



Cours réseaux locaux

1^{ère} Ingénieur en Sciences Appliquées et en Technologie

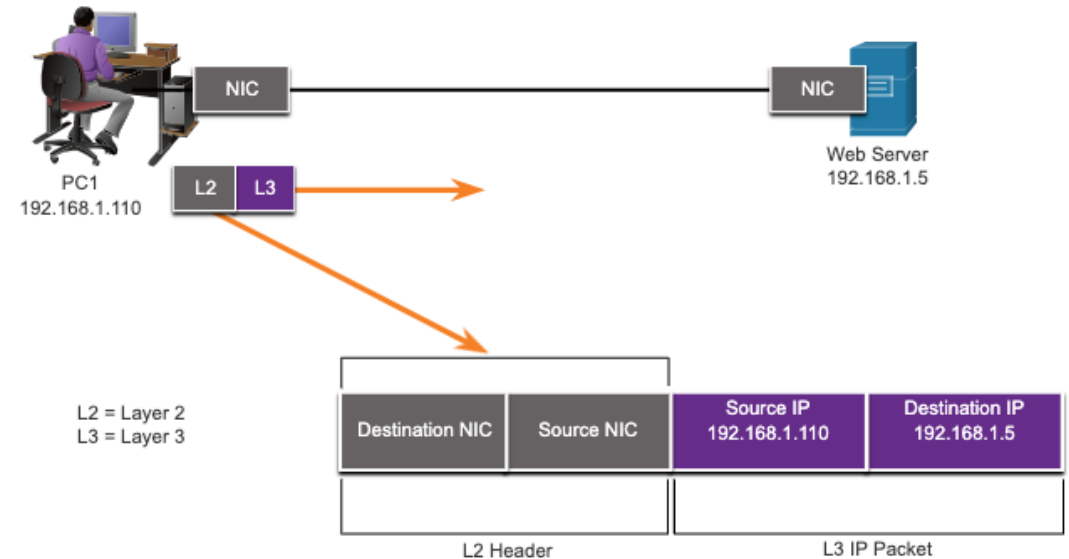
CHAPITRE 4:

Couche liaison de données

Dr. Imen Bouabidi
bouabidi.imene1@gmail.com

1. Fonction de la couche liaison de données

- la couche liaison de données est responsable des communications entre les cartes d'interface réseau du périphérique final.
- Elle permet aux protocoles de couche supérieure d'accéder au support de couche physique et encapsule les paquets de couche 3 (IPv4 et IPv6) dans des trames de couche 2.
- Elle effectue également la détection des erreurs et rejette les trames corrompues.



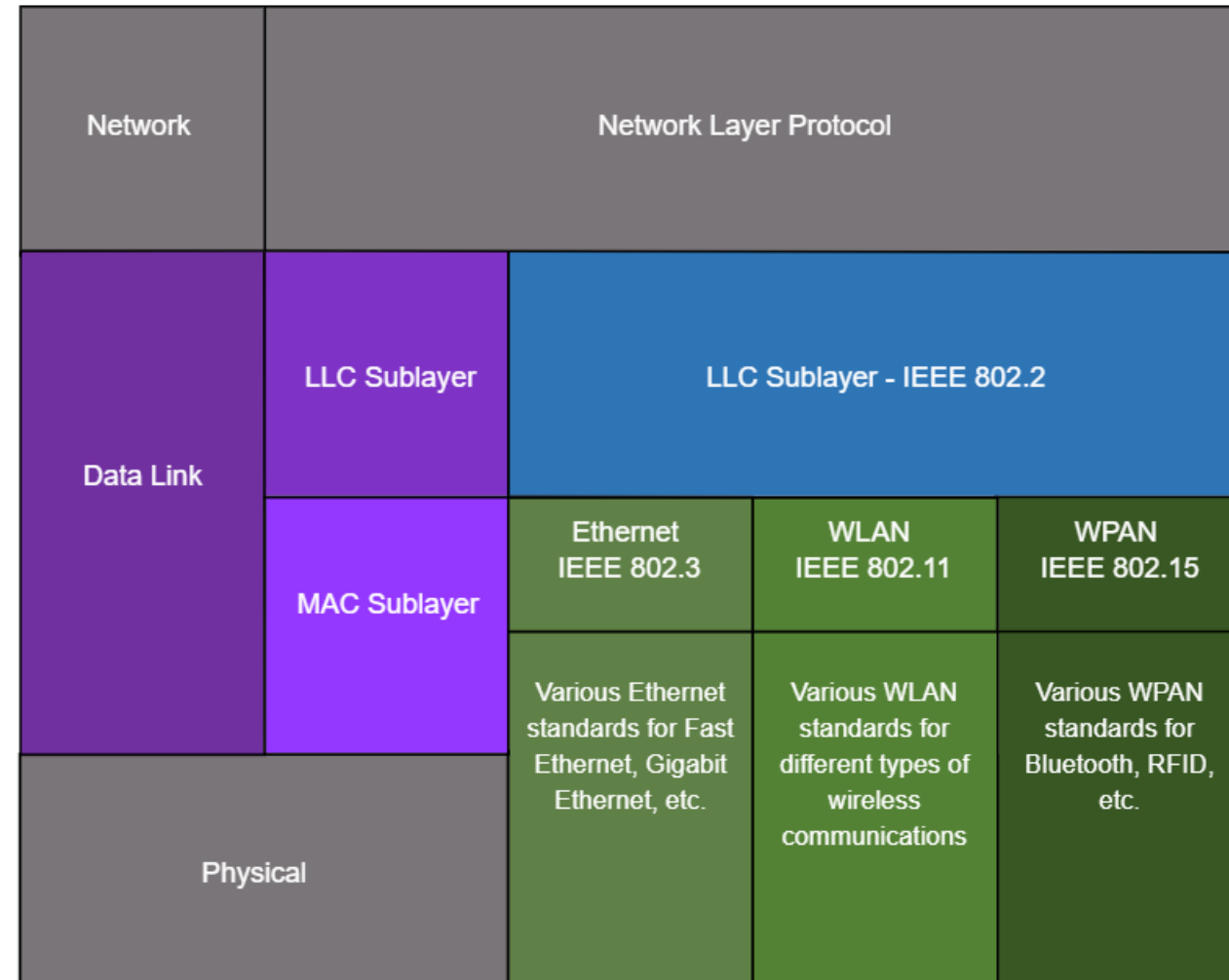
1. Fonction de la couche liaison de données

IEEE 802 LAN/MAN des sous-couches de liaison de données

Les normes IEEE 802 LAN/MAN sont spécifiques au type de réseau (Ethernet, WLAN, WPAN, etc.).

La Couche liaison de données se compose de deux sous-couches. **Sous-couche LLC (Logical Link Control)** et **Contrôle d'accès au support (MAC)**.

- La sous-couche LLC communique entre le logiciel de mise en réseau sur les couches supérieures et le matériel du périphérique sur les couches inférieures.
- la sous-couche MAC est responsable de l'encapsulation des données et du contrôle d'accès au support.



1. Fonction de la couche liaison de données

Fournisse l'accès aux support

Les paquets échangés entre les nœuds peuvent rencontrer de nombreuses couches de liaison de données et transitions du support.

A chaque saut au long du chemin, un routeur exécute quatre fonctions de base de couche 2:

- Il accepte une trame d'un support réseau ;
- Désencapsule la trame pour exposer le paquet encapsulé.
- Réencapsule le paquet dans une nouvelle trame ;
- Transmet la nouvelle trame sur le support du segment réseau suivant.

1. Fonction de la couche liaison de données

Les protocoles de couche liaison de données sont définis par les organisations d'ingénierie:

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers - Institut des ingénieurs en équipements électriques et électroniques)
- Union Internationale des Télécommunications (UIT)
- L'Organisation internationale de normalisation (ISO)
- ANSI (American National Standards Institute)



2. Topologies du réseau

Topologies WAN

Trois topologies physiques de réseau étendu :

- **Point à point** — la topologie WAN la plus simple et la plus courante. Elle se compose d'une liaison permanente entre deux terminaux.
- **Topologie en étoile** : L'accès des réseaux distants se fait par un routeur central. Toutes communications entre les réseaux passeront par ce routeur central. Cette topologie a comme avantage une gestion simplifiée et un coût relativement bas. Et comme inconvénient, une limitation dans les performances réseau, car le flux passe par un seul canal, celui qui mène vers le routeur central, et en cas de panne de ce dernier, l'ensemble du réseau tombe.
- **Maillée**: chaque routeur à une connexion directe avec l'ensemble des autres routeurs. La raison principale pour créer ce type d'environnement entièrement maillé est de fournir un haut niveau de redondance, pour un coût relativement élevé, car il faudra de nombreux circuits dans l'environnement, un pour chaque connexion entre les routeurs; Et la configuration peut être complexe dans des environnements de broadcast (tous les systèmes finaux soient connectés entre eux).

2. Topologies du réseau

Topologie WAN point à point

- Les topologies point à point physiques connectent directement deux nœuds.
- Les nœuds n'ont pas besoin de partager le support avec d'autres hôtes.
- En outre, toutes les trames du support ne peuvent se déplacer que vers ou depuis les deux nœuds, les protocoles WAN Point-to-Point peuvent être très simples.



2. Topologies du réseau

Topologies LAN

Les périphériques finaux des réseaux locaux sont généralement interconnectés à l'aide d'une topologie étoile ou étoile étendue. Les topologies étoile et étoile étendue sont faciles à installer, très évolutives et faciles à dépanner.

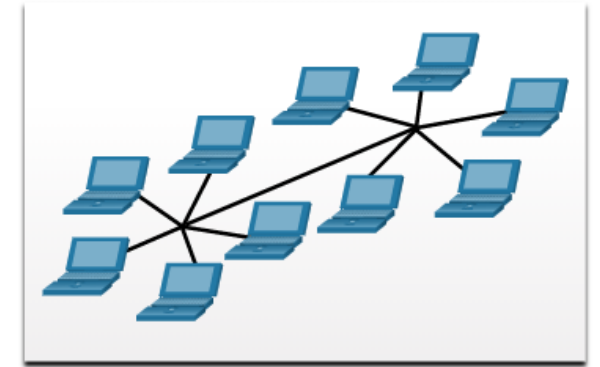
Les technologies Ethernet Early et Token Ring fournissent deux topologies supplémentaires:

- **Topologie en bus**
- **Topologie en anneau**

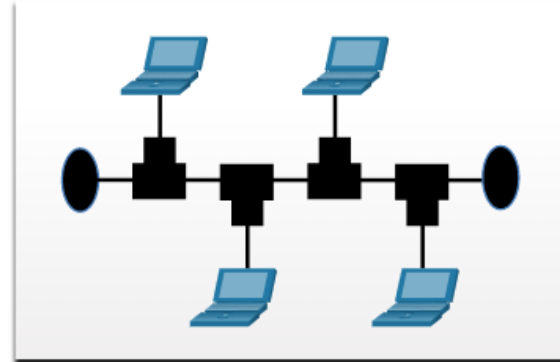
Physical Topologies



Star Topology



Extended Star Topology



Bus Topology



Ring Topology

2. Topologies du réseau

Topologies LAN

Topologie en bus : En informatique, un **réseau en bus** est une architecture de communication où la connexion des clients est assurée par un bus partagé par tous les utilisateurs au moyen d'arrêt de bus d'où le nom « réseau en bus ».

Avantages

- Facile à mettre en œuvre et à étendre.
- Utilisable pour des réseaux temporaires (installation facile).
- Présente l'un des coûts de mise en réseau le plus bas.

Inconvénients

- Longueur du câble et nombre de stations limités.
- Un câble coupé peut interrompre le réseau.
- Les coûts de maintenance peuvent être importants à long terme.
- Les performances se dégradent avec l'ajout de stations.
- Faible sécurité des données transitant sur le réseau (toutes les stations connectées au bus peuvent lire toutes les données transmises sur le bus).
- Elle est extrêmement vulnérable étant donné que si l'une des connexions est défectueuse, l'ensemble du réseau en est affecté.

2. Topologies du réseau

Topologies LAN

Topologie en anneau : Toutes les entités sont reliées entre elles dans une [boucle](#) fermée. Les données circulent dans une direction unique, d'une entité à la suivante. Une entité n'accepte une donnée en circulation sur l'anneau que si elle correspond bien à son adresse. Dans le cas contraire, l'entité en question fait passer la donnée à l'entité suivante. Un exemple d'implémentation du réseau en anneau est l'anneau à jeton. Cette implémentation utilise le protocole Token Ring pour réguler l'accès au réseau. Un « jeton » circule sur le réseau et seule la station qui possède le jeton a le droit d'émettre.

Avantages :

- La quantité de câble nécessaire est minimale
- Le protocole est simple, il évite la gestion des [collisions](#)

Inconvénients :

- Le retrait ou la panne d'une entité active paralyse le trafic du réseau.
- Il est également difficile d'insérer une nouvelle station

2. Topologies du réseau

Communications en modes duplex intégral et semi-duplex

Communication en mode semi-duplex

- Autorise un seul appareil à envoyer ou à recevoir à la fois sur un support partagé.
- Il est utilisé dans les anciennes topologies en bus et avec les concentrateurs Ethernet (hub).

Communication en mode duplex intégral

- les deux périphériques peuvent simultanément transmettre et recevoir des données sur les supports.
- les commutateurs Ethernet (switch) fonctionnent en mode duplex intégral.

2. Topologies du réseau

Méthodes de contrôle d'accès

Accès avec gestion des conflits

Tous les nœuds fonctionnant en mode semi-duplex sont en concurrence pour utiliser le support, Et voici quelques exemples:

- Le processus d'accès multiple avec écoute de porteuse et détection de collision (CSMA/CD) est utilisé sur les anciens réseaux Ethernet dans la topologie bus.
- Le processus d'accès multiple avec écoute de porteuse et prévention de collision (CSMA/CA) est utilisé sur les réseaux WLANs.

Accès contrôlé

- Accès déterministe où chaque nœud a son propre temps sur le support.
- Utilisé sur les anciens réseaux tels que Token Ring et ARCNET.

2. Topologies du réseau

Accès avec gestion des conflits – CSMA/CD

Processus de détection des collisions CSMA/CD:

- Utilisé par les réseaux locaux Ethernet.
- Fonctionne en mode semi-duplex où un seul appareil envoie ou reçoit à la fois.
- Le processus d'accès multiple avec écoute de porteuse et détection de collision (CSMA/CD) est utilisé pour déterminer quand un périphérique peut envoyer des données et ce qui doit se produire lorsque plusieurs périphériques envoient des données au même moment.
- Il détecte que le canal partagé est occupé lorsqu'une diffusion a lieu et interrompt la diffusion jusqu'à ce que le canal soit libre.
- Dans CSMA/CD, la collision est détectée par la détection de diffusion des autres stations. Lors de la détection de collision dans CSMA/CD, la transmission est arrêtée et un signal de brouillage est envoyé par les stations, puis la station attend un contexte temporel aléatoire avant la retransmission.

2. Topologies du réseau

Accès avec gestion des conflits – CSMA/CA

CSMA/CA

- Utilisé par les WLAN IEEE 802.11.
- Fonctionne en mode semi-duplex où un seul appareil envoie ou reçoit à la fois.
- le processus CSMA/CA (Accès multiple avec écoute de porteuse et prévention des collisions) est utilisé pour déterminer à quel moment un périphérique peut envoyer des données et ce qui doit se produire lorsque plusieurs périphériques envoient des données au même moment.

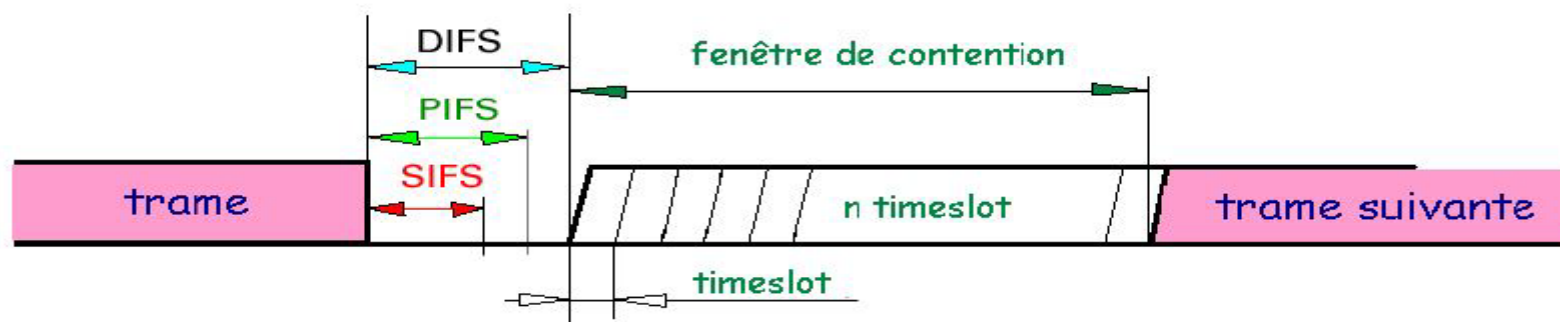
Processus de prévention des collisions CSMA/CA:

- Une station voulant transmettre écoute le support, et s'il est occupé, la transmission est différée
- Si le support est libre pour un temps spécifique (appelé **Distributed Inter Frame Space : DIFS**), alors la station est autorisée à transmettre
- Pour réduire la probabilité d'avoir deux stations entrant en collision car ne pouvant pas s'entendre l'une l'autre, le standard définit :
 - ✓ le mécanisme de Virtual Carrier Sense (sensation virtuelle de porteuse) via l'indicateur NAV (Network Allocation Vector)
 - ✓ un mécanisme de contention.

2. Topologies du réseau

Accès avec gestion des conflits – CSMA/CA

- Avant qu'un appareil du réseau ne commence une transmission, il envoie d'abord des informations (dans le champ *Duration* de la trame RTS) à tous les autres participants. La station indique combien de temps le réseau sera occupé par sa transmission. Tout autre appareil saisit cette information dans son NAV personnel.
- Lorsque le NAV à 0 : le support ou médium est donc à nouveau libre.
- Le standard définit 4 types d'espace entre deux trames, utilisés pour leurs différentes propriétés :
- le **SIFS (Short Inter Frame Space) de $28\mu s$** est utilisé pour séparer les transmissions appartenant à un même dialogue (par exemple Fragment-ACK). C'est le plus petit écart entre deux trames et il y a au plus une seule station autorisée à transmettre après cet intervalle.
- le **PIFS (Priority Coordination IFS) de $78\mu s$** est utilisé par le Point d'accès pour obtenir l'accès au support avant n'importe quelle autre station.
- le **DIFS (Distributed IFS) de $128\mu s$** est l'intervalle utilisé par une station voulant commencer une nouvelle transmission.
- le **EIFS (Extended IFS)** est l'intervalle le plus long utilisé par une station recevant un paquet qu'elle ne comprend pas. Ceci permet d'éviter que la station qui ne comprend pas l'information de durée ne provoque de collision avec un futur paquet



2. Topologies du réseau

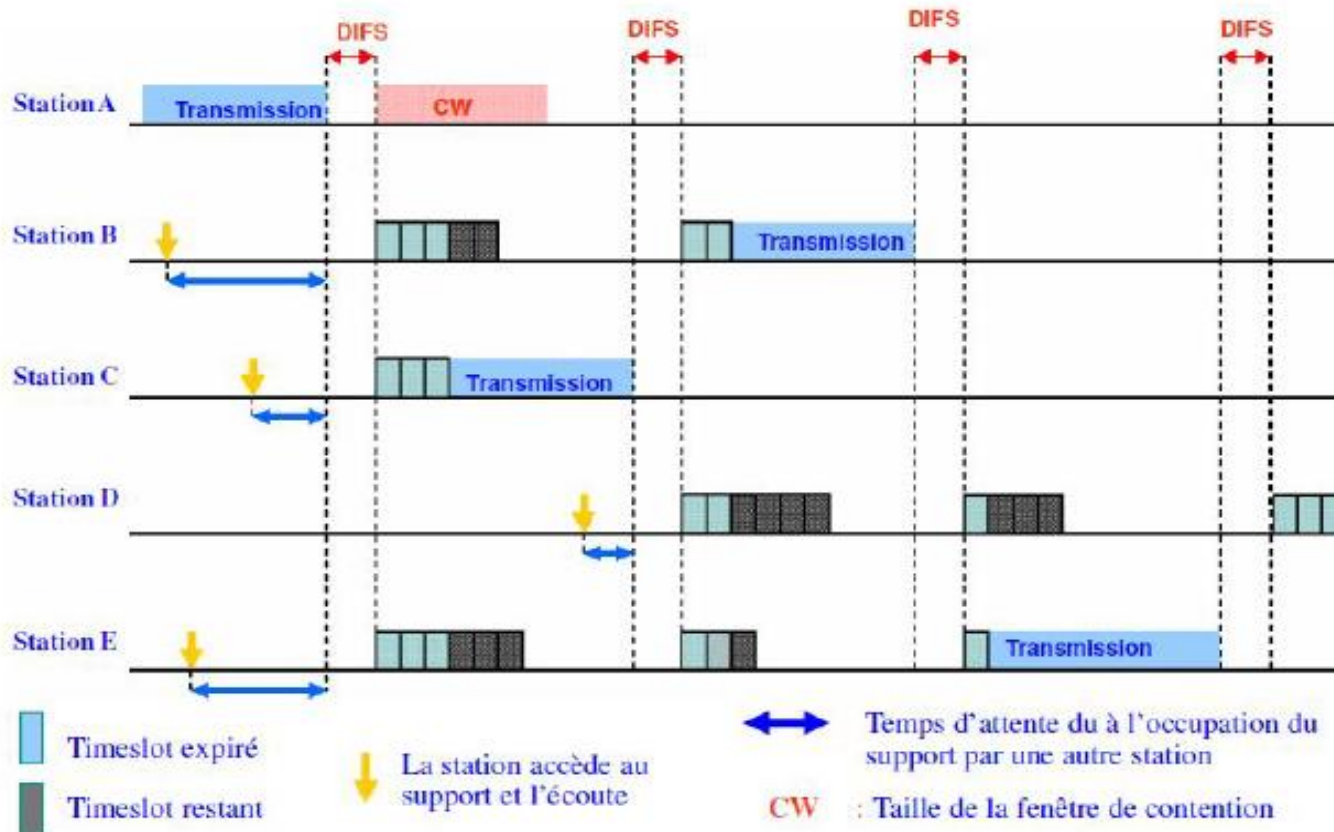
Accès avec gestion des conflits – CSMA/CA

- A la fin de la transmission d'un paquet de données, le support redevient libre, et il est possible que deux stations démarrent un échange simultanément. => La norme IEEE802.11 a mis en place une temporisation aléatoire appelée **contention** ou **backoff**.
- chaque station choisit un nombre aléatoire entre 0 et N et attend ce nombre de slots avant d'accéder au support.
- le back off est exponentiel, c'est-à-dire qu'à chaque fois qu'une station entre en collision, le temps d'attente augmente exponentiellement.
- l'algorithme de backoff exponentiel est exécuté quand une station veut émettre et que le support est occupé ou après chaque transmission ou retransmission réussie. Ce mécanisme n'est pas utilisé quand la station décide de transmettre un nouveau paquet et que le support a été libre pour un temps supérieur au DIFS.
- la détection de collision est détecté par non-réception d'ACK.

2. Topologies du réseau

Accès avec gestion des conflits – CSMA/CA

exemple de DCF avec CSMA/CA pur



Faiblesse de CSMA/CA

- Risque que le temps de backoff soit le même pour deux stations
- Problème de station caché

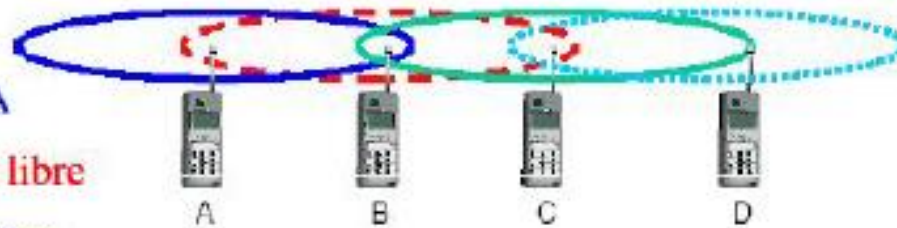
2. Topologies du réseau

Accès avec gestion des conflits – CSMA/CA

- Problème de la station cachée (Faiblesses du CA)
 - Collisions toujours possibles, quand ?
 1. Deux stations atteignent simultanément Temporisateur Back-off = 0
 2. **Problème de la station cachée**

1. Terminal caché :

- a. A envoie à B, C **ne peut pas recevoir A**
- b. C veut envoyer à B, C **croit le support libre**
- c. Collision à B, A n'entends pas la collision
- d. A est "caché" pour C

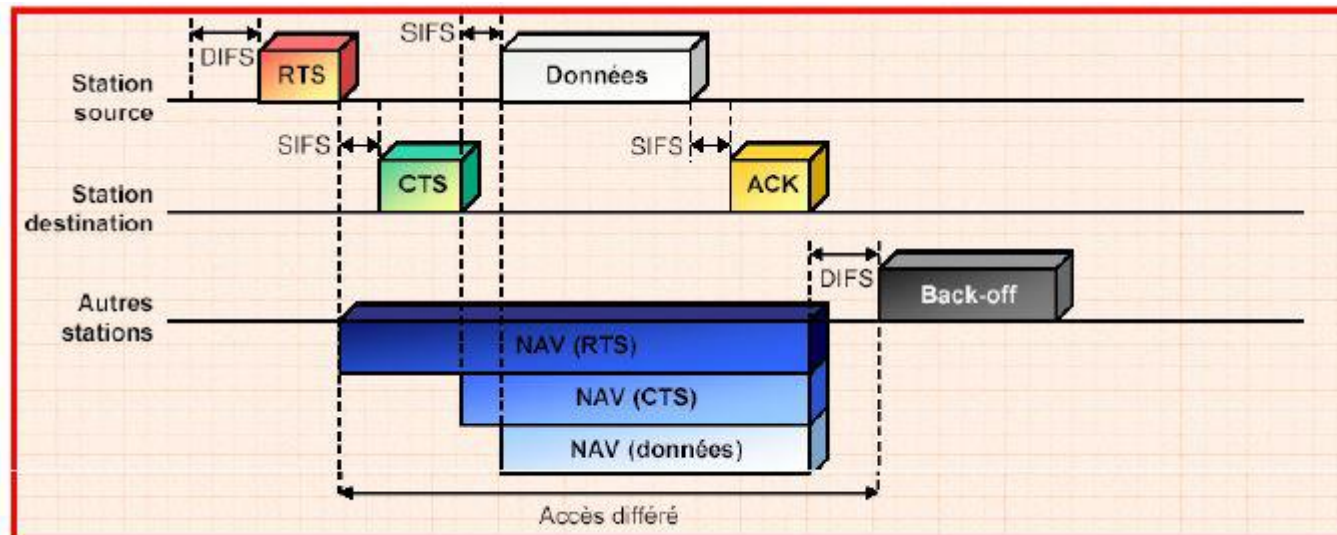


- Conclusion : 2 stations situées chacune à l'opposé d'un point d'accès (AP) ou d'une autre station
 - peuvent entendre l'activité de cet AP
 - ne peuvent pas s'entendre l'une avec l'autre du fait que la distance entre les 2 est trop grande ou qu'un obstacle les empêche de communiquer entre elles

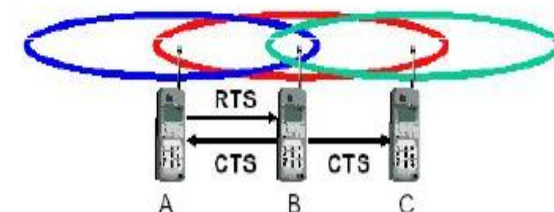
2. Topologies du réseau

CSMA/CA avec RTS/CTS

- une station voulant émettre transmet d'abord un paquet de contrôle court (risque de collision faible) appelé **RTS (Request To Send)**, qui donnera la source, la destination, et la durée de la transaction
- la station destination répond (si le support est libre) avec un paquet de contrôle de réponse appelé **CTS (Clear To Send)**, qui inclura les mêmes informations sur la durée. Après réception de CTS, la station peut transmettre ses données, dont la bonne réception est confirmée par un paquet **ACK (Acknowledge)**
- les différents noeuds mettent alors en œuvre un mécanisme de contention (retard de durée aléatoire) à l'issue duquel le noeud au retard le plus faible peut envoyer ses données
- Ce mécanisme de contention permet au point d'accès de distribuer des priorités aux différentes stations du réseau.



- La réservation avec RTS et CTS permet de résoudre le pb des stations cachées
 - $A \rightarrow B$ $C \rightarrow B$
 - A envoie RTS
 - C attend après avoir entendu CTS de B



3. Trame de liaison de données

La trame

Tous les protocoles de couche liaison de données encapsulent l'unité de données dans l'en-tête et dans la queue de bande pour former une trame.

La trame de liaison de données comprend trois éléments de base :

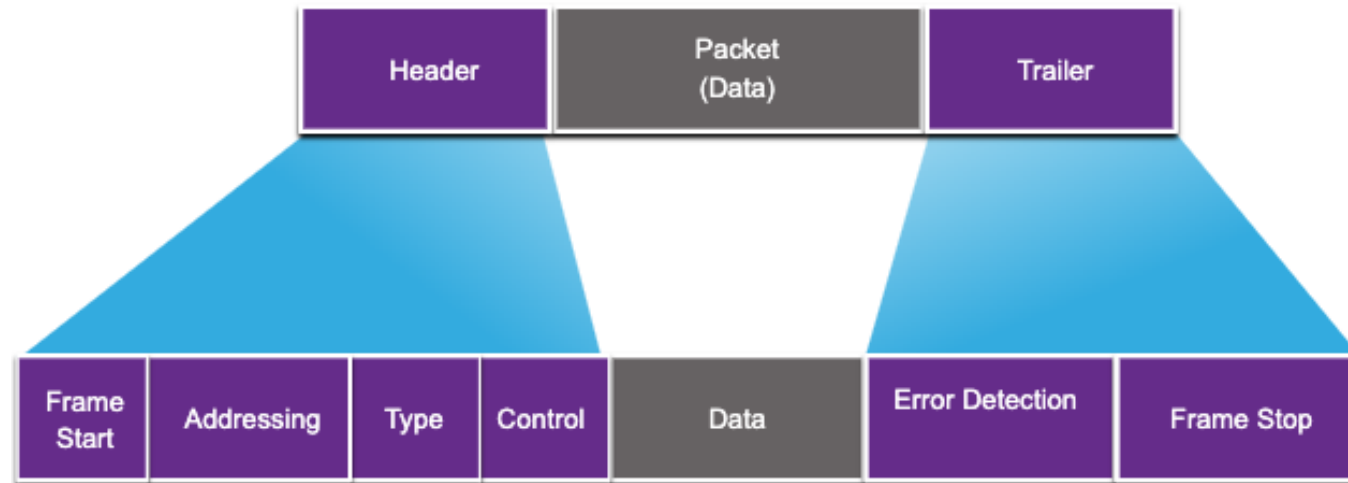
- En-tête
- Données
- Queue de bande

Les champs de l'en-tête et de la queue de bande varient en fonction du protocole de couche liaison de données.

la quantité d'informations de contrôle requises dans la trame varie pour répondre aux exigences du contrôle d'accès du support et de la topologie logique.

3. Trame de liaison de données

champs de trame

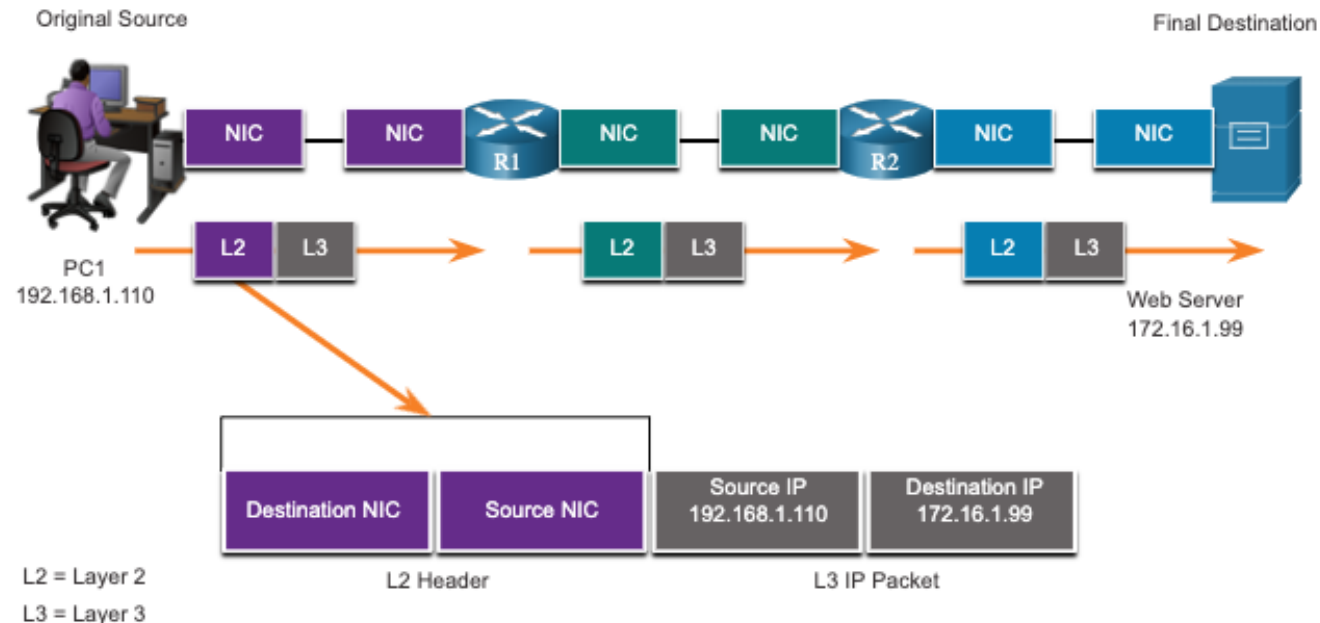


Champ	Description
Début et fin du trame	Identifie le début et la fin du trame
Adressage	Indique les nœuds source et destination
Type	Identifie le protocole encapsulé de couche 3
Contrôle	Identifie les services de contrôle de flux
Données	Contient la charge utile du trame
Détection des erreurs	est utilisé pour déterminer les erreurs de transmission

3. Trame de liaison de données

les adresses de couche 2

- Également appelé adresse physique.
- Contenue dans l'en-tête du trame.
- Utilisé uniquement pour la livraison locale d'une trame sur la liaison.
- Mise à jour par chaque périphérique qui transmet la trame.



3. Trame de liaison de données

Trames de LAN et WAN

La topologie logique et le support physique déterminent le protocole de liaison de données utilisé :

- Ethernet
- 802.11 sans fil
- PPP (Point-to-Point Protocol)
- HDLC (High Level Data Link Control) (offre un service de transfert de données fiable et efficace entre deux systèmes adjacents.)
- Frame-Relay (est un service à commutation de [paquets](#) conçu pour assurer à faible coût la transmission de données pour un trafic intermittent (non régulier) entre réseaux locaux ([LAN](#)), et entre points de terminaison sur les réseaux étendus ([WAN](#)).

Chaque protocole effectue un contrôle d'accès au support pour les topologies logiques spécifiées.