

# Les trames dans les réseaux

## Trame Ethernet

$64 \text{ octets} \leq \text{longueur} \leq 1518 \text{ octets}$

Préambule	SFD	@MAC destination	@MAC source	Longueur	Données utiles	Bourrage	FCS
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1500 octets		4 octets

Préambule	SFD	@MAC destination	@MAC source	Type	Données utiles	Bourrage	FCS
7 octets	1 octet	6 octets	6 octets	2 octets	46 à 1500 octets		4 octets

FCS (Field Check Sequence) avec CRC (Cyclic Redundancy Code) – SFD (Start Frame Delimiter)

## Entête IP (couche réseau, niveau 3)

(En bits)

0                      4                      8                                      16                      19    31

N° version de l'IP	Longueur de l'entête, nombre de mots de 32 bits	Type de Service (TOS)	Longueur totale du datagramme en octets (entête comprise)	
N° identification unique pour tous les fragments d'un même datagramme			Flags (2 bits)	Offset du segment par rapport au datagramme original. (nombre de blocs de 8 octets)
TTL(time to live) temps restant à séjourner dans Internet	Protocole de niveau supérieur qui utilise IP		Somme de contrôle de l'entête du datagramme	
Adresse Emetteur IP				
Adresse de Destination IP				
Options IP éventuellement (de 0 à 44 octets ➡ 0 à 10 mots de 32 bits) – Pour tests ou debug				Padding
Données				.....

## Entête TCP (couche transport, segment niveau 4)

**(En bits)**

8

16

31

Identifiant émetteur				Identifiant récepteur				
N° de séquence du premier octet émis contenu dans ce segment								
N° d'acquittement : n° de séquence du prochain octet à recevoir par celui qui envoie ce segment								
Longueur entête en mots de 32 bits + options	réservé	Bits indicateurs						Taille de la fenêtre
		URG	ACK	PSH	RST	SYN	FIN	
Contrôle d'erreur sur l'entête				Fin des données urgentes placées en début des données utilisateur dans le segment				
Options s'il y en a								
Données s'il y en a								

### Exemple n°1: Décoder la **trame Ethernet** suivante

AA AA AA AA AA AA AA AB

08 00 20 0A 70 66 08 00

20 0A AC 96 08 00 45 00

00 28 A6 F5 00 00 1A 06

75 94 C0 5D 02 01 84 E3

3D 05 00 15 0F 87 9C CB

7E 01 27 E3 EA 01 50 12

**10 00 DF 3D 00 00 20 20**

20	20	20	20	9B	52	46	43
----	----	----	----	----	----	----	----

**AA AA AA AA AA AA AA AB** Synchronisation

**08 00 20 0A 70 66** Adresse MAC de destination (constructeur =080020)

**08 00 20 0A AC 96** Adresse MAC source (même constructeur)

**08 00** → Type (ici IP). Si < à 1500 c'est une longueur)

46 octets inférieur à 1500 donc, datagrammes IP

-----contenu du datagramme IP-----

**4** Version IP (ipv4)

**5** Longueur de l'entête ( $5 \times 32 \text{ bits} = 160 \text{ bits}$  ou  $5 \times 4 \text{ octets} = 20 \text{ octets}$ )

**00** Pas de qualité de service

**00 28** Longueur totale (ici 28 en hexadécimal vaut  $2 \times 16$  en décimal soit 40 octets)

**A6 F5** Id du datagramme (numéro quelconque, ne sert que si le datagramme est amené à être fragmenté)

**00 00** Drapeau + déplacement (0=inutile, 0=DF (fragmentation autorisée), 0=MF (pas de fragments à suivre, donc dernier fragment) 00000000000000= déplacement soit place du 1<sup>er</sup> octet transporté, ici 1<sup>er</sup> fragment) [Il s'agit d'un datagramme non fragmenté]

**1A** TTL ( $1A = 1 \times 16 + 10 = 26$  routeurs ou secondes)

**06** Protocole (ici TCP)

**75 94** Bloc de contrôle d'erreur (sur l'en-tête du datagramme)

**C0 5D 02 01** @IP émetteur 192.92.2.1 classe C [pas dans le même réseau]

**84 E3 3D 05** @IP destinataire 132.227.61 classe B

-----contenu = segment TCP d'une longueur de 20 octets (40-20)-----

**00 15** Port source, ici 21 donc serveur ftp

**0F 87** Port destination 3975, port quelconque du client

**9C CB 7E 01** Numéro de séquence (n° du 1er octet transporté émis (tiré au hasard))

**27 E3 EA 01** Numéro de séquence (n° du 1er octet attendu en réception)

**5** Longueur de l'entête du segment (20 octets): on peut donc en déduire que ce segment ne contient pas de données

**012 = 0000 0001 0010** Drapeaux (ici réponse 'ok' d'ouverture de connexion)

0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
6 bits réservés							URG (urgent)	ACK (accusé de réception)	PSH (livraison immédiate)	RST (réinitialisation de la connexion)	SYN (ouverture ou réponse d'ouverture de connexion)	FIN (clôture de la connexion)

**10 00** Taille de la fenêtre, ici 4096 octets. Quantité de données que l'émetteur est autorisé à envoyer sans accusé de réception

**DF 3D** BCE (Bloc de contrôle d'erreur sur le segment entier)

**00 00** Pointeur vers les données urgentes (inutile ici, puisqu'il n'y a pas de données urgentes bit URG=0)

-----Fin du segment TCP (sans données)-----  
 -----Fin des données du datagramme IP-----

**20 20 20 20 20 20** 6 octets de bourrage pour amener la trame Ethernet à la longueur minimale autorisée

**9B 52 46 43** Bloc de contrôle d'erreur de la trame Ethernet

-----Fin de la trame Ethernet-----

Exemple n°2: Décoder la **trame Ethernet** suivante

```

08 00 20 18 ba 40 aa 00
04 00 1f c8 08 00 45 00
00 28 a3 fc 40 00 3f 06
af 63 a3 ad 20 41 a3 ad
80 d4 05 58 00 17 08 8d
de 7e ba 77 66 c9 50 10
7d 78 3c 30 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00
  
```

**08 00 20 18 ba 40**

Adresse MAC de destination

**aa 00 04 00 1f c8**

Adresse MAC source

**08 00**

Type (ici IP)

-----contenu du datagramme IP-----

**4** Version IP (ipv4)

**5** Longueur de l'entête ( $5 \times 32 \text{ bits} = 160 \text{ bits}$  ou  $5 \times 4 \text{ octets} = 20 \text{ octets}$ )

**00** Pas de qualité de service

**00 28** Longueur totale (ici 28 en hexadécimal vaut  $2 \times 16$  en décimal soit 40 octets)

**a3 7c** Id du datagramme (numéro quelconque, ne sert que si le datagramme est amené à être fragmenté)

**40 00** Drapeau + déplacement

**37** TTL (Time to live=63)

**06** Protocole TCP

**a7 63** CRC (Cyclic Redundancy Check) : Bloc de contrôle d'erreur (sur l'en-tête du datagramme)

**a3 ad 20 41** @IP émetteur, ici 163.173.32.65

**a3 ad 80 d4** @IP destinataire, ici 163.173.128.212

-----contenu = segment TCP -----

**05 58** Port source, émetteur ici port 1368

**00 17** Port destination, récepteur, ici port 23 Telnet

**08 8d de 7e** Numéro de séquence (n° du 1er octet transporté émis (tiré au hasard))

**ba 77 66 c9** Numéro d'accusé de réception

**5** Longueur de l'entête du segment (20 octets, en mots de 32 bits) : on peut donc en déduire que ce segment ne contient pas de données

**0 10** Drapeaux

**7d 78** Taille de la fenêtre. Quantité de données que l'émetteur est autorisé à envoyer sans accusé de réception

**3c 30** CRC (Cyclic Redundancy Check) - BCE (Bloc de contrôle d'erreur sur le segment entier)

**00 00** Pointeur vers les données urgentes

-----Fin du segment TCP (sans données)-----

-----Fin des données du datagramme IP-----

**00 00 00 00 00 00** 6 octets de bourrage à 0 rajoutés pour amener la trame Ethernet à la longueur 46 octets pour la partie informations.

**00 00 00 00** CRC (Cyclic Redundancy Check) - Bloc de contrôle d'erreur de la trame Ethernet

-----Fin de la trame Ethernet-----

Les trames IEEE 802.11 – Les trames MAC

0 octet ≤ longueur ≤ 2312 octets

MAC (Media Access Control)

La norme dispose de trois types de trames MAC :

1. **Les trames de données** : transmission des données
2. **Les trames de contrôles** : contrôles d'accès au support (RTS, CTS, ACK, etc.)
3. **Les trames de gestion** : association, réassociation, synchronisation, authentification

Une trame du niveau MAC possède la structure suivante :

2	2	6	6	6	2	6	0 – 2312	4
FC	D /ID	Adresse 1	Adresse 2	Adresse 3	SEQ	Adresse 4	Corps de la trame	FCS

1. **Contrôle de la trame (FC - Frame Control)** : version de protocole, type de trame, ...etc.
2. **Durée (Duration) /ID** : Durée d'utilisation du canal de transmission.
3. **Champ adresses** : Une trame peut contenir jusqu'à 4 adresses (mode ad 'oc adresse 1 destination et adresse 2 source).
4. **Contrôle de séquence** : Pour la fragmentation (numéro de **fragment sur quatre bits** et numéro de séquence de la **trame sur douze bits**).
5. **Corps de la trame** : Charge utile d'au maximum 2312 octets.
6. **FCS (Field Check Sequence)** : Somme de contrôle de niveau MAC :  $x^{32} + x^{26} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$ .

## -----Le champ de « contrôle de trame (FC) »-----

Le champ de « contrôle de trame » situé au début de la trame MAC: FC (Frame Control) - Détail des deux octets de contrôle :

Version du protocole	Type	Sous-type	To DS	From DS	More Frag	Retry	Pwr Mgt	More Data	WEP	Ordre
2 bits	2 bits	4 bits	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit	1 bit

**Version du protocole :** actuellement fixé à 0

**Type et sous-type :** 3 types de trames, plusieurs sous-types

**To DS et From DS:** trame envoyée vers le ou provient le système de distribution “du destinataire”

**More Fragments:**

- = **1** si la trame est fragmentée et ce n'est pas le dernier fragment
- = **0** si la trame est non fragmentée ou c'est le dernier fragment

**Retry = 1:** si retransmission

**Power Management:** mode économie d'énergie (=1) ou actif (=0)

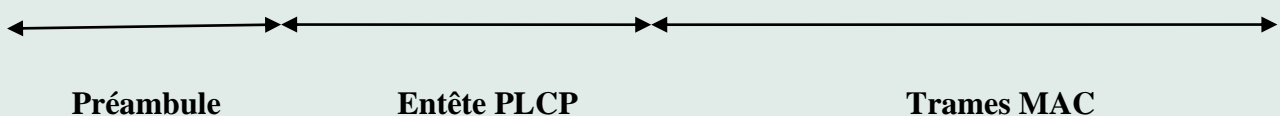
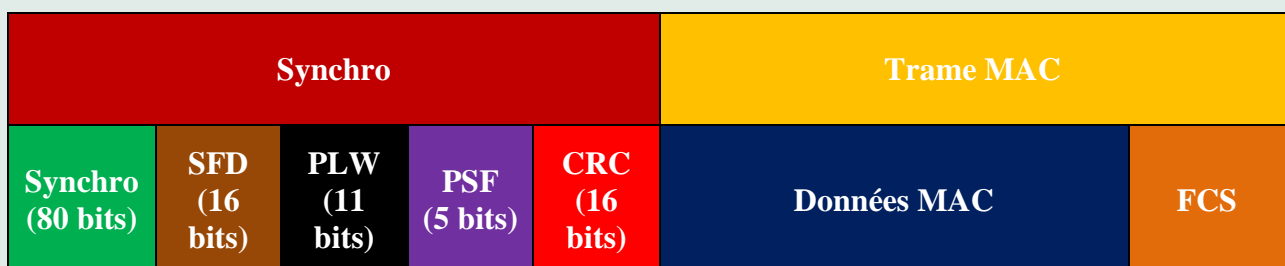
**More Data:** trames présentes en mémoire tampon

**WEP (Wired Equivalent Privacy):** trame chiffrée ou non (trame donnée ou gestion / authentification)

**Order:** classes de service strictement ordonnées (Strictly Ordered Service Class)

## -----Trame physique-----

La **trame MAC** est encapsulée dans une trame au **niveau physique** qui a la structure suivante:



**A. Préambule :** C'est la première capsule de la trame : elle permet d'opérer la synchronisation physique du récepteur.

**1. Synchro :**

- Ce champ sert à la synchronisation du récepteur
- C'est une séquence alternant **0** et **1**, qui est utilisée par le circuit physique pour sélectionner l'antenne appropriée (si plusieurs sont utilisées), et pour corriger l'offset de fréquence et de synchronisation.

**2. SFD : Start Frame Delimiter**

- Un délimiteur de début de la trame
- Permet au récepteur de localiser le début de la trame
- Ce champ est sur deux octets (16 bits)

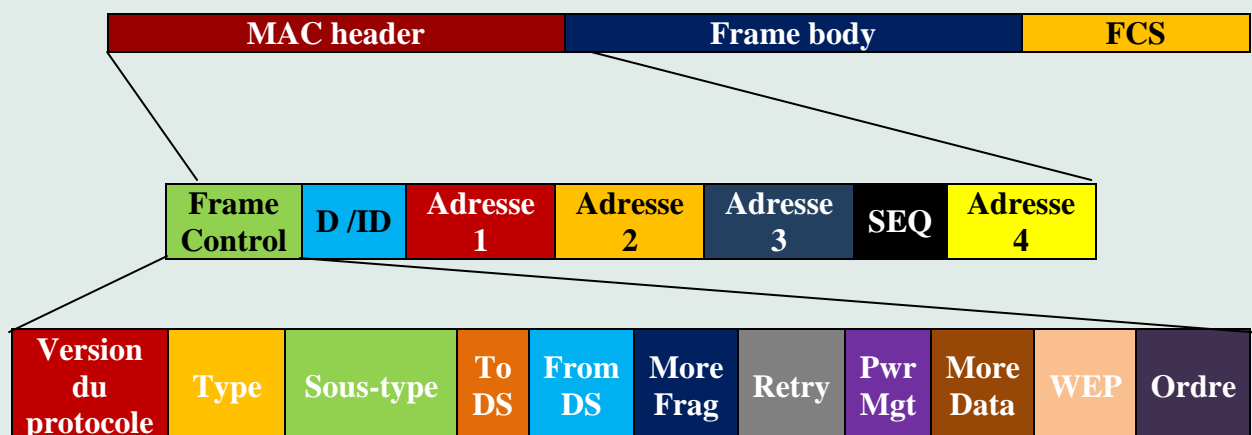
**B. Entête PLCP** (Physical Layer Convergence Procedure) (Trame 802.11) : C'est la seconde capsule de la trame.

**PLCP : informations logiques utilisées par la couche physique pour décoder la trame.**

Comme la norme possède plusieurs niveaux physiques, cette seconde capsule permet d'adapter le niveau physique à la couche MAC :

1. Longueur de mot du **PLCP\_PDU (PLW)** : il représente le nombre d'octets que contient le paquet, ce qui est utile à la couche physique pour détecter correctement la fin du paquet. (paramètre passé par la couche MAC)
2. **Fanion de signalisation PLCP (PSF)** : il contient seulement l'information de taux de débit (vitesse de transmission)
3. **Champ d'en-tête du contrôle d'erreur** : champ de détection d'erreurs CRC 16 bits

Structure générale de trames MAC





## Les trames HDLC

### HDLC (High-Level Data Link Control)

Bits	8	8	8	$\geq 0$	16	8
	01111110	Adresse	Contrôle	Données	CRC	01111110
	Fanion					Fanion

#### Fanion :

- Un seul fanion entre deux trames.
- Emis en permanence lorsqu'il n'y a pas de données à transmettre.
- Bits stuffing des données.

#### Adresse:

- Identifie le destinataire dans une configuration multipoint.
- Permet de distinguer commandes et réponse dans une configuration point à point.

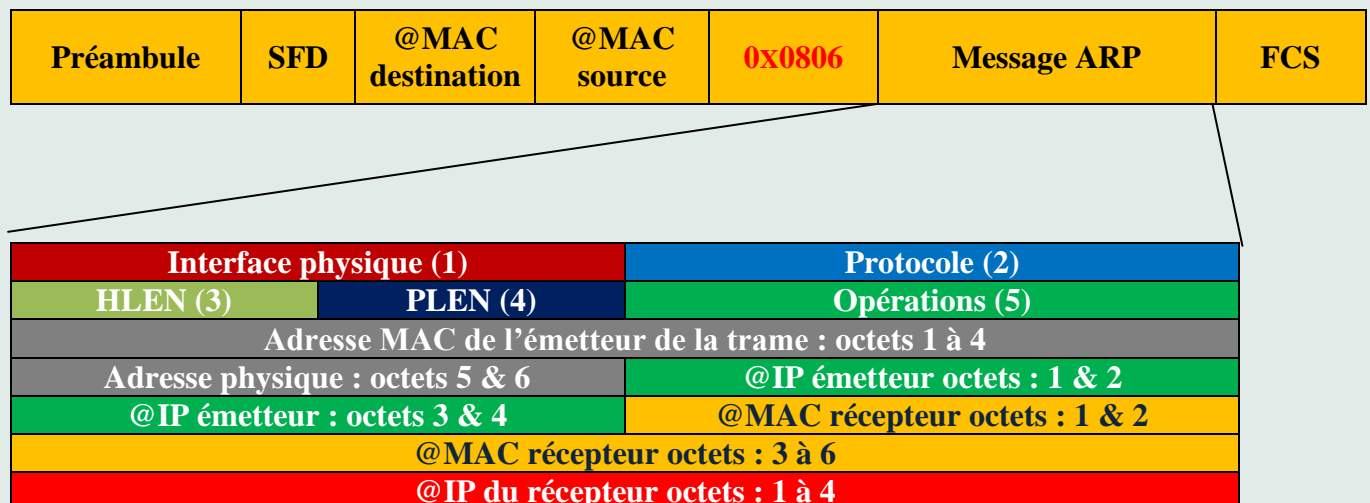
#### CRC (Cyclic Redundancy Check):

- CRC-CCITT
- Polynôme générateur, exemple :  $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

## Les messages ARP

### ARP (Address Resolution Protocol)

#### Encapsulés dans une trame Ethernet



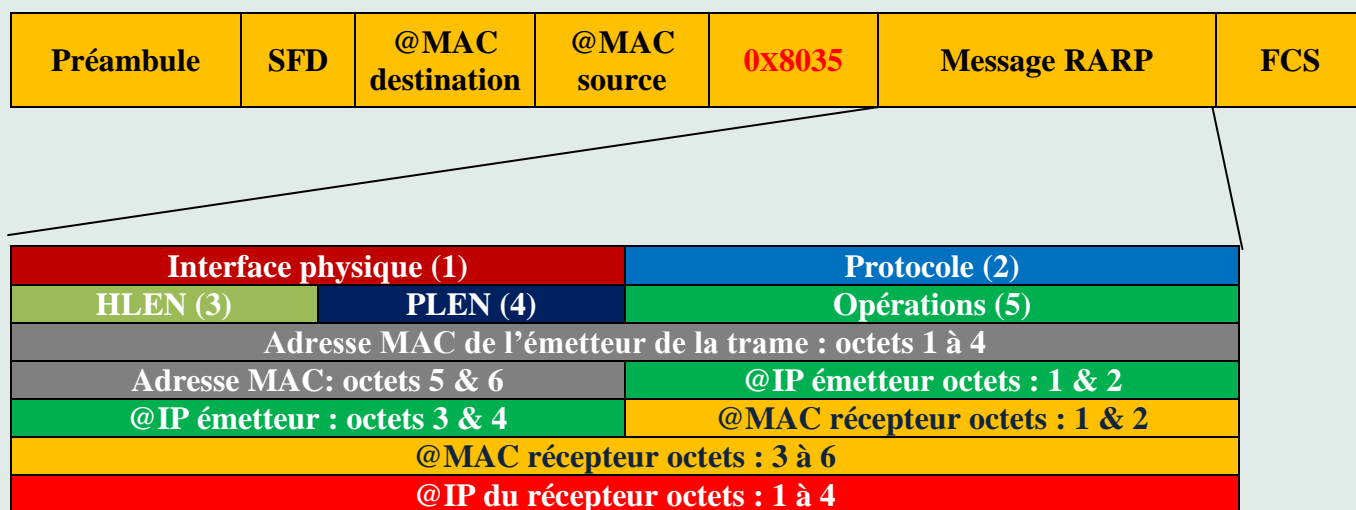
### Longueur de la trame ARP : 28 octets

- (1) : Type de matériel : indique le type de trame physique. **La valeur est 1 pour Ethernet.**
- (2) : Type de protocole : indique le protocole utilisé dans le système d'adressage. **La valeur est 0x0800 pour IP.**
- (3) : HLEN (taille matériel) : longueur des adresses MAC utilisées. **6 octets pour Ethernet.**
- (4) : PLEN (taille protocole) : longueur des adresses utilisées dans le protocole. **4 octets pour IP.**
- (5) : Opérations : **Requête ARP=1**  
**Réponse ARP=2**

### Les messages RARP

#### RARP (Reverse Address Resolution Protocol)

#### Encapsulés dans une trame Ethernet



### Longueur de la trame RARP : 28 octets

- (1) : Type de matériel : indique le type de trame physique. **La valeur est 1 pour Ethernet.**
- (2) : Type de protocole : indique le protocole utilisé dans le système d'adressage. **La valeur est 0x0800 pour IP.**
- (3) : HLEN (taille matériel) : longueur des adresses MAC utilisées. **6 octets pour Ethernet.**

- (4) : PLEN (taille protocole) : longueur des adresses utilisées dans le protocole. **4 octets pour IP.**
- (5) : Opérations : **Requête ARP=3**  
**Réponse ARP=4**