

COURS #3

La couche OSI Data Link (L2)

Introduction aux réseaux 2025 (Bloc 2)

Corentin Badot-Bertrand

PREAMBULE

Rappels & mise en contexte

Quelques rappels sur le cours
précédent avant de commencer



Dans l'épisode précédent

- Découverte de la couche physique (OSI L1)
- Supports guidés « cuivrés » (paires torsadées, ...)
- Supports guidés « optiques » (fibre optique)
- Supports non guidés (Wifi, satellite, ...)



7. Application

6. Presentation

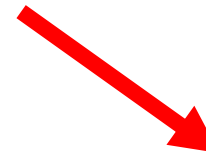
5. Session

4. Transport

3. Network

2. Data Link

1. Physical



Questions
pour un
Champion

L'électricité d'un hangar est en cours de rénovation.

L'entrepreneur propose de faire passer des câbles réseau à côté des câbles électriques.

Est-ce une bonne idée ?
Y a-t-il des contraintes ?

Réponse :

- Risque de perturbations électromagnétiques
- Mitiger avec un blindage si pas possible autrement



VL organise un point logistique dans une plaine.
Il souhaite avoir accès à un réseau
(+100Mb/s garanti) et sans latences.
Il y a un fournisseur réseau qui arrive près de
maisons à côté (V00).

Quelles sont les options ?

Réponse :

- Idéalement, arrivée guidée avec un câble coax
- Utilisation de satellite "*low orbit*" si la distance est trop longue à couvrir pour le câble coax



Vous connectez un gadget en plastique ayant besoin d'une prise réseau RJ45 à une arrivée réseau plastique de 10Mb/s. On vous propose un câble sans protection ou un CAT7 S/FTP.

Qu'en pensez-vous ?

Réponse :

- **Un câble CAT7 S/FTP est "overkill" pour cet usage**
- **Un câble de catégorie 5 conviendra parfaitement**



VinciLogistics a acheté des caméras connectées pour les hangars.
Les caméras possèdent de la PoE passive :
pouvons-nous les brancher sur une prise RJ45 sans câble électrique ?

Oui ou non ?

Réponse :

- Oui, la caméra peut être alimentée via le câble réseau
- Mais cela nécessite un injecteur PoE



Objectifs du cours



Modes de transmission (full-duplex, ...) & multiplexage

Découvrir la couche **Data Link (OSI L2)** :

- Objectifs & périmètre
- Adresses MAC
- Broadcast & multicast
- Protocole Ethernet
- Hub, bridge et switch

PARTIE #1

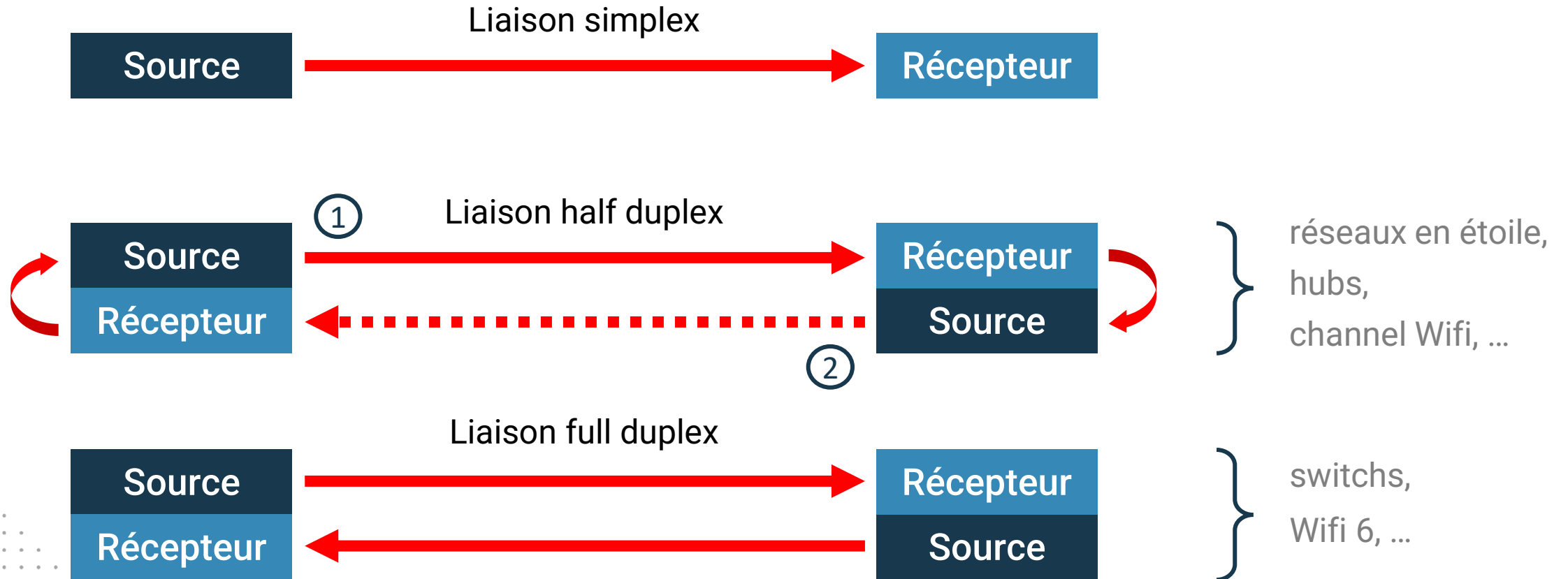
Modes de transmission & multiplexage

Quelques mécanismes essentiels
pour échanger des informations



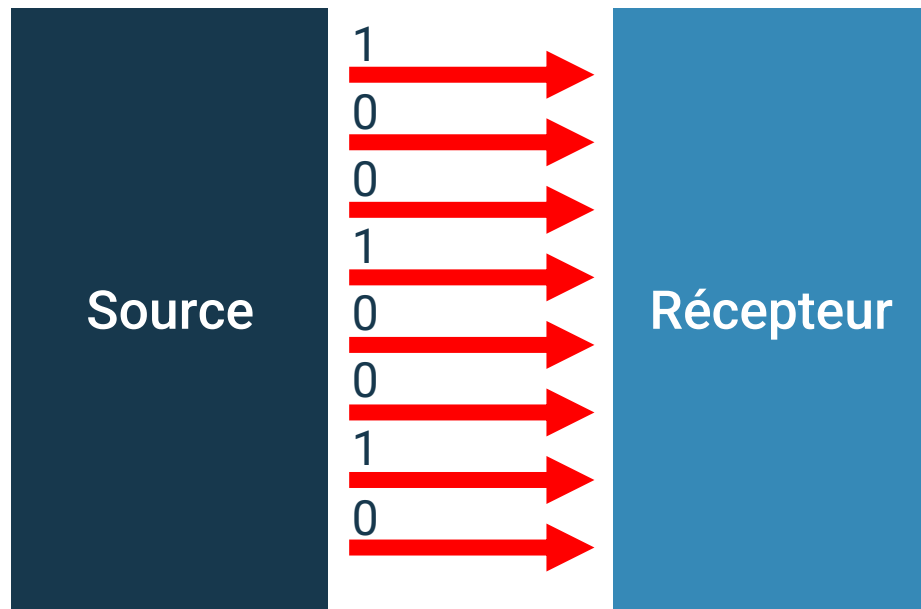
Simplex & duplex

La transmission entre deux systèmes peut être **simplex ou *half/full* duplex**

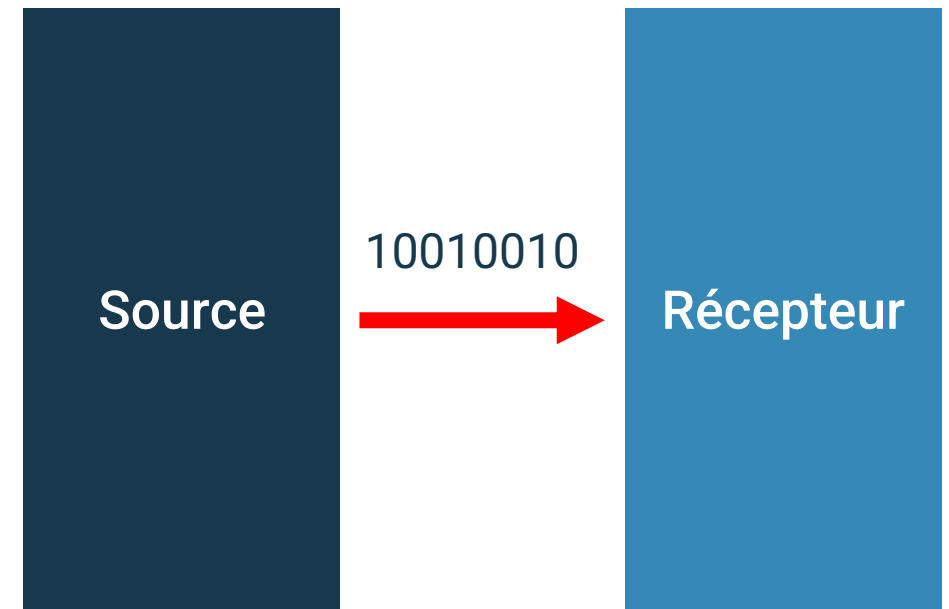


Série et parallèle

La transmission entre deux systèmes peut être en série ou parallèle



Transmission parallèle
(bus de communication CPU)

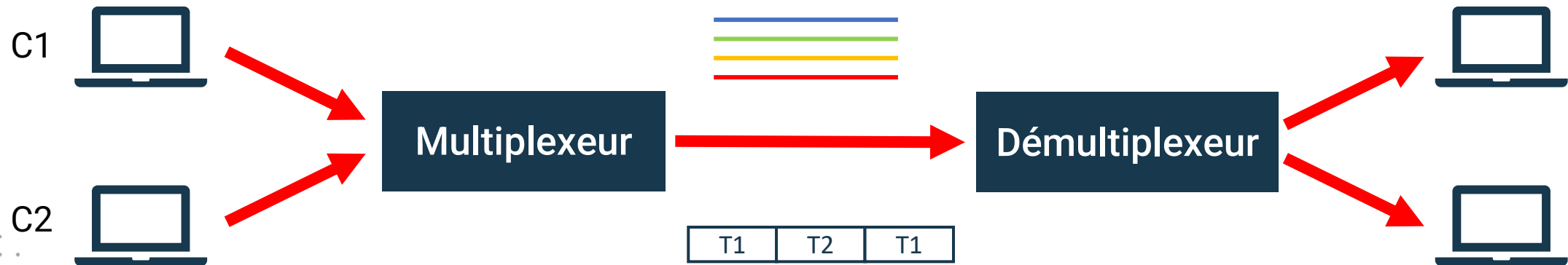


Transmission série
(câble réseau, fibre optique, ...)

Multiplexage

Support partagé avec plusieurs utilisateurs – réalisé par un multiplexeur

- Simuler sur une seule ligne n liaisons de point-à-point
- Technique spatiale : une fibre optique utilise différentes longueurs d'ondes
- Technique temporelle : les utilisateurs possèdent des espaces de temps



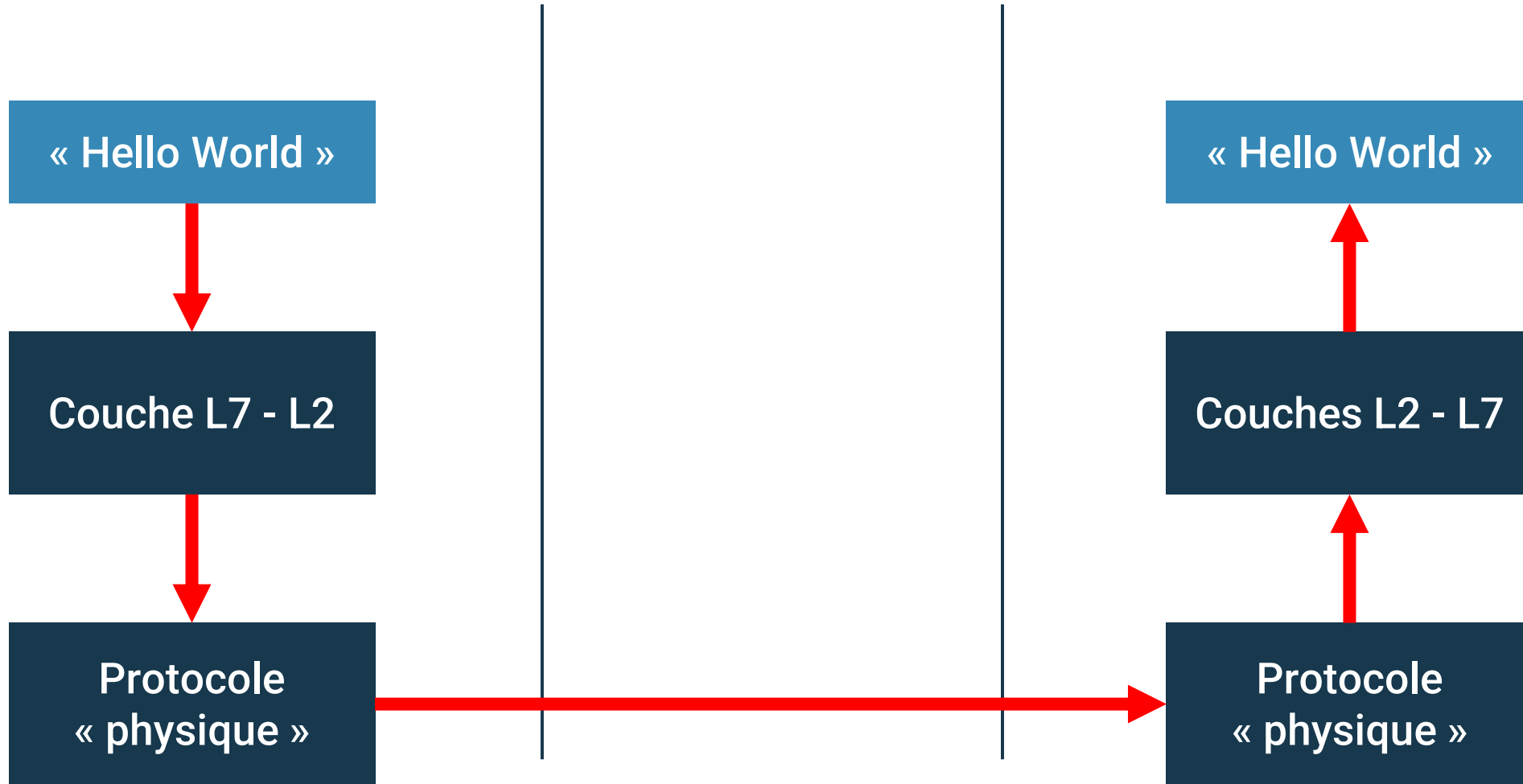
PARTIE #2

Découverte de la couche Data Link

La couche Data Link (L2) aux fondations du modèle OSI



Modèle OSI & encapsulation, un rappel





7. Application

6. Presentation

5. Session

4. Transport

3. Network



2. Data Link

1. Physical

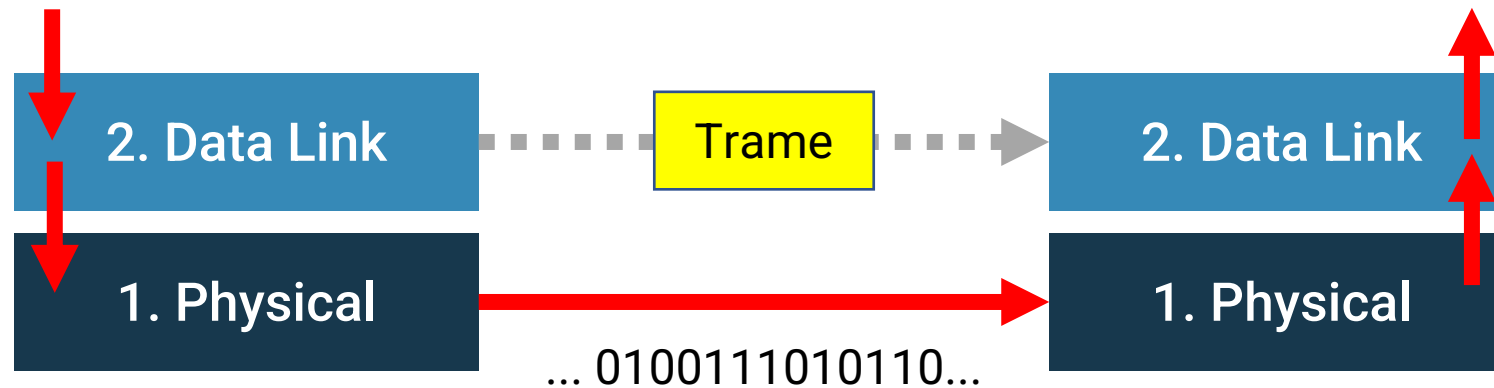
Gestion d'erreurs, de vitesse, ... entre nœuds dans un réseau local

Encodage physique des données sur mediums (cuivre, ...)

La couche Data Link

Deuxième couche du modèle OSI en charge du transfert entre nœuds

- Au-dessus de la couche physique...
- ... et doit donc gérer les erreurs
- Couche méconnue, à la base de toute communication réseau
- L'unité de transfert dans cette couche est une *trame (frame)*



Les responsabilités

Parmi les responsabilités de la couche Data Link

- Transmettre correctement des trames (*frames*) dans un réseau local
- Corriger les erreurs de la couche physique entre nœuds connexes A et B
- Eviter les collisions de données au niveau local

En résumé : effectuer une gestion du trafic dans un réseau local

Data Link & LAN

Les protocoles de la couche Data Link sont utilisés en réseau local (LAN)

- Votre réseau domestique, un petit réseau d'entreprise, ...
- Résout seulement des problématiques réseau entre nœuds connexes
- ... n'opère pas en dehors de ce périmètre

Adresses MAC

Chaque machine connectée au réseau possède des **interfaces réseau**

- Une carte réseau d'un ordinateur, puce WiFi, etc.
- Chaque interface possède une adresse unique gravée...
- ... l'adresse MAC (*Media Access Control*)

Chaque constructeur (Asus, TP-Link, ...) possède un préfixe MAC qui rends les adresses « uniques »



Adresse MAC d'une
interface machine
connectée au réseau

Currently scanning: (passive) | Screen View: Unique Hosts

39 Captured ARP Req/Rep packets, from 2 hosts. Total size: 1640

IP	At MAC Address	Count	Len	MAC Vendor / Hostname
192.168.43.1	12:8e:e0:b4:e4:54	34	1430	Unknown vendor
0.0.0.0	f0:98:9d:4a:a2:1b	5	210	Apple, Inc.

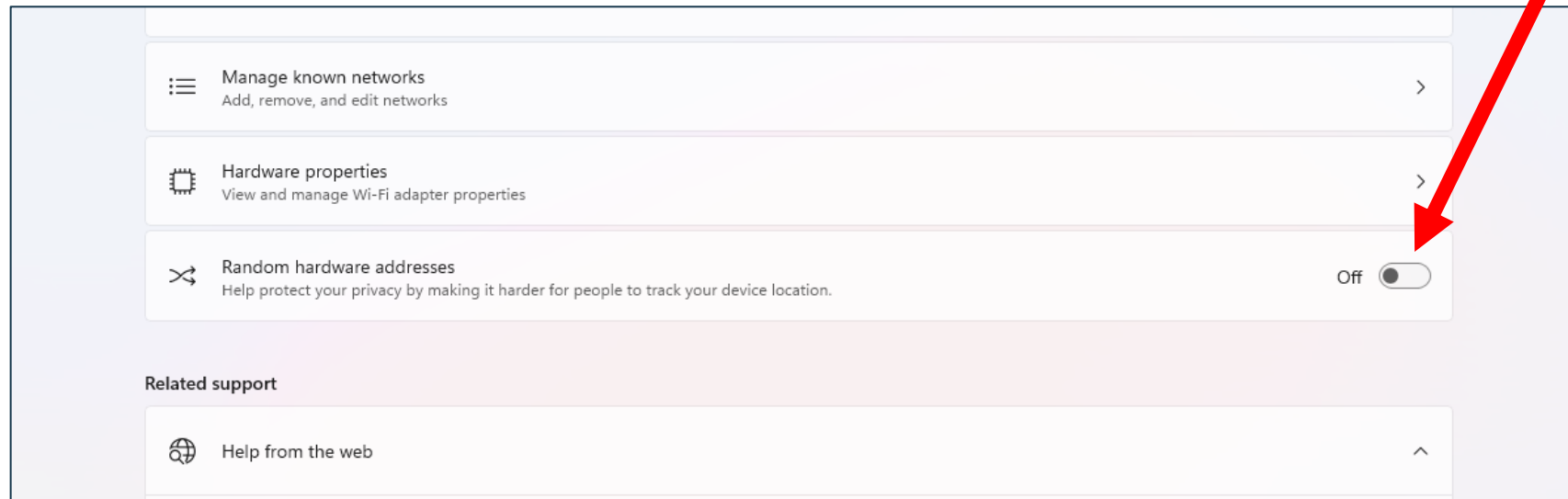
Fabricant

L'outil **netdiscover** (<https://www.kali.org/tools/netdiscover/>)

Adresses MAC & vie privée

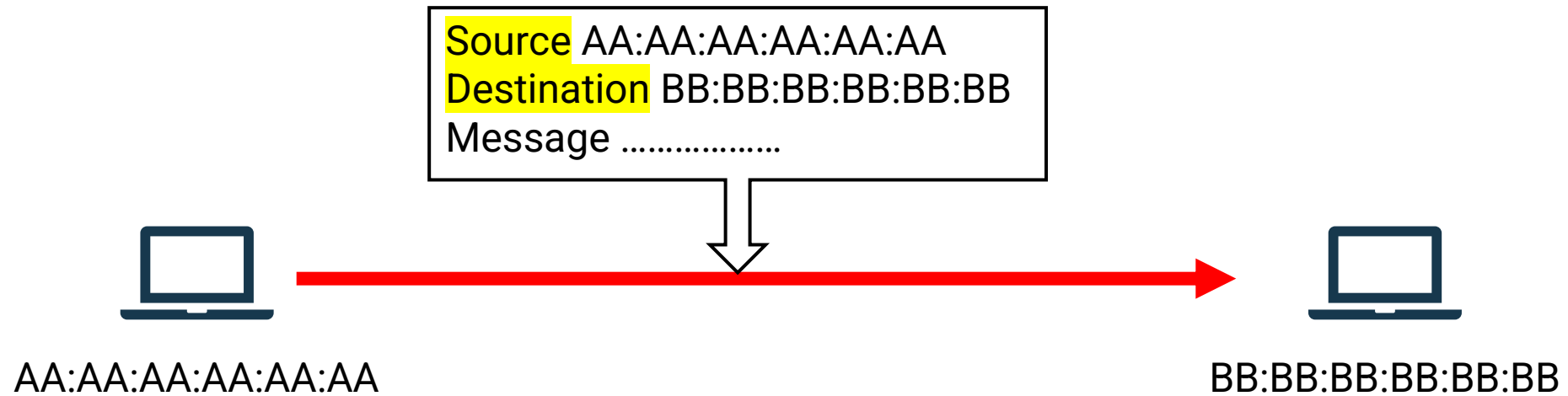
Il est possible de changer l'adresse MAC pour éviter le suivi

- Commande **ifconfig** dans Linux (temporaire)
- Options aléatoire (Windows, Apple, Android, ...)
- Possibles de persister une nouvelle adresse MAC



Adresses MAC

Chaque message envoyé sur le réseau provient d'une adresse MAC

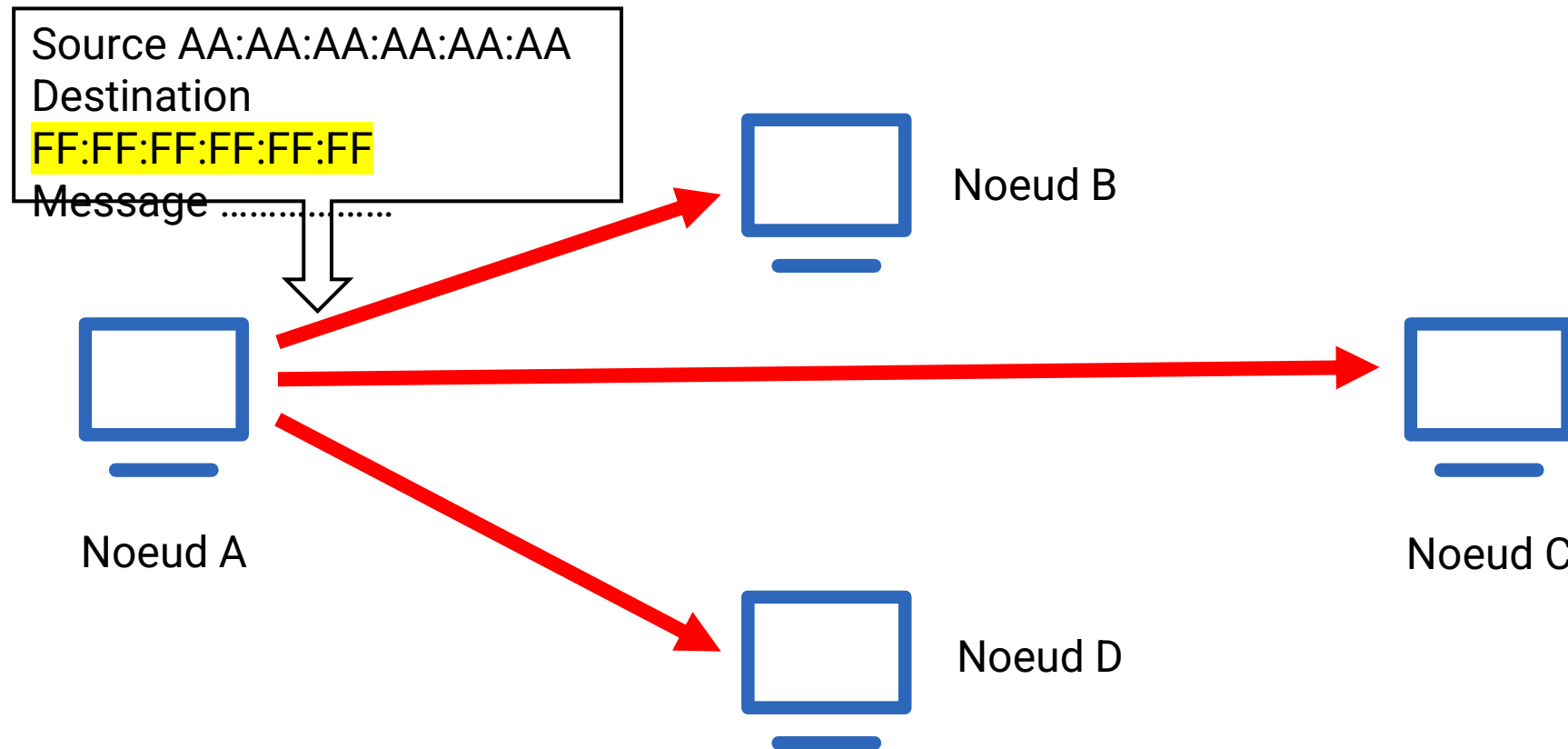




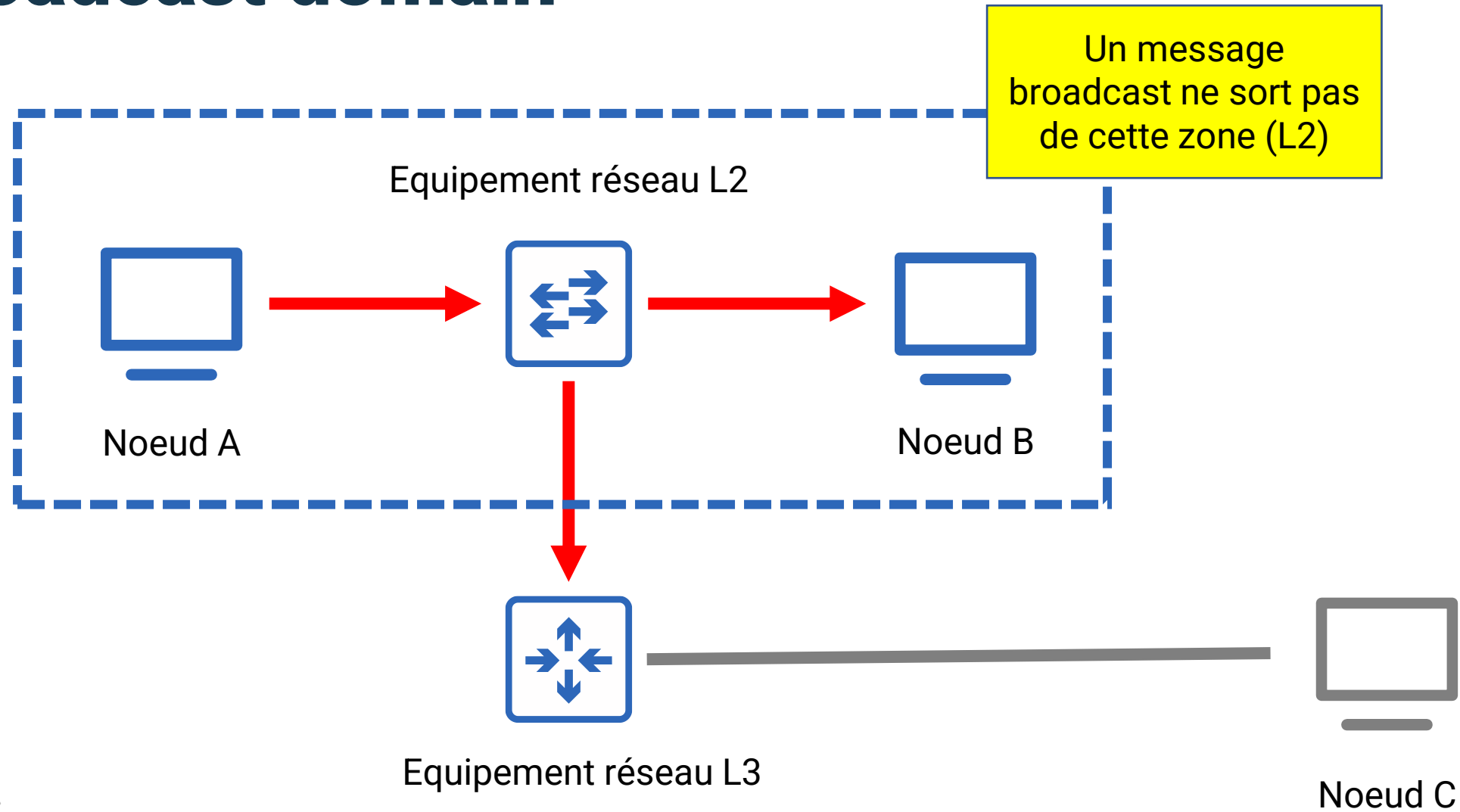
**Seulement vers une
machine spécifique ?**

Broadcast

Technique de transmission d'un point vers tous les clients dans un domaine

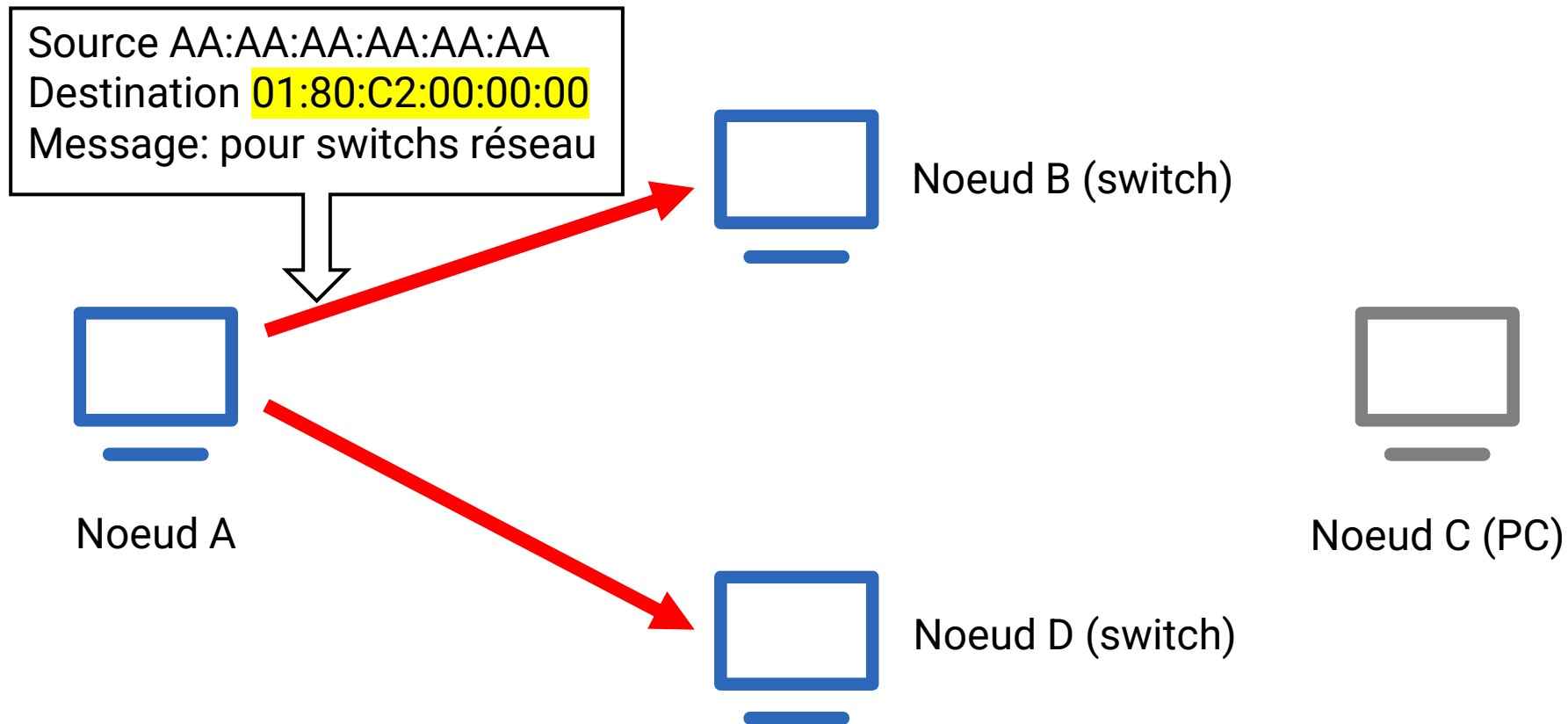


Broadcast domain



Multicast

Technique de transmission d'un point vers certains clients dans un domaine

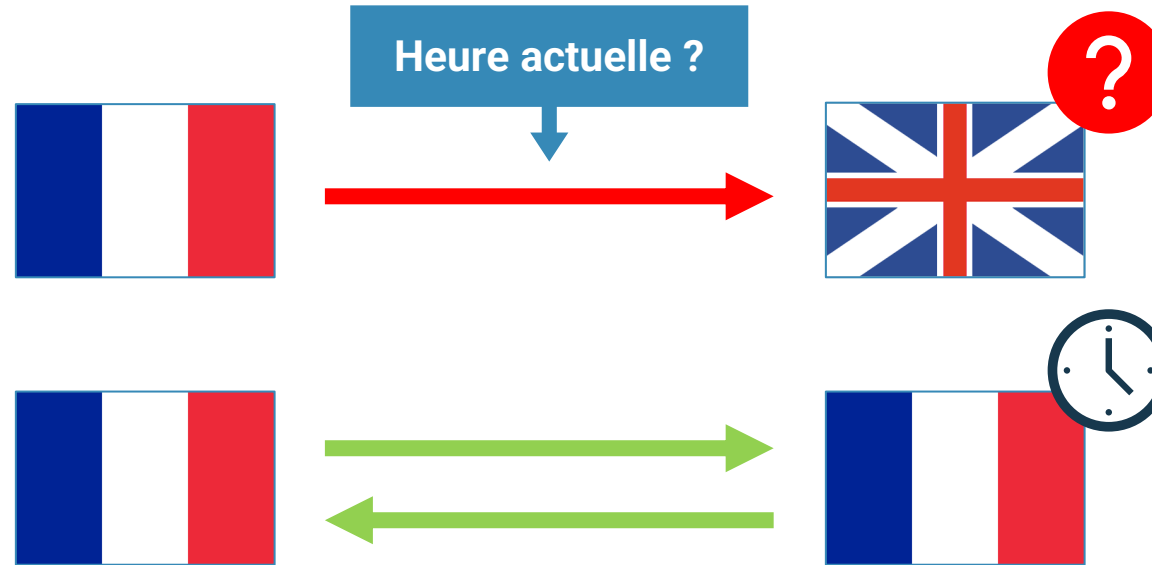


PARTIE #3

Le protocole Ethernet

Le protocole et l'ensemble des technologies Ethernet



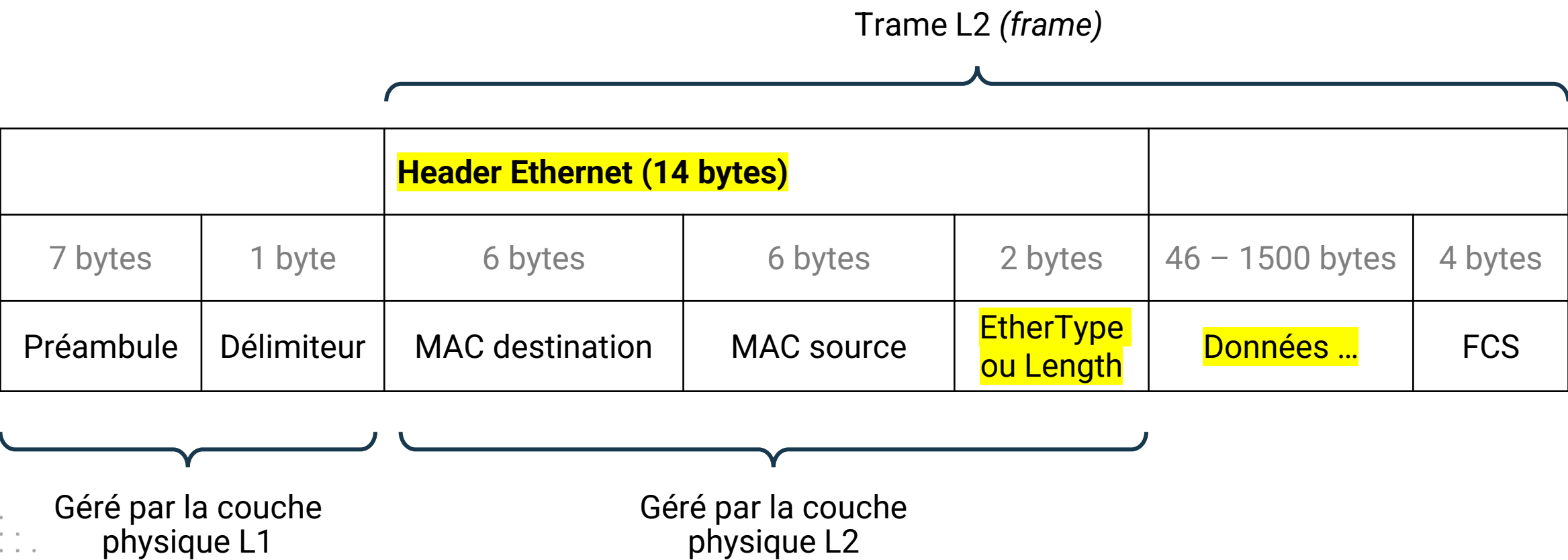


Ethernet II

Ensemble de technologies qui implémentent les fonctions essentielles L1/L2

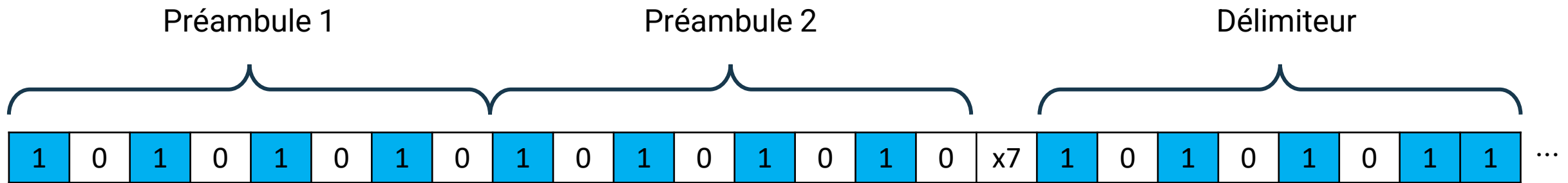
- Couvre L1 Physical et L2 Data Link
- Protocole Ethernet, standards pour câbles, etc.
- Définit le concept de trame (frame)
- Mécanisme de vérification d'erreurs
- Conçu pour les réseaux locaux – mais utilisé partout (Internet)

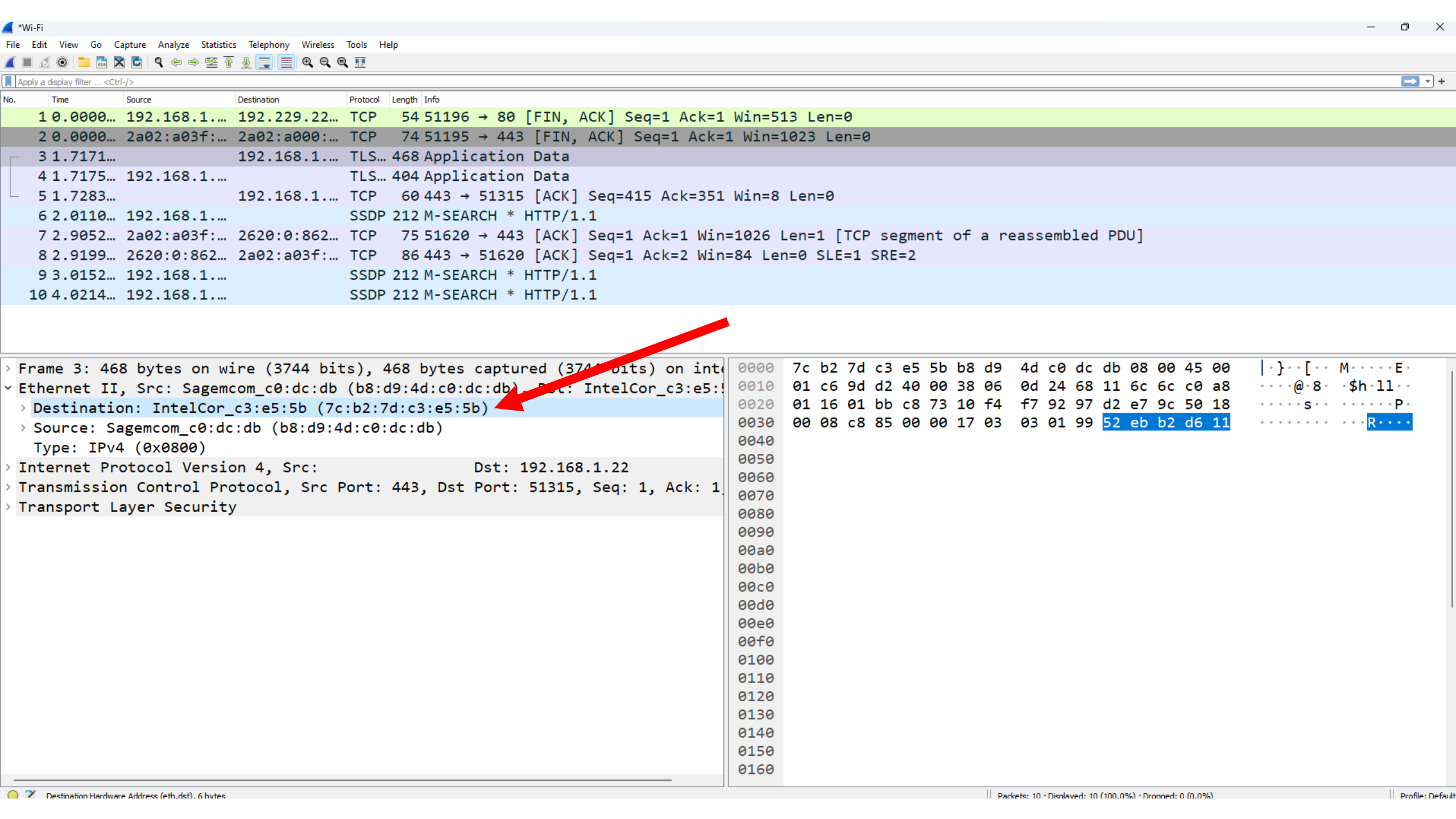
Structure d'un « paquet » Ethernet II



Préambule & délimiteur

Partie d'Ethernet appartenant à la couche physique (L1) – permet d'avertir le receveur et de synchroniser les horloges





```
> Frame 3: 468 bytes on wire (3744 bits), 468 bytes captured (3744 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: Sagemcom_c0:dc:db (b8:d9:4d:c0:dc:db), Dst: IntelCor_c3:e5:5b (7c:b2:7d:c3:e5:5b)
  > Destination: IntelCor_c3:e5:5b (7c:b2:7d:c3:e5:5b)
  > Source: Sagemcom_c0:dc:db (b8:d9:4d:c0:dc:db)
  > Type: IPv4 (0x0800)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.22, Dst: 192.168.1.22
> Transmission Control Protocol, Src Port: 443, Dst Port: 51315, Seq: 1, Ack: 1, Len: 0
> Transport Layer Security
```

```
0000  7c b2 7d c3 e5 5b b8 d9 4d c0 dc db 08 00 45 00  |·}·[· M····E·
0010  01 c6 9d d2 40 00 38 06 0d 24 68 11 6c 6c c0 a8  ···@·8· $h·11··
0020  01 16 01 bb c8 73 10 f4 f7 92 97 d2 e7 9c 50 18  ····s· ····P·
0030  00 08 c8 85 00 00 17 03 03 01 99 52 eb b2 d6 11  ······ ···R····
0040
0050
0060
0070
0080
0090
00a0
00b0
00c0
00d0
00e0
00f0
0100
0110
0120
0130
0140
0150
0160
```

EtherTypes ou longueur Ethernet

2 bytes pour indiquer la longueur du paquet ou un « Ethertype » :

- Si le nombre est ≤ 1500 : il s'agit de la **taille du payload (data)**
- Si le nombre est > 1500 : il s'agit de l'EtherType, un indicateur du protocole encapsulé dans le payload
 - **0x0800 IPv4**
 - **0x0806 ARP**
 - **0X86DD IPv6**

Frame Check Sequence (FCS)

4 bytes qui contiennent un **Cyclic Redundancy Check (CRC)**, détecte les erreurs de transmissions

- Assurance rapide et assez fiable que message est intact
- ... toutes les erreurs ne sont pas détectées forcément
- Calculé avant transmission et mis en fin de trame
- Récupéré lors de réception et recalculé




CRC basique, le bit de parité

Si la somme est paire, le CRC est 0 – si c'est impair, alors le CRC est 1

Bit 1	Bit 2	Résultat CRC
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

CRC basique, le bit de parité

Si la somme est paire, le CRC est 0 – si c'est impair, alors le CRC est 1



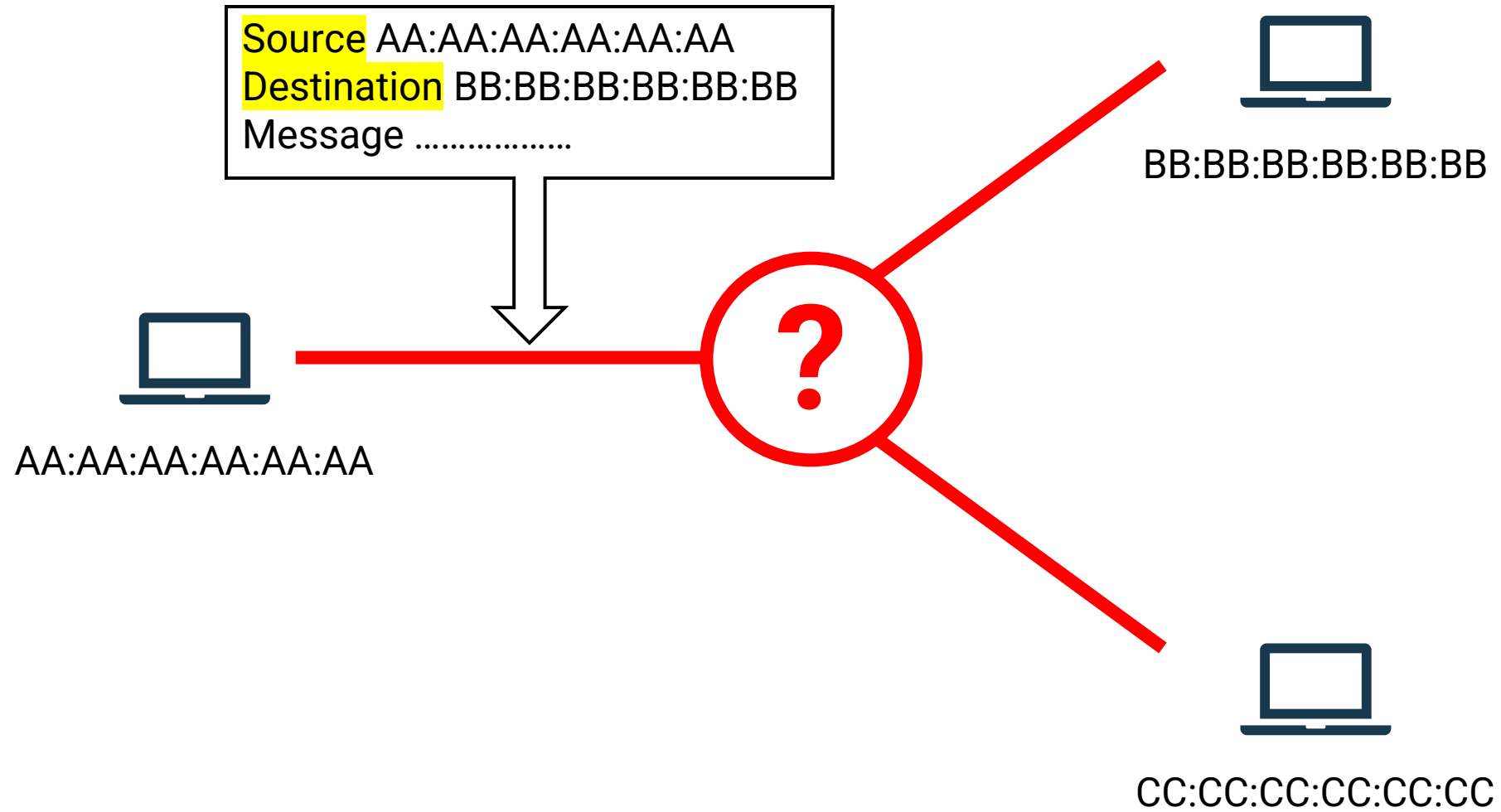
Bit 1	Bit 2	Résultat CRC
1	0	0
0	0	1
1	1	0

PARTIE #4

Matériel réseau de commutation

Hubs, bridges & switch... nos premiers équipements dans un réseau Ethernet

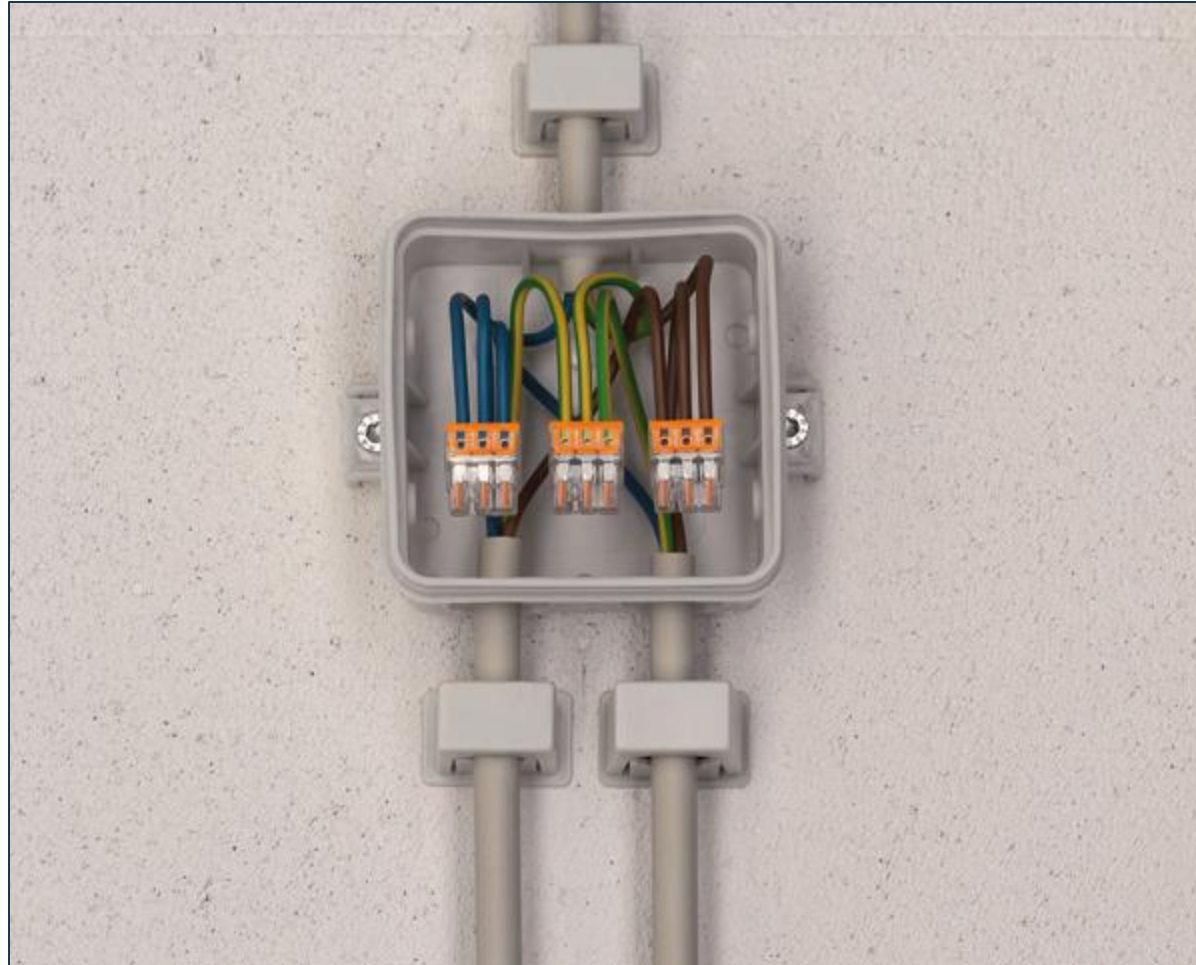






**Comment connecter
plusieurs nœuds dans un
réseau en topologie étoile ?**

Une technique de commutation ...



Commutation dans un réseau en étoile

Des **équipements réseau** pour un réseau en topologie étoile

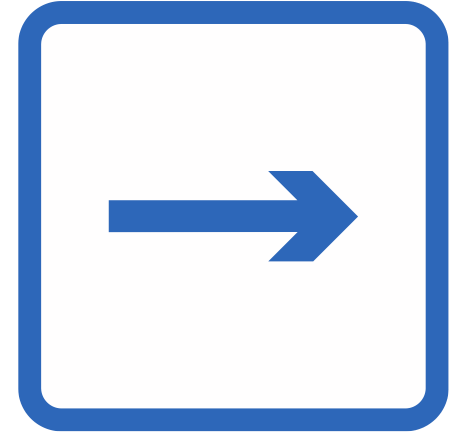
- Hub (L1 - Physical)
- Bridge (L2 - Data Link)
- Switch (L2 - Data Link)

Un équipement réseau d'une couche (L2) ne peut pas comprendre le contenu des couches supérieures (L3, ...).
Il travaille seulement avec les protocoles de sa couche.

Hubs (L1 - Physical)

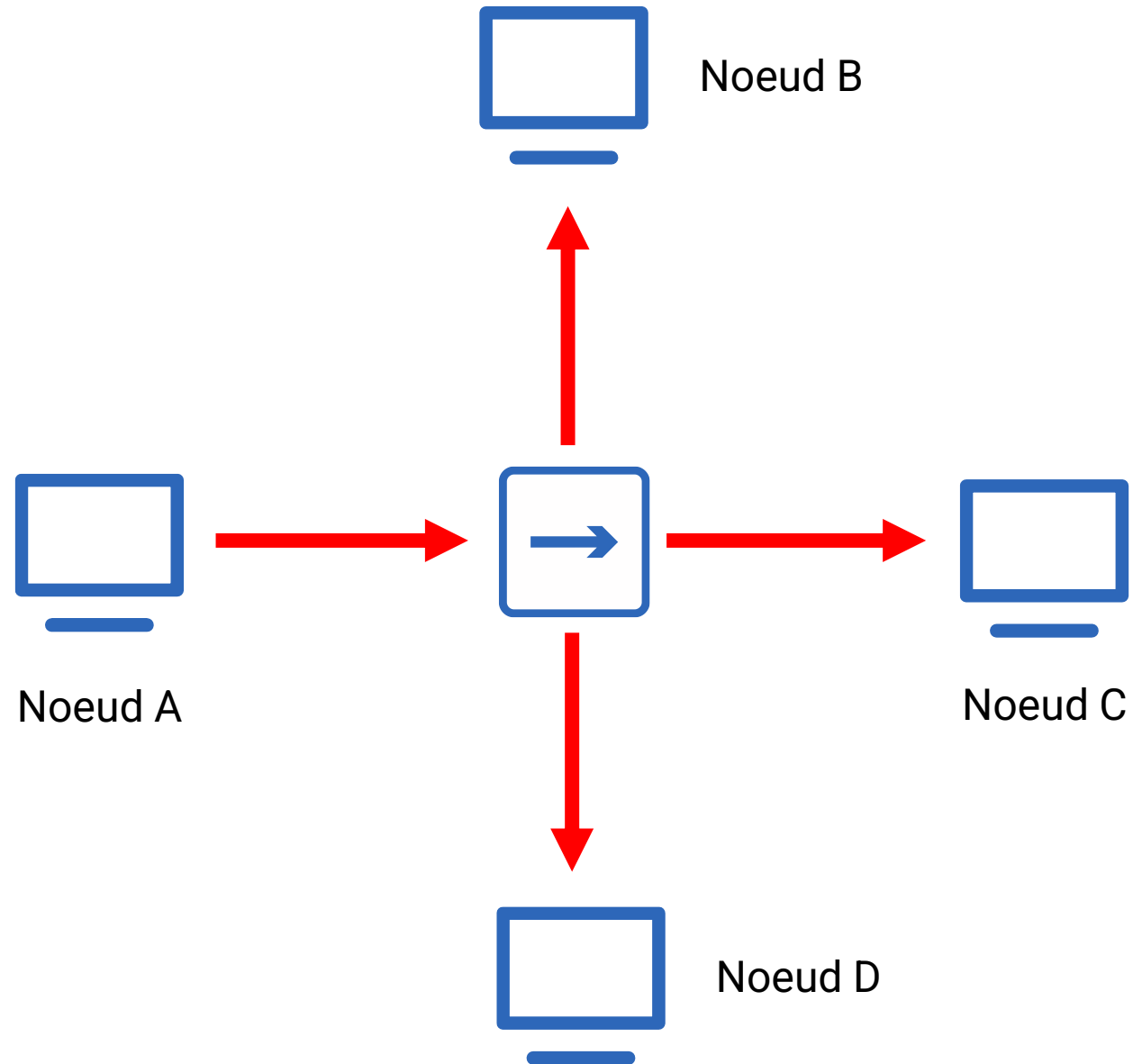
Équipement réseau basique, basé sur un *repeater*

- Reçoit un signal sur un port et la **répète sur tous les ports**
- Façon minimaliste de créer un réseau
- Avantage économique par rapport à des équipements complexes
- Inconvénients : aucune gestion de la charge, sécurité faible, collisions, ...
- Transmet les données en half-duplex



Les hubs n'ont pratiquement plus d'utilisation dans les réseaux modernes

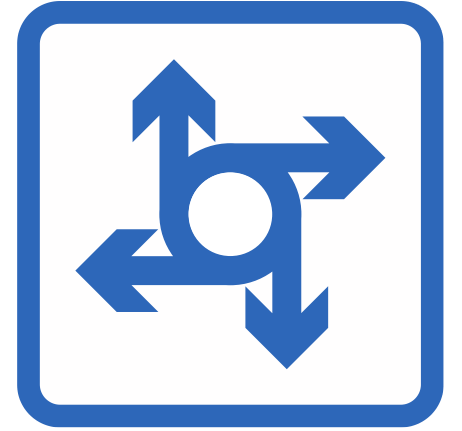




Bridge (L2 - Data Link)

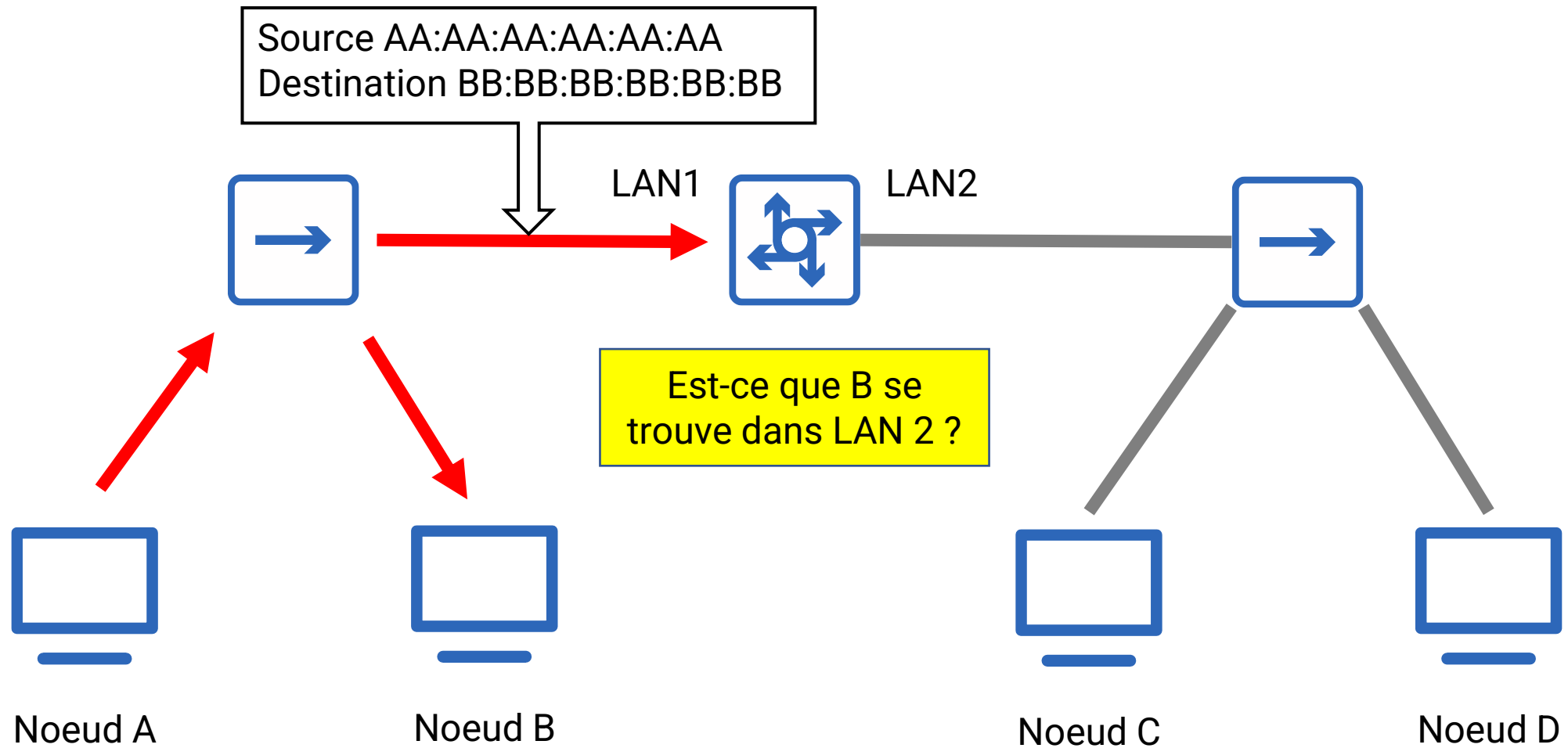
Equipement réseau plus avancé qu'un hub, analyse les trames

- Analyse des trames Ethernet de la couche Data Link
- Extrait l'adresse MAC source et destination
- Possède 2 « ports » (cartes réseau)
- Transfère les trames d'un port vers un autre... si la trame de destination est sur l'autre port



Les bridges ont peu d'usage dans un réseau domestique moderne

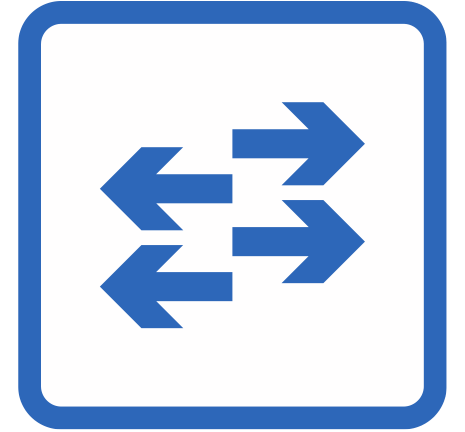




Switch (L2 - Data Link)

Un switch est un bridge avec plusieurs ports

- Analyse les trames et extrait les adresses MAC
- **Transfère seulement un message vers le port de destination**
- Gestion du trafic avancé, partage de la bande passante, segmentation, ...
- Transmet les données en full-duplex



Les switches sont omniprésents dans les réseaux modernes





Switch 16 POE

FE2.108.1.10



Workshop
InventWing

Living Room

