

M2102 – Réseaux Examen Final

2021-06-10

Tout document est interdit. Les calculatrices et les téléphones portables, même à titre d'horloge, sont également interdits.

Indiquez votre
Nom :
Prénom :
Groupe :

Remarque importante

Lisez bien les énoncés ! Les exercices peuvent être traités indépendamment les uns des autres. Les calculs demandés dans les exercices restent suffisamment simples pour ne pas avoir besoin de calculatrice. Si vous ne voyez pas tout de suite comment répondre à une question, passez à une autre.

1 Exercice 1

1.1 Transmission sur un réseau Ethernet (2pt)

On considère un réseau Ethernet 100BASE-T reliant un ensemble de stations à travers un commutateur, comme sur la Figure Figure 1.

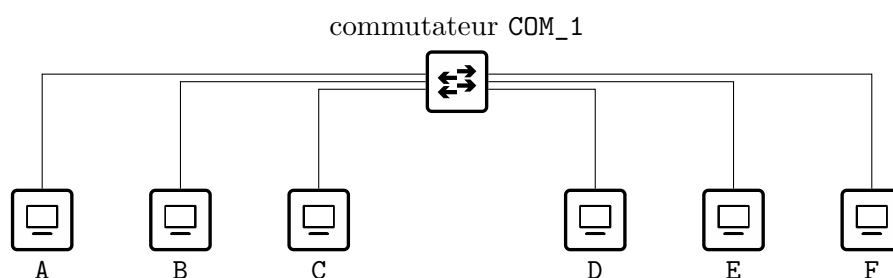


FIGURE 1 – Topologie Ethernet.

Les stations ont les adresses MAC suivantes :

Question 1.1.1 (1pt). Donnez le temps de propagation T_p d'une trame Ethernet de la machine A à la machine F sachant qu'il y a 600 mètres de câble entre les stations et que l'on considère le commutateur comme instantané. On considère que la vitesse de propagation V_p d'un signal électrique dans un câble est de 200 000 km/s. Donnez cette valeur T_p en microsecondes (μs).

Station	Adresse MAC	Adresse Mac abrégées
A	00:18:8b:d5:8d:22	a:22
B	00:16:76:d1:6f:11	b:11
C	00:0e:0c:64:6b:66	c:66
D	00:0e:0c:60:1b:99	d:99
E	01:02:03:ab:ee:55	e:55
F	00:16:01:66:bb:77	f:77
G	00:18:8b:44:66:33	g:33
H	00:0e:0c:58:9c:44	h:44

TABLE 1 – Adresses MAC des stations de la figure 1.

Correction

$$T_p = \frac{L}{V_p} = \frac{600 \text{ m}}{200\,000 \text{ km/s}} = 3 \mu\text{s}$$

Question 1.1.2 (1pt). À partir du format standard de la trame Ethernet (donnée en dernière page du sujet), calculez le temps d'émission T_e de l'envoi de données de taille 1474 octets (champ information de la trame Ethernet) émise par une station de ce réseau.

Correction

Il faut compter tous les bits qui sont transmis sur le médium (ici un câble), aussi on inclut l'entête dans le décompte (couche physique (1)). On note MTU (*maximum transmission unit*) la quantité maximale de données que contient une trame.

$$N^{\max} = \overbrace{N_{\text{entête}}^{8\text{o}}} + \overbrace{2 \cdot N_{\text{MAC}}^{12\text{o}}} + \overbrace{N_{\text{type}}^{2\text{o}}} + \overbrace{\text{data}^{1474\text{o}}} + \overbrace{N_{\text{FCS}}^{4\text{o}}} = 1500 \text{ o} = 12\,000 \text{ bit}$$

$$T_e^{\max} = \frac{N^{\max}}{D_e^{\max}} = \frac{12\,000 \text{ bit}}{0.1 \text{ Gbit/s}} = 120 \mu\text{s}$$

1.2 Mise à jour d'une table de commutation (4pt)

On s'intéresse maintenant à la table de commutation du commutateur COM_1. Ce commutateur possède 6 ports.

Les hypothèses et le scénario observés sont les suivants :

- Initialement, la table de commutation du commutateur est vide ;
- Sept trames arrivent dans l'ordre indiqué dans le Tableau 2. Pour chaque trame, sont indiqués le port d'entrée dans le commutateur ainsi que les adresses Ethernet destination et source. Les correspondances entre les stations et les adresses MAC sont données Tableau 1.

ordre	port d'entrée	adresse destination	adresse source
1	P1	ff:ff:ff:ff:ff:ff	a:22
2	P3	a:22	b:11
3	P2	ff:ff:ff:ff:ff:ff	c:66
4	P2	b:11	c:66
5	P3	d:99	e:55
6	P4	ff:ff:ff:ff:ff:ff	f:77
7	P3	a:22	d:99

TABLE 2 – Sept trames Ethernet envoyées sur le réseau.

Question 1.2.1 (2pt). Donnez la table de commutation de COM_1 à l'issue de la réception et du traitement de ces sept trames en respectant le format ci-dessous :

Table de commutation de COM_1	
adresse Ethernet destination	Port de sortie

Correction

L'observation des trames permet d'identifier six adresses sources : la table de commutation contient six entrées.

adresse Ethernet destination	port de sortie associé
a:22	P1
b:11	P3
c:66	P2
e:55	P3
f:77	P4
d:99	P3

On branche ensuite deux stations H et G à un commutateur COM_2. Ce commutateur COM_2 est ensuite relié au commutateur COM_1 via le port P5.

Par la suite, quatre autres trames arrivent dans l'ordre indiqué dans le Tableau 3.

ordre	port d'entrée (COM2)	adresse destination	adresse source
1	P5	ff:ff:ff:ff:ff:ff	h:44
2	P4	h:44	b:11
3	P2	b:11	g:33
4	P4	ff:ff:ff:ff:ff:ff	e:55

TABLE 3 – Les quatre trames Ethernet suivantes envoyées sur le réseau.

Question 1.2.2 (2pt). Donnez la table de commutation de COM_1 et COM_2 à l'issue de la réception et du traitement de ces quatre trames.

Correction

COM_1	
adresse Ethernet destination	port de sortie associé
a:22	P1
b:11	P3
c:66	P2
e:55	P3
f:77	P4
d:99	P3
h:44	P5
g:33	P5

COM_2	
-------	--

adresse Ethernet destination	port de sortie associé
h:44	P5
b:11	P4
g:33	P2
e:55	P4

2 Exercice 2

Soit le réseau de la Figure 2.

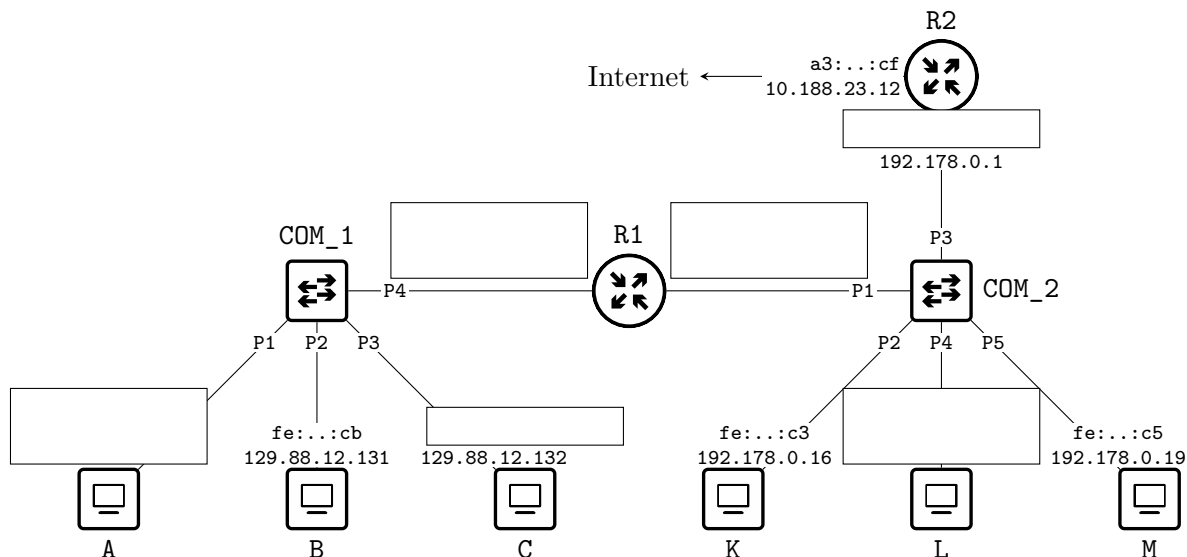


FIGURE 2 – Topologie inter réseau.

2.1 Analyse de la connexion du routeur R1 (5pt)

```
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
    inet6 ::1/128 scope host
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast
    link/ether 00:50:56:bb:3a:f8 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 129.88.12.155/25 brd 129.88.12.255 scope global
    inet6 fe80::250:56ff:febb:3af8/64 scope link noprefixroute
3: eth1: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue
    link/ether dc:41:a9:7c:50:88 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.178.0.18/24 brd 192.178.0.255 scope global dynamic
    inet6 fe80::1499:bf9e:72b4:287/64 scope link
```

FIGURE 3 – Résultat de la commande `ip addr` sur le routeur R1.

Question 2.1.1 (2pt). À partir du résultat de la commande `ip addr` effectuée sur le routeur R1 donné Figure 3, donnez l'adresse IPV4, le masque, l'adresse de diffusion et l'adresse réseau en notation CIDR du réseau IP auquel sont connectées les interfaces `eth0` et `eth1`.

eth0		eth1

|
|
|

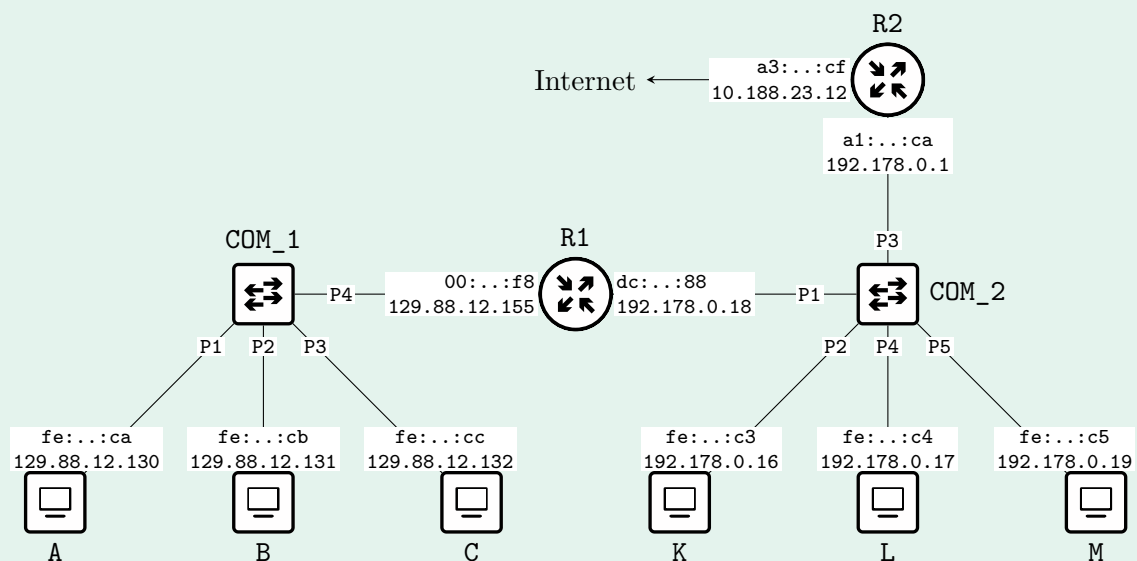
Correction

Il faut compter tous les bits qui sont transmis sur le médium (ici un câble), on inclut également l'entête dans le décompte (couche physique (1)). On note MTU (*maximum transmission unit*) la quantité maximale de données que contient une trame.

eth0		eth1
129.88.12.155		192.178.0.18
255.255.255.128		255.255.255.0
129.88.12.255		192.178.0.255
129.88.12.128/25		192.178.0.0/24

Question 2.1.2 (1pt). Notez de manière lisible sur la Figure 2 l'adresse MAC et IP de chaque carte réseau du routeur R1 .

Correction



Question 2.1.3 (1pt). Sur la Figure 3, pourquoi trouve-t-on mtu 1500 sur la ligne eth0 et mtu 65536 sur la ligne lo ?

Correction

Parce que eth0 est contraint par les trames Ethernet (1500 octets max) alors que lo n'est contraint que par les paquets IP.

Question 2.1.4 (1pt). À l'aide du résultat de la commande `ip neigh` effectuée sur le routeur R1, notez les adresses IP et MAC manquantes sur la Figure 2

```
129.88.12.132 dev eth0 lladdr fe:::cc REACHABLE
129.88.12.130 dev eth0 lladdr fe:::ca STALE
192.178.0.1 dev eth1 lladdr a1:::ca STALE
192.178.0.17 dev eth1 lladdr fe:::c4 REACHABLE
```

2.2 Routage IP (5pt)

Question 2.2.1 (2pt). Donnez la table de routage (destination, passerelle, masque réseau et interface) de R1, K et B.

Correction

	destination	passerelle	genmask	interface
R1	129.88.12.128	0.0.0.0	255.255.225.128	eth0
	192.178.0.0	0.0.0.0	255.255.225.0	eth1
	0.0.0.0	192.178.0.1	0.0.0.0	eth1
	destination	passerelle	genmask	interface
K	192.178.0.0	0.0.0.0	255.255.225.0	eth0
	0.0.0.0	192.178.0.1	0.0.0.0	eth0
	129.88.12.128	192.178.0.18	255.255.225.128	eth0
	destination	passerelle	genmask	interface
B	129.88.12.128	0.0.0.0	255.255.225.128	eth0
	0.0.0.0	129.88.12.155	0.0.0.0	eth0

Question 2.2.2 (2pt). Indiquez, pour l'acheminement d'un paquet d'une station source à une station destination, le nombre de trames Ethernet nécessaires, et pour chaque trame, les adresses MAC source et destination. Noter les adresses MAC en abrégé.

On indiquera les réponses dans un tableau de la forme suivante :

trame n°	@MAC source	@MAC destination	@IP source	@IP destination
1 X → Y				
2 Y → Z				
...				

Sur votre copie, dessinez et complétez ce tableau pour les trois cas suivants :

1. Envoi d'un paquet de K vers M
2. Envoi d'un paquet de K vers B
3. Envoi d'un paquet de B vers 10.188.23.50

Correction

trame n°	@MAC source	@MAC destination	@IP source	@IP destination
1 K → M	@MAC-K/eth0	@MAC-M/eth0	192.178.0.16	192.178.0.19
2 K → B	@MAC-K/eth0	@MAC-R1/eth1	192.178.0.16	192.88.12.131
3 K → B	@MAC-R1/eth0	@MAC-B/eth0	192.178.0.16	192.88.12.131
4 B → 10.188.23.50	@MAC-B/eth0	@MAC-R1/eth0	192.88.12.131	10.188.23.50
5 B → 10.188.23.50	@MAC-R1/eth1	@MAC-R2/eth0	192.88.12.131	10.188.23.50
6 B → 10.188.23.50	@MAC-R2/eth1	@MAC-dest/eth0	192.88.12.131	10.188.23.50

Question 2.2.3 (1pt). Par quel type d'équipement unique pourrait-on remplacer COM_1, COM_2, R1 et R2 ?

Correction

Commutateur-routeur

3 Exercice 3 (6pt)

Question 3.0.1 (3pt). Soit la trace Wireshark d'un échange DHCP donnée Figure 4.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
153	9.061832	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover - Transaction ID 0x1cfe382f
155	9.072024	192.168.43.1	255.255.255.255	DHCP	351	DHCP Offer - Transaction ID 0x1cfe382f
156	9.072475	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	353	DHCP Request - Transaction ID 0x1cfe382f
157	9.095737	192.168.43.1	255.255.255.255	DHCP	363	DHCP ACK - Transaction ID 0x1cfe382f

Ethernet II, Src: Universa_51:78:ce (fc:4d:d4:51:78:ce), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
Internet Protocol Version 4, Src: 0.0.0.0, Dst: 255.255.255.255
User Datagram Protocol, Src Port: 68 (68), Dst Port: 67 (67)
Bootstrap Protocol (Request)
Message type: Boot Request (1)
Hardware type: Ethernet (0x01)
Hardware address length: 6
Hops: 0
Transaction ID: 0x1cfe382f
Seconds elapsed: 0
Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
Client IP address: 0.0.0.0
Your (client) IP address: 0.0.0.0
Next server IP address: 0.0.0.0
Relay agent IP address: 0.0.0.0
Client MAC address: universa_51:78:ce (fc:4d:d4:51:78:ce)
Client hardware address padding: 00000000000000000000
Server host name not given
Boot file name not given
Magic cookie: DHCP
Option: (53) DHCP Message Type: Request
Option: (61) Client identifier
Option: (50) Requested IP Address
Length: 4
Requested IP Address: 192.168.43.182
Option: (54) DHCP Server Identifier

FIGURE 4 – Trace Wireshark d'un échange DHCP. La partie basse détaille le message 156 (DHCP Request). Ici, *Bootstrap Protocol* est le terme utilisé par Wireshark pour désigner le protocole DHCP.

1. Représentez la pile des protocoles utilisés par le message 156 (DHCP Request).
2. Quelle est l'adresse IP du serveur DHCP ? Quelle autre information est utilisée par la couche transport pour identifier le service DHCP ?
3. Quelle sera l'adresse IP finale du client ? Dans le message *DHCP Request* (numéro 156), quelle est l'adresse IP utilisée par le client ? Pourquoi ?
4. Décrivez avec vos propres mots ce que signifie cet échange de quatre messages.

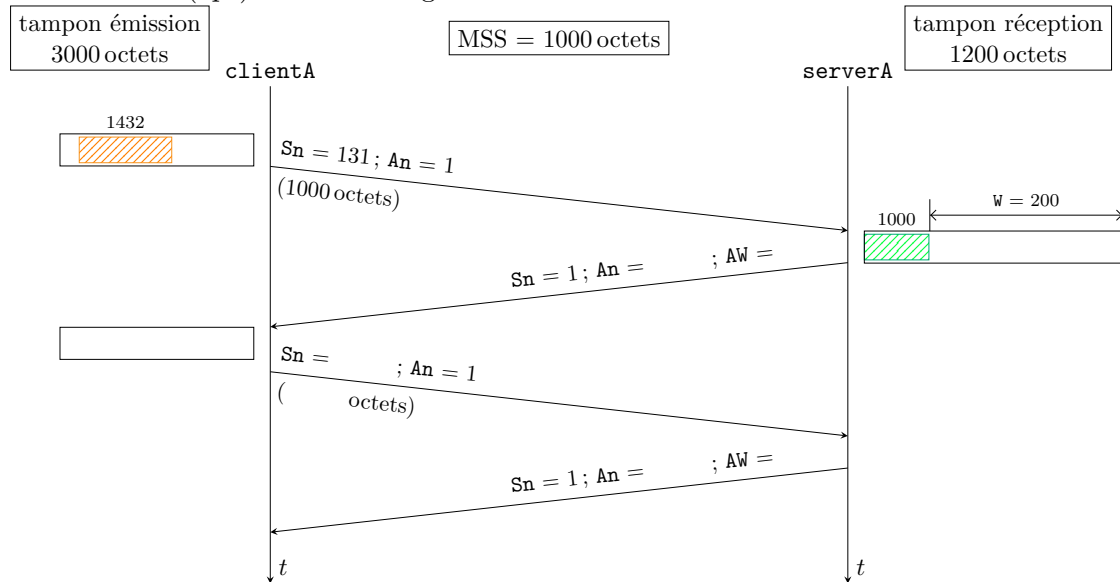
Correction

1. (ethernet (IP (UDP (DHCP))))
2. 192.168.43.1, port 67
3. 192.168.43.182, 0.0.0.0 car tant que le serveur n'a pas accepté l'adresse ne peut

être utilisée

- En premier demande globale du client (broadcast), puis offre par un ou plusieurs serveurs, puis le client sélectionne l'offre en répondant à tous les serveurs. Une fois que le serveur a accepté, le client peut utiliser l'adresse IP.

Question 3.0.2 (3pt). Soit l'échange TCP suivant :



- Complétez les numéros de S_n , A_n , le nombre d'octets transmis ainsi que les tampons d'émission du client et de réception du serveur.
- Que se serait-il passé si le client n'avait pas reçu le 1^{er} segment du serveur ?

Correction

- 2e trame $A_n=1131$ $AW = 200$; 3e trame $S_n= 1131$, 200 octets envoyés, 4e trame $A_n=1331$ $AW = 0$.
- Après attente (calculée à partir du RTT), la trame aurait été réémise exactement à l'identique.

A Formats des unités de données Ethernet, IP et TCP

Protocole	Format																														
Ethernet	<table><tr><td>8 octets</td><td>6 octets</td><td>6 octets</td><td>2 octets</td><td>entre 46 et 1500 octets</td><td>4 octets</td></tr><tr><td>Préambule</td><td>Adresse Destination</td><td>Adresse Source</td><td>type trame</td><td>Information</td><td>FCS</td></tr></table>	8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	entre 46 et 1500 octets	4 octets	Préambule	Adresse Destination	Adresse Source	type trame	Information	FCS																		
8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	entre 46 et 1500 octets	4 octets																										
Préambule	Adresse Destination	Adresse Source	type trame	Information	FCS																										
IPv4	<p>20 octets (+ options)</p> <table><tr><td>IP header</td><td>champ Information</td></tr></table> <p>Longueur maximale: configurable, inférieure à 64 Koctets</p> <table><tr><td>31</td><td>23</td><td>15</td><td>0</td></tr><tr><td>Version</td><td>Header Lg</td><td>Type of Service</td><td>Total Length (bytes)</td></tr><tr><td colspan="2">Identification</td><td>Flags</td><td>Fragment Offset</td></tr><tr><td colspan="2">Time To Live</td><td>Protocol</td><td>Header Ckecksum</td></tr><tr><td colspan="4">IP Source Address</td></tr><tr><td colspan="4">IP Destination Address</td></tr><tr><td colspan="4">Options</td></tr></table>	IP header	champ Information	31	23	15	0	Version	Header Lg	Type of Service	Total Length (bytes)	Identification		Flags	Fragment Offset	Time To Live		Protocol	Header Ckecksum	IP Source Address				IP Destination Address				Options			
IP header	champ Information																														
31	23	15	0																												
Version	Header Lg	Type of Service	Total Length (bytes)																												
Identification		Flags	Fragment Offset																												
Time To Live		Protocol	Header Ckecksum																												
IP Source Address																															
IP Destination Address																															
Options																															
TCP	<p>20 octets (+ options)</p> <table><tr><td>TCP Header</td><td>champ Information</td></tr></table> <p>Longueur déterminée par le récepteur grâce au champ Total Length de l'en-tête IP</p> <table><tr><td>31</td><td>23</td><td>15</td><td>0</td></tr><tr><td colspan="2">Source port</td><td colspan="2">Destination port</td></tr><tr><td colspan="4">Sequence number</td></tr><tr><td colspan="4">Acknowledgement number</td></tr><tr><td>H. lg</td><td>0</td><td>Control</td><td>(Advertised) Window</td></tr><tr><td colspan="2">Header Checksum</td><td colspan="2">Urgent pointer</td></tr><tr><td colspan="4">Options</td></tr></table>	TCP Header	champ Information	31	23	15	0	Source port		Destination port		Sequence number				Acknowledgement number				H. lg	0	Control	(Advertised) Window	Header Checksum		Urgent pointer		Options			
TCP Header	champ Information																														
31	23	15	0																												
Source port		Destination port																													
Sequence number																															
Acknowledgement number																															
H. lg	0	Control	(Advertised) Window																												
Header Checksum		Urgent pointer																													
Options																															