

Ethernet

La sous-couche MAC

Les objectifs

- MAC

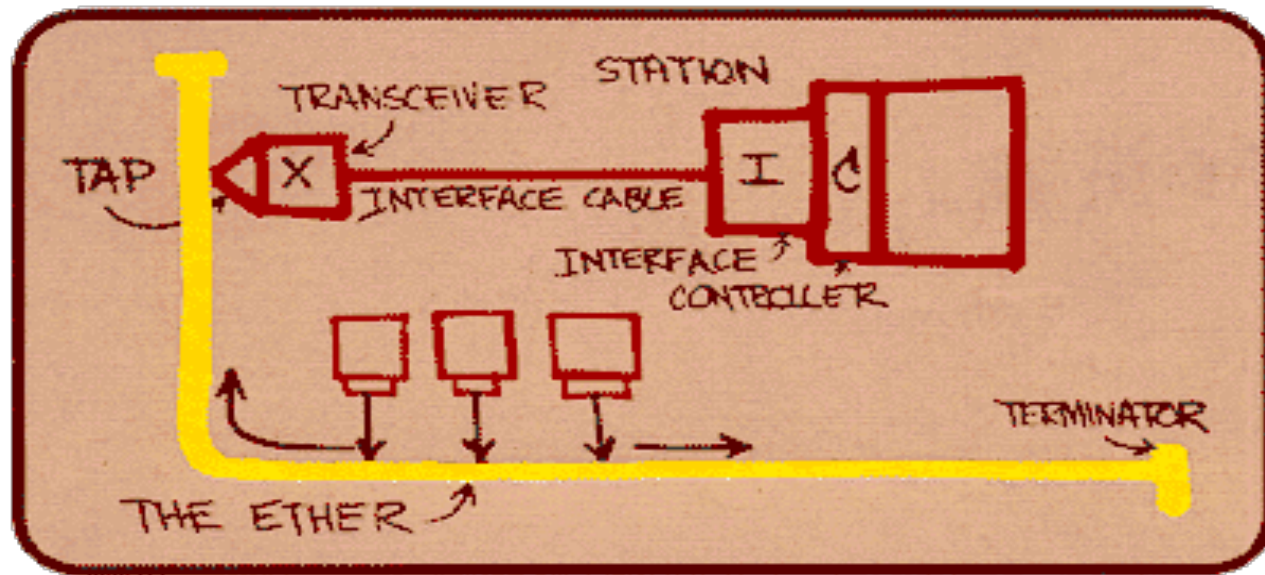
- Être à même de donner les fonctions de la couche MAC dans Ethernet
- Être à même d'expliquer les deux méthodes d'accès (CSMA/CD or Half-Duplex, et Full Duplex)
- Être à même d'utiliser correctement les termes CSMA/CD, half-duplex, full-duplex
- Connaître la structure et les différences entre les trames
 - DIX, Ethernet II, Raw 802.3, SNAP
- Être à même d'expliquer la significations des champs dans les trames Ethernet II et 802.3
- Être à même d'interpréter correctement la signification des deux bits les LSB de l'octet de plus forte valeur (les bits I/G et L/U, individual/group Local/Uniersal)

MAC dans Ethernet

(Medium Access Control)

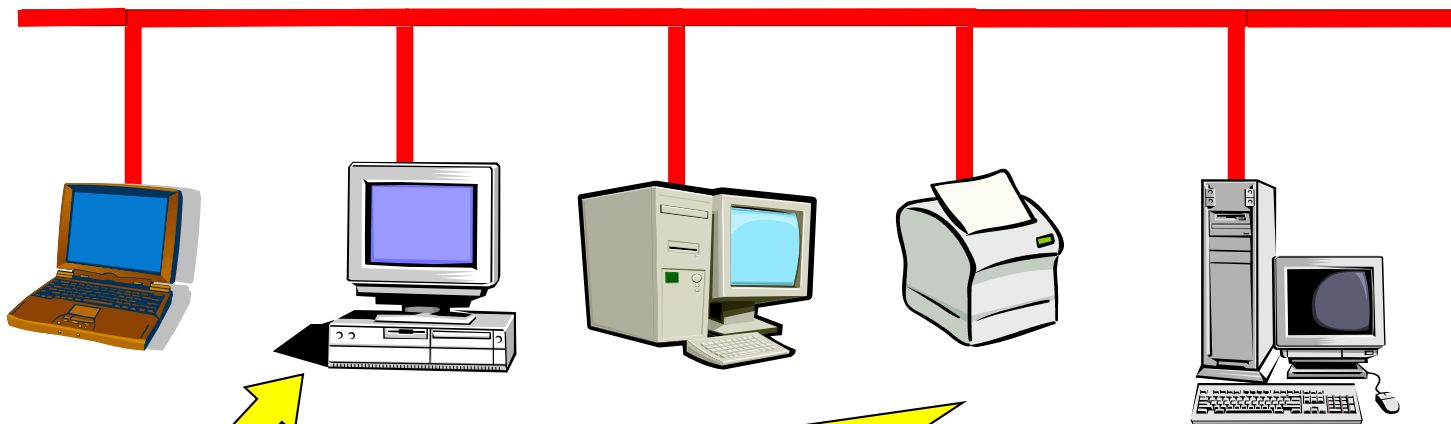
- Structure le flot de bits de la couche 1 en trames
- Contrôle d'accès au médium physique
 - CSMA/CD (half duplex)
 - Full Duplex
- Utilise LLC 1 (sans connexion, sans acquittement)

Ethernet de Metcalfe

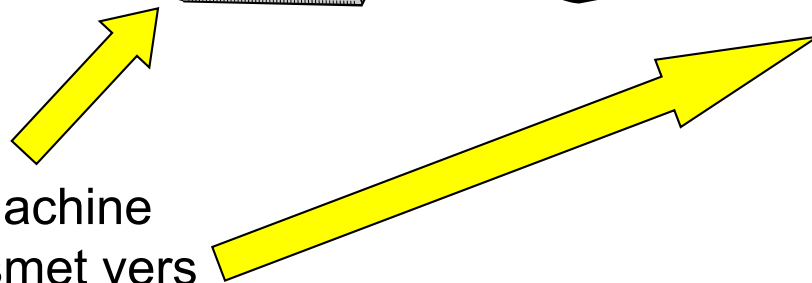


Connexion de toutes les stations à un même câble

Topologie en bus

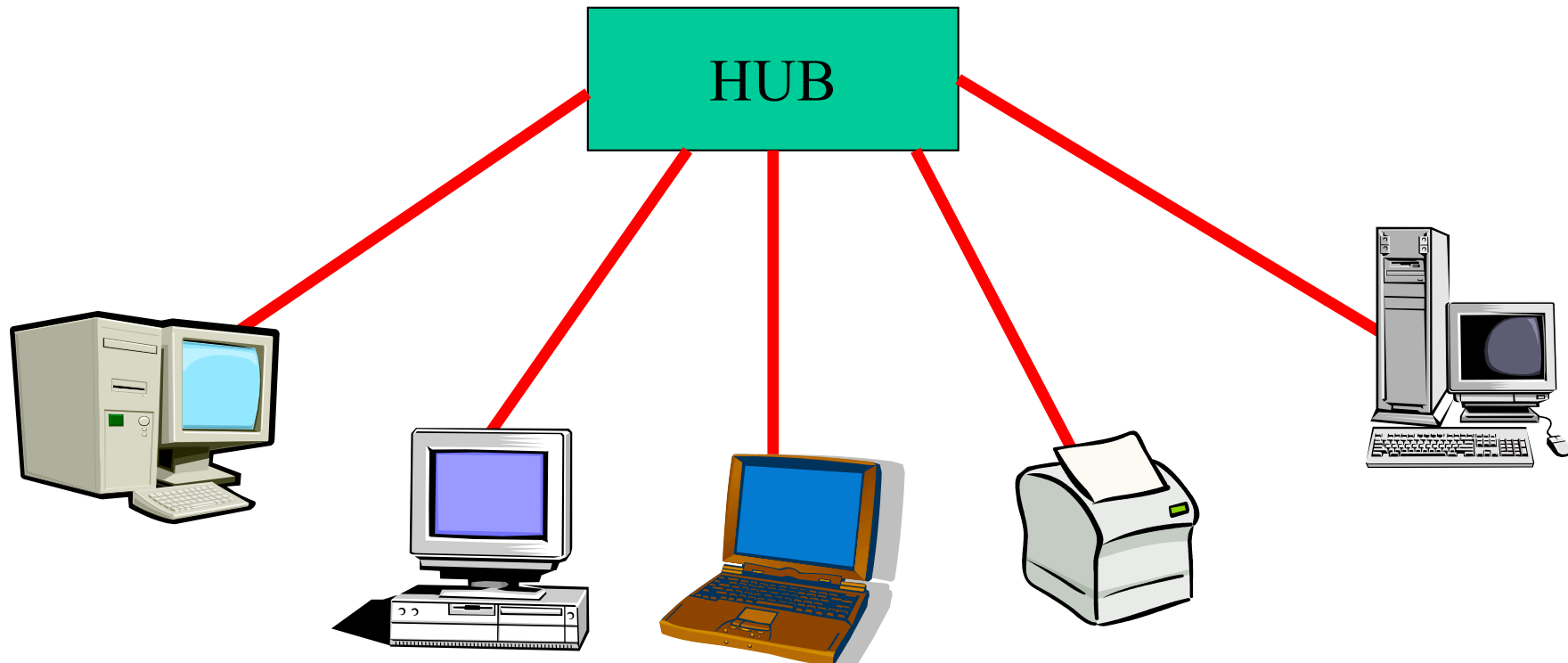


La machine
transmet vers
l'imprimante



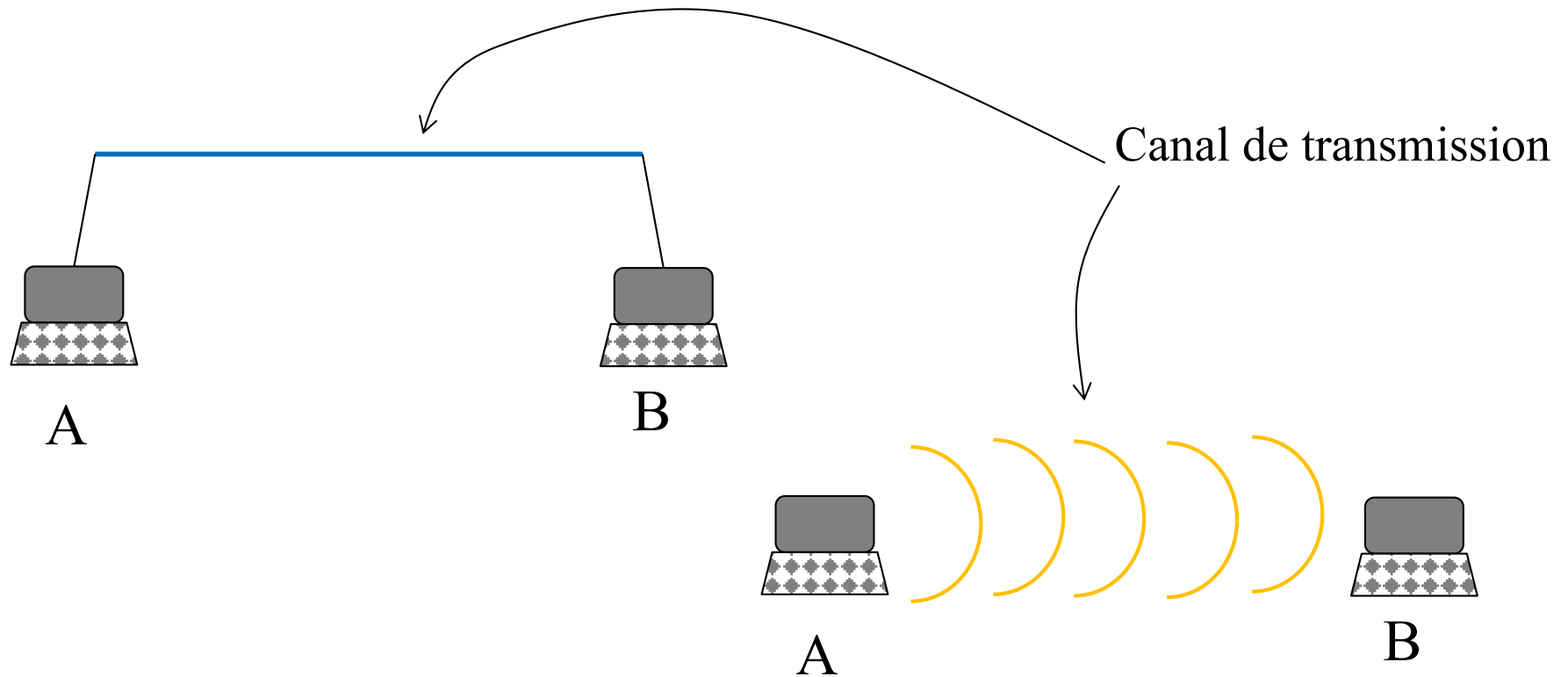
Problème: collisions

Topologie en Etoile « Hubée »

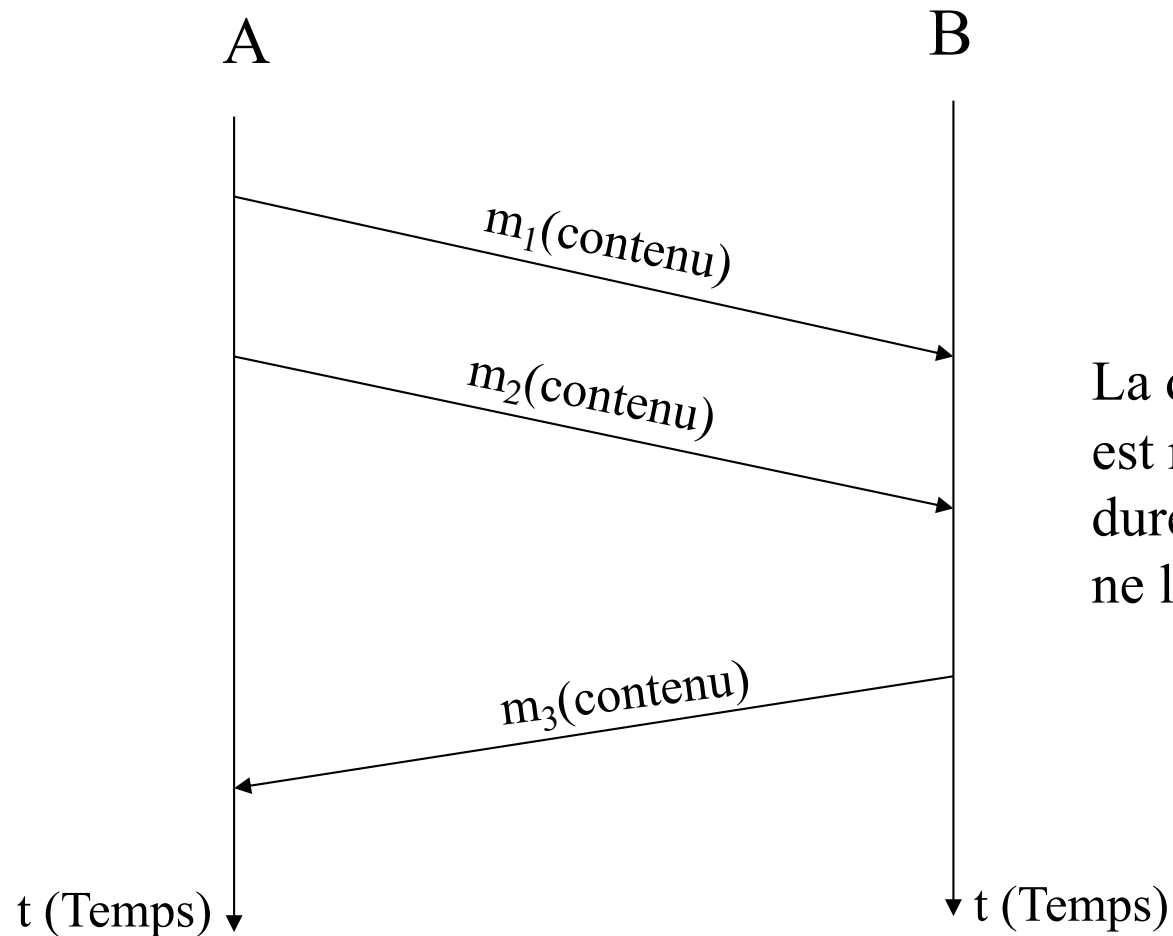


Problème: collisions

Types de diagrammes que nous allons utiliser pour représenter les transmissions entre systèmes informatiques comme dans la figure

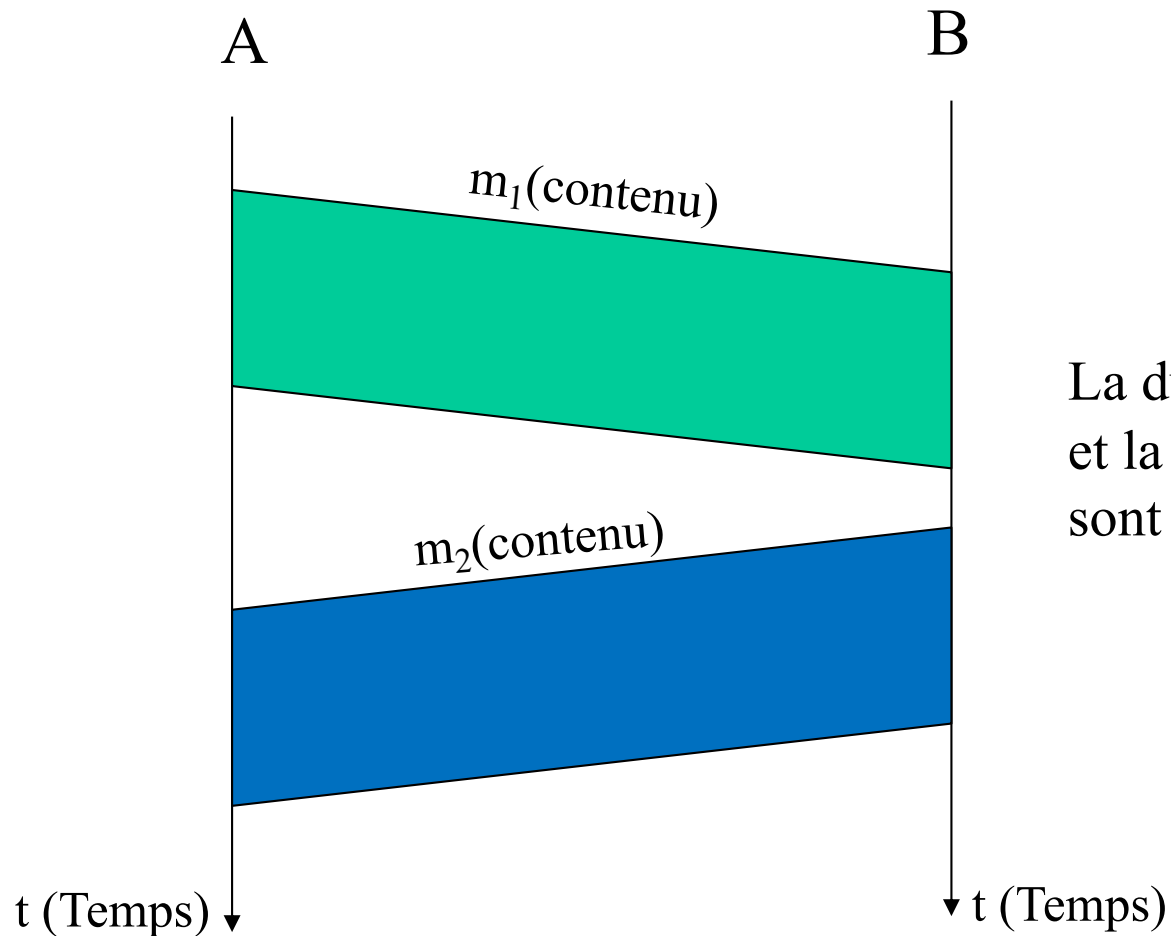


Premier type de diagramme



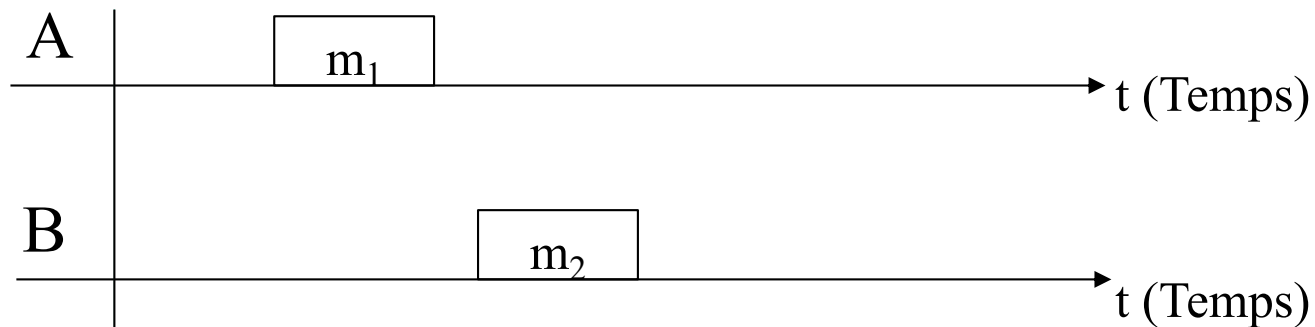
La durée de propagation est représentée mais la durée de chaque trame ne l'est pas.

Deuxième type de diagramme



La durée de propagation
et la durée de chaque trame
sont représentées.

Troisième type de diagramme



La durée de propagation
est pas représentée.
La durée de propagation
n'est pas représentée

La méthode d'accès CSMA/CD

- Les méthodes d'accès utilisés dans des systèmes tels 802.11 et 802.15.4 que subissent les collisions de manière passive (p.e. CSMA/CA)
- On obtient de bonnes performances si l'on gère les collisions de manière active: on arrête la transmission dès qu'une collision se produit
- Ceci implique que la station doit pouvoir détecter les collisions
- CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)

La méthode d'accès

- Les méthodes d'accès utilisés dans des systèmes tels 802.11 et 802.15.4 que subissent les collisions de manière passive (p.e. CSMA/CA)
- On obtient de bonnes performances si l'on gère les collisions de manière active: on arrête la transmission dès qu'une collision se produit
- Ceci implique que la station doit pouvoir détecter les collisions
- CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)

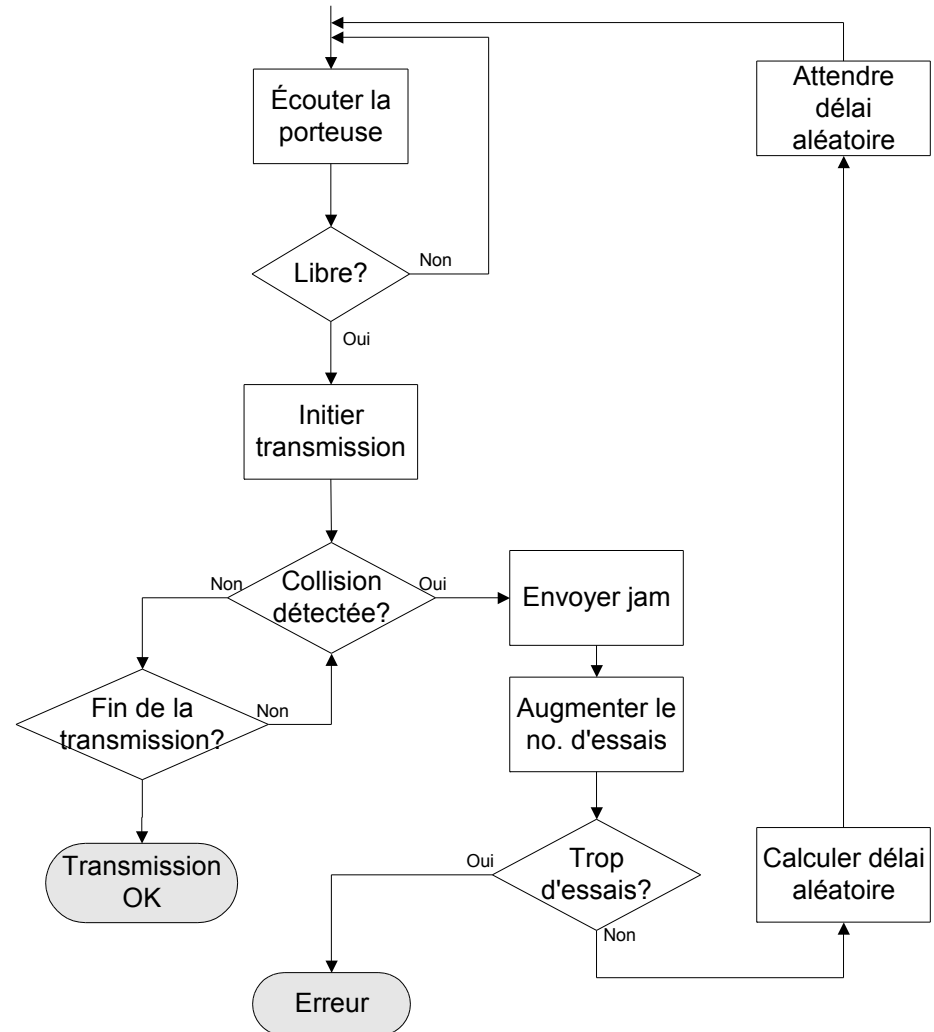
Comment un nœud sait-il que sa trame est entrée en collision ?

- Le nœud reçoit des bits en même temps qu'il transmet sa trame
- On peut comprendre ceci en faisant l'analogie avec une conversation: si on entend quelqu'un parler on même temps qu'on parle, on sait qu'il y a une collision

L'algorithme CSMA/CD

- Écouter le canal pour déterminer si la porteuse est présente
- Si un signal est présent (une autre station transmet), continuer à écouter sans transmettre (différer)
- Si le canal est libre ou au moment où il se libère, attendre un intervalle IFG et transmettre la trame.
- Écouter tout le long de la transmission surveillant le canal pour collisions éventuelles
- S'il n'y a pas de collision, considérer que la trame a été livrée
- Si, au contraire, une collision est détectée, arrêter la transmission de la trame et transmettre un signal de jam de 32 bits
- Attendre un temps aléatoire selon l'algorithme TBEB avant de transmettre la trame une nouvelle fois

Algorithme CSMA/CD

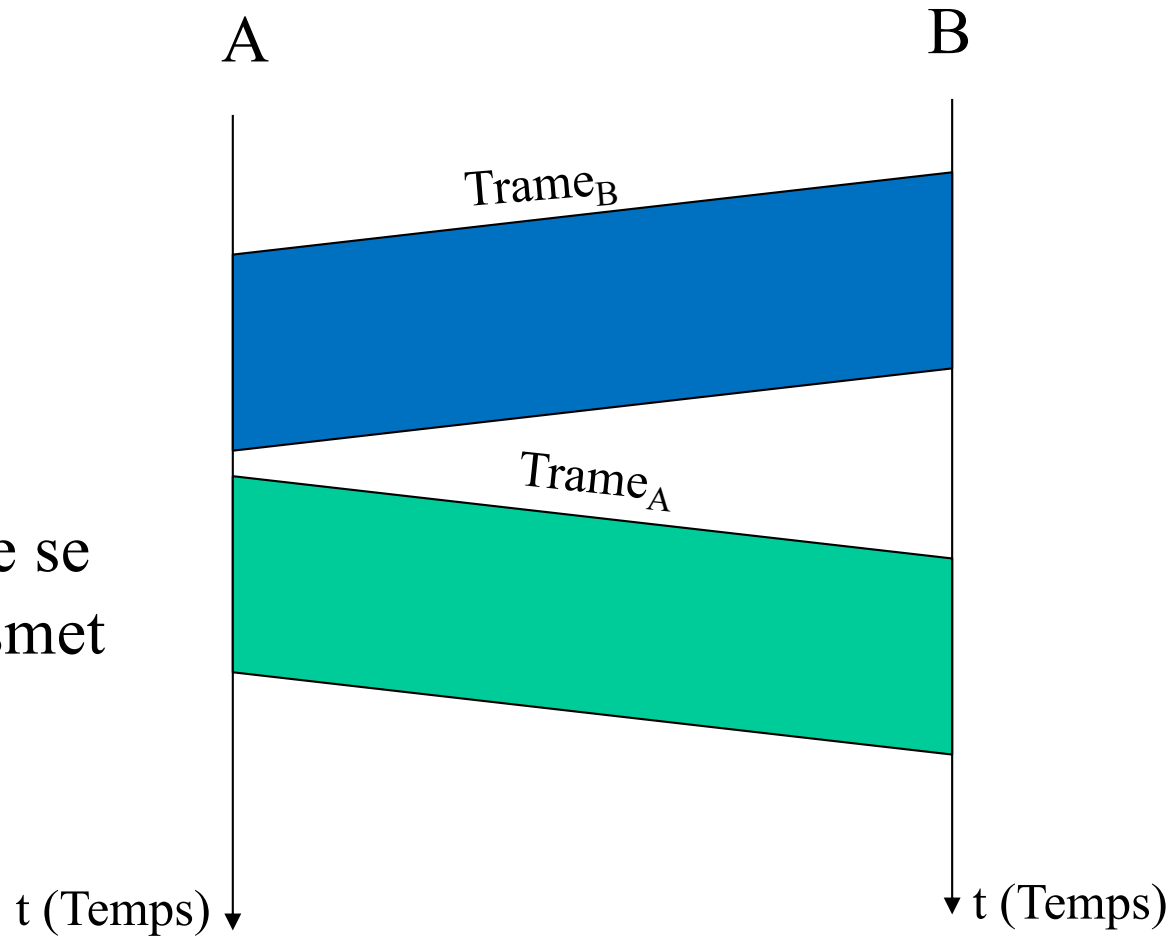


On utilise aussi le terme
Half-Duplex pour décrire le mode
CSMA/CD dans les réseaux
Ethernet

Différents scénarios

Pas de collision

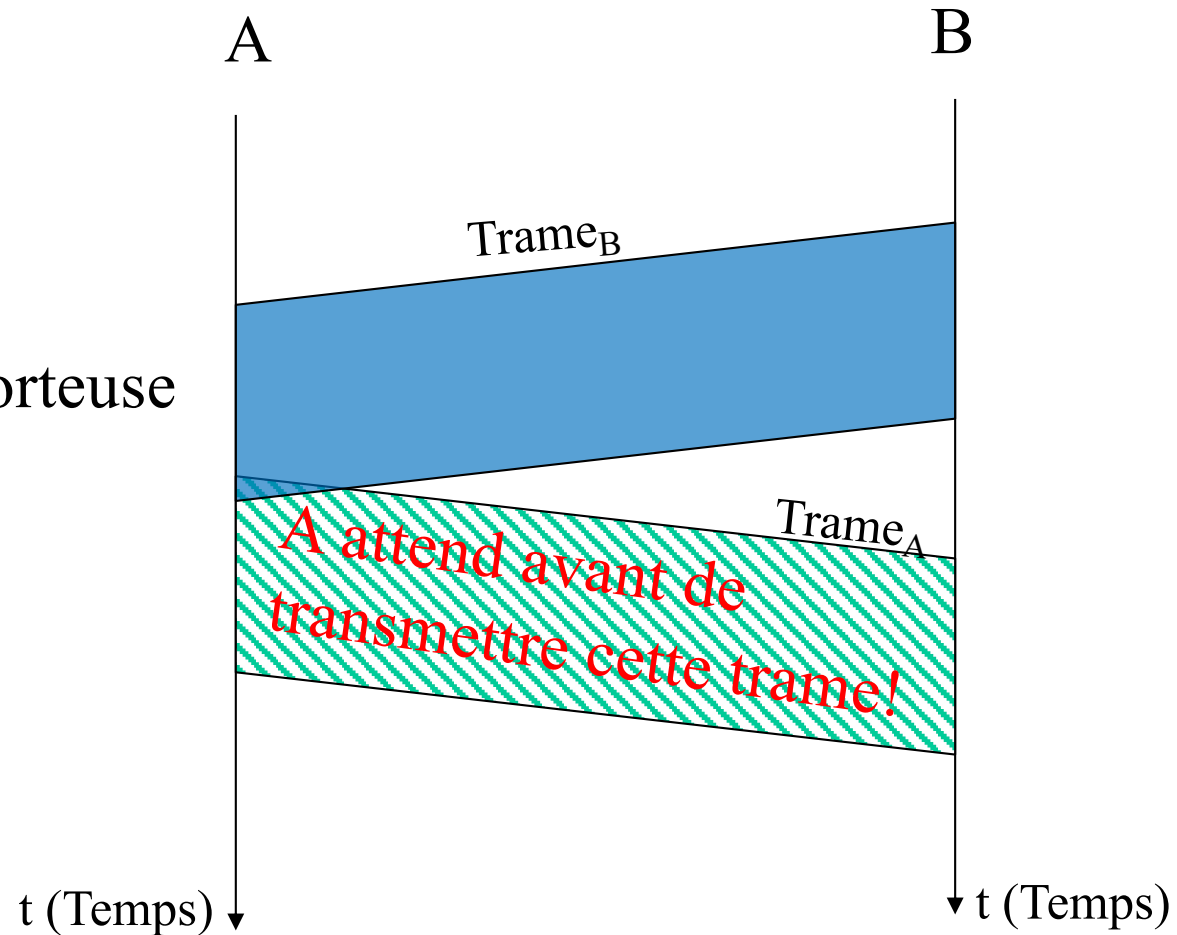
Prochain slide: Que se passe-t-il si B transmet un peu plus tard



Différents scénarios

Cas 2: A détecte la porteuse de B

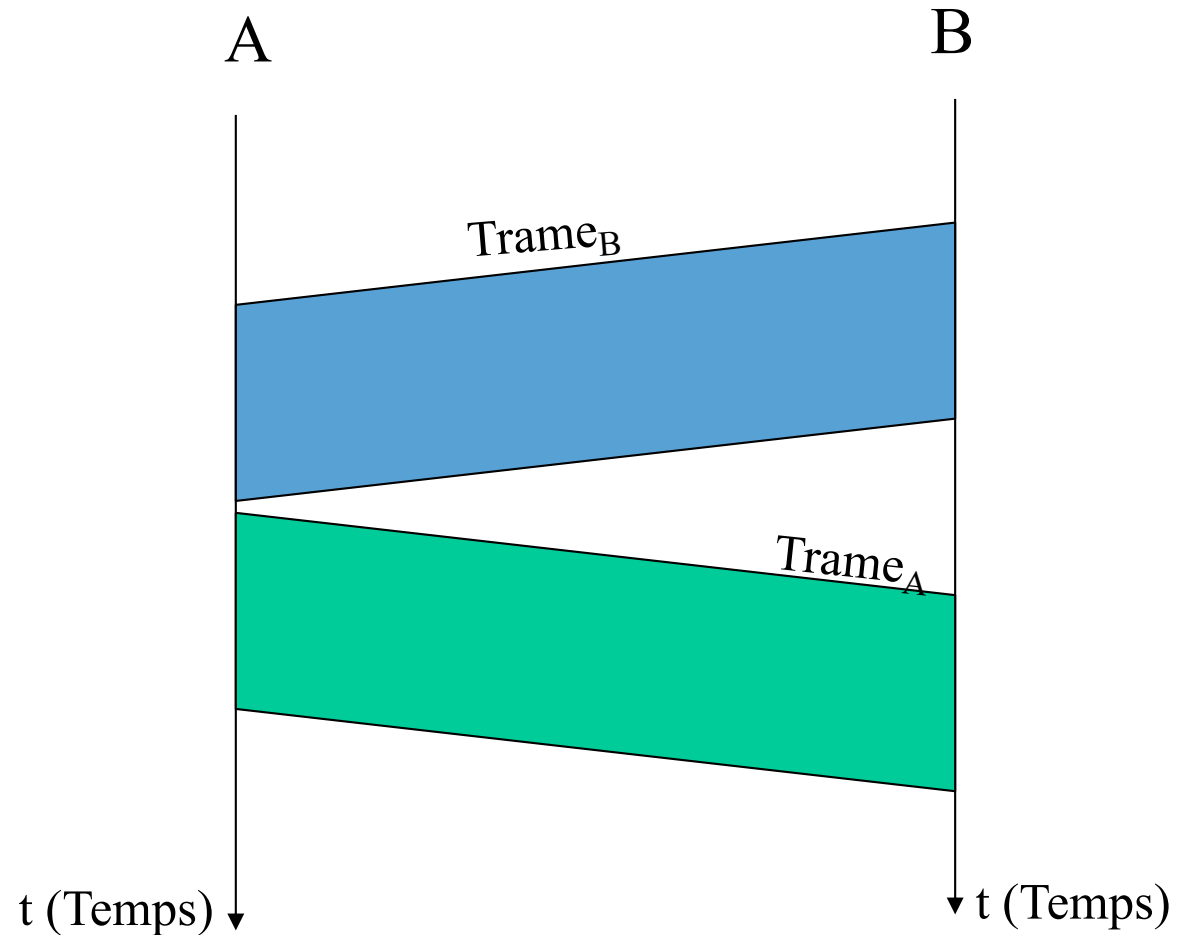
A doit différer



Différents scénarios

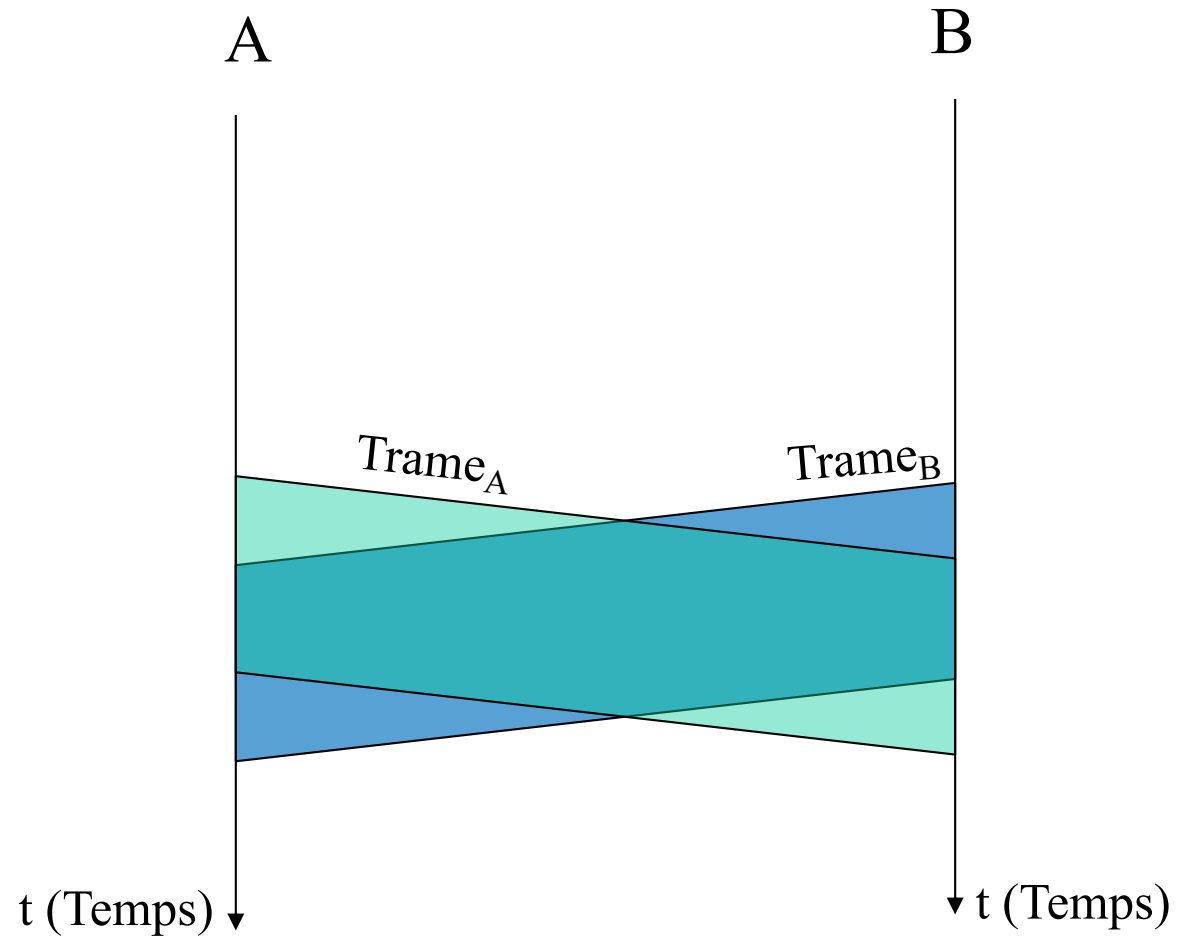
A a différé 😊

Prochain slide:
B transmet encore
plus tard



Différents scénarios

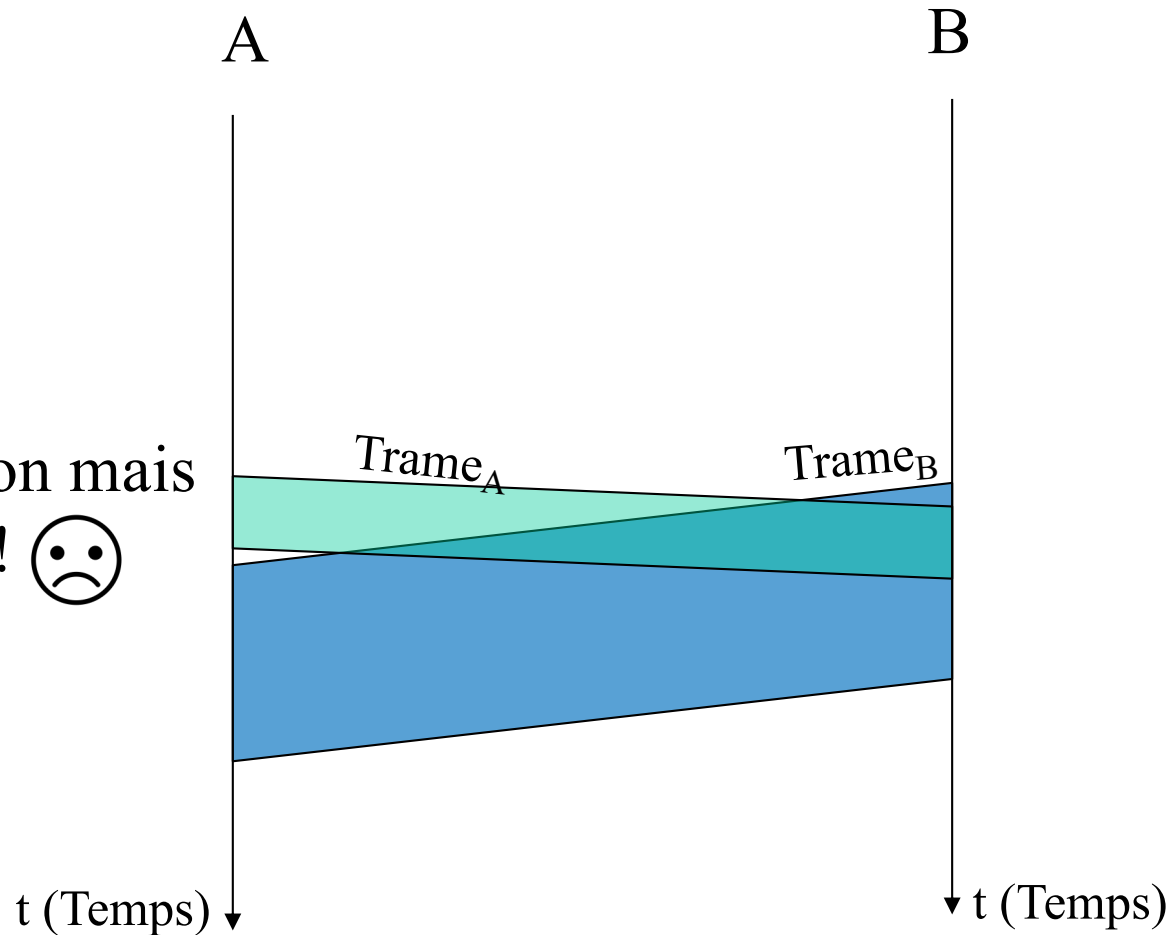
Collision
A et B détectent la
collision (Tx et Rx
simultanées) 😊



Différents scénarios

Mais une station doit pouvoir détecter que sa trame est entrée en collision

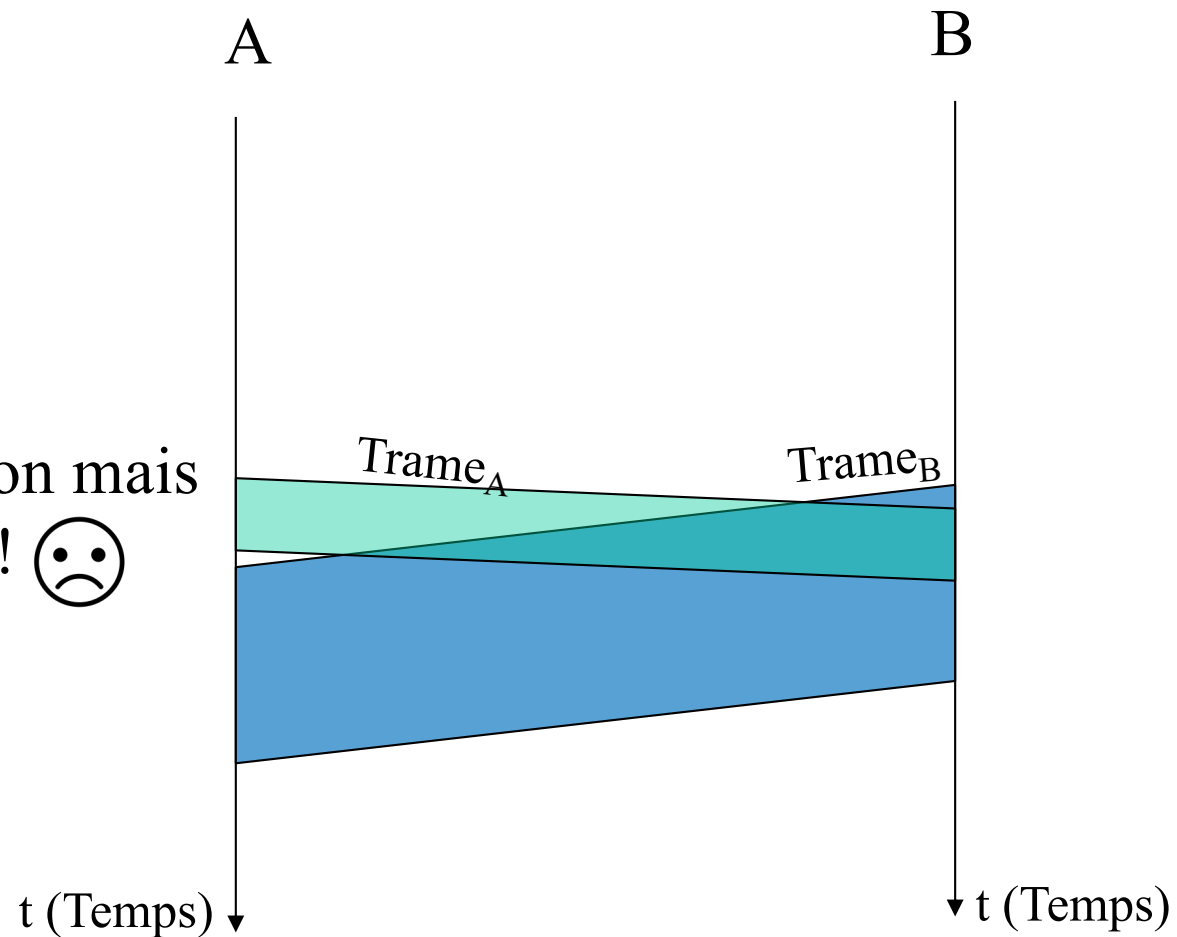
Collision
B détecte la collision mais
A ne la détecte pas! 😞



Quel est le problème?

La trame transmise par A est trop courte

Collision
B détecte la collision mais
A ne la détecte pas! ☹️

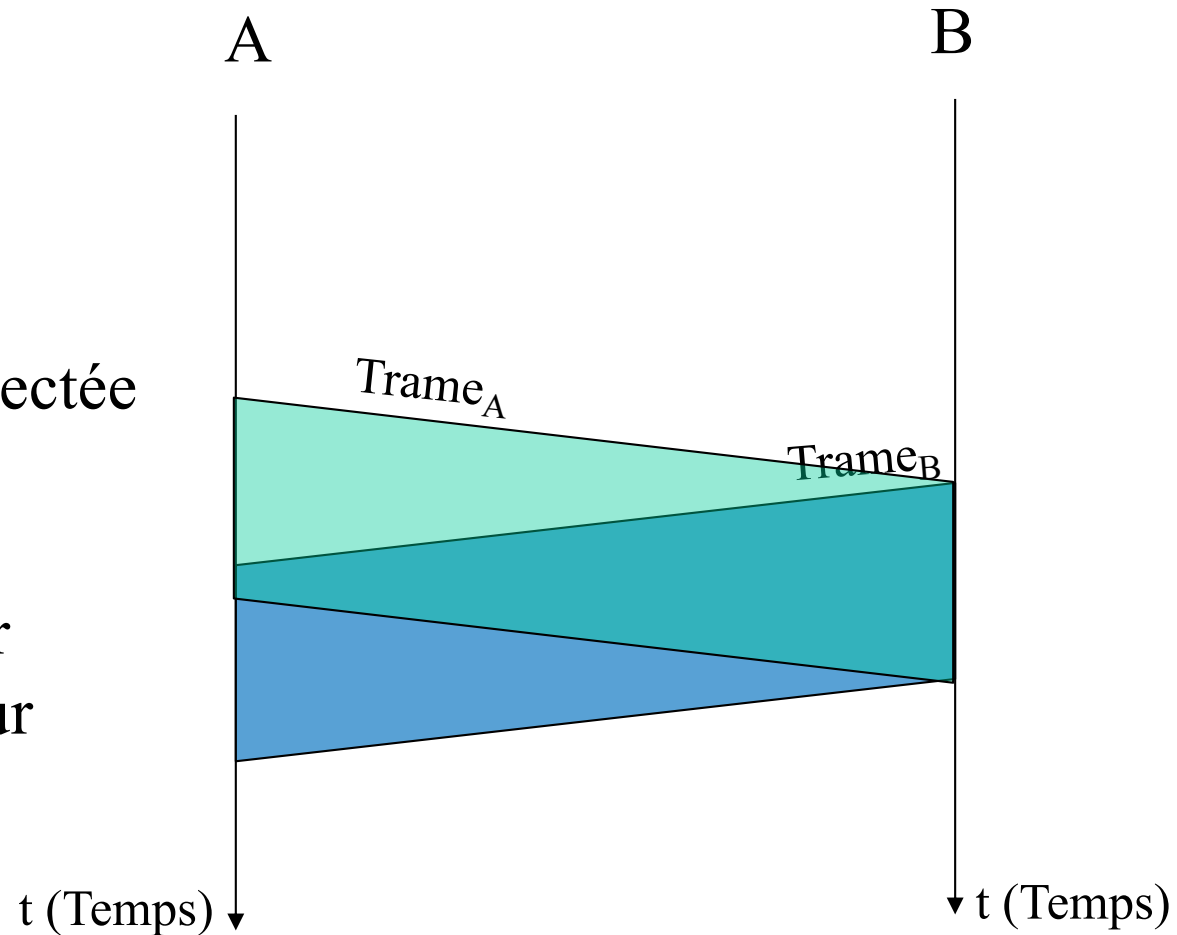


Solution

Imposer une longueur minimal pour chaque trame

La collision est détectée
par A et par B 😊

La trame doit durer
le temps aller-retour
plus le jam

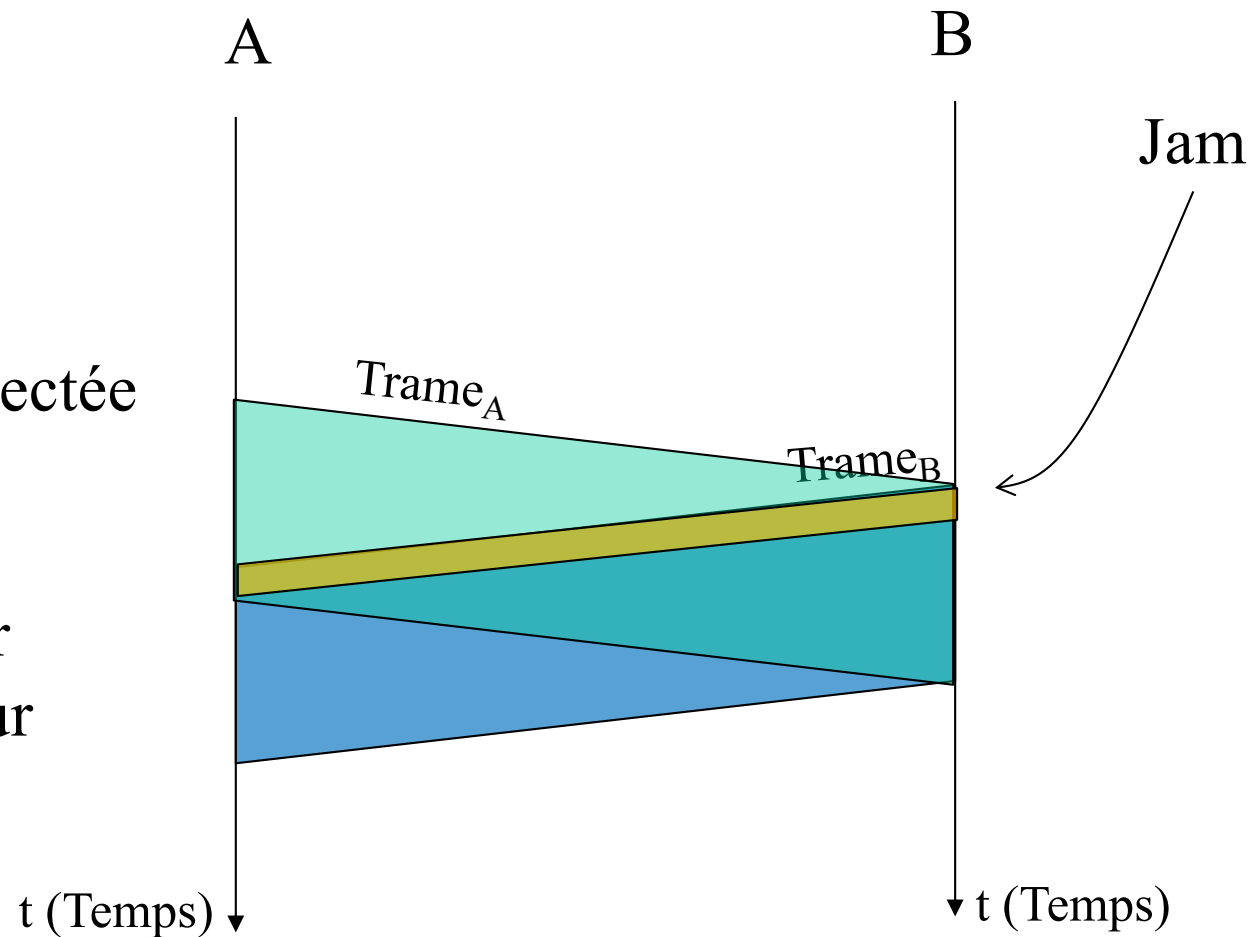


Solution

Imposer une longueur minimal pour chaque trame

La collision est détectée par A et par B 😊

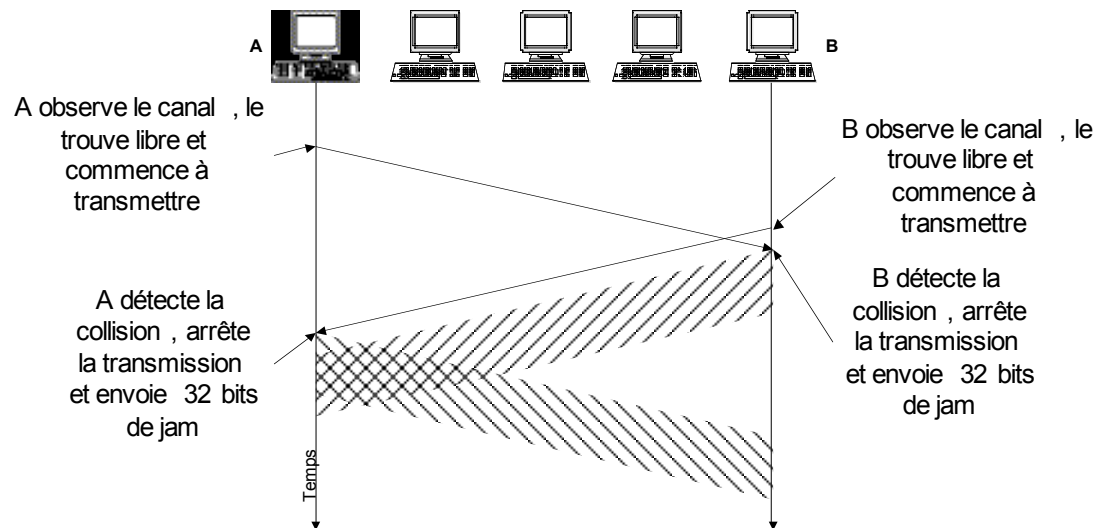
La trame doit durer le temps aller-retour plus le jam



L'utilisation de la méthode CSMA/CD détermine la relation entre le diamètre maximum des réseaux 802.3 et la taille minimum des trames

Paramètres d'IEEE 802.3

- Pour que chaque station détecte correctement ses collisions :
 - Temps de propagation aller-retour maximal : 512 bits
(51.2 μ s 10 Mbps, 5.12 μ s à 100 Mbps)
 - Taille minimum d'une trame : 512 bits



Explication au tableau noir

Gestion de collisions

- Dès qu'une collision est détectée, arrêter la transmission de la trame et envoyer le signal de jam de 32 bits
- Le but est que l'autre station responsable de la collision sache ce qui s'est passé
- Ensuite attendre un back-off aléatoire en utilisant le Truncated Binary Exponential Backoff (TBEB)

Truncated Binary Exponential Back-off (TBEB)

1. Temps aléatoire est un nombre de slots $N \cdot S$
2. Un slot est égale à 512 bits
3. Le nombre de slots N est choisi entre 0 et $2^i - 1$
 i est le nombre de collisions consécutives ou

10

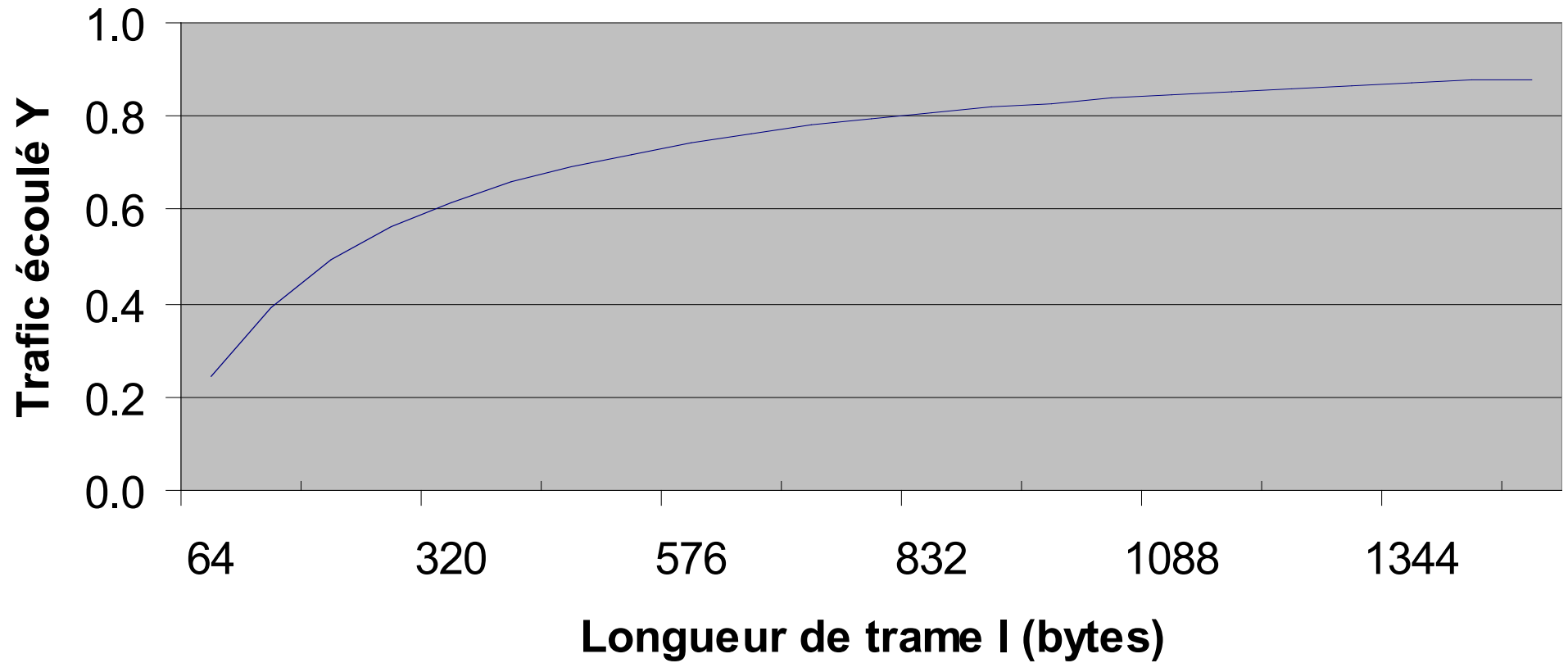
Après la première collision, $i=1$ et N est choisi parmi les valeurs 0,1

Après la deuxième collision, $i=2$ et N est choisi parmi les valeurs 0,1,2,3

Quels sont les valeurs possibles après la cinquième collision ?

4. Après 10 collisions, i n'augmente plus
5. A la 16^{ème} collision, on abandonne la transmission

Performances de CSMA/CD



Deuxième méthode s'accès : full-duplex

- Un grand nombre de cartes Ethernet peuvent travailler en mode full-duplex
 - Transmissions simultanées dans les deux sens sur un lien point à point
 - Pas de collisions
 - Pas de retransmission
 - Pas de CSMA/CD !

Avantages du full-duplex

- Double la bande passante d'un lien point à point
- Pas d'attente avant d'émettre
- La limitation de la longueur d'un segment due à CSMA/CD tombe
 - Délai aller-retour n'est plus important
 - L'atténuation limite la taille d'un segment mais elle peut être compensée à l'aide de répéteurs

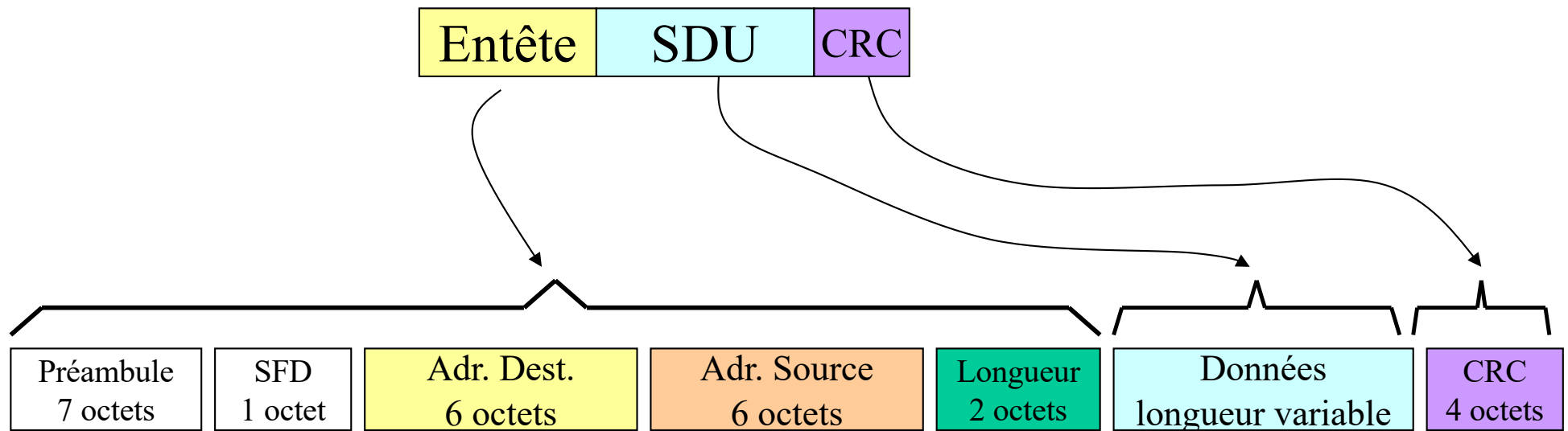
Régulation de flux en mode full duplex

- En full duplex, les trames peuvent être envoyées à une grande cadence
- Si une station n'arrive pas à suivre le flot de trames d'une autre, elle peut envoyer une trame spéciale appelée PAUSE
- Elle contient un temps mesuré en unités de 512 bits pendant lequel la station ne désire recevoir aucune trame
- La stations peut utiliser un temps égale à zéro si elle est prête à recevoir des trames à nouveau

Le format de la trame MAC

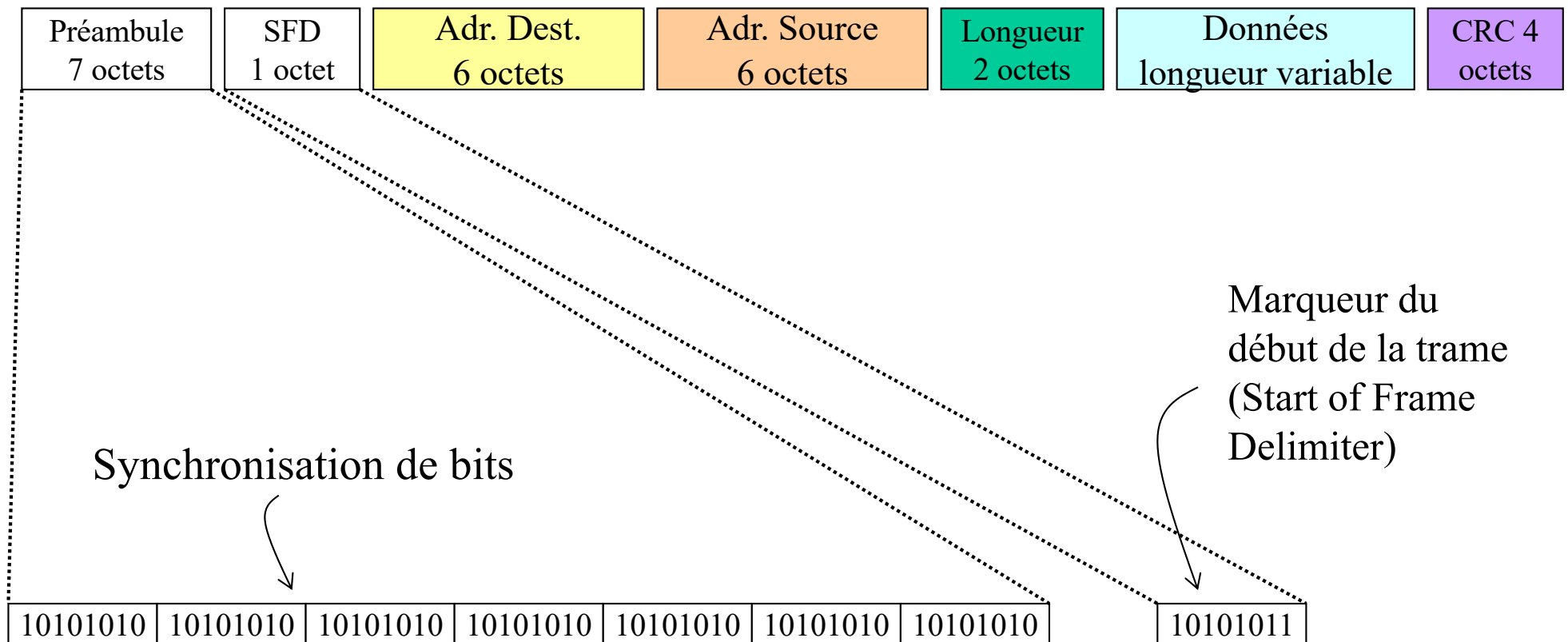
- Il y a deux types de trames MAC:
 - 802.3
 - Ethernet II (ou DIX)
- Elles sont essentiellement identiques
- On peut ajouter d'autres types de trames si l'on considère aussi les différentes entêtes LLC (trame SNAP, trame « Raw 802.3 »)

Format de la trame 802.3



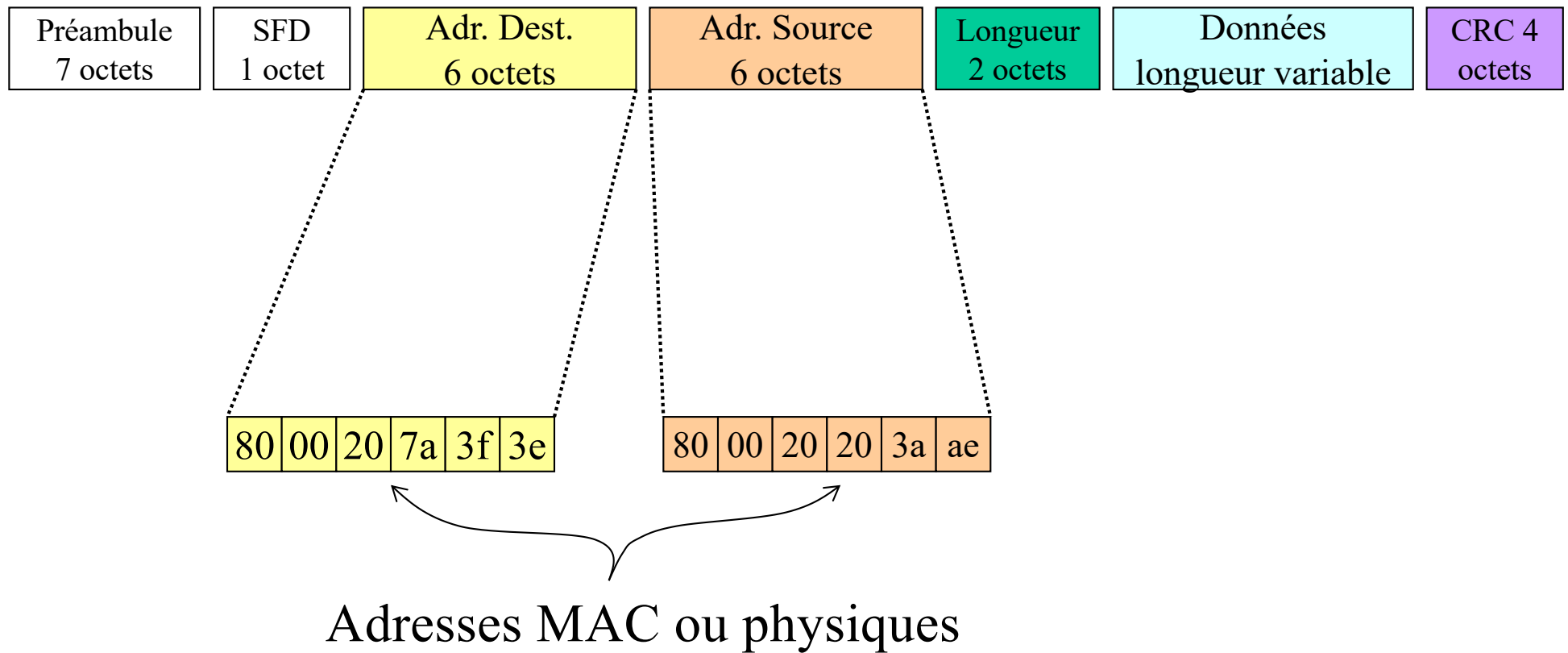
Trame 802.3

Préambule et SFD (Start of Frame Delimiter)



Trame 802.3

Adresses Source et Destination



Adresses MAC

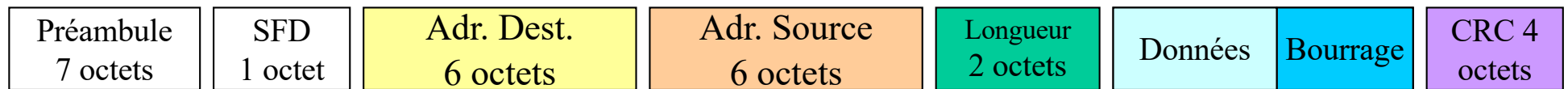
- Adresse physique d'une carte réseau
 - **Unique** : Toutes les cartes de réseaux ont une adresse différente
 - **Fixe**: configurée dans la mémoire ROM de la carte
- Longueur: 48 bits ($2^{48} = 281.474.976.710.656$ adresses)
 - 3 premiers octets : Identification du constructeur (définie par l'IEEE)
 - 00-00-0C-xx-xx-xx: Cisco
 - 08-00-20-xx-xx-xx: Sun
 - 08-00-09-xx-xx-xx: HP
 - 3 derniers octets : Identification de la carte (gérée par le constructeur)
 - Bit le moins significatif du premier octet: Indique une adresse de groupe
 - Deuxième bit le moins significatif du premier octet indique si l'adresse est gérée localement ou globalement

Adresses de groupe

- **Broadcast** (diffusion)
 - Adresse FF-FF-FF-FF-FF-FF
 - Les cartes réseau écoutent cette adresse et les stations doivent traiter les trames reçues
 - Commutateurs et ponts : transmettent une trame reçue sur tous les ports
 - Applications
 - **ARP** :
conversion adresses IP --> MAC)
- **Multicast**
 - 1^{er} bit transmis de l'adresse vaut 1 (1^{er} octet de l'adresse est impair)
 - Exemple : 09-00-2B-00-00-0E
 - Une station doit configurer la carte réseau pour écouter une adresse multicast
 - Applications :
 - Configuration automatique de l'acheminement dans un LAN (**Spanning Tree Protocol**)
 - Tous les ponts font partie d'un groupe multicast

Trame 802.3

Longueur



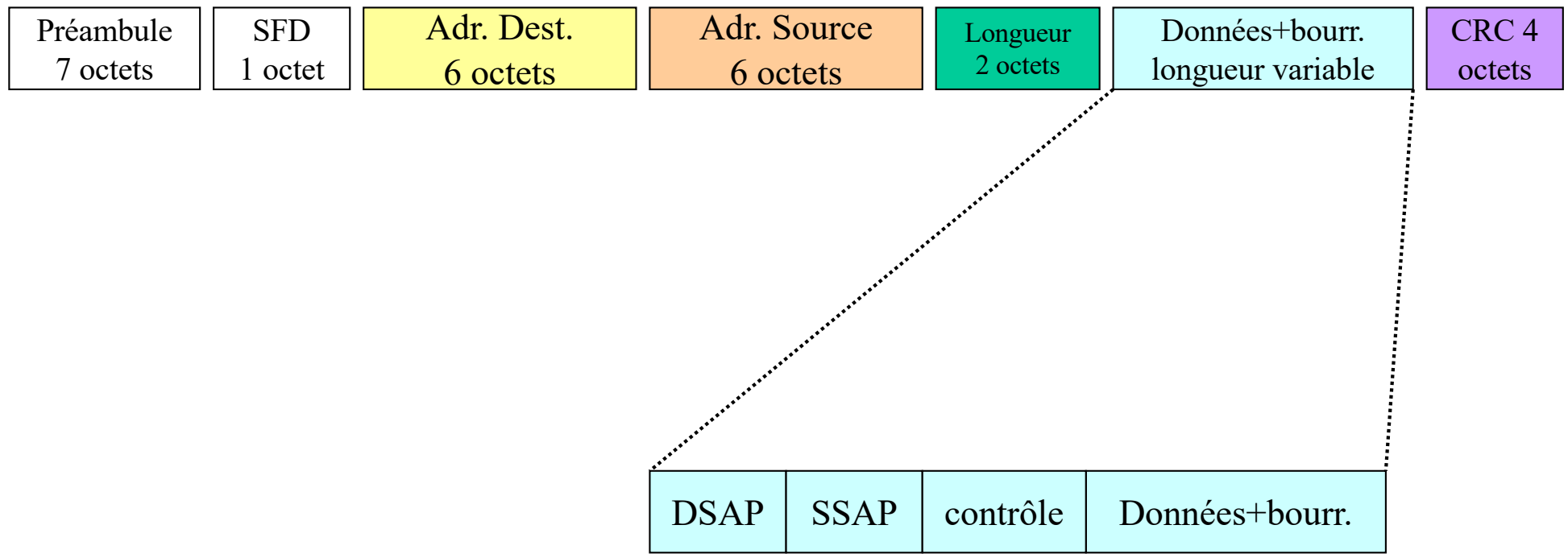
-Contient le nombre d'octets reçus de la sous-couche LLC

-Si cette longueur est plus petite que le minimum de 46, des octets de bourrage sont ajoutés par MAC

-Longueur ≤ 1500

Trame 802.3

Données

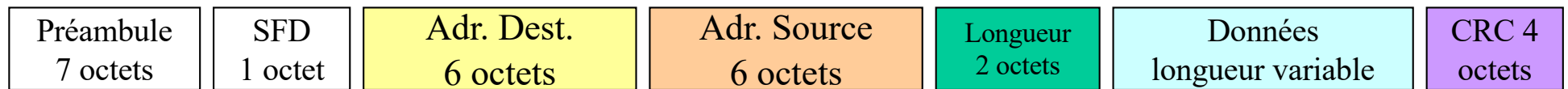


L'entête LLC contient le protocole de niveau 3

Les octets de bourrage sont ajoutés par MAC

Trame 802.3

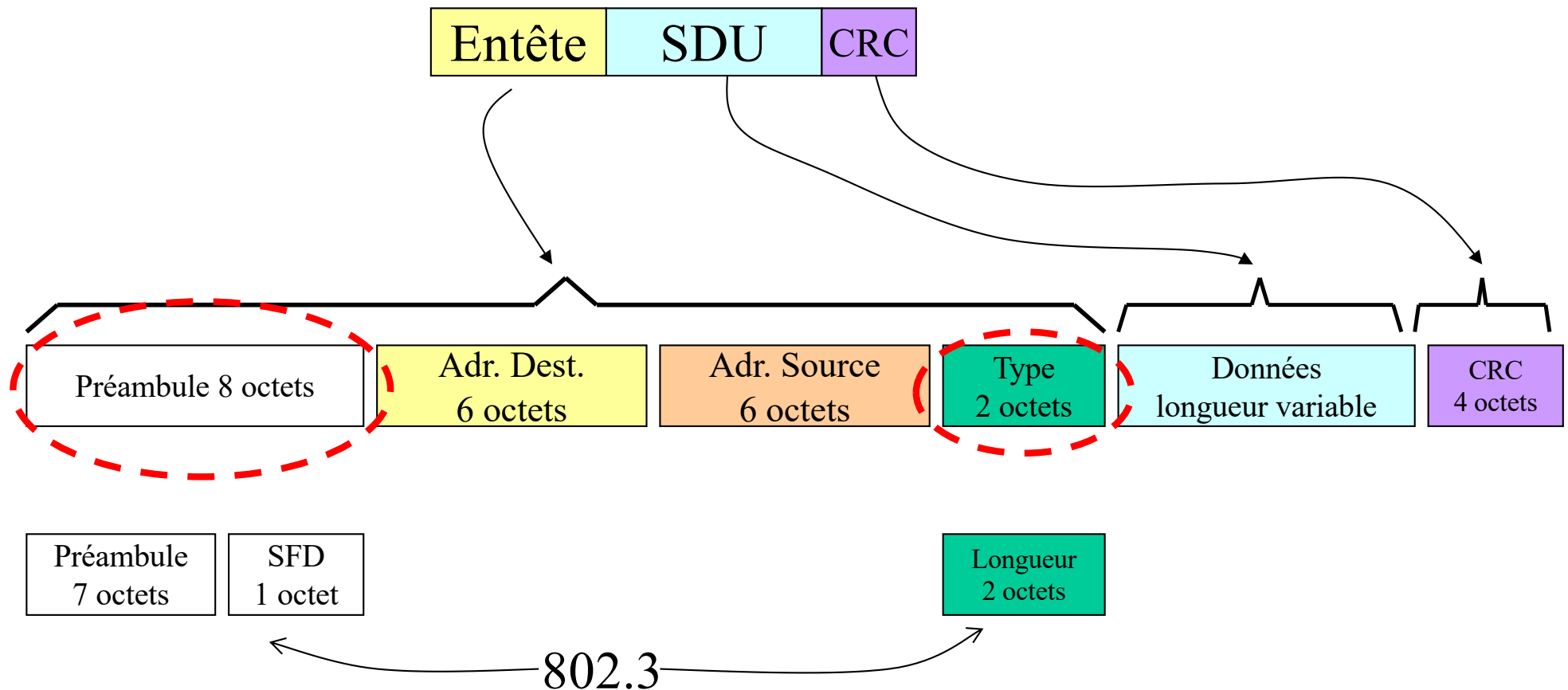
Cyclic Redundancy Check (CRC)



-Codage pour la
détection d'erreurs

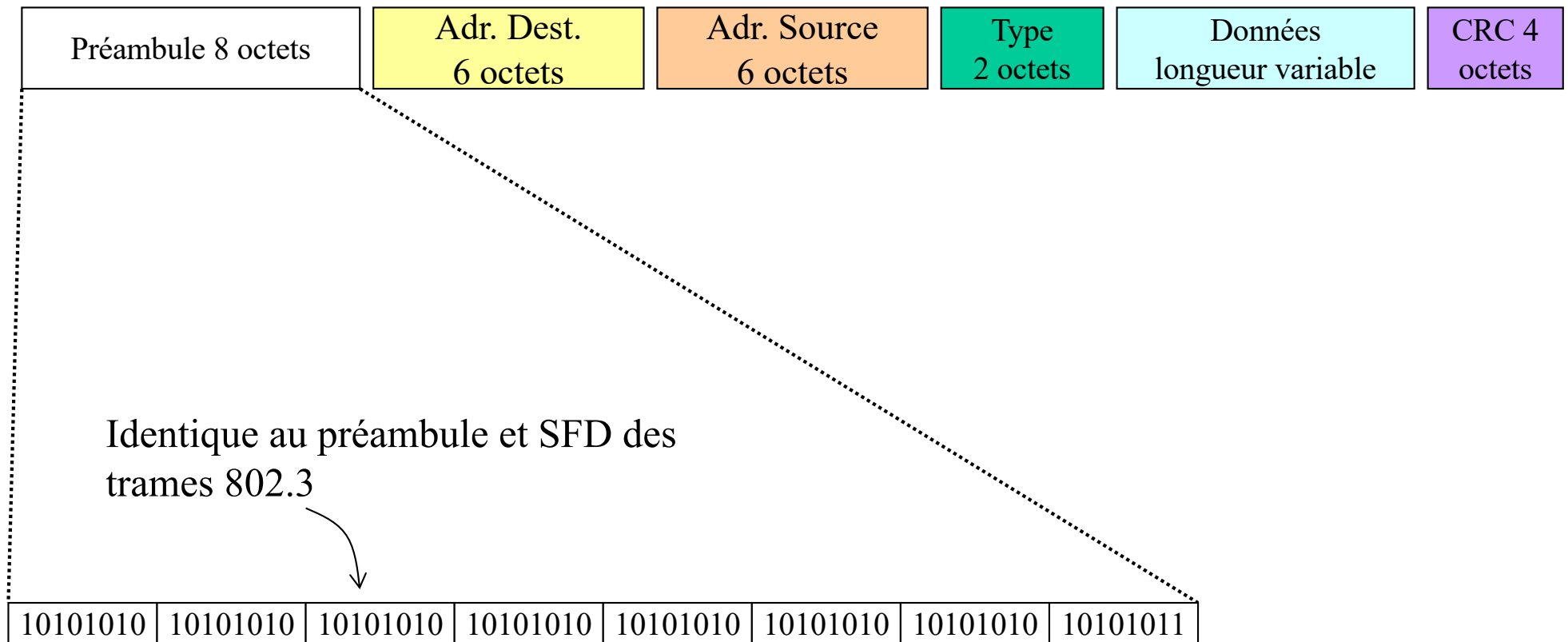
-Les trames erronées
sont écartées

Format de la trame Ethernet II



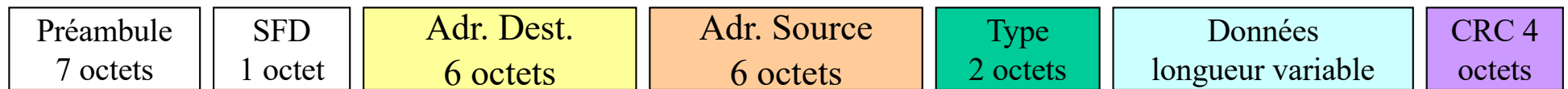
Trame Ethernet II

Préambule



Trame Ethernet II

Type



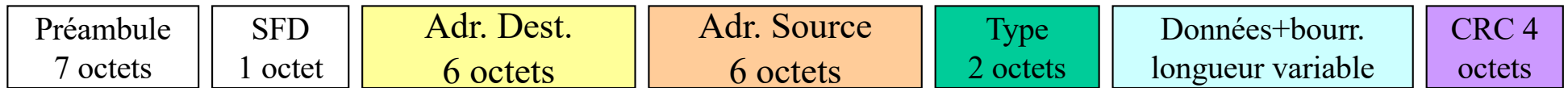
-Identifie le protocole de la couche 3

-Toujours plus grand que 1536

-Le protocole de la couche 3 est responsable d'ajouter l'information sur la longueur

Trame Ethernet II

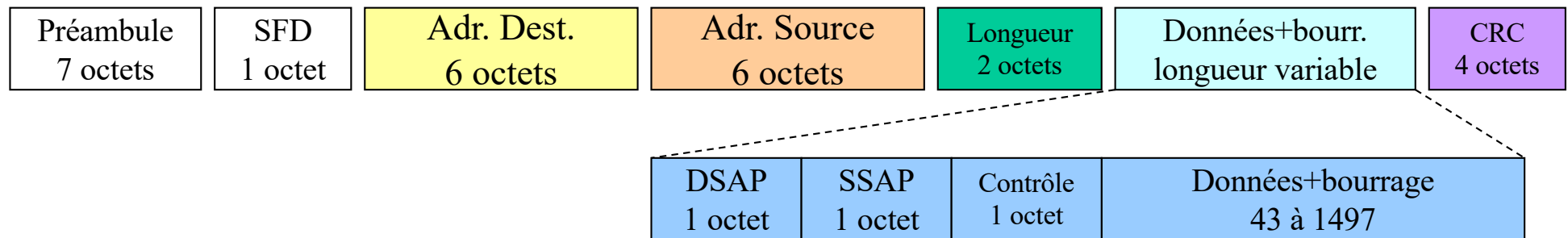
Données



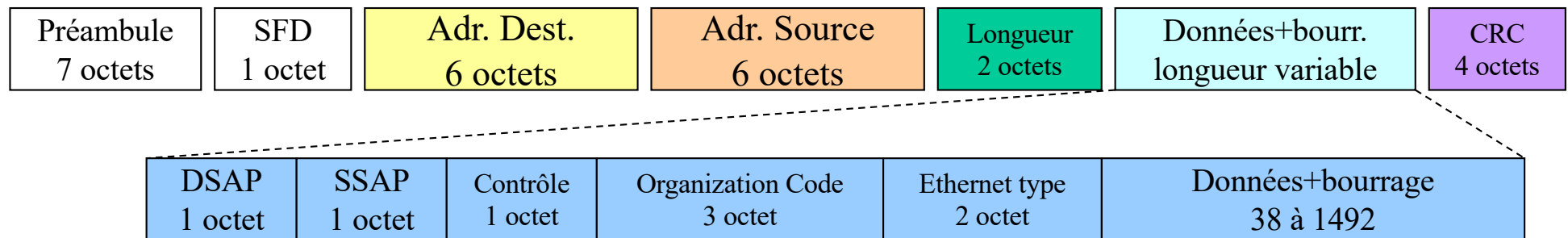
Données et octets de bourrage ajoutés par MAC pour atteindre le nombre minimum de 46 octets

Trames spéciales : SNAP

802.3 normal



SNAP (Sub-Network Access Protocole)



Prochains themes :
Switch, HUBs, STP et VLAN