.1p et 802.1q

- TPID (*Tag Protocol Identifier*) – 2 octets
  - 0x8100 pour les trames taggées
- TCI (*Tag Control Information*) – 2 octets
  - 3 premiers bits: *user priority* (802.1p) de 0 à 7
  - 1 bit CFI (*Canonical Format Indicator*)- Ethernet:0
  - 12 bits: VID (VLAN *Identifier*)
    - 0 : l'en-tête ne contient que des infos de priorité
    - 1 : valeur par défaut d'identification de VLAN
    - FFF – réservé (implémentation)



Trois types de trames VLAN

- Pouvant traverser un switch "VLAN-Aware"
  - Trame non taggée
    - Absence d'en-tête (TIPD+TCI) après adresse MAC source
  - Trame taggée de priorité
    - VID=0, pas signifiant.
    - Ne transporte que des infos de priorité
    - Du point de vue du processus de transmission, elle est considérée comme une trame non taggée
  - Trame taggée de VLAN
    - TIPD=0x8100, CFI=0 et VID entre 1 et 4094