Sommaire

Définitions

Réseau : ensemble d'équipements informatiques reliés entre eux et qui échangent des données.

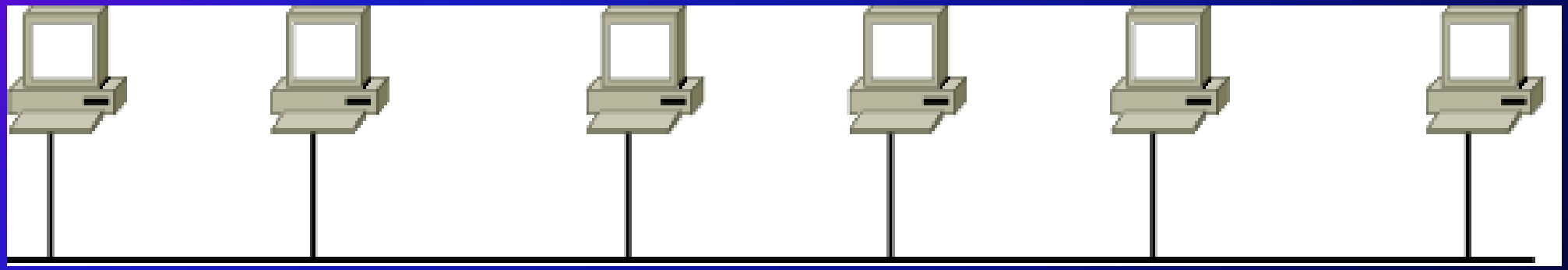
Topologie : étude des propriétés des figures géométriques. Par extension : **étude de l'architecture des réseaux.**

Réseau P2P

- Pair à pair (p2p). C'est le plus petit réseau possible

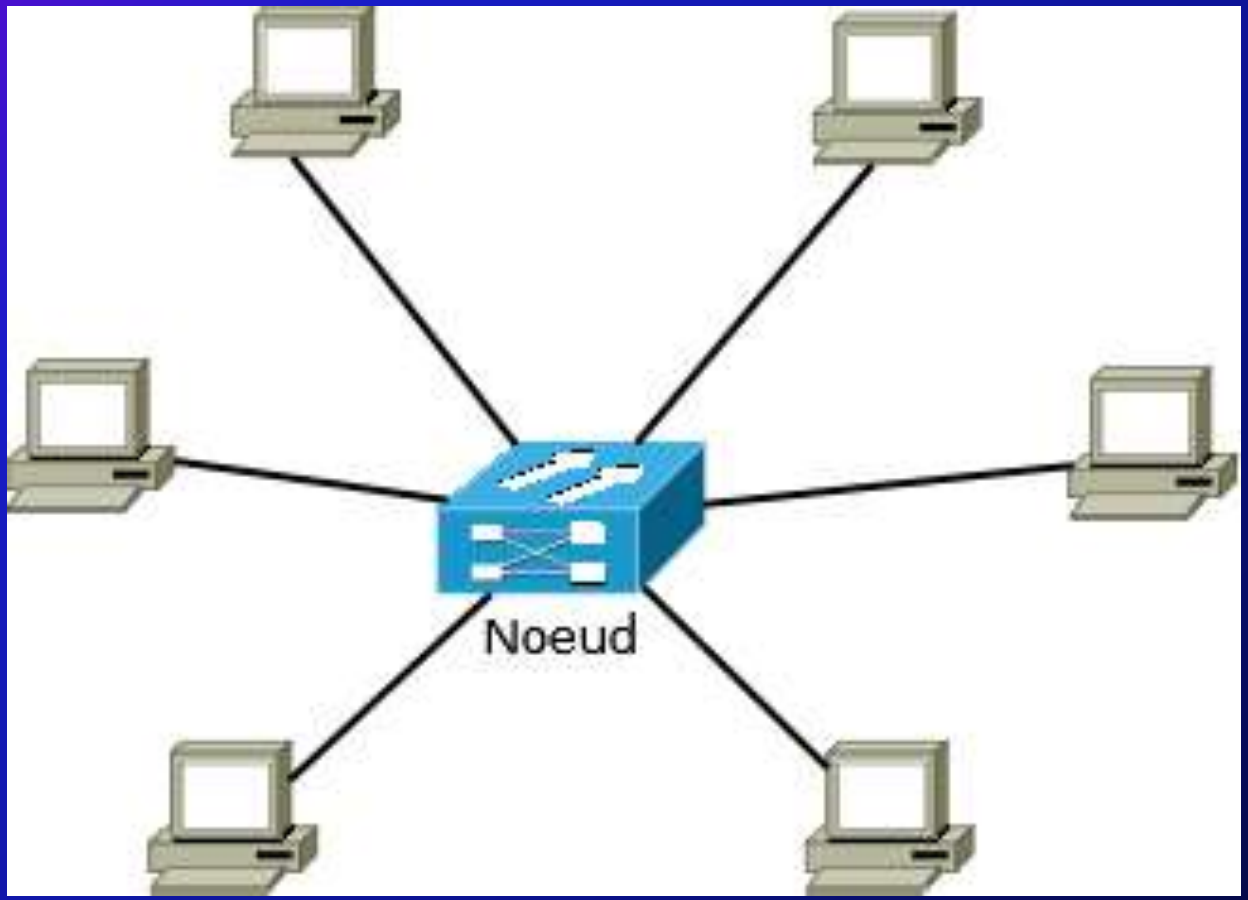
Réseau bus

- En bus. L'architecture la plus ancienne.



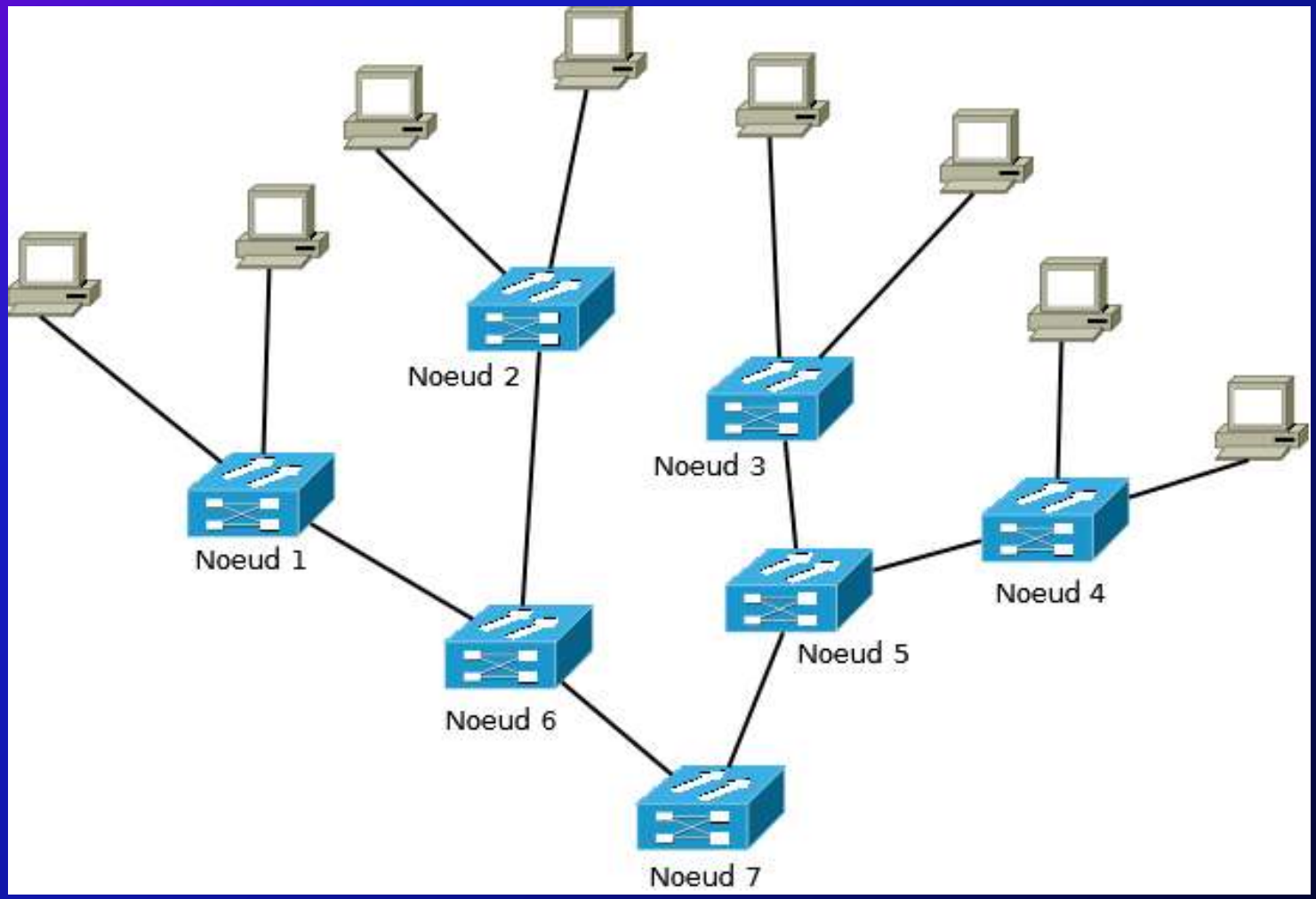
Réseau en étoile

- En étoile



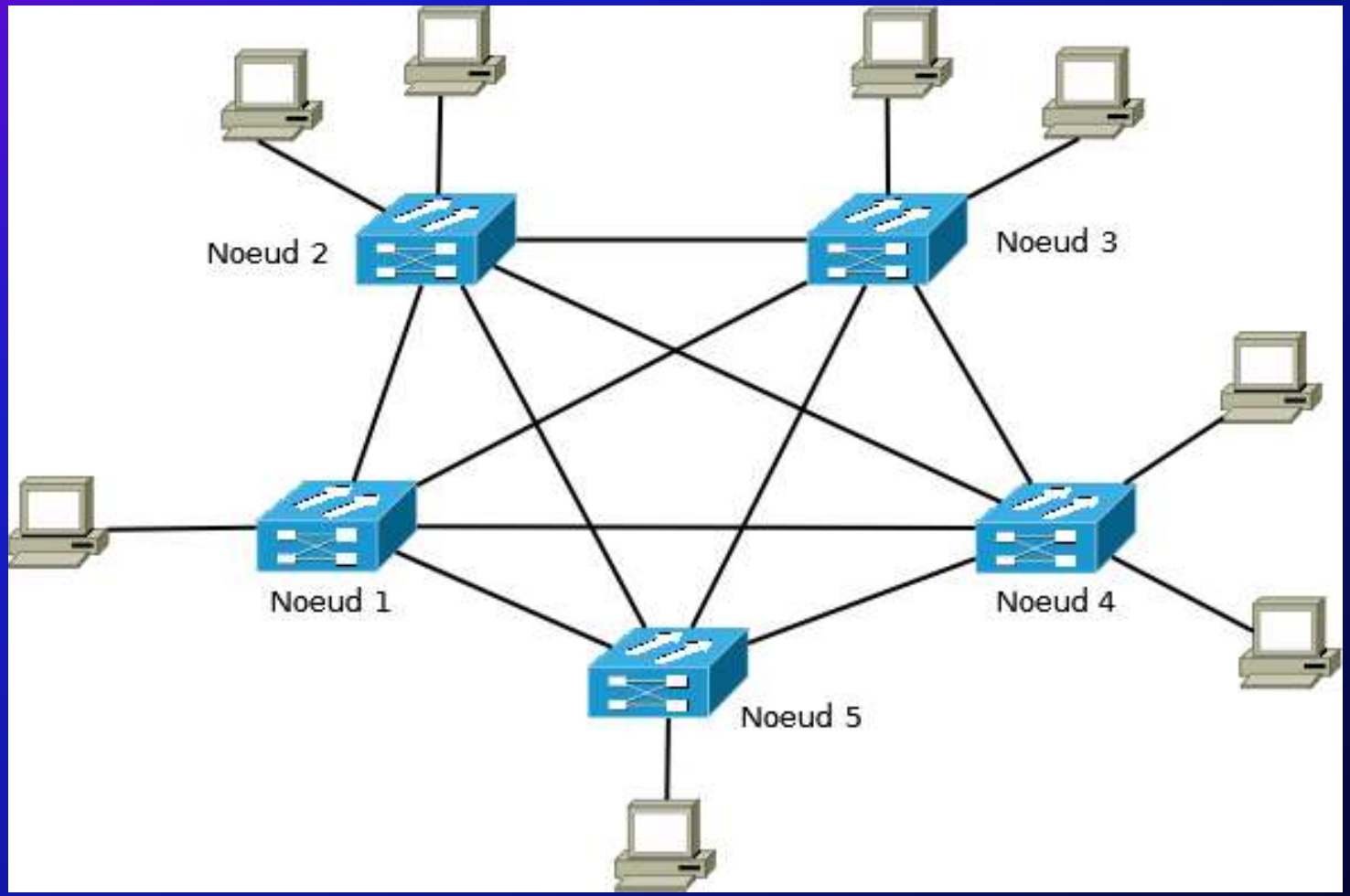
Réseau arborescent

- En arbre. Architecture classique des réseaux locaux et métropolitains



Réseau maillé

- Maillé. La perte d'un lien n'empêche pas le réseaux de fonctionner

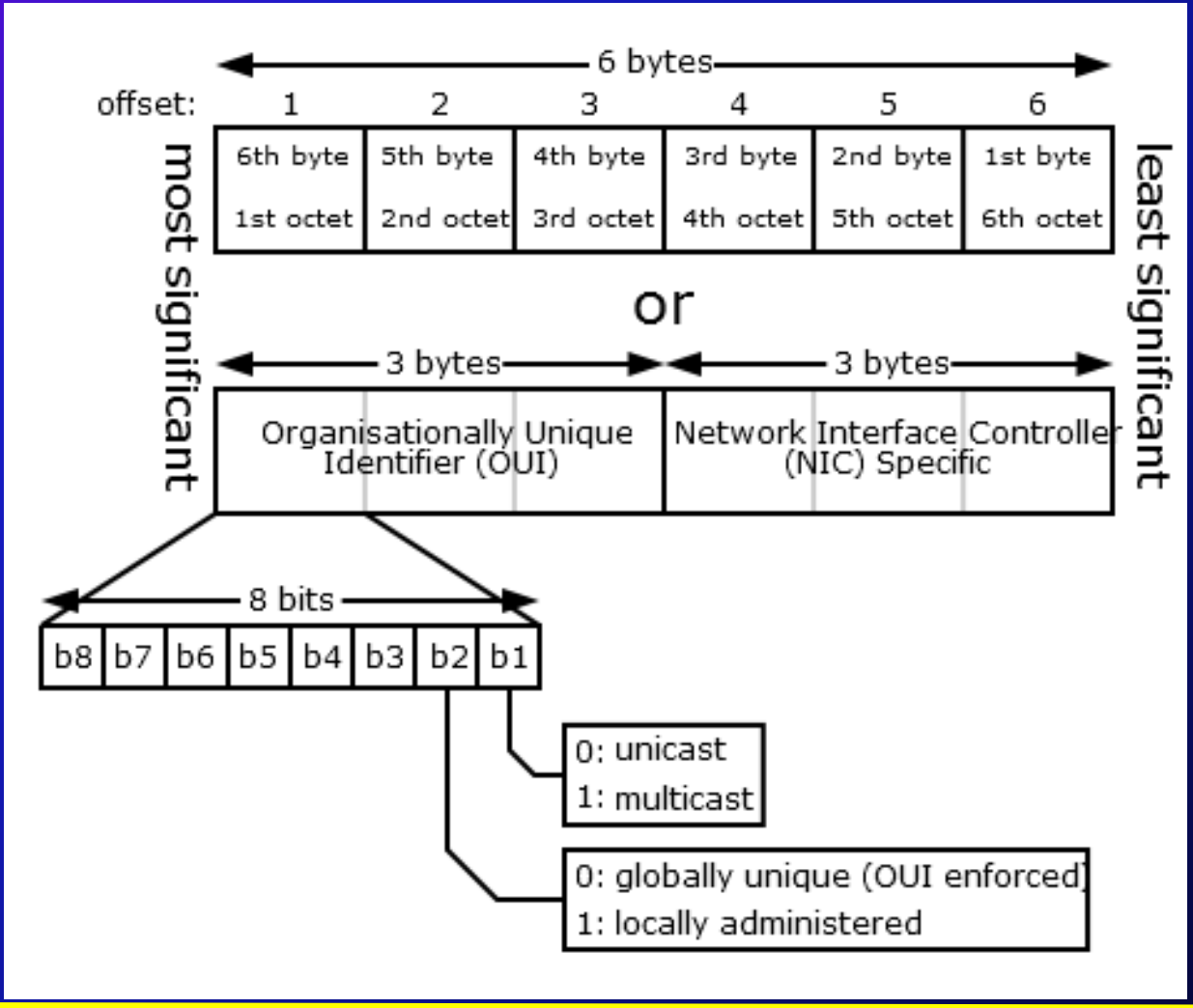


Adresse physique

- Pour pouvoir adresser un message d'un point à un autre il faut savoir qui est l'émetteur et qui est le récepteur.
- Il n'y a toujours qu'un seul émetteur et celui-ci est identifié par une adresse forcément unique codée sur six octets : l'adresse MAC (Media Access Control).
  - Les trois premiers octets sont attribués par IANA (***Internet Assigned Numbers Authority***) au constructeur de l'équipement de réseau.
  - Les trois derniers octets sont un numéro de série attribué par le constructeur lui même à son équipement
- Pour le destinataire trois cas se présentent :
  - Mode **unicast** : un seul récepteur. L'adresse de destination est l'adresse MAC du récepteur.
  - Mode **multicast** : plusieurs récepteurs. Les données ne sont émises qu'une seule fois et seront acheminées vers toutes les machines du groupe de diffusion sans que le contenu ne soit dupliqué; c'est donc le réseau qui se charge de reproduire les données. Les adresse commençant par 01:00:5e sont réservées à cette utilisation.
  - Mode **broadcast** : tous les équipements connectés reçoivent le message. Dans ce cas l'adresse de destination est ff:ff:ff:ff:ff:ff

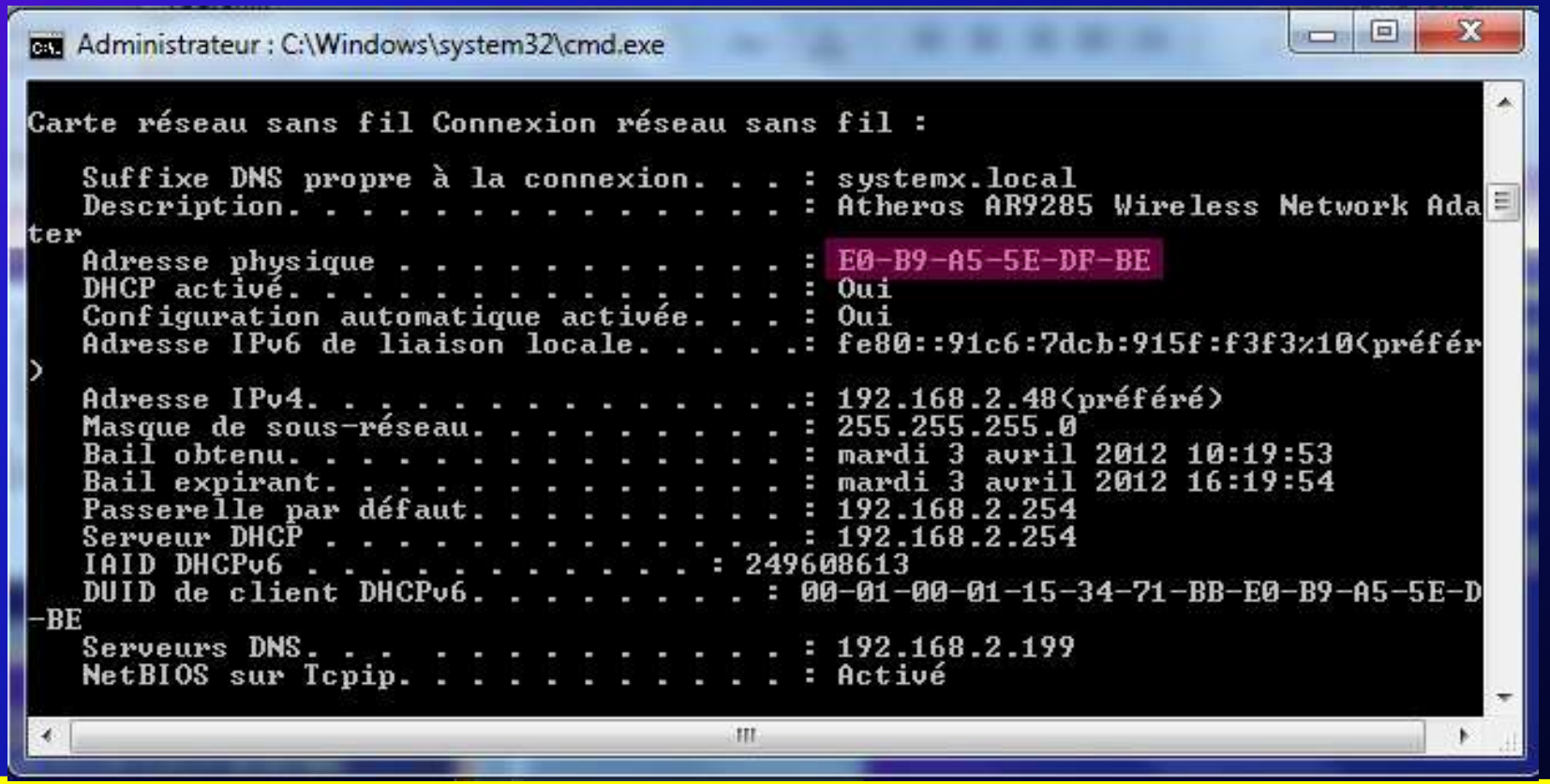
Adresse MAC

- Normalisation



Adresse MAC

- Identifier le constructeur et le numéro de série de votre carte réseau :
  - Sous Windows, en mode commande : `ipconfig /all`
  - Sous Linux / FreeBSD : `ifconfig` (éventuellement `-a`)
- Dans ce cas `e0 b9 a5` est Azurewave. Le numéro de série est `5e df be`



Adresse MAC

- Vérifier, pour votre interface réseau, que les deux bits de poids faible du premier octet sont conformes à la norme.
- Montrer que Microsoft ne respecte pas la norme (c'est une mauvaise habitude pas étonnante chez eux) pour l'interface ci-dessous.

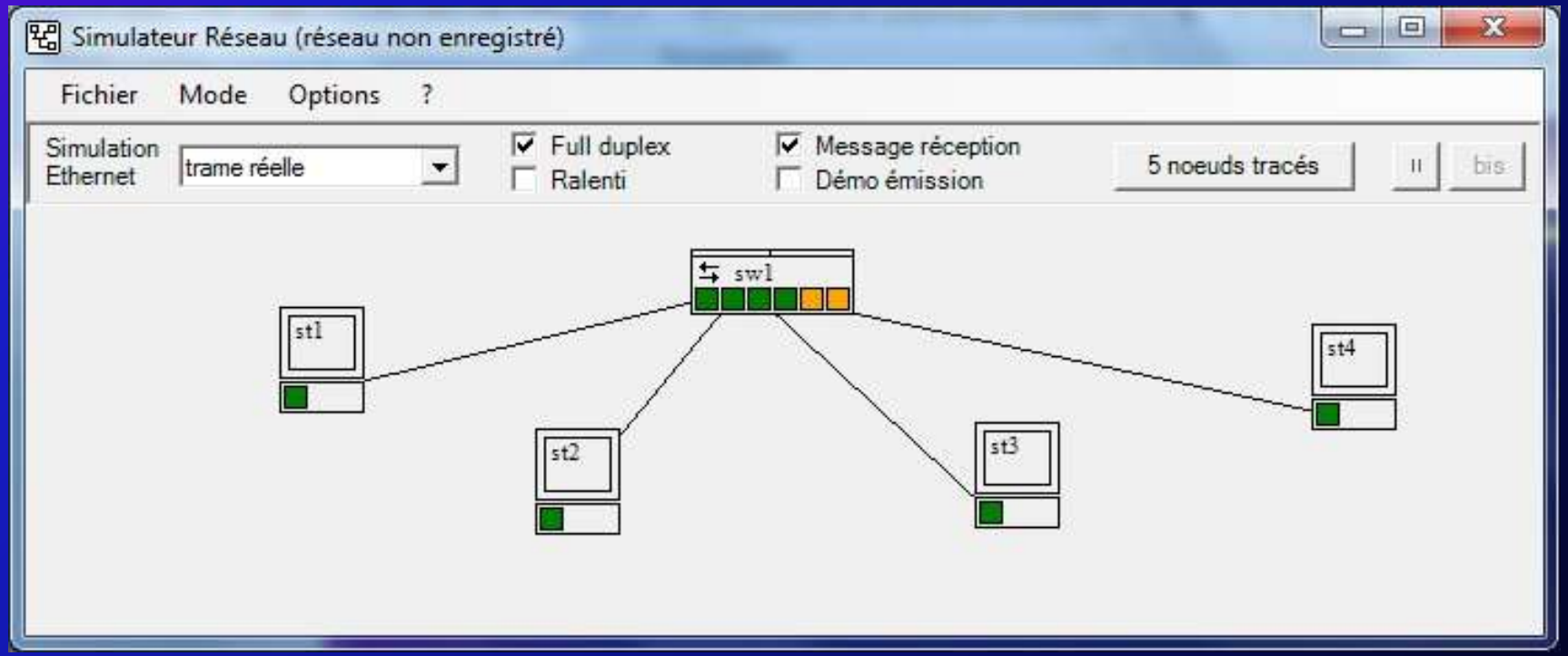
- Quels devraient être les trois premiers octets de cette interface ?

Adresse MAC TP SR3

- Créer un réseau composé de 4 stations (st1 à st4) connectées à un switch. On gardera les adresses MAC par défaut (mac01 à macc04) des stations, ce sera plus facile à manipuler même si ce n'est pas conforme à la norme !
- Configuration du switch : supprimer tout ce qui concerne les VLANs, les ports de cascade, le spanning tree et passer le switch en mode « on the fly »

Adressage MAC TP SR3

- Passer en mode Ethernet
  - Trame réelle
  - Full duplex
  - Message réception
- Tracer les 5 nœuds



Adressage MAC TP SR3

1. Vider la table MAC/Port du switch
2. Envoyer une trame de st1 à st3 (unicast)
   a. Comment st1 trouve st3 ?
   b. Quel est le contenu de la table MAC/Port du switch ?
3. Faire découvrir le réseau au switch
   a. Quel est le maintenant contenu de la table MAC/Port du switch ?
   b. Envoyer une trame de st1 à st3
      - Quel est le nouveau comportement ?
4. Vider à nouveau la table MAC/Port du switch
   a. Éditer manuellement la table afin que l'envoie d'une trame de st3 à st2 se fasse sans broadcast.
   b. Sans modification manuelle de la table comment envoyer une trame de st2 à st4 sans broadcast

Adressage logique

Les adresses MAC étant difficiles à manipuler il a été décidé de leur associer des adresses logiques qui facilitent la représentation de la topologie du réseau. Ces adresses sont associées au protocole IP (Internet Protocol) que l'on verra plus loin.

Les adresses logiques sont codées sur 4 octets (ce qui est curieux car il y a moins d'adresses IP que d'adresses MAC) : octet1.octet2.octet3.octet4.

Il y a donc 256^4 adresses soit un peu moins de 4.3 milliards.

Par exemple : 82.234.79.107 (en décimal)

Le protocole associant les adresses MAC et les adresses IP est **ARP**

(**A**ddress **R**esolution **P**rotocol)

Enfin on associe à une adresse IP un nom choisi arbitrairement selon de nombreuses règles contraignantes. Ces associations sont gérées par le protocole

DNS (**D**omain **N**ame **S**ystem)

Quelle est l'adresse IP de votre machine (commande `ipconfig` sous Windows et `ifconfig` sous Linux) et quel est son nom (`hostname` sous Linux) ?

Adresse logique

- Votre PC mémorise les associations adresse MAC / adresse logique.
  Commande : `arp -a` (la même chose sous Windows et Linux ??? ...)

Adresse IP

- En septembre1993 est publiée la RFC 1519 « *Classless Inter-Domain Routing* » (CIDR) qui introduit la notion de masque de réseau. La RFC 4632 d'août 2006 rend obsolète la précédente RFC. Dorénavant, à chaque adresse, est associé un masque de réseau codé sur 4 octets représentant une suite continue de 1 de longueur variable partant de l'octet de gauche. Cette technique permet d'avoir, avec un seul identifiant, une adresse réseau et une adresse d'équipement.
- Exemple :
  - `11111111.11111111.00000000.00000000 = 255.255.0.0` noté `/16`
  - `11111111.11111111.11111100.00000000 = 255.255.252.0` noté `/22`
  - `11111111.11111111.11111111.00000000 = 255.255.255.0` noté `/24`
  - `11111111.11111111.11111111.11111000 = 255.255.255.248` noté `/29`
- Ainsi les adresses sont maintenant codées comme suit :
  - 192.168.1.101/22
  - 192.168.1.101/24

  Ces adresses, bien qu'identiques, auront un « comportement » différent que nous analyserons ultérieurement.

Adresse IP

- Le masque de réseau (netmask) permet, en le combinant à l'adresse IP, d'extraire deux éléments de celle-ci :
  - l'adresse de réseau
  - l'adresse de l'équipement.

L'adresse de réseau peut être considéré (en première approche) comme la zone de laquelle ne sortiront pas les broadcasts.

L'adresse de l'équipement est le numéro de l'équipement sur le réseau

L'addition de l'adresse de réseau et de l'adresse de l'équipement donne l'adresse complète.

Exemple :

```
          Réseau       192.168.   1.   0
    +     Équipement     0.   0.   0.101
                       ---------------
                       192.168.   1.101
```

Adresse IP

- Par exemple on a l'adresse 192.168.1.101/24 soit :

  IP `11000000.10101000.00000001.01100101`

  Masque `11111111.11111111.11111111.00000000`

- **Adresse du réseau** en appliquant un ET logique entre l'adresse IP et le masque

  IP `11000000.10101000.00000001.01100101` **ET**

  Masque `11111111.11111111.11111111.00000000`

  Network `11000000.10101000.00000001.00000000 = 192.168.1.0`

- **Adresse de l'équipement** en appliquant un ET logique entre l'adresse IP et le complément à 1 du masque

  IP `11000000.10101000.00000001.01100101` **ET**

  C_1 Masque `00000000.00000000.00000000.11111111`

  Host `00000000.00000000.00000000.01100101 = 0.0.0.101`

  Adresse complète = Network + host

  `Network + host = 192.168.1.0 + 0.0.0.101 = 192.168.1.101`

Adresse IP

- On remarque que lorsque tous les bits d'un octet du masque sont à 1 soit :

  $1111\ 1111 = 255_{10}$

  $C_1 \quad 0000\ 0000 = 0$

  Le calcul du réseau et de l'équipement est très simple puisque :

  X ET 255 = X

  X ET 0 = 0

  Donc pour 192.168.1.101/24

  192.168.1.101 **ET** 255.255.255.0 = 192.168.1.0

  192.168.1.101 **ET** 0.0.0.255 = 0.0.0.101

Adresse IP

- Il y a deux adresses réservées qui ne peuvent pas être attribuées à un équipement
  - **Network** soit le host 0, dans notre cas **192.168.1.0**
  - **Broadcast** : tous les bits de host sont à 1. Cela revient à prendre le C_1 du masque de réseau soit 0.0.0.11111111 = 0.0.0.255.

    L'adresse de broadcast est :

    Broadcast = Network + C_1 masque = 192.168.1.0 + 0.0.0.255 = **192.168.1.255**
- Le premier équipement est **network + 1** = 192.168.1.1
- Le dernier équipement est **broadcast – 1** = 192.168.1.254
- Si on note n le nombre de bits à 1 du masque de réseau le nombre maximum d'équipements possibles est de $2^{32-n}-2$ soit dans notre cas $2^{32-24}-2=254$

Adresse IP

- Exercice : donner le netmask, les adresses de network, de broadcast, les adresses mini et maxi des équipements ainsi que le nombre maximum possible d'équipements pour les adresses CIDR suivantes
  - 10.0.0.0/8
  - 10.24.0.0/16
  - 192.168.8.0/24

Adresse IP

- 10.0.0.0/8 00001010.00000000.00000000.00000000
- Netmask 11111111.00000000.00000000.00000000 = **255.0.0.0**
- C_1 netmask 00000000.11111111.11111111.11111111 = 0.255.255.255
- Network **10.0.0.0**
- Broadcast
  - Équipement = 0.255.255.255
  - Broadcast = 10.0.0.0 + 0.255.255.255 = **10.255.255.255**
- Host mini = 10.0.0.0 + 0.0.0.1 = **10.0.0.1**
- Host maxi = 10.255.255.255 – 0.0.0.1 = **10.255.255.254**
- Nombre de hosts = 2^{32-8}-2 = **16 777 214**

Adresse IP

- 10.24.0.0/16 00001010. 00011000.00000000.00000000
- Netmask 11111111.11111111.00000000.00000000 = **255.255.0.0**
- C_1 netmask 00000000.00000000.11111111.11111111 = 0.0.255.255
- Network **10.24.0.0**
- Broadcast
  - Équipement = 0.0.255.255
  - Broadcast = 10.24.0.0 + 0.0.255.255 = **10.24.255.255**
- Host mini = 10.24.0.0 + 0.0.0.1 = **10.24.0.1**
- Host maxi = 10.24.255.255 – 0.0.0.1 = **10.24.255.254**
- Nombre de hosts = $2^{32-16}-2$ = **65 534**

Adresse IP

- 192.168.8.0/24 11000000.10101000.00001000.00000000
- Netmask 11111111.11111111.00000000.00000000 = **255.255.255.0**
- C_1 netmask 00000000.00000000.00000000.11111111 = 0.0.0.255
- Network **192.168.8.0**
- Broadcast
  - Équipement = 0.0.0.255
  - Broadcast = 192.168.8.0 + 0.0.0.255 = **192.168.8.255**
- Host mini = 192.168.8.0 + 0.0.0.1 = **192.168.8.1**
- Host maxi = 192.168.8.255 – 0.0.0.1 = **192.168.8.254**
- Nombre de hosts = $2^{32-24}-2$ = **254**

Adresse IP

Cas des masques qui ne sont pas multiples de 8. par exemple l'adresse CIDR suivante : 192.168.1.15/22

IP	11000000.10101000.00000001.00001111 = 192.168.1.15
Masque	11111111.11111111.11111100.00000000 = 255.255.252.0
C_1 masque	00000000.00000000.00000011.11111111 = 0.0.3.255

Network = IP ET Masque = **192.168.0.0**

Broadcast = IP + C_1 Masque = 192.168.0.0 + 0.0.3.255 = **192.168.3.255**

Host = IP ET C_1 Masque = **0.0.1.15**

Host mini = Network + 1 = **192.168.1.1**

Host maxi = Broadcast – 1 = **192.168.3.254**

On peut avoir $2^{32-22}-2=1022$ équipements.

Adresse IP

- En conclusion les caractéristiques de l'adresse 192.168.1.15/22 sont :
  - Network 192.168.0.0
  - Netmask 255.255.252.0
  - Broadcast 192.168.3.255
  - Host min 192.168.0.1
  - Host max 192.168.3.254

  Remarque 1 : les adresses 192.168.0.15, 192.168.1.15, 192.168.2.15 et 192.168.3.15 correspondent à des équipements d'adresses 0.0.0.15, 0.0.1.15, 0.0.2.15 et 0.0.3.15 qui appartiennent toutes au réseau 192.168.0.0.

  Remarque 2 : les adresses de network doivent être des puissances de 2. Les réseaux suivants seraient 192.168.4.0, 192.168.8.0 etc.

Adresse IP

- Exercice : donner le netmask, les adresses de network, d'équipement, de broadcast, les adresses mini et maxi des équipements ainsi que le nombre maximum possible d'équipements pour les adresses CIDR suivantes
  - 192.168.5.2/23
  - 172.16.12.13/12
  - 82.234.79.106/30

Adresse IP

- 192.168.5.2/23 11000000. 10101000.00000101.00000010
- Netmask 11111111.11111111.11111110.000000000 = **255.255.254.0**
- C_1 netmask 00000000.00000000.00000001.11111111 = 0.0.1.255
- Network **192.168.4.0**
- Équipement **0.0.1.2**
- Broadcast = 192.168.4.0 + 0.0.1.255 = **192.168.5.255**
- Host mini = 192.168.4.0 + 0.0.0.1 = **192.168.4.1**
- Host maxi = 192.168.5.255 – 0.0.0.1 = **192.168.5.254**
- Nombre de hosts = $2^{32-23}-2$ = **510**

Adresse IP

- 172.16.12.13/12 10101100.00010000.00001100.00001101
- Netmask 11111111.11110000.00000000.00000000 = **255.240.0.0**
- C_1 netmask 00000000.00001111.11111111.11111111 = 0.15.255.255
- Network **172.16.0.0**
- Équipement **0.0.12.13**
- Broadcast = 172.16.0.0 + 0.15.255.255 = **172.31.255.255**
- Host mini = 172.16.0.0 + 0.0.0.1 = **172.16.0.1**
- Host maxi = 172.31.255.255 – 0.0.0.1 = **172.31.255.254**
- Nombre de hosts = $2^{32-12}-2$ = **1 048 574**

Adresse IP

- 82.234.79.106/30 01010010.11101010.01001111.01101010
- Netmask 11111111.11111111.11111111.11111100 = **255.255.255.252**
- C_1 netmask 00000000.00000000.00000000.00000011 = 0.0.0.3
- Network **82.234.79.104**
- Équipement **0.0.0.2**
- Broadcast = 82.234.79.104 + 0.0.0.3 = **82.234.79.107**
- Host mini = 82.234.79.104 + 0.0.0.1 = **82.234.79.105**
- Host maxi = 82.234.79.107 – 0.0.0.1 = **82.79.234.106**
- Nombre de hosts = $2^{32-30}-2$ = **2**

Adresse IP privées

- La RFC 1918 précise plusieurs types d'adresses IP :
  - **publiques**. Elles sont uniques dans le monde. Par exemple 8.8.8.8 est un serveur de Google (pour l'instant …). Ces adresses sont attribuées par IANA (Internet Assigned Numbers Authority www.iana.org) département de ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers www.icann.org) société privée de droit californien à but non lucratif.
  - **privées**. Elles sont uniques sur un même réseau privé mais deux réseaux privés peuvent utiliser la même adresse sur l'un et sur l'autre des réseaux. Elles sont choisies par l'administrateur du réseau local. Ces adresses sont :
    - 10.0.0.0 / 8 soit de 10.0.0.0 à 10.255.255.255
    - 172.16.0.0 / 12 soit de 172.16.0.0 à 172.31.255.255
    - 192.168.0.0 / 16 soit de 192.168.0.0 à 192.168.255.255

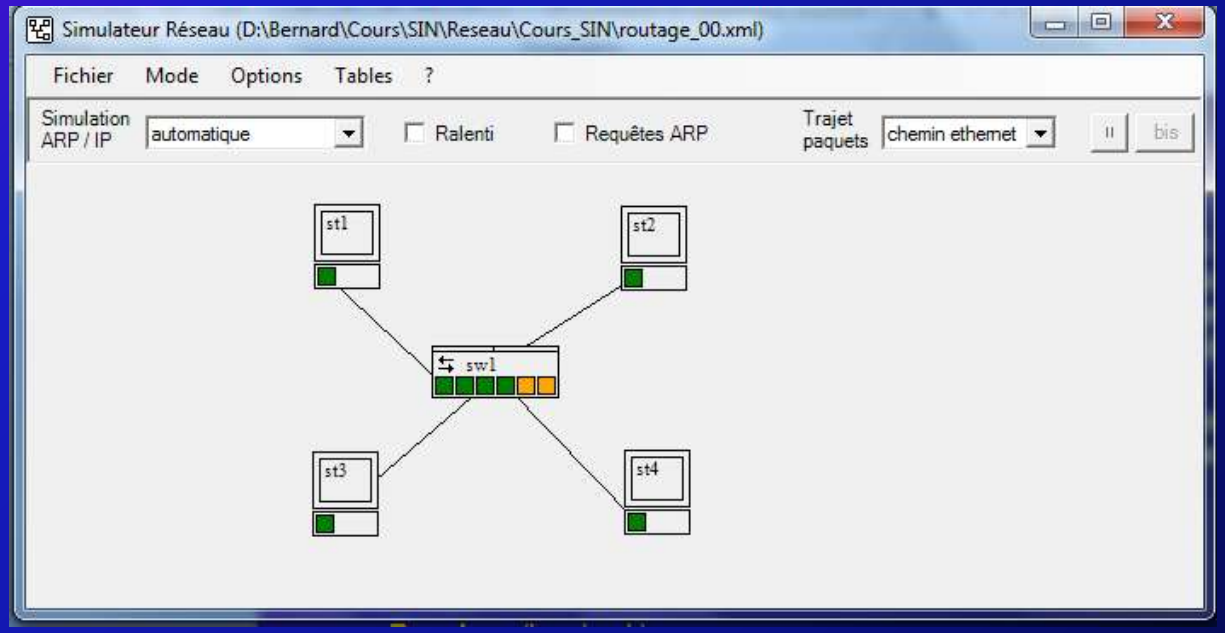
Adresse IP réservées

- **Réseau par défaut**
  - 0.0.0.0 / 8
- **Bouclage** (loopback)
  - 127.0.0.0 / 8
- **Adresses locales auto configurées (Automatic Private Internet Protocol Addressing = APIPA** Utilisé essentiellement par Window$ car ce système ne sait pas démarrer s'il n'y a pas d'interface réseau avec une adresse ...**)**
  - 169.254.0.0 / 16
- **Multicast**
  - 224.0.0.0 / 4
- **Broadcast**
  - 255.255.255.255 / 32

TP Adresses IP / SR3

Créer le réseau suivant :

- Les deux PC du haut 192.168.1.1/24 et 192.168.1.2/24
- Les deux PC du bas 192.168.3.1/24 et 192.168.3.2/24



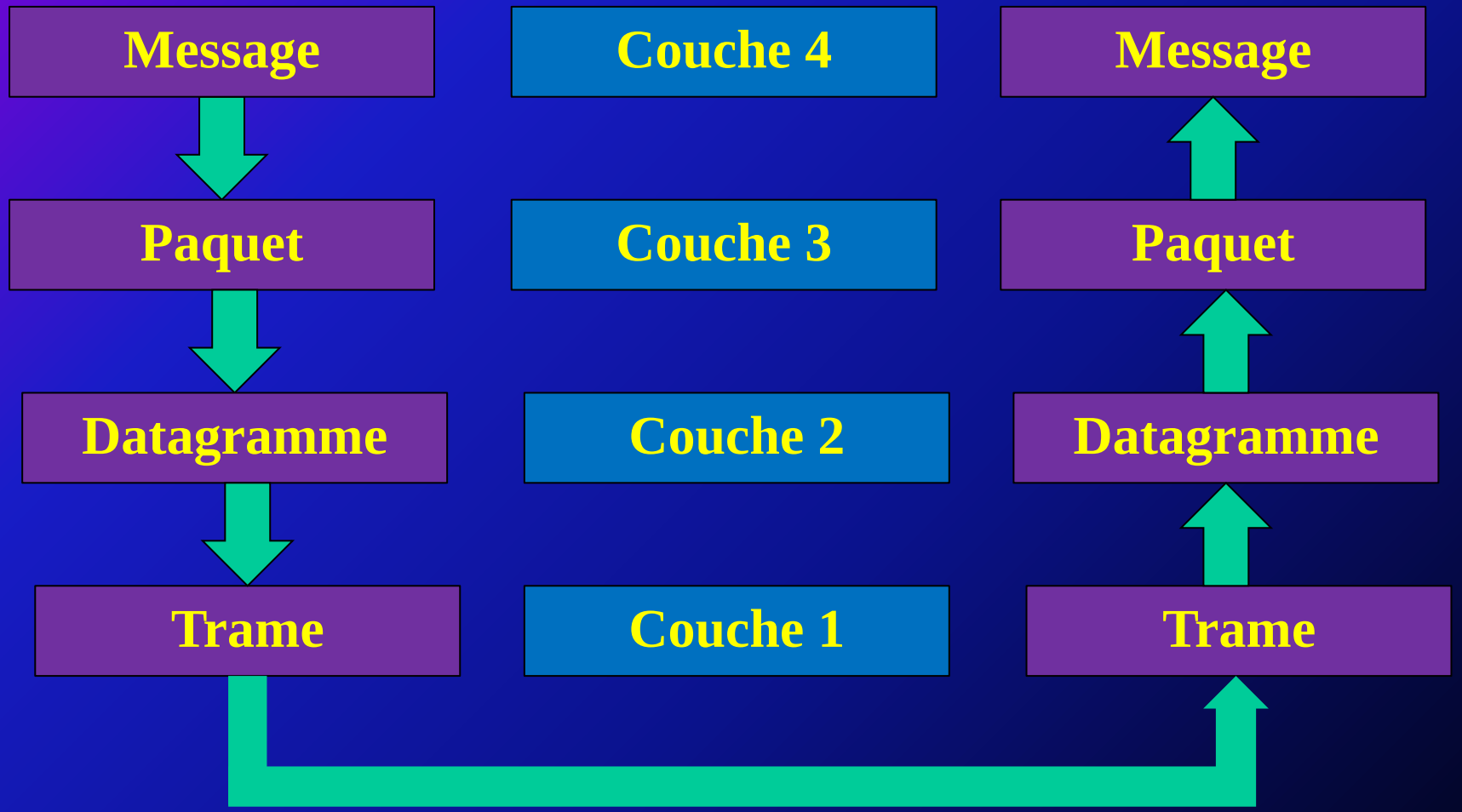
Faire un ping entre les PC du haut puis entre un PC du haut et un PC du bas
Analyser le comportement
Quelle différence de comportement observez-vous si le netmask des adresses est maintenant 22.?

Transmission d'un message

- Le message à transmettre est créé par une application de l'utilisateur (mail, web, etc.). Ce message étant de forme quelconque il ne peut pas être envoyé sur le réseau tel quel. Il est transmis à une application normalisée qui va le découper en paquets standardisés.
- Le **paquet** est mis en forme suivant les exigences d'un protocole (principalement TCP). Une fois mis en forme (ajout des informations TCP) le paquet de **données** est à nouveau transmis à une autre application normalisée qui va le mettre sous forme de datagramme.
- La **datagramme** est à son tour mise en forme suivant les exigences d'un autre protocole (principalement IP) avec l'ajout, entre autre, des **adresses IP** de l'émetteur et du récepteur. Une fois mis en forme (ajout des informations IP) il est transmis à une application qui va le mettre sous forme de trame
- La **trame** est mise au format normalisé Ethernet IEEE 802.3 avec, entre autre, l'ajout, des **adresses MAC** émetteur récepteur et enfin envoyée sur le lien physique
- Le processus inverse se déroule lors de la réception

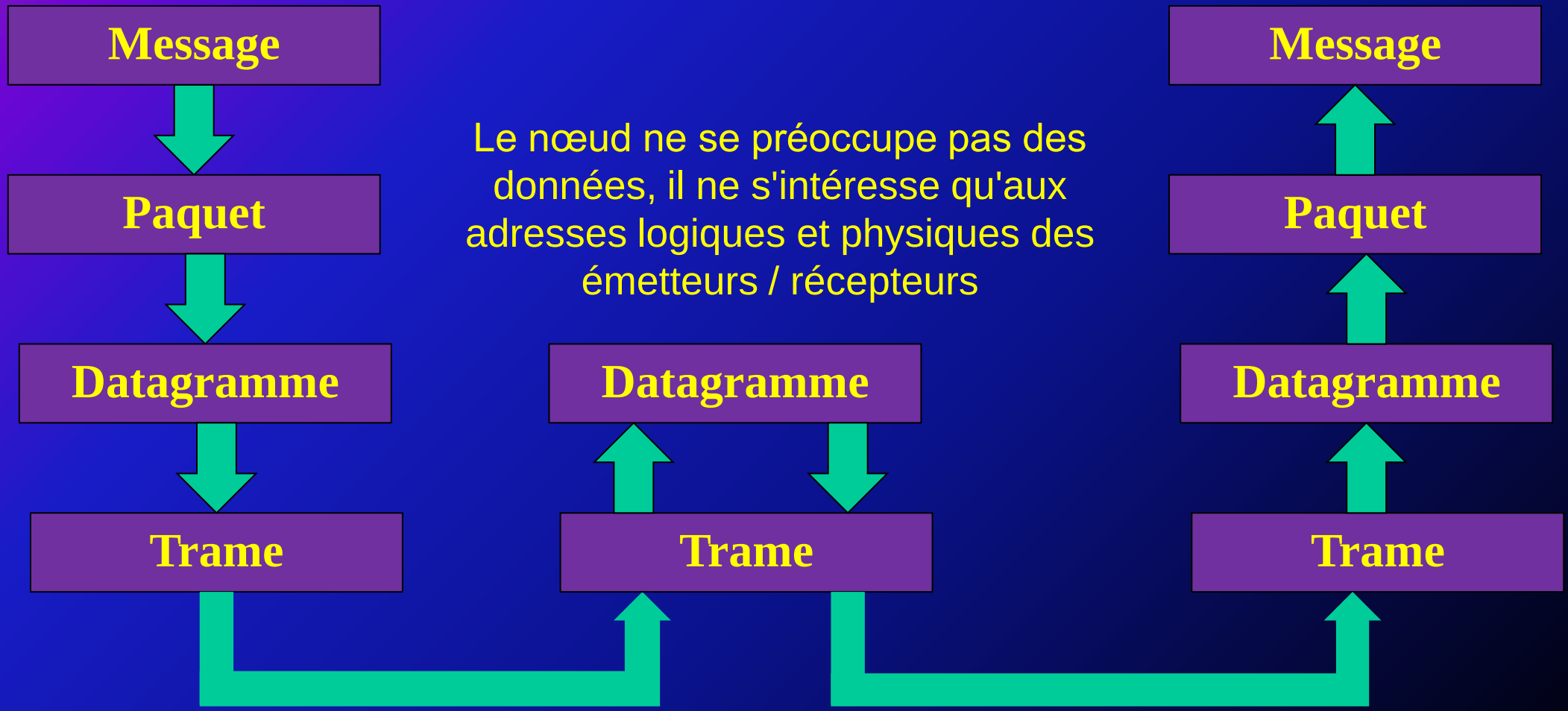
Modèle en couches

- Modèle ISO/TCP/IP en 4 couches



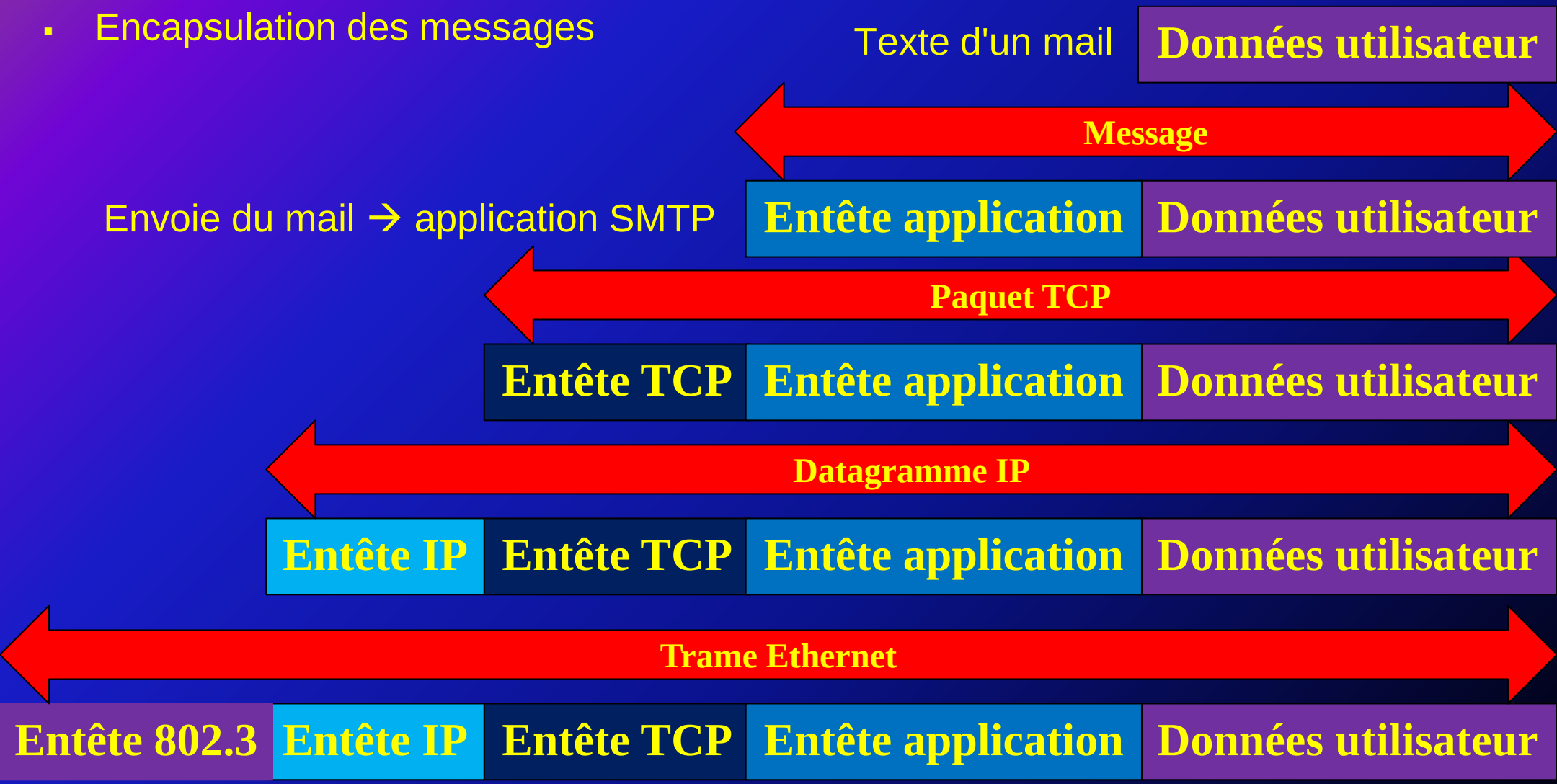
Modèle en couches

- Acheminement d'un message en passant par un nœud



Modèle en couches

- Encapsulation des messages



Modèle en couches

La diapositive précédente est un cas assez courant mais il existe d'autres protocoles dans les couches du modèle TCP / IP. Par exemple :

- Couche 3
  - TCP (Transmission Control Protocol)
  - UDP (User Datagram Protocol)
  - ICMP (Internet Control Message Protocol)
- Couche 2
  - IP (Internet Protocol)
  - ARP (Address Resolution Protocol)
- Couche 1
  - Ethernet
  - Token-Ring

Trame Ethernet

Il faut maintenant coder l'information et l'envoyer sur un support. Nous allons voir comment la mettre en forme à la mode Ethernet en envoyant une suite normalisée de bits représentants les 4 couches :

- Message
- Paquet
- Datagramme
- Trame

Nous commencerons par le bas de la couche, c'est à dire la trame qui sera transmise sur la liaison. C'est une suite de bits en format normalisé de longueur minimale 72 octets et de longueur maximale 1524 octets.

Il existe d'autres formats de trames mais le format Ethernet est le plus utilisé.

Trame Ethernet

- Préambule 7 octets : alternance de 1 et de 0 (suite de aa_{16}). Il permet à l'horloge du récepteur de se synchroniser sur celle de l'émetteur
- SOF (Start Of Frame) 1 octets : $10101011=ab_{16}$
- Adresse MAC destination 6 octets
- Adresse MAC source 6 octets
- Longueur ou Type 2 octets. Signification différente selon l'équipement
  - $<=1500_{10}$ Équipement de réseau (switch, routeur) : Longueur des données
  - $> 1500_{10}$ Utilisateur (client, serveur) : protocole du niveau supérieur. Exemples :
    - $800_{16}=2048_{10}$ IP
    - $806_{16}=2054_{10}$ ARP
- Données de 46 à 1500 octets. Si il y à moins de 46 octets de données ajout d'un champ de bourrage (padding) pour compléter (par des 0).
- FCS (Frame Check Sequence) 4 octets. Contient le CRC (Cyclic Redundancy Code) de la trame. La station réceptrice détecte si la trame est correcte et si c'est le cas la transmet à la couche supérieure. Dans le cas contraire la trame est perdue.

Trame Ethernet

En résumé :

Sans compter le préambule et le SOF (8 octets) la longueur minimale de la trame est de 64 octets et maximale de 1518 octets

- 6 octets MAC destination
- 6 octets MAC source
- 2 octets longueur / type
- 46 octets mini, 1500 octets maxi données
- 4 octets FCS

Quelques problèmes :

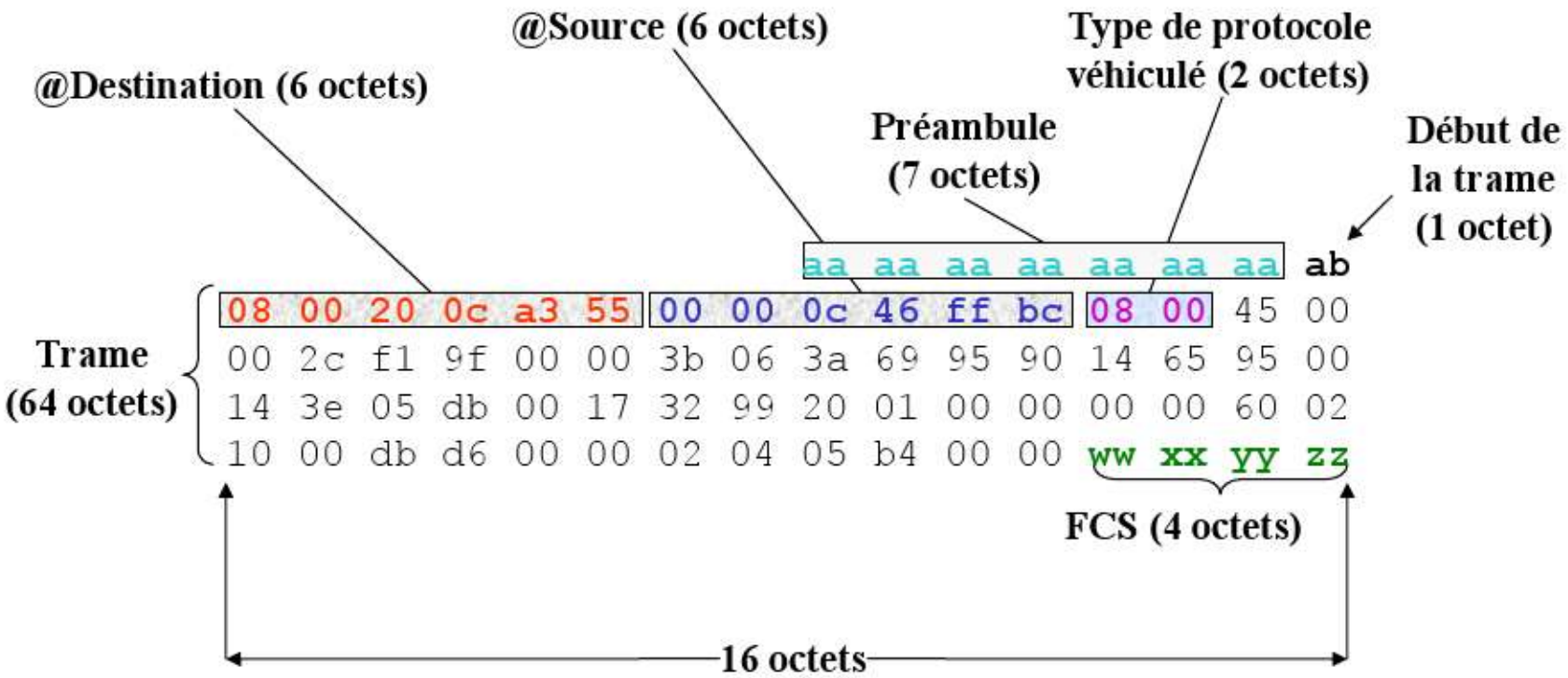
- Si la trame est perdue il n'y a pas d'information transmise, c'est un protocole de niveau supérieur sur l'émetteur qui est chargé de la détection de non livraison
- S'il y a plus de 1500 octets de données celles-ci sont acheminées en plusieurs trames sans séquencement entre elles. Là aussi c'est la communication entre protocoles de niveau supérieur qui règle ce problème.

Trame Ethernet

Temps d'émission des trames

- 10 Base T
  - Fréquence = 10 Mb/s = 10^7 b/s
  - Période = 10^{-7} s = 0.1 µs
  - Soit pour envoyer 64 octets = 512 bits : 51.2 µs (Slot Time normalisé)
  - Temps entre deux trames (Inter Frame Gap) : 9.6 µs soit 96 bits (normalisé)
- 100 Base T
  - Fréquence = 100 Mb/s
  - Temps d'émission pour 64 octets : 5.12 µs (normalisé)
  - Temps inter trame : 0.96 µs (normalisé)

Exemple de trame *Ethernet II*



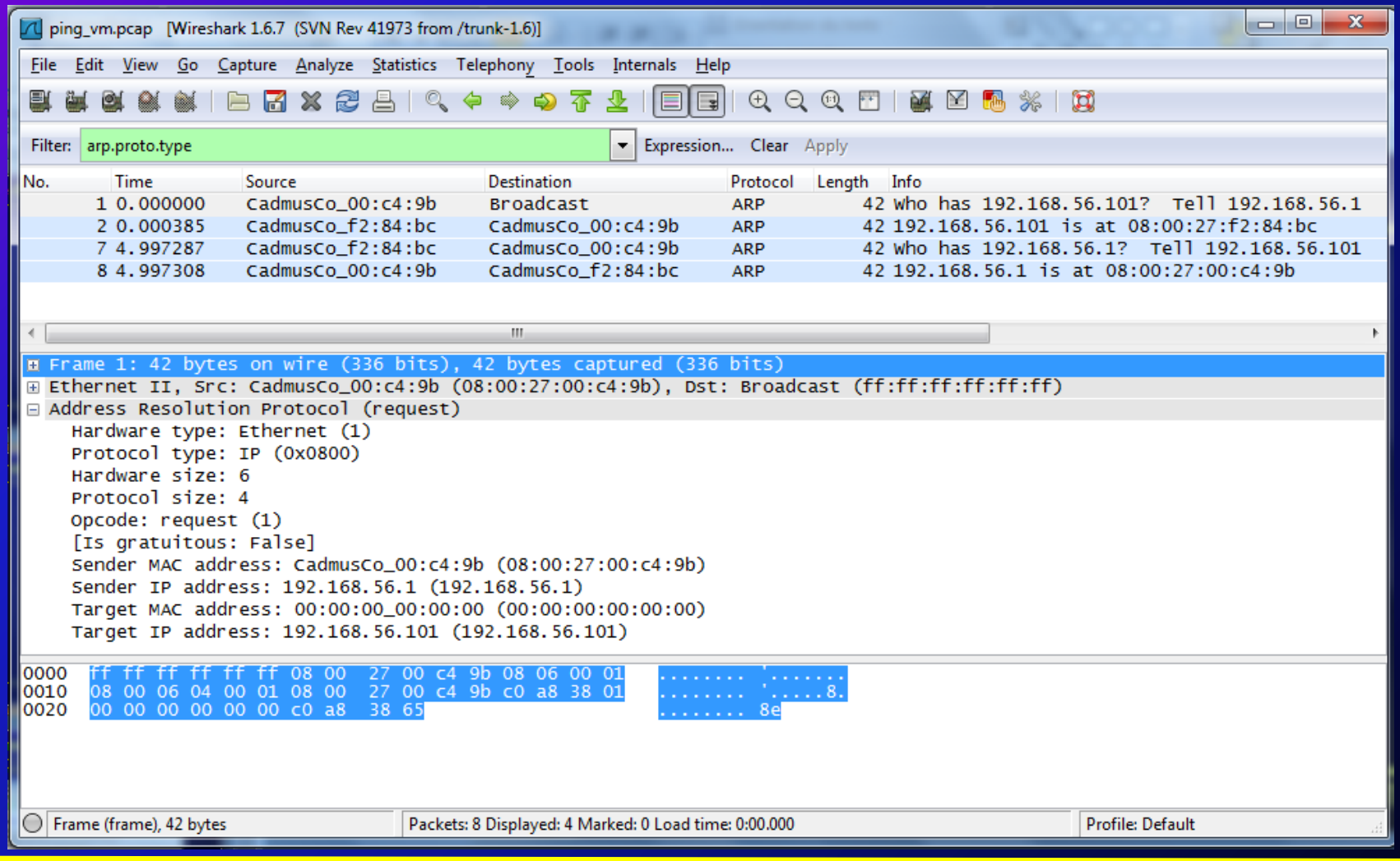
Protocole ARP

C’est le protocole qui va associer l’adresse MAC et l’adresse IP d’une station Ethernet. Il va donc être utilisé en permanence.

- Protocole de niveau 2 (même couche que IP). Se situe au niveau datagramme.
- Address Resolution Protocol, défini dans la RFC 826
- La résolution d'adresse est le mécanisme permettant a une station d'obtenir l'adresse MAC d'une station possédant une certaine adresse IP **dans le même réseau**. IP sur Ethernet utilise donc systématiquement ARP
- Fonctionnement (on note Src la source et Dst la destination):
  - Src envoie en broadcast une requête ARP signifiant qu'il souhaite obtenir l'adresse MAC associée a l’adresse IP de Dst. Message : « who as IP de Dst »
  - La requête est reçue et traitée par **toutes** les stations du réseau
  - Seule la station d'adresse IP Dst répond en envoyant en unicast à Src une réponse ARP contenant l'adresse MAC demandée

Datagramme ARP

- Exemple de visualisation de ARP avec WireSark (fichier ping_vm.cap)



Trame Ethernet : entête 802.3

- Remarque : Le préambule, le SOF et le FCS (7 + 1 + 4 octets) ne sont pas capturés par les logiciels d'analyse de réseau.
- La trame comprend l'entête Ethernet soit 14 octets + le datagramme ARP soit 28 octets. La longueur totale de la trame faisant 42 octets

Trame Ethernet : entête 802.3 / ARP demande

Entête 802.3 (14 octets)

- MAC destination `ff ff ff ff ff ff` (broadcast)
- MAC source `08 00  27 00 c4 9b` (mon PC)
- Protocole du niveau supérieur `08 06` (ARP)

Datagramme ARP demande

- Taille : 28 octets pour IP
- Type de réseau physique `00 01` (Ethernet)
- Résolution pour quel protocole `08 00` (IP)
- Longueur de l'adresse physique `06` (6 octets)
- Longueur de l'adresse logique `04` (4 octets)
- Opération `00 01` (demande)
- MAC source `08 00 27 00 c4 9b`
- IP Source `c0 a8 38 01` (192.168.56.1)
- MAC destination `00 00 00 00 00 00` (inconnue)
- IP destination `c0 a8 38 65` (192.168.56.101)

La trame sera de la forme :

Mac dst ff:ff:ff:ff:ff:ff	Mac src 08:00:27:00:c4:9b	Datagramme ARP demande

Trame Ethernet : entête 802.3 / ARP réponse

Entête 802.3 (14 octets)

- MAC destination `08 00 27 00 c4 9b` (mon PC)
- MAC source `08 00 27 f2 84 bc` (la cible)
- Protocole du niveau supérieur `08 06` (ARP)

Datagramme ARP réponse

- Type de réseau physique `00 01` (Ethernet)
- Adresse pour quel protocole `08 00` (IP)
- Longueur de l'adresse physique `06`
- Longueur de l'adresse logique `04`
- Opération `00 02` (réponse)
- MAC source `08 00 27 f2 84 bc`
- IP Source `c0 a8 38 65` (192.168.56.101)
- MAC destination `08 00 27 00 c4 9b`
- IP destination `c0 a8 38 01` (192.168.56.1)

Remarque

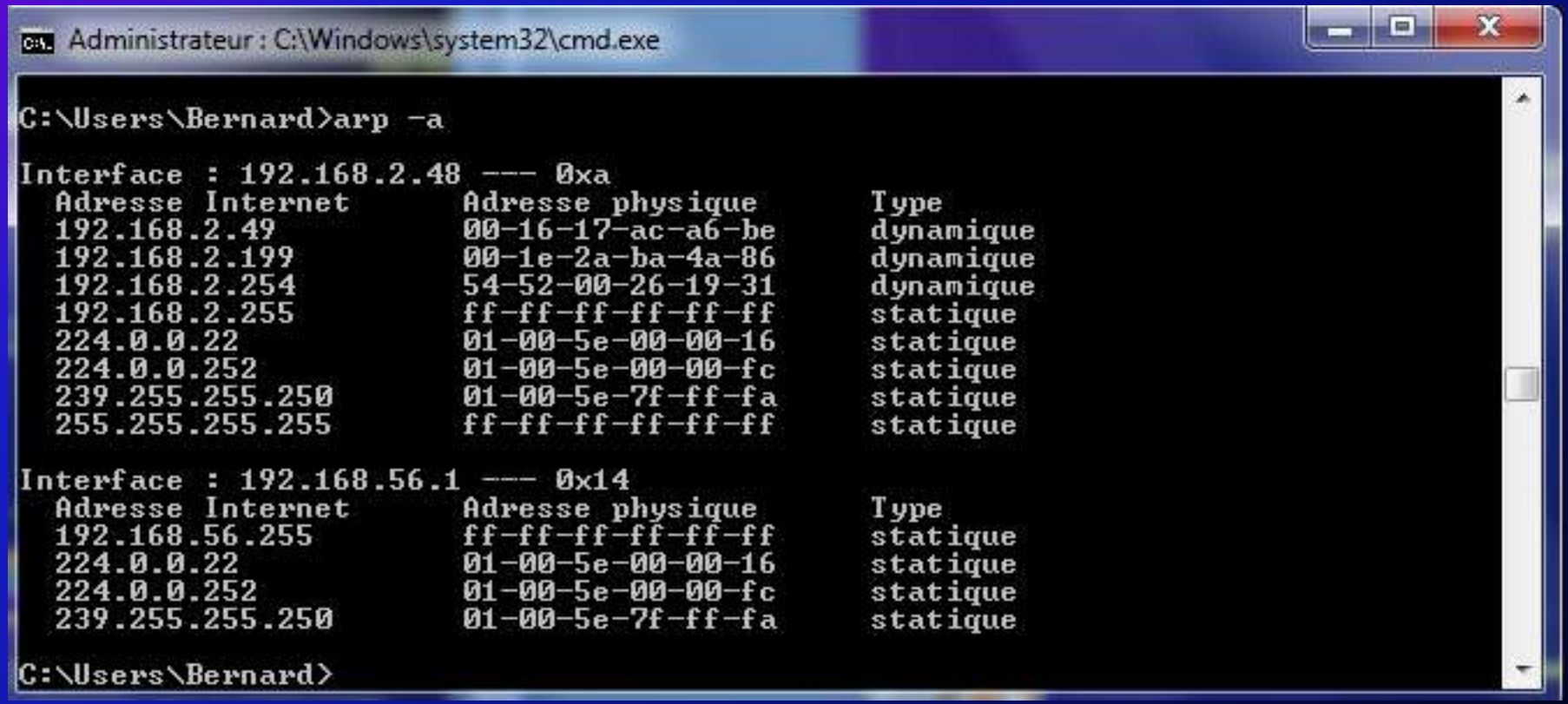
Bien que ce soit inutile au bon déroulement des opérations le destinataire va demander l'adresse MAC de l'émetteur afin de la mémoriser.

La trame sera de la forme :

Mac dst 08:00:27:00:c4:9b	Mac src 08:00:27:f2:84:bc	Datagramme ARP réponse

La commande « arp »

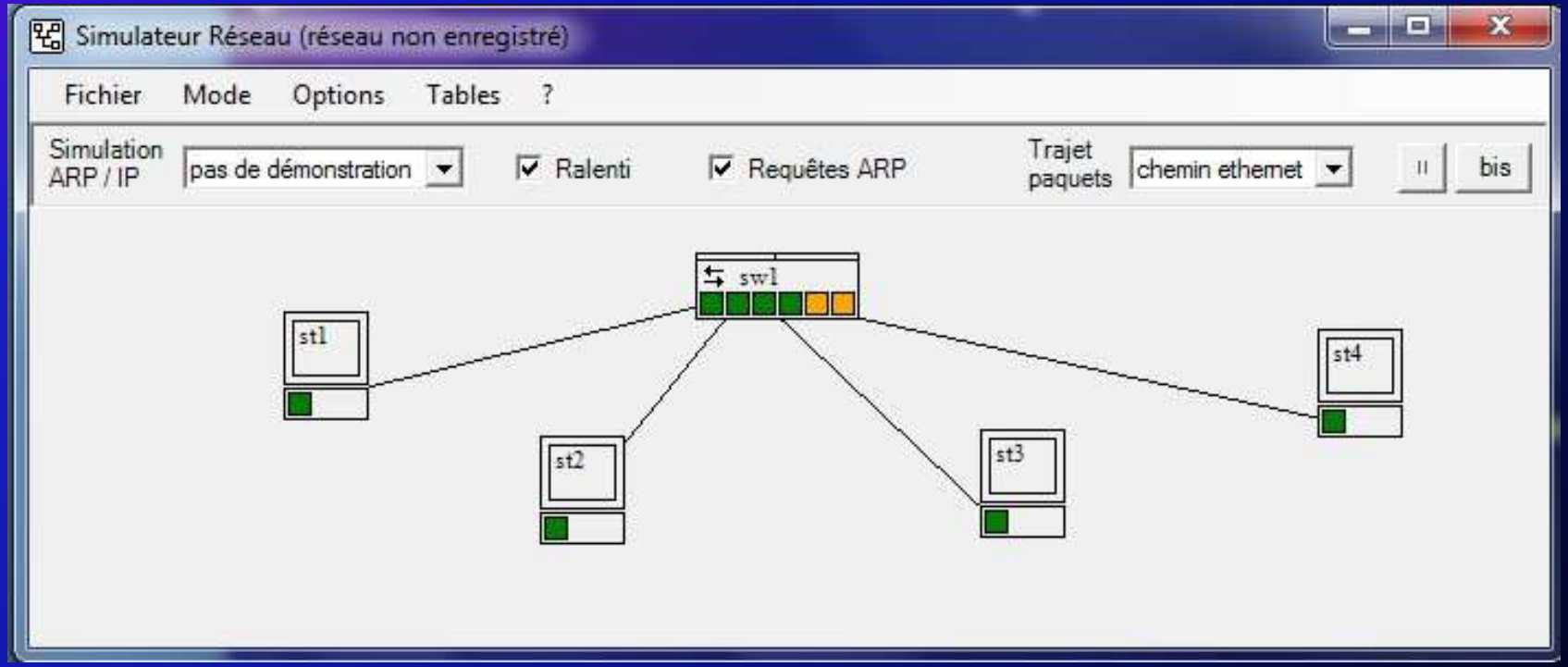
- Afficher la table des combinaisons MAC / IP connues : `arp -a`
- Associer une adresse MAC à une adresse IP : `arp -s IP MAC`



TP ARP / PING SR3

Dans ce TP on analysera le fonctionnement de ARP. Le protocole n'étant pas directement accessible par une commande du système d'exploitation on utilisera la commande `ping` qui sert à savoir si une station est joignable par son adresse IP. Puisqu'une station est adressée par son adresse IP il faudra connaître son adresse MAC donc utiliser le protocole ARP.

- Créer un réseau avec des adresses IP 10.0.0.1, 2, 3 et 4 et un masque de 8 bits.



TP ARP / PING SR3

1. Vérifier que le cache ARP de toutes les stations est vide
2. Depuis st1 faire un ping vers st2
   a. Analyser comment st1 contacte st2
   b. Contenu des tables ARP sur toutes les stations ? Explications ?
   c. Quelle sont, en format simplifié, sur st1, les entêtes :
      - trame Ethernet ?
      - datagramme IP ?
3. Depuis st2 faire un ping vers st1
   a. Différence de comportement par rapport aux précédents ping ?
   b. Analyse
4. Depuis st3 faire un ping vers st1
   a. Différence de comportement par rapport aux précédents ping ?
   b. Analyse
5. Modifier les tables ARP nécessaires afin que un ping de st4 vers st2 ne provoque pas de broadcast

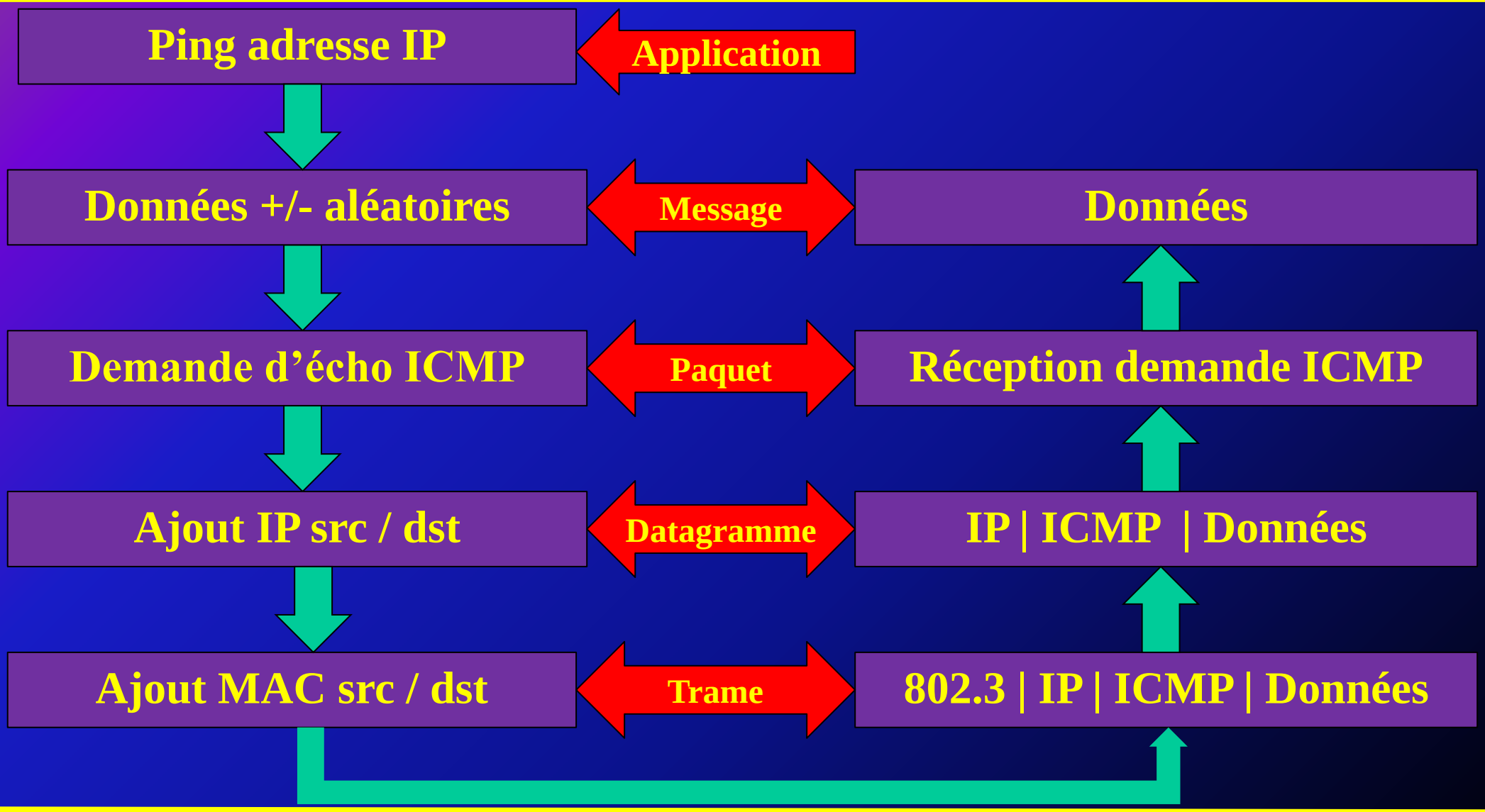
TP ARP / PING « en vrai »

- Reprendre le TP précédent sur votre PC qui sera st1
- Vous utiliserez WireShark pour voir ce qui se passe sur l'interface réseau
- Dans le champ « filter » de WireShark vous pourrez indiquer « arp or icmp » afin de ne visualiser que ce qui nous intéresse.
- Vous mettre d'accord avec un(e) camarade pour faire des ping vers sa machine qui sera st2 et réciproquement
- Reprendre les questions 1 à 3
- Expliquer les différences de comportement de ARP par rapport au simulateur.

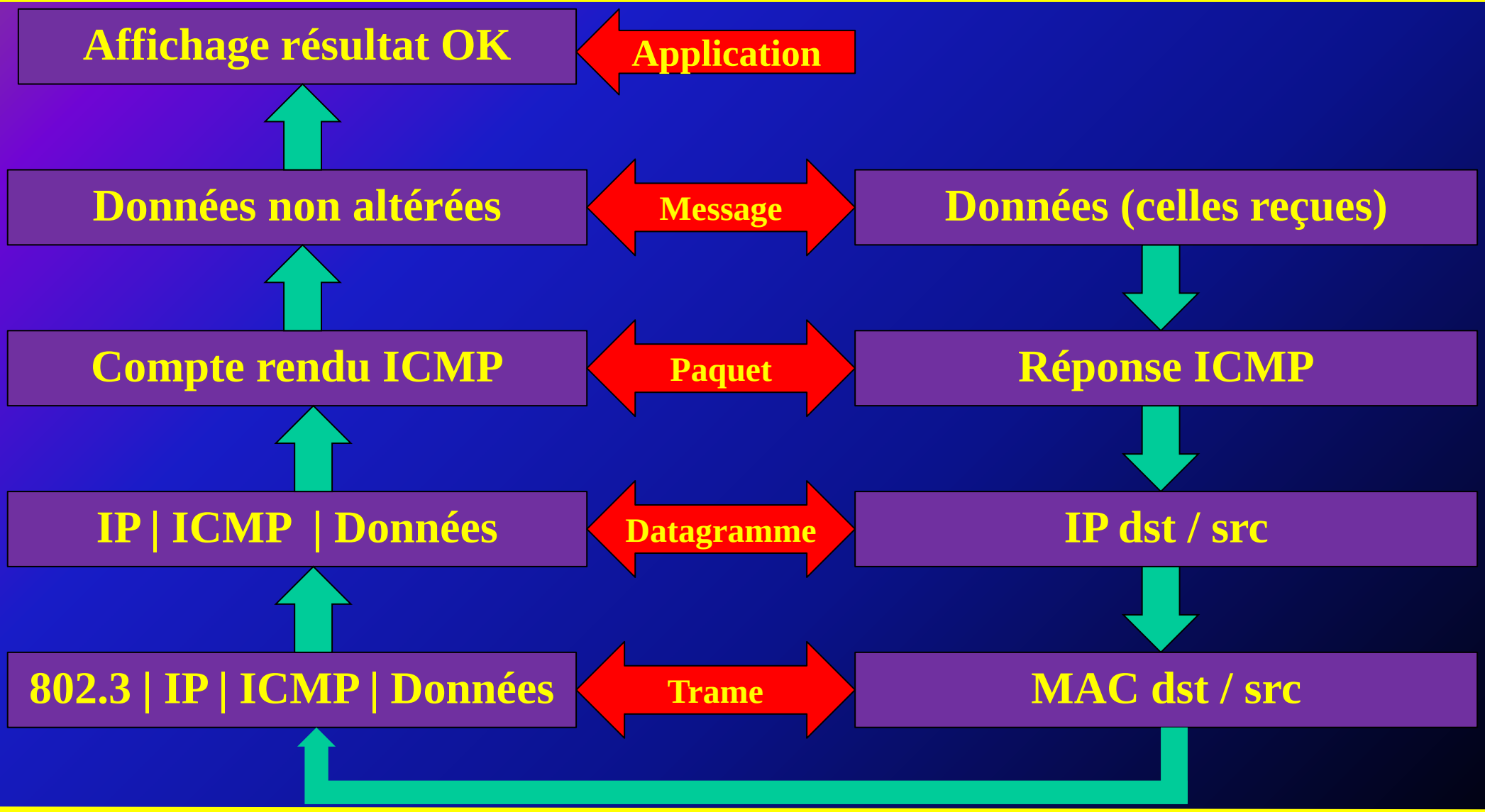
La commande « ping » et le protocole ICMP

- La commande ping teste l'accessibilité de stations à travers un réseau. Cette commande met en œuvre le protocole ICMP : **I**nternet **C**ontrol **M**essage **P**rotocol.
- ICMP est un module obligatoire de IP qui assure deux fonctions principales :
  - Tester l'accessibilité d'une machine
  - Rendre compte d'un éventuel problème
- les messages ICMP sont de deux natures :
  - les messages d'interrogation / information définis par le type dans le premier octet de l'entête
    - Demande d'écho (8)
    - Réponse à une demande d'écho (0)
  - les messages d'erreur définis par le code dans le second octet de l'entête
    - Réseau inaccessible (0)
    - Station inaccessible (1)
    - Réseau de destination inconnu (6)
    - Station de destination inconnue (7)

Demande d'écho

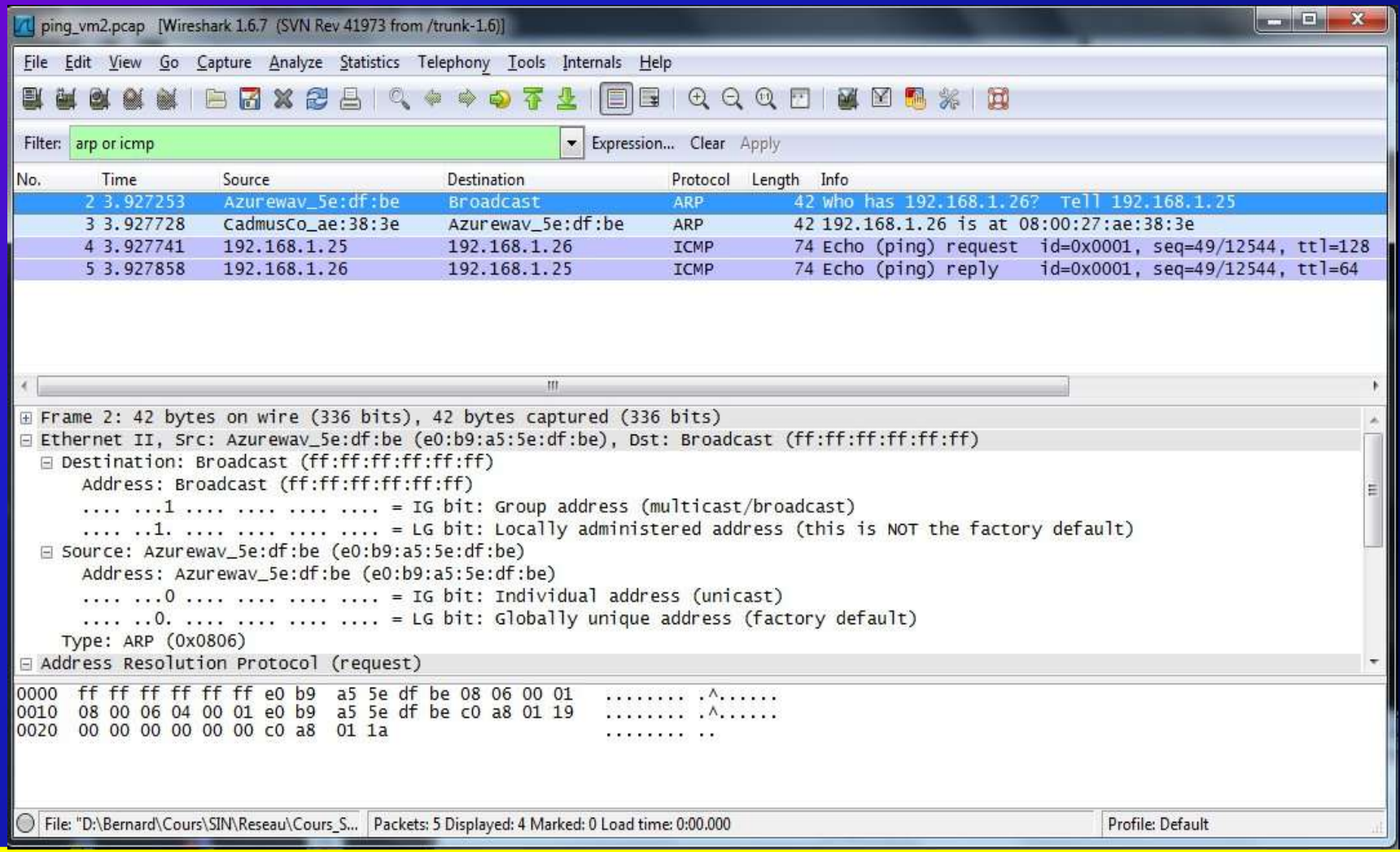


Réponse à une demande d'écho



Trame Ethernet ping

Exemple de de ICMP (ping_vm2.pcap). Commande ping –n 1 192.168.1.26



Trame Ethernet ping

On observe que avant de pouvoir faire un ping vers 192.168.1.26 il faut trouver l'adresse MAC associée. Le processus se décompose donc en deux étapes :

- ARP
  - Broadcast « who as 192.168.1.26 » source > destination
  - Réponse destination > source
- ICMP
  - Demande d'écho à 192.168.1.26
  - Réponse de 192.168.1.26

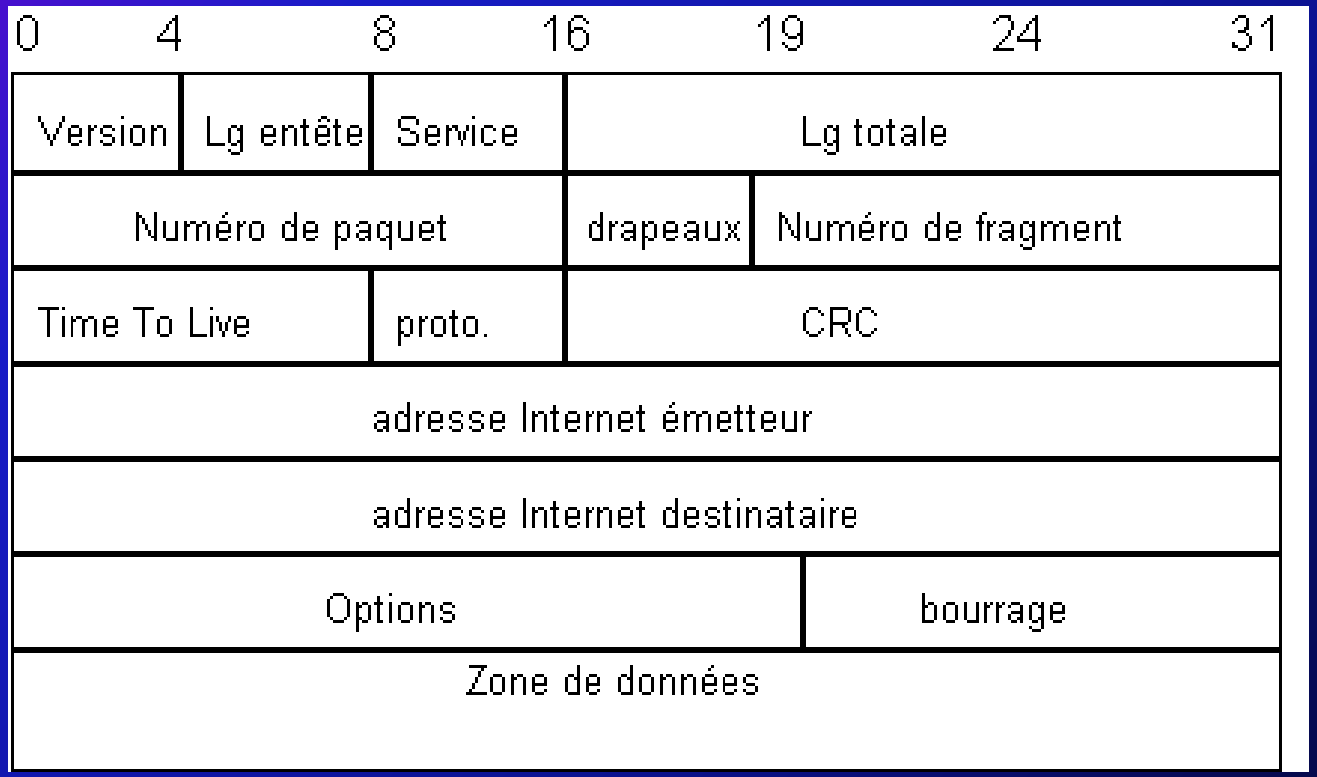
Trame Ethernet : entête 802.3 / IP

Entête 802.3 (14 octets)

- MAC destination `08 00 27 ae 38 3e`
- MAC source `e0 b9 a5 5e df be`
- Protocole du niveau supérieur `08 00` (IP)

Datagramme IP: entête

- L'entête IP est définie comme suit :



Datagramme IP: entête

Entête IP (20 octets)

Version (sur 4 bits)	`4` (IPv4)
Longueur entête (sur 4 bits)	`5` (soit 5x4=20 octets)
Type de service	`00`
Longueur totale du datagramme	`00 3c` (60 octets = 20 + 8 + 32)
Identifiant	`05 b9`
Drapeau	`00` (not set)
Fragment	`00`
Time to live	`80` (128_{10} = nb de nœuds traversés)
Protocole du niveau supérieur	`01` (ICMP)
Header checksum	`01 84`
IP source	`c0 a8 01 19` (192.168.2.25)
IP destination	`c0 a8 01 1a` (192.168.2.26)
Pas d'options	

Paquet ICMP: entête

Entête ICMP (8 octets)

- Type `08` (echo request)
- Code `00`
- Checksum `4d 2a`
- Identifiant `00 01` (permet d'associer la réponse a la demande)
- N° de séquence `00 31` (incrémenté a chaque demande)

Paquet ICMP : données

Données (32 octets) séquence en boucle de minuscules de a à w

```
61 62 63 64 65 66 67 68 69 6a 6b 6c 6d 6e 6f 70
 a  b  c  d  e  f  g  h  i  j  k  l  m  n  o  p
71 72 73 74 75 76 77 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 q  r  s  t  u  v  w  a  b  c  d  e  f  g  h  i
```

Remarque

32 octets de données est la valeur par défaut de Windows. Elle peut être changée avec le commutateur –l.

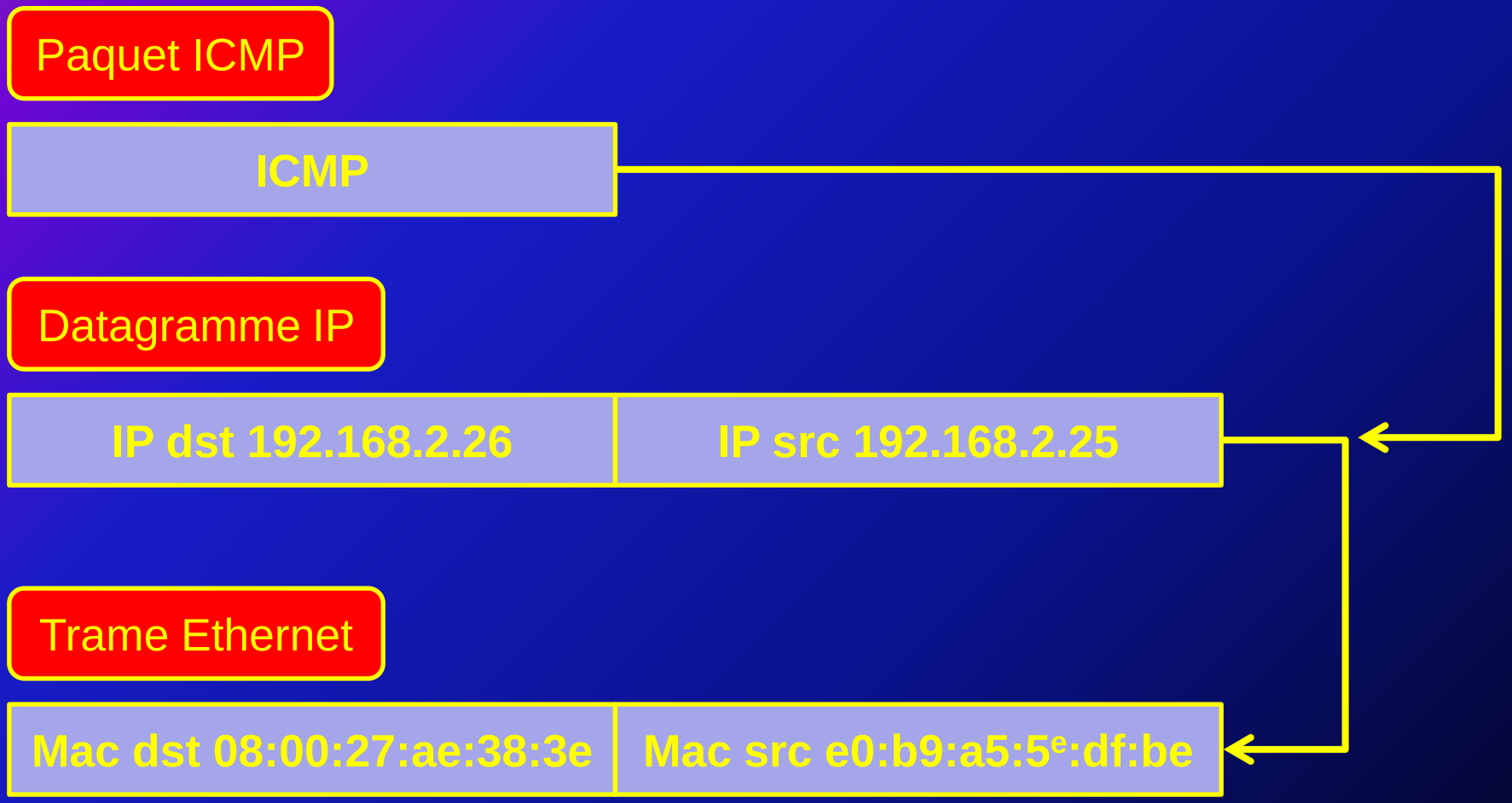
Exemple : ping –n 2 –l 16 192.168.1.26 envoie deux (-n 2) requêtes d'écho de longueur 16 octets (-l 16) à l'hôte 192.168.1.26

Sous Linux on aurait : ping –c 2 –s 8 192.168.1.26

La taille du paquet envoyé sera bien de 16 octets car on ajoute 8 octets d'entête ICMP à la valeur du paramètre –s. Linux sera toujours plus rigoureux … Il affiche 16 octets comme Windows alors que ce dernier en envoie 24 !

Composition des données sur le lien

L'assemblage des trois couches va constituer les données envoyées sur le lien



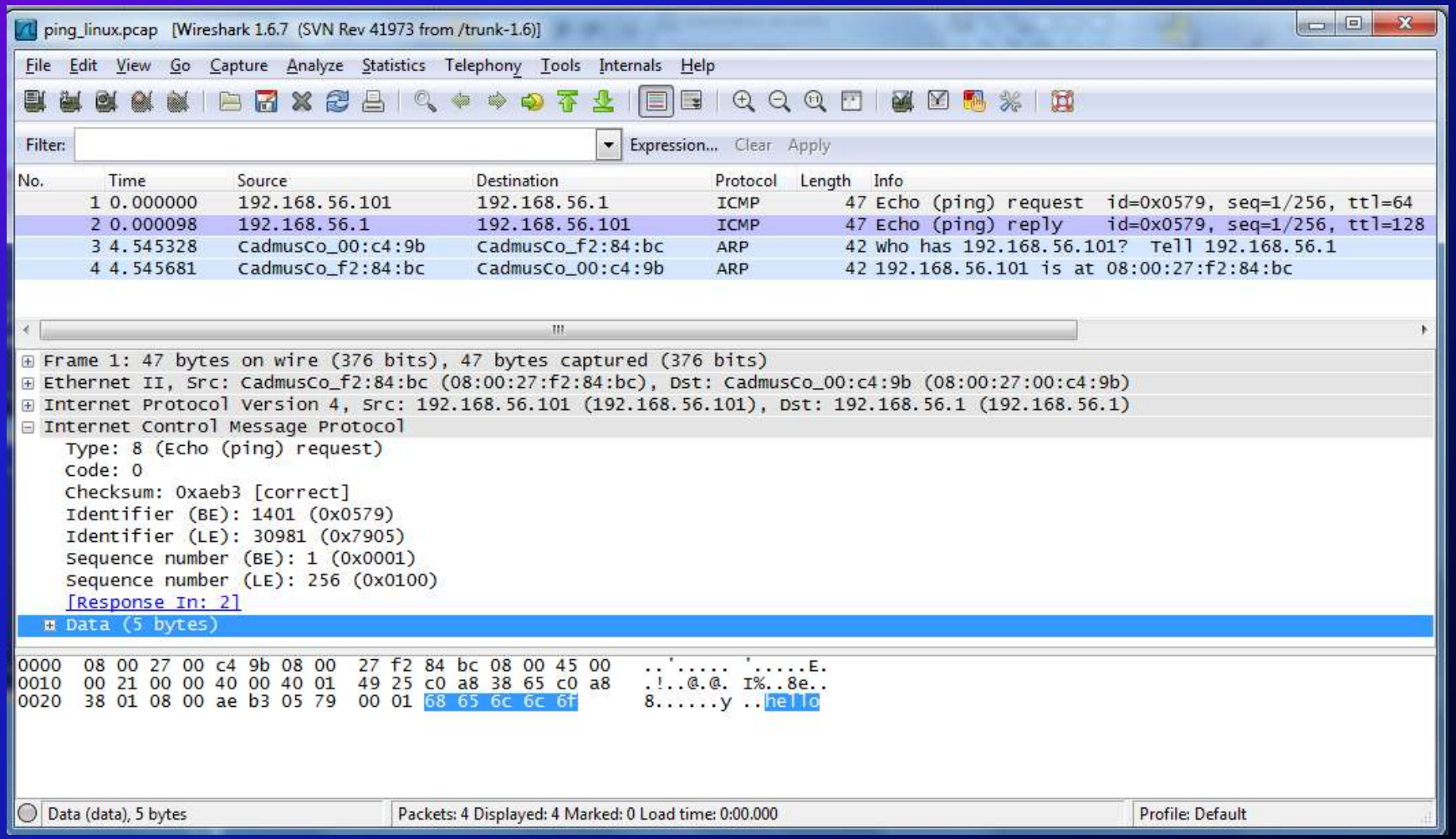
Un « vrai » ping

- Depuis une machine Linux faire : ping –c 1 –s 5 –p 68656c6c6f 192.168.56.1
  - -c 1 envoie un seul paquet
  - -s 5 envoie 5 octets. La longueur de la trame sera de 47 octets hors préambule, SOF et FCS.
    - Entête Ethernet 14 Octets
    - Entête IP 20 octets
    - Entête ICMP 8 octets
    - Données 5 octets
  - -p 68656c6c6f est un motif de 5 octets à envoyer. Dans ce cas c'est « hello »
  - 192.168.56.1 est l'interface virtuelle fournie par Virtualbox à la machine Windows. Le client linux à l'adresse IP 192.168.56.101
- Remarque : bien que la trame fasse 51 octets (47 + 4 pour FCS) < 64, les octets de padding n'apparaissent pas.

  La capture est dans le fichier ping_linux.cap

Un « vrai » ping

Fichier ping_linux.pcap



TP « ping »

- Vider la table arp, vérifier.
- Capturer le trafic sur l'interface réseau en limitant ce qui est capturé au minimum
- Faire un ping de deux paquets vers la passerelle puis arrêter la capture
  - Quelle est l'adresse MAC de la passerelle ?
  - Quelle est la taille des données de ping ?
  - Quelles sont ces données ?
  - Quel est l'identifiant de la seconde séquence ?

Erreurs ICMP

- Envoyer un ping vers une adresse non attribuée sur votre réseau. Ex: 192.168.1.199
  - Réponse de ping
  - Indicateur dans le datagramme IP
- Envoyer un ping vers une adresse d'un autre réseau (qu'il y ait une station ou pas au bout n'a pas d'importance). Ex : 192.168.2.2
  - Réponse de ping
  - Indicateur dans le datagramme IP
- Comparaison des deux séquences

Bilan de IP : Avantages / inconvénients

- Avantages
  - Remise de datagrammes entre hôtes identifiés par adresse IP
  - Détection des erreurs au niveau trame par comparaison du FCS reçu avec celui calculé
  - Détections des erreurs au niveau datagramme par ICMP
- Inconvénients
  - Livraison des datagrammes non garantie
  - En cas d'erreur le datagramme est perdu
  - Si les données sont véhiculées par plusieurs datagrammes, ces derniers peuvent ne pas être en séquence.
  - Erreurs non ICMP pas signalées
  - Pas de contrôle de flux

Les remèdes à la faiblesse de IP

Remèdes à la faiblesse de IP

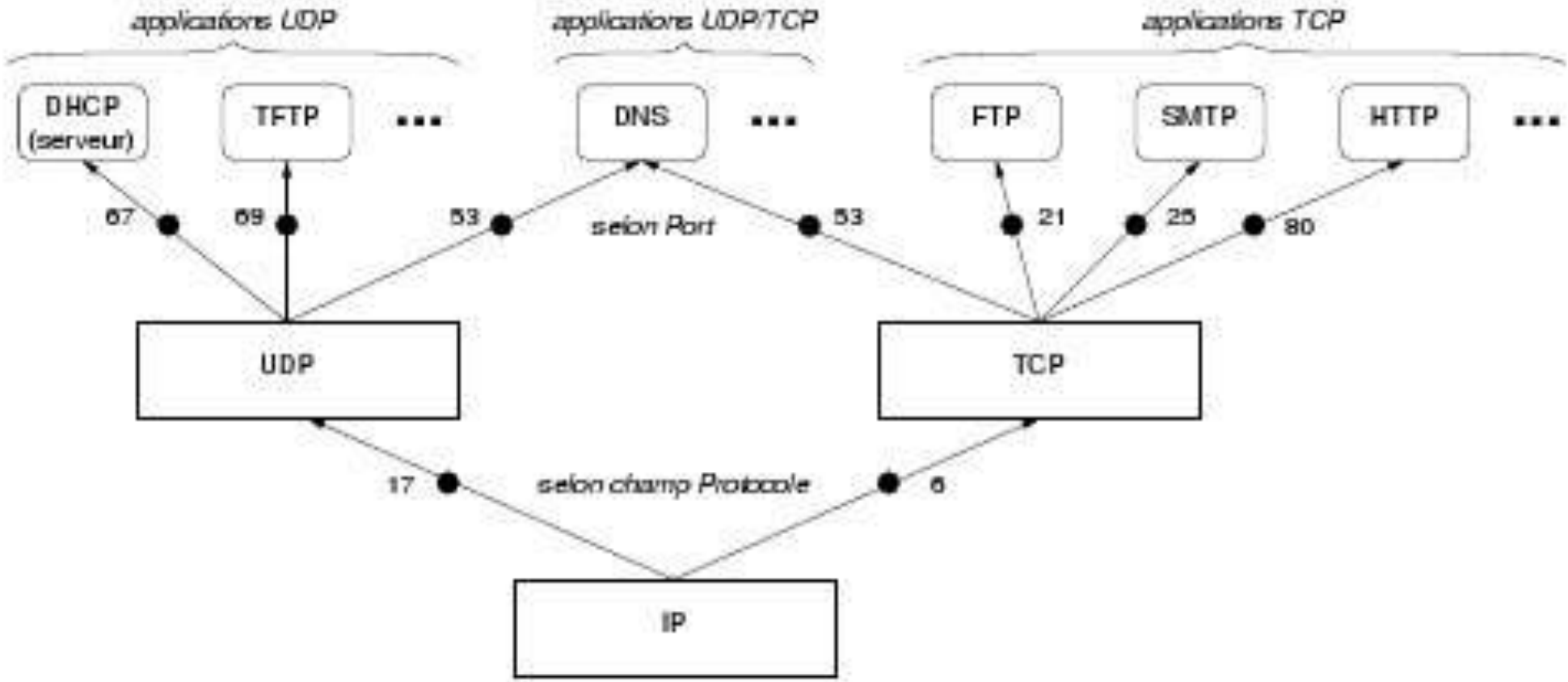
- Assurer la correction des erreurs et demander la réémission des trames erronées
  - Signalées par ICMP
  - Non signalées (erreurs de CRC)
- Assurer le séquencement des paquets contenant les données issues d'un même message
- Protocoles UDP (**U**ser **D**atagrem **P**rotocol) et TCP (**T**ransport **C**ontrol **P**rotocol)
  - UDP : transport rapide, non connecte, permettant la multidiffusion
  - TCP : transport fiable en mode connecte point-à-point

  Ces deux protocoles distinguent les applications au sein d'un même hôte (par exemple DHCP, DNS, FTP, HTTP, SSH, etc. et garantissent l'indépendance des communications => Plusieurs applications réseau peuvent s'exécuter sur le même hôte.
- La solution retenue sur Internet est l'utilisation de destinations abstraites : les ports (ne pas confondre avec les ports physiques des hubs/switches)

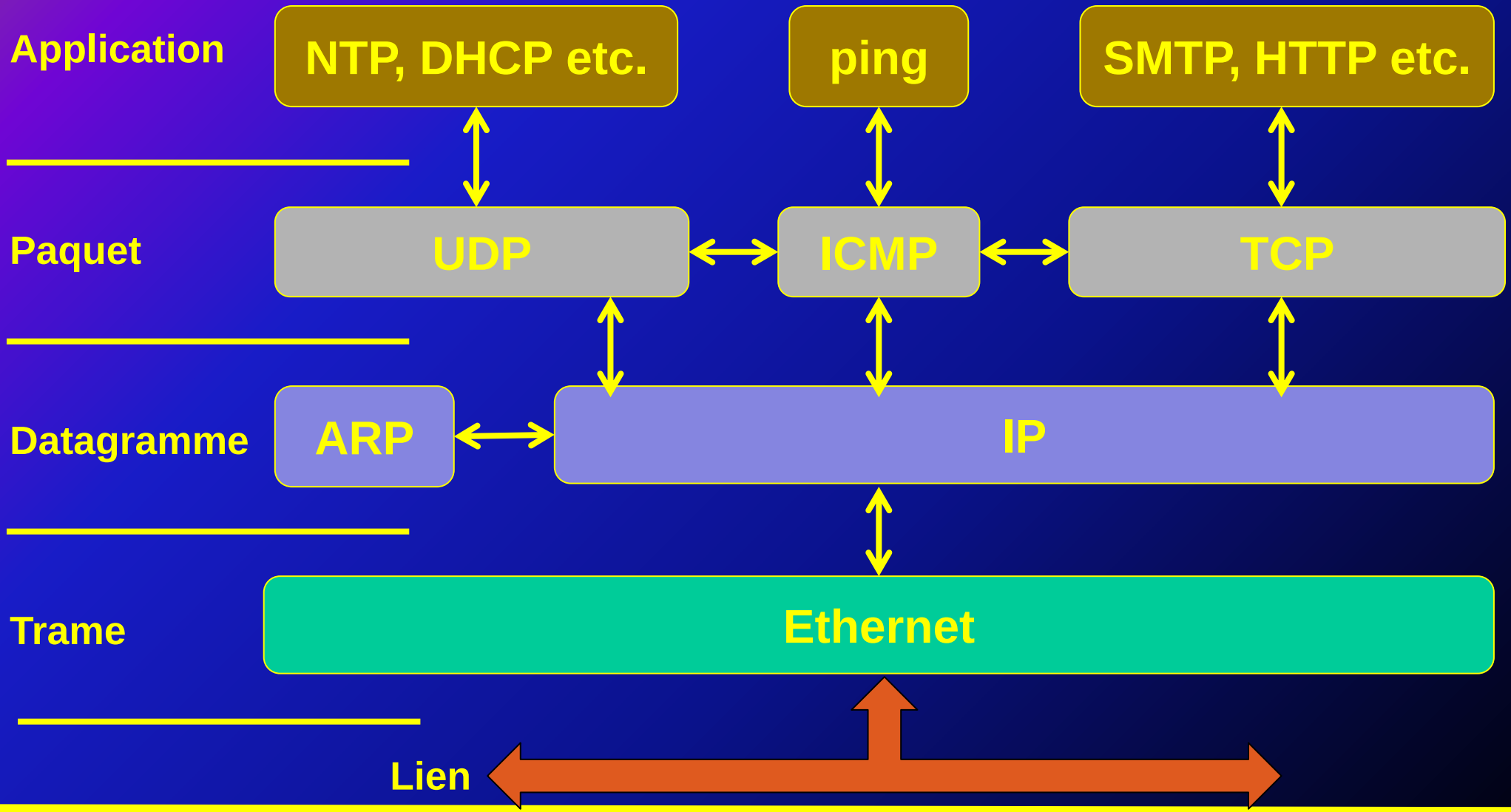
Les ports UDP / TCP

- le système permet aux applications de se voir affecter un port UDP et/ou TCP (choisi ou de manière arbitraire). Exemple de ports normalisés :
  - smtp 25 (Single Mail Transfert Protocol TCP)
  - dns 53 (Domain Name Service UDP et TCP)
  - http 80 (Hyper Text Transfert Protocol TCP)
  - ntp 123 (Network Time Protocol UDP)
- UDP et TCP fournissent chacun un ensemble de ports indépendants : le port n de UDP est indépendant du même port n de TCP
- L'adresse d'une application Internet est le triplet : (adresse IP, protocole de transport, numéro de port). Par exemple https://192.168.1.26:7071 précise que l'on va contacter la machine 192.168.1.26 sur le port 7071 en utilisant le protocole https.
- Les port de 1 à 1023 sont réservés et correspondent a des services particuliers (voir ci dessus). Les ports de 1024 à 49151 sont enregistrés mais peuvent être utilisés. Les ports de 49152 à 65535 sont dynamiques.
- Le n° de port est défini par un entier codé sur 16 bits

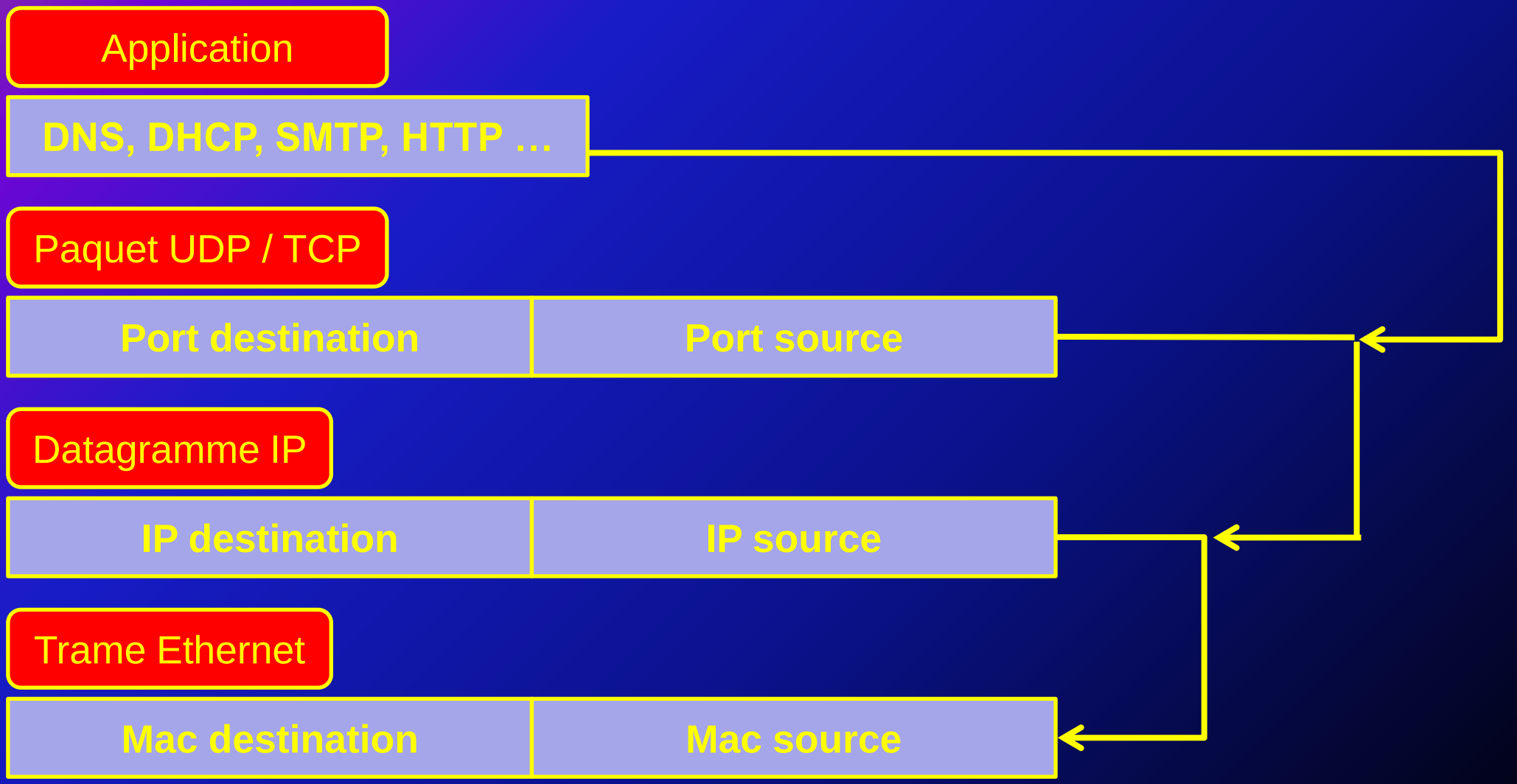
Les ports UDP / TCP



Modèle en couches IP



Modèle en couches IP

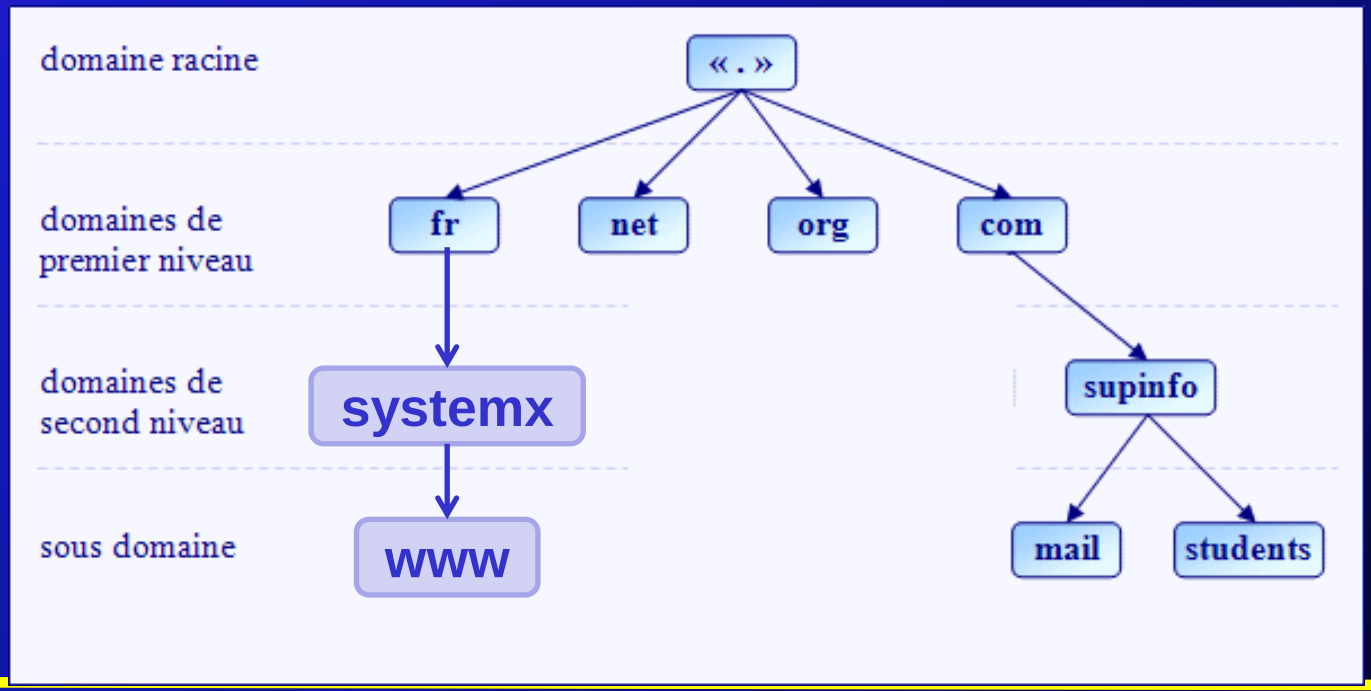


UDP

DNS, NTP, TFTP, etc.

Le DNS

- DNS = Domain Name Service
- Association d'un nom à une adresse IP ou résolution de nom
  - Ex : www.systemx.fr = 82.234.79.107
- Résolution inverse : quel est le nom de cette adresse IP
  - Ex : 82.234.79.107 = www.systemx.fr
- L'espace des noms est hiérarchisé



Le DNS

- Avec le DNS, l'espace de noms est organisé en une hiérarchie au sommet de laquelle figure la racine (".") et immédiatement en dessous les TLD (Top-Level Domain) ou domaines de niveau supérieur
- L'ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) a en charge la création des TLD et a crée notamment les TLD suivants :
  - com : entreprises commerciales
  - edu : établissements d'enseignement
  - org : organisations diverses
  - mil : comme son nom l'indique …
- Puis un TLD par pays / région / activité sur 2 à 4 lettres (norme ISO 3166) :
  - fr : France
  - uk : Royaume-Uni
  - tv : ile Tuvalu (qui en profite bien. . .)
  - cat : Catalogne (région espagnole)
  - aero : comme son nom l'indique
  - xxx : ce n'est ni un pays ni une région …

Le DNS

- L'ICANN a ensuite délégué la gestion des sous-domaines des TLD a des entreprises ou organisations gouvernementales :
  - com et net a la societe VeriSign (société privée)
  - edu, org et autres a l'INTERNIC (association américaine)
  - fr et re (ile de la Réunion) a l'AFNIC (Association Française pour le Nommage Internet en Coopération)
- Le propriétaire d'un sous-domaine peut ensuite le décliner a sa guise afin de nommer des ordinateurs et/ou de créer des sous-sous-domaines :
  - www.free.fr (ordinateur)
  - hd.free.fr (sous-sous-domaine)
  - releves.hd.free.fr (ordinateur)
- Ces informations sont publiques et consultables par tout le monde :
  - sous Linux, en utilisant la commande whois, sur le Web, grâce a des serveurs WHOIS.
  - Ex : http://www.whois.net
    http://www.afnic.fr/fr/produits-et-services/services/whois
    http://www.gandi.net (excellent prestataire français)

Le DNS

- Le terme domaine désigne a la fois un domaine, un sous-domaine.
  - Ex : fr, gouv.fr et education.gouv.fr sont des domaines

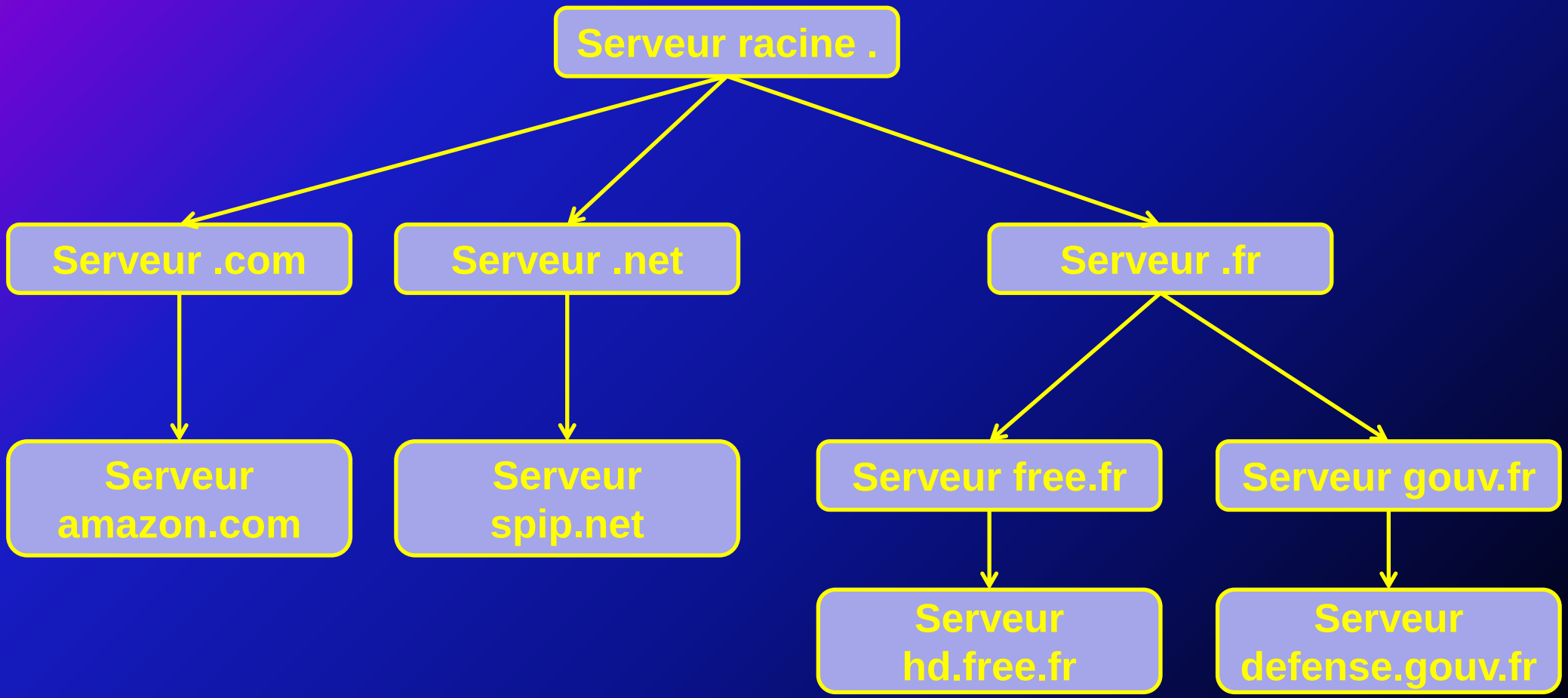
    fr est un sous domaine de la racine « . », gouv est un sous domaine de fr et education est un sous domaine de gouv.fr
- On ne peut pas distinguer un domaine d'un nom d'ordinateur
  - Ex : hd.free.fr est un domaine et www.free.fr est un ordinateur
- Un même nom peut avoir plusieurs adresses IP
  - Ex: www.google.com a actuellement 4 adresse IP : 74.125.132.103 à 106
- Une même IP peut avoir plusieurs noms
  - Ex : hetb-concept.com et hit-nxdomain.opendns.com ont la même adresse IP : 67.215.65.132

Le DNS

- Le nom d'un domaine ne doit pas dépasser 63 caractères ordinaires (sans accents, cédille …) et doit commencer par une lettre ou un chiffre. Le caractère « - » (moins ou tiret) est autorisé à l'exclusion de tout autre
- Le DNS est insensible a la casse
  - Ex : education.gouv.fr = Education.Gouv.fr
- Les points sont les séparateurs des labels
  - Ex : iut.univ-aix.fr est composé des 3 labels iut, univ-aix et fr
- Un nom complètement qualifié ou FQDN (Fully Qualied Domain Name) est un domaine contenant sa position dans la hiérarchie et « devrait » se terminer par un point
  - Ex : univ-aix.fr (référence absolue). Le point est omis.

Le DNS

- Les serveurs de noms d'un domaine doivent connaitre les serveurs de noms racines, du domaine parent et des domaines fils (délégation de zone)



Le DNS

- La racine a 13 serveurs de a à m.gtld-servers.net
- La zone fr a 4 serveurs de d à g.ext.nic.fr
- La zone free.fr a 2 serveurs freens1 et 2-g20.free.fr
- La zone hd.free.fr a 2 serveurs ns2 et 3-rev.proxad.net

Le DNS

- Un dépositaire de nom de domaine doit mettre a disposition au moins 2 serveurs de noms (sur des réseaux en principe différents) chargés de répondre aux requêtes concernant les noms locaux.
- Toute modification sur un serveur parent est répliqué sur les serveurs enfant par transfert de la zone modifiée
- Tout hôte (PC) devrait connaitre au moins un serveur de noms (en principe de son domaine) mais ce n'est pas une obligation
- DNS est un protocole de la couche application. Il utilise
  - UDP pour les requêtes
  - TCP pour les transferts de zone
- Que ce soit en UDP ou en TCP le port normalisé est **53**

Le DNS

- Sur un hôte, le client DNS effectuant la résolution de noms est appelé solveur de noms
- Pour résoudre un nom, le solveur s'adresse a son serveur de noms. Celui-ci a deux manières de réagir :
  - résolution **récursive** : s'il ne connait pas la réponse, le serveur est chargé de la trouver. Il contactera un autre serveur, etc., et la réponse reviendra apparaissant au solveur comme venant de son serveur.
  - résolution **itérative** : s'il ne connait pas la réponse, le serveur peut indiquer quel serveur est susceptible de la connaitre. Le solveur doit ensuite effectuer la recherche seul en contactant ce serveur, etc., jusqu'à contacter un serveur en mesure de lui répondre
- Dans le cas normal, les solveurs demandent toujours une résolution récursive. Pour des raisons de sécurité, elle n'est autorisée qu'aux serveurs qui deviennent hôtes du serveur parent et elle est interdite aux hôtes qui ne sont pas eux même serveur DNS.

Exemple de résolution

On souhaite résoudre **releves.hd.free.fr**

- Interrogation de la racine pour savoir qui est le serveur pour la zone fr

  À la racine **a.gtld-servers.net** répond que la zone fr est gérée par **d.ext.nic.fr**

- Interrogation de la zone fr pour savoir qui est le serveur pour le (sous) domaine free

  d.ext.nic.fr répond que la zone free est gérée par **freens1-gv.free.fr**

- Interrogation de la zone free pour savoir qui est le serveur pour le (sous) domaine hd

  freens1-gv.free.fr répond que la zone hd est gérée par **ns2-rev.proxad.net**

- Interrogation de la zone hd pour connaitre l'adresse de releves

  ns2-rev.proxad.net répond que releves a l'adresse **82.66.178.10**

Remarques

- La première résolution faisant appel au serveur racine doit résoudre un .net qui est sous la racine. Le serpent se mord la queue mais le protocole DNS a prévu le cas
- On suppose que l'on sait déjà que releves est un host

Protocole DNS / UDP

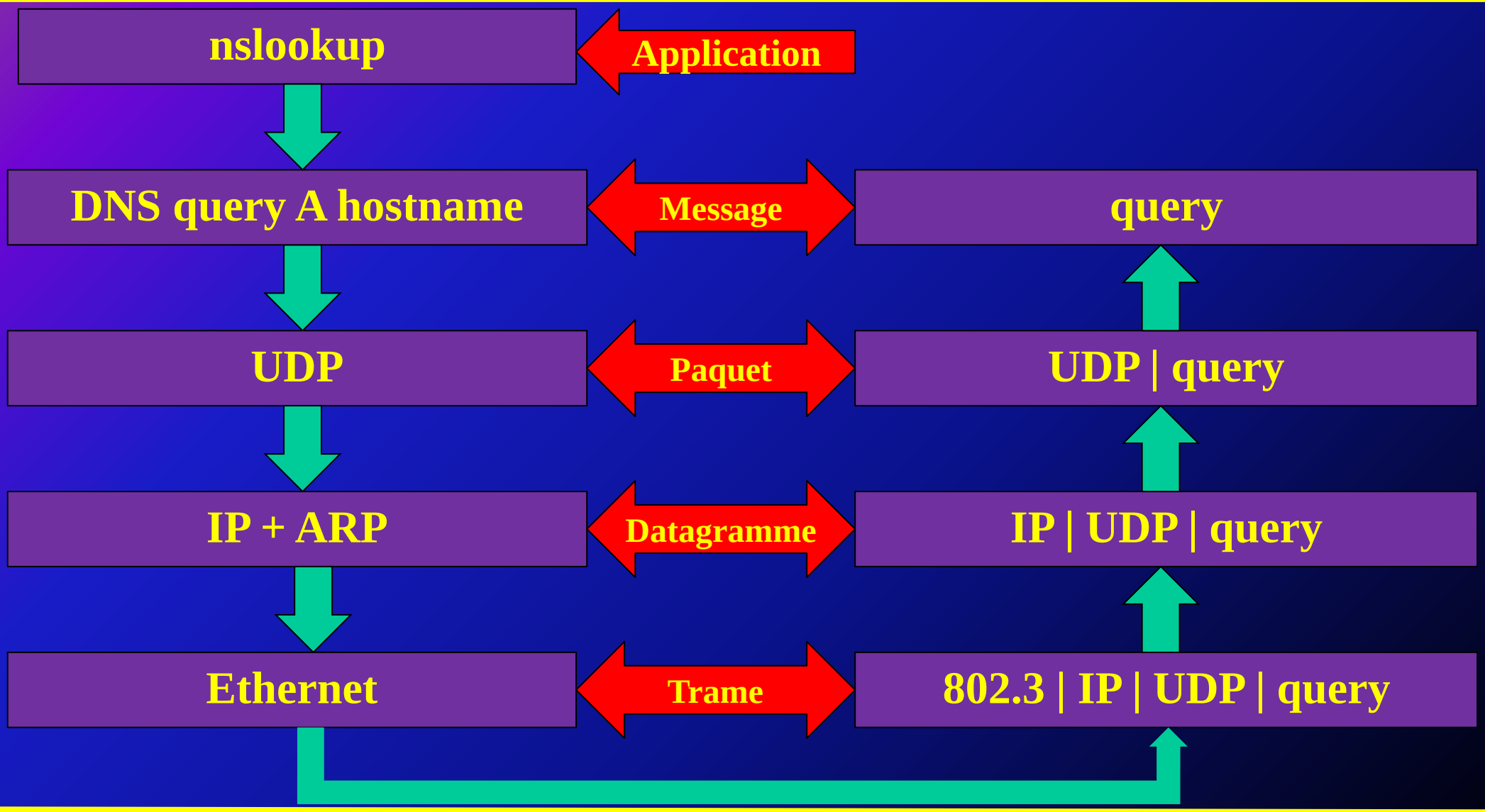
- Nous allons utiliser une application qui va mettre en œuvre le protocole DNS s'appuyant sur UDP pour associer un nom de host à une adresse IP.
- Sous Windows en mode commande (les paramètres de nom et d'adresse peuvent varier)
  - `nslookup`
  - `server 192.168.2.45` (indique quel serveur DNS sera utilisé)
  - `esx` (demande quelle est l'adresse IP de la machine nommée esx)
  - `Ctrl+C` pour quitter une fois la réponse obtenue
- Sous Linux
  - `host esx 192.168.2.45`

  La réponse est 192.168.2.199

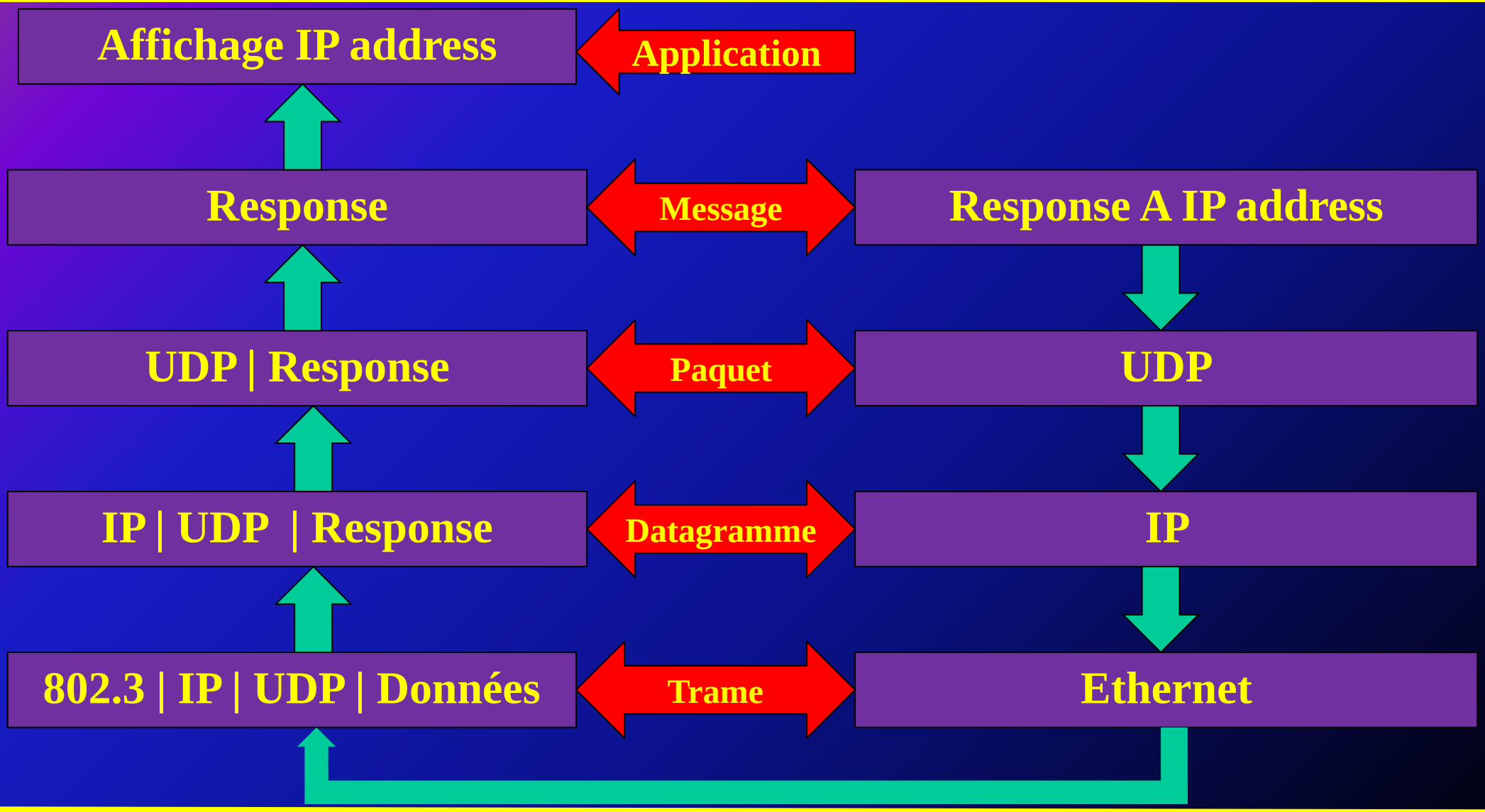
Protocole DNS / UDP

- Sur une machine Windows vous devriez avoir ceci :

Demande de résolution DNS



Réponse à une demande de résolution



TP NSLOOKUP

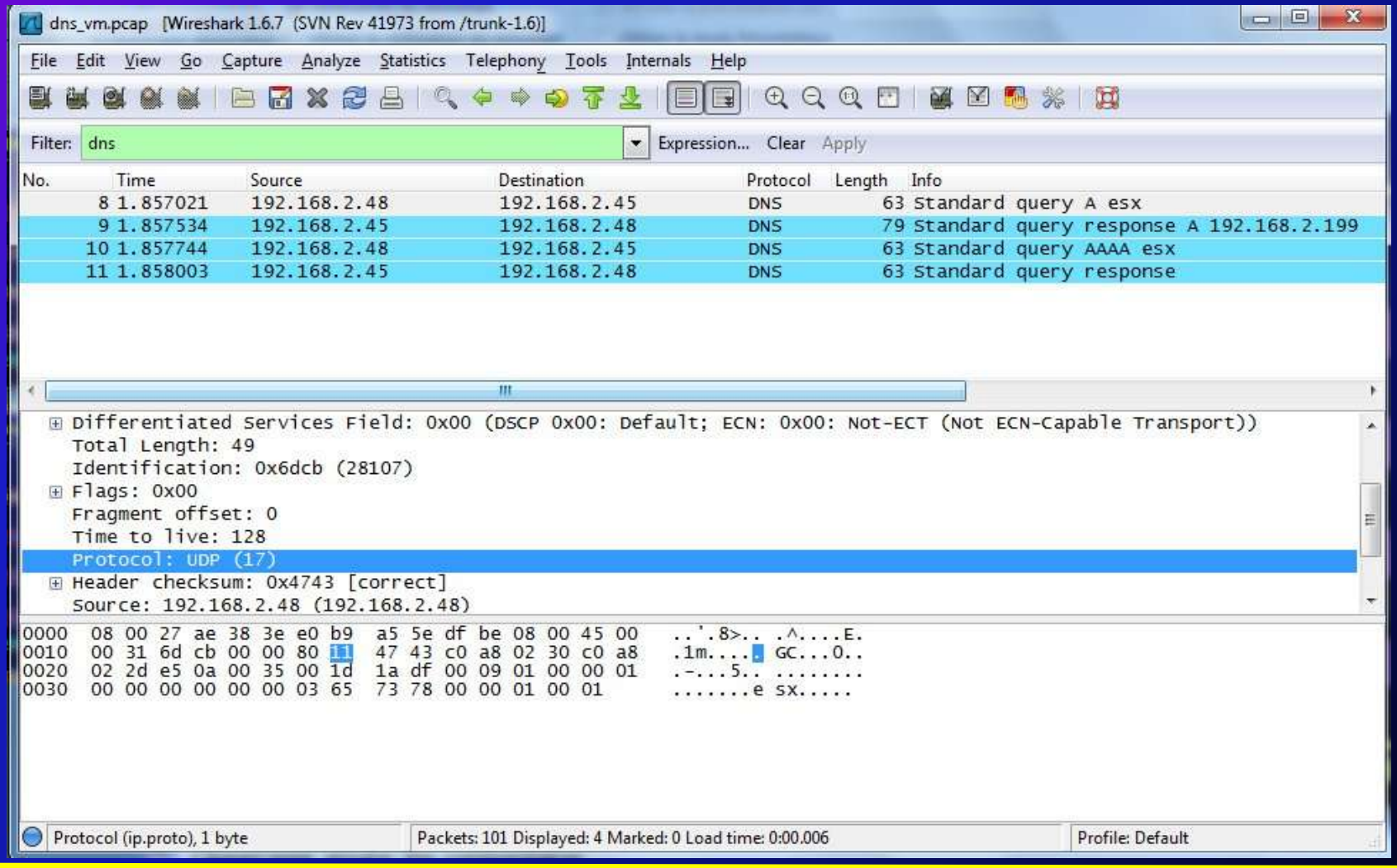
- Au prompt de nslookup :
  - server IP : utilise le serveur IP pour répondre aux requêtes
  - set q= : spécifie quelle question va être posée
    - ns : serveur de nom. Taper un nom domaine pour obtenir l'adresse de ses serveurs de noms
    - mx : serveur de mail . Taper un nom domaine pour obtenir l'adresse de ses serveurs de mail
    - a : adresse. Taper un nom d'hôte FQDN pour obtenir son adresse IP ou son adresse IP pour obtenir son nom.
    - ptr : pointeur. Taper une adresse IP pour obtenir son nom d'hôte FQDN

TP NSLOOKUP

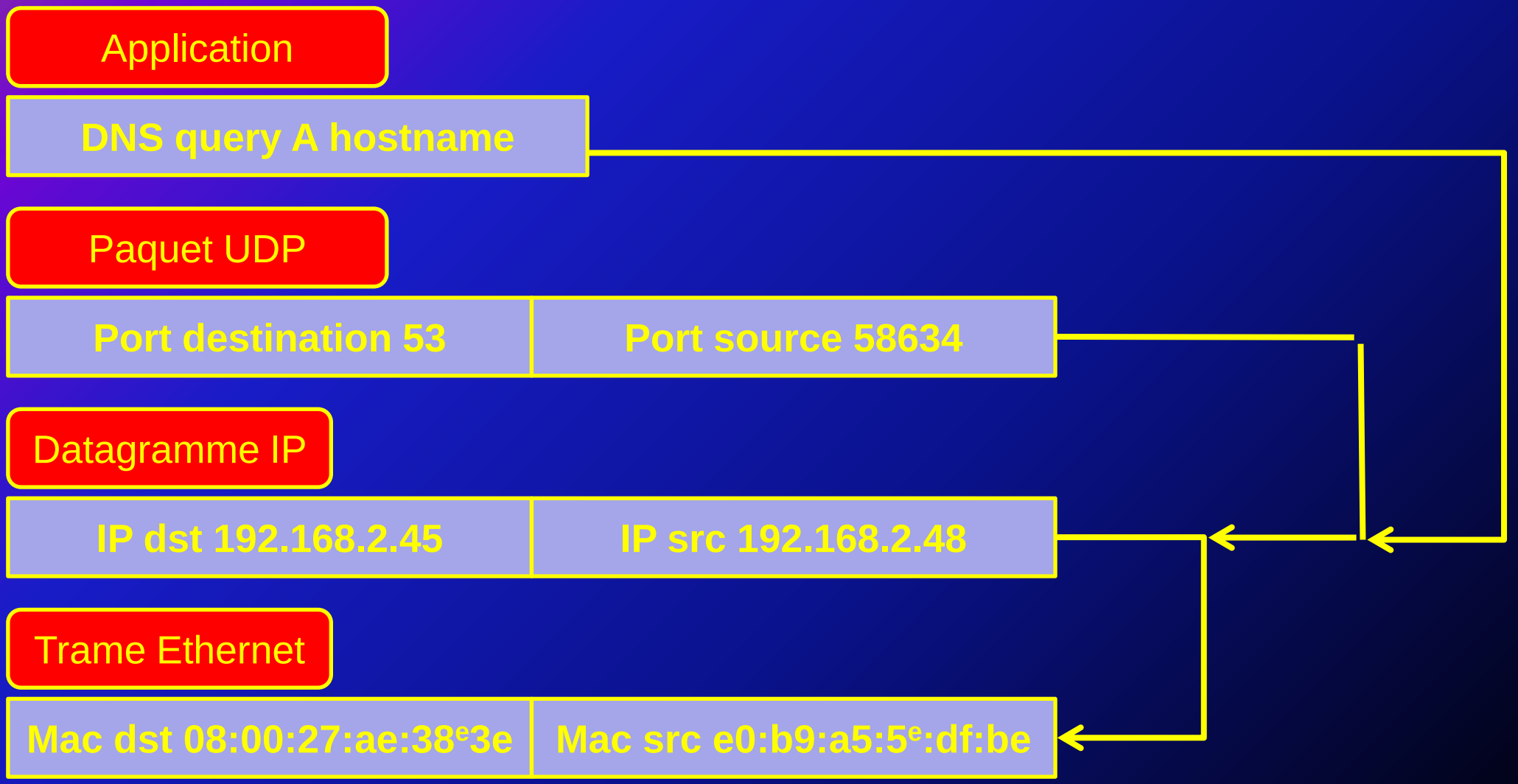
- Quels sont les serveurs de nom de domaine de google.com ?
- Quels sont les serveurs de nom de domaine des zones
  - fr
  - free.fr
  - hd.free.fr
- Quelle est l'adresse IP de releves.hd.free.fr ?
- Faire la résolution inverse de 194.2.0.20 ?
- Passer le type de requête à PTR et faire la même résolution inverse. Qu'est-ce qui différencie les deux réponses ?
- Quel est le nom du serveur DNS attaché à votre connexion réseau (ipconfig /all)
- Quel est le nom de votre domaine ?
- Est-ce que ce serveur fait autorité pour cette zone ?
- Quel est le mail exchanger du domaine systemx.fr ? Qu'observer-vous ?
- Changer de serveur DNS pour le premier de hd.free.fr
- Résoudre releves.hd.free.fr. Qu'observez-vous ?

Résolution DNS

On visualise le processus (dns_vm.pcap)



Trame question DNS / UDP



Résolution DNS

On observe l'enchainement de tâches suivantes :

1. De 192.168.2.48 à 192.168.2.45 question : A esx (quelle est l'adresse IP de esx)
2. De 192.168.2.45 à 192.168.2.48 réponse : 192.168.2.199
3. Les deux requêtes suivantes sont faites pour IPv6 (pas étudié pour le moment)

On constate :

- Le champ « protocol » du datagramme IP indiquant que le protocole de niveau supérieur utilisé est $17_{10}=11_{16}$ soit UDP
- La longueur de l'entête UDP est fixe, de 8 octets
  - Source port `e5 0a` (58634 fixé aléatoirement par la source)
  - Destination port `00 35` (53 normalisé par IANA)
  - Longueur du paquet `00 1d` (29 octets = 8 entête UDP + 21 message DNS)
  - Checksum `1a df`

  Total de l'entête UDP : 8 octets
  - Données DNS sur 21 octets

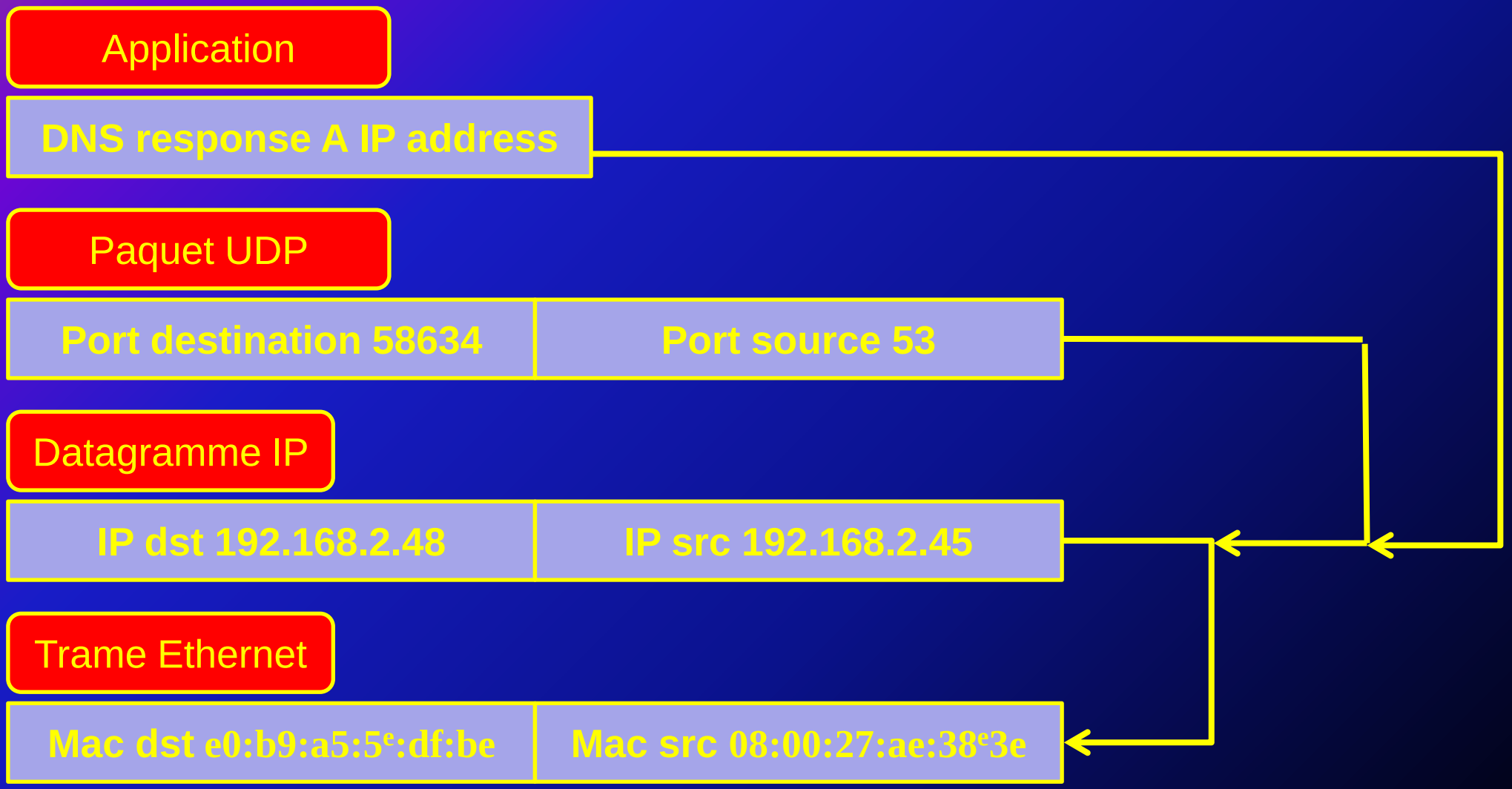
  Total du paquet UDP : 29 octets variable car les données ne sont pas de longueur fixe.

Résolution DNS question

- N° de transaction `00 09` (n° unique tout au long de la transaction)
- Drapeaux `01 00` (la question est récursive)
- Question `00 01` (c'est une question)
- Réponse `00 00` (pas de réponse)
- Authority RRs `00 00` (il n'y a pas de DNS plus « proche » que celui interrogé, utile en réponse seulement)
- Additional RRs `00 00` (il n'y a pas d'informations complémentaires données par le serveur DNS, utile en réponse seulement)
- Nom demandé `03 65 73 78 00` (`end_of_text`**esx**`null`)
- Type `00 01` (adresse)
- Classe `00 01` (internet)

Total 21 octets

Trame réponse DNS / UDP



Résolution DNS retour UDP

- Pour le retour il suffit d'inverser le port source et le port destination. L'entête du paquet UDP devient :
  - Source port `00 35` (53)
  - Destination port `e5 0a` (58634)
  - Longueur du paquet `00 2d` (45 octets = 8 entête UDP + 37 message DNS)
  - Checksum `13 ba`
  - Données DNS sur 37 octets
- On constate que la réponse (37 octets) n'a pas la même longueur que la question (21 octets)

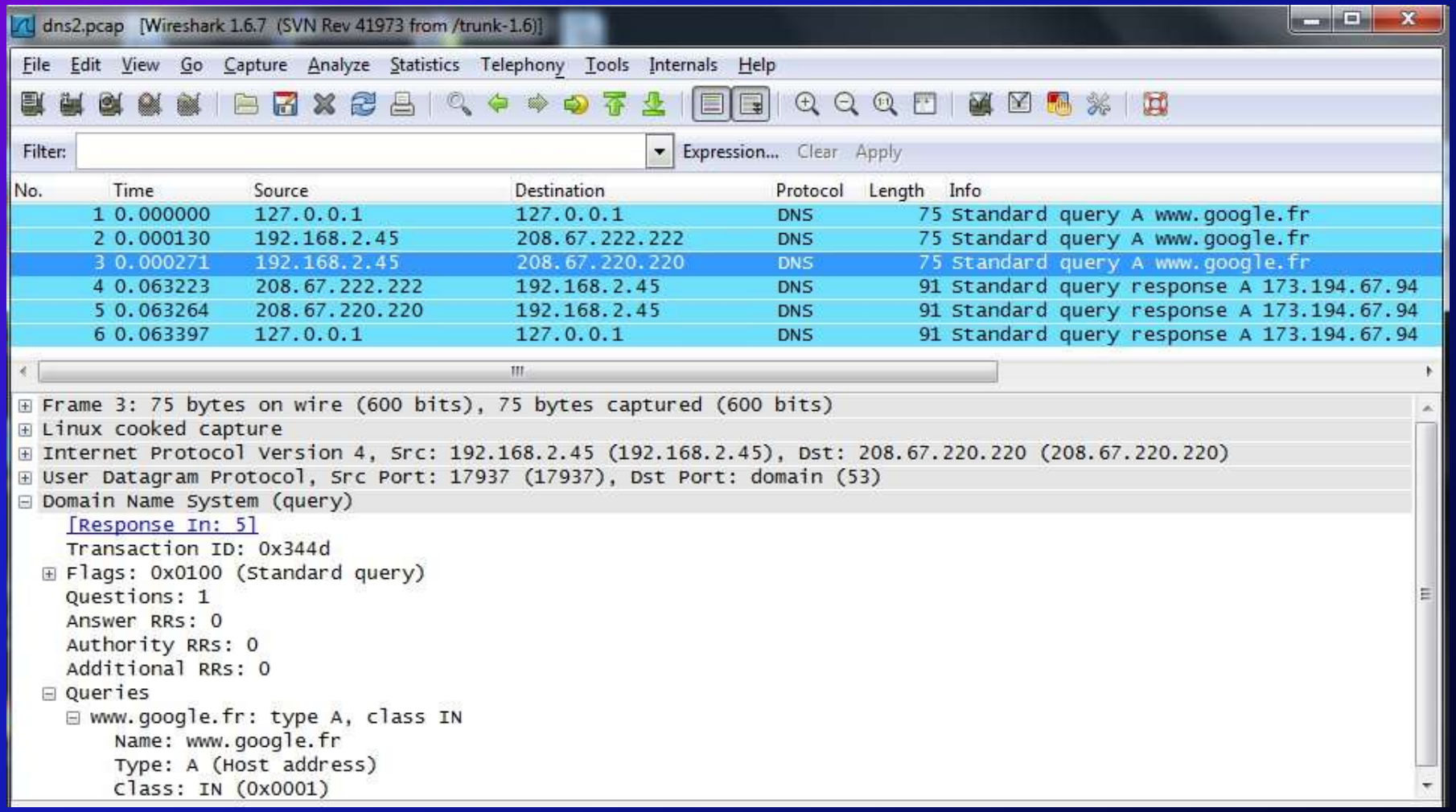
Résolution DNS réponse

- N° de transaction `00 09` (c'est bien le même que pour la question)
- Drapeaux `85 80` c'est une réponse
  serveur faisant autorité pour ce domaine
  récursion demandée, récursion disponible
- Question `00 01` (il y a eu une question)
- Réponse `00 01` (il y a une réponse)
- Authority RRs `00 00` (pas de serveur DNS plus « proche »)
- Additional RRs `00 00` (pas d'informations complémentaires)
- Question (identique à la demande, 9 octets)
- Réponse (les trois premiers paramètres identiques à la question, 16 octets)
  - Durée de vie `00 00` (la réponse n'est pas en cache)
  - Longueur des données `00 04` (4 octets)
  - Adresse `c0 a8 02 c7` (IP 192.168.2.199)

Total 37 octets

Résolution « en vrai »

Analyser la résolution suivante (fichier dns2.pcap)



TP NTP

- Le but de ce TP est de découvrir le protocole NTP et d'analyser son fonctionnement.
- Installer le client NTP que vous trouverez ici :

  http://www.timesynctool.com

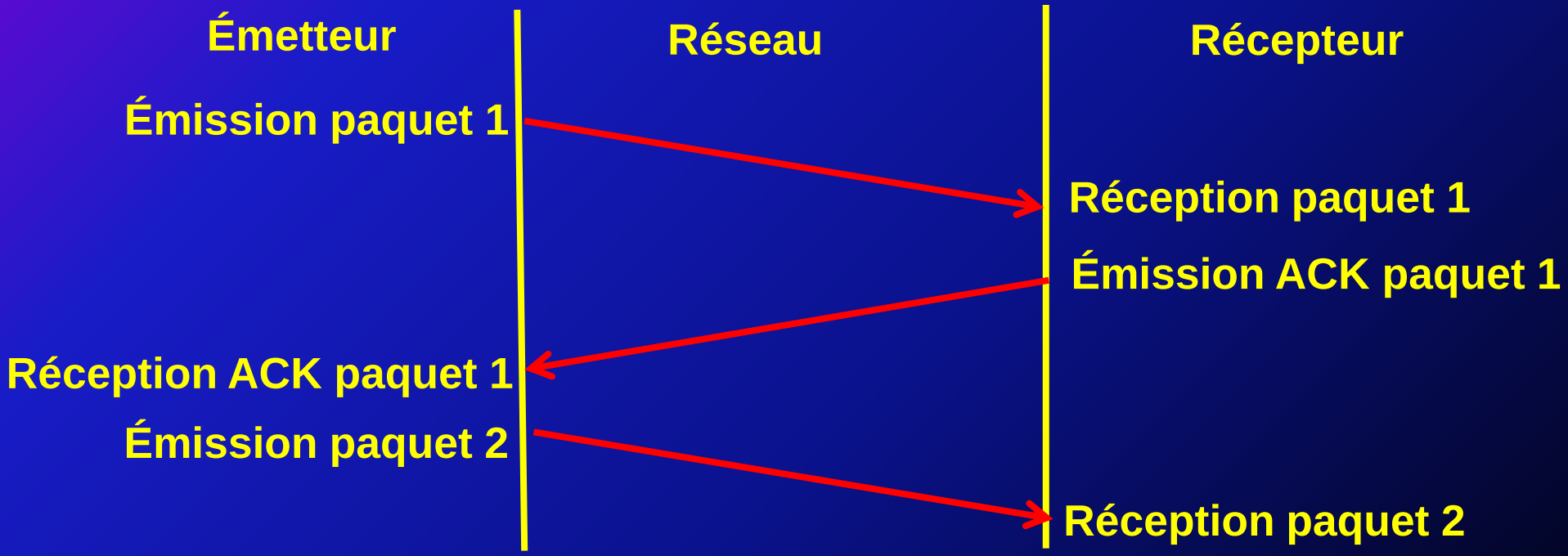
  Lire attentivement la documentation puis installer l'apllication comme un service Windows
- Répondre de manière détaillée et justifiée aux questions suivantes
  - Que fait le service que vous venez d'installer.? Tester en décalant l'heure de votre PC (en retard de préférence) ?
  - Quelle est la « strate » de 0.nettime.pool.ntp.org
  - Comment est organisé, du point de vue serveur, NTP ?
  - Quels sont en France les serveurs de strate 1 et 2 ?
  - En analysant ce qui se passe sur le réseau vous montrerez les différentes étapes de la synchronisation de votre PC. A chaque trame question / réponse vous montrerez les différentes couches de protocoles avec les entêtes liées à chaque niveau. Vous pouvez procéder par essais successifs puis une dernière fois en vidant la table ARP et le cache DNS. C'est à partir de ce dernier essai que vous rédigerez.

Le protocole TCP

- Des applications importantes (HTTP, SMTP, FTP …) ont besoin d'échanger de gros volumes de façon fiable.
- Une trame Ethernet ne peut transmettre, au maximum, que 1500 octets donc le message issu d'une application doit être découpé.
- Pour assurer une bonne transmission il faut ajouter à UDP :
  - Un accusé de réception
  - L'horodatage des paquets
  - La remise en séquence des paquets arrivées dans le désordre (le désordre n'est pas une erreur)
  - La possibilité de réémettre un paquet perdu ou erroné
- Ces ajouts plus d'autres qui sortent du cadre de ce cours conduisent au protocole TCP

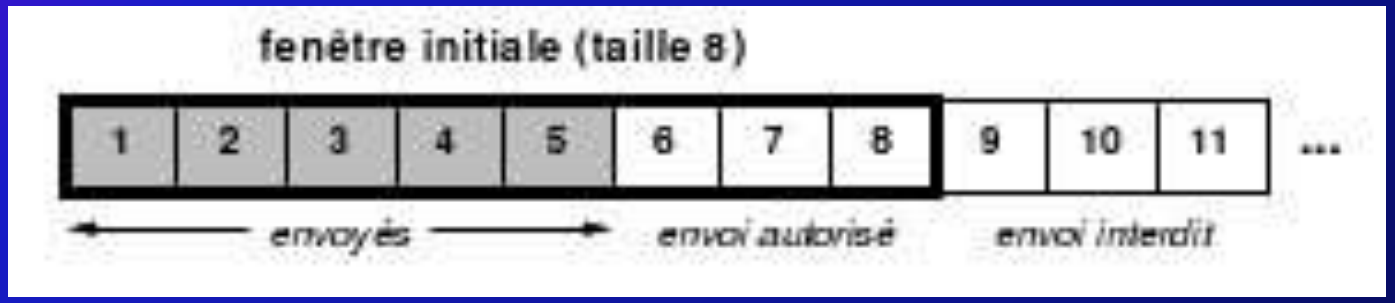
Accusé de réception TCP

- L‘émetteur d'un paquet attend une confirmation de réception de la part du récepteur avant d'envoyer un autre paquet
- Le récepteur accuse réception d'un paquet en envoyant un ACK
- C’est un protocole de type envoyer et attendre

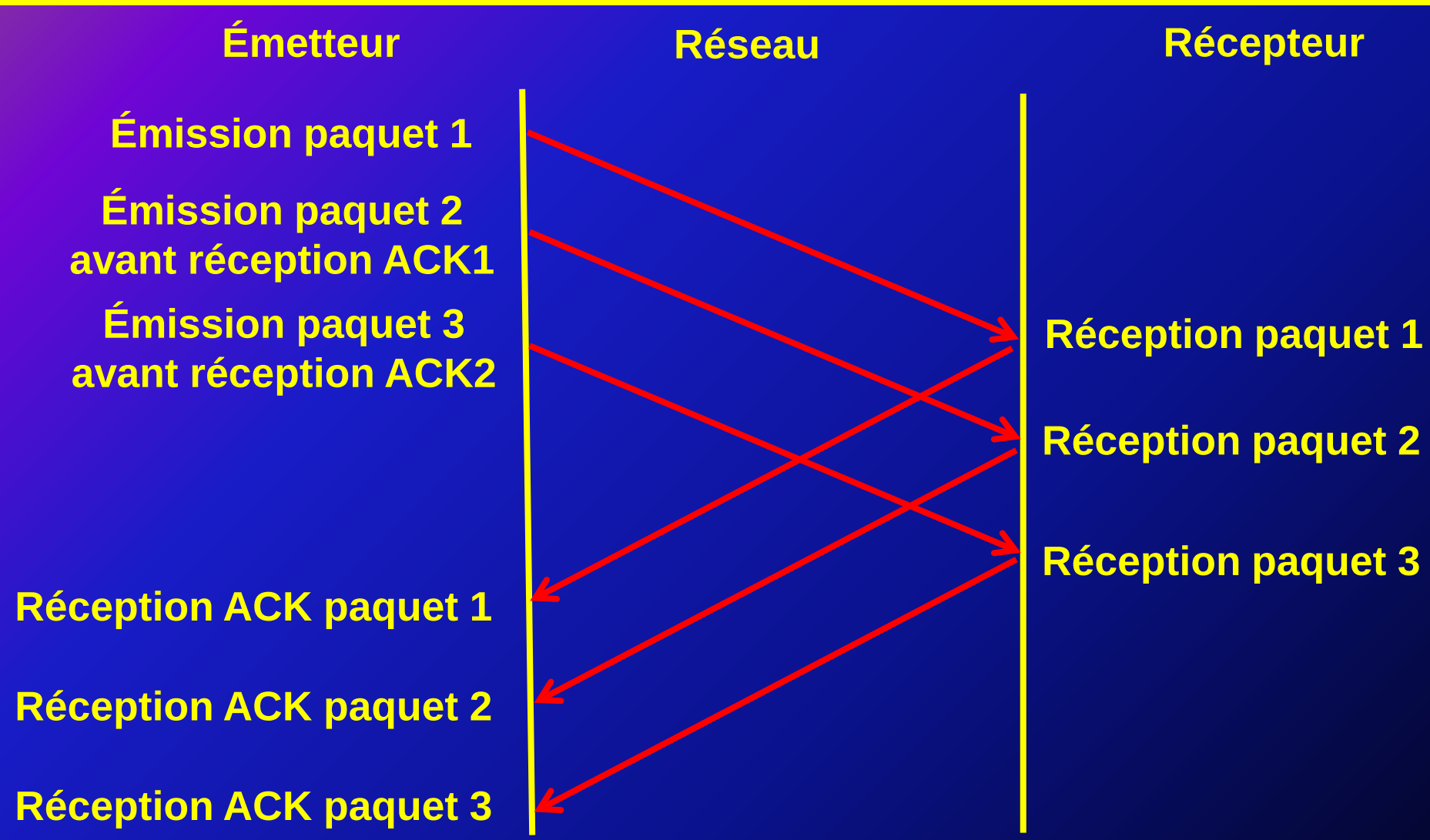


Fenêtre TCP

- Pour améliorer la vitesse de transmission on peut envoyer plusieurs paquets sans attendre l'ACK de chacun d'eux.
- Par exemple on peut envoyer 8 paquets à la suite. La taille de la fenêtre est donc de 8
- A réception du premier ACK en décale la fenêtre de 1 paquet



Fenêtre TCP

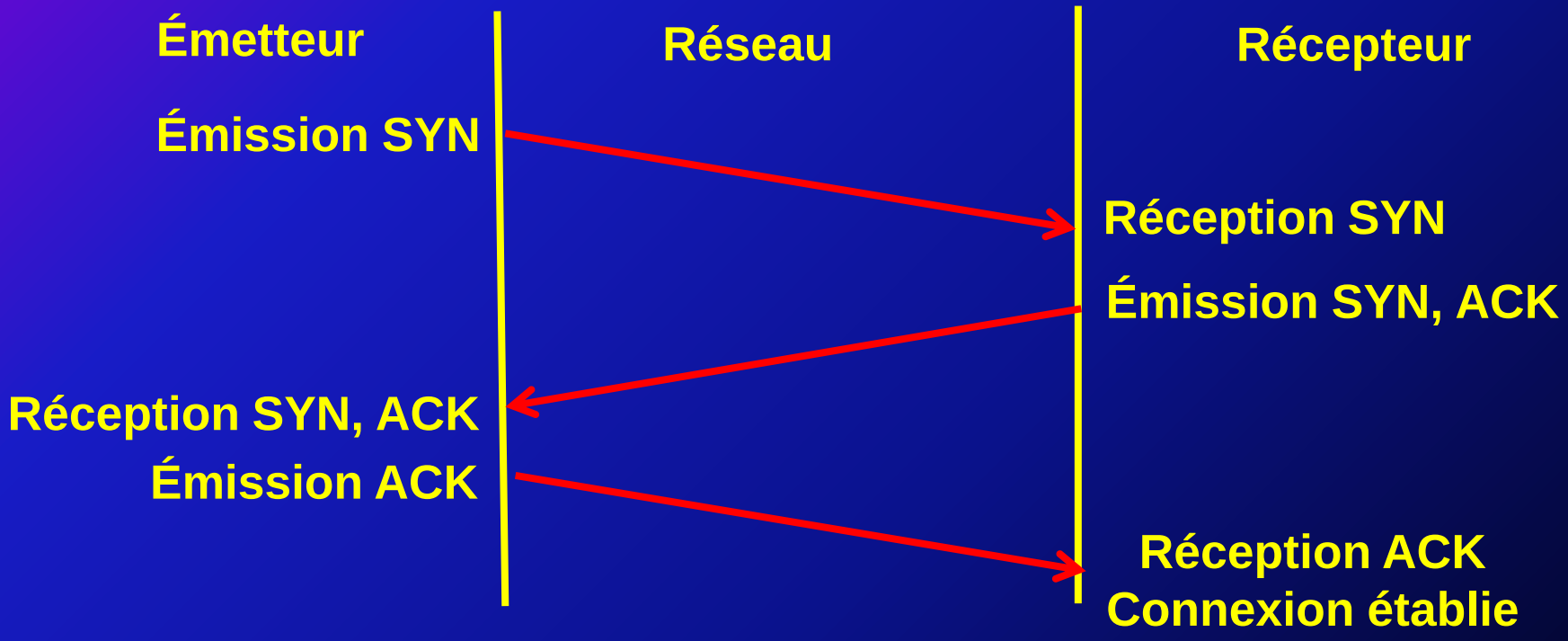

Émetteur
Réseau
Récepteur
Émission paquet 1
Émission paquet 2
avant réception ACK1
Émission paquet 3
avant réception ACK2
Réception paquet 1
Réception paquet 2
Réception paquet 3
Réception ACK paquet 1
Réception ACK paquet 2
Réception ACK paquet 3

Connexion TCP

- A la différence de UDP on ne peut pas envoyer de message directement à une adresse. Il faut que préalablement le client établisse une connexion.
- Le serveur effectue une ouverture passive en écoutant sur un port dépendant du service (ex : HTTP=80) et en attendant qu'un client s'y connecte.
- Le client effectue une ouverture active en demandant l'établissement d'une connexion entre son adresse et celle du serveur. Le port du client est attribué de manière aléatoire.
- Une connexion est identifiée par le quadruplet formé par l'adresse de ses deux extrémités : adresse IP locale, port local, adresse IP distante, port distant.
- Chaque connexion est uniques. Elles sont gérées indépendamment les unes des autres.
- Chaque connexion dispose de ses propres tampons en émission / réception et de chaque côté.
- Une fois la connexion établie le client et le serveur peuvent échanger des données à l'intérieur de ce circuit virtuel.

Établissement d'une Connexion TCP

- Processus en 3 étapes



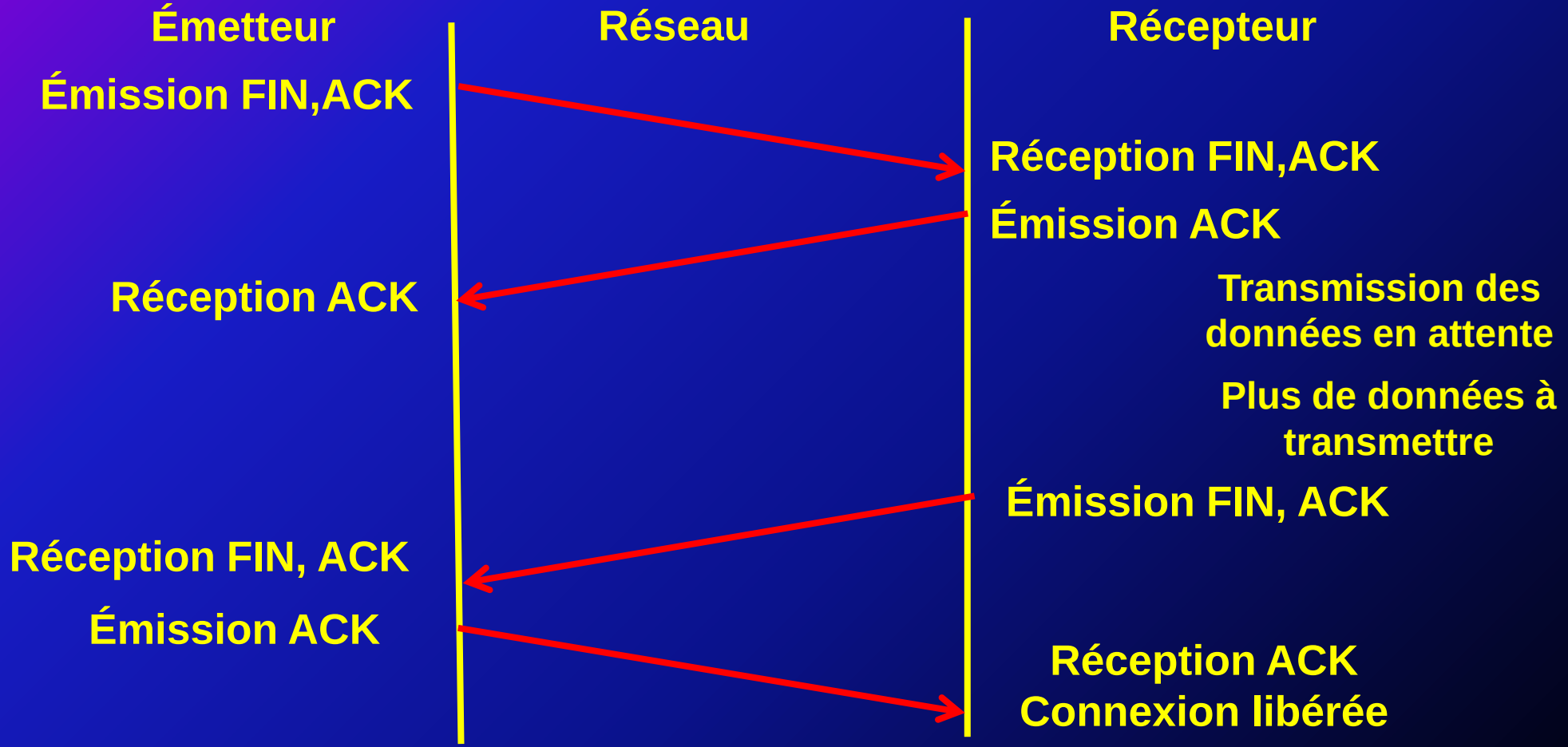
Libération d'une connexion TCP

Il peut être mis fin à une connexion TCP soit du coté client soit du coté serveur. Une fermeture simultanée est possible mais rarissime

- L'émetteur envoie une demande de fin : flags FIN, ACK
- À part les données en attente d'envoi avant l'émission de la demande de fin plus aucun envoi ne sera accepté par TCP
- Le récepteur acquitte la demande de fin : flag ACK
- L'émetteur se met en attente de la réception d'éventuelles données non encore parvenues
- Lorsque il n'y a plus de données à transmettre à l'émetteur, le récepteur envoie sa propre demande de fin : flags FIN, ACK
- L'émetteur acquitte la demande de fin : flag ACK
- La connexion est close

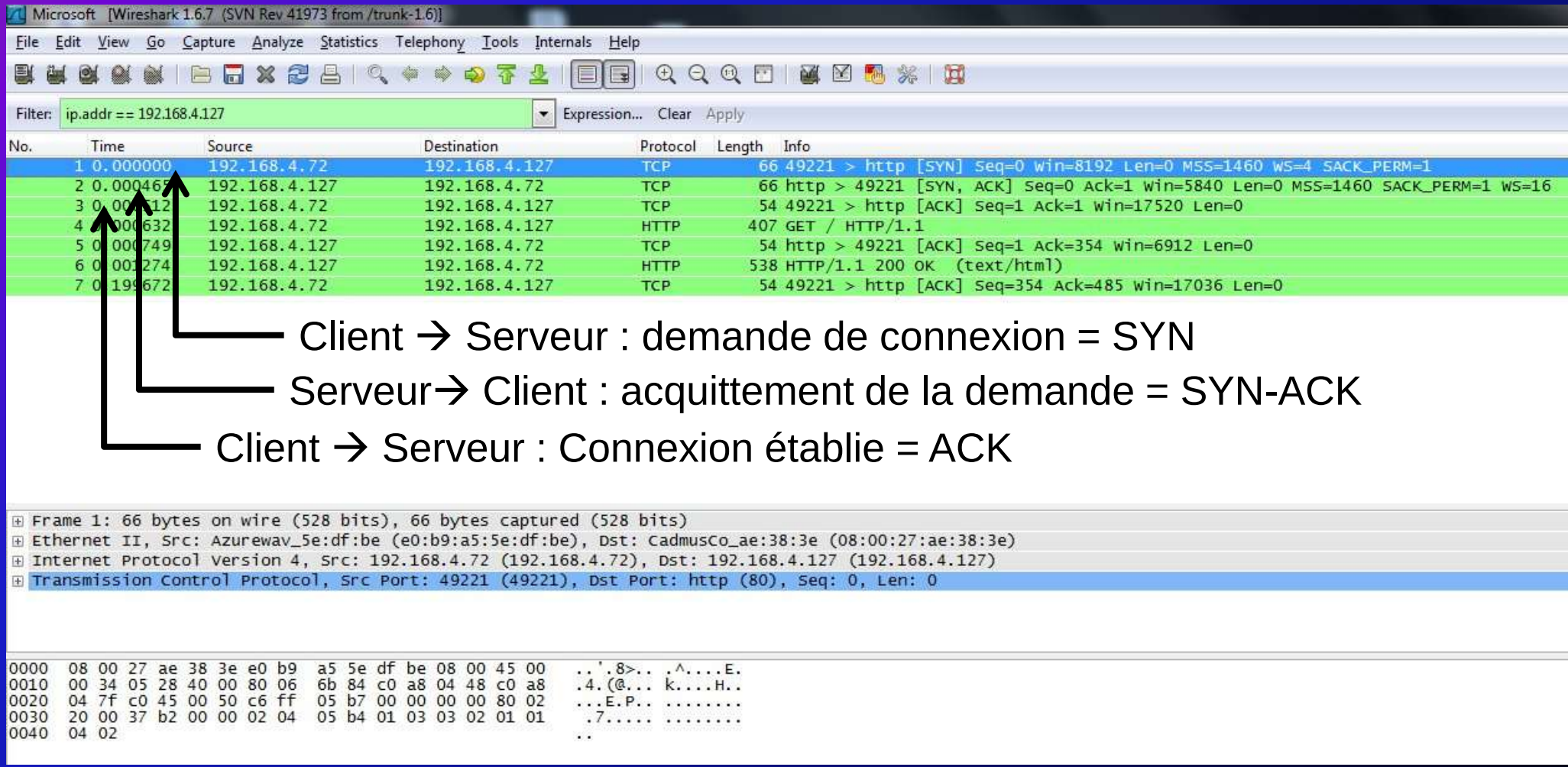
Libération d'une connexion TCP

La connexion libérée lorsque chaque côté a indiqué qu'il n'avait plus de données à transmettre.



Protocole HTTP Connexion

Établissement de la connexion (fichier html.pcap) trames 1 à 3

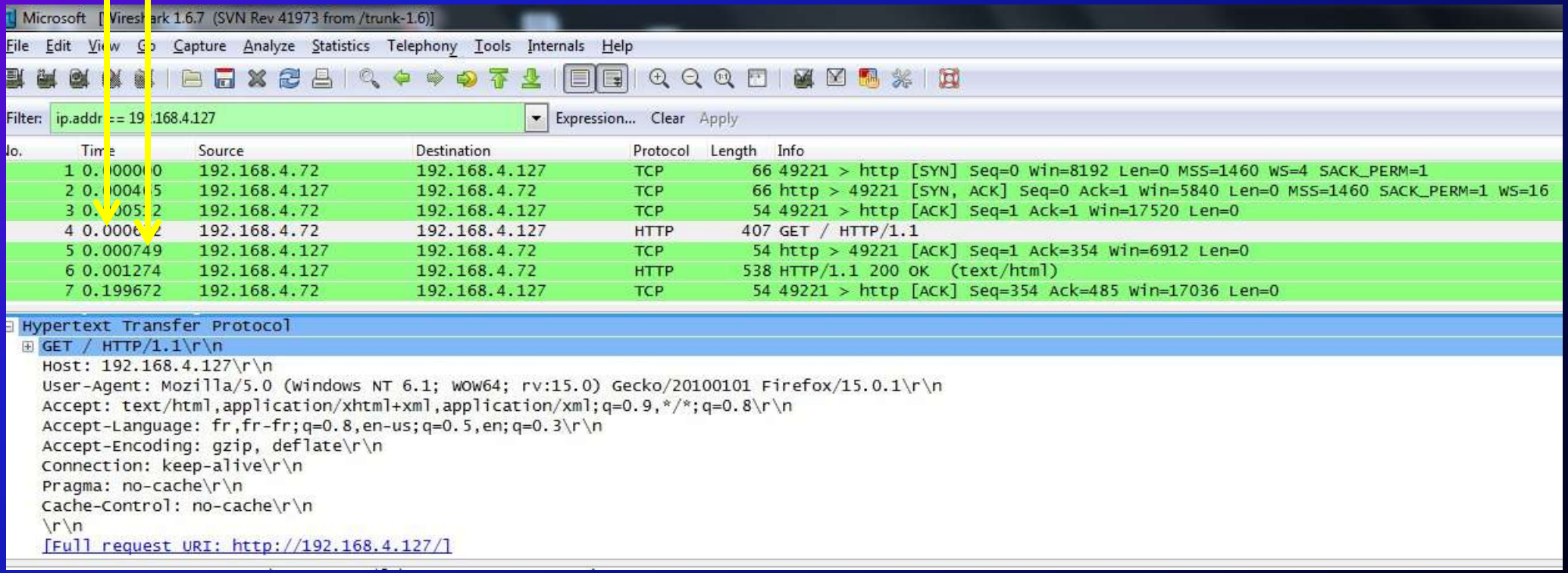


Protocole HTTP Requête

Envoie de la requête HTTP trames 4 et 5

Client → Serveur : Requête HTTP (GET)

Serveur→ Client : Acquittement de la requête = ACK

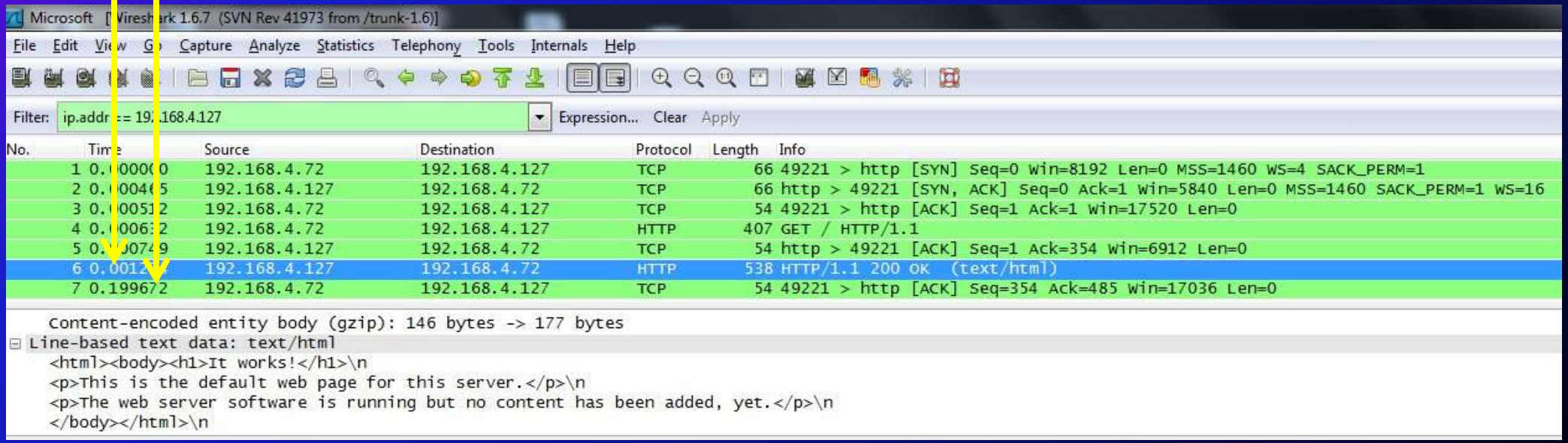


Protocole HTTP Réponse

Réception et affichage sur le navigateur trames 6 et 7

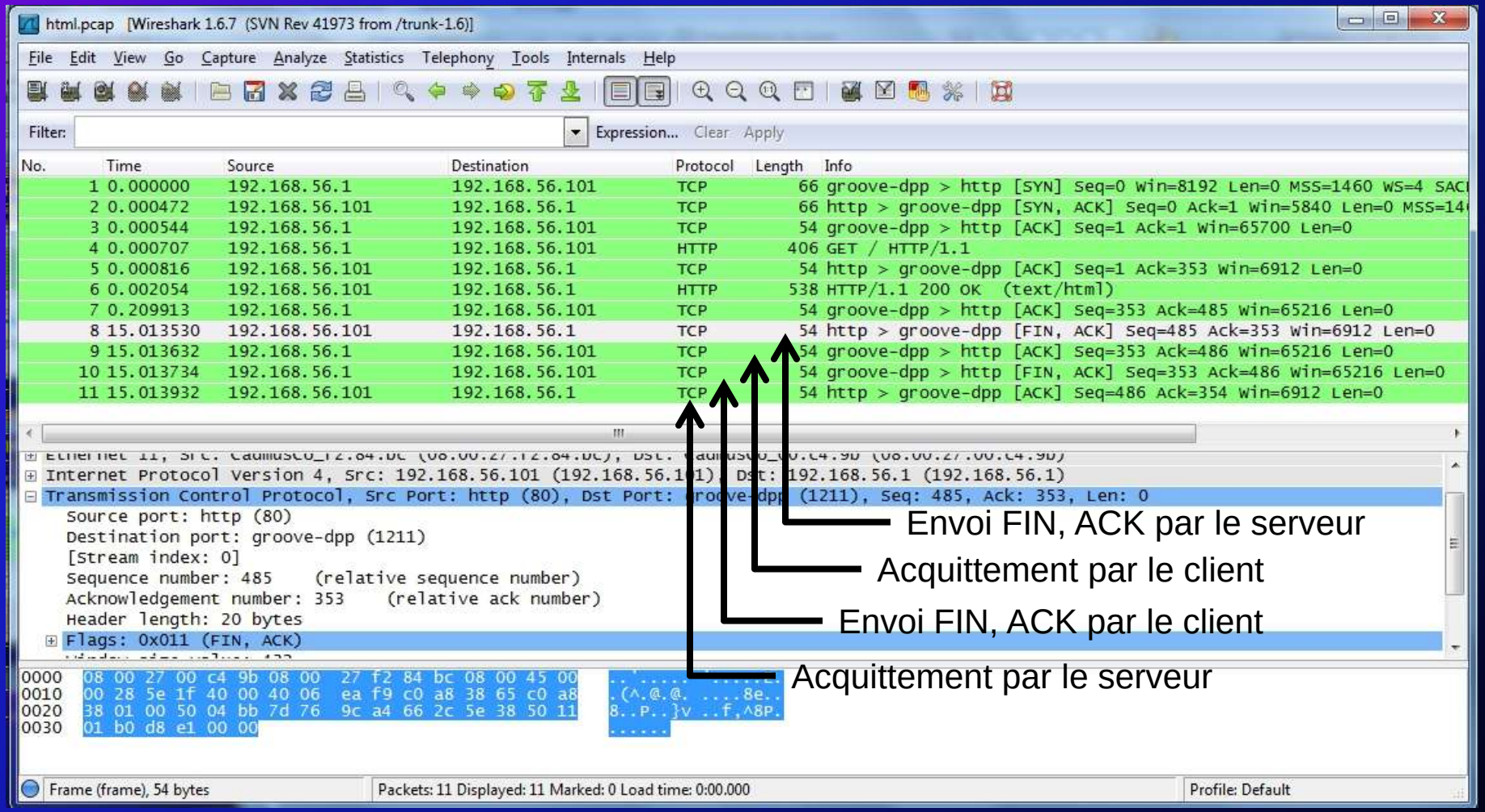
Serveur→ Client : Envoie de la page HTML

Client → Serveur : Acquittement de la réception = ACK



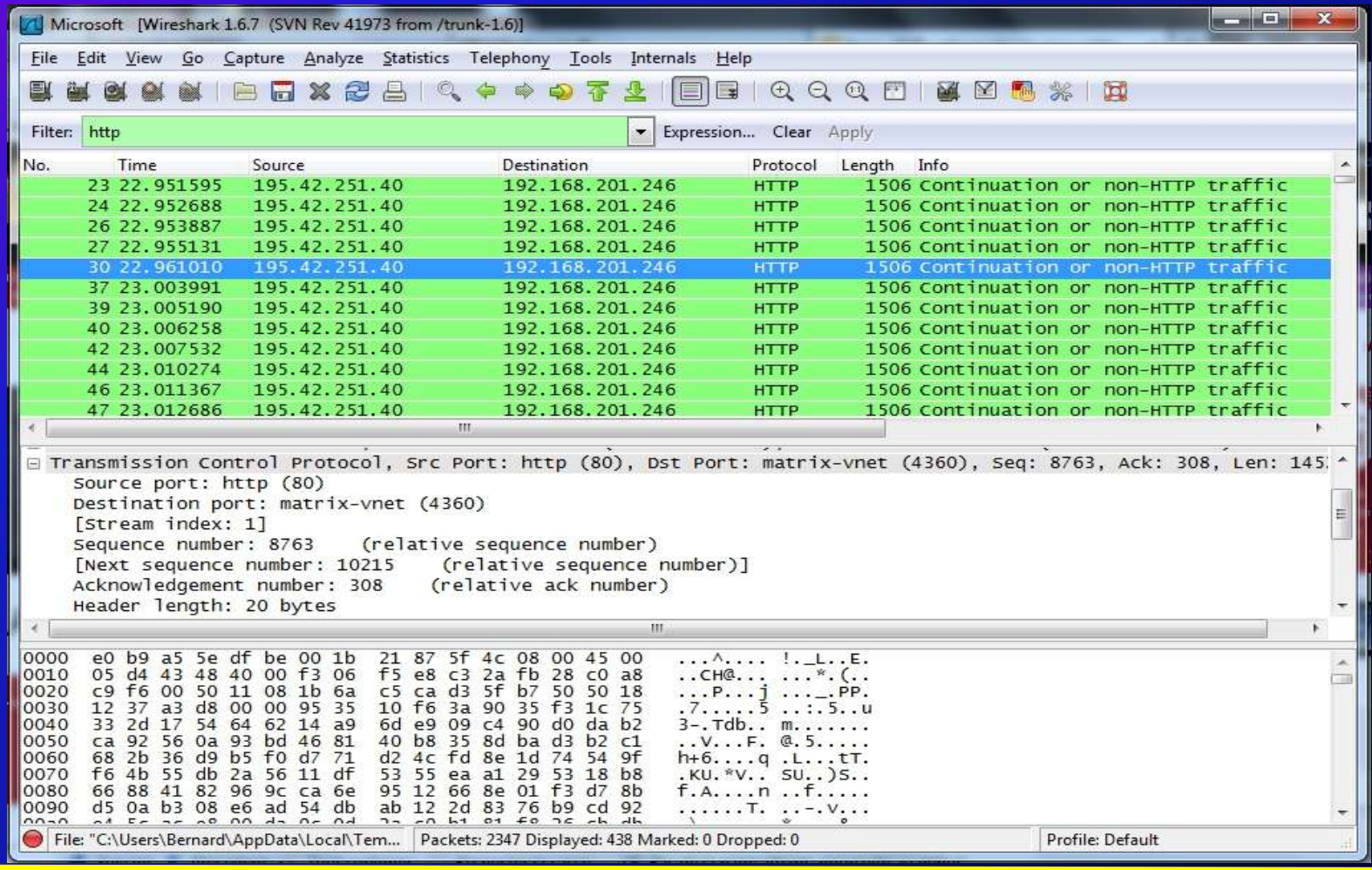
Protocole HTTP Fin

Clôture de session par le serveur (suite à fermeture du navigateur client) trames 8 à 11



Protocole HTTP données > 1500 octets

Le paquet TCP contient le n° de l'ACK (il n'y en a qu'un pour tout le transfert) et le n° de la séquence suivante.



TP SMTP

- Quel est le rôle du service SMTP ?
- Quel est le protocole de niveau 3 utilisé ?
- Quel est le port d'écoute ?
- Lancer WireShark à l'écoute sur votre interface (mode promiscuous disable)
- Établir une connexion (putty en mode raw) sur le serveur 192.168.0.254
- Taper les commandes suivantes :

  ehlo sin.sti2d.org

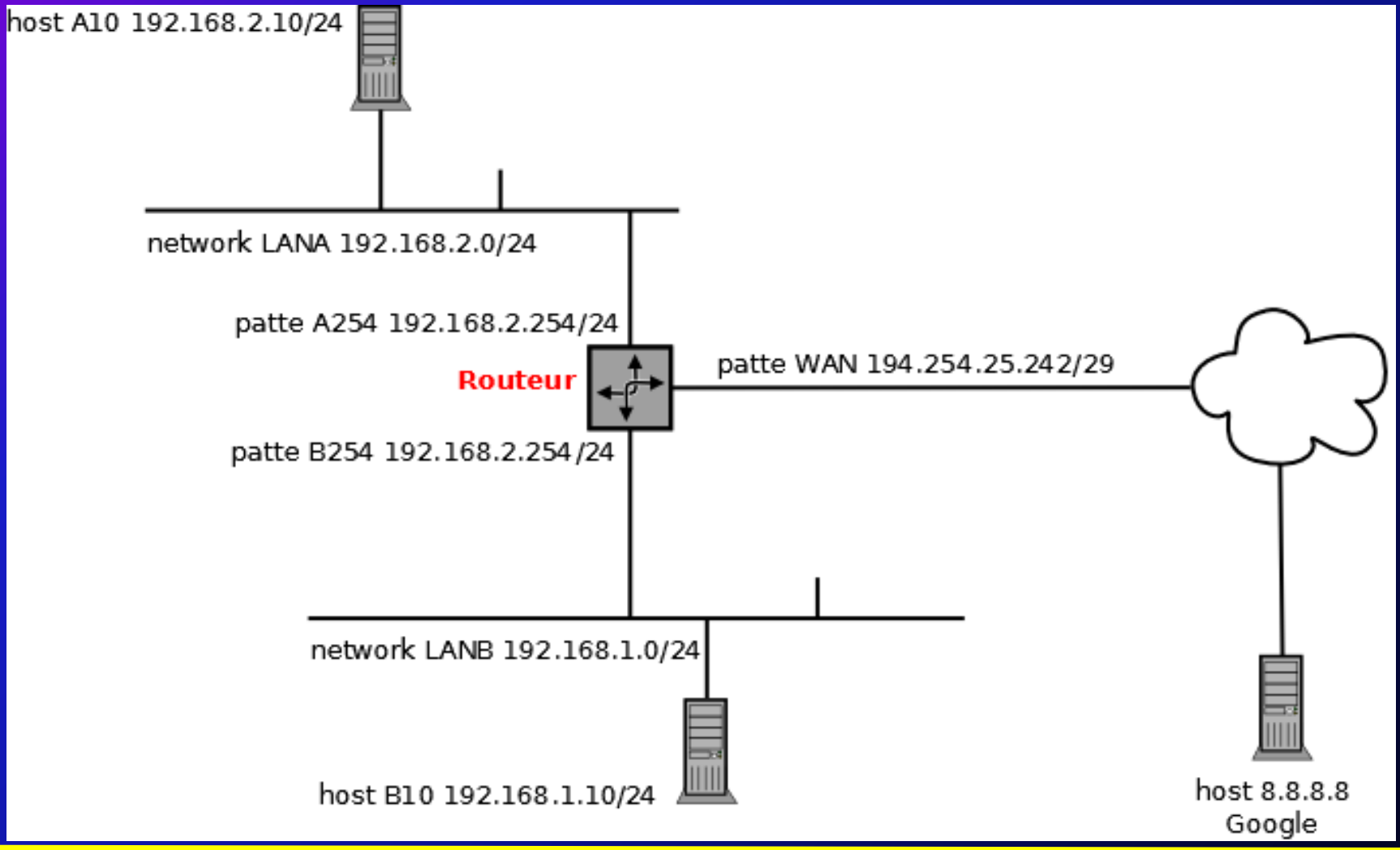
  quit
- Analyse du trafic

Routage

- Lorsque un host client doit contacter un host serveur qui n'est pas sur le même réseau (la partie network des adresses IP est différente) il faut indiquer au host client comment atteindre le host serveur et à ce dernier comment renvoyer les données au host client. C'est là qu'intervient la notion de routage.
- Ex : client 192.168.1.10/24 → serveur 192.168.2.10/24. Ces deux hosts sont sur des réseaux différents, il faudra indiquer au host 10 du réseau 192.168.1.0 comment contacter le host 10 du réseau 192.168.2.0
- La décision de routage se déroule en 3 étapes :
  1. Vérifier si il existe une route spécifique. Si non étape suivante
  2. Vérifier si il existe une route dans une table de routage. Si non étape suivante
  3. Vérifier si il existe une route par défaut. Si non envoyer une erreur par ICMP

Routage

Exemple de réseau



Routage

- Le host A10 du LANA a comme route par défaut la patte A254 du routeur
- Le host B10 du LANB a comme route par défaut la patte B254 du routeur
- Le routeur a la table de routage suivante
  - → LANA passer par la patte A254
  - → LANB passer par la patte B254
  - Sinon route par défaut = WAN
- Exemple 1 : depuis A10 on veut atteindre Google
  - Sur A10 : route par défaut jusqu'au routeur patte A254
  - Sur le routeur : route par défaut → sortie par la patte WAN jusqu'à Google
- Exemple 2 : depuis A10 on veut atteindre B10
  - Sur A10 : route par défaut jusqu'au routeur patte A254
  - Sur le routeur : table de routage → sortie par la patte B254
- **Remarques importantes** :
  - la route par défaut est toujours sur le même réseau que le host
  - L'adresse de destination par défaut est 0.0.0.0

Routage

- Sous Window$ la table de routage s'obtient indifféremment par les commandes :
  - route print
  - netstat –r
- Sous Linux :
  - netstat –r
  - L'ajout du commutateur n permet d'éviter la résolution de nom
- Sur votre PC détailler la table de routage

Routage TP SR3