

Ethernet

Bien débiter



Différence entre Internet et Ethernet ?



Sommaire

De quoi s'agit-il ?

01

La norme ethernet

02

Câblage et équipements

03

L'adresse MAC

04

La trame ethernet

03

Switch et VLAN



La norme ethernet





Une rapide définition

Ethernet est un ensemble de protocoles permettant la mise en place de **réseaux locaux filaires** (*Local Area Network* ou **LAN**).

Défini par la norme **IEEE 802.3**, il s'agit aujourd'hui du protocole le plus couramment utilisé pour les réseaux filaires.

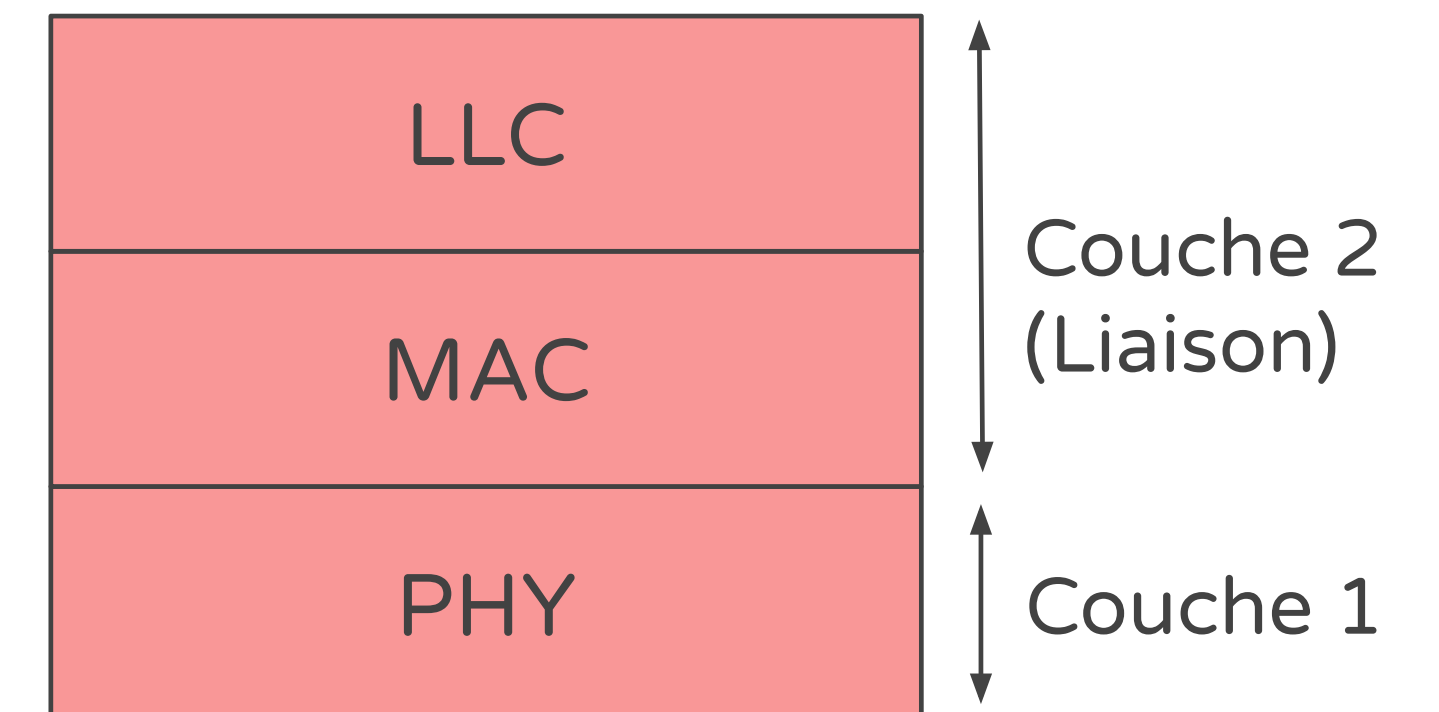
Née dans les années 70, elle offre des débits allant de 10 Mbps à 400 Gbps.



Architecture en couche IEEE

Définie par IEEE 802 et commune aux protocoles IEEE :

- Une couche **PHYsique** (couche 1 OSI)
- Une couche **Liaison** (couche 2 OSI) :
 - Une sous-couche **MAC** (*Medium Access Control*) spécifique à chaque protocole
 - Une sous-couche **LLC** (*Logical Link Control*) commune à tous les protocoles IEEE





Résumé des normes IEEE

IEEE 802 : Overview & Architecture

IEEE 802.1 : Bridging & Management

IEEE 802.2 : Logical Link Control (la couche LLC commune)

IEEE 802.3 : Ethernet

IEEE 802.11 : Wireless LAN (WiFi)

IEEE 802.15 : Wireless PAN (bluetooth)

IEEE 802.16 : Broadband Wireless MAN (WiMAX)



Les normes qui composent ethernet

Pour la couche Physique (couche 1 OSI) :

- Type de médium
- Débit
- Portée
- Taux d'erreur
- etc.



Les normes qui composent ethernet (suite)

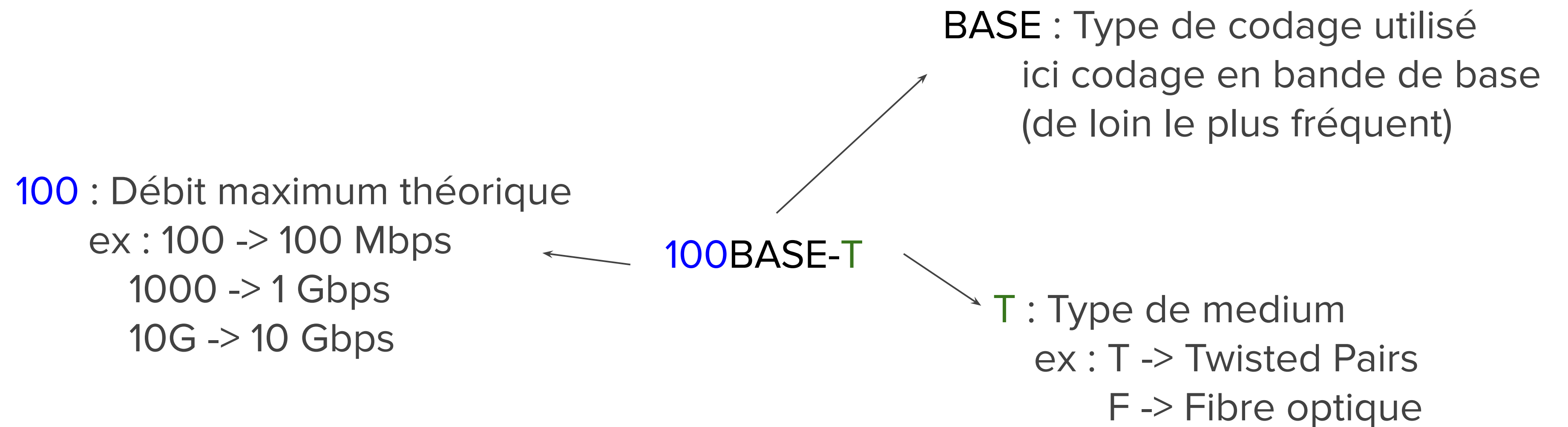
Pour la sous couche MAC (partie basse couche 2 OSI) :

- Format du PDU (Trame)
- Adresses
- Technique de partage du médium (CSMA/CD si nécessaire)

Le modèle IEEE prévoit d'utiliser LLC entre MAC et le protocole de niveau 3 (réseau) mais dans le cas d'IP, elle n'est en général pas utilisée.



Les normes PHY



Débit de: 2,3 Mbps (1ère version expérimentale) -> 400 Gbps

Objectifs : Ethernet 1,6 Tbps. Voir [Ethernet roadmap](#)



Détail sur le débit



Le débit est donné en bit/s (par multiple de 1000):

k → kilo : 1000

M → Mega : 1 000 000

G → Giga : 1 000 000 000



8 bits = 1 octet

donc 8 Mb = 1 Mo ⇒ pour volume de stockage



Câblage et équipements

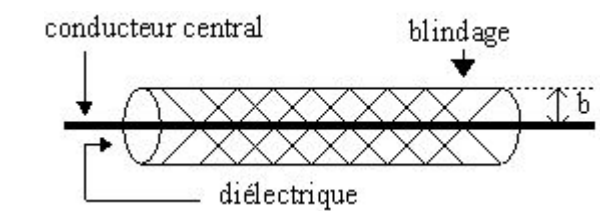




Câble coaxial

Le câble coaxial ou ligne coaxiale est une liaison asymétrique, utilisée en basses/hautes fréquences, composée d'un câble à deux conducteurs (central et extérieur).

Utilisé dans les premières versions d'ethernet.



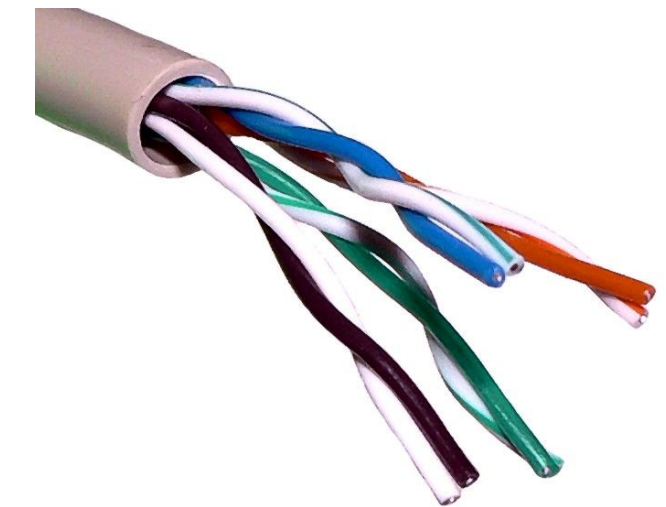


Paire torsadée (câble)



Une paire torsadée est une ligne symétrique formée de deux fils conducteurs enroulés en hélice l'un autour de l'autre (limitation de la sensibilité aux interférences et à la diaphonie).

En général 4 paires torsadées (donc 8 fils).



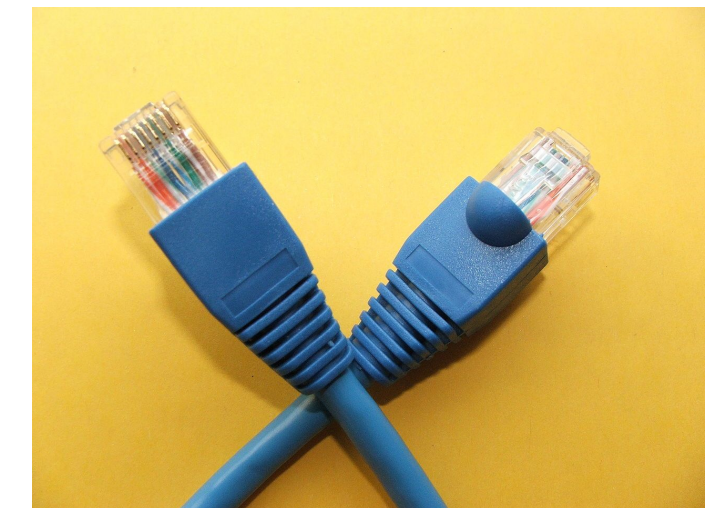


Câble RJ45 (connecteur)

RJ45 est le nom du connecteur (prise) utilisé au bout des câbles 4 paires torsadés.

Ces câbles sont généralement appelés "**câbles RJ45**".

A ne pas confondre avec le RJ11 proche mais un peu plus petit utilisé en téléphonie cuivre.



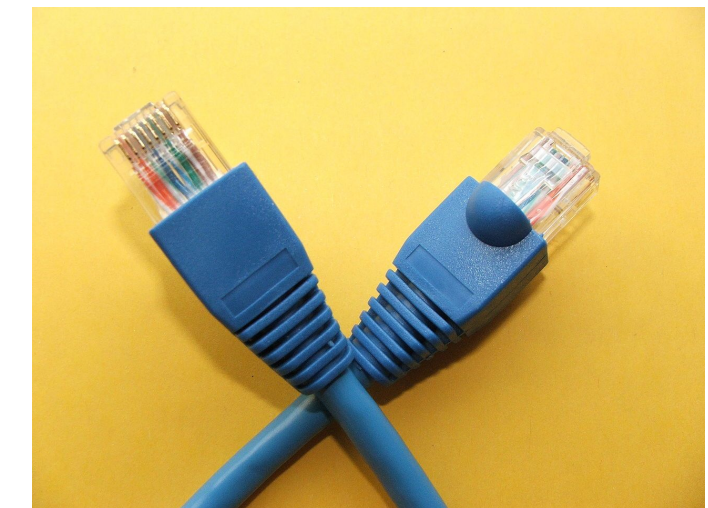


Câbles droits ou croisés

Ethernet par paires torsadées utilise des paires pour émettre et d'autres pour recevoir.

2 types de prises/câbles :

- Droits (MDI) entre les hôtes (ordinateurs)
- Croisés (MDI-X) entre les équipements d'interconnexion (switch, routeur, etc.)

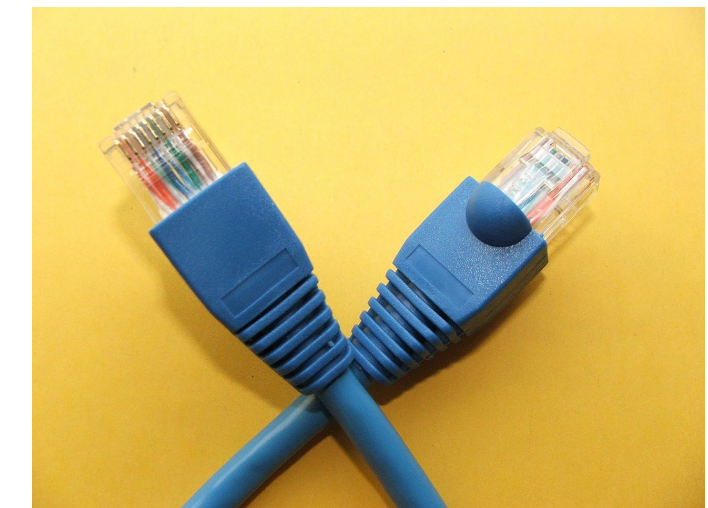




Câbles droits ou croisés (suite)

Pour la connection entre 2 prises dans le même sens, on utilise des câbles croisés.

Auto MDI/MDIX permet aux prises de se croiser au besoin et rend l'utilisation de câbles croisés de plus en plus rare.





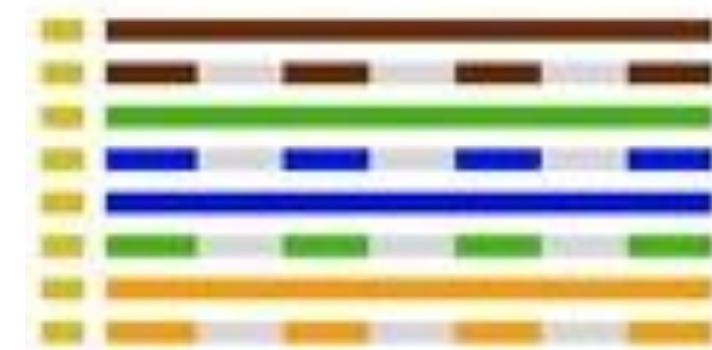
Câbles droits ou croisés (suite)



Cable droit



Cable croisé





Catégorie usuelles de câbles RJ45



Catégorie	Débit	Distance maximum
CAT 8	25-40 Gb/s	30 m
CAT 7	10 Gb/s	100 m
CAT 6a	10 Gb/s	100 m
CAT 6	1/10 Gb/s	100/50 m
CAT 5e	1 Gb/s	100 m
CAT 5	100 Mb/s	100 m



Type de blindage RJ45

Le blindage des câbles est définie par un code sous la forme “<Lettre> / <Lettre>TP” :

- La 1ere lettre définit le blindage global
- La 2eme définit le blindage des paires

Signification :

- **U** : *Unshielded* (non blindé)
- **F** : *Foiled* (blindage par feuillard d'aluminium)
- **S** : *Shielded* (blindage par tresse d'aluminium ou de cuivre)
- **SF** : Double blindage (tresse et feuille)



Type de blindage RJ45 (suite)

Ce qui donne les niveaux de blindage :

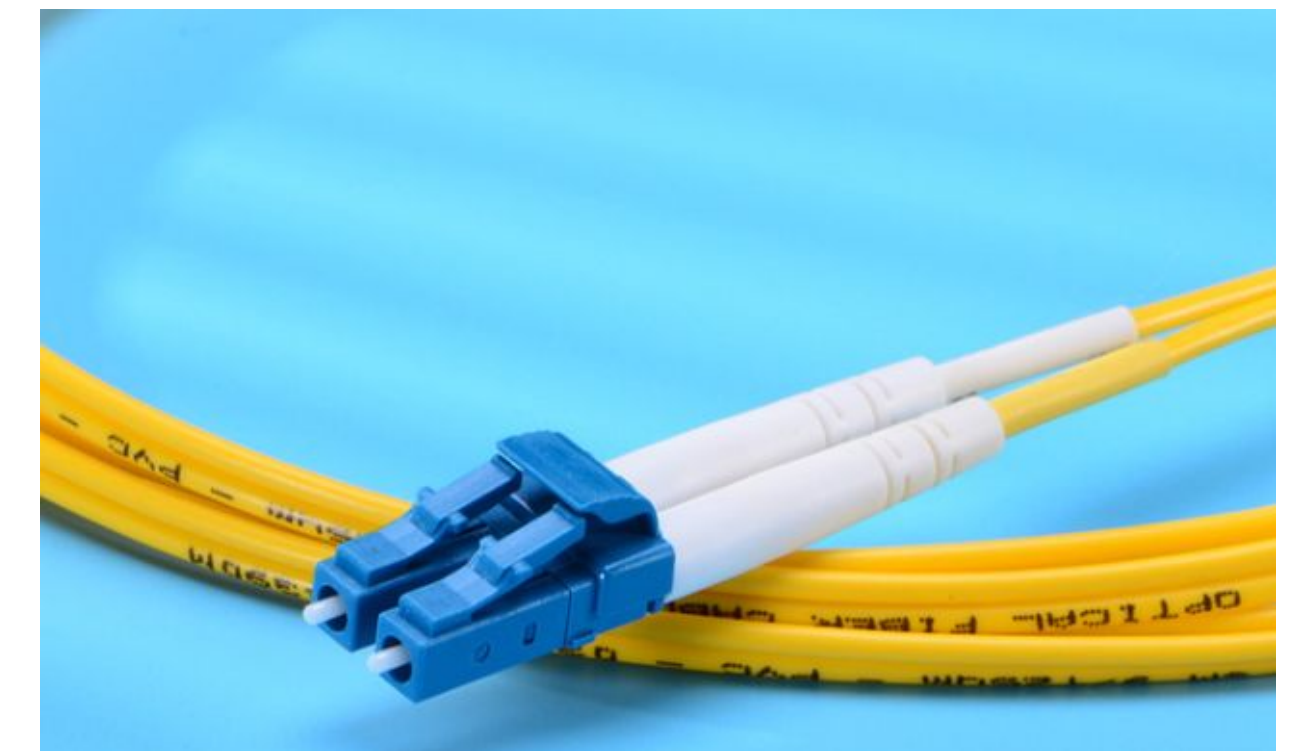
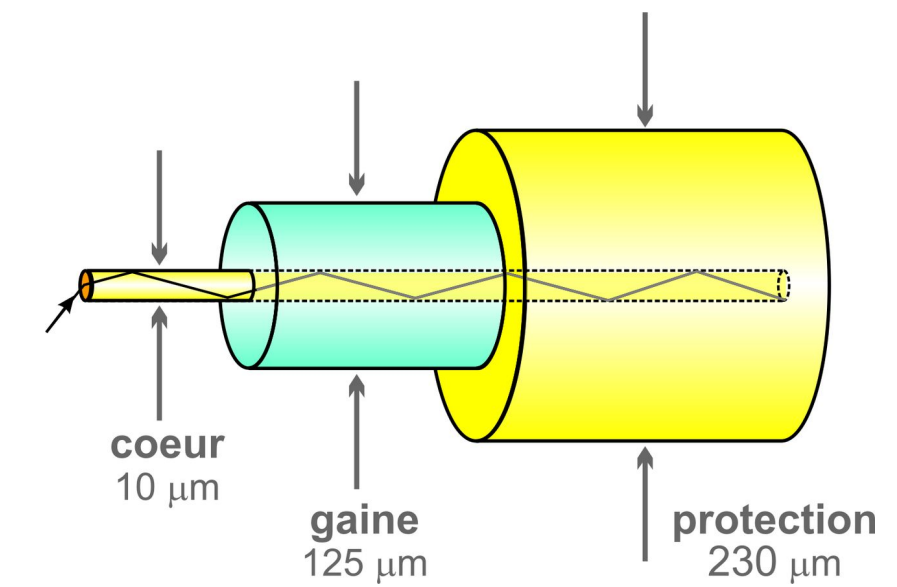
- **U/UTP** = non blindé
- **F/UTP** = Blindage général (pas de blindage sur les paires)
- **U/FTP** = Blindage uniquement sur les paires
- **F/FTP** = Blindage général et un blindage sur chaque paire
- **S/FTP** = Blindage général en tresse de cuivre étamé et un blindage sur chaque paire
- **SF/UTP** = Blindage général ++



La fibre optique

Une **fibre optique** (ou **FO**) est un fil dont l'âme, très fine, en verre ou en plastique, a la propriété de conduire la lumière et sert pour la transmission de données numériques.

Plus fragile que les câbles cuivres, elle est résistante aux interférences électromagnétiques et permet d'obtenir de meilleurs débits et/ou de plus grandes distances.





Les types de fibres

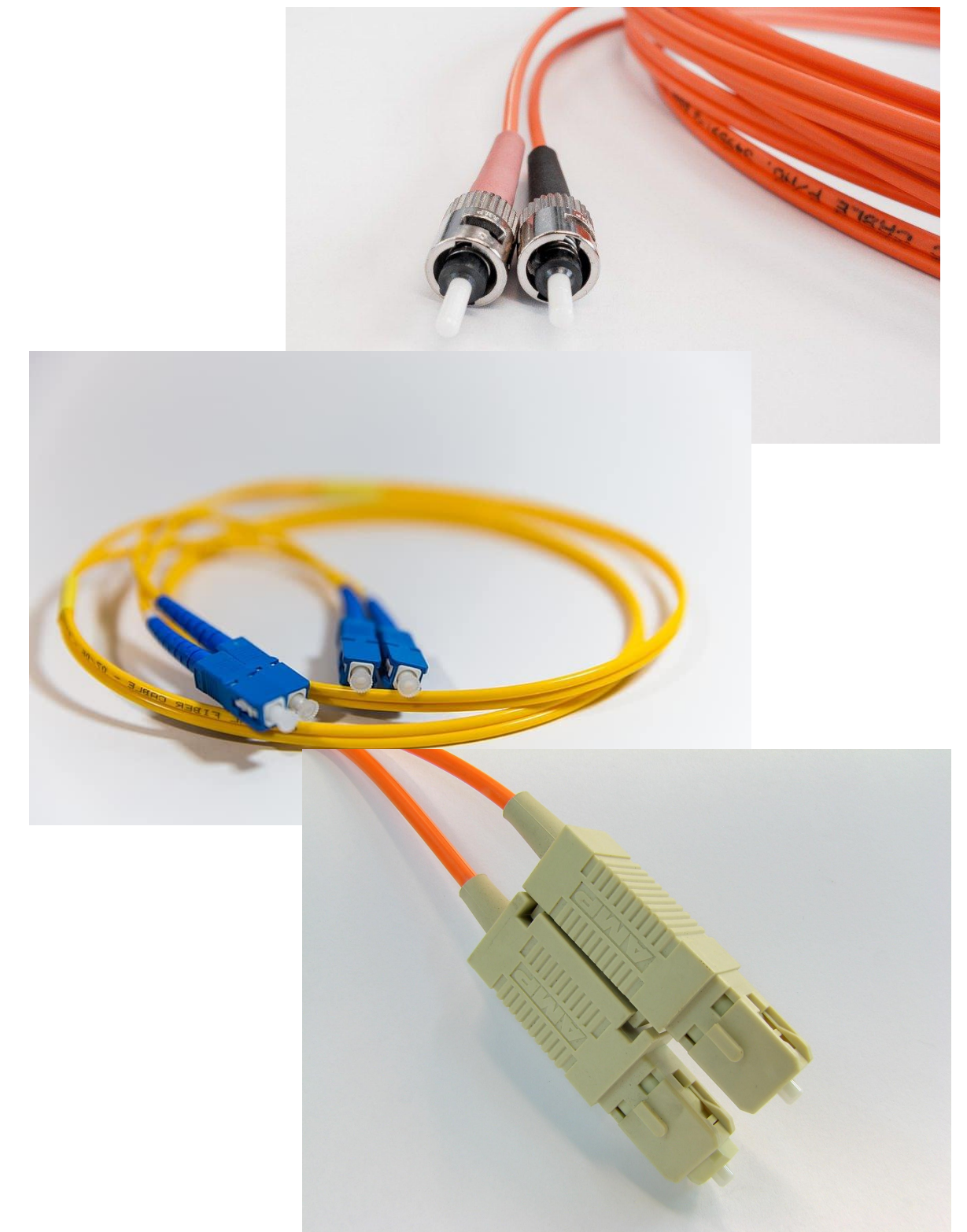
Fibre multimode (MMF) :

- Moins chère
- Moins fine
- Moins longue distance

Fibre monomode (SMF) :

- Plus chère
- Plus fine (donc fragile)
- Plus longue distance

Nombreux [formats de connecteurs](#).





La carte réseau

Périphérique informatique qui est composé d'éléments électroniques soudés sur un circuit imprimé.

Lien matériel physique pour se connecter à un réseau.

Liée à l'adresse MAC.

De nos jours, contenue dans l'ensemble des appareils connectés qui nous entourent.



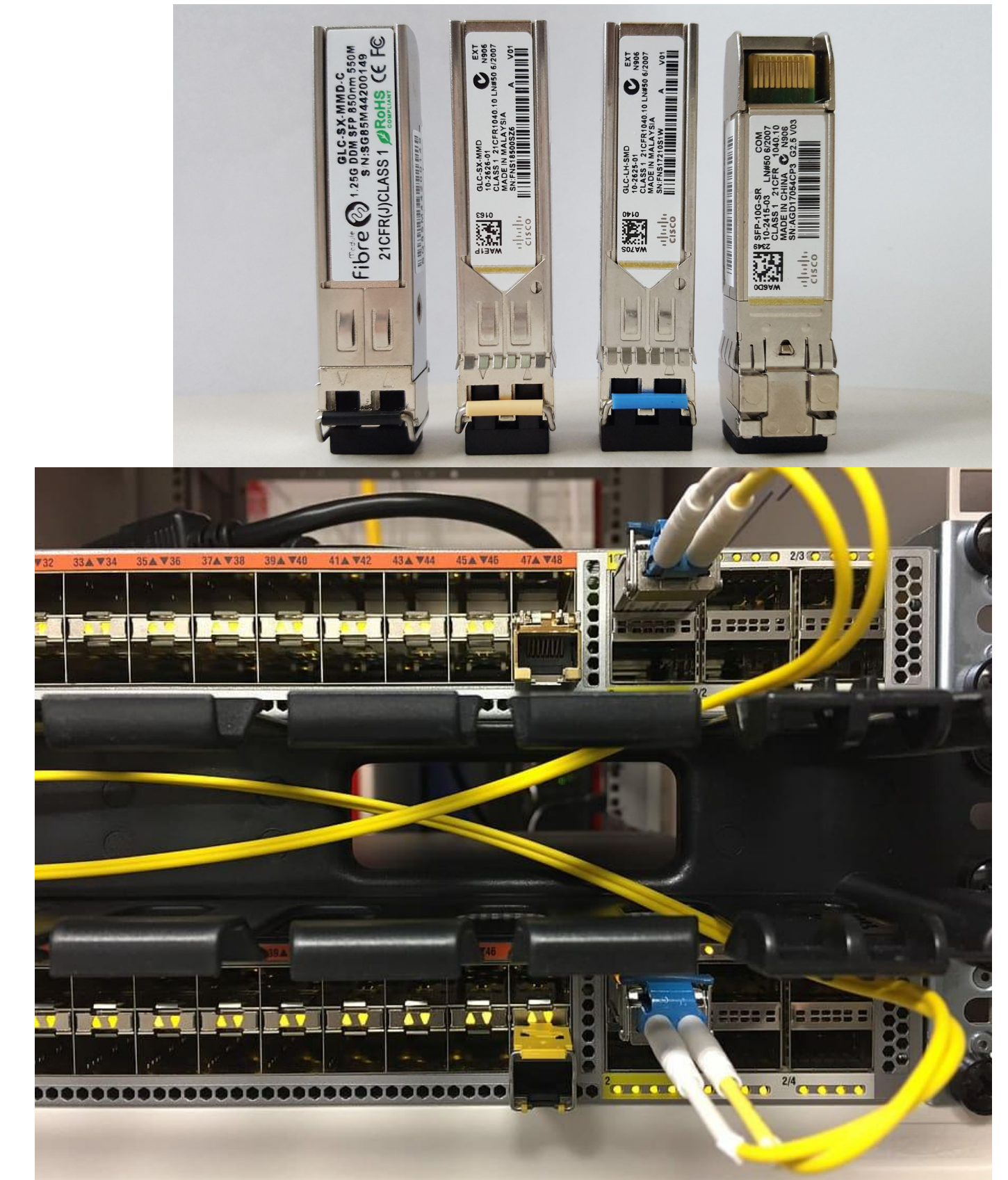


Les emetteur-recepteurs

Il faut un module réseaux particulier pour émettre et recevoir sur la fibre :

- [GBIC](#)
- [SFP](#)
- [QSFP](#)
- [CFP](#)
- [XFP](#)

Ces modules doivent en général être acheté en plus de l'équipement





Les concentrateurs/hubs

Les **concentrateurs** (ou *hub*) sont des répéteurs multiports (couche physique 1).

Ils permettent donc de simuler un bus sur une topologie en étoile.

Équipement d'interconnexion classique de l'ethernet 10base-T => aujourd'hui obsolètes.

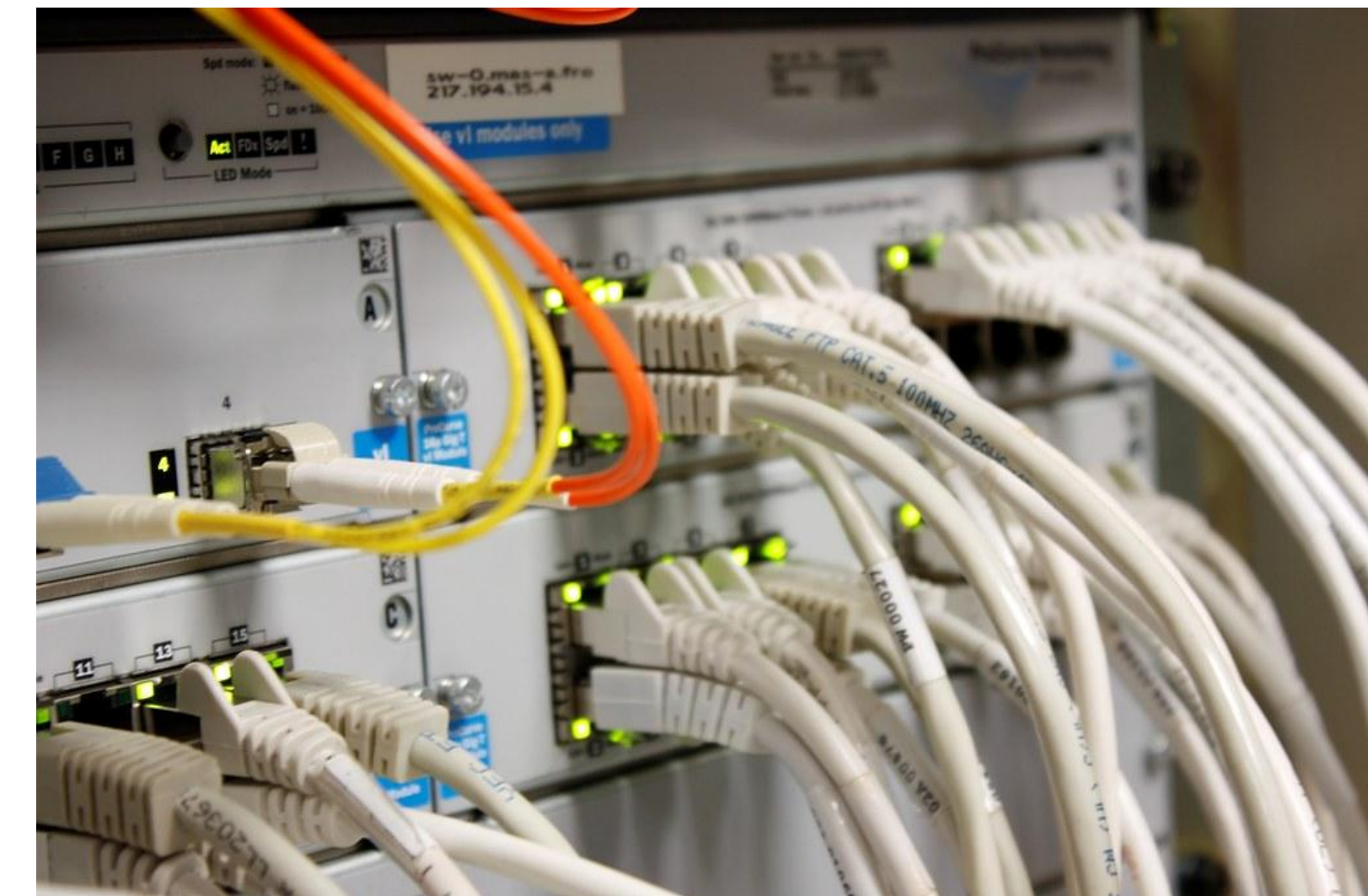




Les commutateurs/switch

Les **commutateurs** (ou *switch*) sont des ponts multiports (couche liaison 2).

Objectif : transmettre les trames uniquement au destinataire.
Équipement d'interconnexion standard d'ethernet aujourd'hui.





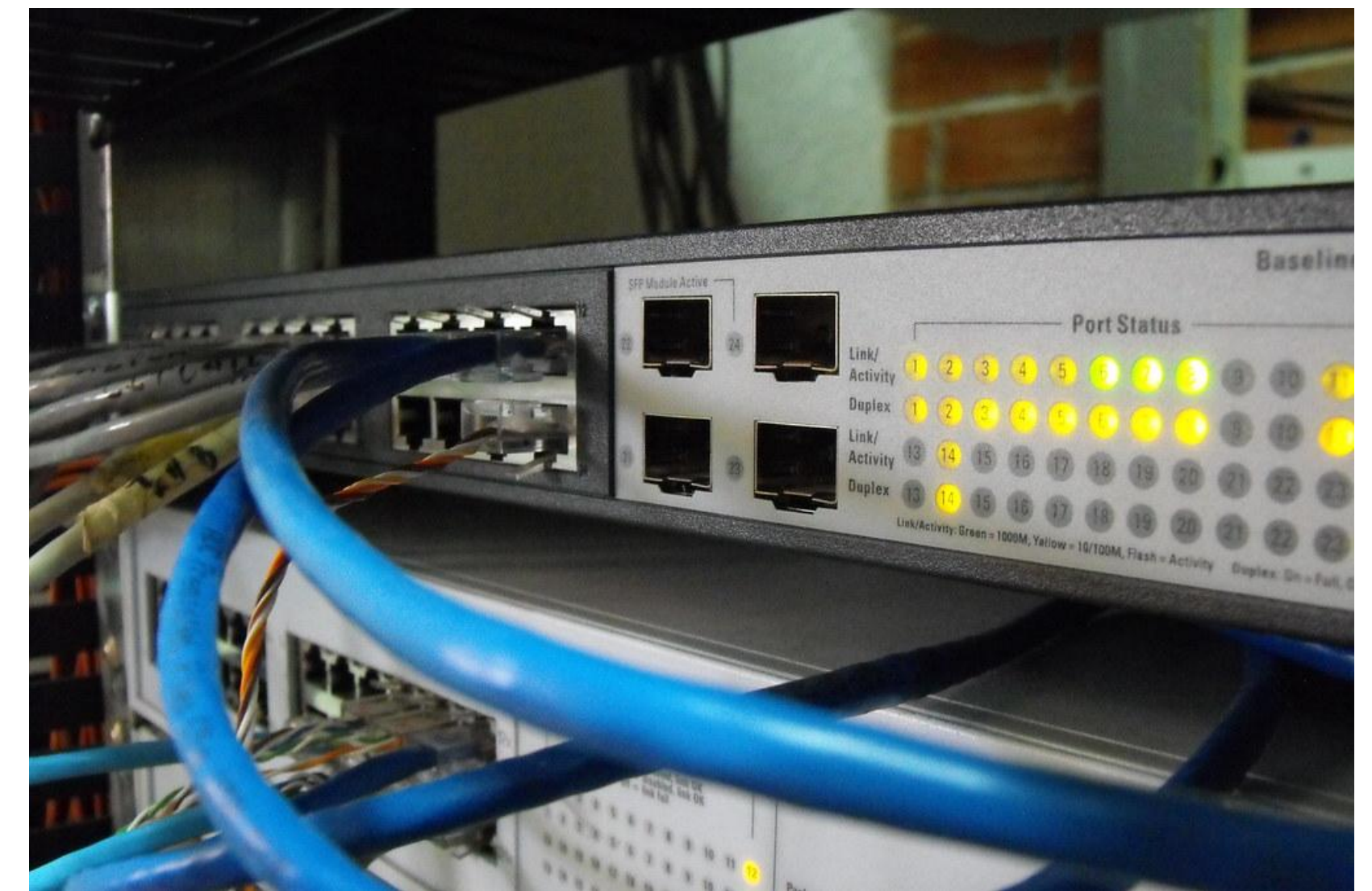
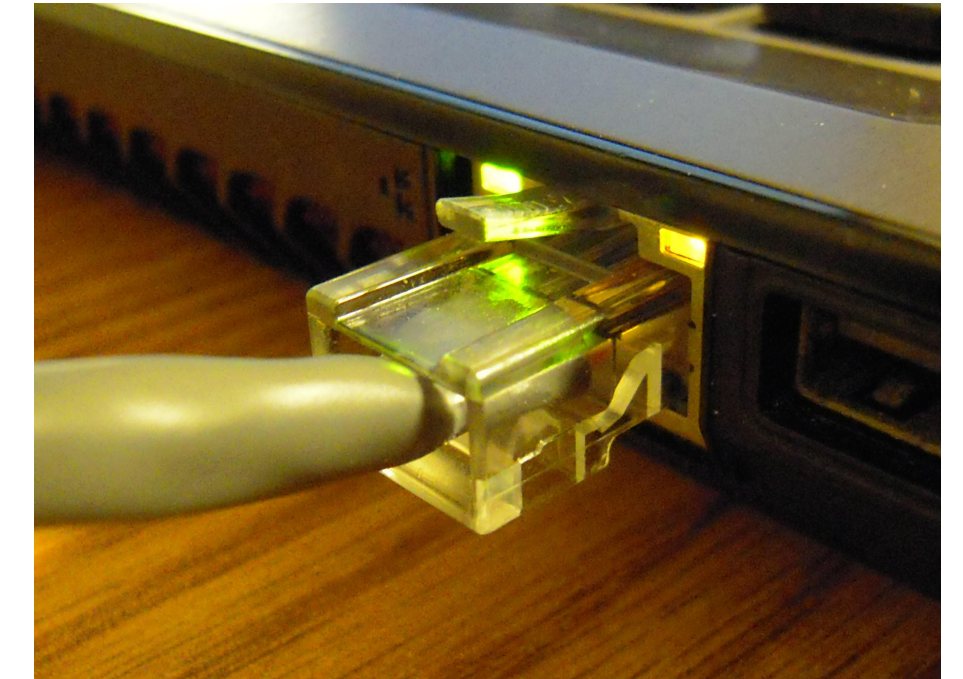
Les ports

Les ports ethernet disposent en général de 2 diodes de contrôle :

- **link** : indique si le lien physique est opérationnel
- **activity** : clignote en fonction de l'activité

=> Vérifier **link** est le premier contrôle réseau à faire !

Sur les switches, les diodes peuvent être regroupées.





L'adresse MAC





Préciser le destinataire

Les réseaux Ethernet comporte en général plus de 2 hôtes. Historiquement en **bus** (un câble unique partagé par tous les hôtes), chaque hôte reçoit toutes les informations.
=> Il doit pouvoir connaître le destinataire de l'information (notamment pour savoir si c'est pour lui !)

Ethernet suppose donc que chaque interface réseau dispose d'au moins une adresse physique unique sur le réseau :

L'adresse MAC.



Le problème de l'adressage

Comment s'assurer que toutes les adresses MAC utilisées sur un même réseau physique sont uniques ?

Approche IEEE :

- Les adresses sont stockées dans les interfaces à la construction du matériel
- L'IEEE attribue un préfixe unique à chaque constructeur
- Chaque constructeur est en charge d'assurer l'unicité du suffixe de chacune de ses cartes
- Assure l'unicité globale des adresses



Problèmes restants



Les écueils :

- Il est possible de changer l'adresse MAC d'une carte
- Toutes les cartes ne sont pas gérées par un constructeur
 - Par ex. : les VM

L'IEEE prévoit donc :

- Des adresses censées être uniques globalement
 - À condition que personne ne change les adresses sans respecter les règles (Parenthèse cybersécurité : ne faites pas confiance aux MAC)
- Des adresses localement uniques
 - Gérée localement par les administrateurs des réseaux



Le format des adresses MAC

Adresse de 48 bits (6 octets)

Notée par octet en hexa séparé par “:”

- 7ème bit : U/L
 - 0 : Universelle (globalement unique)
 - 1 : Locale
- 8ème bit : I/G
 - 0 : Individuelle (adresse d'un hôte)
 - 1 : Groupe (adresse d'un ensemble d'hôte)

Adresse de diffusion (Broadcast) : FF:FF:FF:FF:FF:FF



Consulter son/ses MAC sur Linux

ip link show (en abrégé : **ip l**)
spoiler : wifi utilise aussi les
adresses MAC

```
wilder@host:~$ ip l
2: enp52s0: <NO-CARRIER,BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500
   qdisc fq_codel state DOWN mode DEFAULT group default qlen 1000
   link/ether d4:93:90:05:2c:1c brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
3: wlp0s20f3: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500
   qdisc noqueue state UP mode DORMANT group default qlen 1000
   link/ether 70:1a:b8:b1:ec:2f brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```



Consulter son/ses MAC sur Windows



Avec PowerShell :
Get-NetAdapter

```
PS C:\Users\wilder> Get-NetAdapter
```

Name	InterfaceDescription	IfIndex	Status	MacAddress	LinkSpeed
Ethernet	Intel(R) PRO/1000	6	Up	08-00-27-BF-01-6F	1 Gbps



La trame ethernet





Le format général de la trame

La trame ethernet est constituée des éléments suivants :

- Un **début de trame** (ou préambule)
- Un **MAC header** (entête de liaison):
 - **Adresse MAC de destination**
 - **Adresse MAC source**
 - **EtherType** (type de contenu)
- Le datagramme IP : les données à transporter



Le format général de la trame (suite)

- Un **CRC checksum** (somme de contrôle) ou **FCS** (*Frame Check Sequence*) => permet de vérifier si la trame n'a pas été altérée pendant le trajet

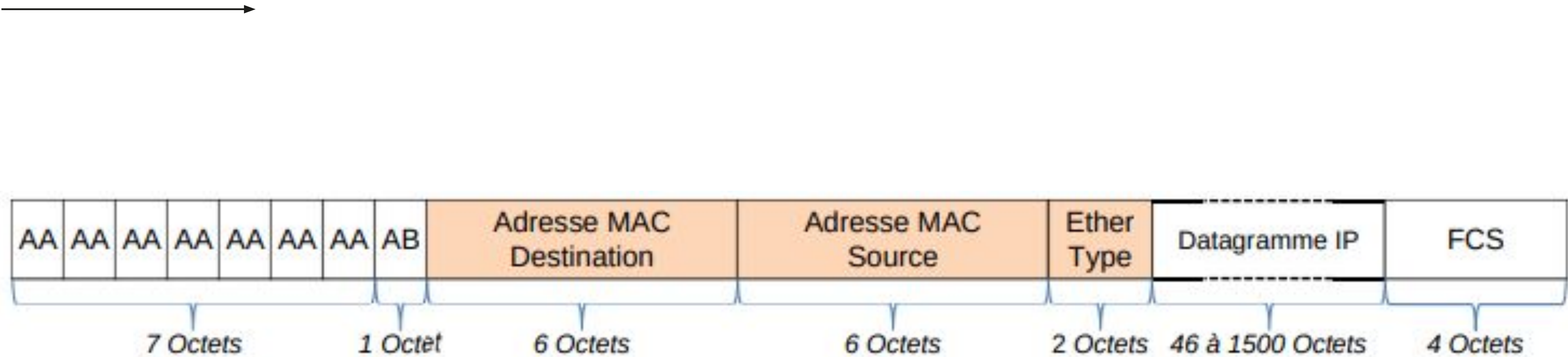
Pour pouvoir être traités, ces différents éléments sont de taille et de position fixe !

La trame sous cette forme est :

- Pour le modèle OSI sur la couche 2 (liaison de données)
- Pour le modèle TCP/IP sur la couche 1 (réseau)



Schéma général de la trame ethernet





Début de trame

Le début de la trame annonce une trame ethernet.

Il est composé de :

- 7 octets de valeur **10101010 (0xAA)**
- 1 octet de valeur **10101011 (0xAB)** : **SFD** (*Starting Frame Delimiter*) \Rightarrow doit être reçu en entier pour valider le début de la trame.

Le début de trame permet la synchronisation des équipements.

Le préfixe de chaque trame est donc :

10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010
10101010 10101011



MAC header (ou en-tête de liaison)

Suite de 14 octets:

- **6 octets** (48 bits) pour l'**adresse MAC destinataire**
- **6 octets** (48 bits) pour l'**adresse MAC de l'émetteur**
- **2 octets** (16 bits) pour l'**EtherType**

Rappel :

Les adresses MAC sont 6 paires de nombres hexadécimaux.

Par exemple :

0F:B4:AA:07:F4:1A



EtherType

Valeur possible :

- Jusqu'à 1500 (0x5DC) : Interprété comme
le champ "longueur"

⇒ nombre d'octets du champ "donnée"

À partir de 1536 (0x600): Interprété comme
le champ "Type"

⇒ nature du protocole de niveau supérieur

ex: IPV4, WoL, ...

Ethertype	Protocole
0x0800	IPv4
0x0806	ARP
0x8035	RARP
0x86DD	IPv6

[Quelques ether types](#)



Données transportées (Payload)

- Elles sont véhiculées par la trame.
- Emission => Encapsulation du PDU de la couche supérieure (ex. : un paquet IP)
- Réception => PDU transmis au protocole indiqué par le champ EtherType.
- Taille min/max des données: 46 octets / 1500 octets
- Si la longueur est inférieure à 46 octets, des octets à 0 (**octets de bourrage** ou ***padding***) sont utilisés pour compléter.
- La taille maximum des payload d'un lien réseau = **MTU** (*Maximum Transmission Unit*)



En-tête IP

Elle constitue le début du payload.

L'en-tête IP est constitué de :

- **L'adresse IP source**
- **L'adresse IP destination**

Elle est ajoutée :

- Pour le modèle OSI sur la couche 3 (Réseau)
- Pour le modèle TCP/IP sur la couche 2 (Internet)



CRC checksum

Le **CRC** (*Cyclic Redundancy Code*) est un champ de contrôle de la redondance cyclique (4 octets).

Il permet de s'assurer que la trame a été correctement transmise et que les données peuvent donc être délivrées au protocole destinataire.

Ethernet est un protocole “best effort” : en cas d'erreur de transmission (le CRC reçu est différent du CRC calculé à la réception) => la trame est détruite.



Le gap inter trame

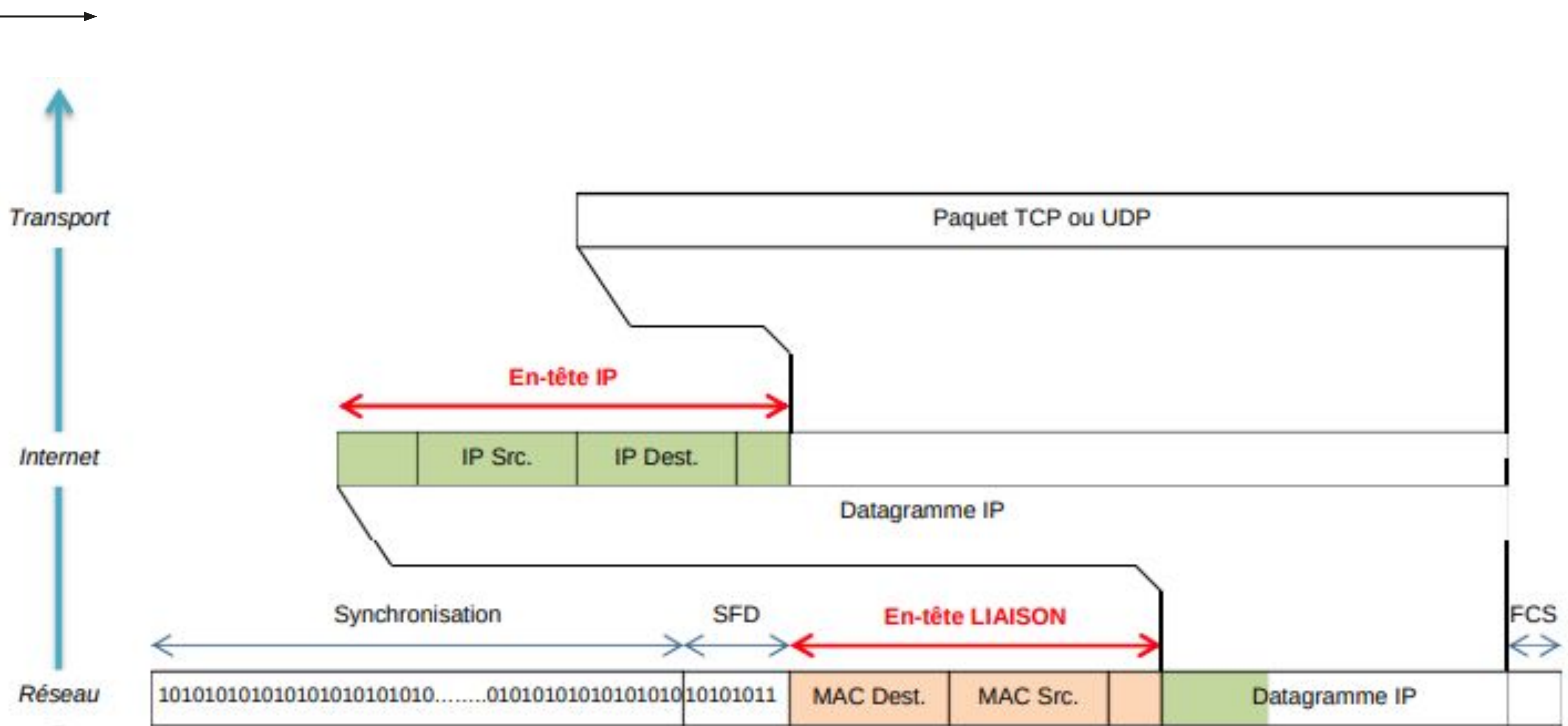


Les trames avec un **EtherType** > 1536 sont dites Ethernet 2.
La taille du payload (de 46 à 1500 octet) est donc inconnue.

Ethernet prévoit un "blanc" appelé ***Interframe gap*** entre 2 trames.
Ce blanc correspond à la durée d'émission de 96 bits.
C'est ce gap inter trame qui marque la **fin de la trame**.

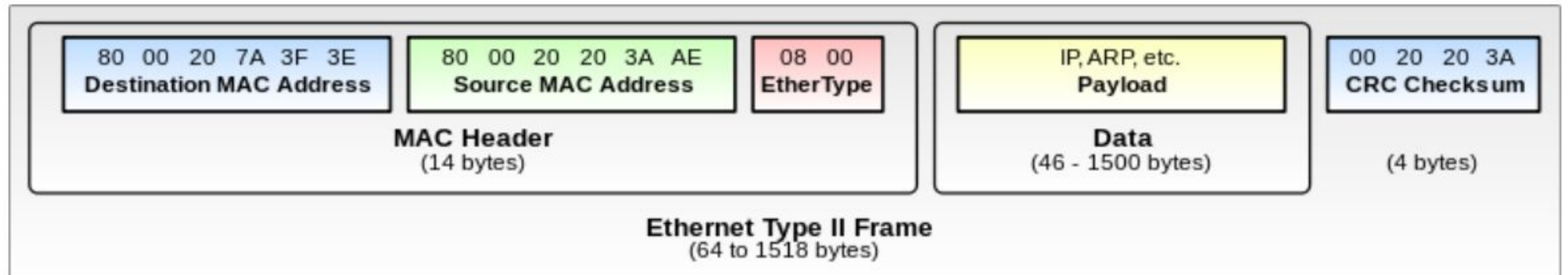


Schéma de la structure





Trame complète



1 byte = 1 octets = 8 bits
Taille de la trame: de 64 à 1518 octets



Switch et VLAN





Commutateur

Équipement de niveau 2 (travaille avec les trames) - Pont
Sépare les domaines de collisions.

Ensemble de ports => ensemble de réseaux ethernet.

Rôle : créer un canal spécifique pour chaque communication

Moyen :

- Utilise les adresses MAC
- Construit une table de correspondance MAC <-> ports



Gestion des trames sur un commutateur

Apprentissage (learning) :

À l'arrivée d'une trame sur un port :

- Il regarde l'adresse MAC source
- Enregistre dans sa table MAC la relation Adresse MAC/port du commutateur

Inondation (flooding) :

À l'arrivée d'une trame dont la destination est inconnue (absente de la table MAC) :

- Envoi la trame à tous les matériels



Gestion des trames sur un commutateur (suite)

Réexpédition (forwarding) :

À l'arrivée d'une trame dont la destination est connue :

- La trame est envoyée uniquement sur le port destinataire

=> Principe de la commutation (différent du hub)

Filtrage (filtering) :

Si l'adresse source et destination sont sur le même port :

- Pas de transmission

Ex. : Un port est relié à un hub



Gestion des trames sur un commutateur (suite)

Vieillessement (aging) :

La table MAC est vidée cycliquement pour chaque entrée

- Disparition des entrées sans activité (suppression de la table MAC)
- La mémoire limitée



Autres fonctions d'un commutateur

- [Empilable](#) (stack)
- [Agrégation de liens](#) (ex. : LACP 802.3ad)
- [SNMP](#)/SMON (Protocole de supervision)
- Gestion de la redondance ([SPB 802.1aq](#))
- Duplication de trafic ([Port mirroring](#))
- Authentification ([802.1x](#))
- Filtrage
- Cloisonnement (VLAN)
- Support de la qualité de service ([802.1p](#))



Réseaux locaux virtuels

Les **VLAN** (*Virtual LAN*) permettent de segmenter un réseau ethernet :

- Séparer les domaines de diffusion (*broadcast*)
- Les hôtes sur des VLAN différents ne peuvent plus communiquer
- Sans avoir besoin d'avoir des réseaux physiques

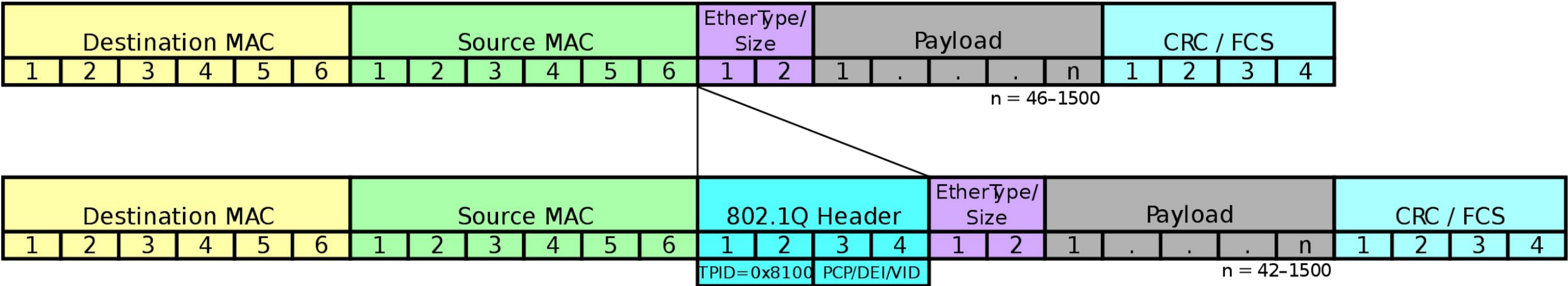
Consiste sur un switch à affecter un ensemble de port à un VLAN.



IEEE 802.1Q

Pour des VLAN inter-switch (entre switch) on utilise IEEE 802.1Q :

- Ajoute un en-tête (4 octets) après l'entête ethernet
- 2 octets *Tag Protocol Identifier* (EtherType de 802.1Q)
- 2 octets *Tag Control Information* - Information QoS (802.1p) + VLAN id





VLAN inter switch

Ces trames 802.1Q ne circulent que sur les liens inter switch :

- Le switch ajoute cet entête en fonction du port émetteur (et du VLAN auquel il appartient)
- Re-calcul le CRC

À réception le switch ôte cet en tête avant de transmettre à la destination (et re-calcul à nouveau le CRC).



Autres extensions notables

Autonégociation (apparu avec Fast Ethernet 100 Mbps) :

- Les cartes négocient le débit et le duplex (half/full)

Power over Ethernet (PoE) :

- Permet l'alimentation électrique via les câbles ethernet

Les **jumbo frames** : augmentation du MTU de 1500 jusqu'à 9000.



En résumé

A retenir

- Aperçu des normes ethernet 802.3
- Structure d'une adresse MAC
- Format des trames ethernet 2
- Notion de MTU
- La commutation ethernet
- Les VLAN



MERCI

pour votre participation.

C'est à vous maintenant.

Des questions ?

Des remarques ?

