

# Gestion de la liaison

Rôle et fonctionnement de la  
couche 2 du modèle OSI.

# Détection et correction d'erreur

Aucun support physique de communication n'est absolument fiable. Une liaison conventionnelle a une probabilité d'erreur entre :

$10^{-5}$  et  $10^{-7}$

Cette probabilité croît avec la distance parcourue par l'information. Elle peut exploser dans des conditions exotiques.

Le logiciel doit prévoir ces risques de défaillance, donc savoir les reconnaître (**détecter**) et décider d'une mesure appropriée pour y remédier (**corriger**) ou pas (erreur de moindre importance).

## Bit de parité

Convenir du nombre de bit avant le bit de parité et de la parité souhaitée (paire/impair). Par exemple 8 + pair.

<span style="border: 1px solid green; padding: 0 2px;">0</span> 01000001	0..0..1..0..0..0..0..0..1	<span style="border: 1px solid green; padding: 0 2px;">0</span> 01000001
<hr/>		
<span style="border: 1px solid green; padding: 0 2px;">1</span> 01110000	1..0..1..1..1..0..0..0..0	<span style="border: 1px solid green; padding: 0 2px;">1</span> 01110000
<hr/>		
<span style="border: 1px solid green; padding: 0 2px;">1</span> 01100001	1..0..1..1..0..0..0..0..1	<span style="border: 1px solid green; padding: 0 2px;">1</span> 01100001
<hr/>		
<span style="border: 1px solid green; padding: 0 2px;">1</span> 01000110	1..0..1..0..0..0.. <span style="color: red;">0</span> ..1..0	<span style="border: 1px solid red; padding: 0 2px;">1</span> 01000010

Autre exemple de code ASCII 7 bits + 1 parité.

# Code à Redondance Cyclique

Les valeurs transmises sont vues comme des polynômes manipulés avec une arithmétique modulo 2 :

$$\begin{array}{rcl}
 101101 & = & x^5 + x^3 + x^2 + x^0 \\
 + \quad 1011 & = & x^3 + x + x^0 \\
 \hline
 100110 & = & x^5 + x^2 + x
 \end{array}$$
  

$$\begin{array}{rcl}
 101101 & = & x^5 + x^3 + x^2 + x^0 \\
 - \quad 1011 & = & -x^3 - x - x^0 \\
 \hline
 100110 & = & x^5 + x^2 + x
 \end{array}$$

# Code à Redondance Cyclique

Les deux interlocuteurs (l'émetteur et le récepteur du signal) conviennent d'un :  
« *polynôme générateur* » noté  $G(x)$

Exemple :    CRC-12         $= x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x^1 + 1$   
                 CRC-16         $= x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$   
                 CRC-CCITT  $= x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

On transmet une séquence binaire  $M'$  construite à partir du message binaire  $M$  concaténé avec un CRC de  $d$  bits construit de tel sorte que  $M'(x)/G(x) = 0$ .

# Code à Redondance Cyclique

## Comment construire le CRC ?

### Avec un message

M = 1101011011

Et une fonction génératrice

$$G(x) = x^4 + x + 1$$

On construit un message

$$M'' = 1101011011 \ 0000$$

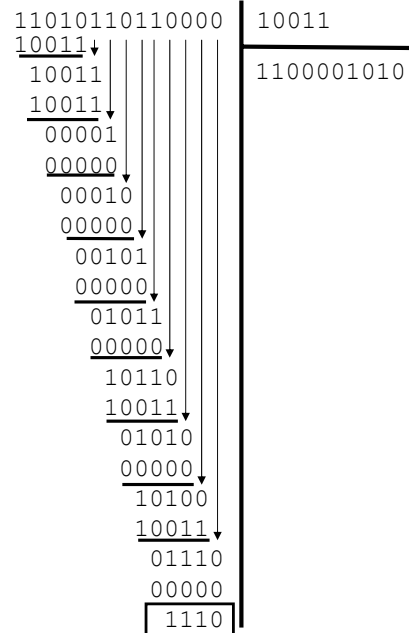
(4 zéro car  $G$  de degré 4).

Le reste de

M''

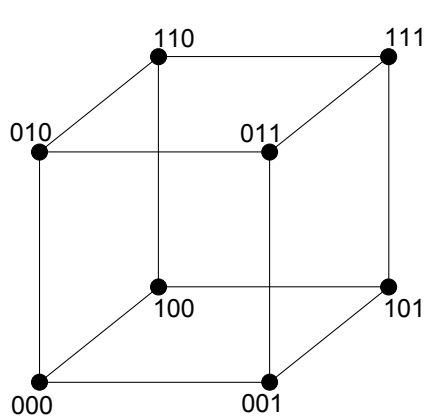
$$\frac{\quad}{G(x)} = 1110$$

$M' = 1101011011 \ 1110$



# Code de Hamming

Distance de hamming :



$$d_H(000,010) = d_H(000,001) = \dots = 1$$

$$d_H(000,110) = d_H(110,101) = \dots = 2$$

$$d_H(000,111) = d_H(100,011) = \dots = 3$$

Le code (0 = 000, 1 = 111) est :

- **2\_detecteur** car il détecte jusqu'à 2 erreurs dans le symbole transmis ;
- **1\_correcteur** car il permet de corriger une erreur par symbole

Un code de hamming est **t\_detecteur** si :  
 $d_{Hmin}(\text{Symboles}) > t$

Un code de hamming est **t\_correcteur** si :  
 $d_{Hmin}(\text{Symboles}) \geq 2t+1$

## Exemple : Code de Hamming 1\_correcteur pour 4 symboles

Soit S un alphabet de 4 symboles avec  $S = \{ 00000, 00111, 11100, 11011 \}$

$$\min_{(x,y) \in S^2, x \neq y} d_H(x,y) = 3$$

⇒ Code 2\_detecteur et 1\_correcteur.

Corriger 00101 :  $d_H(00101, 00000) = 2$  donc 00101 n'est pas le premier symbole.

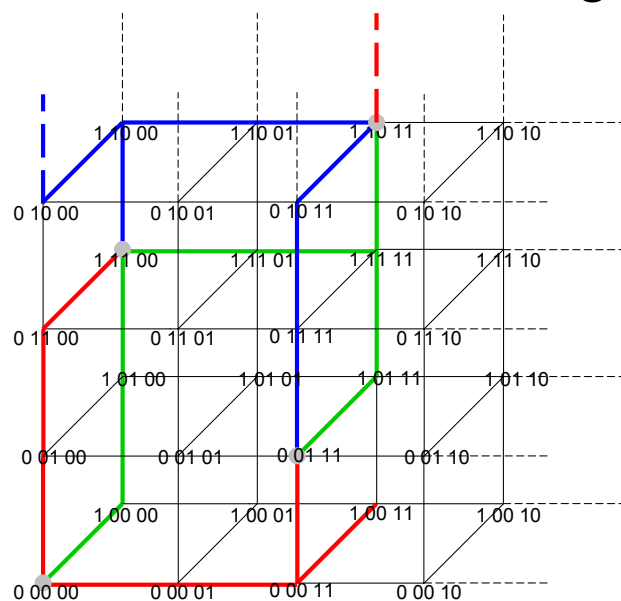
$d_H(00101, 00111) = 1$  donc 00101 est le second symbole  
(avec 1 erreur)

S nous permet de coder 4 valeurs binaires différentes soit 2 bits :

Valeur	Code	Erreurs possibles					
00	00000	00001	00010	00100	01000	10000	
01	00111	00110	00101	00011	01111	10111	
10	11100	11101	11110	11000	10100	01100	
11	11011	11010	11001	11111	10011	01011	



# distance de Hamming

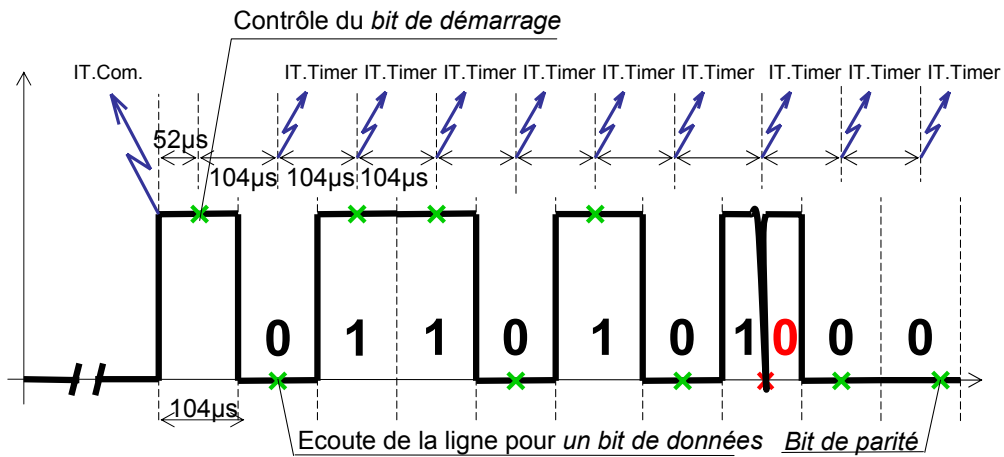


## Du matériel aux couches basses du logiciel.

Selon les types de niveau de perfectionnement du processus de connexions physiques, le matériel pourra :

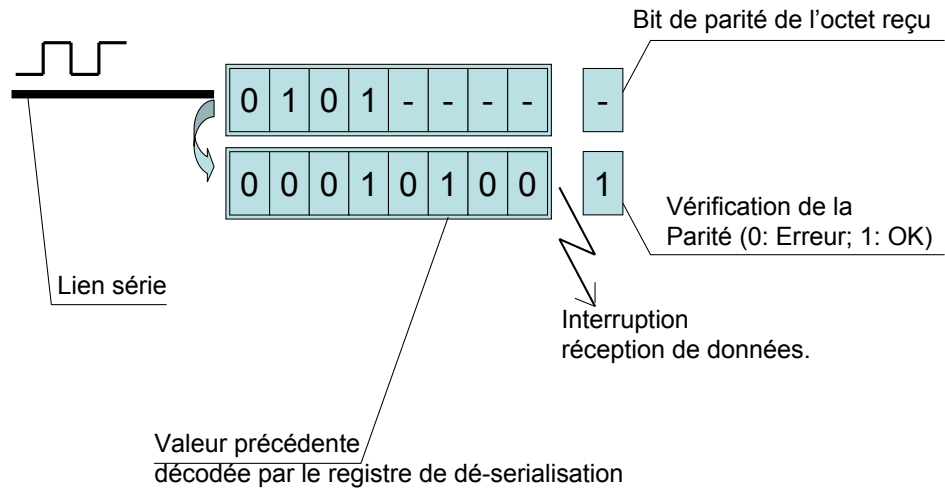
- donner la valeur instantanée de la ligne ;
- donner le dernier octet décodé ;
- stocker les octets reçus et non encore lus dans un tampon ;
- ou directement écrire les valeurs reçues en mémoire centrale (DMA).

# Échantillonnage d'un code de base

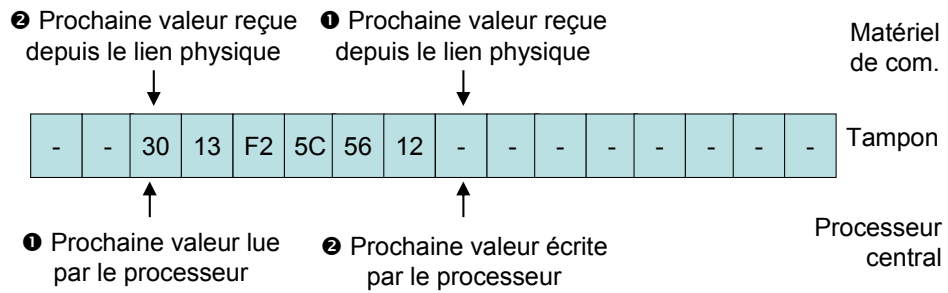


Codage tout ou rien à 9600 Bauds :  
 + bit de parité  
 + *Start bit* (transmission asynchrone)

## Registre de (dé)sérialisation (UART)



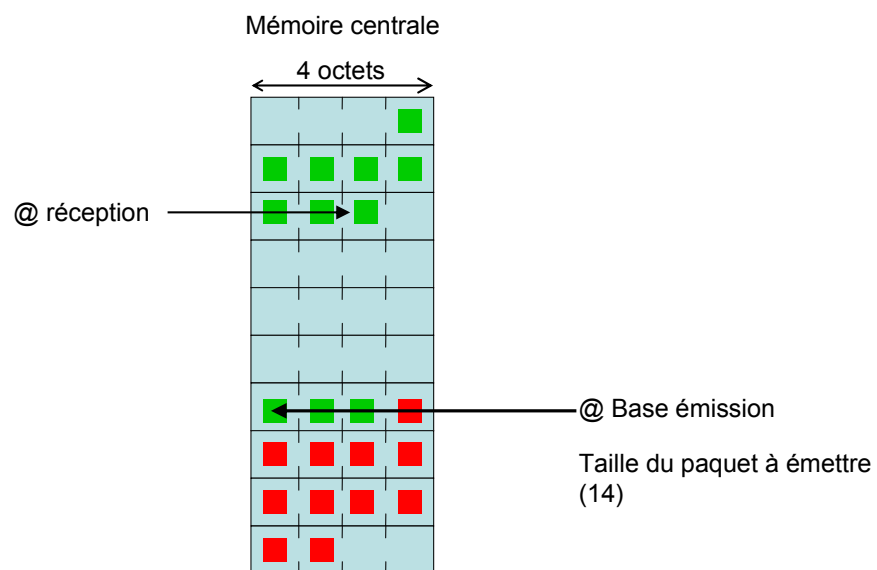
# Tampon de com. en FIFO



Signaux d'interruption pour :

- tampon de réception plein ;
- erreur dans la réception d'un octet ;
- tampon d'émission plein.

# Emission et réception en DMA



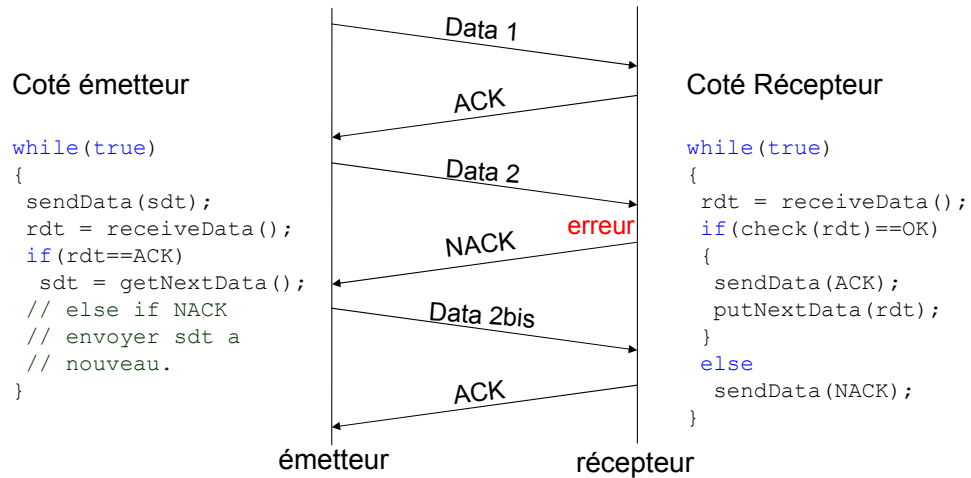
# Protocoles de liaison

Deux approches différentes selon :

- Communication point à point :
  - Envoyer et attendre ,
  - Fenêtre de réception ;
- Communication en mode diffusion :
  - ALHOA ,
  - Ethernet (ISO 802.3).

# Protocoles du modèle point à point

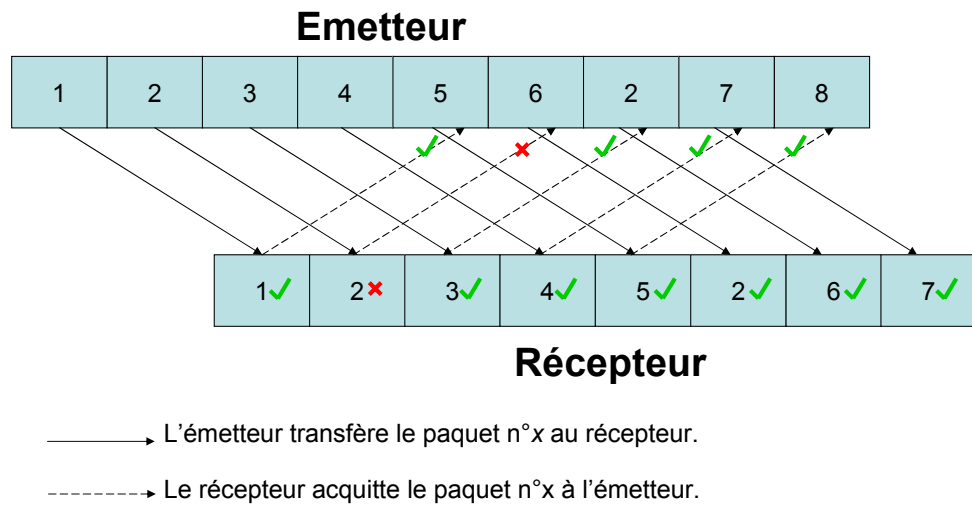
## - Type « envoyer et attendre » -



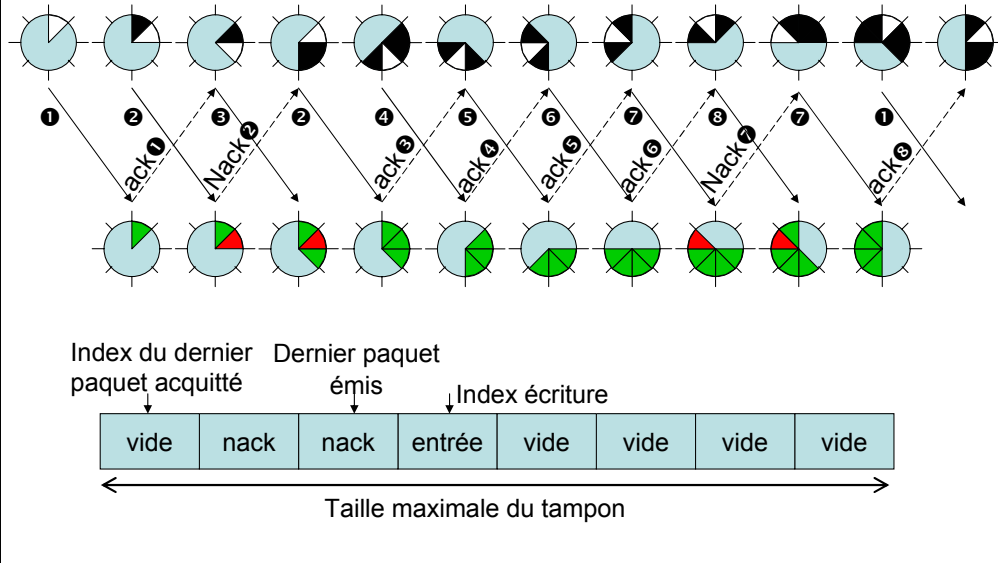


# Protocoles du modèle point à point

## - Protocoles à fenêtre glissante -



# Protocoles du modèle point à point - Protocoles de fenêtre glissante -



# Protocole BSC

SYN	<i>SYNchronous idle</i>	<i>Octets de synchronisation des horloges.</i>
ENQ	<i>Enquiry</i>	<i>Invite une station à émettre ou à recevoir.</i>
SOH	<i>Start Of Heading</i>	<i>Début d'en-tête.</i>
STX	<i>Start of TeXt</i>	<i>Fin d'en-tête et début de texte.</i>
ETB	<i>End of Transmission Block</i>	<i>Fin de block de donné.</i>
ETX	<i>End of TeXt</i>	<i>Fin du texte et début des caractères de ctrl.</i>
ACK	<i>ACKnowledgement</i>	<i>Accusé de réception positif.</i>
NACK	<i>Negative ACKnowledgement</i>	<i>Accusé de réception négatif.</i>
DLE	<i>Data Link Escape</i>	<i>Caractère d'échappement de transmission.</i>
EOT	<i>End Of Transmission</i>	<i>Fin d'un transfert de données.</i>

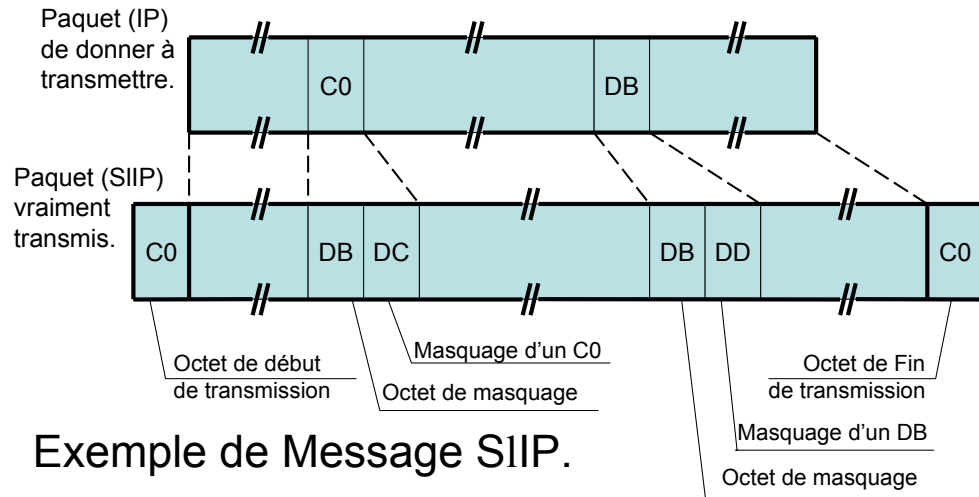
Séquence de transmission de la forme :

**Émetteur** **Récepteur**

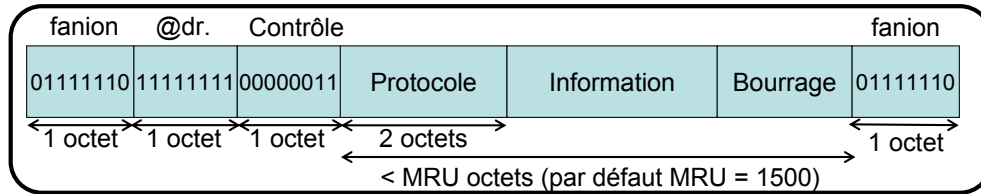
« SYN SYN SYN SYN SOH ... en-tête ... STX ... texte ... ETX BCC EOT »

BCC obtenu avec le polynôme CRC-CCITT :  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

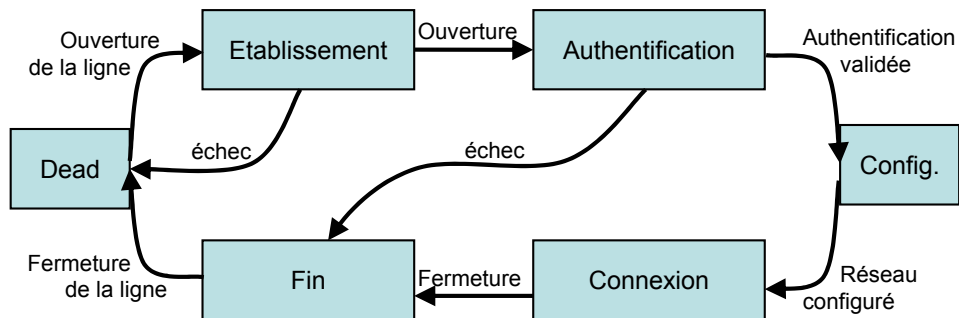
# Protocole SIIP



# Protocole PPP



## Automate de base pour une connexion PPP



# Protocole PPP

## - établissement - RFC 1661 -

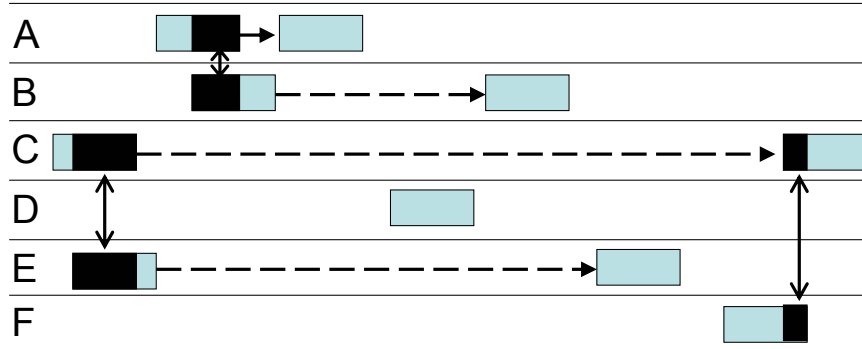
Nom	direction	Description
Requête de configuration	I → R	Propose une configuration spécifique des paquets transportés.
A2R (Ack) positif de configuration	I ← R	Accusé de réception positif pour une demande de configuration des paquets.
A2R (Ack) négatif de configuration	I ← R	Accusé de réception négatif pour une demande de configuration des paquets.
Configuration rejetée	I ← R	Une demande de négociation sur une option non négociable a été formulée.
Requête de terminaison	I → R	Demande de fermeture de la ligne.
A2R (Ack) de terminaison	I ← R	Demande de fermeture acceptée.
Code rejeté	I ← R	Identifiant de requête inconnue.
Protocole rejeté	I ← R	Requête de protocole inconnu.
Requête d'écho	I → R	Demande d'écho (pour test)
Réponse d'écho	I ← R	Retour d'écho...
Requête à jeter	I → R	Requête à ne pas traiter. (pour test).

RFC 1661 : « <http://www.ietf.org/rfc.html> »

# Protocoles du modèle en diffusion

## - ALOHA -

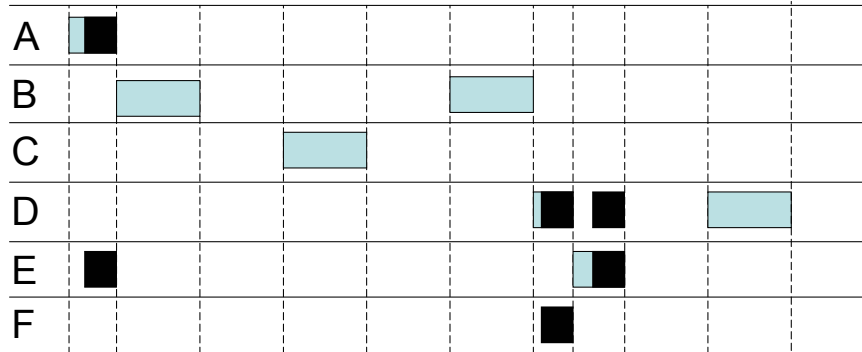
Les stations A, B, C, D, E et F sont connectées via un support physique commun.



Émettre et, en cas de collision, attendre une durée aléatoire avant de ré-émettre.

# Protocoles du modèle en diffusion - p-persistent CSMA / CD -

Dans ce cas les émetteurs potentiels ne parlent que pendant des Slots de temps si personne ne parle déjà. Et avec une probabilité  $p$  ( $p=0,01$  par exemple).

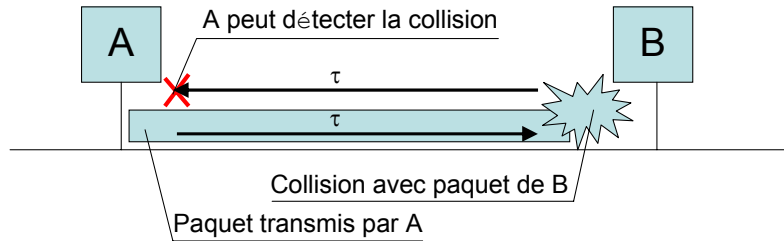


utilisation d'un codage de base type Manchester pour pouvoir détecter les collisions (en bande de base  $0+0=0\dots$ ).

Au mieux : 37% de succès, 37% de slots vides, 26% de collisions.



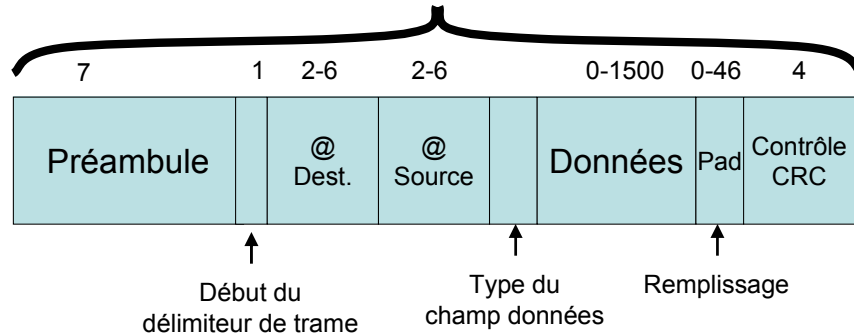
# Trame Ethernet



La distance max entre deux stations ethernet est de 2500m.  
à 200 000 km/s =  $12,5\mu\text{s}$  +  $3,5\mu\text{s}$  par repeteur et 4 repeteurs pour 2500 m.  
Soit  $52\mu\text{s}$  pour l' A/R.  
Or 10MBps : 1 bit =  $0,1\mu\text{s}$ .  
Donc la longueur minimale d'un message est de 500bits (~ 64octets)

# Trame Ethernet

Nombre d'octets



## Format d'une trame IEEE 802.3

Avec : octet de préambule: 10101010  
octet délimiteur de trame : 10101011  
@source : identifiant unique intégré à la carte sur 6 octets.  
@dest. : 6 octets intégrés à la carte réseau (broadcast : ff:ff:ff:ff:ff:ff)

## Adresses physiques : *unicast, broadcast, multicast.*

Les cartes réseaux de type Ethernet disposent d'un code identifiant (théoriquement) unique à chaque carte. Cet identifiant est codé sur 6 octets.

Une trame peut avoir pour destinataire le code identifiant d'une autre carte. Il s'agit d'un message **unicast** (un vers un).

Une trame peut avoir pour destinataires toutes les machines présentes sur le lien physique. Il s'agit d'un message **broadcast** (un vers tous).

Une trame peut avoir pour destinataire une adresse virtuelle qui concerne un groupe de récepteur sur le lien physique. Il s'agit d'un message **multicast** (un vers plusieurs).

## Répéteur, pont et commutateur

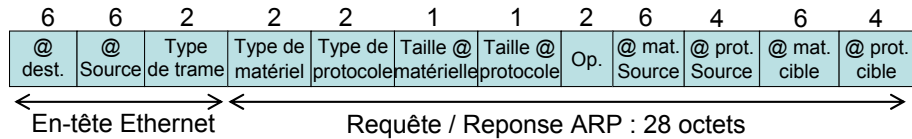
**Répéteur** : recevoir et amplifier et retransmettre un signal depuis un port vers un(des) autre(s).  
Un *Hub* est un répéteur 10BaseT multi port.

**Pont** : un pont relie des liaisons disjointes en filtrant les paquets selon l'adresse physique de leur destinataire.

**Commutateur** : un commutateur est un pont multi port qui est capable de faire de la conversion de protocole entre différentes liaisons. Il ne s'intéresse donc pas aux adresses physique des paquets transmis mais aux adresses globales (indépendantes du matériel).

# Ethernet et ARP

Rechercher la présence d'une machine associée à une adresse globale (@ IP) sur un réseau local.



```

@ dest. :          FF FF FF FF FF FF
@ source :         08 00 20 02 45 9E
Trame ARP :        08 06
Type de matériel : (ethernet) 00 01
Type de couche réseau : (IP) 08 00
Taille de l' @ matérielle :    06
Taille de l' adresse globale : 04
Opération : (requête ARP) 01 ou 02 (réponse ARP)
@ physique émetteur : 08 00 20 02 45 9E
@ globale émetteur :  81 68 FE 05
@ physique cible :    00 00 00 00 00 00
@ globale cible :     81 68 FE 04
  
```

# Ethernet et ARP

