

Protocoles & Réseaux

Couche liaison de données

Plan

- **Objectifs de la couche liaison**
- Détection et correction des erreurs (traité)
- Protocoles élémentaires
- Protocoles avec fenêtre d'anticipation
- Exemple de protocole pour la couche liaison

Liaison de données

Objectifs

- Formatage des données

- Le flot de bits entrant est segmenté en trames.
- Le début et la fin de chaque bloc doivent être clairement identifiés.

- Contrôle des erreurs

Le protocole

- Fournit une technique pour détecter les erreurs.
- Permet la retransmission des trames dans le cas la correction d'erreurs ne peut s'appliquer.

- Gestion de flux

Le protocole dispose de mécanismes pour assurer que l'émetteur ne transmette pas plus vite que ce que peut absorber le récepteur.



- Partage du support physique.



DE

Trame

Le flot de bits entrant provenant de la couche réseau doit être segmenté en blocs appelés trames.

- Si une erreur se produit lors de la transmission, l'unité de retransmission sera la trame.
- Certains types de réseaux imposent une limite sur la taille des trames.

Limite d'une trame ?

⇒ Fournir au récepteur un moyen pour identifier le début et la fin de chaque trame.



DE

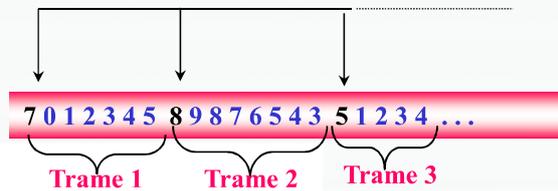
Délimitation de trames

Inter Silences : **inadaptés**

Compter les caractères

Ajouter un caractère dans l'en-tête d'une trame indiquant le nombre de caractères transportés :

Compteurs de caractères



Inconvénient

Si lors de la transmission une erreur affecte le champs indiquant le nombre de caractères, le récepteur serait incapable de délimiter correctement les trames.

erreur



DE

Délimitation de trames

Ajouter des caractères de

- début et fin de trame
- transparence

Début de trame = **DLE STX** (Data Link Escape, Start of TeXt)

Fin de trame = **DLE ETX** (Data Link Escape, End of TeXt)

DLE **STX** **A** **O** **DLE** **B** **DLE** **ETX**

Comment gérer les séquences **DLE STX** ou **DLE ETX** se trouvant parmi les données à transmettre ?

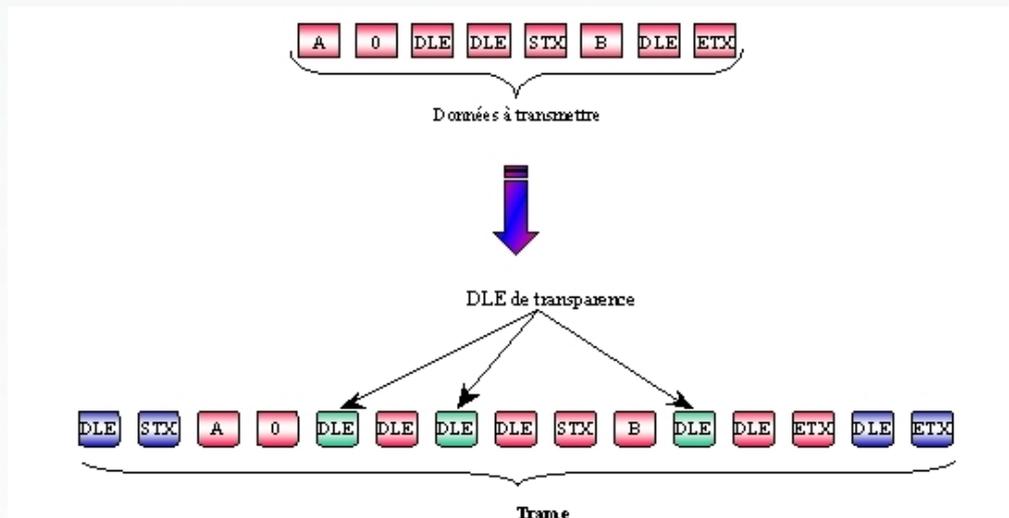


Un caractère DLE est ajouté devant tout caractère DLE



DE

Délimitation de trames



Inconvénient

Les séquences de bits associées aux délimiteurs de trames dépendent du mécanisme de codage des caractères utilisés (code ASCII).

Délimitation de trames

Utiliser des fanions et des bits de transparence

Début de trame = **01111110**

Fin de trame = **01111110**

En transmission

Si le fanion est présent dans le message, des bits de transparences sont rajoutés.

Un bit à 0 est inséré après chaque suite de cinq bits à 1 consécutifs !

Délimitation de trames

Données à transmettre	0 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1
Données à transmettre + Transparence	0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1
Données à transmettre + Transparence + Framons	0 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0

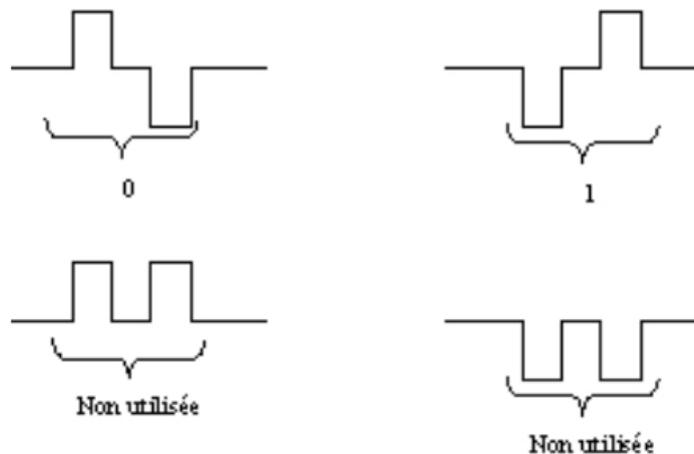
Délimitation de trames

Violer le codage normale de la couche physique

Une suite de deux états physiques est utilisée pour coder un bit.

0 = impulsion positive suivie d'une impulsion négative.

1 = impulsion négative suivie d'une impulsion positive.



Codage Manchester

Deux suites non utilisées pour **délimiter les trames!**

Plan

- Objectifs de la couche liaison
- Détection et correction des erreurs
- Protocoles élémentaires
- Protocoles avec fenêtre d'anticipation
- Exemple de protocole pour la couche liaison

Stratégies de retransmission

Annexes -

Envoyer et attendre (Send and Wait)

Hypothèses

- Les données utiles circulent dans un seul sens.
- Les trames envoyées contiennent l'information nécessaire pour que le récepteur puisse détecter les erreurs éventuelles.

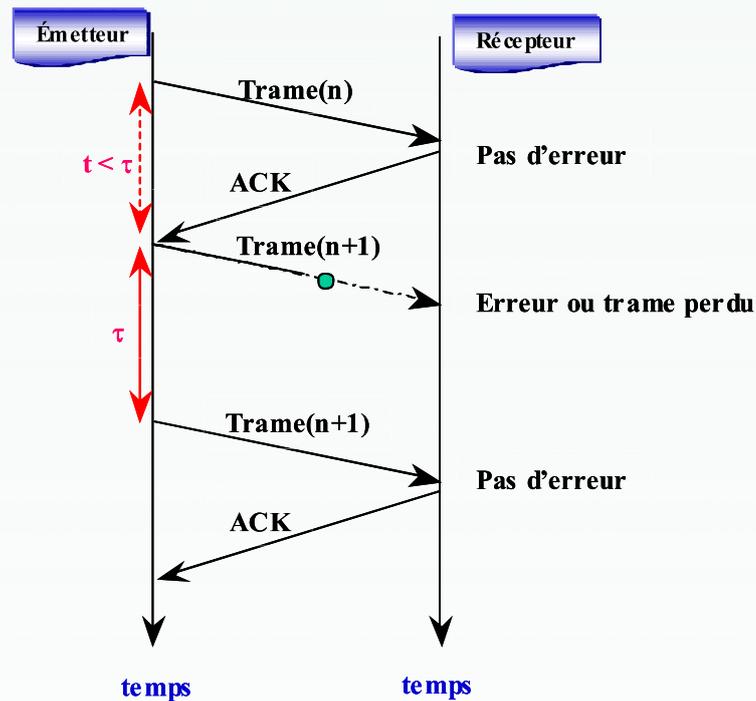
Côté récepteur

- Si la trame reçue ne contient pas d'erreur, il envoie un message ACK.
- Si la trame reçue contient des erreurs, il n'envoie rien.

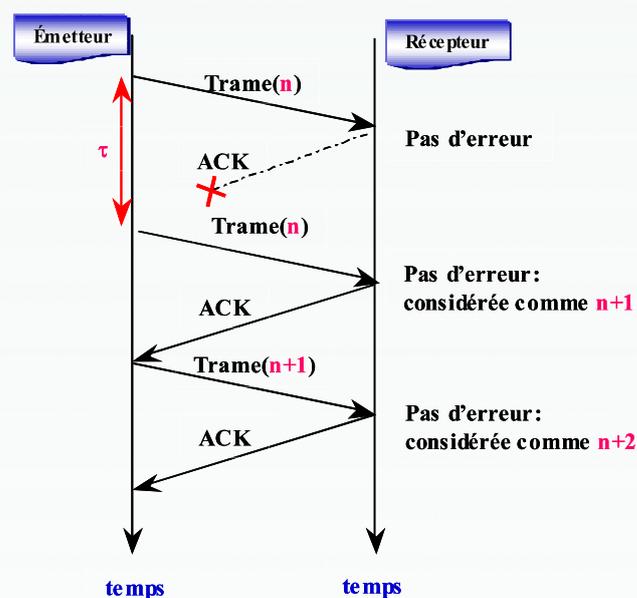
Côté émetteur

- Il envoie une trame et attend une durée τ ($\tau \geq$ au temps requis pour qu'une trame fasse un aller retour).
- Si au bout de τ unité de temps, il ne reçoit pas un ACK, il retransmet la trame.

Annexes - Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre



Annexes - Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre



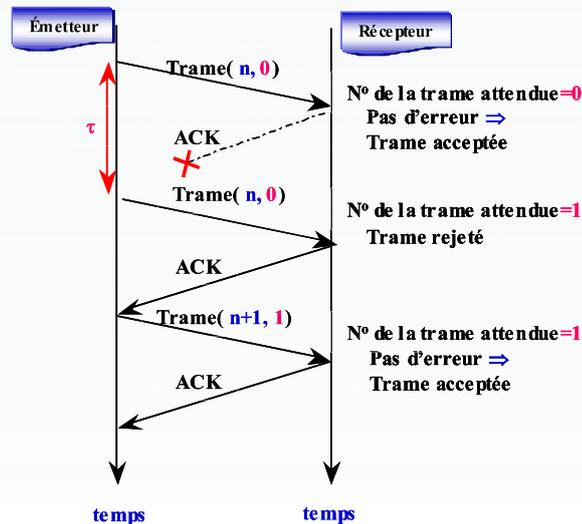
Si l'acquittement d'une trame(n) est perdu, l'émetteur retransmet la trame.
 Le récepteur la considère alors comme une nouvelle trame !

Annexes - Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre

Amélioration

Ajout d'un champ dans l'en-tête pour **numéroter les trames** !

la seule ambiguïté du côté de récepteur est de savoir s'il s'agit de la trame précédente ou d'une nouvelle trame. Un seul bit suffira pour la numérotation des trames. Une trame impaire portera le numéro 0, une trame impaire le numéro 1.



Annexes - Stratégies de retransmission : Envoyer et attendre

Avantages

Simplicité

Facile à comprendre et à implanter

Peu de mémoire

Le récepteur utilise un tampon contenant une trame unique.

Contrôle de flux

L'émetteur n'envoie pas plus que ce que le récepteur peut traiter.

Il envoie une trame et s'assure de son traitement par le récepteur avant d'émettre la suivante.

Inconvénients

Les données utiles circulent dans un seul sens.

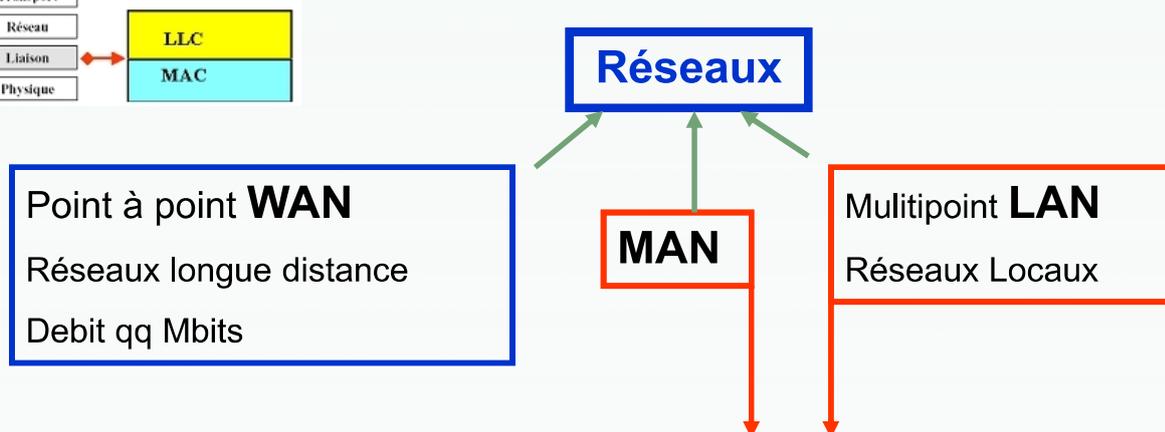
Le canal de transmission est sous exploité. (Émetteur utilisé ~ 50% du temps)

Annexes - Plan

- > **Introduction**
- > Techniques d'allocation des canaux de communication
- > Protocoles de gestion d'accès
- > Normes IEEE 802 des LAN
- > Les ponts - Commutateurs

Application
Présentation
Session
Transport
Réseau
Liaison
Physique

MAC: Sous-couche d'accès physique (contrôle d'accès au canal)



Réseau de diffusion

Tous les abonnés ont la possibilité d'émettre et de recevoir.

Qui a le droit d'émettre à un moment donné?

Protocoles de résolution de conflits

Canaux de **diffusion bidirectionnel** ou canaux à **accès multiples** ou **aléatoires**

MAC: Sous-couche d'accès physique

LAN & MAN

Comment allouer un canal à accès multiple

à différents utilisateurs potentiels ?

Comment optimiser le risque de collisions ?

Allocation statique des canaux

Allocation dynamique des canaux

Techniques d'allocation des canaux de communication

Allocation statique des canaux

FDM (Frequency Division Multiplexing)

■ **Principe** Diviser la bande passante

N utilisateurs \Rightarrow N canaux.

■ **Avantages**

- Simple à mettre en œuvre;
- Pas de risque de collision.

■ **Inconvénients**

- Utilisateur inactif
Canal inutilisé \Rightarrow perte d'efficacité.
- Nombre d'utilisateurs augmente et varie continuellement
 \Rightarrow Redistribuer la bande passante.
- Trafic \Rightarrow rafales courtes et espacées

Techniques d'allocation des canaux de communication

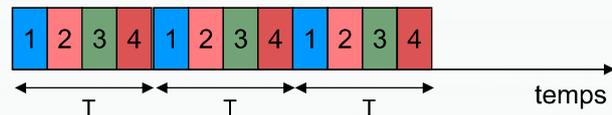
Allocation statique des canaux

TDM (Time Division Multiplexing)

■ **Principe:** Choisir une période T .

Diviser T en N tranches.

L'utilisateur transmet dans l'intervalle T_i .



■ **Avantages:**

- Mise en œuvre Simple.
- Pas de risque de collision
(laisser des petits intervalles de sécurité entre les tranches).

■ **Inconvénients:**

- Utilisateur inactif \Rightarrow tranche du temps inutilisé \Rightarrow efficacité \downarrow
- Le nombre d'utilisateur change \Rightarrow redistribuer la bande passante.

Techniques d'allocation des canaux de communication

Allocation dynamique des canaux

- **Modèle de fonctionnement des stations**
- **Canal unique**
- **Possibilité de collisions (topologie bus)**
- **Transmission sans réserve ou partage temporel**
- **Détection de porteuse ou pas d'écoute préalable**

Techniques d'allocation des canaux de communication

Modèle de fonctionnement des stations

- N stations indépendantes;
- Chaque station génère des trames à transmettre.
- Quand une trame a été émise par une station, celle-ci attend que la trame soit effectivement transmise avant de tenter d'émettre la suivante.

Canal unique

- Un seul canal disponible pour l'ensemble des stations.
- Chaque station peut recevoir ou transmettre sur ce canal unique.
- Toutes les stations sont équivalentes en terme de matériel.
- Le logiciel associé pourra mettre en œuvre un mécanisme de priorités.

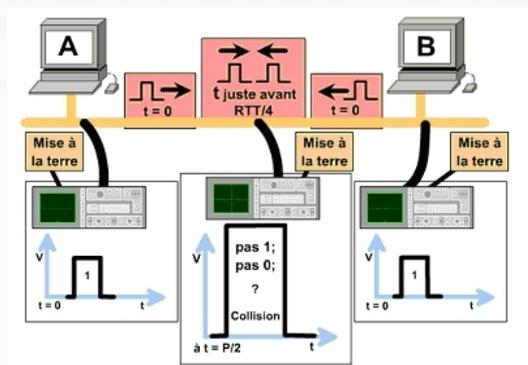


DE

Techniques d'allocation des canaux de communication

Possibilité de collisions

- En cas d'émission simultanée de trames, les signaux deviennent inexploitable \Leftrightarrow collision.
- Les stations ont le moyen de détecter les collisions.
- Une trame victime d'une collision est retransmise.
- Seules les erreurs issues de collisions sont pris en compte.



Transmission sans réserve

- Le début de la transmission est aléatoire.
- Pas de coordination temporelle entre les stations



DE

Techniques d'allocation des canaux de communication

Partage temporel

- Le temps est divisé en intervalles finis (slots time).
- La transmission commence toujours au début d'une tranche de temps.
- Une tranche de temps contient
 - 0 trame canal libre
 - 1 trame transmission réussie
 - N trames collision

Détection de porteuse

- Avant de transmettre une trame, une station peut connaître l'état du canal.
- Si le canal est occupé, la station attend qu'il devienne disponible pour retransmettre.

Pas d'écoute préalable

- Les stations émettent leurs trames sans se soucier de l'état du canal.
- Le test de validité de la transmission a lieu après la fin de l'émission.

DE

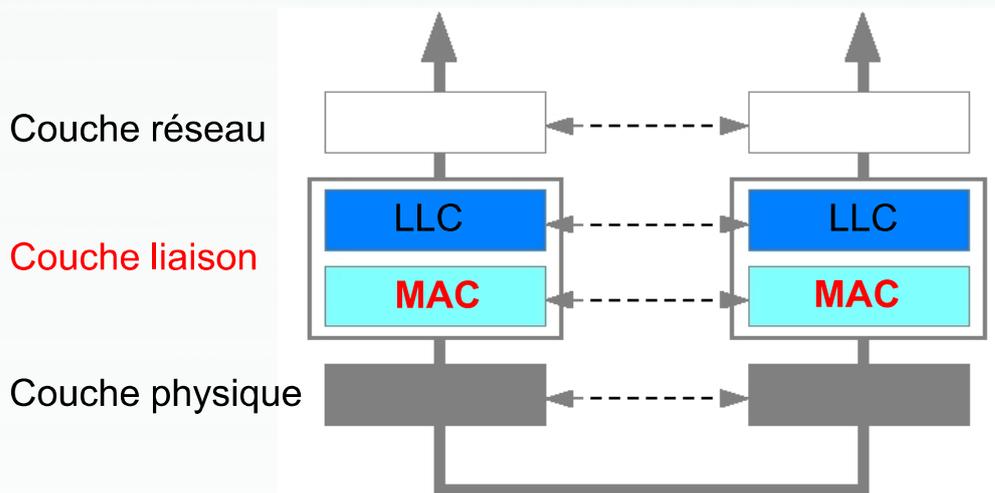
Plan

- ◆ Techniques d'allocation des canaux de communication
- ◆ **Protocoles de gestion d'accès**
- ◆ Normes IEEE 802 des LAN
- ◆ Les ponts

DE

MAC (Medium Access Control)

Ensemble de protocoles permettant le contrôle d'accès au canal.



Protocoles de gestion d'accès : MAC (Medium Access Control)

Trois stratégies

Non déterministe

- Sans contrôle

Une station transmet quand elle le souhaite.

Utilisée par « Contention Systems »

(système qui partage un canal selon une méthode qui peut conduire à des conflits).

Déterministe

- Technique «Round-Robin»

Chaque station aura son tour.

Utilisée par « Token-Based Systems ».

- Technique de réservation

Réserver le canal avant de transmettre.

Utilisée par « Slotted Systems ». (bus à jeton Token Bus)

Les protocoles CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

Principe

Avant de transmettre vérifier la disponibilité du canal (écoute le canal).

✓ 1-persistent

canal occupé alors rester à l'écoute jusqu'à ce qu'il devienne libre.

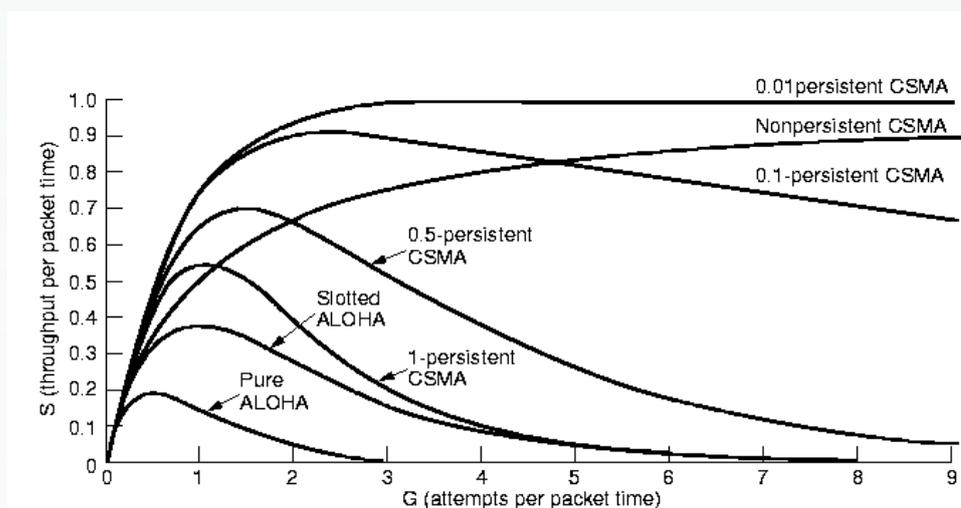
✓ non-persistent

canal occupé alors attendre un temps aléatoire puis réécouter.

✓ p-persistent

canal libre alors envoyer avec une probabilité p .

Protocoles CSMA (Carrier Sense Multiple Access)



Protocoles CSMA persistant et non persistant plus performants, apportent la certitude que les stations se garderont d'émettre si elle constate qu'une autre station est en activité.

CSMA avec détection de collision (CSMA/CD)

Amélioration

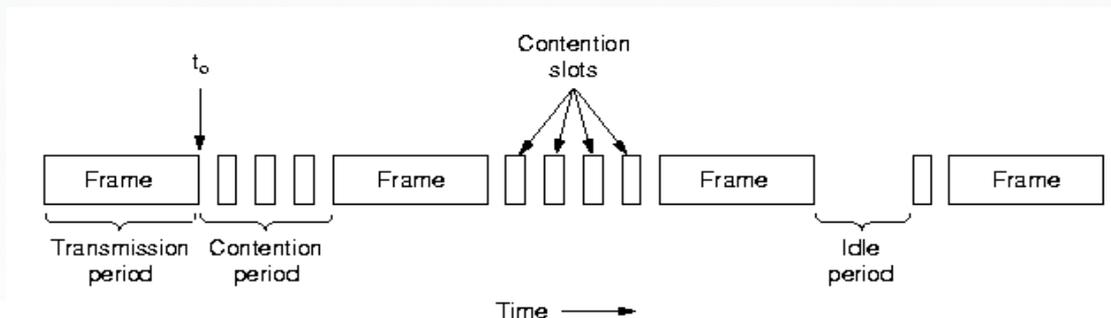
Écouter le canal et arrêter la transmission dès la détection d'une collision.

Principe

Canal occupé \Rightarrow revenir plus tard.

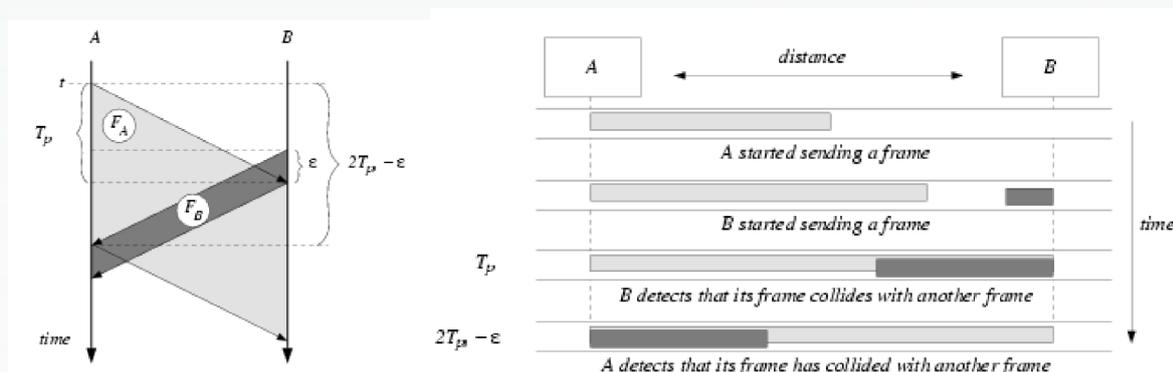
En cours de transmission écouter le canal.

Si collision alors arrêt de l'émission puis revenir plus tard.



CSMA avec détection de collision (CSMA/CD)

Durée maximale de la période de contention ?



T_p : Temps de propagation des signaux entre deux stations d'extrémité.

- L'une des stations commence à transmettre.
- A l'instant $T_p - \epsilon$, un instant avant que le signal ne parvienne à la station la plus éloignée, cette station commence aussi à transmettre.
- La collision parvient à la première station après un délai de $2T_p - \epsilon$
- Le temps maximale pour acquérir l'exclusivité du droit à transmettre sans détecter de collision est $2T_p$.

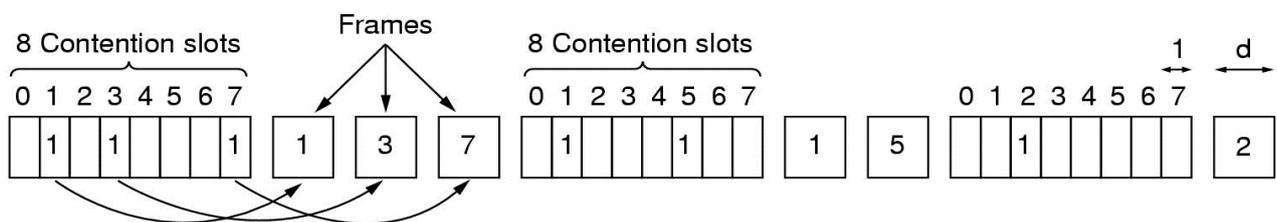
Protocoles sans collision

Protocole Bit-Map :

Les stations expriment leur souhait de transmettre avant que la transmission effective ait lieu \Rightarrow réservation.

La station j annonce qu'elle a une trame à transmettre en émettant un 1 dans l'intervalle de temps j .

Lorsque les slots de la période de contention se sont déroulés, les stations ont connaissance de l'ordre de transmission, en respectant l'ordre ascendant de leur adresse.



Plan

- ◆ Techniques d'allocation des canaux de communication
- ◆ Protocoles de gestion d'accès
- ◆ Normes IEEE 802 des LAN
- ◆ Les ponts - Commutateurs

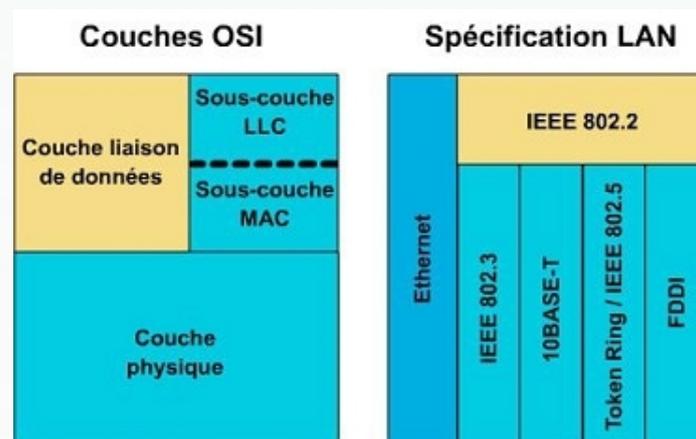
Couche MAC (Media Access Control.) : Normes - Technologie

Norme	Titre et commentaires
IEEE	
802	Normes pour les réseaux locaux (LAN) et métropolitains (MAN)
802.1	Gestion et pontage des LAN et des MAN (y compris le protocole Spanning Tree)
802.2	Contrôle de lien logique
802.3	Méthode d'accès CSMA/CD (détection de porteuse avec accès multiple)
802.3u	Fast Ethernet
802.3z	Gigabit Ethernet
802.4	Méthode d'accès à passage de jeton sur un bus
802.5	Méthode d'accès Token Ring
802.6	Méthode d'accès DQDB (double bus de file d'attente distribuée) pour les WAN
802.7	LAN à large bande
802.8	LAN et MAN à fibre optique
802.9	Intégration de services (interconnexion de réseaux entre sous-réseaux)
802.10	Sécurité des LAN/MAN
802.11	LAN sans fil (une bande de base IR et deux signaux hyperfréquences à l'intérieur de la bande de 2 400 à 2 500 MHz)
802.12	LAN à haut débit (signaux à 100 Mbits/s, mécanisme de demande de priorité)
802.14	Méthode d'accès de télévision par câble



DE

Couche MAC : Normes - Technologie

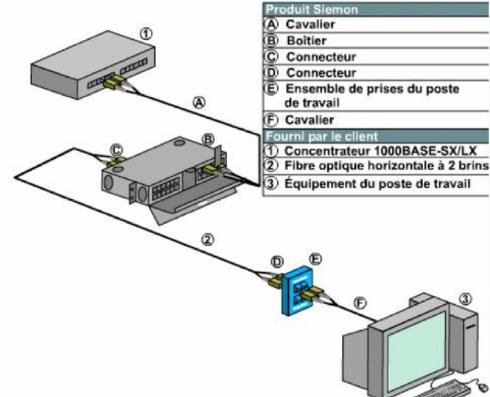


DE

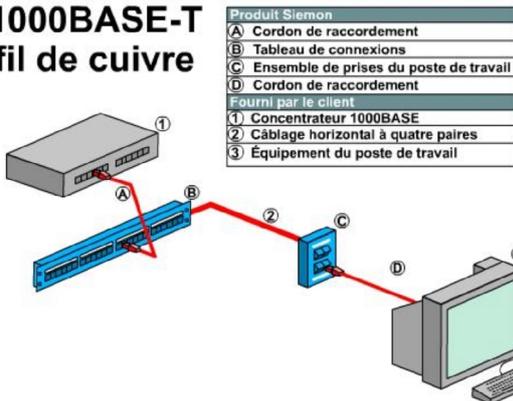
Couche MAC : Exemple Famille Ethernet

Type	Média	Bande passante maximale	Longueur de segment maximale	Topologie physique	Topologie logique
10BASE5	Coaxial épais	10 Mbits/s	500 m	Bus	Bus
10BASE-T	UTP CAT 5	10 Mbits/s	100 m	Étoile; Étoile étendue	Bus
10BASE-FL	Fibre optique multimode	10 Mbits/s	2000 m	Étoile	Bus
100BASE-TX	UTP CAT 5	100 Mbits/s	100 m	Étoile	Bus
100BASE-FX	Fibre optique multimode	100 Mbits/s	2000 m	Étoile	Bus
1000BASE-T	UTP CAT 5	1 000 Mbits/s	100 m	Étoile	Bus

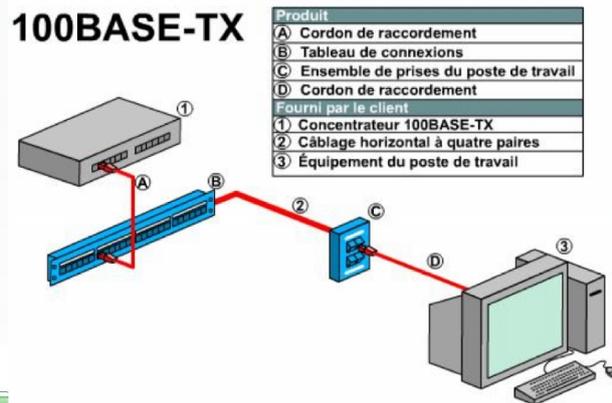
1000BASE-SX-LX (fibre optique)



1000BASE-T fil de cuivre



100BASE-TX



DE

Couche MAC : Famille Ethernet

Ethernet						
	1	6	6	2	46-1500	4
Préambule	Délimiteur de début de trame	Adresse de destination	Adresse d'origine	Type	Données	Séquence de contrôle de trame

IEEE 802.3						
	1	6	6	2	64-1500	4
Préambule	Délimiteur de début de trame	Adresse de destination	Adresse d'origine	Longueur	En-tête et données 802.2	Séquence de contrôle de trame

■ Préambule

Suite alternée de 1 et 0 indiquant aux stations réceptrices le type de la trame (Ethernet ou IEEE 802.3).

La trame Ethernet comporte un octet supplémentaire qui équivaut au champ de début de trame spécifié dans la trame IEEE 802.3.

■ Début de trame

L'octet séparateur IEEE 802.3 se termine par deux bits à 1 consécutifs pour synchroniser les portions de réception des trames de toutes les stations du LAN.

Le début de trame est défini explicitement dans la norme Ethernet.

Couche MAC : Famille Ethernet

■ Adresses Origine et Destination

Trois premiers octets → fournisseur. Trois derniers octets → Numéro de série

@ origine → @ unicast (nœud simple).

@ destination → @ unicast, multicast (groupe) ou de broadcast (tous les nœuds).

■ Type (Ethernet)

Protocole de couche supérieure auquel seront acheminées les données, une fois le traitement Ethernet terminé.

■ Longueur (IEEE 802.3)

Nombre d'octets de données à suivre.

■ Données

- Ethernet au moins 46 octets

- IEEE 802.3 au moins 64 octets

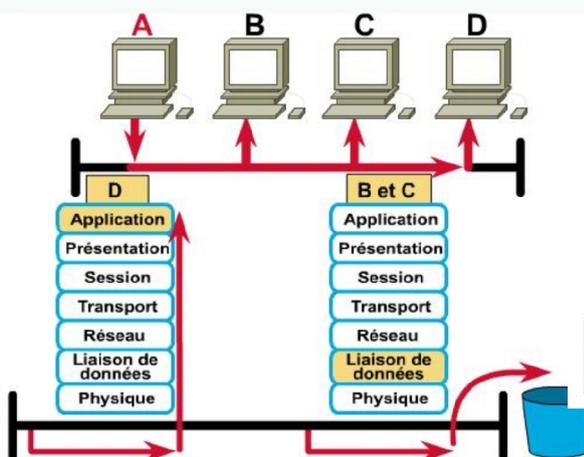
Bits de bourrage pour compléter à 64 octets la trame minimale !!!

■ Séquence de contrôle de trame (FCS) : Code de redondance cyclique (CRC) de 4



DE

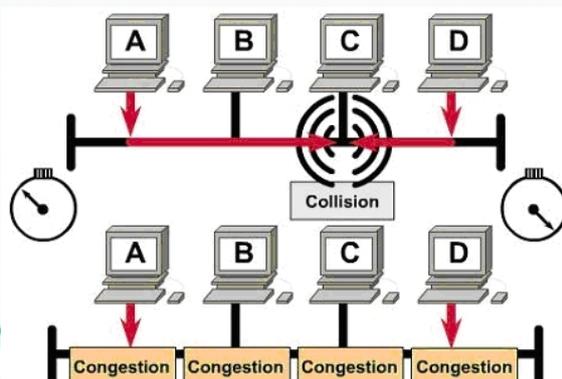
Couche MAC : Fonctionnement Ethernet



CSMA/CD

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect

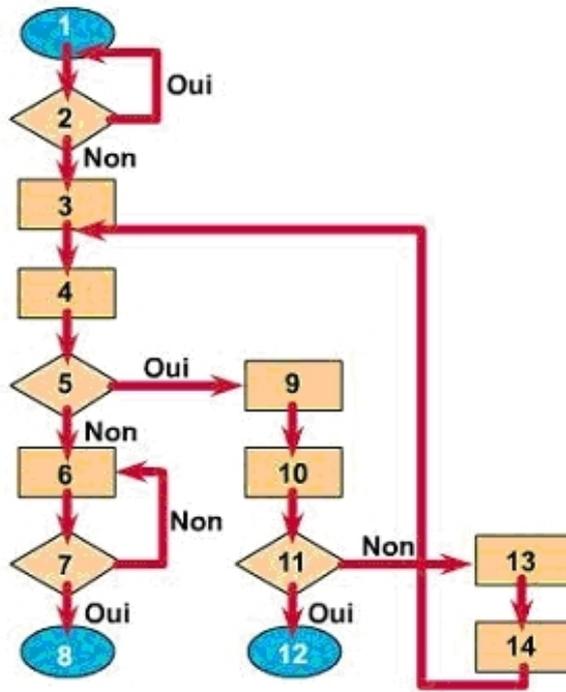
Détection de porteuse avec accès multiple.



DE

Couche MAC : Fonctionnement Ethernet

1. L'hôte veut transmettre
2. La porteuse est-elle détectée ?
3. Mise en trame
4. Début de la transmission
5. Une collision est-elle détectée ?
6. Poursuite de la transmission
7. La transmission est-elle terminée ?
8. Transmission terminée
9. Diffusion broadcast d'un signal de congestion
10. essais = essais + 1
11. essais > trop nombreux ?
12. Trop de collisions ; annulation de la transmission
13. L'algorithme calcule la réémission temporisée
14. Attente pendant t secondes

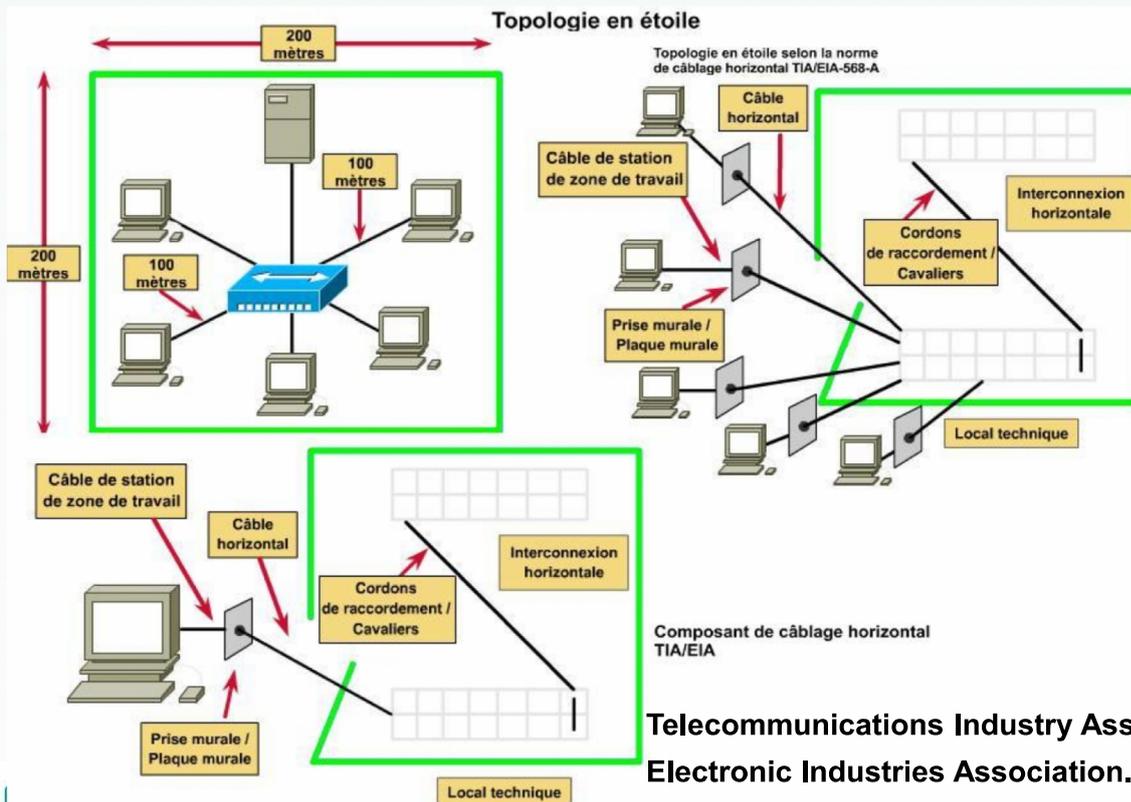


Ethernet :

- Architecture réseau non orientée connexion;
- système de remise au mieux.



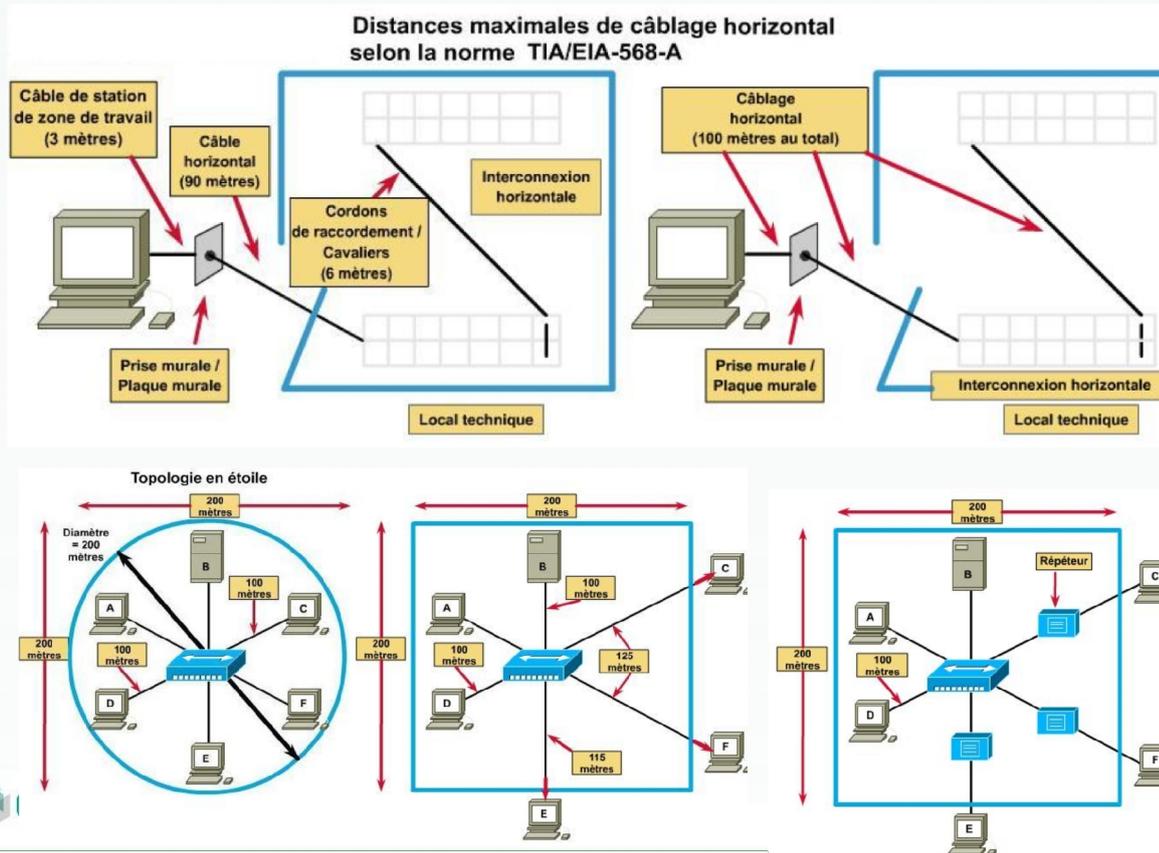
Annexes : Les topologies et les médias Ethernet 10BASE-T



Telecommunications Industry Association.
Electronic Industries Association.



Annexes : Les topologies et les médias Ethernet 10BASE-T



DE

Annexes : Carte réseau

2	Liaison de données	Carte réseau
1	Physique	Média

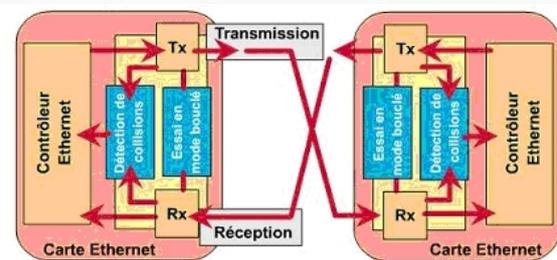
Exemple : Mode half-duplex

Connexions des broches (prises RJ-45 + fils d'un câble de catégorie 5)

**Broche 1 TD+ (envoi de données),
Broche 3 RD+ (réception de données)**

**Broche 2 TD- (envoi de données),
Broche 6 RD- (réception de données)**

Broches 4,5,7, 8 inutilisées.



Contrôle de liaison logique Communication avec les couches supérieures.

Désignation Identificateur d'adresse MAC unique.

Verrouillage de trame regroupement des bits en paquets (encapsulation) en vue du transport.

Media Access Control Fourniture d'un accès structuré au média d'accès partagé.

Signalisation La carte réseau place les bits sur le média.

Plan

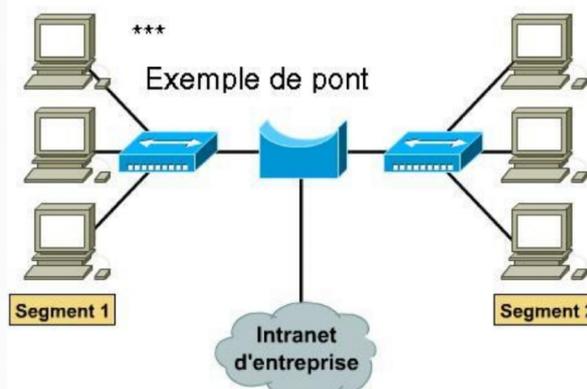
- ◆ Techniques d'allocation des canaux de communication
- ◆ Protocoles de gestion d'accès
- ◆ Normes IEEE 802 des LAN
- ◆ Les ponts - Commutateurs

Pont - Commutateur- Switch

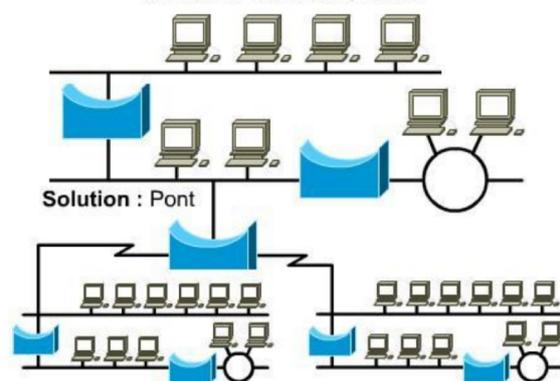
Pont *

Ce composant matériel relie deux segments de réseau ou plus et passe les paquets de l'un à l'autre.

Il est plus intelligent qu'un concentrateur. Il analyse les paquets entrants, puis les achemine ou les abandonne en fonction de l'adresse MAC.

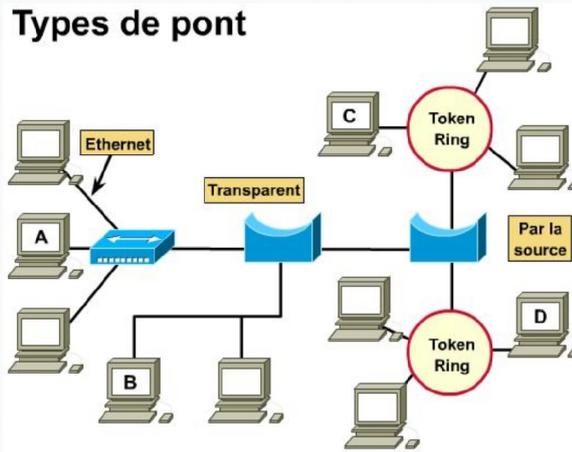


** Problème : Trafic trop élevé

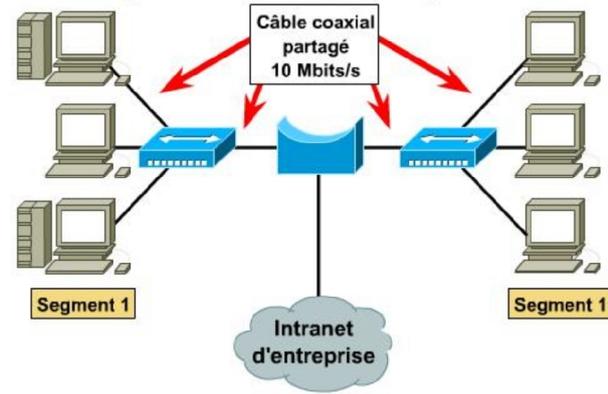


Pont - Commutateur- Switch

Types de pont



Pontage - Média partagé



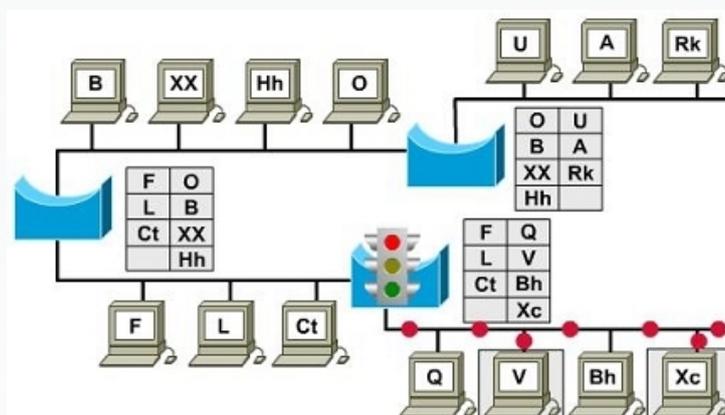
Analyse les paquets entrants en fonction l '@MAC

Collecte et transmet les paquets entre les segments du réseau

Assure la maintenance des tables d 'adresses

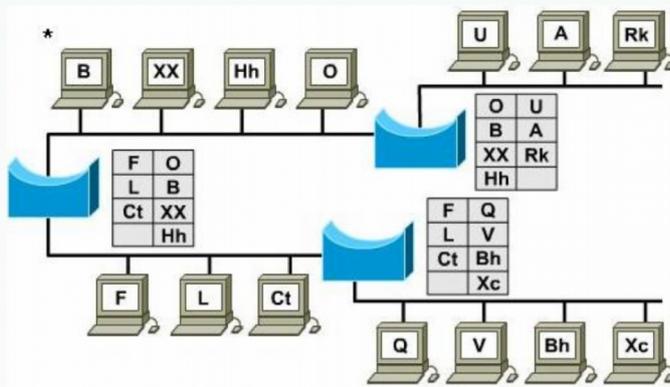
Différents types de pontages : Transparents, par la source (Token ring)

Fonctionnement d'un pont

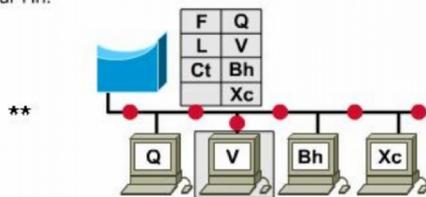


Exemple 1

Fonctionnement d'un pont

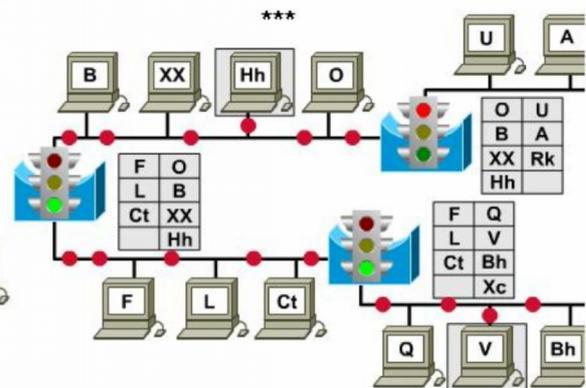


* Dans cet exemple, un paquet de données provenant de l'ordinateur V est destiné à l'ordinateur Hh.



** Le paquet passe par tous les nœuds du segment de réseau sur lequel se trouve l'hôte source V.

Exemple 2

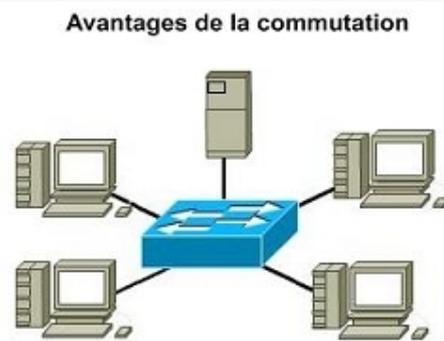
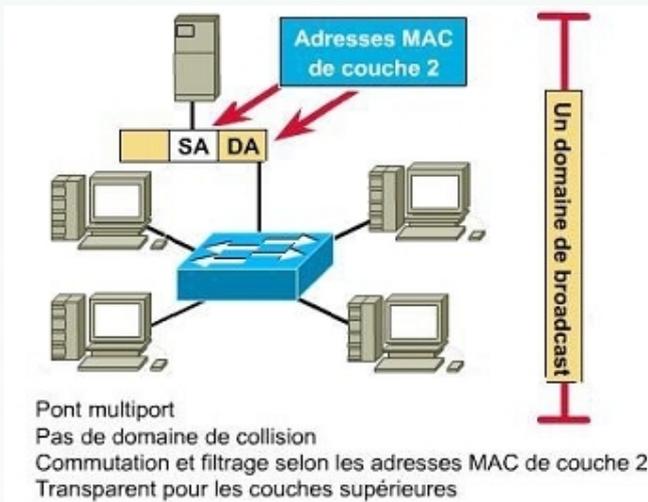


*** Le pont vérifie sa table afin de déterminer s'il permet au paquet de poursuivre son chemin vers les autres segments du réseau.

Le paquet de données atteint sa destination finale.



Fonctionnement d'un commutateur



- Réduction du nombre de collisions
- Multiplés communications simultanées
- Liaisons montantes (uplink) haut débit
- Amélioration de la réponse du réseau
- Hausse de la productivité de l'utilisateur

La Commutation LAN

permet un accès dédié.
élimine les collisions et accroît la capacité.
prend en charge plusieurs communications à la fois.

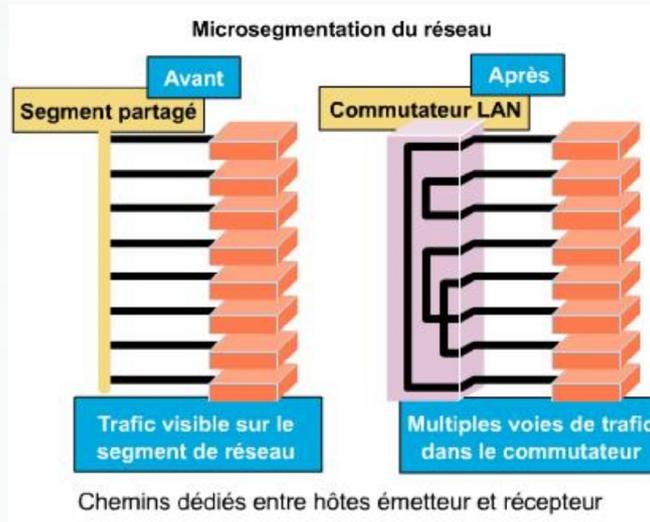
Politique de sécurité !!!



Un pont peut vérifier la source et la destination et refuser de diffuser la trame



Fonctionnement d'un commutateur



■ Commutateurs LAN ⇔

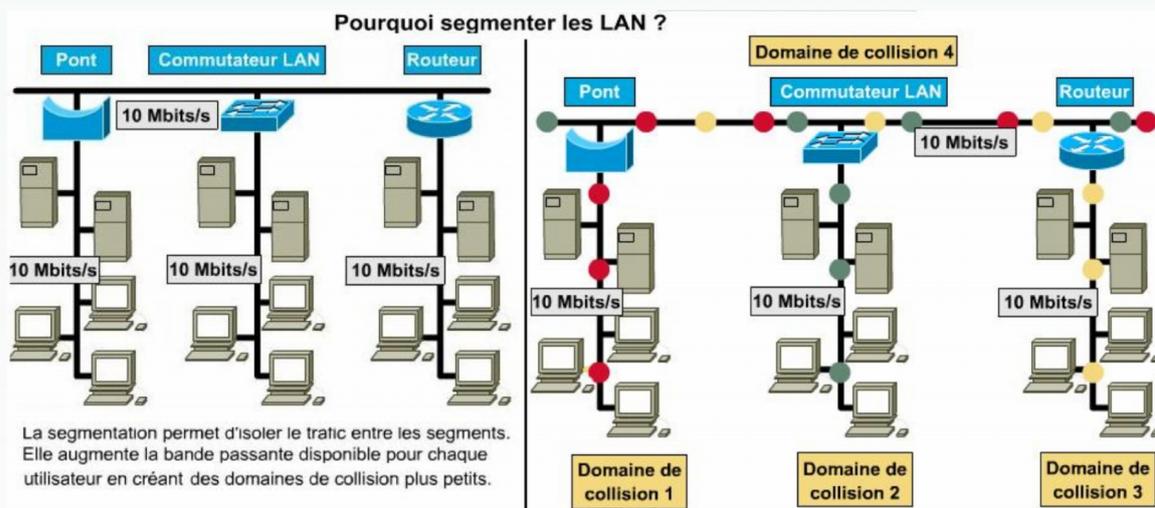
- Ponts multiports sans domaine de collision



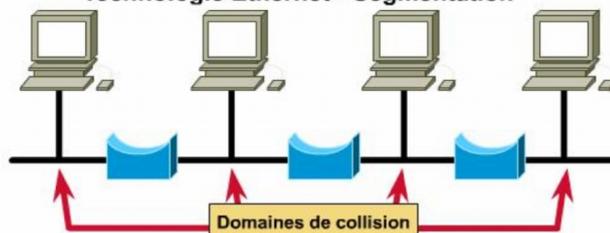
- Commutation d'une trame vers sa destination à haut débit



Fonctionnement d'un commutateur



Technologie Ethernet - Segmentation



Le pontage et la commutation sont utilisés pour la segmentation. Il en résulte plusieurs domaines de collision. Il y a toujours un seul domaine de broadcast. Il est possible de réserver de la bande passante pour les stations de travail.

