

## Chapitre 3

# La couche liaison de données

Haïfa Touati

---

# Plan

---

1- Introduction

2- Transfert de l'information utile

3- Protection contre les erreurs

4- Contrôle de flux

5- Exemple : HDLC

6- Couche liaison de données dans les réseaux locaux

---

# Introduction

---

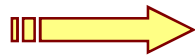
**But :** Transmettre une suite de bits

**Problèmes:**

Erreur de transmission (émission de 0 → reçu 1)

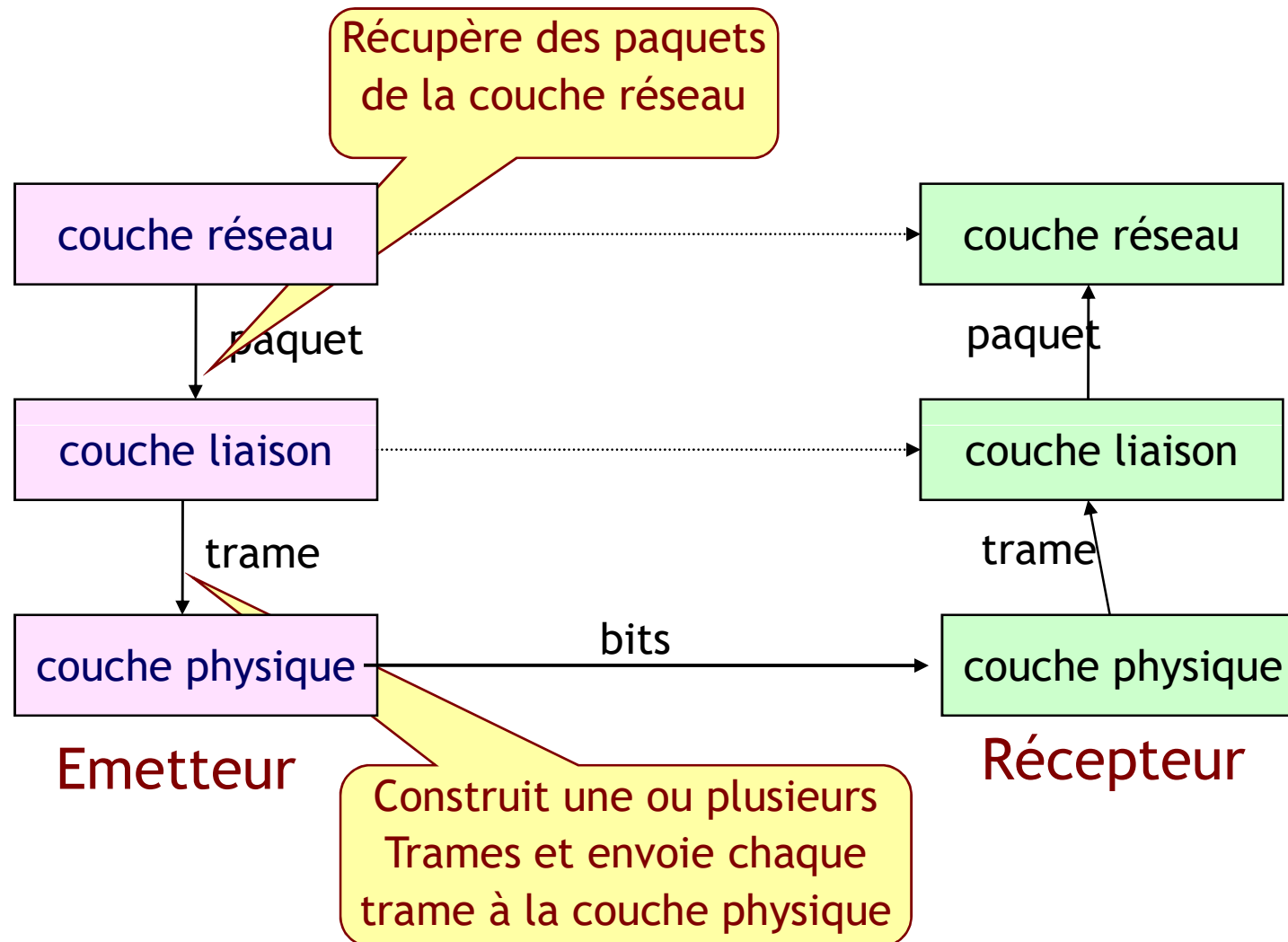
Coupure de ligne

Panne de l'émetteur ou du récepteur



Nécessité de délimiter les unités de données, de lutter contre les erreurs et la duplication, d'assurer le contrôle de flux et le séquençement et parfois d'identifier les destinations (et origines) de l'information.

# Introduction



# Plan

---

1- Introduction

**2- Transfert de l'information utile**

3- Protection contre les erreurs

4- Contrôle de flux

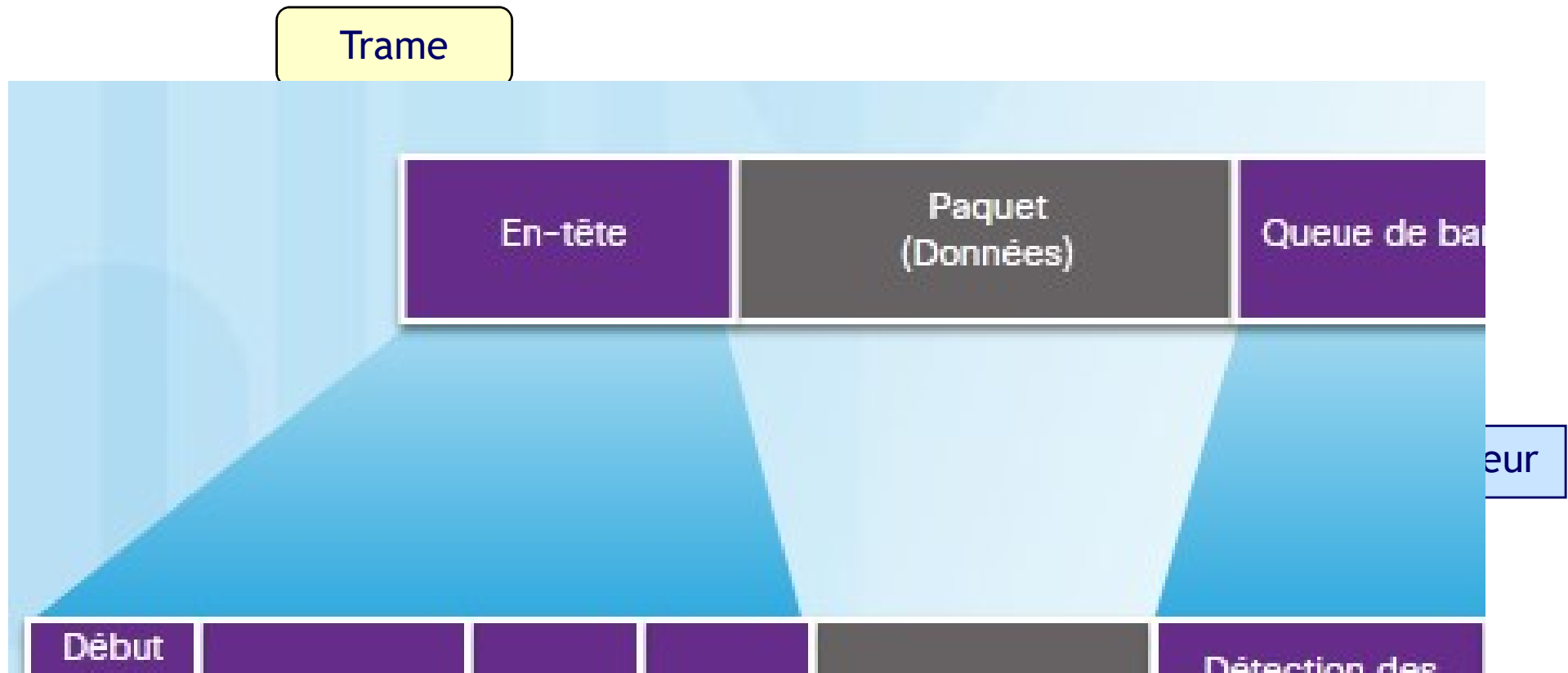
5- Exemple : HDLC

6- Couche liaison de données dans les réseaux locaux

---

## Transfert de l'information utile: Structure de la trame

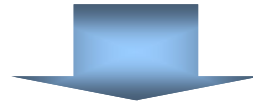
---



# Transfert de l'information utile: Délimitation des trames

---

Comment identifier  
le début et la fin de trame?



Une séquence particulière de bits, dite délimiteur ou **fanion**, est placée au début et à la fin de chaque trame

## Exemple HDLC :

La délimitation se fait par la suite particulière **01111110**

Données à envoyer : 0101100111101

Trame délimitée par 2 fanions : **01111110** 0101100111101 **01111110**

# Plan

---

1- Introduction

2- Transfert de l'information utile

**3- Protection contre les erreurs**

4- Contrôle de flux

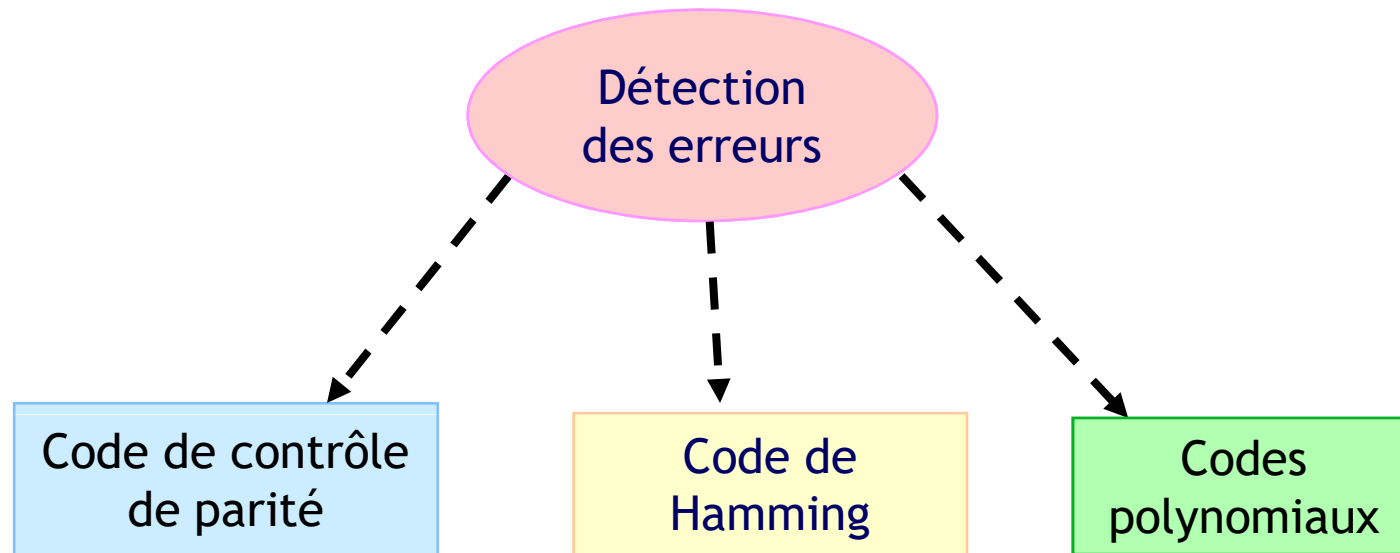
5- Exemple : HDLC

6- Couche liaison de données dans les réseaux locaux

---

# Protection contre les erreurs : Détection des erreurs

---



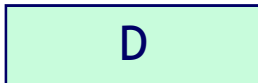
- Les codes polynomiaux (CRC) sont les plus utilisés

# Protection contre les erreurs : Codes polynomiaux

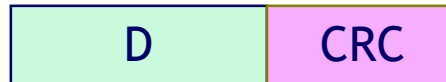
---

- Le codage consiste à ajouter à D des bits de contrôle appelés: le total (ou somme) de contrôle : checksum ou CRC

Séquence à émettre



Séquence réellement émise



? Comment trouver la valeur du CRC?

- Soit D une séquence binaire à envoyer, on considère que les bits de D sont les coefficients d'un polynôme  $D(x)$

Exemple :  $D = 110001 \Rightarrow D(x) = x^5 + x^4 + x^0$

- L'émetteur et le récepteur se mettent d'accord sur le choix d'un polynôme dit générateur  $G(x)$

- HDLC utilise le polynôme générateur normalisé:

$$G(x) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$$

# Protection contre les erreurs : Codes polynomiaux

## Émetteur

Étapes	Exemple
<p>D les données à envoyer et k le degré de G(x)</p> <p>1) Calculer <math>D(x) * x^k</math> (revient à ajouter k zéros à D)</p> <p>2) Calculer <math>D(x) * x^k / G(x)</math> on obtient le reste R(x)</p> <p>3) Calculer <math>T(x) = D(x) * x^k - R(x)</math> revient à remplacer les k zéros par R(x)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>D = 0101\ 1100 \rightarrow D(x) = x^6 + x^4 + x^3 + x^2</math></li><li>• <math>G(x) = x^8 + x^7 + x^2 + 1 \rightarrow k=8</math></li></ul> <p>1. <math>D(x) * x^8 = x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^{10}</math></p> <p>2. <math>R(x) = x^6 + x^3 + x^2 + 1 \rightarrow 0100\ 1101</math></p> <p>3. <math>T(x) = x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^6 + x^3 + x^2 + 1</math> <math>\rightarrow 0101\ 1100\ 0100\ 1101</math></p>

# Protection contre les erreurs : Codes polynomiaux

---

## Récepteur

$T(x)$  est le mot transmis par l'émetteur

$T'(x)$  est le mot reçu par le récepteur

Le récepteur effectue le test suivant :

Si  $(T'(x) / G(x))$  donne un reste égal à 0) alors

pas d'erreur

Sinon

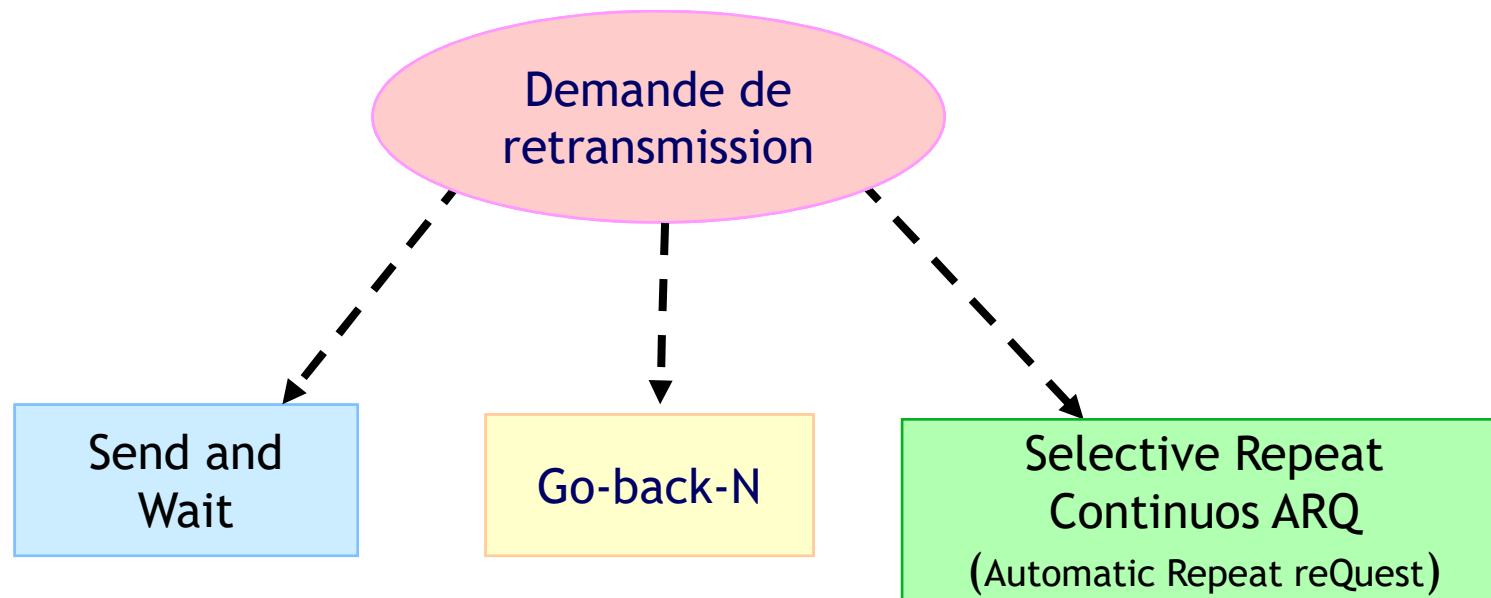
erreur

fin si

# Protection contre les erreurs : Demande de retransmission

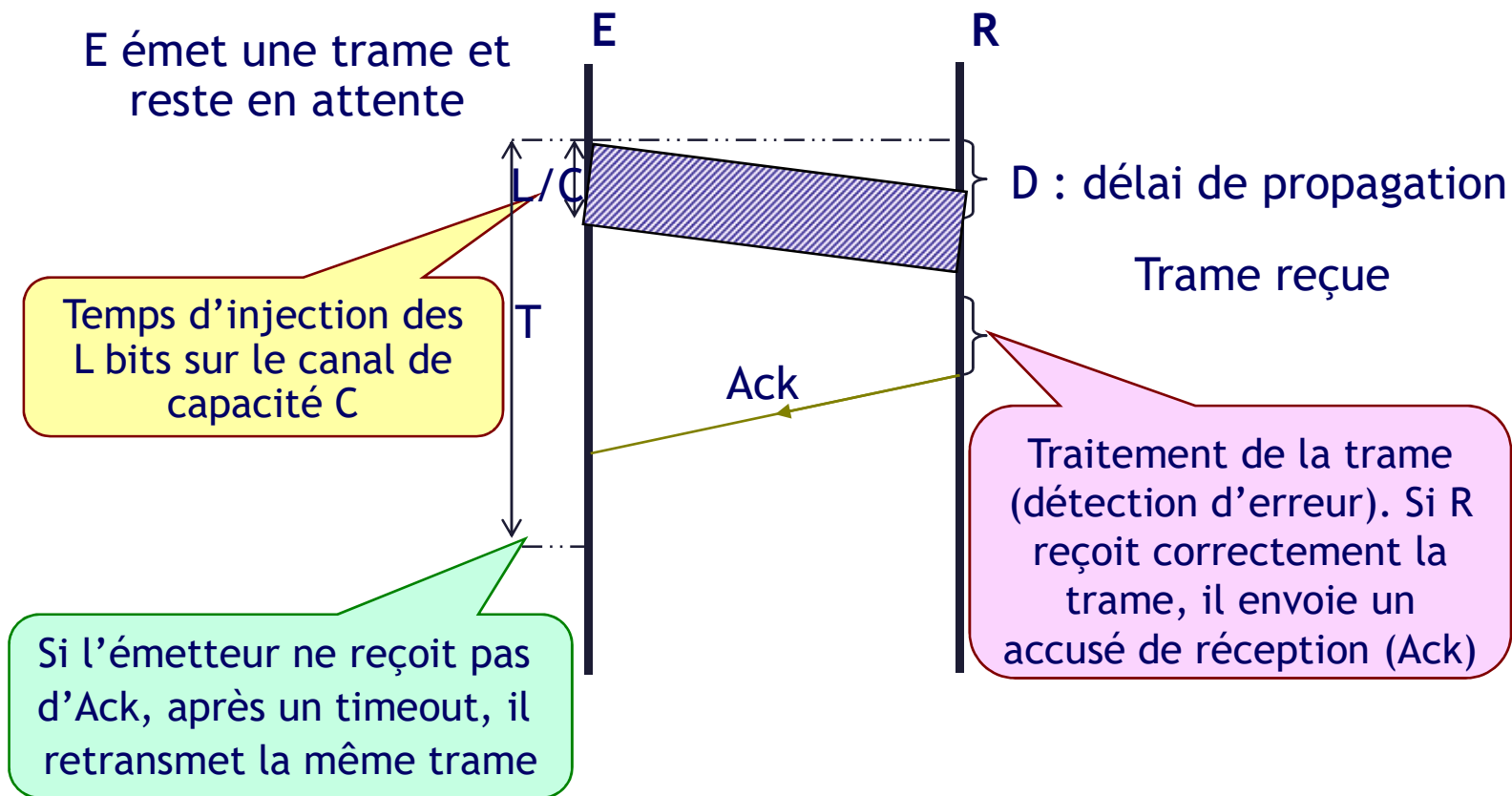
---

- Si une erreur est détectée → demande de retransmission



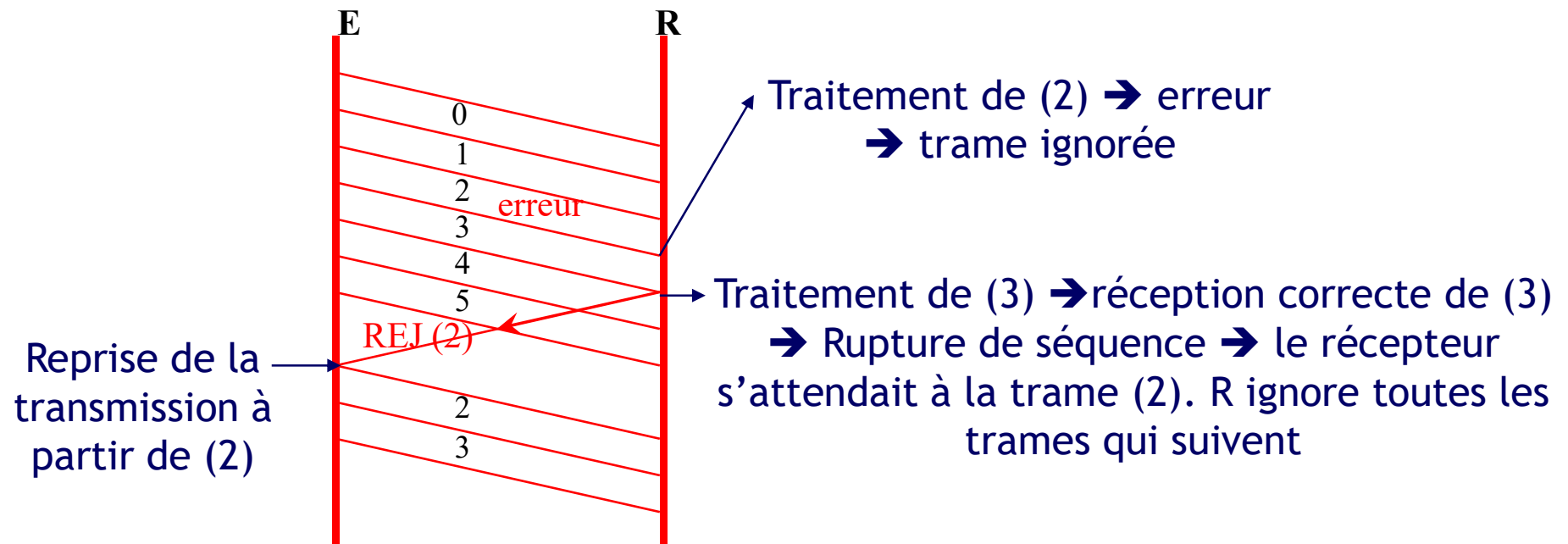
# Protection contre les erreurs : Demande de retransmission

## Send and Wait



# Protection contre les erreurs : Demande de retransmission

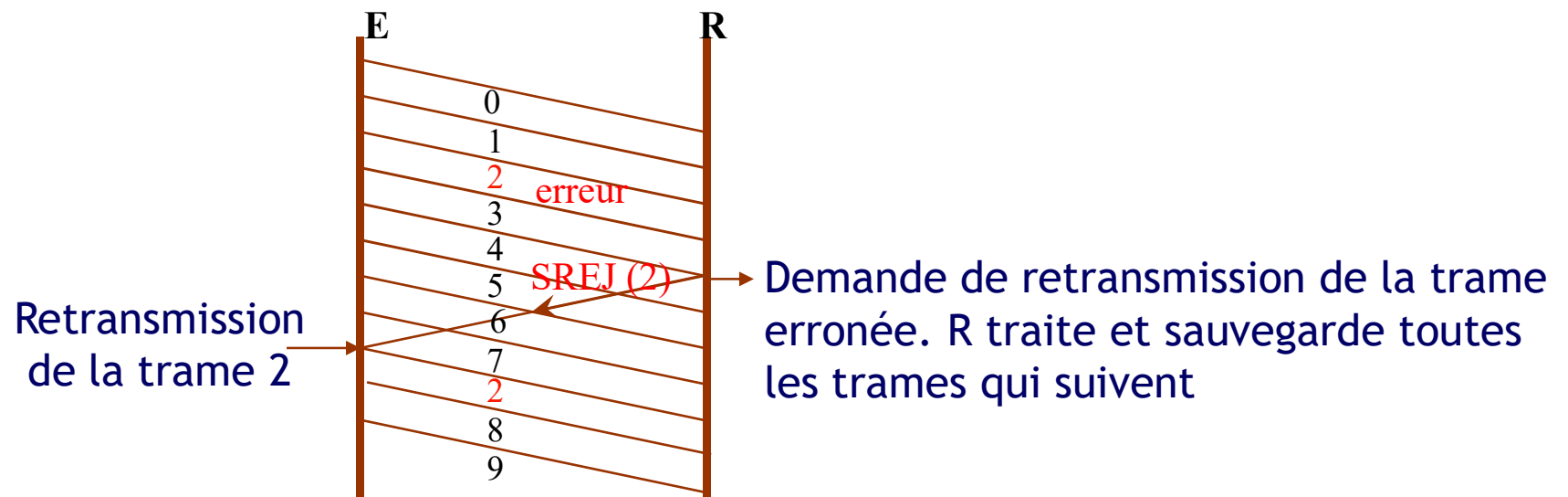
## Go-back-N



REJ(2) : ACK jusqu'à 1 et demande de retransmission à partir de la trame (2) (à partir de la trame erronée, cela veut dire que le récepteur va ignorer toutes les trames jusqu'à réception de la trame 2

## Protection contre les erreurs : Demande de retransmission

### Selective Repeat Continuous ARQ



SREJ(2) → Ack jusqu'à 1 et demande la retransmission du 2

SREJ(4) → Ack jusqu'à 3 et demande la retransmission du 4 SREJ(4) ne peut pas être envoyé qu'après réception correcte de (2)

# Plan

---

1- Introduction

2- Transfert de l'information utile

3- Protection contre les erreurs

**4- Contrôle de flux**

5- Exemple : HDLC

6- Couche liaison de données dans les réseaux locaux

---

# Contrôle de flux

---

- Consiste à assurer que le récepteur est toujours apte à recevoir l'information émise par l'émetteur

- **Fonction 1** : permettre au récepteur d'indiquer à l'émetteur d'arrêter momentanément sa transmission

**Exemple** : HDLC

**RNR** : Receive Not Ready : demander d'arrêter momentanément l'émission

**RR** : Receive Ready : indiquer à l'émetteur qu'il peut reprendre sa transmission

- **Fonction 2** : Contrôler le nombre de trames non encore acquittées

- Send and Wait

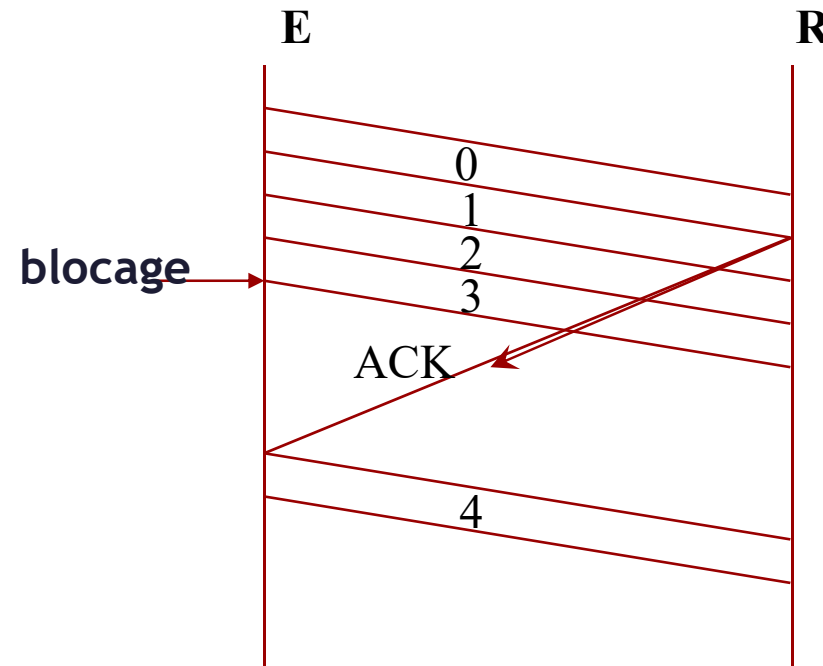
- La notion de fenêtre d'anticipation = le nombre maximal de trames émises et non encore acquittées (W)

# Contrôle de flux

---

## Exemple

Si  $W = 4$



# Plan

---

1- Introduction

2- Transfert de l'information utile

3- Protection contre les erreurs

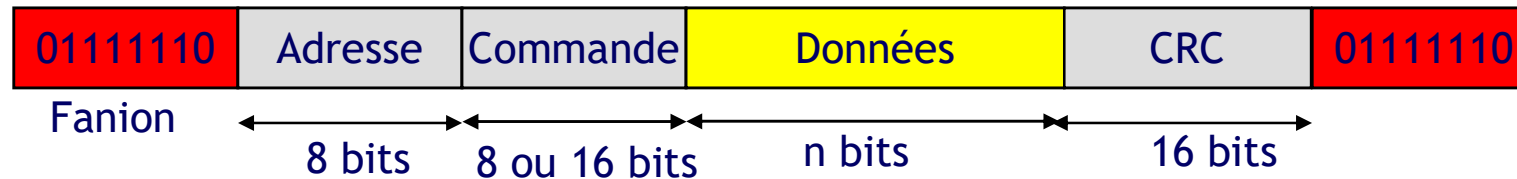
4- Contrôle de flux

**5- Exemple : HDLC**

6- Couche liaison de données dans les réseaux locaux

---

# HDLC: Structure de la trame



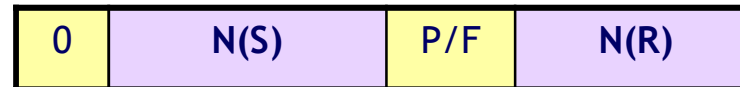
## Champ Commande

- Sur 8 bits en mode normal et sur 16 bits en mode étendu
- Trois types de trames :
  - \* **trames I (Information)** : données à transmettre
  - \* **trames S (Supervisory)** : gestion des erreurs et du flux
  - \* **trames U (Unnumbered)** : trame non numérotée, établissement et libération de la liaison

Type de trame	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>I</b>	0	N(S)			P/F	N(R)		
<b>S</b>	1	0	S		P/F	N(R)		
<b>U</b>	1	1	M		P/F	M		

# HDLC: Structure de la trame

## Trame I

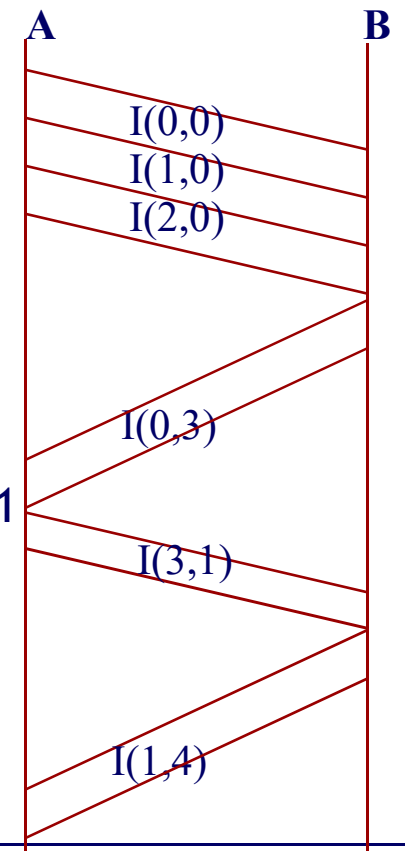


- N(S) : n° de séquence en émission
- N(R) : n° de séquence en réception et ACK jusqu'à N(R)-1
- En mode normal, N(S) et N(R) sont sur 3 bits (modulo(8))
- En mode étendu, N(S) et N(R) sont sur 7 bits (modulo(128))

### Exemple

I(3,2): A émet la trame n° 3, attend la trame 2 et acquitte 0 et 1

- **P/F** a deux significations : P(Poll)=1 => invitation à émettre  
ou F(Final)=1=> fin de transmission



## HDLC: Structure de la trame

---

### Trame S



- Ne comporte pas de numéro N(S), ce champ est récupéré pour coder les fonctions de supervision

⇒ Le champ « **S** » est codé sur 2 bits => 4 fonctions possibles :

**S = 00 => RR(N(R))** *Receive Ready* et acquitte jusqu'à N(R)-1

**S = 10 => RNR(N(R))** *Receive Not Ready* et ACK jusqu'à N(R)-1

**S = 01 => REJ(N(R))** *Demande de retransmission à partir de N(R)* et ACK jusqu'à N(R)-1

**S = 11 => SREJ(N(R))** *Demande de retransmission de N(R)* et ACK jusqu'à N(R)-1

## HDLC: Structure de la trame

---

### Trame U



- Ce sont des trames de commande qui ne sont pas relatives à d'autres trames (de type I) → ne comportent aucun numéro ni N(S) ni N(R)
- M sur 5 bits →  $2^5$  possibilités qui ne sont pas toutes utilisées

### Exemple

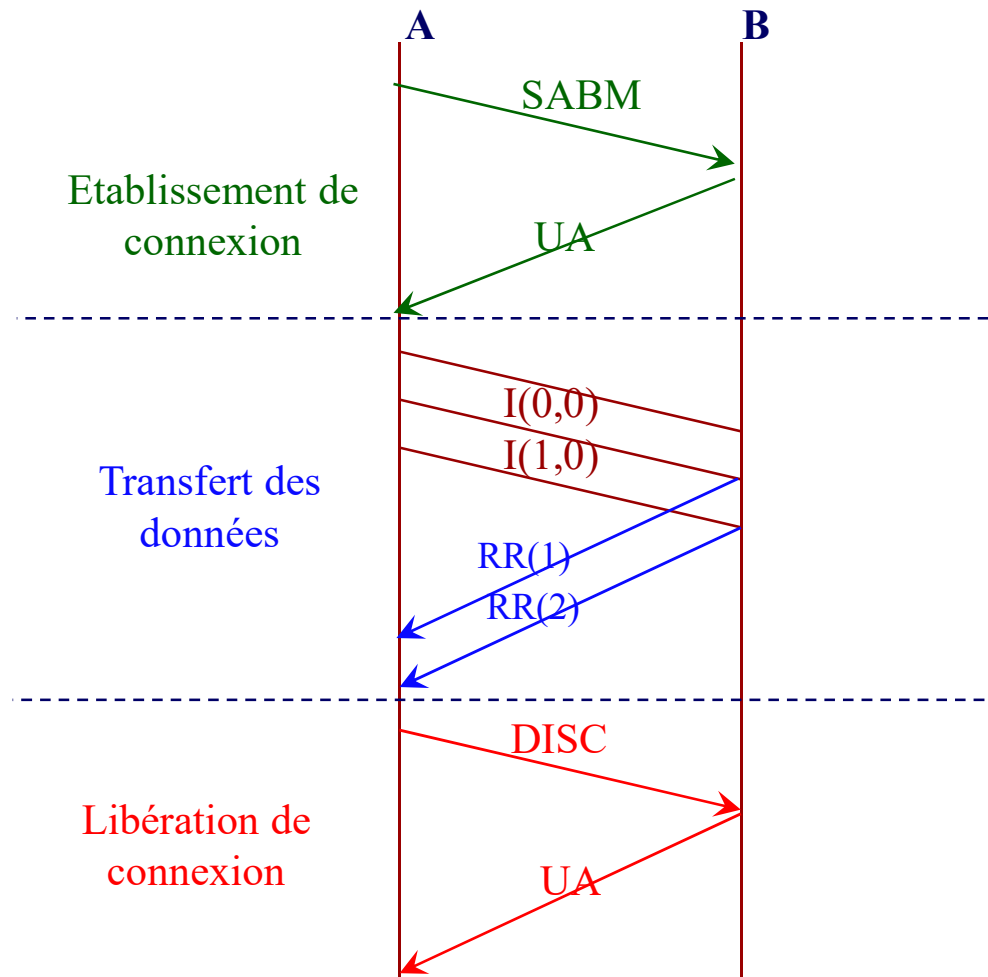
**SABM / SABME** : Etablissement de connexion : en mode normal/étendu

**UA** : Unnumbered Acknowledgment

**Disc** : Disconnect : demande de déconnexion

**Reset** : Réinitialisation (mettre les compteurs, N(s) et N(R), à 0)

## HDLC: Exemple de diagramme d'échange



# Plan

---

1- Introduction

2- Transfert de l'information utile

3- Protection contre les erreurs

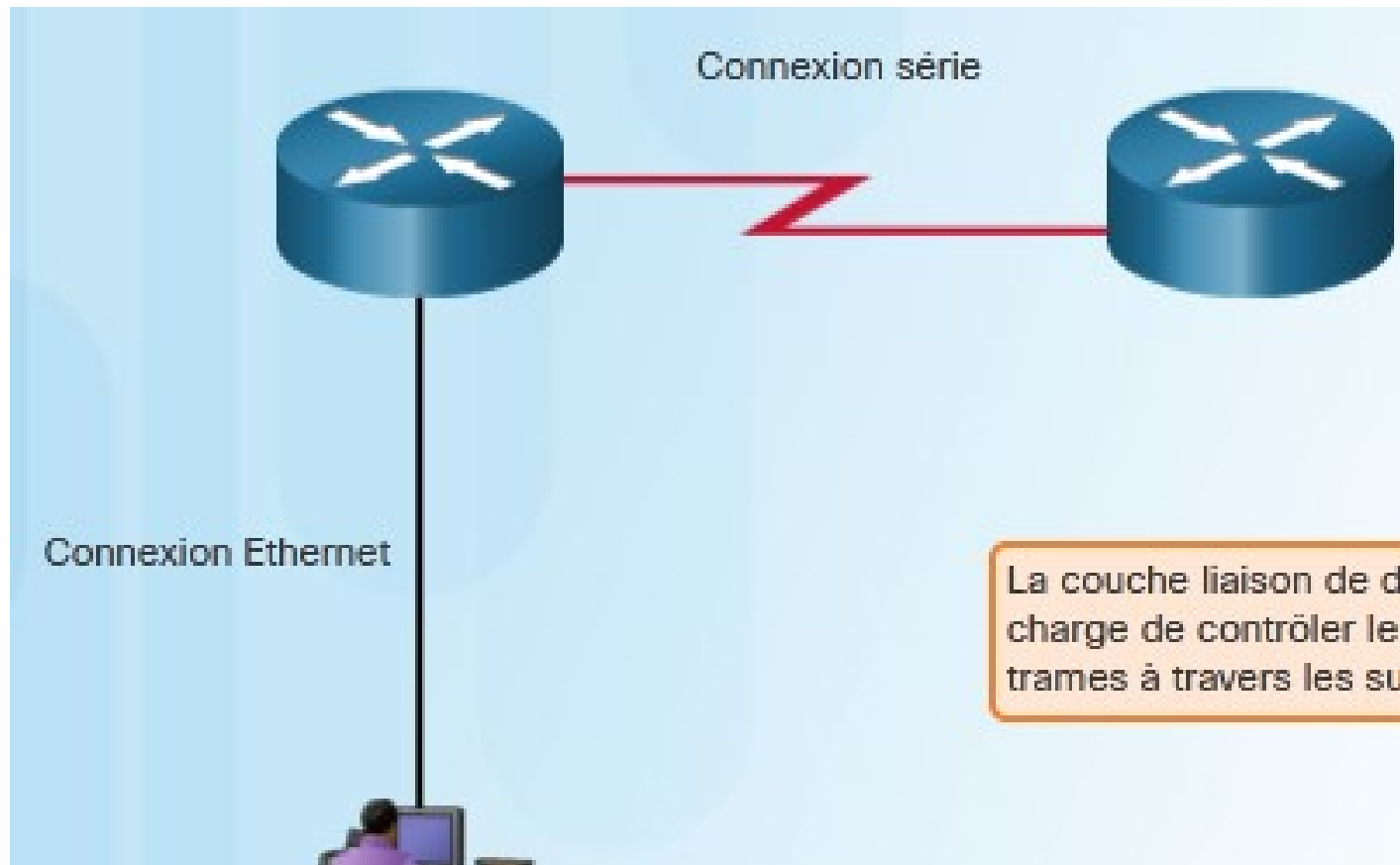
4- Contrôle de flux

5- Exemple : HDLC

**6- Couche liaison de données dans les réseaux locaux**

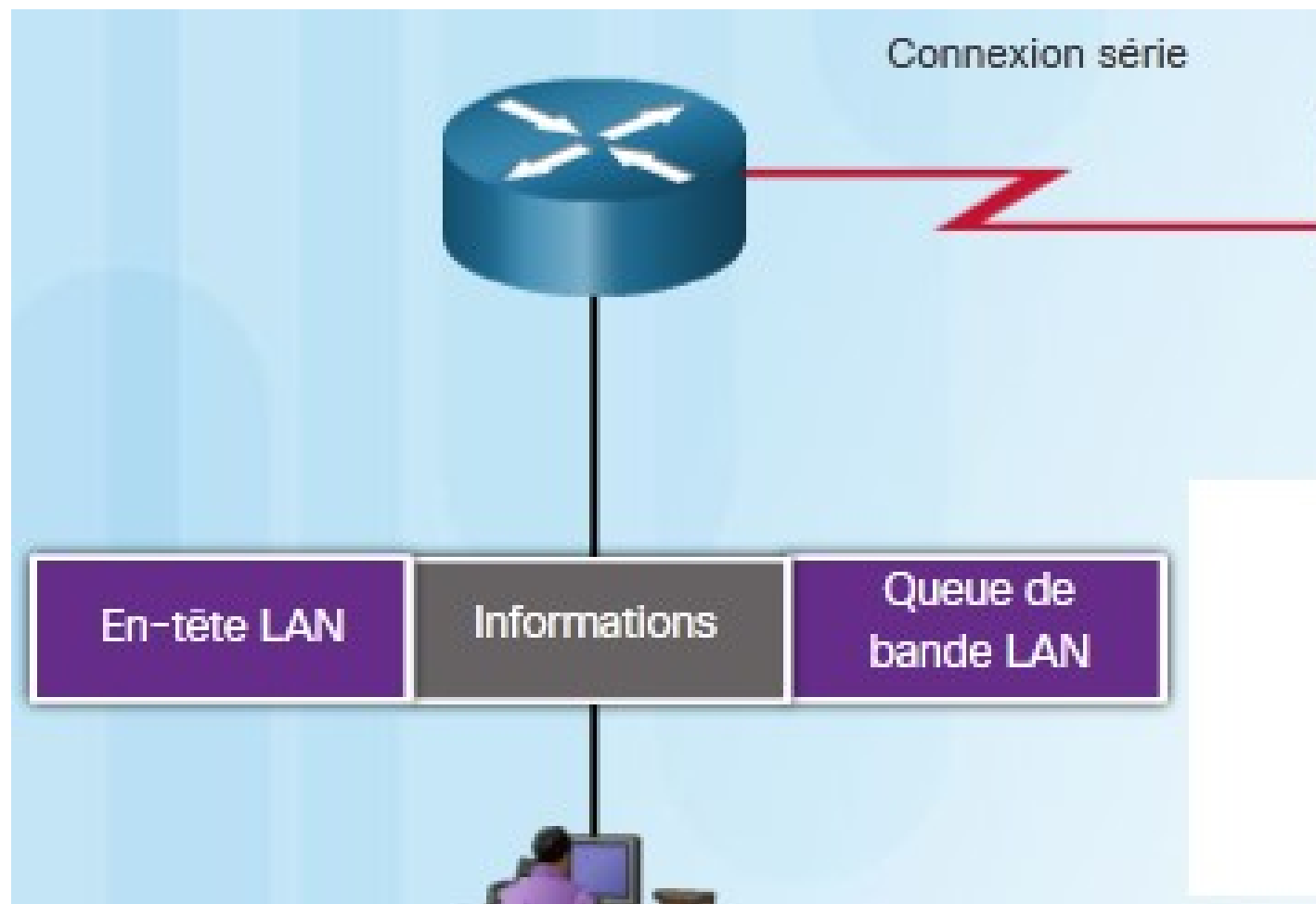
## Couche liaison dans les réseaux Locaux

---



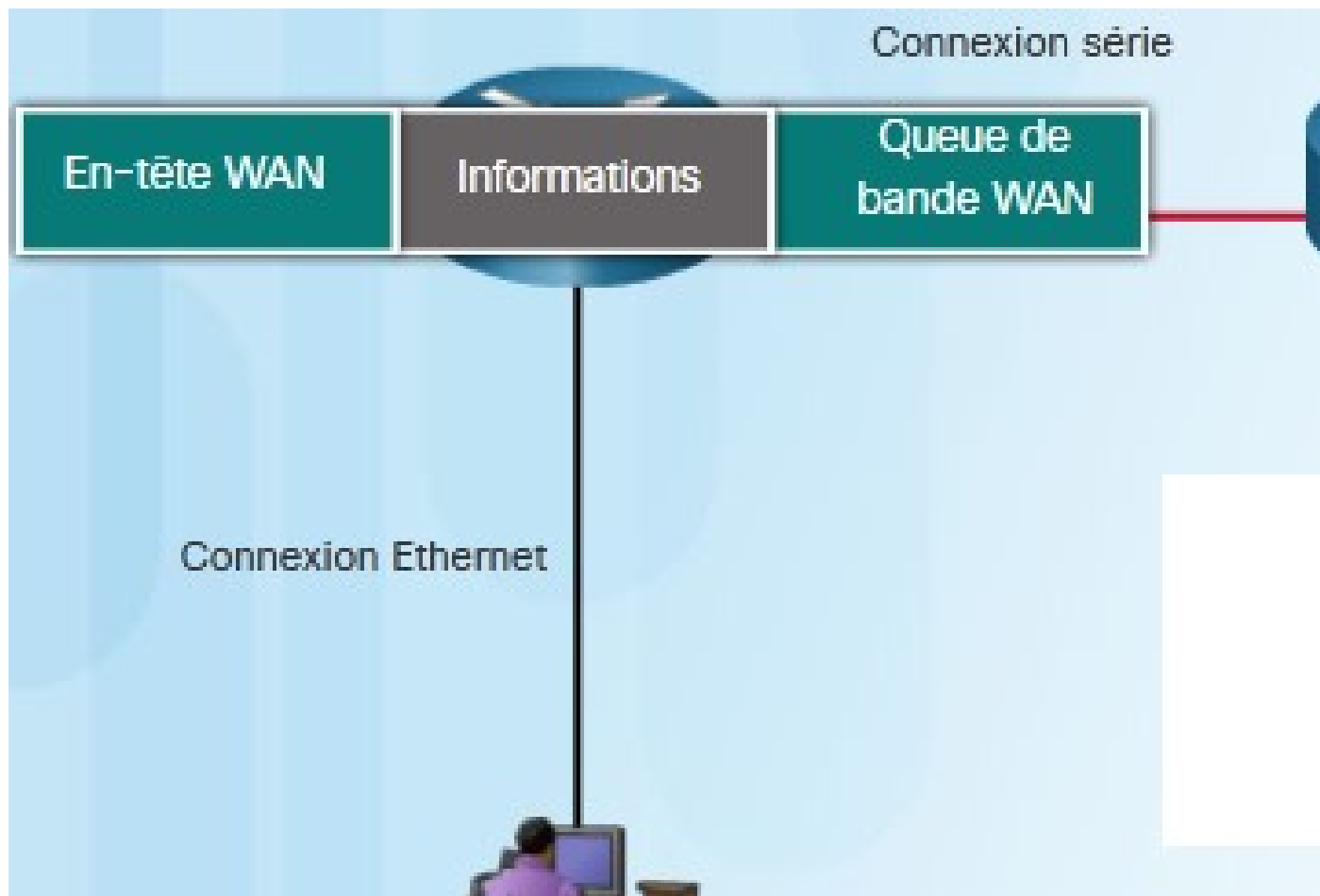
## Couche liaison dans les réseaux Locaux

---



## Couche liaison dans les réseaux Locaux

---



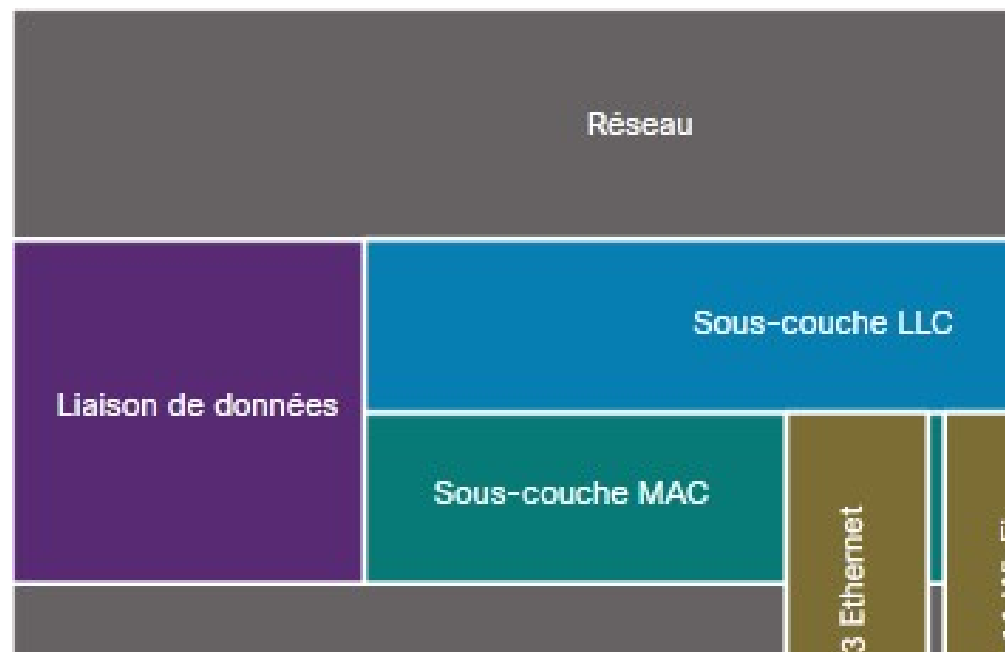
# Couche liaison dans les réseaux Locaux

---

La couche liaison de données se divise en deux sous-couches :

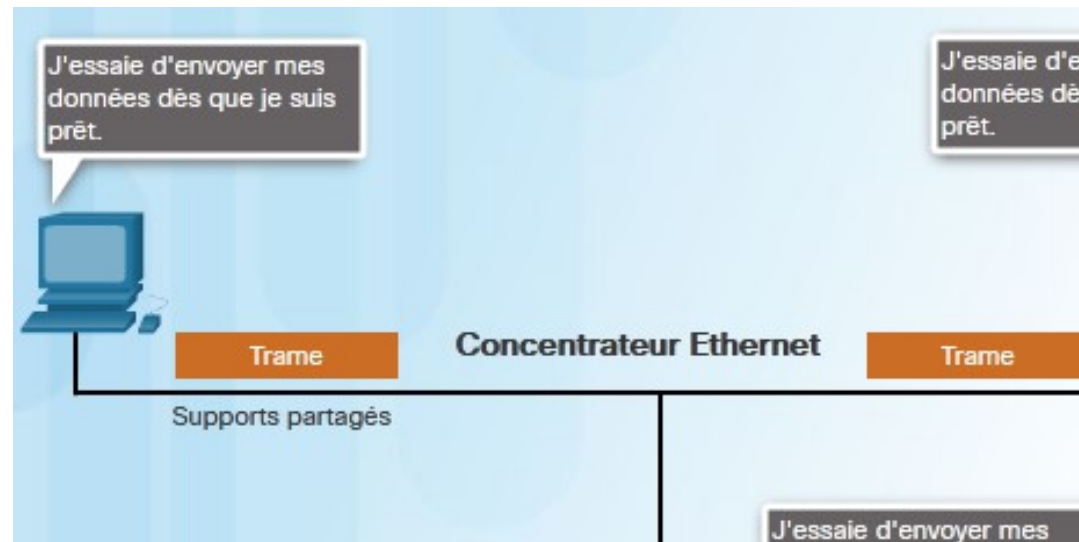
**Sous-couche LLC (Logical Link Control)** : communique avec la couche réseau. Elle place les informations dans la trame qui indique le protocole de couche réseau utilisé pour la trame.

**Contrôle d'accès au support (MAC)** : définit les différentes technologies d'accès au support.



## Couche liaison dans les réseaux Locaux : Méthodes d'accès au support

- **Accès avec gestion des conflits** : tous les nœuds fonctionnant en mode semi-duplex sont en concurrence pour utiliser le support, mais un seul périphérique à la fois peut envoyer des données.
- Si plusieurs périphériques transmettent simultanément=> attente d'un temps aléatoire puis retransmission.
- Technique utilisée dans les réseaux locaux Ethernet filaires qui utilisent des concentrateurs et les réseaux locaux sans fil
- Exemple : **CSMA/CD**



# Couche liaison dans les réseaux Locaux : Méthodes d'accès au support

---

## -Accès avec gestion des conflits : Exemple 2: CSMA/CA

-Le périphérique ne détecte pas les collisions, mais tente de les éviter en patientant avant d'effectuer la transmission.

-Chaque périphérique qui transmet des données tient compte du temps dont il a besoin pour la transmission. Tous les autres périphériques reçoivent cette information et savent combien de temps le support sera indisponible.

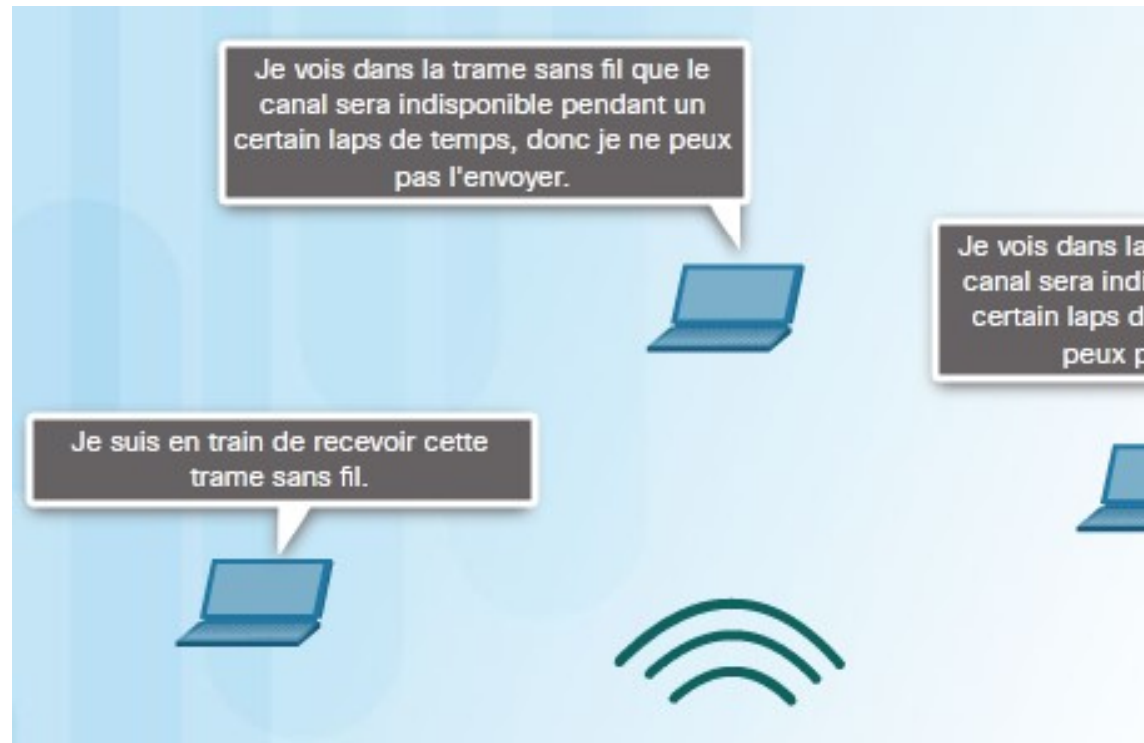
- Une fois qu'un périphérique sans fil a envoyé une trame 802.11, le récepteur renvoie un accusé de réception afin que l'expéditeur sache que la trame est arrivée.

- Il est important de noter que les réseaux locaux Ethernet qui utilisent des commutateurs n'utilisent pas un système d'accès basé sur le conflit, car le commutateur et la carte réseau hôte fonctionnent en mode duplex intégral

## Couche liaison dans les réseaux Locaux : Méthodes d'accès au support

---

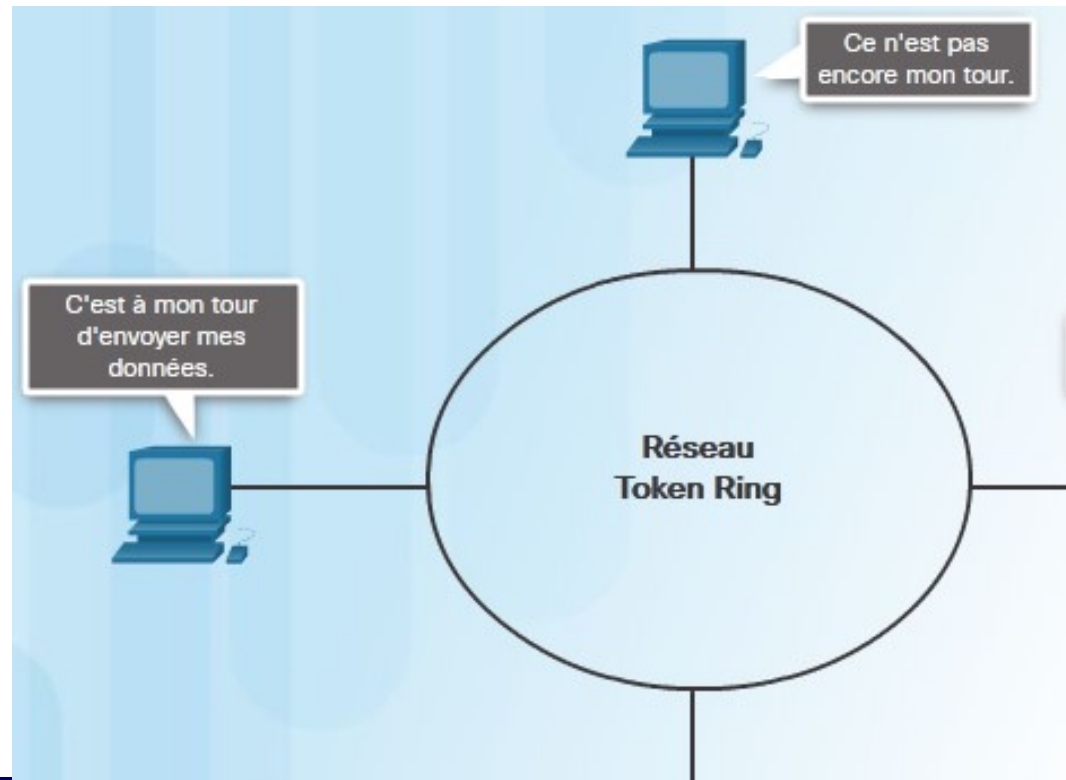
-Accès avec gestion des conflits : Exemple 2: **CSMA/CA**



## Couche liaison dans les réseaux Locaux : Méthodes d'accès au support

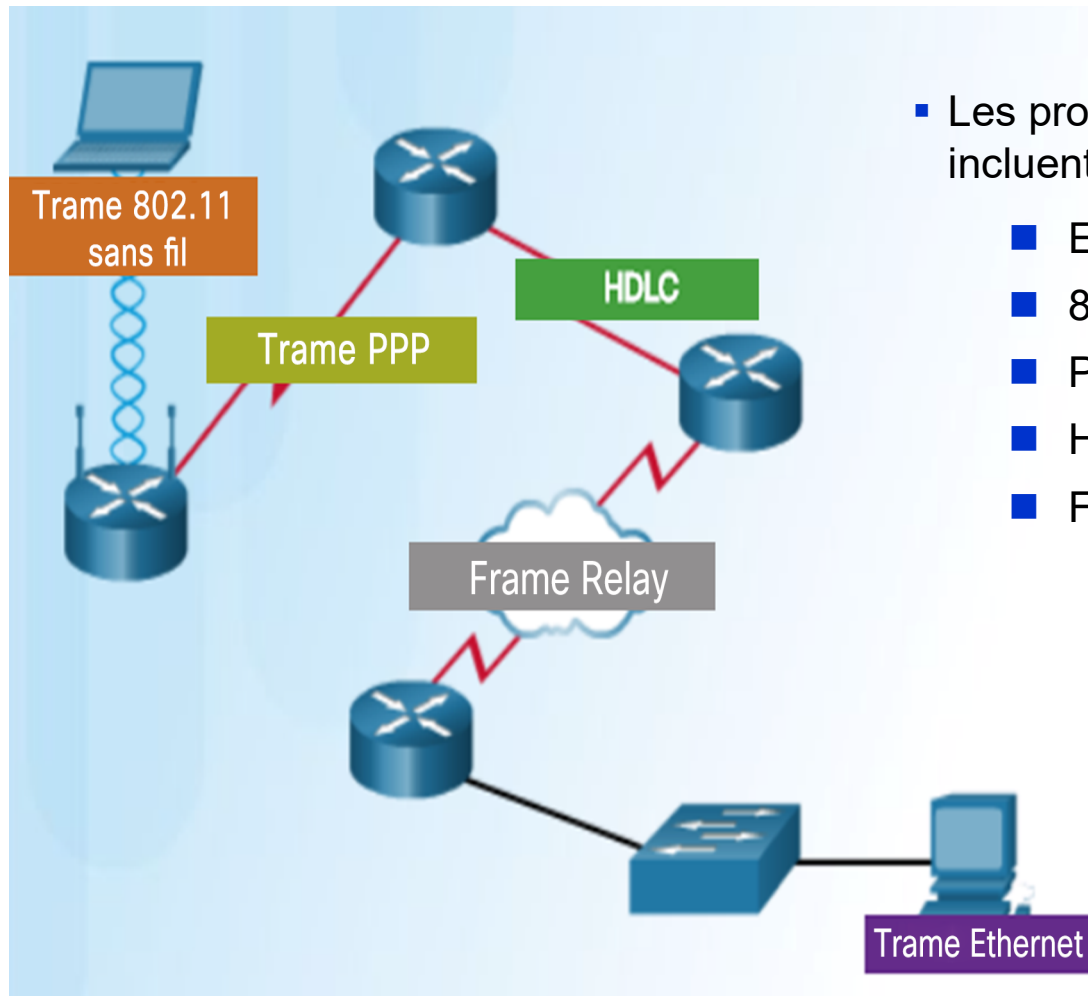
---

- **Accès contrôlé** : les nœuds utilisent le support à tour de rôle. Chaque périphérique doit attendre son tour pour accéder au support.
- Technique utilisée par les réseaux locaux Token Ring



# Les trames LAN et WAN

---



■ Les protocoles de couche liaison de données incluent :

- Ethernet
- 802.11 sans fil
- PPP (Point-to-Point Protocol)
- HDLC
- Frame Relay