

# - UTC505/USRS4D -

## Couche Réseau IP, Adressage & Architecture

E. Gressier-Soudan

03/10/2021

E. Gressier-Soudan

1



# Couche IP de l'Internet

03/10/2021

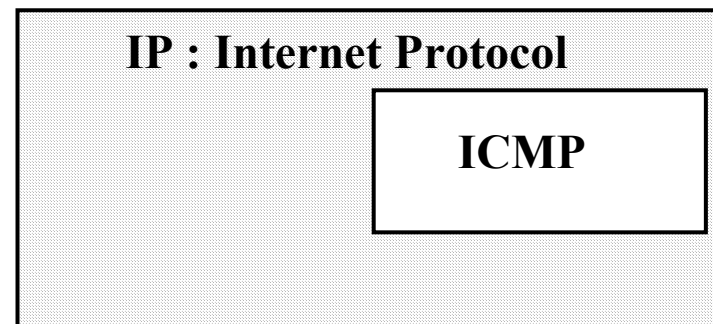
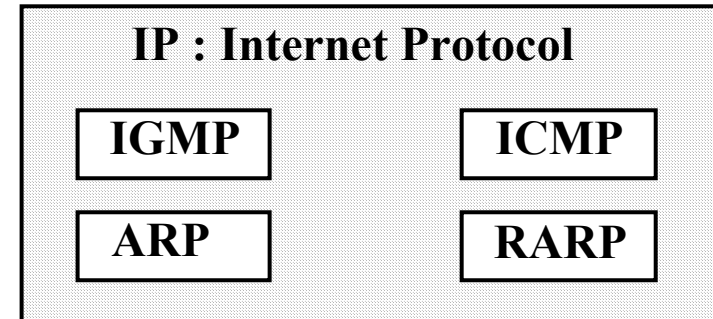
E. Gressier-Soudan

2



# Organisation de la couche Réseau de l'Internet : IP

- IP V4 (RFC 791) :
  - ICMP : Internet Control Message Protocol
  - ARP : Address Resolution Protocol
  - RARP : Reverse Address Resolution Protocol
  - IGMP : Internet Group Management Protocol (Multicast IP)
- IP V6 (RFC 2460) :



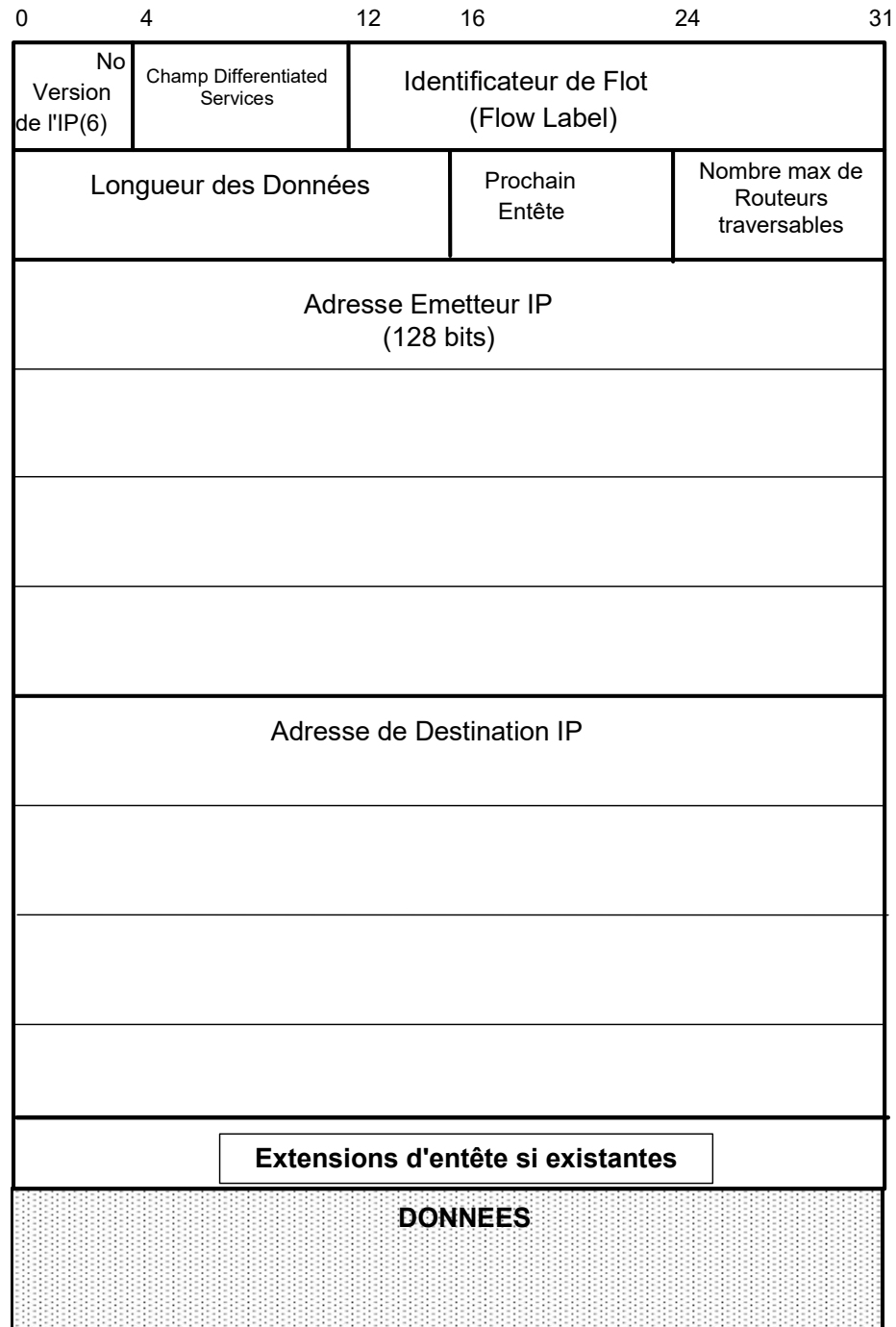
RFC : Request For Comment

# L' Internet Protocol (IP)

- Communications dans le mode minimal : **DATAGRAM** (mode non connecté, paquets **non Acquittés**)  
=> la détection des messages erronés ou perdus et leur ré-émission sont à la charge de l'émetteur des messages (couche Transport).
- Adressage Internet et Routage entre Réseaux
- Adaptation à la liaison traversée
  - Conversions d'Adresses (@IP<->08:00:20:06:4b:8e)
  - Fragmentation/Ré-assemblage, Adaptation de la taille des messages soumis par la couche Transport suivant les possibilités offertes par la couche Liaison.
- Encapsulation/Désencapsulation par rapport à la couche Transport, pour les tunnels, ou pour acheminer d'autres protocoles

TTL : Time To Live, est exprimé en nombre de machines restant à traverser, décrétementé de 1 par chaque routeur franchi

0	4	8	16	19	24	31
No Version de l'IP(4)	Longueur de l'entête (nb de mots de 32 bits)	Façon dont doit être géré le datagram TOS - type of service	Longueur du Datagram, entête comprise (nb d'octets)			
No Id -> unique pour tous les fragments d'un même Datagram			flags (2bits): .fragmenté .dernier	Offset du fragment p/r au Datagram Original (unit en nb de blk de 8 o)		
Temps restant à séjourner dans l'Internet TTL		Protocole de Niveau Supérieur qui utilise IP		Contrôle d'erreurs sur l'entête		
Adresse Emetteur IP						
Adresse de Destination IP						
Options : pour tests ou debug					Padding: Octets à 0 pour que l'entête *32 bits	
DONNEES						



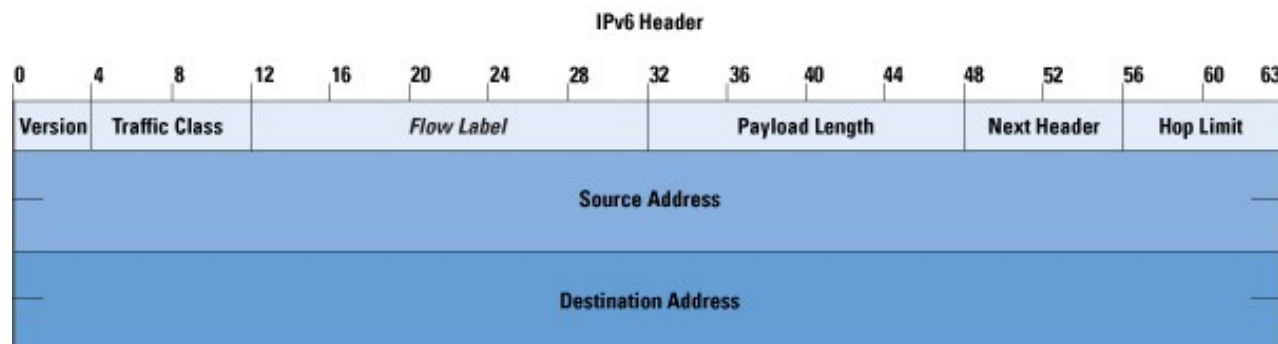
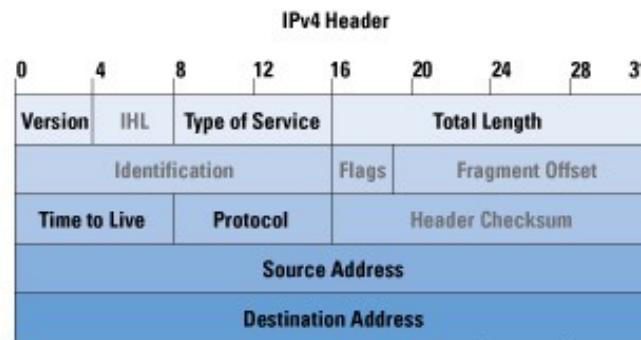
Hop = TTL  
Limit

03/10/2021



# Datagramme IPv4 vs IPv6

- Source, consultée le 16/08/2016 : <http://serverfault.com/questions/547768/ipv4-header-vs-ipv6-header-size>



- Payload Length (IPv6) vs Total Length (IPv4) ?
  - Total Length, c'est longueur de la charge utile plus longueur de l'entête dont options
  - Payload Length, c'est la longueur de la charge utile et de toutes les options

# Gestion du Datagramme - TOS historique (1/2)

- Ce champ n'est pas géré par tous les algorithmes de routage (seulement OSPF et RIP V2).

0	1	2	3	4	5	6	7
Préséance			Type de Service				
			D	T	R	C	

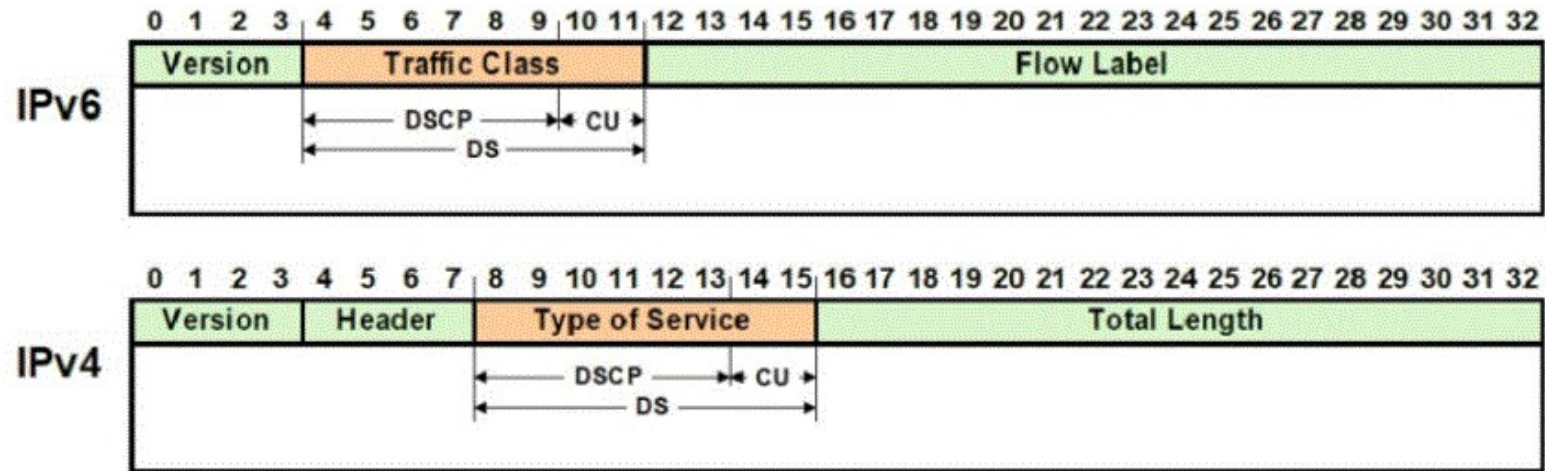
- L'indicateur de préséance influe sur la gestion des files d'attentes des datagrammes vers une liaison de données. Celui qui a la préséance la plus élevée est transmis en premier :
  - 000 : normal
  - 001 : prioritaire
  - 010 : immédiat
  - 011 : urgent
- On les retrouve dans le champ DSCP, avec le sélecteur de classe "Class selector". DSCP est vu plus tard avec la partie "gestion de la QoS en couche 3" du cours.



## Gestion ToS historique (2/2)

- Le champ "Type de service" est lié à la métrique utilisée par le routage :
  - bit **T** : Débit (Throughput) -> demande le plus grand débit
  - bit **R** : Fiabilité (Reliability/Error Rate) -> demande le plus faible taux d'erreur
  - bit **D** : Délais courts (Delay) -> demande le plus court délai (évite les satellites)
  - bit **C** : Coût (Cost) -> demande un coût minimal...  
*disparu*
- La combinaison de bits différents est possible. Ce champ n'est interprété que par certains routeurs qui ont des algorithmes de routage qui le permettent.

# Maintenant c'est le champ DSCP

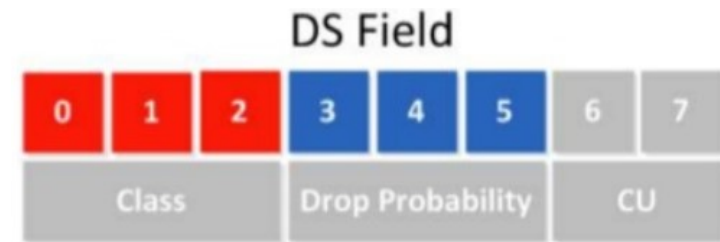


**DS** – Differentiated Service , **DSCP** – Differentiated Service Code Point, **CU** – Currently Unused

Source : O. Zbigniew. (2012). A method for QoS differentiation in DiffServ networks based on the long-term properties of a video stream. Annales UMCS, Informatica. 12. 10.2478/v10065-012-0007-1.



*We only use the first three bits, just like we did with IP precedence.*



# Identification de Flux de données ou de Canal... pour mieux comprendre le mystérieux Flow Label d'IPv6

**Flow Label.** 20 bits.

Used for specifying special router handling from source to destination(s) for a sequence of packets.

La RFC6437 (<https://tools.ietf.org/html/rfc6437>)

"Traditionally, flow classifiers have been based on the 5-tuple of the **source address, destination address, source port, destination port, and the transport protocol type.**"

C'est ce qu'on voit en cours.

"However, some of these fields may be unavailable due to either fragmentation or encryption, or locating them past a chain of IPv6 extension headers may be inefficient. Additionally, if classifiers depend only on IP-layer headers, later introduction of alternative transport-layer protocols will be easier. The usage of the 3-tuple of the **Flow Label, Source Address, and Destination Address fields enables efficient IPv6 flow classification**, where only **IPv6 main header fields in fixed positions are used.** "

Les informations à des positions fixes permettent de gérer l'entête des datagrammes IP à l'aide de circuits électroniques.

# Format des Adresses et des entêtes de messages IP (1)

Dans quel ordre doivent être émis les octets d'un datagramme sur le réseau pour que toutes les machines qu'il traverse puissent comprendre les entêtes du protocole IP  
!!!???

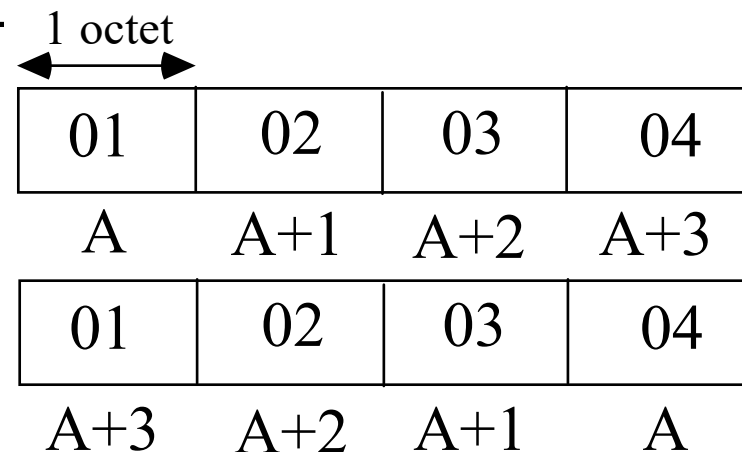
# Format des Adresses et des entêtes de messages IP (2)

Représentations des données  
dans les machines :

**Big Endian vs Little Endian**

**Exemple :** nombre 0x01020304

- **Big Endian** : on numérote les octets de gauche à droite
- **little endian** : on numérote les octets de droite à gauche



# Format des Adresses IP et des entêtes de messages (3)

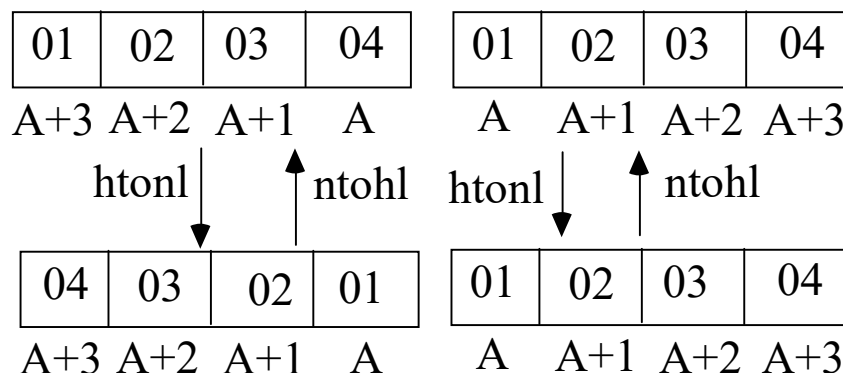
**Solution Internet** pour le format des entêtes: **Big Endian**

**On effectue de la conversion au format réseau :**

Little Endian (Intel)      Big Endian

Dans la mémoire locale  
du processeur

Format réseau dans le  
datagramme, c'est la case  
d'adresse A+3 qui part sur  
le réseau en premier cf  
trace dans la séance 1.



# Représentation de données dans les messages

En couche 3 (et 4) on résout ce problème pour les entêtes de datagrammes (et de datagrammes/segments en transport). C'est indispensable pour que tous les équipements puissent interpréter les entêtes.

Ce problème est résolu pour les données applicatives plus haut dans les couches : par **XDR** avec ONC-RPC, **NDR** avec NCA-OSF/DCE, ou par **ASN1-BER** avec la couche Présentation de l'ISO, voire HTML/XML pour le Web ou JSON...

# Format des Adresses IP et des entêtes de messages (4)

- Primitives de conversion d'entiers du format "**host**" au format "**network**" :
  - **htonl()** long - entier 32 bits,
  - **htons()** court - entier 16 bits
- Primitives de conversion d'entiers du format "**network**" au format "**host**" :
  - **ntohl()**,
  - **ntohs()**



# Fragmentation et Ré-assemblage des datagrammes en IPv4 surtout (1/2)

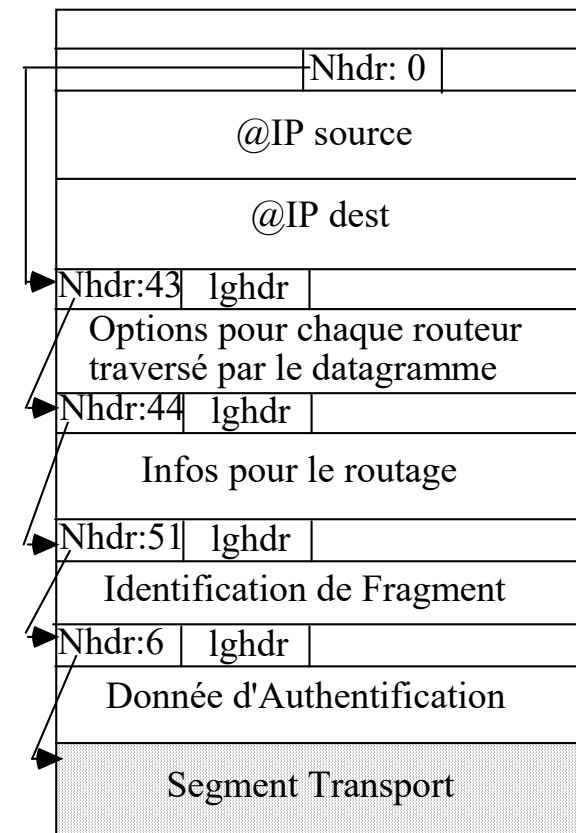
- Il y a fragmentation quand un datagramme (unité de données de la couche IP) veut traverser des liaisons dont la charge utile de la trame est trop petite.
- La taille des données sur la liaison (**MTU**) est variable :
- Un fragment a une taille multiple de 8 octets sauf le dernier.

# Fragmentation et Ré-assemblage des datagrammes (2/2)

- Assemblage seulement à l'arrivée, sur le récepteur D.
- **Attention, la fragmentation est pénalisante d'un point de vue QoS/QoE, elle induit du retard et de la variation de délais (latence et gigue) dans la traversée des routeurs, on préfère aujourd'hui se caler sur le plus petit MTU du chemin de données.**
- Fragmentation à la source en IPV6, sinon la spécification des fragments utilise un entête "Fragment" (44) équivalent à ce que produit IPV4 mais qui induit du temps de traitement.
- **La fragmentation pose un autre problème : elle sépare entête IP et entête Transport** (en particulier perte des numéros de port sur les fragments qui suivent), cette information sert à identifier un flot, l'identification sert lors de la mise en place d'architecture de **réseaux à QoS** (routeurs frontière).

# Utilisation du "Prochain Entête" en IPV6

- Il est conseillé d'organiser les entêtes d'une certaine façon qui traduit l'ordre des traitements faits par un routeur lors de la commutation d'un datagramme
- Le champ Nhdr contient le numéro d'extension d'entête du prochain champ ( 0-options de gestion du TTL, 43-routage...), la dernière extension contient le numéro du protocole transporté dans le champ Nhdr (même fonction que le champ "Protocole de niveau Supérieur du datagramme IPV4).



# Encapsulation IP

Le champ "protocole de niveau supérieur" (8 bits) dans l'entête IPV4 indique à quel protocole est destiné le datagramme, à titre indicatif :

- 1 : ICMP
- 2 : IGMP
- 4 : IP dans IP (encapsulation)
- 6 : TCP (Transmission Control Protocol)
- 8 : EGP (Exterior Gateway [=routeur] Protocol)
- 17 : UDP (User Datagram Protocol)
- 89 : OSPF

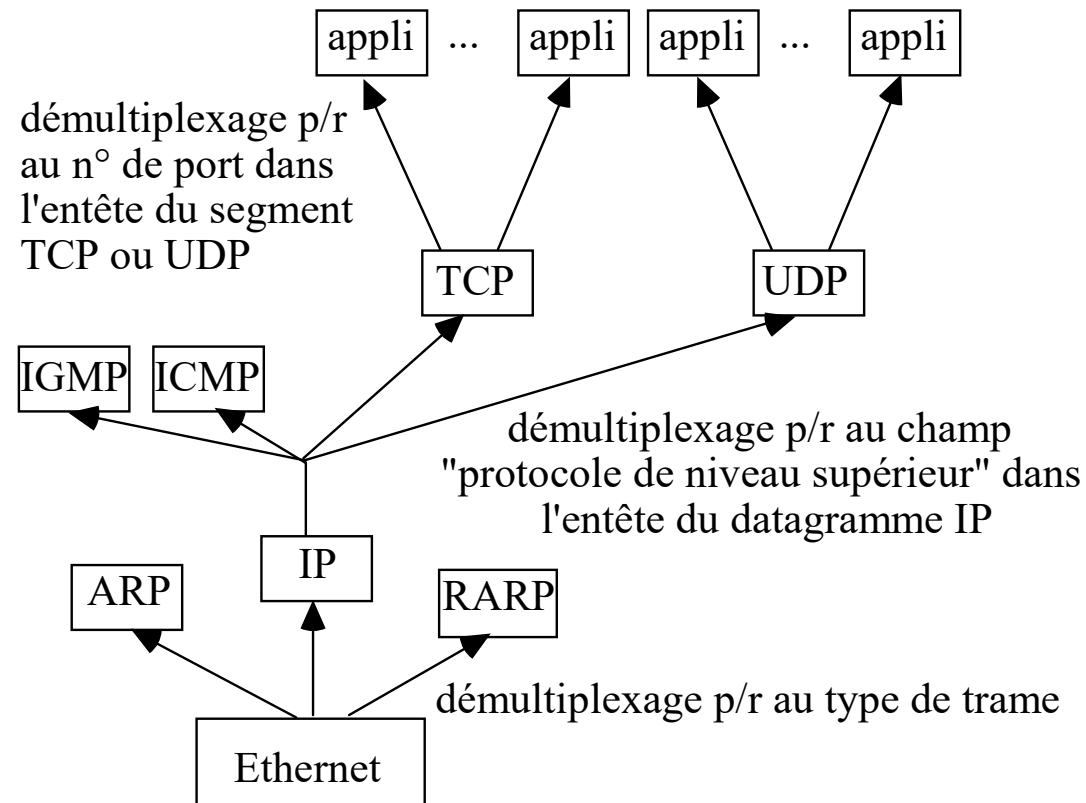
En IPV6, c'est le champ NextHeader qui joue ce rôle :

- 4 : IP dans IP (encapsulation)
- 6 : TCP (Transmission Control Protocol)
- 17 : UDP (User Datagram Protocol)
- 46 : Resource Reservation Protocol
- 58 : ICMP
- 59 : No Next Header
- 43 : Routing Header
- 44 : Fragment Header

La liste est commune aux 2 protocoles cf

<http://www.iana.org/assignments/protocol-numbers/protocol-numbers.xhtml>

# De la trame à l'utilisateur en LAN



# Implantation d' IP V4

- La couche IP n'examine pas le datagramme reçu champ par champ dans un équipement d'interconnexion. Ca ne gênerait pas pour un serveur ou un PC, mais pour un routeur, ça serait inefficace.
- L'implantation est optimisée pour les traitements les plus fréquents, en particulier, pour les datagrammes sans options.
- Certains routeurs peuvent atteindre un taux de commutation de plusieurs Go/s ...
- C'est pour cela que l'utilisation des options tombe en désuétude.
- Pourtant pour faire du routage depuis la source, il faut nécessairement utiliser le champ option...
- IPV6 est affiné pour satisfaire l'objectif de performance! Et pourtant il utilise abondamment les extensions d'entêtes !!!

# Transmission d'un datagramme (1/2)

(voir plus en détail avec la partie liée aux adresses)

**Transmission directe** : l'adresse du destinataire correspond au même sous-réseau que l'émetteur

1. prendre l'adresse de liaison qui correspond au destinataire, et encapsuler le datagramme dans une trame
2. envoyer la trame vers le destinataire
3. réception de la trame par le destinataire
4. extraire le datagramme (assembler ?)

# Transmission d'un datagramme (2/2)

**Transmission via un routeur** : le destinataire est sur un réseau différent

1. prendre l'adresse de liaison qui correspond au routeur suivant, et encapsuler le datagramme dans une trame, le premier routeur est souvent un routeur par défaut, il permet de sortir du réseau de l'émetteur.
2. envoyer la trame vers le routeur
3. réception de la trame par le routeur
4. extraire le datagramme, et le transmettre vers le prochain routeur°:
  - gérer le datagramme (type de service et option)
  - fragmenter

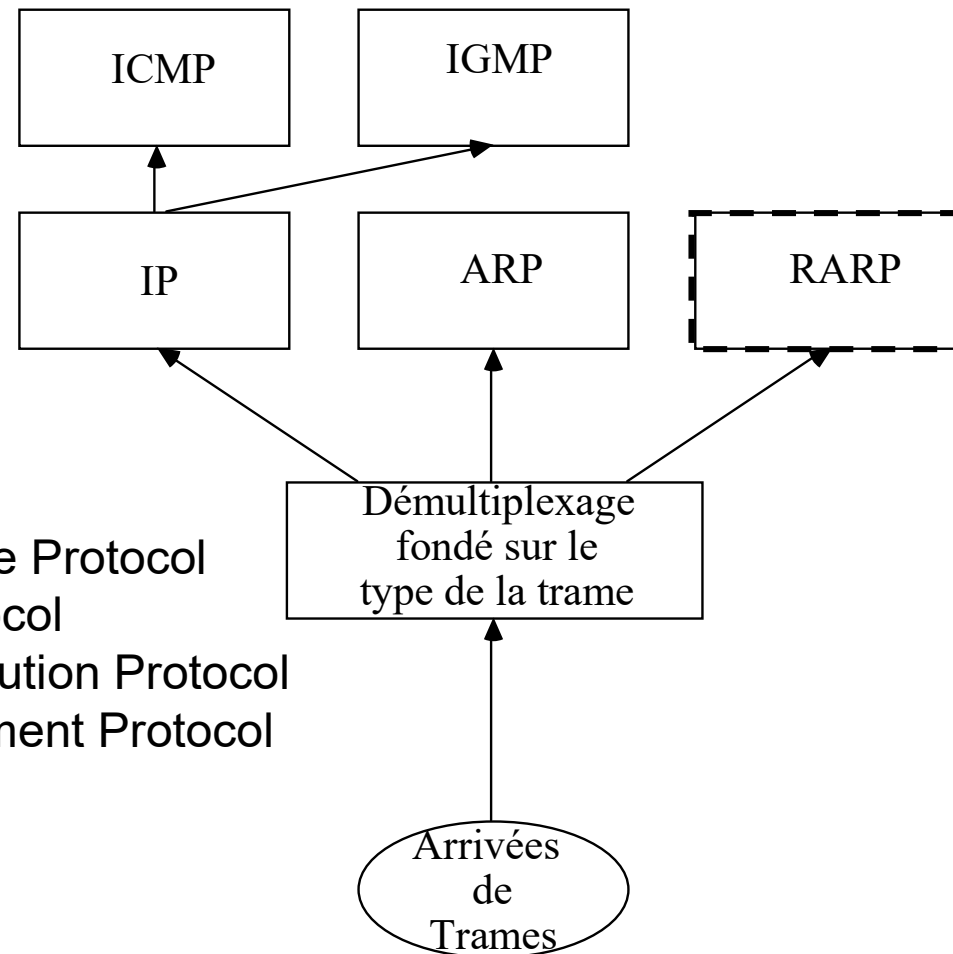
Si une machine (host) reçoit un datagramme qui ne lui est pas destiné, elle le détruit. Seuls les routeurs (router ou gateway) sont autorisés à relayer/commuter des datagrammes vers un autre réseau.



# Problèmes d'acheminement

- Redirections : liées à l'utilisation de "routeur par défaut"
- Trou noir : Routeur "mort", routeur qui capture les datagrammes et qui ne retransmet aucune information
- Cycles dans le routage

# Annexe 1 – Protocoles de l'écosystème IPv4



ICMP : Internet Control Message Protocol  
ARP : Address Resolution Protocol  
RARP : Reverse Address Resolution Protocol  
IGMP : Internet Group Management Protocol  
(Multicast IP)

# ICMP

## L'Internet Control Message Protocol: ICMP

- Echange de Messages de Service entre stations qui utilisent l'Internet Protocol :
  - Utilise l'Internet Protocol comme le niveau Transport le fait,
  - Inclut dans le niveau Réseau.

=> Permet de Tester si une station fonctionne correctement :

### **ECHO\_REQUEST**

la station appelée répond :

### **ECHO\_REPLY**

- Commande : **ping** “adresse IP” ou “nom de machine”
  - Réponse : **"nom de station" is alive** si tout va bien
  - **Très utile pour tester si la couche IP d'une station est active et détecter qu'ainsi la station cible est surchargée.**
- Les autres fonctions d'ICMP sont attachées :
  - au rôle de routeur,
  - aux informations de routage de l'Internet Protocol,
  - et aux comptes rendus d'erreur à la source d'un paquet lors de sa transmission.

# Fonctionnement de la commande traceroute avec ICMP

- Pour afficher ces résultats, la commande traceroute s'exécute de la façon suivante :
  - Elle lance des paquets d'essais UDP avec une durée de vie très courte (time-to-live comptabilisé en nombre de noeuds pouvant être traversés).
  - Un noeud pour lequel la durée de vie du paquet passe à 0 génère un message de service ICMP "time exceeded". C'est par ce moyen qu'un noeud intermédiaire est découvert.
- Pour découvrir le noeud intermédiaire suivant il suffit d'augmenter la durée de vie. Au début la durée de vie a pour valeur 1, elle est incrémentée de 1 après chaque intermédiaire ayant répondu. Le processus s'arrête quand on obtient le message ICMP "port unreachable" qui veut dire qu'on a atteint le destinataire.
- **Remarque :** Le numéro de port véhiculé par le message ne correspond pas à une application destinatrice existante pour ne pas perturber le site destinataire. Ce qui explique le message "port unreachable".
- Consulter la page man sur une machine Unix.

# IGMP

- IGMP est intimement lié au Multicast IP qui est tout un écosystème en soi :
  - Adresses Multicast, une adresse Multicast peut éventuellement forgée à partir d'une adresse MAC sur un réseau local
  - Multicast dans IPv6
  - Routages Multicast IP
  - Usages pour les applications multimédia, sinon pour des services de l'internet comme atteindre une catégorie de routeurs
- C'est complexe, mais UTC505 ne porte pas sur le Multicast qui est plutôt abordé en RSX101.

# Résolution d'adresse en LAN - ARP

## Address Résolution Protocol : ARP

- Savoir traduire des Adresses :
- **Adresses IP**  $\Leftrightarrow$  **Adresses de Liaison** (ex : Ethernet)
- $\Rightarrow$  2 techniques :
  - **Statique** : quand on peut modifier les adresses physiques sur les stations raccordées.
  - **Dynamique** : quand le réseau est souvent reconfiguré (Arrêt/Marche de type Réseau de Stations de Travail).

$\Rightarrow$  **arp -a**

# Fonctionnement de ARP (couche 2,5)

**A (@IA, PA)** doit dialoguer avec **B (@IB, PB)**, A doit connaître l'adresse physique PB (Résolution de l'adresse Internet @ IB) :

- => Broadcast un paquet spécial contenant (@IB, ?)
- => B répond seul en envoyant PB.

**Mécanisme de Cache** : Il existe une table sur la machine A qui conserve les traductions d'adresses.

## **Améliorations :**

- B mémorise l'adresse physique de A,
- Tous les hôtes mémorisent l'adresse physique de A (à cause du broadcast),
- Dès la mise en marche une station "broadcast" son adresse IP

## Exemple du fonctionnement du cache arp sur une station de travail de type Unix :

Résultat de la commande **arp -a** :

- argos (192.200.000.55) at 8:0:55:6:6e:6a
- paris (192.200.000.56) at 8:0:59:6:bf:0a
- andromaque (192.200.000.50) at 8:0:a5:6:6e:c0

on execute la commande "**ping penelope**", station du réseau qui ne figure pas dans le cache arp, on obtient alors :

- argos (192.200.000.55) at 8:0:55:6:6e:6a
- paris (192.200.000.56) at 8:0:59:6:bf:0a
- penelope (192.200.000.25) at 8:0:25:4:00:ab



# Format requête ARP

Entête de Trame	Message ARP considéré comme des Données
-----------------	---

Format des messages ARP/RARP utilisés pour la résolution des Adresses Internet-vers-Ethernet :

0	8	16	31
Type de l'interface Physique pour laquelle l'adresse Liaison est recherchée (ex: 1 pour Ethernet)		Protocole considéré	
Longueur d'une Adresse pour l'interface	Longueur d'une Adresse pour le Protocole	Requête ARP/RARP, ou Réponse ARP/RARP	
Adresse Hardware de l'Emetteur (octets 0-3)			
Adresse Hardware de l'Emetteur (octets 4-5)		Adresse Internet de l'Emetteur (octets 0-1)	
Adresse Internet de l'Emetteur (octets 2-3)		Adresse Hardware de la Cible (octets 0-1)	
Adresse Hardware de la Cible (octets 2-5)			
Adresse Internet de la Cible (octets 0-3)			

# DHCP

- DHCP = Dynamic Host Configuration Protocol
- C'est une extension de feu BOOTP, qu'il a largement remplacé ainsi que feu RARP.
- DHCP est décrit dans les RFC 2131, et 2132.
- Les adresses peuvent être affectées à la main où dynamiquement. Mais il est surtout utilisé pour l'affectation dynamique.
- Quand le serveur DHCP n'est pas accessible directement par un broadcast, on peut utiliser un agent DHCP relais.
- C'est un mixte entre couche 2, couche 3 et Couche 7



# Merci pour votre attention !!!

03/10/2021

E. Gressier-Soudan

35



# Annexe 2 – formats PDUs IP et all

- À toutes fins utiles -

## UDP Header

Bit Number	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1	1 1
Source Port	Destination Port
Length	Checksum

UDP Header information	
Common UDP Well-Known Server Ports	
7 echo	139 netbios-dgm
19 chargen	161 snmp
37 time	162 snmp-trap
53 domain	500 isakmp
67 bootps (DHCP)	534 syslog
68 bootpc (DHCP)	520 rip
69 tftp	33434 traceroute
137 netbios-ns	
Length (Number of bytes in entire datagram including header; minimum value = 8)	
Checksum (Covers pseudo-header and entire UDP datagram)	

## ARP

Bit Number	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1	1 1
Hardware Address Type	Protocol Address Type
Hw Addr Len	Prot. Addr Len
Operation	
Source Hardware Address	
Source Hardware Addr (cont.)	Source Protocol Address
Source Protocol Addr (cont.)	Target Hardware Address
Target Hardware Address (cont.)	
Target Protocol Address	

ARP Parameters (For Ethernet and IPv4)	
Hardware Address Type	
1 Ethernet	
6 IEEE 802 LAN	
Protocol Address Type	
2048 IPv4 (0x0800)	
Hardware Address Length	
6 for Ethernet/IEEE 802	
Protocol Address Length	
4 for IPv4	
Operation	
1 Request	
2 Reply	

## DNS

Bit Number	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
ID	
QR	Opcode
AA	TC
RD	RA
Z	RCODE
QDCOUNT	
ANCOUNT	
NSCOUNT	
ARCOUNT	
Question Section	
Answer Section	
Authority Section	
Additional Information Section	

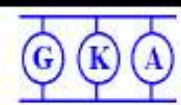
DNS Parameters	
Query/Response	
0 Query	
1 Response	
Opcode	
0 Standard query (QUERY)	
1 Inverse query (IQUERY)	
2 Server status request (STATUS)	
AA (1 = Authoritative Answer)	
TC (1 = Truncation)	
RD (1 = Recursion Desired)	
RA (1 = Recursion Available)	
Z (Reserved; set to 0)	
Response code	
0 No error	
1 Format error	
2 Server failure	
3 Non-existent domain (NXDOMAIN)	
4 Query type not implemented	
5 Query refused	
QDCOUNT (No. of entries in Question section)	
ANCOUNT (No. of resource records in Answer section)	
NSCOUNT (No. of name server resource records in Authority section)	
ARCOUNT (No. of resource records in Additional Information section)	

All TCP/IP parameters can be found at <http://www.iana.org/numbers.htm>.

## Acronyms

AH	Authentication Header (RFC 2402)
ARP	Address Resolution Protocol (RFC 826)
BGP	Border Gateway Protocol (RFC 1771)
CWR	Congestion Window Reduced (RFC 2481)
DF	Don't Fragment bit (IP)
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol (RFC 2131)
DNS	Domain Name System (RFC 1035)
ECN	Explicit Congestion Notification (RFC 3168)
EIGRP	Extended IGRP (Cisco)
ESP	Encapsulating Security Payload (RFC 2406)
FTP	File Transfer Protocol (RFC 959)
GRE	Generic Routing Encapsulation (RFC 2784)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol (RFC 1945)
ICMP	Internet Control Message Protocol (RFC 792)
IGMP	Internet Group Management Protocol (RFC 2236)
IGRP	Interior Gateway Routing Protocol (Cisco)
IMAP	Internet Message Access Protocol (RFC 2060)
IP	Internet Protocol (RFC 791)
ISAKMP	Internet Security Association & Key Management Protocol (RFC 2408)
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol (RFC 2661)
NNTP	Network News Transfer Protocol (RFC 977)
OSPF	Open Shortest Path First (RFC 1583)
POP3	Post Office Protocol v3 (RFC 1460)
RFC	Request for Comments
RIP	Routing Information Protocol (RFC 2453)
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol (RFC 2251)
SKIP	Simple Key management for Internet Protocols
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol (RFC 821)
SNMP	Simple Network Management Protocol (RFC 1157)
SSH	Secure Shell
SSL	Secure Sockets Layer (Netscape)
TCP	Transmission Control Protocol (RFC 793)
TFTP	Trivial File Transfer Protocol (RFC 1350)
TOS	Type of Service field (IP)
UDP	User Datagram Protocol (RFC 768)

All RFCs can be found at <http://www.rfc-editor.org>.



Gary Kessler Associates  
+1 802-238-8913  
gck@garykessler.net  
<http://www.garykessler.net>

## TCP/IP and tcpdump Pocket Reference Guide

### tcpdump Usage

```
tcpdump [-aenStvw] [-F file]
[-i int] [-r file] [-s snaplen]
[-w file] ['filter_expression']

-e Display data link header.
-F Filter expression in file.
-i Listen on int interface.
-n Don't resolve IP addresses.
-r Read packets from file.
-s Get snaplen bytes from each packet.
-S Use absolute TCP sequence numbers.
-t Don't print timestamp.
-v Verbose mode.
-w Write packets to file.
-x Display in hex.
-X Display in hex and ASCII.
```



## ICMP

Bit Number		
111111111111222222222233		
01234567890123456789012345678901		
Type	Code	Checksum
Other message-specific information...		

Type Name/Codes (Code=0 unless otherwise specified)
0 Echo Reply
3 Destination Unreachable
0 Not Unreachable
1 Host Unreachable
2 Protocol Unreachable
3 Port Unreachable
4 Fragmentation Needed & DF Set
5 Source Route Failed
6 Destination Network Unknown
7 Destination Host Unknown
8 Source Host Isolated
9 Network Administratively Prohibited
10 Host Administratively Prohibited
11 Network Unreachable for TOS
12 Host Unreachable for TOS
13 Communication Administratively Prohibited
4 Source Quench
5 Redirect
0 Redirect Datagram for the Network
1 Redirect Datagram for the Host
2 Redirect Datagram for the TOS & Network
3 Redirect Datagram for the TOS & Host
8 Echo
9 Router Advertisement
10 Router Selection
11 Time Exceeded
0 Time to Live exceeded in Transit
1 Fragment Reassembly Time Exceeded
12 Parameter Problem
0 Pointer indicates the error
1 Missing a Required Option
2 Bad Length
13 Timestamp
14 Timestamp Reply
15 Information Request
16 Information Reply
17 Address Mask Request
18 Address Mask Reply
30 Traceroute

## PING (Echo/Echo Reply)

Bit Number		
111111111111222222222233		
01234567890123456789012345678901		
Type (8 or 0)	Code (0)	Checksum
Identifier		Sequence Number
Data...		

## IP Header

Bit Number			
111111111111222222222233			
01234567890123456789012345678901			
Version	IHL	Type of Service	Total Length
Identification		Flags	Fragment Offset
Time to Live		Protocol	Header Checksum
Source Address			
Destination Address			
Options (optional)			

### IP Header Contents

Version  
4 IP version 4

Internet Header Length  
Number of 32-bit words in IP header; minimum value = 5 (20 bytes) & maximum value = 15 (60 bytes)

Type of Service (PreDTCs) --> Differentiated Services  
Precedence (000-111) 000  
D (1 = minimize delay) 0  
T (1 = maximize throughput) 0  
R (1 = maximize reliability) 0  
C (1 = minimize cost) 1 = ECN capable  
X (reserved and set to 0) 1 = congestion experienced

Total Length  
Number of bytes in packet; maximum length = 65,535

Flags (xEM)  
X (reserved and set to 0)  
D (1 = Don't Fragment)  
M (1 = More Fragments)

Fragment Offset  
Position of this fragment in the original datagram, in units of 8 bytes

Protocol  
1 ICMP 17 UDP 57 SKIP  
2 IGMP 47 GRE 88 EIGRP  
6 TCP 50 ESP 89 OSPF  
9 IGRP 51 AH 115 L2TP

Header Checksum  
Covers IP header only

Addressing  
NET ID  
0-127 Class A 10.0.0.0-10.255.255.255  
128-191 Class B 172.16.0.0-172.31.255.255  
192-223 Class C 192.168.0.0-192.168.255.255  
224-239 Class D (multicast)  
240-255 Class E (experimental)

HOST ID  
0 Network value; broadcast (old)  
255 Broadcast

Options (0-40 bytes; padded to 4-byte boundary)  
0 End of Options list 68 Timestamp  
1 No operation (pad) 131 Loose source route  
7 Record route 137 Strict source route

## TCP Header

Bit Number																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	34	34	34	34	34	34	34	34	35	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38	38	38	38	38	38	39	39	39	39	39	39	39	39	40	40	40	40	40	40	40	40	41	41	41	41	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43	43	44	44	44	44	44	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	46	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	47	47	47	47	47	48	48	48	48	48	48	48	48	49	49	49	49	49	49	49	49	50	50	50	50	50	50	50	50	51	51	51	51	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52	52	52	53	53	53	53	53	53	53	53	54	54	54	54	54	54	54	54	55	55	55	55	55	55	55	55	56	56	56	56	56	56	56	56	57	57	57	57	57	57	57	57	58	58	58	58	58	58	58	58	59	59	59	59	59	59	59	59	60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	61	61	61	61	61	62	62	62	62	62	62	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	64	64	64	64	64	64	64	64	65	65	65	65	65	65	65	65	66	66	66	66	66	66	66	66	67	67	67	67	67	67	67	67	68	68	68	68	68	68	68	68	69	69	69	69	69	69	69	69	70	70	70	70	70	70	70	70	71	71	71	71	71	71	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72	73	73	73	73	73	73	73	73	74	74	74	74	74	74	74	74	75	75	75	75	75	75	75	75	76	76	76	76	76	76	76	76	77	77	77	77	77	77	77	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	81	81	81	81	81	81	81	81	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83	83	83	84	84	84	84	84	84	84	84	85	85	85	85	85	85	85	85	86	86	86	86	86	86	86	86	87	87	87	87	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	88	88	89	89	89	89	89	89	89	89	90	90	90	90	90	90	90	90	91	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	93	93	93	93	93	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	101	101	101	101	101	101	101	101	102	102	102	102	102	102	102	102	103	103	103	103	103	103	103	103	104	104	104	104	104	104	104	104	105	105	105	105	105	105	105	105	106	106	106	106	106	106	106	106	107	107	107	107	107	107	107	107	108	108	108	108	108	108	108	108	109	109	109	109	109	109	109	109	110	110	110	110	110	110	110	110	111	111	111	111	111	111	111	111	112	112	112	112	112	112	112	112	113	113	113	113	113	113	113	113	114	114	114	114	114	114	114	114	115	115	115	115	115	115	115	115	116	116	116	116	116	116	116	116	117	117	117	117	117	117	117	117	118	118	118	118	118	118	118	118	119	119	119	119	119	119	119	119	120	120	120	120	120	120	120	120	121	121	121	121	121	121	121	121	122	122	122	122	122	122	122	122	123	123	123	123	123	123	123	123	124	124	124	124	124	124	124	124	125	125	125	125	125	125	125	125	126	126	126	126	126	126	126	126	127	127	127	127	127	127	127	127	128	128	128	128	128	128	128	128	129	129	129	129	129	129	129	129	130	130	130	130	130	130	130	130	131	131	131	131	131	131	131	131	132	132	132	132	132	132	132	132	133	133	133	133	133	133	133	133	134	134	134	134	134	134	134	134	135	135	135	135	135	135	135	135	136	136	136	136	136	136	136	136	137	137	137	137	137	137	137	137	138	138	138	138	138	138	138	138	139	139	139	139	139	139	139	139	140	140	140	140	140	140	140	140	141	141	141	141	141	141	141	141	142	142	142	142	142	142	142	142	143	143	143	143	143	143	143	143	144	144	144	144	144	144	144	144	145	145	145	145	145	145	145	145	146	146	146	146	146	146	146	146	147	147	147	147	147	147	147	147	148	148	148	148	148	148	148	148	149	149	149	149	149	149	149	149	150	150	150	150	150	150	150	150	151	151	151	151	151	151	151	151	152	152	152	152	152	152	152	152	153	153	153	153	153	153	153	153	154	154	154	154	154	154	154	154	155	155	155	155	155	155	155	155	156	156	156	156	156	156	156	156	157	157	157	157	157	157	157	157	158	158	158	158	158	158	158	158	159	159	159	159	159	159	159	159	160	160	160	160	160	160	160	160	161	161	161	161	161	161	161	161	162	162	162	162	162	162	162	162	163	163	163	163	163	163	163	163	164	164	164	164	164	164	164	164	165	165	165	165	165	165	165	165	166	166	166	166	166	166	166	166	167	167	167	167	167	167	167	167	168	168	168	168	168	168	168	168	169	169	169	169	169	169	169	169	170	170	170	170	170	170	170	170	171	171	171	171	171	171	171	171	172	172	172	172	172	172	172	172	173	173	173	173	173	173	173	173	174	174	174	174	174	174	174	174	175	175	175	175	175	175	175	175	176	176	176	176	176	176	176	176	177	177	177	177	177	177	177	177	178	178	178	178	178	178	178	178	179	179	179	179	179	179	179	179	180	180	180	180	180	180	180	180	181	181	181	181	181	181	181	181	182	182	182	182	182	182	182	182	183	183	183	183	183	183	183	183	184	184	184	184	184	184	184	184	185	185	185	185	185	185	185	185	186	186	186	186	186	186	186	186	187	187	187	187	187	187	187	187	188	188	188	188	188	188	188	188	189	189	189	189	189	189	189	189	190	190	190	190	190	190	190	190	191	191	191	191	191	191	191	191	192	192	192	192	192	192	192	192	193	193	193	193	193	193	193	193	194	194	194	194	194	194	194	194	195	195	195	195	195	195	195	195	196	196	196	196	196	196	196	196	197	197	197	197	197	197	197	197	198	198	198	198	198	198	198	198	199	199	199	199	199	199	199	199	200	200	200	200	200	200	200	200	201	201	201	201	201	201	201	201	202	202	202	202	202	202	202	202	203	203	203	203	203	203	203	203	204	204	204	204	204	204	204	204	205	205	205	205	205	205	205	205	206	206	206	206	206	206	206	206	207	207	207	

### TCP Header Contents

Common TCP Well-Known Server Ports  
7 echo 110 pop3  
19 chargen 111 sunrpc  
20 ftp-data 119 nntp  
21 ftp-control 139 netbios-ssn  
22 ssh 143 imap  
23 telnet 179 bcp  
25 smtp 389 ldap  
53 domain 443 https (ssl)  
79 finger 445 microsoft-ds  
80 http 1080 socks

Offset  
Number of 32-bit words in TCP header; minimum value = 5

Reserved  
4 bits; set to 0

ECN bits (used when ECN employed; else 00)  
CWR (1 = sender has cut congestion window in half)  
ECN-Echo (1 = receiver cuts congestion window in half)

Flags (UAPRST)  
U (1 = Urgent pointer valid)  
A (1 = Acknowledgement field value valid)  
P (1 = Push data)  
R (1 = Reset connection)  
S (1 = Synchronize sequence numbers)  
F (1 = no more data; Finish connection)

Checksum  
Covers pseudoheader and entire TCP segment

Urgent Pointer  
Points to the sequence number of the byte following urgent data.

Options  
0 End of Options list 3 Window scale  
1 No operation (pad) 4 Selective ACK ok  
2 Maximum segment size 8 Timestamp

03/10/2021

E. Gressier-Soudan

38

