



# iutenligne

Le catalogue de ressources pédagogiques  
de l'enseignement technologique universitaire.

I.U.T. de Mulhouse – G.E.I.I.

RES3 - Réseaux

**CM 4 :**  
**Modèle OSI**  
**Ethernet**  
**Encapsulation**



- *CM 1 : Généralités Réseaux*
- *CM 2 : Topologie et supports de transmission*
  - *TD 1 : Débit et technologie ADSL*
- *CM 3 : Codage des informations et contrôle d'intégrité*
  - *TD 2 : Codage des informations et contrôle d'intégrité CRC*
- **CM 4 : Modèle OSI / Ethernet**
- **CM 5 : Couches transport et réseau (TCP/IP)**
  - TD 3 : Analyse de trames Ethernet / Adresse IP et masque de sous-réseaux
  - TD 4 : Adressage IP / Routage IP
- **CM 6 : Réseaux WLAN et sécurité**
  - TD 5 : Réseaux Wifi et sécurité
- **CM 7 : Réseaux et bus de terrain**
  - TD 6 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 1 : Technologie ADSL
    - TP 2 : Analyse de trames et Encapsulation Ethernet
    - TP 3 : Configuration d'un réseau IP / Routage IP / Wifi
    - TP 4 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 5 : TP Test
- **CM 8 : Contrôle de connaissances**

**Jean-François ROTH**

Enseignant Vacataire IUT de Mulhouse

Formateur/Consultant en réseaux et télécoms depuis 1999

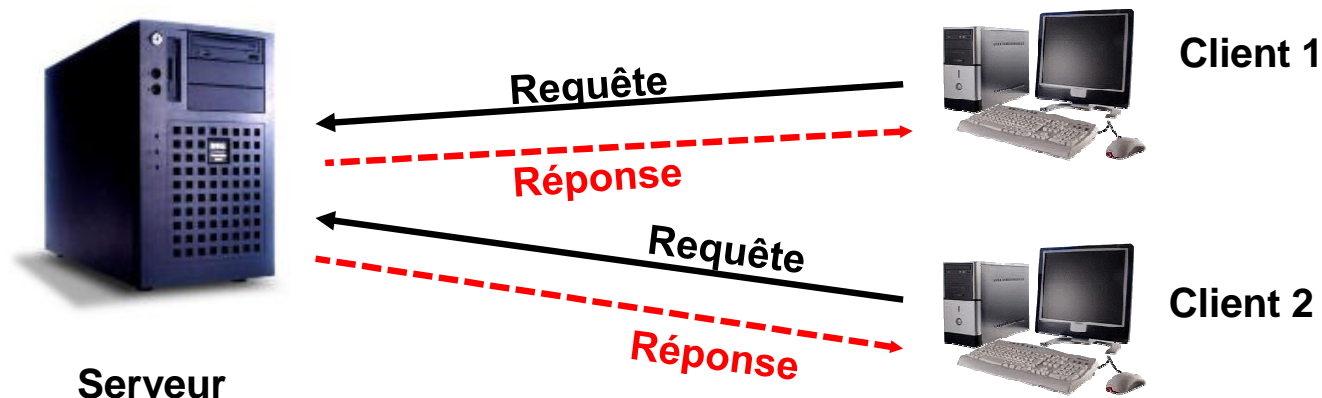
Jean-Francois.ROTH@UHA.fr

JeanFrancoisROTH@MSN.com

- Architectures de communication réseau
  - Concept d'architecture en couche
  - Normalisation
  - Organisation en couches
  - Modèle OSI
- Ethernet
  - Introduction
  - Principe de base
  - Collision
  - CSMA/CD
  - Caractéristiques d'Ethernet standard (802.3)
  - Fonctionnement
  - Format des trames
  - Transmission des données
  - Encapsulation
  - Introduction aux couches de niveaux supérieurs

## Architectures de communication réseau

- Concept d'architecture en couches
  - Les réseaux informatiques permettent à des applications informatiques de communiquer sans tenir compte des supports et procédés de transmission
    - Stratégie de communication client-serveur :
      - Le client envoie des requêtes
      - Le serveur répond en envoyant les données



- Normalisation

- L'architecture réseau doit être transparente à l'utilisateur

- Rôle de la normalisation :

- Assurer la compatibilité permettant la communication entre différents équipements
        - ❖ Les équipements fabriqués par différentes entreprises peuvent communiquer car ils respectent les mêmes règles
      - Adapter la technologie de transmission au support de communication
      - Masquer les phénomènes altérant la transmission
      - Maintenir un niveau minimum de qualité
      - Optimiser l'utilisation des ressources

- Organismes de normalisation

- ISO (International Standardisation Organisation)

- Organisation privée regroupant environ 90 pays dépendant de l'ONU
      - Les représentants nationaux sont des organismes de normalisation :
        - ❖ AFNOR pour la France (Association Française de NORmalisation)
        - ❖ ANSI pour les USA
        - ❖ DIN pour l'Allemagne

- UIT-T (Union Internationale des Télécommunications)

- Institution spécialisée de l'ONU dans le domaine des télécommunications
      - Recommandations éditées tous les 4 ans sous forme de recueils

- IEEE (Institute of Electrical and Electronical Engineers)

- Spécifications sur les bus d'instrumentation (IEEE 488) et sur les réseaux locaux (IEEE 802)

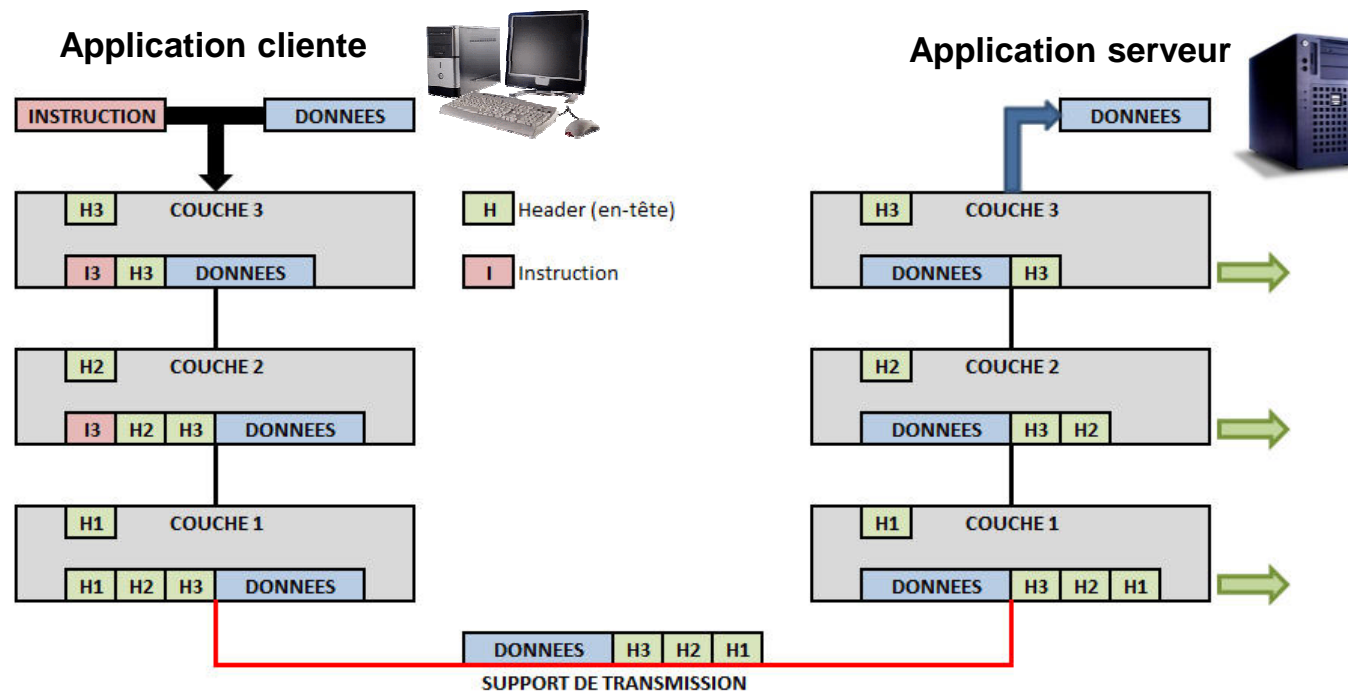
## Architectures de communication réseau

- Organisation en couches

- Couche

- Ensemble homogène destiné à accomplir une tâche ou à rendre un service et défini par

- Le protocole
        - ❖ Ensemble de règles s'appliquant au format et à la signification des trames, paquets ou messages
      - Le service
        - ❖ Opérations effectuées par la couche pour le compte des utilisateurs
      - Les points d'accès au service (Service Access Point ou SAP)
        - ❖ Liaison entre les couches



- Modèle OSI

- Open System Interconnection

- Modèle de référence pour l'interconnexion des systèmes ouverts

- Système ouvert :

- ❖ Fournissant un ensemble d'avantages en interopérabilité, portabilité, et standards ouvert de logiciel
        - ❖ Configuré pour permettre des accès non restreints par des utilisateurs et/ou des ordinateurs

- Modèle structuré en couches ayant pour principes de :

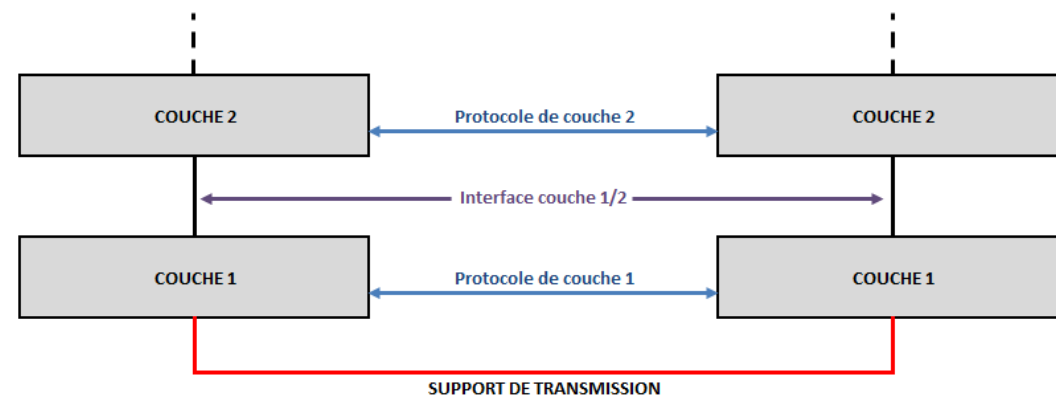
- Ne pas créer trop de couches en regroupant les fonctions similaires dans une même couche
      - Créer une couche à chaque fonction identifiée par un traitement ou une technologie particulière
      - Créer une couche à chaque besoin de manipulation de données
      - Garantir un transport fiable des informations à travers le réseau
      - Organiser le dialogue entre les applications distantes

- Couches hautes

- Orientées application
        - ❖ Proche du logiciel

- Couches basses

- Orientées transport
        - ❖ Proche du support de transmission



- **Modèle OSI**

- **Open System Interconnection**

- **Modèle composé de 7 couches**

- Chaque couche réalise une fonction particulière
      - Chaque couche peut agir uniquement avec les couches adjacentes (couche inférieure et supérieure)
      - La numérotation des couches commence par le bas

- **Système décrivant les réseaux à commutation de paquets**

- A l'émission l'information transmise est fragmentée en paquets
      - A la réception les paquets sont rassemblés pour reconstituer l'information

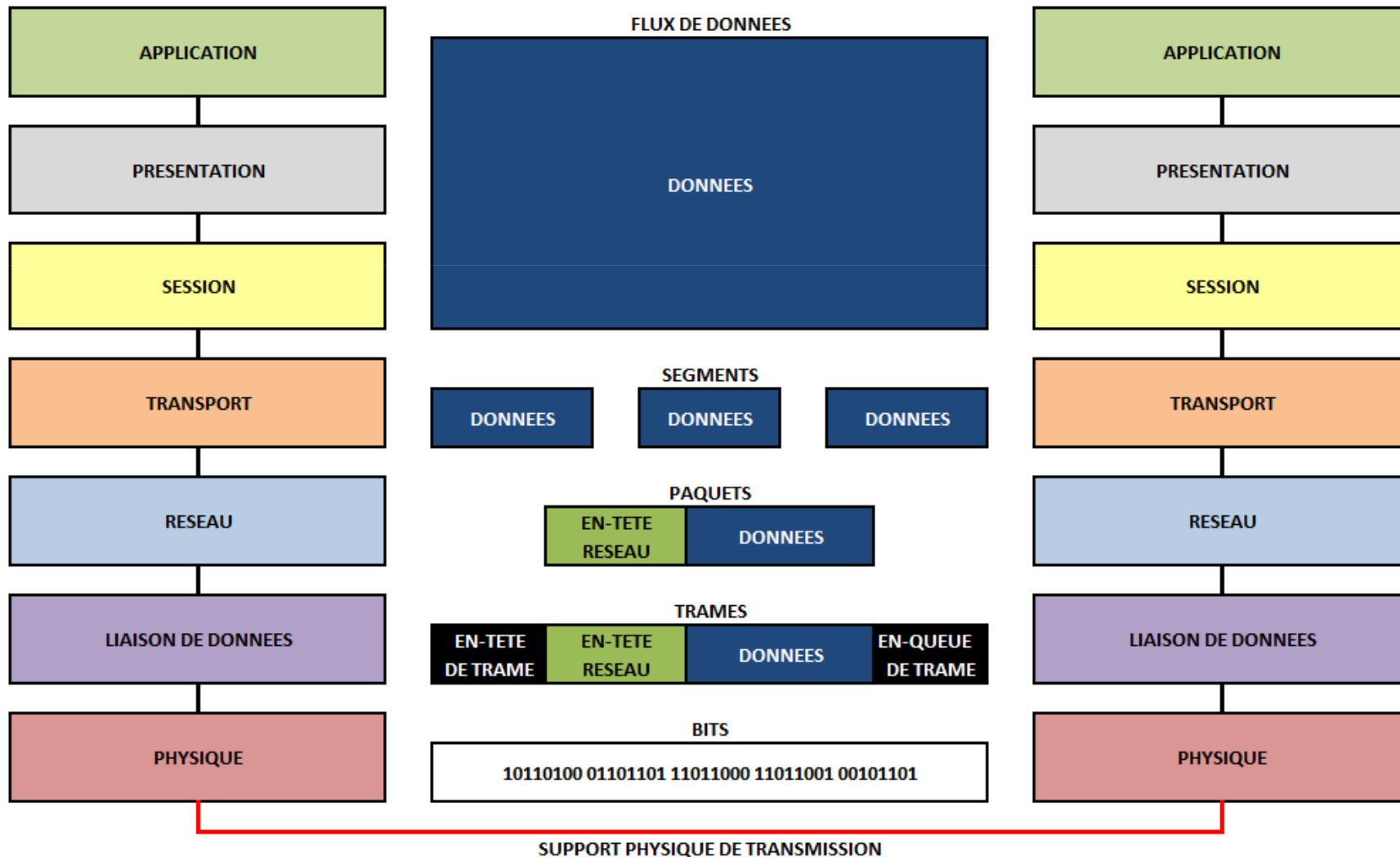
- **Fragmentation en paquets**

- Méthode de transmission plus fiable que l'émission du message dans sa globalité
      - Réduit le nombre d'informations à retransmettre en cas d'erreur de transmission

Niveau	Couche
7	Application
6	Présentation
5	Session
4	Transport
3	Réseau
2	Liaison de données
1	Physique



- Modèle OSI
  - Description du modèle



- **Modèle OSI**
  - **Couche physique (1)**
    - Assure le transfert des bits sur le canal physique
    - Gère la transmission effective des signaux entre les équipements
      - Nécessité d'avoir une compatibilité des niveaux électriques des différents équipements
    - Détection des problèmes matériels
    - Exemples :
      - Codages NRZ, Manchester, Miller, ...
  - **Couche liaison (2)**
    - Gère le contrôle, l'établissement, le maintien et la libération de la ligne
    - Reçoit les données brutes de la couche physique et les organise en trames
    - Gère les communications entre deux équipements adjacents reliés par un support physique
    - Permet de détecter les erreurs, de les corriger et de retransmettre les trames erronées
      - Gestion des acquittements (ACK)
    - Exemples :
      - Protocoles Ethernet, PPP, PPPoE, CAN, HDLC, ATM,...

- Modèle OSI

- Couche réseau (3)

- Assure l'acheminement des paquets à travers les différents nœuds d'un sous-réseau lors d'un transfert à travers un système relais (routeur, ...)
    - Etablit les liaisons logiques pour les échanges de données
    - Responsable de l'adressage des paquets qui transitent à l'intérieur du système
    - Responsable du contrôle de flux des informations qui circulent sur le réseau
    - Les informations peuvent être éclatées en plusieurs blocs transmis sur des liaisons différentes
    - Exemples :
      - Protocoles ARP, IPv4, IPv6, ICMP, ...

- Couche transport (4)

- Couche pivot du modèle OSI
    - Assure le transfert de bout en bout des informations entre les deux équipements d'extrémité
    - Découpe les données transmises par la couche 5 (session) en entités plus petites (segments)
    - Dernière couche de contrôle des informations
    - Assure un transfert fiable quelle que soit la qualité du réseau de transport utilisé
    - Exemples :
      - Protocoles TCP, UDP, RTP, ...

- Modèle OSI

- Couche session (5)

- Gère l'échange de données (transaction) entre les applications distantes :
      - Droit à la transmission, durées, ordre et priorité de données
    - Gère la synchronisation des échanges :
      - En cas d'une panne, les deux équipements doivent pouvoir reprendre leur dialogue au bon endroit
    - Exemples :
      - Protocoles H323, AppleTalk, NetBios

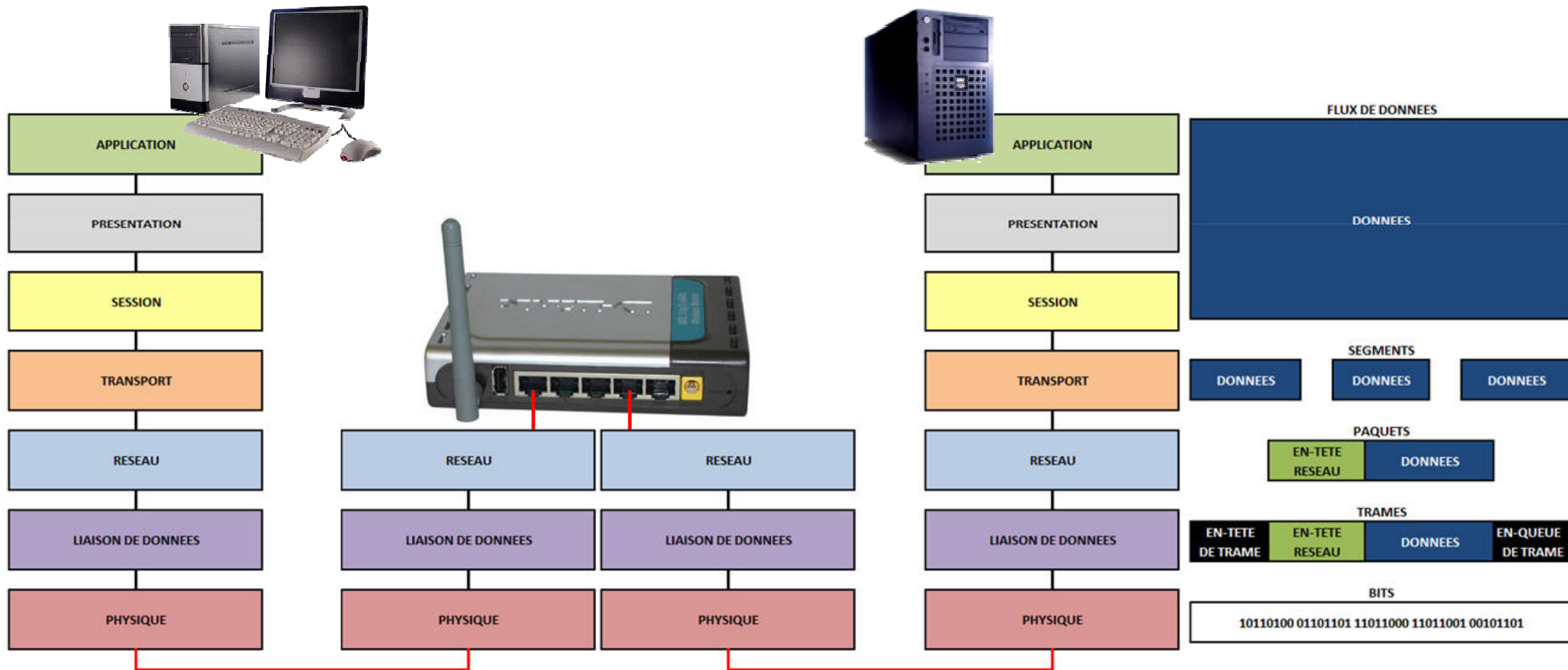
- Couche présentation (6)

- Transforme les données afin de les rendre compréhensibles pour la couche application :
      - Données binaires en un message cohérent pour le destinataire (affichage d'un texte, impression, ...)
    - Gère le codage des données applicatives :
      - Cryptage, décompression des données, ...
    - Exemples :
      - Protocoles ASCII, Unicode, MIME, ...

- Couche application (7)

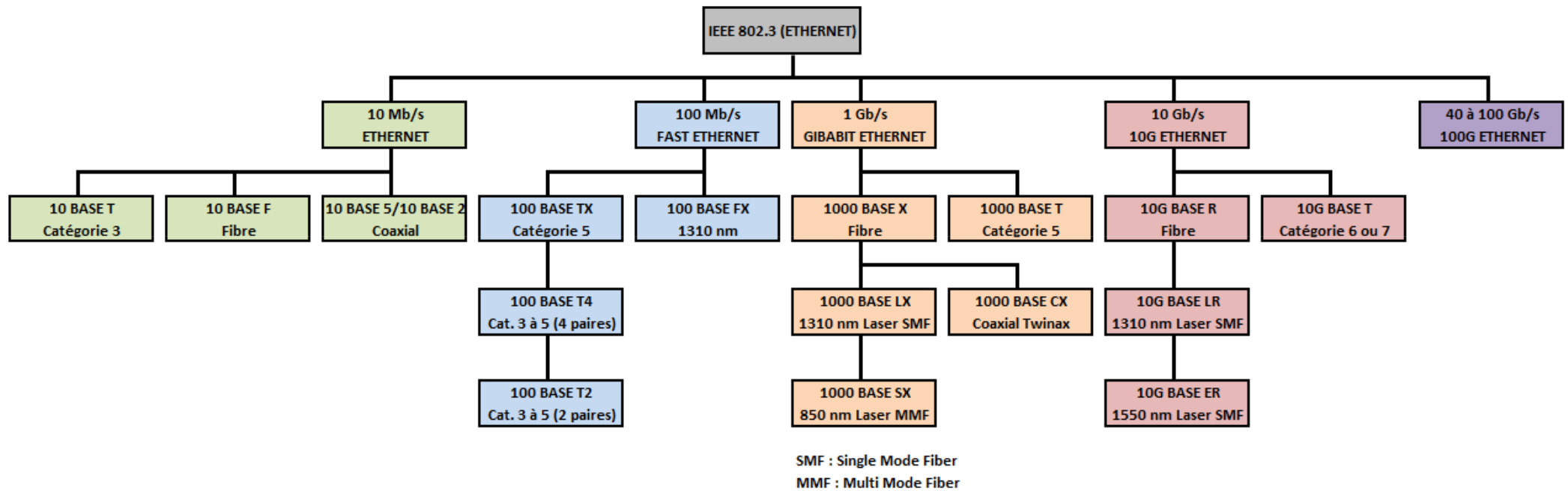
- Point d'accès aux services réseaux
    - Exemples :
      - Protocoles HTTP, DNS, DHCP, FTP, POP3, SMTP, Modbus,...

- Modèle OSI
  - Système relais



- Introduction
  - Développé par les firmes XEROX, Digital Equipment et Intel au début des années 80
  - Réseau local haut débit capable de relier des équipements de marques différentes
  - Evolutions :
    - Version d'origine proposant des débits de l'ordre de 10 Mb/s
    - Fast Ethernet proposant des débits de l'ordre de 100 Mb/s
    - Gigabit Ethernet proposant des débits de l'ordre de 1 Gb/s
    - 10G Ethernet proposant des débits de l'ordre de 10 Gb/s
    - Grace à la fibre, des débits de l'ordre de 40 Gb/s à 100 Gb/s sont atteints...
  - Versions actuelles articulées autour de la norme IEEE 802.3

- Introduction
  - Evolutions d’Ethernet



- Principes de base

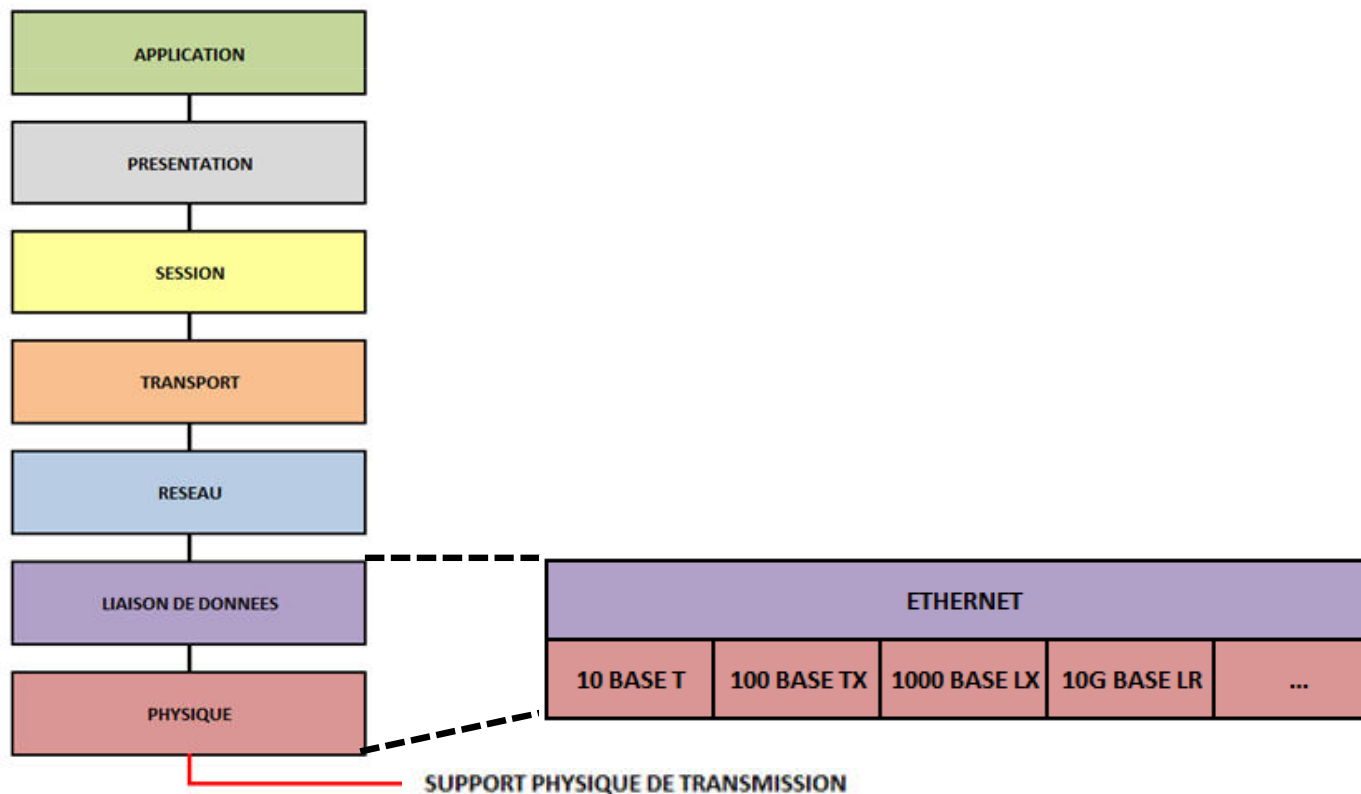
- Constitué par deux interfaces

- Entre les couches 2 et 3 du modèle OSI :

- Mise en forme logique des données (trames) en assurant le fonctionnement de la méthode d'accès

- Entre la couche 1 du modèle OSI et la support de transmission :

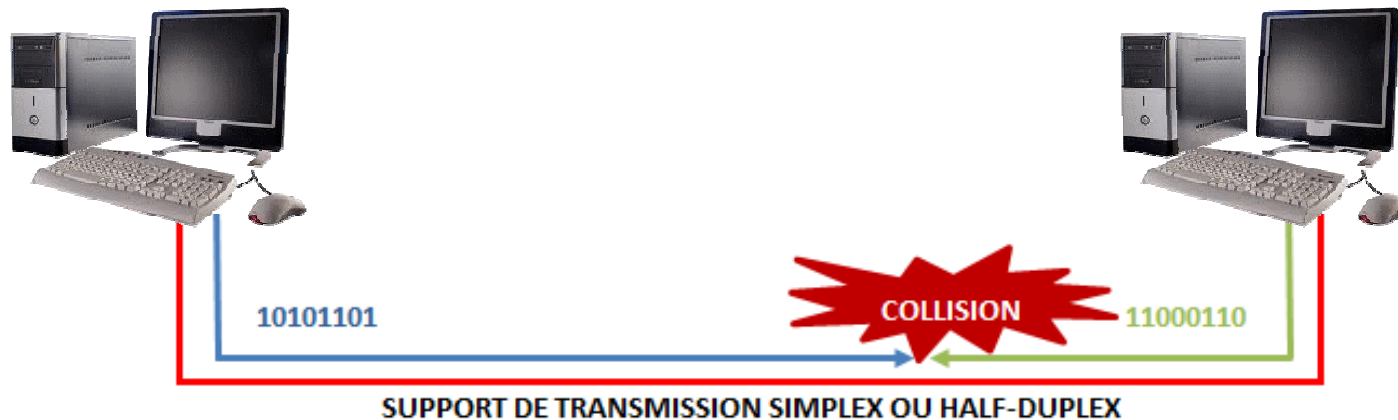
- Réalisation de la mise en forme des signaux électriques sur le support physique de transmission
  - ❖ Câble RJ-45 ou fibre (coaxial dans ses premières versions)





- Collision

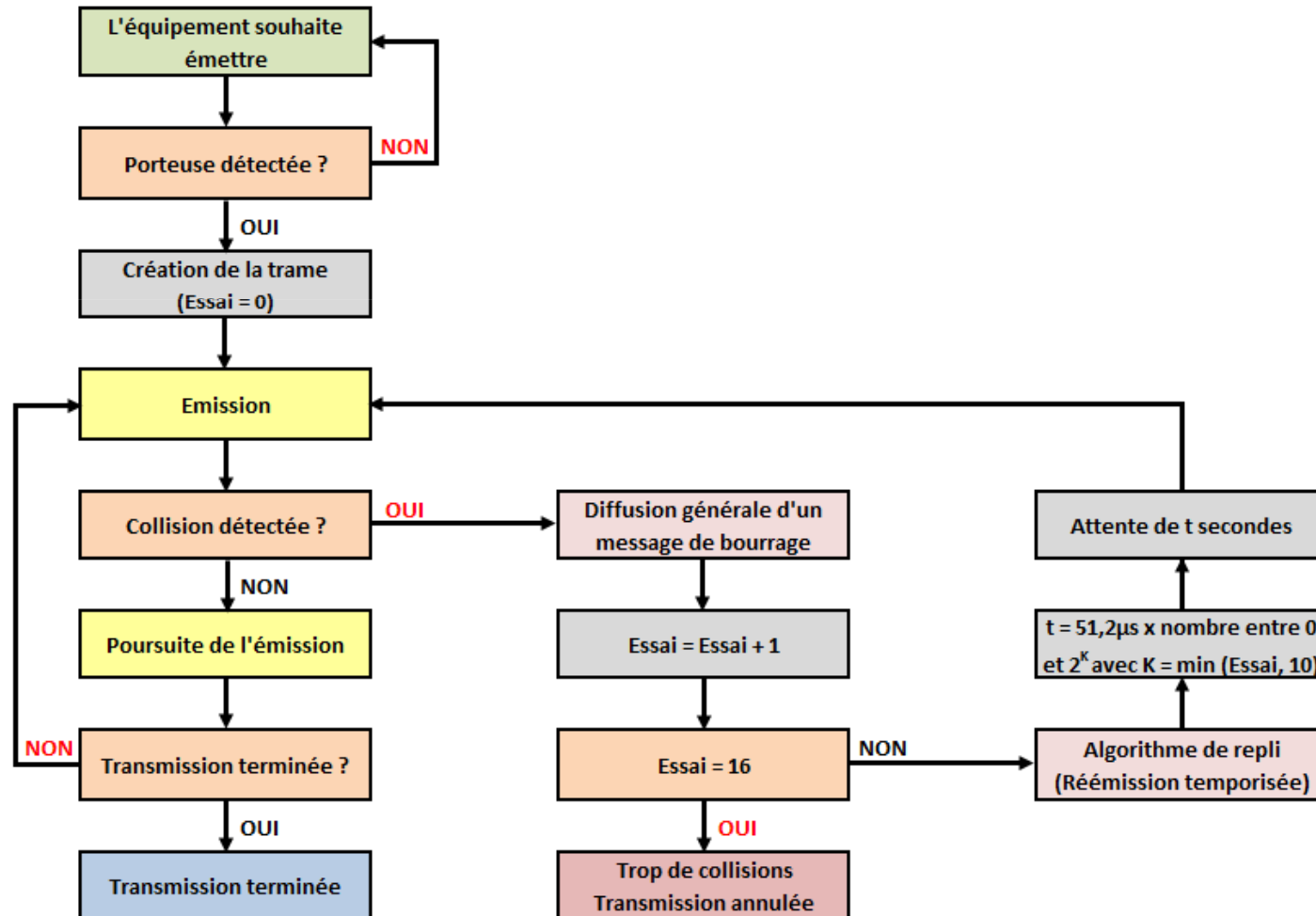
- Se produit sur une liaison simplex ou half-duplex lorsqu'au moins deux composants du réseau envoient un signal sur le même segment au même moment
  - Le résultat de la collision est généralement un message incohérent



- Sur une liaison Ethernet Full-Duplex une collision n'est en théorie plus possible
  - Une collision signalée par un Switch Ethernet indique un problème de câble ou de câblage :
    - ❖ Inversion lors du brochage, mauvais contact, non respect de la norme, microcoupure, ...

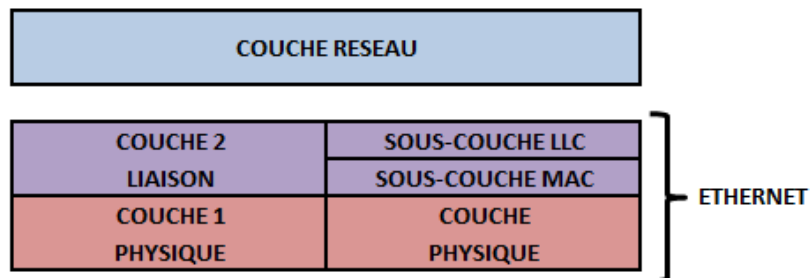
- CSMA/CD
  - Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
    - Méthode d'accès au réseau héritage de la topologie en bus
    - Mécanisme permettant de prévenir les collisions ou les rétablir quand elles apparaissent
  - Principe
    - Limiter le nombre de collisions en organisant le droit à la communication sur le réseau
  - Fonctionnement
    - L'équipement vérifie que le canal est libre avant d'émettre des informations
    - L'équipement émet uniquement si personne d'autre ne communique sur le support physique
      - Si le support est libre, l'équipement émet la trame
      - Si le support est occupé, l'équipement attend que le support soit disponible (détection de porteuse)
    - Après l'envoi d'informations, l'émetteur écoute pour détecter une éventuelle collision
    - En cas de collision, un temps aléatoire est attendu avant de renvoyer l'information sur le réseau

- CSMA/CD
  - Fonctionnement

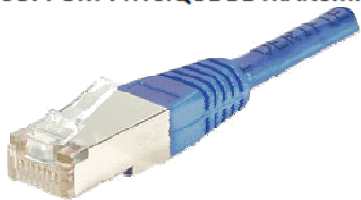


- Caractéristiques d'Ethernet Standard (IEEE 802.3)
  - Topologie du réseau :
    - Etoile ou Hiérarchisée ou Maillée (voire bus dans ses versions initiales)
  - Support physique de transmission :
    - Câble RJ-45 ou fibre optique (voire Câble Coaxial dans ses versions initiales)
  - Codage des signaux :
    - Manchester (10-Base T, 100-Base T) ou NRZI (Fast Ethernet)
  - Débit :
    - 10 Mbit/s / 100 Mbit/s / 1000 Mbit/s (soit 1Gbit/s) / 10Gbit/s
  - Distance maximale entre deux nœuds (routeur, pont, commutateur, ...) :
    - 100 m sur une liaison paire torsadée
    - 2 km sur une liaison fibre optique multimode
    - 40 km sur une liaison fibre optique single mode
    - Les commutateurs Ethernet (ou switches) régénèrent les signaux reçus
      - Permet de réaliser des réseaux étendus
  - Nombre maximum de nœuds (routeur, pont, commutateur, ...) :
    - 1024

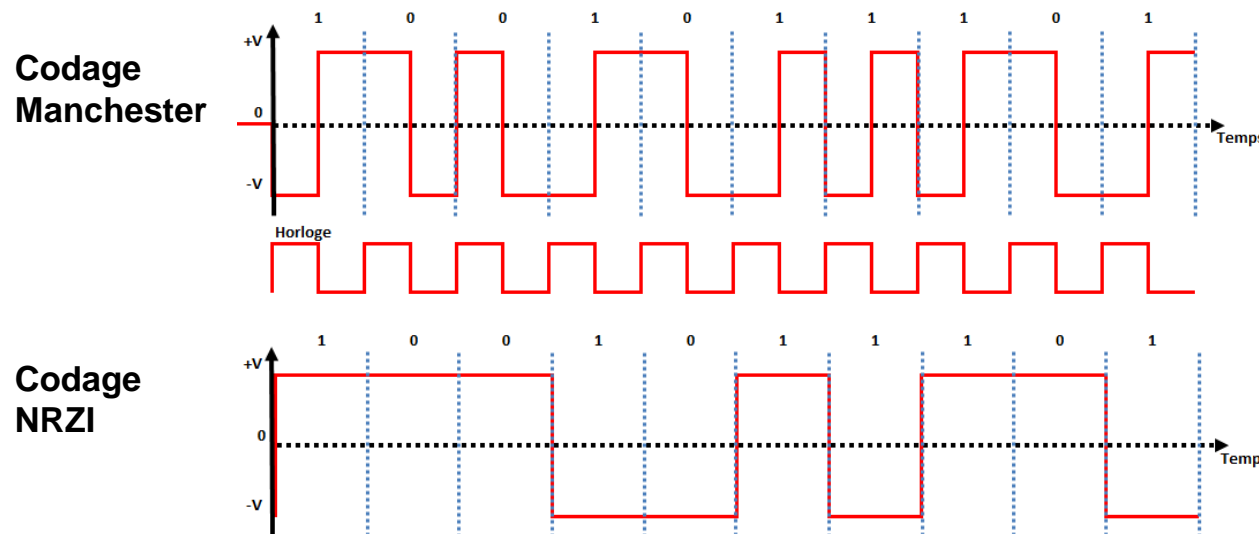
- Caractéristiques d'Ethernet Standard (IEEE 802.3)
  - Les protocoles liés à Ethernet se situent au niveau 1 et 2 du modèle OSI
    - Couche 1 : Physique
      - Directement connectée au support physique de transmission
    - Couche 2 : Liaison
      - Divisée en deux sous-couches :
        - ❖ Sous-couche MAC
        - ❖ Sous-couche LLC



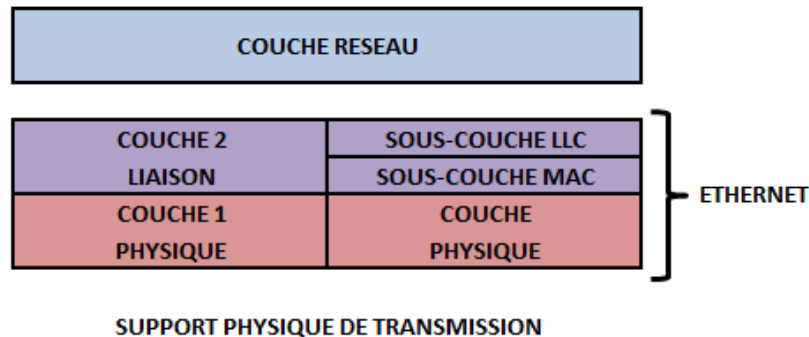
SUPPORT PHYSIQUE DE TRANSMISSION



- Fonctionnement de la couche physique (couche 1)
  - Encodage/désencodage
    - Au niveau trame :
      - Ajoute un préambule de 8 octets avant chaque trame à l'émission et le retire à la réception
    - Au niveau bit :
      - Applique à l'émission le codage bande de base et restitue le signal binaire à la réception
        - ❖ Manchester pour 10BASE-T, NRZI pour Fast Ethernet
  - Contrôle d'accès assurant
    - L'émission et la réception du signal encodé
    - L'écoute du signal sur le media de transmission pour savoir s'il est disponible ou non
    - La détection des collisions et l'information de la couche liaison si nécessaire



- Fonctionnement de la couche liaison (couche 2)
  - Composée de la sous-couche MAC et de la sous-couche LLC
  - Encapsulation des données venant des couches supérieures dans les trames
  - Extraction des données des trames en provenance du réseau pour accéder aux couches supérieures
  - Les adresses "Source" et "Destination" sont insérées en tête de chaque trame
  - Gestion des retransmissions en cas d'erreur
  - Dialogue permanent avec la couche physique pour savoir si celle-ci détecte une occupation ou non de la ligne



- Fonctionnement de la sous-couche MAC (Media Access Control)
  - Rôle de la sous-couche MAC
    - A la réception :
      - Filtrer les trames reçues en vérifiant leur adresse MAC de destination, en ne gardant que celles qui lui sont destinées
      - Reconnaître le début et la fin des trames dans le flux binaire reçu de la couche physique
      - Détecter les erreurs de transmission à l'aide d'une somme de contrôle (checksum) insérée par l'émetteur
    - A l'émission :
      - Délimiter les trames envoyées en insérant des informations entre celles-ci
        - ❖ Permet au destinataire d'en déterminer le début et la fin
      - Insérer les adresses MAC de la source et de la destination dans chaque trame transmise
        - ❖ Suite de 6 octets représentée sous la forme hexadécimale identifiant de façon unique chaque interface réseau
        - ❖ Exemple : 00:80:9C:67:89:A0
      - Contrôler l'accès au média physique lorsque celui-ci est partagé



- Fonctionnement de la sous-couche LLC (Logic Link Control)
  - Rôle de la sous-couche LLC
    - Interface avec les couches supérieures
    - Permet de fiabiliser le protocole MAC par un contrôle d'erreur et de flux
  - Déclinaisons de la sous-couche LLC
    - LLC type 1
      - Assure un service minimum, aucun contrôle supplémentaire
        - ❖ simple aiguillage des données vers les protocoles de couche 3
        - ❖ Mode non connecté, datagramme sans acquittement
    - LLC type 2
      - Type 1 + contrôle de séquence + contrôle de flux
        - ❖ Mode connecté avec acquittement
        - ❖ 802.11 (Wifi) utilisant les mêmes propriétés que LLC type 2, ceci permet la compatibilité entre les réseaux Wifi et n'importe quel réseau IEEE 802 (comme Ethernet)
    - LLC type 3
      - Type 1 + acquittement de trame
        - ❖ Mode rajouté à la norme initiale pour les besoins des réseaux industriels
        - ❖ Mode non connecté avec acquittement
        - ❖ Utilisé seulement pour les communications point à point

- Format des trames Ethernet

- Chaque trame est précédée d'un préambule de 8 octets terminé par un SFD

- Permet à l'horloge du récepteur de se synchroniser sur celle de l'émetteur

- SFD (Starting Frame Delimiter) :

- Dernier octet du préambule

- Annonce le début d'une trame Ethernet

- Trame constituée de 5 champs

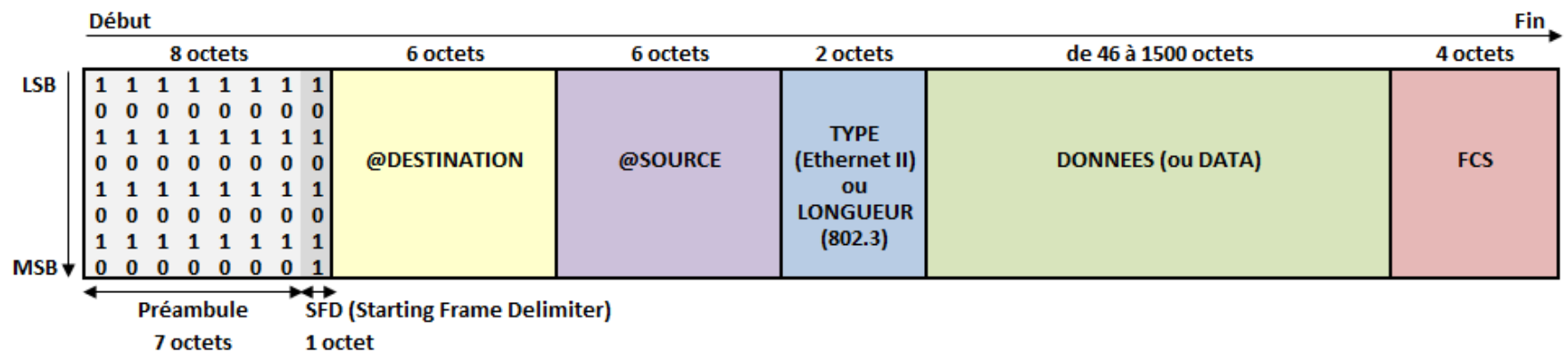
- @Destination : adresse MAC (ou ETHERNET) du destinataire

- @Source : adresse MAC (ou ETHERNET) de l'émetteur

- Type ou Longueur : utilisé pour l'encapsulation

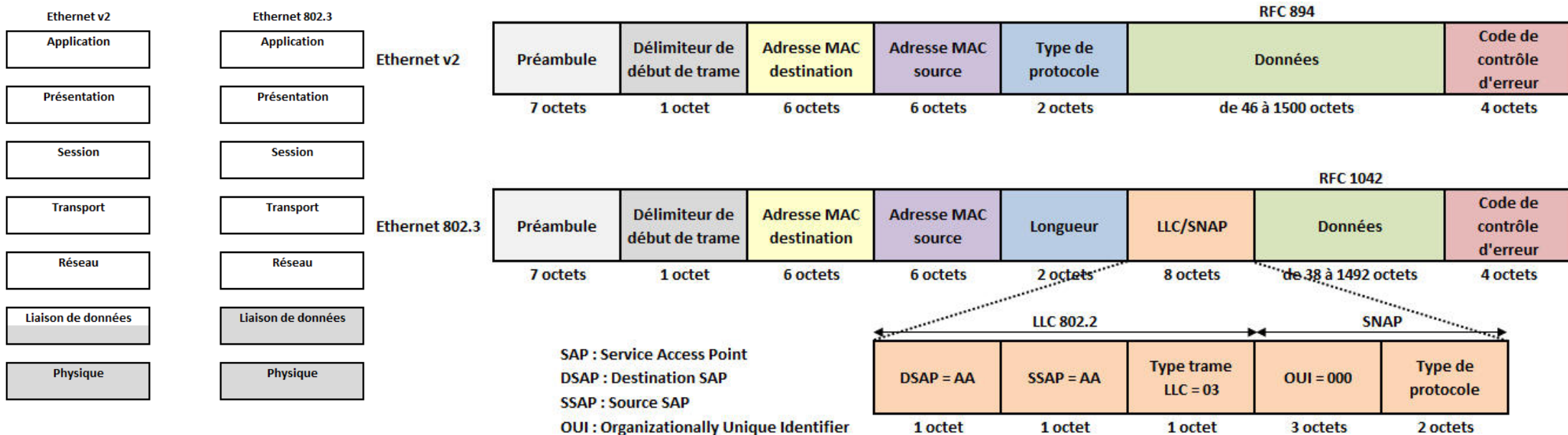
- Données (ou Data) : contient les données utiles et en-têtes des protocoles de niveaux supérieurs

- FCS (Frame Check Sequence) : séquence de contrôle de la trame (checksum)



- Taille totale de la trame : de 64 octets à 1518 octets (hors préambule et SFD)

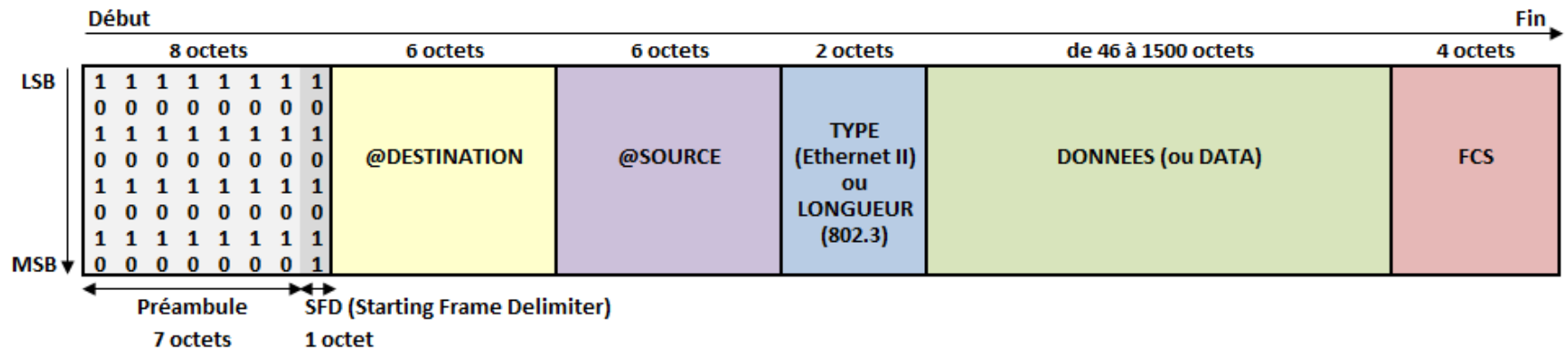
- Différences entre Ethernet v2 et Ethernet IEEE 802.3
  - Ethernet v2 (ou Ethernet II)
    - Utilisé dans les trames Ethernet 10 Mb/s
      - Concerne uniquement la couche physique et la couche MAC (pas de sous-couche LLC)
  - Ethernet 802.3
    - Utilisé dans les trames Fast Ethernet (100 Mb/s) et Gigabit Ethernet (1 Gb/s, 10 Gb/s, ...)
      - Concerne la couche physique ainsi que les sous-couches MAC et LLC
      - Le champ Longueur remplace le champ Type de la sous-couche MAC
      - La sous-couche LLC est incluse dans le champ "Data" (8 octets)



- Format des trames Ethernet

- Préambule et Starting Frame Delimiter (8 octets)

- Annonce le début de la trame et permet la synchronisation
    - 7 octets dont la valeur est 10101010 (alternance de 1 et des 0)
    - 1 octet dont les 2 derniers bits sont à "1" soit 10101011
      - La rupture de l'alternance de 1 et 0, effectuée par la suite de bit 11, indique le début de la trame
      - Le dernier octet du préambule est nommé Starting Frame Delimiter (SFD)



• Format des trames Ethernet

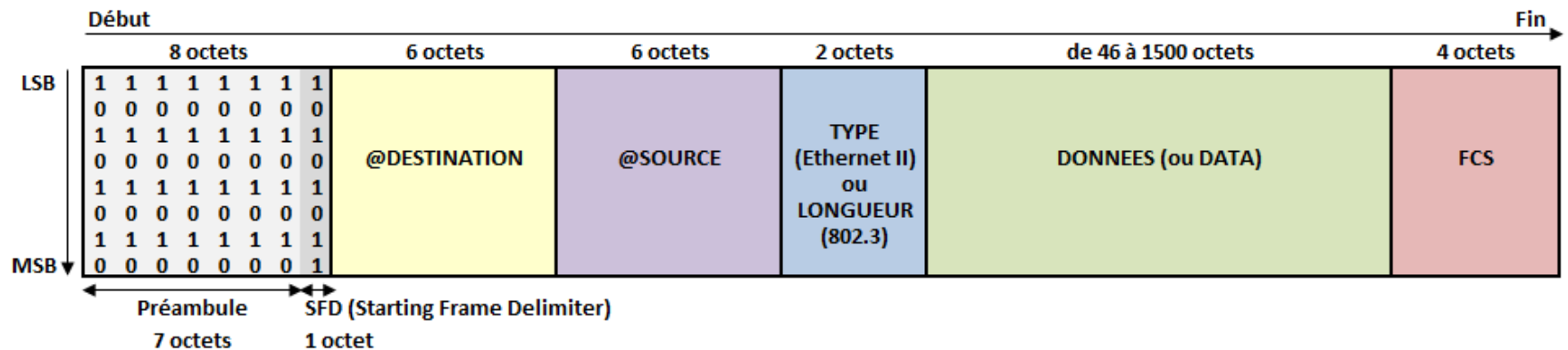
– Champ Adresse Media Access Control Destination (6 octets)

- Adresse physique (MAC) de la carte Ethernet destinataire de la trame
- Représentée par 6 octets en hexadécimal séparés par le signe ":"
  - 00:80:C8:5C:10:0A
  - Les 3 premiers octets identifient le constructeur
  - Les 3 derniers octets représentent un numéro de série chez ce constructeur
    - ❖ Soit plus de 16 millions d'adresses différentes pour un seul constructeur

Adresse	Constructeur	Adresse	Constructeur	Adresse	Constructeur	Adresse	Constructeur
00 00 0C xx xx xx	Cisco	08 00 07 xx xx xx	Apple	00 00 C0 xx xx xx	Western Digital	08 00 2B xx xx xx	DEC
00 00 1B xx xx xx	Novell	08 00 09 xx xx xx	Hewlett-Packard	00 00 E8 xx xx xx	Accton	08 00 38 xx xx xx	Bull
00 00 1D xx xx xx	Cabletron	08 00 11 xx xx xx	Tektronics	00 80 C8 xx xx xx	D-Link	08 00 5A xx xx xx	IBM
00 00 81 xx xx xx	Synoptics	08 00 20 xx xx xx	Sun	02 60 8C xx xx xx	3 Com	10 00 5A xx xx xx	IBM

➤ L'adresse MAC de destination peut être une adresse de multi-diffusion

- FF:FF:FF:FF:FF:FF : Adresse de diffusion (ou broadcast) correspondant à toutes les stations d'un réseau

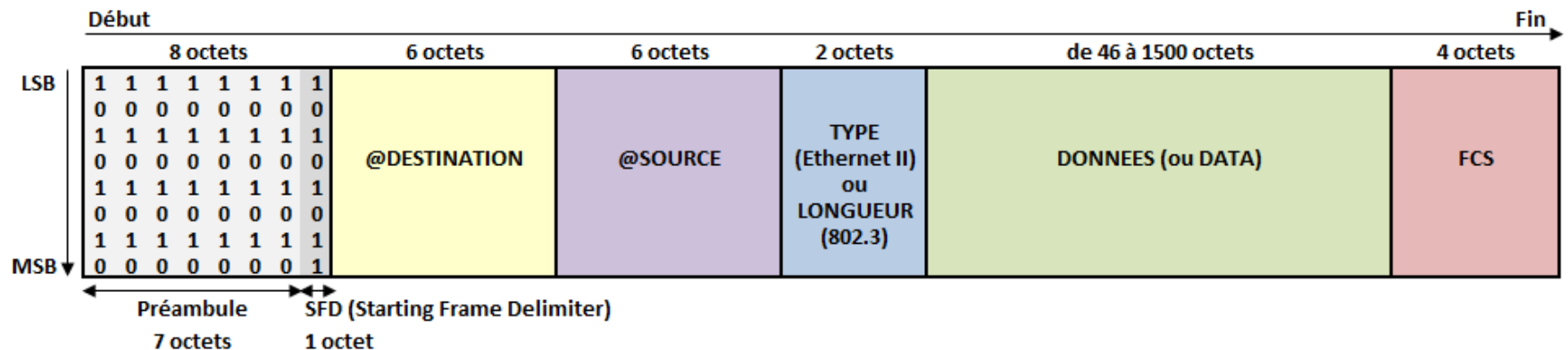


• Format des trames Ethernet

– Champ Adresse Media Access Control Source (6 octets)

- Adresse physique (MAC) de la carte Ethernet émettrice de la trame
- Représentée par 6 octets en hexadécimal séparés par le signe ":"
  - 00:80:C8:0B:18:C4
  - Les 3 premiers octets identifient le constructeur
  - Les 3 derniers octets représentent un numéro de série chez ce constructeur
    - ❖ Soit plus de 16 millions d'adresses différentes pour un seul constructeur

Adresse	Constructeur	Adresse	Constructeur	Adresse	Constructeur	Adresse	Constructeur
00 00 0C xx xx xx	Cisco	08 00 07 xx xx xx	Apple	00 00 C0 xx xx xx	Western Digital	08 00 2B xx xx xx	DEC
00 00 1B xx xx xx	Novell	08 00 09 xx xx xx	Hewlett-Packard	00 00 E8 xx xx xx	Accton	08 00 38 xx xx xx	Bull
00 00 1D xx xx xx	Cabletron	08 00 11 xx xx xx	Tektronics	00 80 C8 xx xx xx	D-Link	08 00 5A xx xx xx	IBM
00 00 81 xx xx xx	Synoptics	08 00 20 xx xx xx	Sun	02 60 8C xx xx xx	3 Com	10 00 5A xx xx xx	IBM



• Format des trames Ethernet

– Champ Longueur / Type ou Ethertype (2 octets)

➤ Type ou Ethertype en Ethernet v2 :

- Indique le type de protocole de niveau 3 (réseau) employé pour transmettre le message

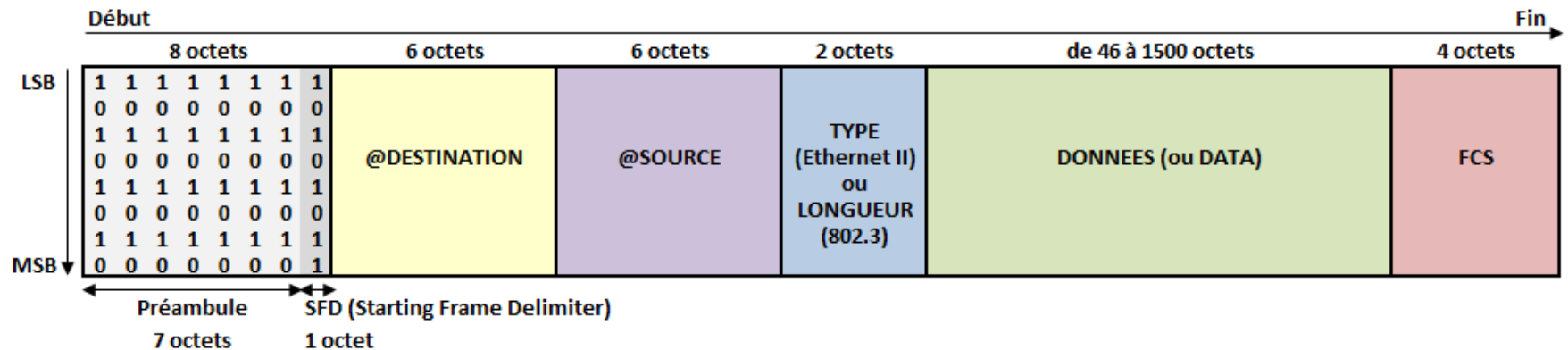
➤ Longueur en 802.3 :

- Champ initialement redéfini pour contenir la longueur en octets du champ des données
- Depuis 1997, IEEE 802.3 intègre les deux formats de trames :
  - ❖ Jusqu'à 05DC (1500 en décimal) : interprété comme le champ "Longueur" indiquant la longueur du champ "Données"
  - ❖ Au-delà de 05DC : interprété comme le champ "Type" indiquant le protocole de niveau supérieur

➤ Représenté par 2 octets en hexadécimal

- Exemple : 0800 pour IP v4

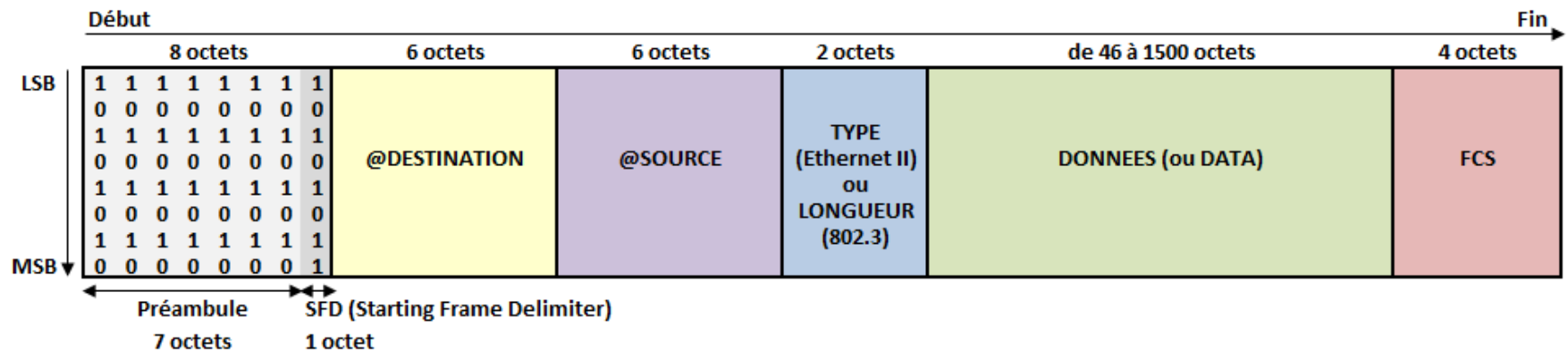
Code (0x)	Type Protocole	Code (0x)	Type Protocole	Code (0x)	Type Protocole
800	IP v4	806	Ethernet ARP	809B	Appletalk
86DD	IP v6	835	Ethernet RARP	8137/8138	Novell
805	X25 Niveau 3	8100	IEEE 802.1Q	88CD	SERCOS III



- Format des trames Ethernet

- Champ Données ou Data (de 46 octets à 1500 octets)

- Contient les informations véhiculées
    - Contient également l'en-tête de la sous-couche LLC en 802.3
      - La sous-couche LLC n'existant pas en Ethernet v2 seules les données seront véhiculées
    - Au niveau MAC : suite de 46 à 1500 octets à ne pas interpréter
    - Les données transmises sont liées au champ Longueur ou Type (encapsulation)
      - Exemple : si le champ Longueur est à 0800 les données transmises seront de type IP v4
    - Complété par une séquence de bourrage (padding) si les données transmises n'atteignent pas la taille de 46 octets
      - Réalisé par l'insertion d'octet(s) à "0"

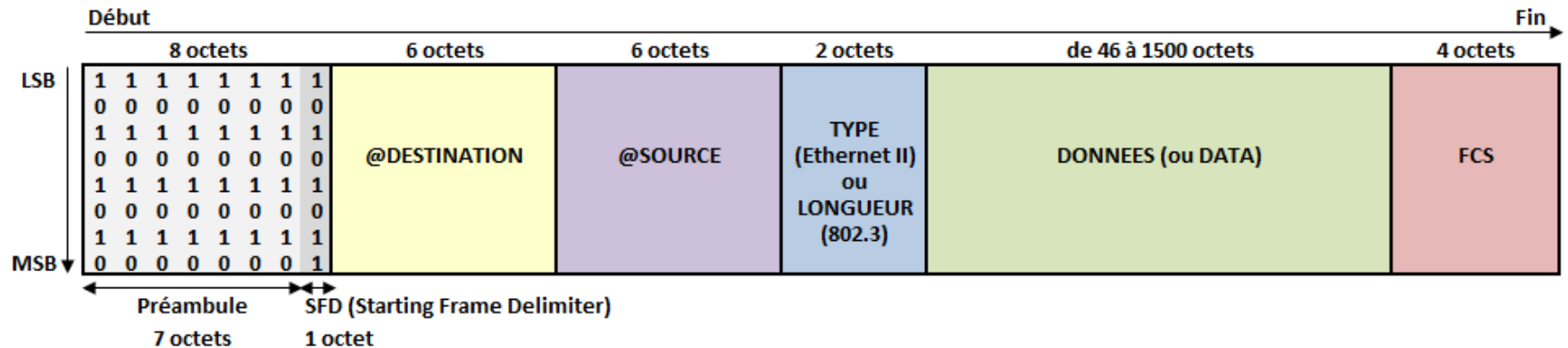




- Format des trames Ethernet

- Champ Frame Check Sequence (4 octets)

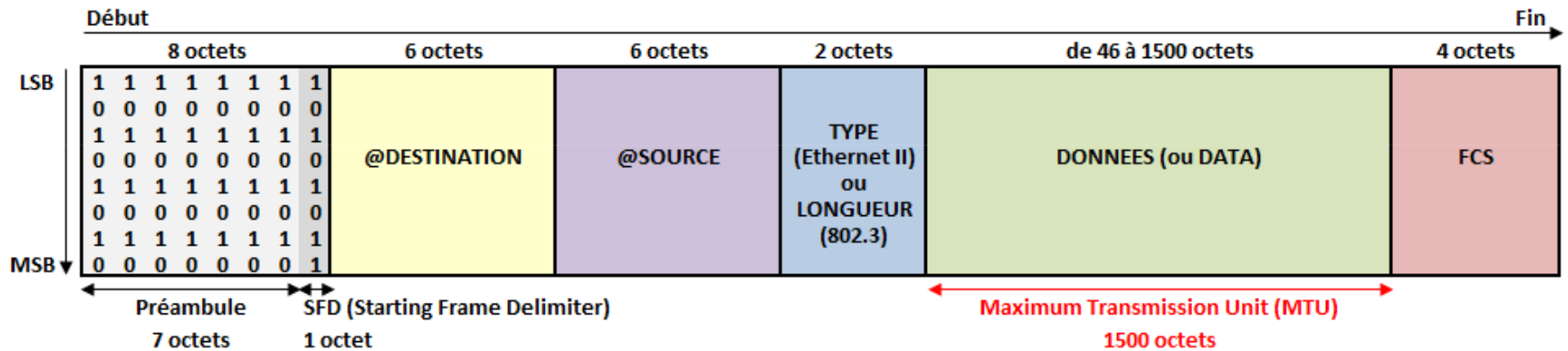
- Permet de valider l'intégrité de la trame à 1 bit près
    - Utilise un Contrôle de Redondance Cyclique (CRC) englobant tous les champs de la trame
    - Permet au récepteur de déterminer si la trame est correcte et peut être transmise à la couche supérieure :
      - Couche réseau ou sous-couche LLC



- Transmission des données

- Maximum Transmission Unit (MTU)

- Taille maximale d'une trame pouvant être transmise en une fois, sans fragmentation
    - Exprimé en octets
    - Taille par défaut pour une trame Ethernet : 1500 octets



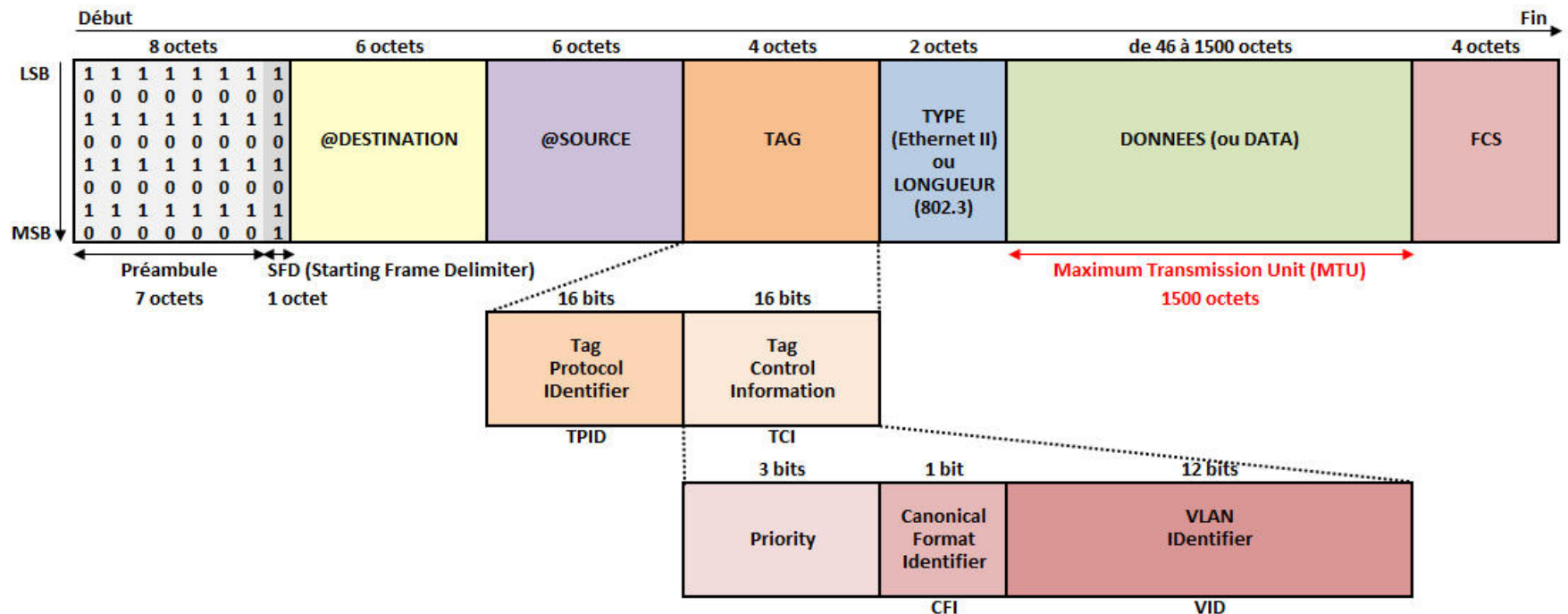
- Fragmentation

- Opération nécessaire si les informations envoyées par la couche réseau sont plus volumineuses que la taille maximale du champ données
    - Consiste à diviser un paquet de niveau 3 (réseau) dans plusieurs trames de niveau 2 (physique)
    - Un fragment peut être fragmenté à son tour en un autre point du réseau, si nécessaire
    - Le réassemblage du paquet de niveau 3 n'a lieu qu'au niveau du destinataire

- Transmission des données
  - Commutateur réseau Ethernet (ou switch Ethernet)
    - Equipement reliant plusieurs segments (câbles ou fibres) d'un réseau et permettant de créer des circuits virtuels
      - Boîtier disposant de plusieurs ports Ethernet (entre 4 et 96)
        - ❖ Possibilité de cascader plusieurs commutateurs pour augmenter le nombre de ports
      - Réalisant la commutation (mode de transport de trames)
      - Déterminant sur quel port la trame doit être envoyée en fonction de l'adresse de destination de la trame
    - Fonctionnement
      - Construit dynamiquement une table qui associe des adresses MAC avec les ports correspondants
        - ❖ A la réception d'une trame destinée à une adresse présente dans la table, dirige la trame sur le port associé
        - ❖ Si le port de destination est le même que celui de l'émetteur, la trame n'est pas transmise
        - ❖ Si l'adresse du destinataire est inconnue dans la table, la trame est transmise à tous les ports du commutateur à l'exception du port de réception (broadcast)
    - Méthodes de transmission
      - Mode direct (cut through) : lecture de l'adresse du matériel et transmission telle quelle
        - ❖ Aucune détection d'erreur n'est réalisée
      - Mode différé (store and forward) : mise en tampon avant transmission
        - ❖ Permet la réalisation d'une opération de somme de contrôle sur chaque trame
      - Fragment free : les paquets sont transmis à un débit fixé permettant une détection d'erreur simplifiée
        - ❖ Compromis entre les méthodes précédentes
      - Adaptive switching : le commutateur utilise un des modes précédents en fonction des erreurs constatées
        - ❖ Mode automatique

- Transmission des données
  - Virtual Local Area Network Ethernet (VLAN)
    - Réseau local virtuel regroupant un ensemble d'équipements de manière logique et non physique
      - Permet de regrouper les éléments réseau (utilisateurs, périphériques, ...) selon des critères logiques (fonction, partage de ressources, appartenance à un département, ...) sans avoir de contraintes physiques (dispersion des ordinateurs, câblage informatique inapproprié, ...)
    - Fonctionnement
      - VLAN de niveau 1 (ou VLAN par port) :
        - ❖ Définition des ports du commutateur appartenant à tel ou tel VLAN
        - ❖ Permet de pouvoir distinguer physiquement quels ports appartiennent à quels VLAN
      - VLAN de niveau 2 (ou VLAN par adresse MAC) :
        - ❖ Définition des adresses MAC des cartes réseaux appartenant à tel ou tel VLAN
        - ❖ Peu importe le port sur lequel l'équipement est connecté celui-ci fera partie du VLAN dans lequel son adresse MAC est configurée
        - ❖ Présente l'inconvénient d'impacter tout le réseau si le serveur répertoriant les adresses MAC est en panne
    - Intérêts
      - Amélioration de la gestion du réseau
      - Optimisation de la bande passante
      - Séparation les flux
      - Segmentation permettant de réduire la taille d'un domaine de broadcast
      - Sécurité permettant de créer un ensemble logique isolé
        - ❖ Des équipements appartenant à des VLAN différents ne peuvent communiquer entre eux qu'en passant par un ou plusieurs routeurs

- Transmission des données
  - Virtual Local Area Network Ethernet (VLAN)
    - Norme IEEE 802.1Q
      - Mécanisme d'encapsulation très répandu et implanté dans de nombreux équipements de marques variées
      - Permet de transmettre plusieurs VLANs sur un même lien physique (trunk)
      - Modifie le format de la trame Ethernet en ajoutant un champ TAG (4 octets supplémentaires) composé de :
        - ❖ Tag Protocol Identifier (TPID) sur 16 bits permettant d'identifier le protocole inséré (champ fixé à 0x8100 en 802.1Q)
        - ❖ Priority sur 3 bits fixant le niveau de priorité des trames d'un VLAN par rapport à un autre
        - ❖ Canonical Format Identifier (CFI) sur 1 bit assurant la compatibilité entre les adresses MAC et Token Ring
        - ❖ VLAN Identifier (VID) sur 12 bits identifiant le VLAN auquel appartient la trame

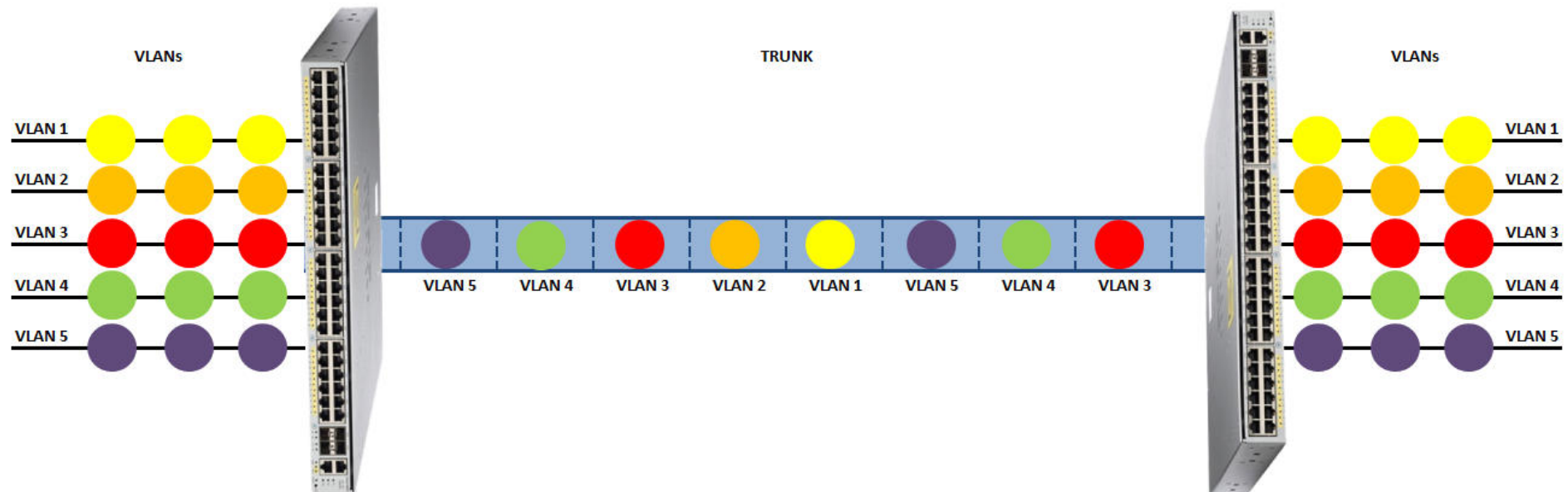


- Transmission des données

- Virtual Local Area Network Ethernet (VLAN)

- Trunk

- Liaison physique entre deux switches Ethernet sur laquelle sont multiplexés différents VLAN
      - Optimise le nombre de connexions physiques entre les switches et réduit le nombre de ports utilisés
      - Réalisable sur un ou plusieurs ports des switches
      - Mis en œuvre sur un port Ethernet liaison cuivre (RJ45) ou fibre optique (LC ou SC)
        - ❖ Utilisation de modules Small Form factor Pluggable (SFP) ou enhanced Small Form factor Pluggable (SFP+) permettant de personnaliser certains ports du Switch Ethernet



- Encapsulation
  - Consiste à inclure les données d'un protocole dans un protocole de niveau inférieur
  
  - Fonctionnement
    - Construction des données
      - Les informations générées par l'application sont converties en données pouvant circuler sur le réseau
    - Préparation des données pour le transport de bout en bout
      - Les données sont préparées pour le transport sur le réseau
      - La fonction de transport vérifie que les équipements situés à chaque extrémité du réseau peuvent communiquer de façon fiable
    - Ajout de l'entête réseau
      - Les adresses logiques d'origine et de destination sont ajoutées aux données envoyées
      - Permet d'acheminer les informations vers les bons équipements
    - Ajout de l'adresse locale à l'en-tête de liaison
      - L'adresse physique de la machine d'origine sont ajoutées dans les données transmises, désormais appelées trames
    - Conversion en bits pour la transmission
      - La trame est convertie en une série de 1 et de 0 pour être transmise sur le support de transmission

- Encapsulation

- Principe d'encapsulation en émission sur Ethernet

- Les informations envoyées par les couches supérieures sont stockées dans le champ "Données"
      - Informations constituées des données utiles et des en-têtes des protocoles des couches supérieures
    - Le contenu du champ "Longueur" ou "Type" est mis à jour en fonction du protocole réseau utilisé
    - Ethernet ne tient pas compte du contenu du champ "Données"
      - Le protocole se contente de transmettre les trames via le support physique de transmission

- Principe d'encapsulation en réception sur Ethernet

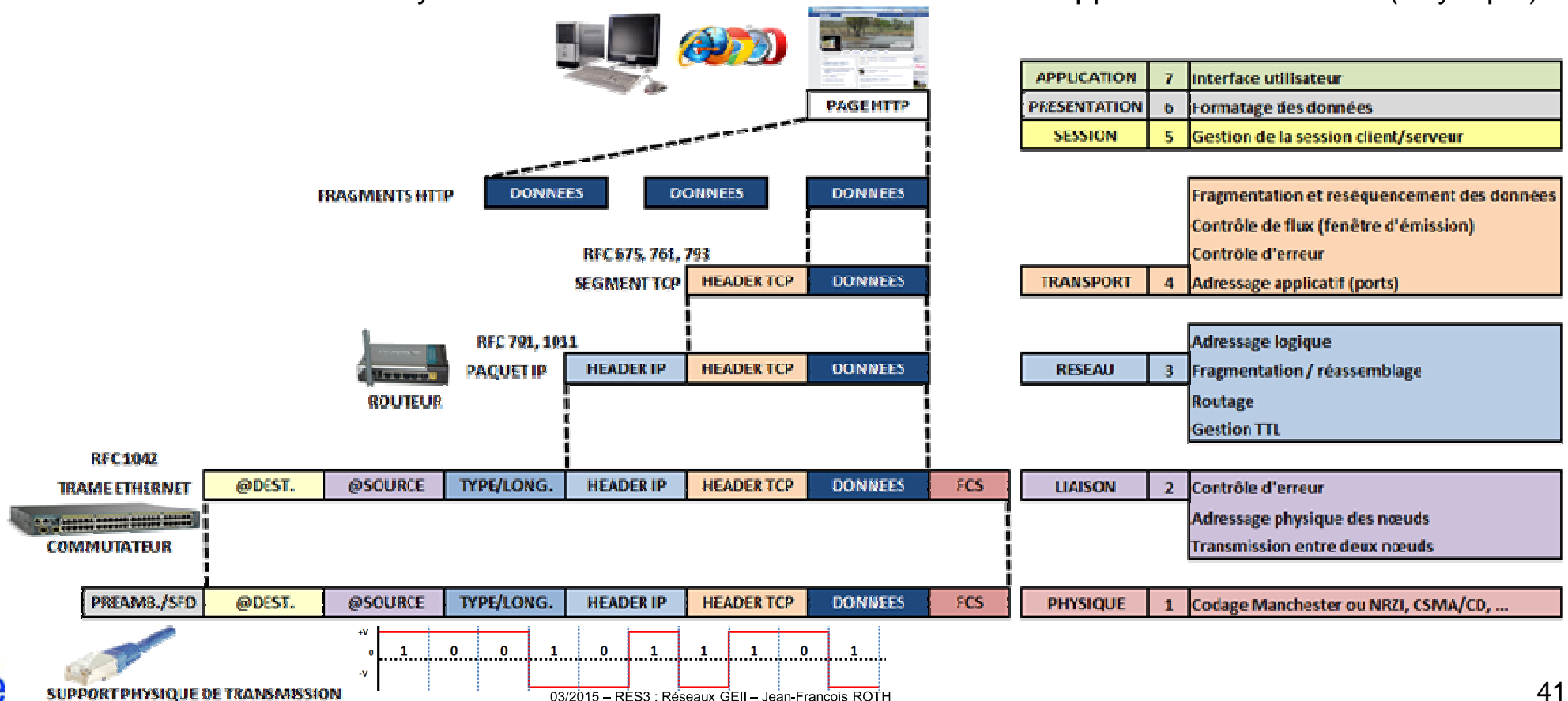
- Réalisation de l'extraction et du contrôle du CRC
    - Ethernet ne tient pas compte du contenu du champ "Données"
      - Le protocole se contente de transmettre les trames via le support physique de transmission
    - Le champ "Longueur" ou "Type" permet de déterminer le protocole réseau utilisé
    - Les informations reçues par les couches supérieures sont extraites du champ "Données"
      - La couche réseau interprète l'en-tête réseau et remonte les informations aux couches supérieures
        - ❖ La même opération est réalisée par les couches supérieures jusqu'à interprétation par l'application destinataire



• Encapsulation

– Exemple : navigation sur un site Internet

- Un fragment de données HTTP (Application) est encapsulé dans un segment TCP (Transport)
- Le segment TCP est encapsulé dans un paquet IP (Réseau)
- Le paquet IP est lui-même encapsulé dans une trame Ethernet (Liaison)
- La trame est envoyée sous forme de succession de bits sur le support de transmission (Physique)



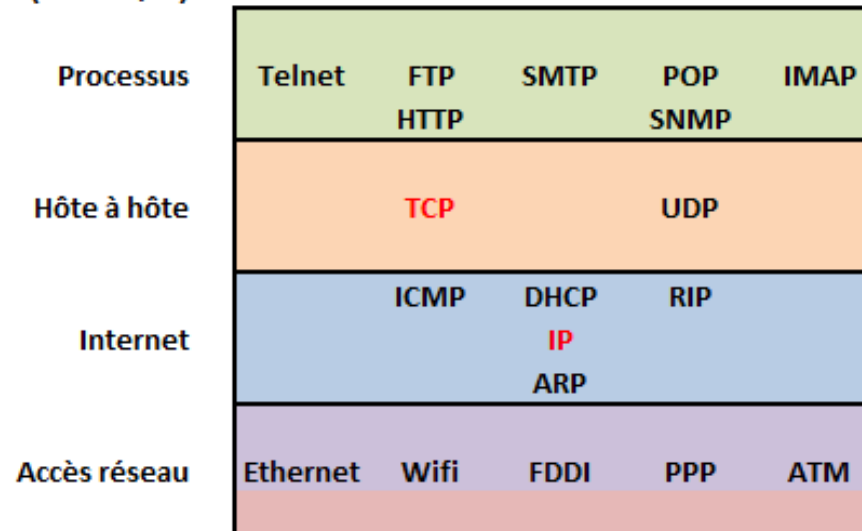
- Encapsulation

- Gestion de la trame par le récepteur

- A la réception, la trame parcourt le modèle OSI de la couche la plus basse vers la plus haute
    - Chaque protocole retire les informations d'en-tête ajoutées à la trame par son homologue à l'émission
      - Couche physique
        - ❖ Réception de la trame, calcul du CRC, puis envoi de la trame à la couche de liaisons de données
      - Couche liaison de données
        - ❖ Vérifie que le CRC est correct, retire l'en-tête et le CRC de la trame, puis envoi le paquet à la couche réseau
      - Couche réseau
        - ❖ Lit les informations de l'en-tête afin d'identifier la transmission et déterminer si le contenu du paquet est un fragment
        - ❖ En cas de fragmentation, rassemble les fragments pour reconstituer le datagramme d'origine
        - ❖ Retire l'en-tête IP et transmet le datagramme aux protocoles de la couche transport
      - Couche transport
        - ❖ Lit l'en-tête pour déterminer le protocole de couche d'application qui doit recevoir les données
        - ❖ Retire l'en-tête associée et envoi le message ou flux à l'application réceptrice
      - Couche application
        - ❖ Reçoit le message et effectue l'opération requise par l'émetteur

- Introduction aux couches de niveaux supérieurs
  - Modèles TCP/IP ou UDP/IP et OSI
    - Les protocoles TCP ou UDP et IP se situent respectivement aux niveaux 4 et 3 du modèle OSI
    - Historiquement lié à Unix, TCP/IP est désormais la référence sur tous les systèmes d'exploitation (Windows, Mac OS, ...)
    - Constitue un ensemble de protocoles de référence pour l'interconnexion des réseaux locaux et des réseaux longue distance
      - Exemple : Internet
        - ❖ Les protocoles internet sont définis dans des documents appelés RFC (Requests For Comments) qui sont publiés, révisés et analysés par la communauté internet

## Modèle TCP/IP (ou UDP/IP)



## Modèle OSI

7. APPLICATION

4. TRANSPORT

3. RESEAU

1. ET 2. PHYSIQUE ET LIAISON

- Introduction aux couches de niveaux supérieurs
  - Couche 3 (Couche basse)
    - Protocole IP
      - IP (Internet Protocol)
        - ❖ Protocole en mode datagramme (non connecté)
        - ❖ Offre des fonctions de routage et de fragmentation des données
      - Protocoles associés à IP
        - ARP (Address Resolution Protocol) :
          - ❖ Réalise la correspondance entre les adresses logiques (Internet) et les adresses physiques (MAC)
        - ICMP (Internet Control Message Protocol) :
          - ❖ Gestion du protocole IP
        - DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) :
          - ❖ Allocation dynamique par un serveur des adresses IP aux clients demandeurs
        - RIP (Routing Information Protocol) :
          - ❖ Protocole de routage utilisant le principe de la multidiffusion
    - Couche 4 (Couche basse)
      - Protocole TCP ou UDP
        - TCP (Transmission Control Protocol)
          - ❖ Offre aux utilisateurs un transfert fiable et sur connexion
        - UDP (User Datagram Protocol)
          - ❖ Offre aux utilisateurs un transfert en mode datagramme (non connecté)

- Introduction aux couches de niveaux supérieurs
  - Couche 7 (Couche haute)
    - Regroupe les différentes applications courantes :
      - Telnet (Terminal Emulation Protocol) pour la connexion et l'émulation de terminal
      - FTP (File Transfert Protocol) pour le transfert de fichiers
      - SNMP (Simple Network Management Protocol) pour l'administration et la gestion des machines réseaux
      - SMTP (Simple Mail Transfert Protocol) pour les services de courrier électronique, notamment pour les transferts entre serveur de messagerie et pour le courrier sortant.
      - POP (Post Office Protocol) pour offrir un service de courrier entrant lorsque l'utilisateur n'est pas connecté en permanence
      - IMAP (Internet Message Access Protocol) pour offrir des fonctionnalités de lecture de messages plus avancées (archivage sur le serveur, tri, ...)
      - HTTP (HyperText Transmission Protocol) pour la navigation à l'aide de liens hypertextes
      - ...

- *CM 1 : Généralités Réseaux*
- *CM 2 : Topologie et supports de transmission*
  - *TD 1 : Débit et technologie ADSL*
- *CM 3 : Codage des informations et contrôle d'intégrité*
  - *TD 2 : Codage des informations et contrôle d'intégrité CRC*
- *CM 4 : Modèle OSI / Ethernet*
- **CM 5 : Couches transport et réseau (TCP/IP)**
  - TD 3 : Analyse de trames Ethernet / Adresse IP et masque de sous-réseaux
  - TD 4 : Adressage IP / Routage IP
- **CM 6 : Réseaux WLAN et sécurité**
  - TD 5 : Réseaux Wifi et sécurité
- **CM 7 : Réseaux et bus de terrain**
  - TD 6 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 1 : Technologie ADSL
    - TP 2 : Analyse de trames et Encapsulation Ethernet
    - TP 3 : Configuration d'un réseau IP / Routage IP / Wifi
    - TP 4 : Réseaux et bus de terrain
    - TP 5 : TP Test
- **CM 8 : Contrôle de connaissances**