

# 1 Exercices sur Ethernet et Wi-Fi

## 1.1 Transmission sur un réseau Ethernet

On considère un réseau Ethernet 1000BASE-T reliant un ensemble de stations à travers un commutateur, comme sur la figure ci-dessous (cf. Figure 1).

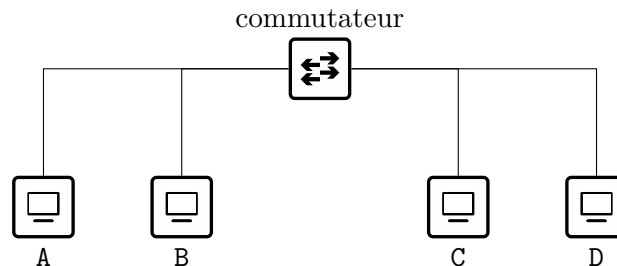


FIGURE 1 – Topologie Ethernet.

### 1.1.1 Temps de propagation

**Question 1.1.1.1.** Donner l'expression du temps de propagation  $T_p$  d'un signal transmis entre une station et le commutateur, en fonction de la vitesse de propagation  $V_p$  et de la longueur  $L$  entre les deux équipements.

**Question 1.1.1.2.** Calculer ce temps  $T_p$  avec les données suivantes : la vitesse de propagation  $V_p$  d'un signal électrique dans un câble est de 200 000 km/s ; les deux équipements sont à 100 m l'un de l'autre. Donner cette valeur  $T_p$  en microsecondes ( $\mu\text{s}$ ).

### 1.1.2 Temps d'émission

**Question 1.1.2.1.** Donner l'expression du temps d'émission  $T_e$  d'une trame par une station, en fonction de la longueur de la trame (en nombre de bits noté  $N$ ) et du débit d'émission  $D_e$ .

**Question 1.1.2.2.** D'après la norme utilisée pour ce réseau, quel est le débit d'émission maximal  $D_e^{\max}$  de ce réseau ?

**Question 1.1.2.3.** À partir du format standard de la trame Ethernet donné en cours, calculer le temps d'émission  $T_e^{\max}$  d'une trame de taille maximale émise par une station de ce réseau.

**Question 1.1.2.4.** Quelle serait la valeur  $T_e^{\max}$  si la technologie 100BASE-T était utilisée ?

### 1.1.3 Silence inter-trame

**Question 1.1.3.1.** Le délai appelé « silence inter-trame » est nécessaire entre deux émissions (cf. cours). Quelle est l'utilité de ce délai ?

**Question 1.1.3.2.** Calculer la durée  $T_i$  du silence inter-trame utilisé dans un réseau Ethernet 1000BASE-T.

### 1.1.4 Représentation graphique

**Question 1.1.4.1.** Représenter, sur un graphique similaire à celui ci-dessous (cf. Figure 2), tous les temps nécessaires à l'envoi de deux trames de taille maximale émises de la station A vers la station B. Les commutateurs des salles de TP de l'IUT traitent les trames en mode différé (*store-and-forward*) : la trame est transmise une fois reçue complètement et vérifiée<sup>1</sup>.

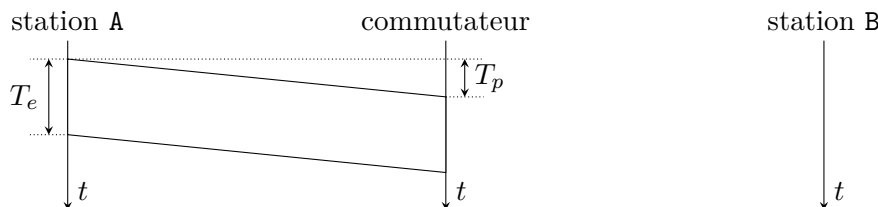


FIGURE 2 – Représentation d'un échange de trames.

**Question 1.1.4.2.** Noter sur chacun de ces trois traits verticaux les événements correspondants à cet acheminement (envois, délais, arrivées) avec les durées associées.

**Question 1.1.4.3.** Reporter sur ce schéma les délais calculés dans les questions précédentes. Prendre comme temps de latence (temps de traitement de la trame par le commutateur) la valeur  $T_c$  de 2.3  $\mu$ s qui est celle indiquée dans la documentation des commutateurs HP 2530-48G des salles de TP de l'IUT.

**Question 1.1.4.4.** Calculer alors le temps total  $T_{\text{total}}$  nécessaire pour la transmission de ces deux trames.

**Question 1.1.4.5.** Quels sont les temps qui peuvent être négligés dans les transmissions Ethernet 1000BASE-T ?

### 1.1.5 Transmission d'un fichier sur le réseau

**Question 1.1.5.1.** Calculer le temps  $T_{\text{total}}$  de transmission d'un fichier de 1 Mo ( $1 \times 10^6$  o) entre deux stations d'un même réseau TCP/IP sur Ethernet 1000BASE-T. On appliquera les mêmes hypothèses de simplification des délais que dans la question précédente.

*Indication : on supposera qu'il n'y a que ce fichier de 1 Mo à émettre sur le réseau. Le fichier est découpé en fragments, chacun étant encapsulé dans un segment TCP, lui-même encapsulé dans un paquet IP, lui-même encapsulé dans une trame Ethernet. Il est donc nécessaire de prendre en compte non seulement le format des trames Ethernet mais aussi celui des paquets IP et segments TCP. On considérera que l'en-tête des paquets IP et l'en-tête des segments TCP sont chacun de 20 octets.*

**Question 1.1.5.2.** Quel est le débit utile  $D_u$  de cette transmission ?

## 1.2 Transmission sur un réseau Wi-Fi

On considère une communication entre deux stations A et B reliées par un réseau Wi-Fi 802.11g en mode infrastructure (cf. Figure 3). Pour les calculs, on prendra comme débit d'émission  $D_e$  le débit maximal de ce standard en 802.11g (cf. cours).

1. L'autre mode de traitement est le mode direct (*cut-through*), où les trames sont transmises dès que possible sans vérification.

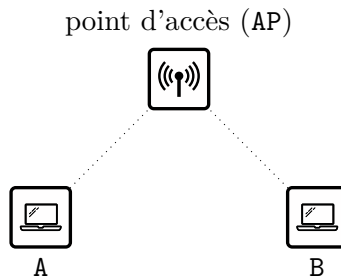


FIGURE 3 – Topologie Wi-Fi.

On considère la transmission d'une trame, dont le champ de données est de 1500 octets, entre la station A et le point d'accès AP situés à 100 m de distance l'un de l'autre.

*Remarque.* La taille théorique maximale du champ de données Wi-Fi est de 2312 octets, mais elle est ramenée à 1500 octets par compatibilité avec Ethernet.

**Question 1.2.1.** Calculer le temps de propagation  $T_p$  du signal sur ce lien, en prenant comme vitesse de propagation de l'onde électromagnétique celle de la vitesse de la lumière dans le vide, soit 300 000 km/s.

**Question 1.2.2.** Calculer le temps d'émission  $T_e$  de cette trame.

**Question 1.2.3.** Peut-on négliger certains temps lors du calcul du temps de transfert  $T_t$  (le temps  $T_t$  est égal à  $T_e + T_p$ ) ?

On considère maintenant la transmission de cette trame de données entre les stations A et B.

**Question 1.2.4.** Représenter graphiquement les temps nécessaires à l'acheminement de cette trame de données de A à B. Penser à représenter les délais nécessaires avant toute transmission en Wi-Fi (*backoff*, DIFS, etc.). Comme sur la Figure 2, l'axe vertical sera l'axe du temps et vous noterez les échanges entre les trois équipements (les deux stations et le point d'accès) entre les trois traits représentant ces équipements.

**Question 1.2.5.** Calculer le temps de transmission  $T_{\text{total}}$  de cette trame de A à B.

**Question 1.2.6.** Comparer avec ce qui se passe entre deux stations d'un réseau Ethernet reliées par un commutateur (cf. Question 1.1.4.4).

### 1.3 Utilisation d'une table de commutation

Soit un réseau Ethernet réalisé avec un commutateur COM\_1. À l'instant d'observation du trafic, la table de commutation de ce commutateur COM\_1 est reportée dans le Tableau 1.

**Question 1.3.1.** La trame d'adresse source 00:16:01:66:bb:33 et d'adresse destination 00:0e:0c:64:6b:7d arrive au commutateur COM\_1 par son port P5. Comment le commutateur retransmet-il cette trame et comment met-il à jour sa table de commutation ?

**Question 1.3.2.** La trame d'adresse source 00:0e:0c:60:1b:88 et d'adresse destination 00:18:8b:44:66:54 arrive au commutateur COM\_1 par son port P2. Comment le commutateur retransmet-il cette trame et comment met-il à jour sa table de commutation ?

adresse Ethernet destination	port de sortie associé
00:18:8b:d5:8d:39	P1
00:16:76:d1:6f:e9	P2
00:0e:0c:64:6b:7d	P3
00:0e:0c:60:1b:88	P2
01:02:03:ab:ee:99	P4

TABLE 1 – Table de commutation de COM\_1

**Question 1.3.3.** La trame d'adresse source 00:0e:0c:58:9c:20 et d'adresse destination 00:18:8b:d5:8d:39 arrive au commutateur COM\_1 par son port P2. Comment le commutateur retransmet-il cette trame et comment met-il à jour sa table de commutation ?

**Question 1.3.4.** La trame d'adresse source 00:0e:0c:64:6b:7d et d'adresse destination ff:ff:ff:ff:ff:ff arrive au commutateur COM\_1 par son port P6. Comment le commutateur retransmet-il cette trame et comment met-il à jour sa table de commutation ?

**Question 1.3.5.** Représenter la topologie du réseau Ethernet (ensemble des stations, commutateur(s) et câbles de connexion) telle qu'on peut la déduire de la table de ce commutateur et de l'ensemble des échanges ci-dessus. On représentera la topologie la plus simple qui permette d'observer la table de commutation de COM\_1.

**Question 1.3.6.** En supposant que ce réseau Ethernet ne change pas (pas de nouvelle station ni de commutateur, aucun déplacement des équipements), est-il possible que la trame d'adresse source 00:16:76:d1:6f:e9 et d'adresse destination 00:0e:0c:60:1b:88 arrive au commutateur COM\_1 par son port P2 ? Justifier votre réponse.

## 1.4 Mise à jour d'une table de commutation

L'objectif de cet exercice est d'analyser le comportement et la mise à jour de la table d'un commutateur Ethernet en fonction des événements qui lui arrivent (en l'occurrence des trames qui arrivent sur ses 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.

ordre	port d'entrée	adresse destination	adresse source
1	P1	ff:ff:ff:ff:ff:ff	01:02:03:ab:ee:22
2	P3	01:02:03:ab:ee:22	01:02:03:ab:ee:11
3	P2	ff:ff:ff:ff:ff:ff	01:02:03:ab:ee:66
4	P2	01:02:03:ab:ee:11	01:02:03:ab:ee:66
5	P3	01:02:03:ab:ee:99	01:02:03:ab:ee:55
6	P4	ff:ff:ff:ff:ff:ff	01:02:03:ab:ee:77
7	P3	01:02:03:ab:ee:22	01:02:03:ab:ee:33

TABLE 2 – Scénario observé.

**Question 1.4.1.** Que fait le commutateur lorsqu'il reçoit la trame n°1 ? Justifier.

**Question 1.4.2.** Que fait le commutateur lorsqu'il reçoit la trame n°2 ? Justifier.

**Question 1.4.3.** Quelle information peut-on déduire de l'analyse de l'ensemble des trames arrivant sur le port P3 ? Expliquer quel(s) équipement(s) permet(tent) d'arriver à cette situation.

**Question 1.4.4.** Représenter ce réseau Ethernet tel que l'on peut le déduire de cette séquence de trames reçues. Y faire apparaître les stations, le(s) commutateur(s) et les câbles de connexion.

**Question 1.4.5.** Donner la table de commutation de ce commutateur à l'issue de la réception et du traitement de ces sept trames.

**Question 1.4.6.** La trame d'adresse source 01:02:03:ab:ee:99 et d'adresse destination 01:02:03:ab:ee:22 arrive au commutateur par son port P6. Décrire ce que fait le commutateur.

**Question 1.4.7.** La trame d'adresse source 01:02:03:ab:ee:77 et d'adresse destination 01:02:03:ab:ee:bb arrive au commutateur par son port P4. Décrire ce que fait le commutateur.

## 1.5 Échanges de trames Wi-Fi au niveau MAC

Soit un inter-réseau constitué de deux réseaux Wi-Fi  $A$  et  $B$  fonctionnant en mode infrastructure. On supposera que trois stations par réseau sont associées aux points d'accès respectifs AP-A et AP-B de ces réseaux. L'adresse de ces stations est notée  $A1$ ,  $A2$ ,  $A3$  sur le réseau  $A$  et  $B1$ ,  $B2$ ,  $B3$  sur le réseau  $B$ . Les deux points d'accès sont connectés entre eux en Ethernet. On supposera que les transmissions Wi-Fi se font sans pré-réservation de canal (pas d'échanges RTS/CTS).

**Question 1.5.1.** Représenter les différents équipements de cet inter-réseau.

**Question 1.5.2.** Représenter les échanges et les délais mis en jeu pour que la station  $A1$  envoie une trame d'information à la station  $A3$ , en supposant qu'aucune transmission n'était en cours.

**Question 1.5.3.** Même question pour un échange entre  $A2$  et  $B1$ .

**Question 1.5.4.** Sur le réseau  $A$ , une transmission est en cours du point d'accès AP-A vers la station  $A3$ . Pendant cette transmission, les stations  $A1$  et  $A2$  cherchent toutes deux à émettre. Représenter le diagramme temporel des délais et des échanges jusqu'à la réussite de l'envoi des données par ces stations.

**Question 1.5.5.** Avec le scénario précédent, dans quel cas une collision peut-elle survenir ?

**Question 1.5.6.** Quel serait l'intérêt d'utiliser un mode de transmission avec pré-réservation de canal (échanges RTS/CTS) en cas de collisions fréquentes ?

## 2 Exercices sur l'adressage IP

### 2.1 Adressage IPv4

Pour cet exercice, il est recommandé de se rappeler quelques éléments du codage binaire non signé, comme :

- $(1000\_0000)_2 = 2^7 = 128$ ,
- $(0100\_0000)_2 = 2^6 = 64$ ,
- $(0010\_0000)_2 = 2^5 = 32$ ,
- $(1111\_1111)_2 = 2^8 - 1 = 255$ .

#### 2.1.1 Adressage IP en CIDR /24

Considérons le réseau IP d'adresse CIDR 192.100.56.0/24.

**Question 2.1.1.1.** Quel est l'intervalle des adresses possibles de ce réseau ? Donner cet intervalle en binaire et en notation décimale pointée.

**Question 2.1.1.2.** Quel est le masque de réseau ? Donner ce masque en binaire et en notation décimale pointée.

**Question 2.1.1.3.** Quelle est l'adresse de diffusion de ce réseau ?

**Question 2.1.1.4.** Combien de machines au maximum peut-on connecter sur ce réseau ?

**Question 2.1.1.5.** Reprendre les questions précédentes en considérant un réseau de même adresse réseau mais « en /25 », c'est-à-dire dont l'adresse CIDR est 192.100.56.0/25.

#### 2.1.2 Adressage IP en CIDR /18

Considérons le réseau IP d'adresse CIDR 202.0.64.0/18.

**Question 2.1.2.1.** Quel est l'intervalle des adresses possibles de ce réseau ? Donner cet intervalle en binaire et en notation décimale pointée.

**Question 2.1.2.2.** Quel est le masque de réseau ? Donner ce masque en binaire et en notation décimale pointée.

**Question 2.1.2.3.** Quelle est l'adresse de diffusion de ce réseau ?

**Question 2.1.2.4.** Combien de machines au maximum peut-on connecter sur ce réseau ? Donner cette valeur sous la forme d'une expression avec puissances de 2.

**Question 2.1.2.5** (indépendante). L'adresse CIDR 202.0.64.0/16 peut-elle être l'adresse d'un réseau IP ? Justifier.

#### 2.1.3 Détermination des réseaux auxquels appartient une machine

Soit une machine sur laquelle la commande `ip addr` donne (entre autres) la réponse suivante :

```
$ ip addr
eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500
      link/ether 28:80:23:0b:c8:33 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
      inet 192.1.131.13/24 brd 192.1.131.255
wlan0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500
      link/ether e8:b1:fc:55:2c:f1 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
      inet 192.168.16.255/23 brd 192.168.17.255
```

**Question 2.1.3.1.** Donner en notation CIDR, l'adresse des réseaux IP auxquels cette machine appartient.

**Question 2.1.3.2.** Pour chacun des réseaux, indiquer le nombre maximum de machines qu'il peut avoir.

**Question 2.1.3.3.** Quelle est l'adresse de diffusion du deuxième réseau (la machine y est connectée par l'interface wlan0) ?

## 2.1.4 Révision sur l'adressage IP

**Question 2.1.4.1.** Compléter le tableau.

	réseau IP n°1	réseau IP n°2
adresse de réseau en notation CIDR	192.168.2.128/26	
adresse de réseau		192.168.2.128
masque de réseau		255.255.255.128
adresse de diffusion		
nombre de stations possible dans le réseau		
192.168.2.193 dans le réseau ? (justifier)		

## 2.2 Adressage IPv6

La version actuelle du protocole IP (IPv4) utilise des adresses codées sur 4 octets, ce qui limite à  $2^{32}$  (environ  $4.3 \times 10^9$ ) le nombre d'adresses différentes. Le successeur d'IPv4, à savoir le protocole IPv6, est actuellement en cours de déploiement sur Internet. Il utilise des adresses sur 128 bit, notées en hexadécimal.

### 2.2.1 RENATER

Le bloc 2001:6600:0000:0000:0000:0000:0000/32 est, avec la notation CIDR, le bloc d'adresses IPv6 attribué à RENATER.

#### Attention

L'adresse (2001:6600:0000:0000:0000:0000:0000:0000) est notée en hexadécimal tandis que la taille du préfixe (/32) est notée en décimal.

*Remarque.* En notation abrégée<sup>2</sup>, ce bloc d'adresse se note 2001:6600::/32.

**Question 2.2.1.1.** Combien d'adresses différentes RENATER peut-il utiliser ? Donner le nombre d'adresses en puissance de 2.

**Question 2.2.1.2.** Donner l'intervalle d'adresses du bloc de RENATER avec la notation IPv6 (en hexadécimal).

### 2.2.2 Free

Depuis décembre 2007, le fournisseur d'accès à Internet (FAI) Free permet à ses abonnés un accès en IPv6. Avec ce mode d'accès, chaque abonné se voit attribuer un bloc d'adresses de la forme suivante (en notation CIDR) : 2a01:0e35:2f22:e3d0:0000:0000:0000:0000/64.

2. La notation abrégée des adresses IPv6 est définie dans la [RFC 5952](#).

*Remarque.* En notation abrégée, le bloc se note `2a01:e35:2f22:e3d0::/64`.

**Question 2.2.2.1.** Combien d'adresses IPv6 différentes un abonné de Free peut-il utiliser ? Donner le nombre d'adresses en puissance de 2.

**Question 2.2.2.2.** Donner l'intervalle d'adresses utilisables avec la notation IPv6 (en hexadécimal).

## 2.3 Allocation d'un sous-réseau IPv4

### 2.3.1 Allocation d'un sous-réseau IPv4

Nous supposons qu'un fournisseur d'accès Internet (FAI) a reçu pour exercer son activité le bloc d'adresses CIDR `202.0.64.0/18` avec lequel il a constitué son réseau. Comme tout prestataire, il est libre de découper son espace d'adresses comme il l'entend pour fournir des adresses à ses clients. La société MaBouate, cliente de ce FAI, lui demande un espace suffisant pour 1022 machines au maximum. On cherche quel intervalle d'adresses le FAI allouera au client MaBouate, sachant qu'au moment de la demande la première adresse réseau qui est libre est `202.0.96.0`.

**Question 2.3.1.1.** Déterminer d'abord le nombre de bits minimum nécessaires pour la partie « machine » des adresses du réseau MaBouate.

**Question 2.3.1.2.** Donner le masque correspondant en binaire puis en notation décimale pointée.

**Question 2.3.1.3.** Représenter en binaire puis en notation décimale pointée l'intervalle des adresses allouées.

**Question 2.3.1.4.** Donner en notation CIDR l'adresse du réseau alloué à ce client.

### 2.3.2 Adressage et sous-réseau IP

Soit un réseau d'adresse `194.129.32.0/23`.

**Question 2.3.2.1.** Combien de machines ce réseau permet-il d'adresser ? Justifier.

**Question 2.3.2.2.** Quelle est l'adresse de diffusion de ce réseau ?

L'administrateur de ce réseau `194.129.32.0/23` souhaite le découper en quatre sous-réseaux de taille maximale et de taille égale.

**Question 2.3.2.3.** Compléter le tableau ci-dessous.

*Conseil : avant de remplir ce tableau, écrire en notation binaire la partie d'adresse utile pour faire ce découpage (le dernier octet de poids faible), puis convertir la valeur trouvée en décimal. Ne pas utiliser l'hexadécimal !*

sous-réseau n°	adresse réseau (CIDR)	masque	adresse diffusion	nombre max. de stations
1				
2				
3				
4				



**Question 2.3.2.4.** À quel sous-réseau appartient l'adresse 194.129.33.188 ? Donner la méthode de calcul qu'utiliserait un routeur.

**Question 2.3.2.5.** À quel sous-réseau appartient l'adresse 194.129.32.214 ? Donner la méthode de calcul qu'utiliserait un routeur.

### 3 Exercices sur le routage IP

#### 3.1 Routage dans l'inter-réseau de l'exemple du cours

On considère l'exemple de réseau dont le schéma est donné ci après (cf. Figure 4).

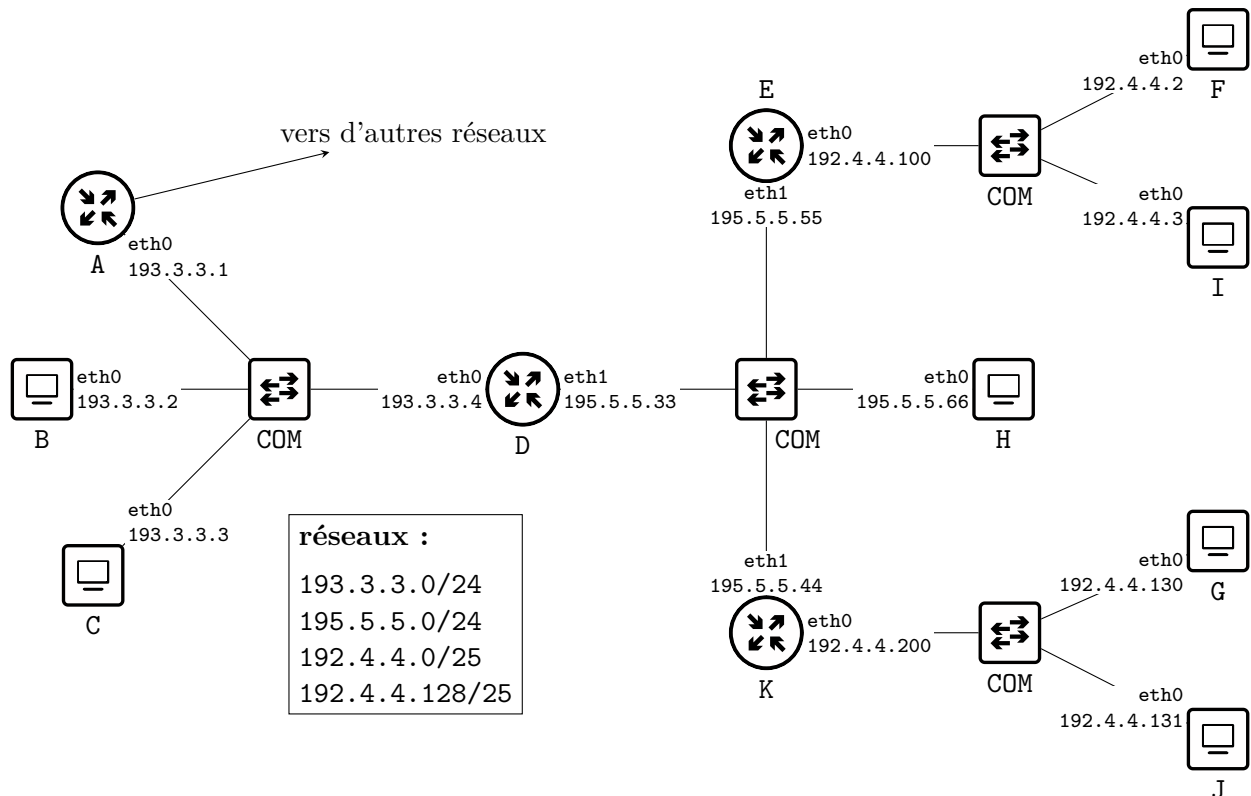


FIGURE 4 – Topologie inter-réseau.

**Question 3.1.1.** Terminer la définition des tables de routage nécessaires au bon fonctionnement de cet inter-réseau : toute station doit pouvoir communiquer avec toutes les autres et doit pouvoir accéder aux autres réseaux. Pour cela, définir les tables de routage des stations E et K.

**Question 3.1.2.** Décrire comment le routage s'applique pour différents cas d'acheminement de paquets. L'objectif est de comprendre comment les tables sont utilisées et comment les trames sont constituées pour transporter les paquets IP d'un équipement à l'autre (quelles sont leurs adresses MAC source et destination).

1. Indiquer, pour l'acheminement d'un paquet de D vers H :
  - Quelle règle de la table de routage s'applique dans le premier routeur traversé.
  - Le nombre de trames nécessaires, et pour chaque trame, les adresses MAC source et destination. Pour noter les adresses MAC, mettre une identification littérale, par exemple « @MAC-D/eth0 » (celle correspondant à sa carte réseau sur 193.3.3.0). On ne précisera l'interface que pour les routeurs.

2. Reprendre les questions précédentes pour l'acheminement d'un paquet de G vers F.

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				
...				

### 3.2 Routage IP dans un inter-réseau d'entreprise

Soit un inter-réseau d'entreprise schématisé par la Figure 5. Pour simplifier, on ne fait pas apparaître les commutateurs ou autres équipements de niveau physique/liaison. Les adresses Ethernet et IP des stations qui ne sont pas données pourront être écrites sous la forme @MAC-Si et @IP-Si, où Si est une station. Seules les adresses IP des routeurs R1 et R2 sont données avec le nom de l'interface associée à l'adresse IP. Attention, le réseau est isolé du reste du monde (déconnecté d'Internet).

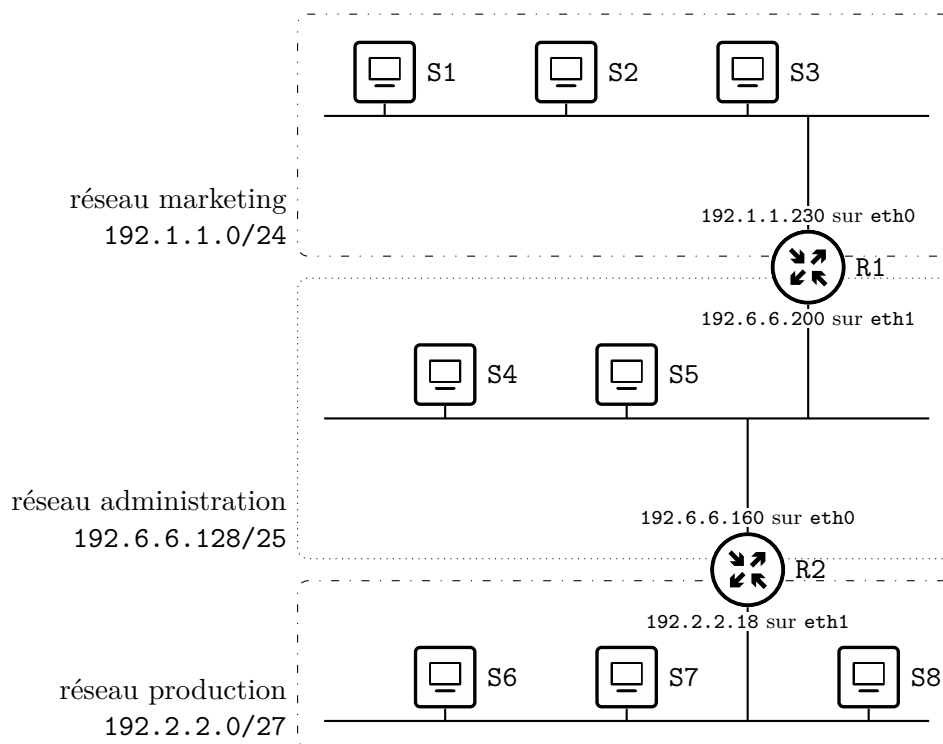


FIGURE 5 – Topologie inter-réseau d'une entreprise.

**Question 3.2.1.** Proposer une table de routage pour la station S4.

**Question 3.2.2.** Proposer une table de routage pour les routeurs R1 et R2 de telle sorte que toutes les stations puissent communiquer entre elles. Faire apparaître les quatre colonnes vues en cours.

**Question 3.2.3.** Un paquet IP est émis par la station S4 à destination de la station S6.

1. Quelles sont les adresses IP source et destination du paquet émis par S4 ?
2. Combien de trames seront nécessaires pour acheminer ce paquet ? Justifier et donner la/les trames nécessaires.

3. Expliquer comment la station S4 obtiendra les adresses MAC nécessaires pour former la trame contenant ce paquet. Indiquer à quelles machines correspondent les adresses MAC de cette trame.
4. Quelle sera la valeur des adresses IP source et IP destination, MAC source et MAC destination du paquet IP qui sera reçu par la station S6 ?

**Question 3.2.4.** Reprendre la Question 3.2.3 pour un paquet émis par S3 et à destination de S8.

**Question 3.2.5** (à traiter après avoir vu le chapitre 4). Les deux routeurs et les trois commutateurs (non représentés) sont remplacés par un unique commutateur/routeur. Représenter cet équipement avec l'ensemble des stations qui lui sont connectées. Donner la table de routage du commutateur/routeur.

### 3.3 Révision : commutation Ethernet, ARP et routage IP

Soit un inter-réseau constitué de stations, de commutateurs Ethernet et de routeurs selon le schéma ci-dessous (cf. Figure 6). Le réseau est réalisé en suivant les standards Ethernet et en utilisant les protocoles de l'Internet. Les réseaux IP sont tous des réseaux de classe C (préfixe réseau de taille 24, notation CIDR en /24).

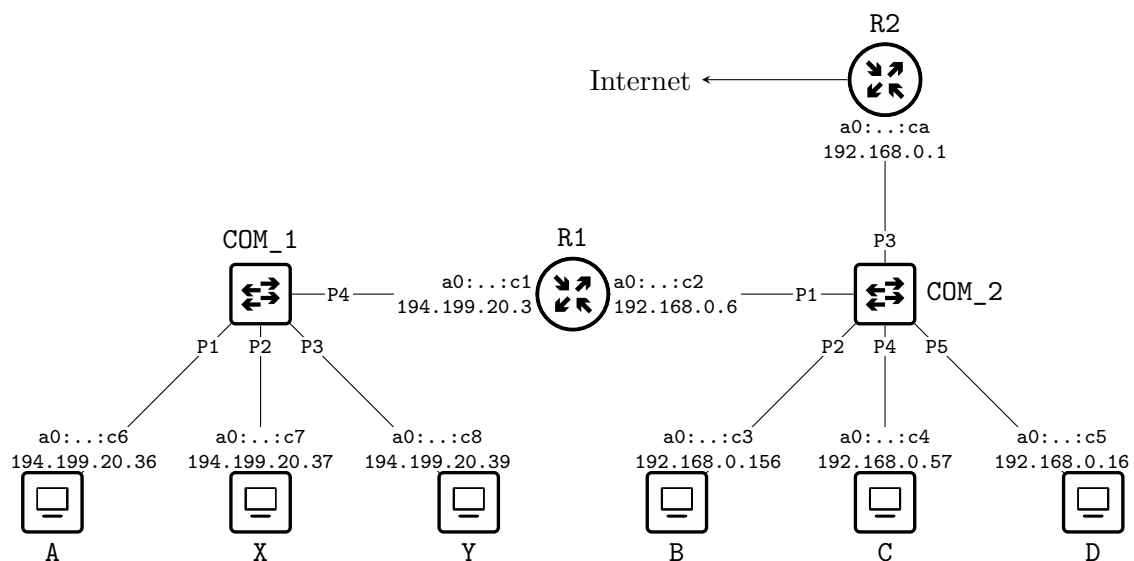


FIGURE 6 – Topologie inter-réseau.

#### Étude de la structure de cet inter-réseau

**Question 3.3.1.** Combien de réseaux IP y a-t-il dans cet inter-réseau ? Donner leurs adresses en notation CIDR.

**Question 3.3.2.** Donner la table de commutation complète du commutateur COM\_2.

**Question 3.3.3.** Expliquer ce que contient le cache ARP d'une station.

**Question 3.3.4.** Donner la liste des stations qui peuvent apparaître dans le cache ARP de la station C.

**Question 3.3.5.** Donner la table de routage de **R1**, de façon à ce que toutes les stations représentées puissent communiquer entre elles et puissent également accéder à Internet.

## 4 Protocole TCP

### 4.1 Schéma d'échange à compléter

Dans cet échange (cf. Figure 7) similaire à ceux vus en cours, renseigner les valeurs champs  $An$ ,  $Sn$ ,  $AW$  et représenter l'état des tampons émission (avec  $Sn$ ) et réception (avec  $An$  et  $W$ ). À partir du dépôt des 2000 octets par l'application côté **clientA**, représenter tous les échanges jusqu'à acquittement complet.

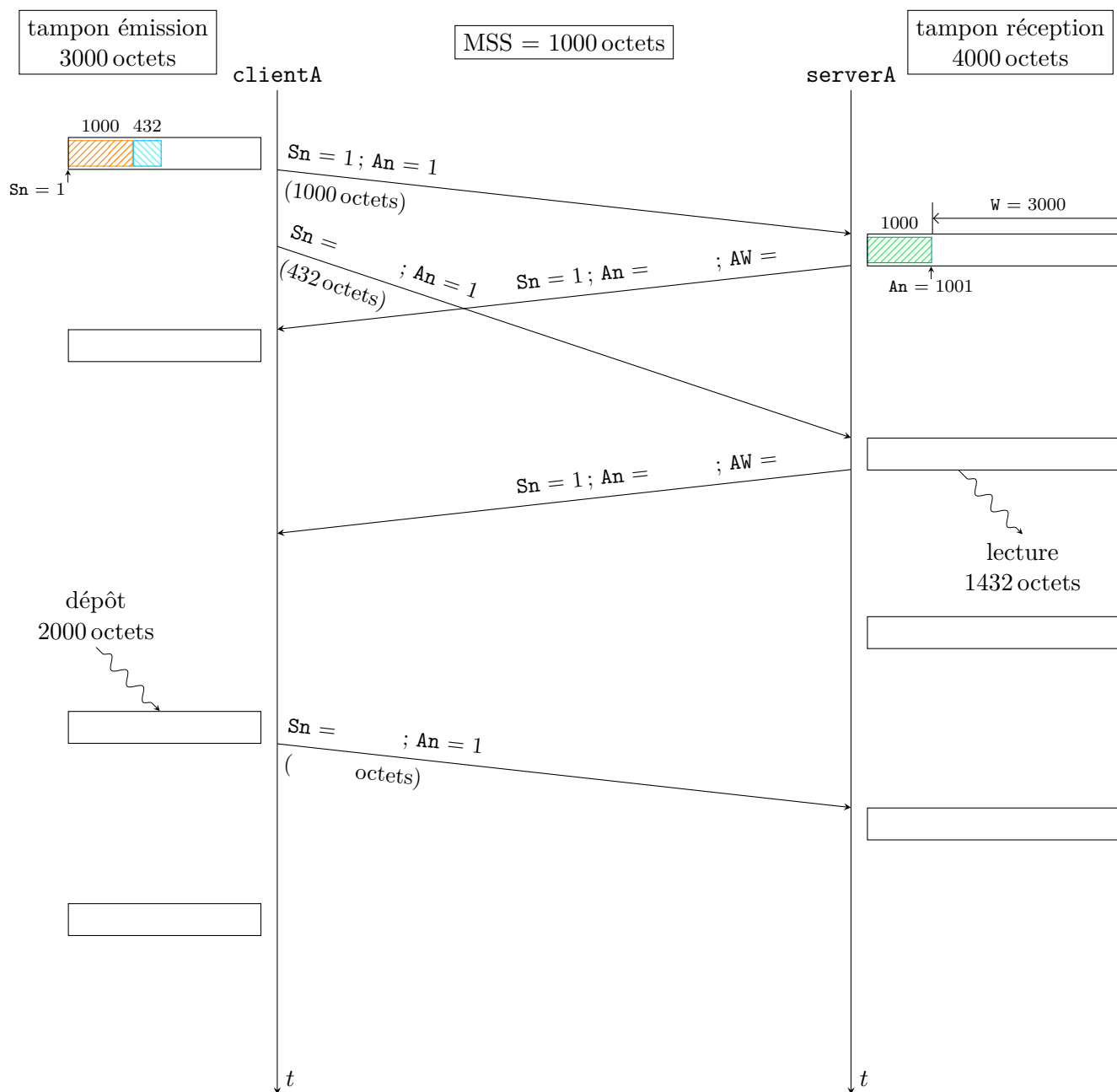


FIGURE 7 – Échange TCP entre **clientA** et **serverA**.

## 4.2 Phase d'ouverture d'une connexion TCP

Soit une application cliente souhaitant établir une connexion TCP avec une application serveur, en attente sur le numéro de port 8888. On suppose que le système du client attribue le numéro de port 12345 pour cette connexion. On suppose que les tampons émission et réception des programmes TCP ont une capacité de 4000 octets chacun.

**Question 4.2.1.** Remplir le tableau ci-dessous représentant les différents champs (marqués  $\stackrel{?}{=}$ ) de l'entête du premier segment TCP envoyé pour demander l'ouverture de cette connexion :

[illegible]

**Question 4.2.2.** Que signifie l'acronyme MSS ? À quoi sert cette valeur ?

**Question 4.2.3.** Quelles sont les trois grandes phases d'échanges au cours d'une connexion TCP ?

**Question 4.2.4.** Quel drapeau (*flag*) est caractéristique de la phase d'ouverture de connexion ? Quel drapeau est caractéristique de la phase de fermeture de connexion ?

**Question 4.2.5.** Représentez sur un diagramme l'ensemble des échanges nécessaires pour l'ouverture d'une connexion TCP. Pour chaque segment échangé, indiquer le numéro de séquence, le numéro d'acquittement, les drapeaux (*flags*) activés, et le nombre d'octets de données échangées.

### 4.3 Échange de données et segmentation

Dans cet exercice, l'objectif est de comprendre les mécanismes de base du fonctionnement du protocole TCP qui permettent d'assurer la segmentation et le respect de l'ordre de remise des données (mode « flots d'octets »). Il s'agira d'appliquer les règles d'échanges TCP telles que définies dans les transparents du cours. On utilisera les mêmes valeurs de MSS et de taille de tampons que dans l'exercice précédent.

### 4.3.1 Principe d'envoi de données

On rappelle que pour tout envoi de données correctement reçu, le récepteur retourne un acquittement à l'émetteur pour confirmer la bonne réception des octets de données. On considère un échange de données initié par le programme TCP côté client.

Supposons que le récepteur reçoive un segment TCP dont le numéro de séquence **Sn** vaut 1000 et que le champ *Données* contient 10 octets de données.

**Question 4.3.1.1.** Quelle sera la valeur du numéro d’acquittement du segment ( $An$ ) pour confirmer la bonne réception des 10 octets de données ?

**Question 4.3.1.2.** Si le récepteur se contente simplement de confirmer cette bonne réception, combien d’octets de données sont contenus dans le champ *Données* de l’acquittement ?

**Question 4.3.1.3.** Représenter cet échange sur un diagramme similaire à ceux du cours. On supposera qu’aucune donnée n’a été encore émise côté serveur sur cette connexion.

#### 4.3.2 Principe de segmentation des données

La valeur du MSS influe sur le nombre d’octets à envoyer.

**Question 4.3.2.1.** Si l’application souhaite émettre 3000 octets, peut-on les envoyer en un seul segment TCP ? Pourquoi ?

**Question 4.3.2.2.** Si ce n’est pas possible, combien de segments TCP faut-il alors envoyer successivement ?

**Question 4.3.2.3.** Sur le diagramme précédent, représenter les échanges nécessaires pour envoyer ces 3000 octets, acquittements inclus. On supposera que le tampon réception aura été vidé des 10 octets envoyés précédemment.

#### 4.3.3 Principe de fonctionnement du contrôle de flux

Pour réguler l’envoi d’octets, client et serveur gèrent chacun un tampon réception pour y stocker les octets reçus. Ce tampon est vidé, totalement ou partiellement, au fur et à mesure en fonction des besoins de l’application. Lorsque le tampon est plein, l’émetteur doit suspendre ses envois tant que le tampon n’est pas suffisamment vidé pour recevoir de nouveaux blocs d’octets.

**Question 4.3.3.1.** Qu’indique la valeur du champ  $AW$  ?

**Question 4.3.3.2.** Que signifie une valeur de  $AW$  égale à 0 ?

**Question 4.3.3.3.** En fonction de la valeur du MSS et de  $AW$ , comment l’émetteur détermine-t-il le nombre maximum d’octets de données qu’il peut envoyer dans un segment TCP ?

**Question 4.3.3.4.** On rappelle que dans cet exemple les tampons en réception du client et serveur ont une taille de 4000 octets. L’application client souhaite émettre 5000 octets qui, une fois arrivés, ne seront pas consommés aussitôt par l’application côté serveur et resteront stockés dans le tampon en réception. Représenter ces échanges sur le diagramme en notant la valeur du champ  $AW$  pour chaque segment TCP et l’état des tampons (avec les indices  $Sn$  et  $An$ ) à l’issue de chaque échange.

**Question 4.3.3.5.** Que se passe-t-il pour l’envoi des derniers 1000 octets ? Pourquoi ?

**Question 4.3.3.6.** Comment cette situation évoluera-t-elle ?



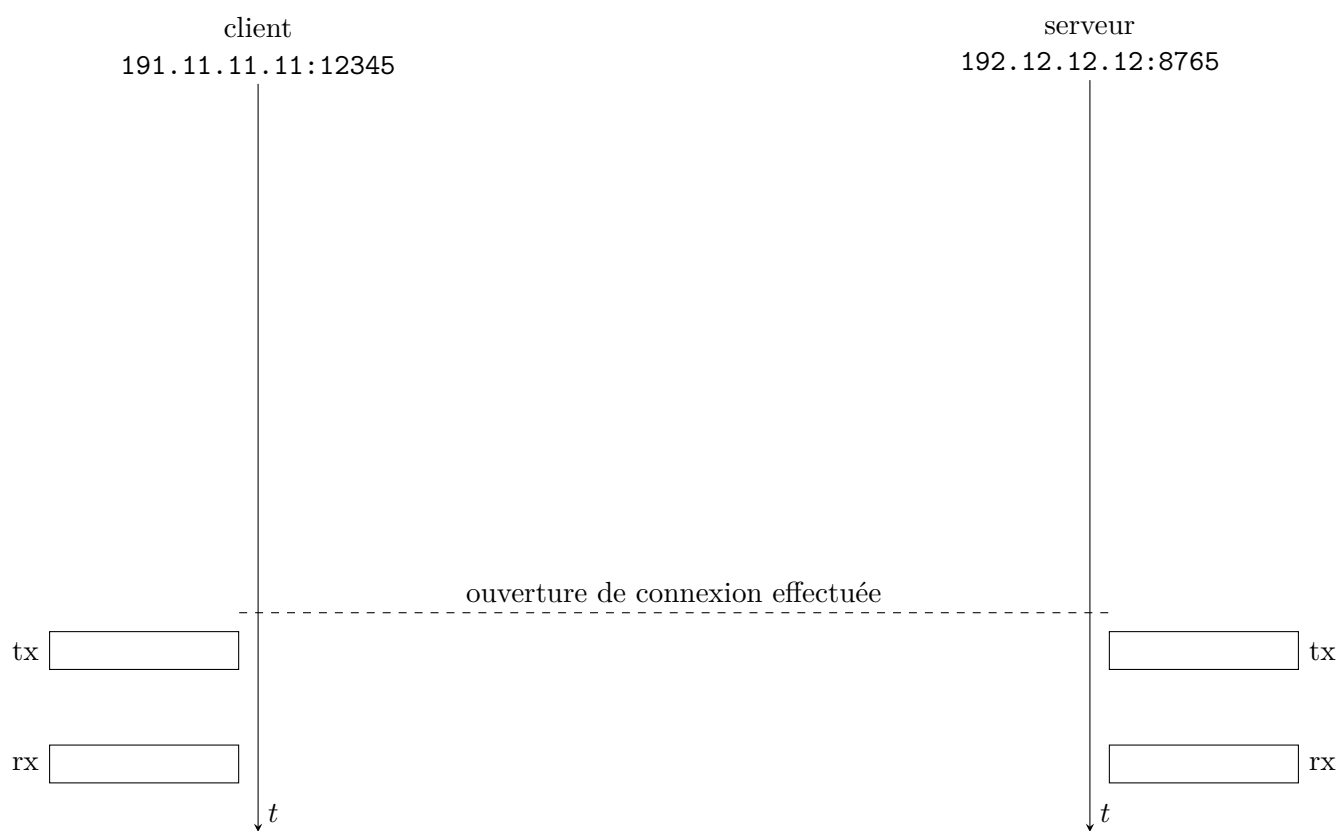


FIGURE 8 – Échange TCP pour une ouverture de connexion.

#### 4.4 Paramètres à l'ouverture d'une connexion TCP

Soit une application cliente, située sur une machine d'adresse IP 191.11.11.11 qui souhaite établir une connexion TCP avec une application serveur située sur une machine d'adresse IP 192.12.12.12 et en attente sur le numéro de port 8765. On suppose que le système du client attribue le numéro de port 12345 pour cette connexion. Les deux machines sont chacune situées sur un réseau local Ethernet.

Les tampons émission et réception des programme TCP sont de 50 ko chacun.

**Question 4.4.1.** Donnez la valeur des différents champs de l'en-tête du premier segment TCP envoyé pour demander l'ouverture de cette connexion.

**Question 4.4.2.** Représentez sur la Figure 8 ci-dessus le diagramme d'échange de l'ouverture de cette connexion TCP.

**Question 4.4.3.** Représentez sur la Figure 8 le délai RTT déterminé par le client et celui déterminé par le serveur. Quel paramètre de la connexion sera mis à jour grâce à ce délai RTT ?

**Question 4.4.4.** À l'issue de cette phase d'ouverture, quelle valeur de MSS sera utilisée par les programmes TCP côté client et côté serveur ?

**Question 4.4.5.** Représenter l'état des tampons émission et réception de chaque côté de cette connexion à l'issue de cette phase d'ouverture.

#### 4.5 Échange de données sur une connexion TCP

Compléter la Figure 9 en fonction des questions ci-dessous.

Soit une connexion TCP qui vient d'être ouverte entre un client (adresse IP 192.1.1.10, numéro de port 32432) et un serveur (adresse IP 97.1.1.49, numéro de port 80). La valeur du MSS négocié est de 1000 octets. Les tampons émission ont une capacité de 5000 octets et les tampons réception ont une capacité de 8000 octets des deux côtés de la connexion.

Le premier segment TCP échangé sur cette connexion est représenté dans le diagramme. On rappelle ci-dessous la signification de la représentation utilisée « ACK|PSH ;  $S_n = 1$  ;  $A_n = 1$  ;  $AW = 8000$  (100 octets) » pour un envoi de données :

**ACK|PSH** : drapeaux ACK et PSH présents ;

**$S_n = 1$**  : numéro de séquence du 1<sup>er</sup> octet émis dans le segment de données (ici 1) ;

**$A_n = 1$**  : numéro de séquence du prochain octet attendu (ici 1) ;

**$AW = 8000$**  : le tampon réception de l'émetteur (ici le client) peut recevoir 8000 octets, le prochain octet attendu est l'octet n° $A_n$  (ici 1) ;

**(100 octets)** : ce segment contient 100 octets de données.

**Question 4.5.1.** Expliquer ce que fait le programme TCP côté serveur à la réception de ce premier segment. Compléter alors les champs du 2<sup>ème</sup> segment du diagramme en supposant qu'il n'y a pas de données à émettre par le serveur.

**Question 4.5.2.** Le programme application serveur souhaite ensuite envoyer un message de 2000 octets à l'application cliente. C'est ce qui est noté dans le diagramme par la valeur 2000 dans la colonne appli. à droite de la Figure 9.

1. Représenter le tampon émission côté serveur avant l'envoi de ces 2000 octets par le programme TCP.

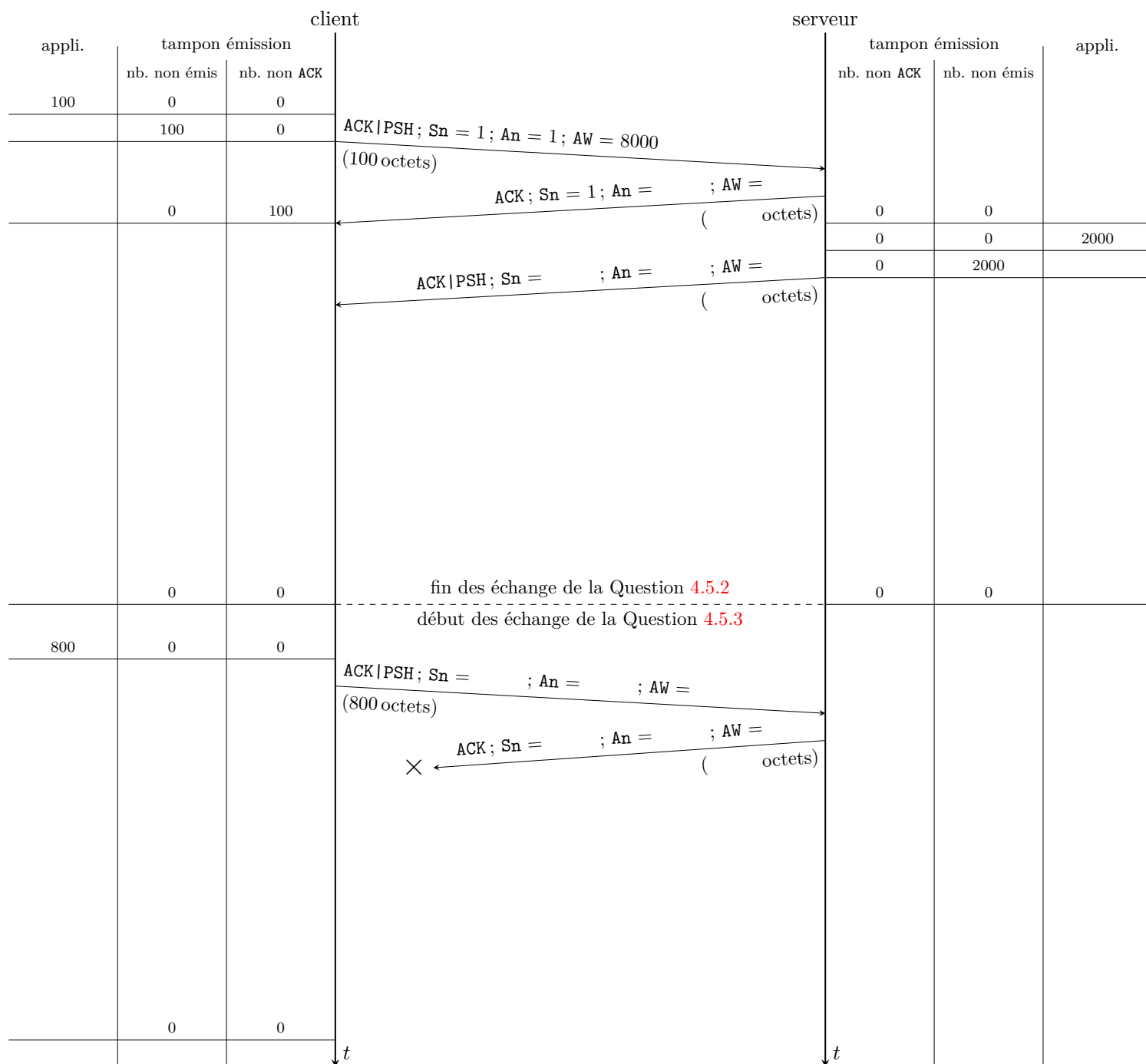


FIGURE 9 – Échange TCP avec perte de segment.

2. Combien de segments de données seront nécessaires pour réaliser cet envoi ? Justifier.
3. Donner la valeur des champs de l'entête du premier segment TCP envoyé pour ce message : numéro port source, numéro port destination, **Sn**, **An**, **AW**.
4. Compléter le 3<sup>ème</sup> segment du diagramme.
5. Compléter à la suite sur le diagramme l'ensemble des segments nécessaires pour l'envoi de ce message, jusqu'à l'envoi et la réception du dernier acquittement. Appliquer les règles d'émission et de réception (acquittement) telles que définies en cours.
6. Représenter le tampon réception à la fin de cet échange. Quelle est la taille de la place libre dans ce tampon réception ? Expliquer comment cette place pourra augmenter.

**Question 4.5.3.** Le programme application client dépose ensuite 800 octets dans le tampon émission du programme TCP. C'est ce qui est noté dans le diagramme par la valeur 800 dans la colonne appli. à gauche de la Figure 9, dans la seconde portion du diagramme. Une erreur de transmission, qui est représentée par une croix sur le schéma, survient lors du transport du segment TCP d'acquittement envoyé par le serveur.

1. Qu'est-ce qui permettra au programme TCP client de détecter cette erreur ?
2. Représenter graphiquement le scénario complet de cet échange, jusqu'à la réception correcte de toutes les données et des acquittements. Faire apparaître le délai de ré-émission.

## 5 Applications et encapsulation

### 5.1 Analyse d'une trame

La trame Ethernet ci-dessous, capturée sur un réseau TCP/IP, contient une requête HTTP, envoyée par un navigateur web à un serveur HTTP. La station du navigateur web et celle du serveur HTTP sont sur le même réseau Ethernet.

Cette capture donne le flux d'octets en hexadécimal et ne contient ni le préambule ni le code de détection d'erreurs FCS. Sur la partie droite, la correspondance du caractère ASCII de chaque octet est affichée (si elle existe, sinon un point est affiché).

Le flux d'octets de la trame est représentée par une succession de lignes de 16 octets. La colonne de gauche indique l'indice (en hexadécimal) du premier octet de chaque ligne du flux.

0000	08 00 4e 33 5b 00 08 00 20 87 b0 44 08 00 45 00	..N3[... ..D..E.
0010	00 7f 1c dd 40 00 40 06 34 11 c1 37 33 83 c1 37	....@.@.4..73..7
0020	33 99 c6 fa 00 50 cc 5e 19 88 d6 da 37 a5 50 18	3....P.^....7.P.
0030	c5 f8 0f b4 00 00 47 45 54 20 2f 69 6e 64 65 78	.....GET /index
0040	2e 68 74 6d 6c 20 48 54 54 50 2f 31 2e 30 0d 0a	.html HTTP/1.0..
0050	55 73 65 72 2d 41 67 65 6e 74 3a 20 68 61 72 72	User-Agent: harr
0060	79 70 6f 74 74 65 72 0d 0a 41 63 63 65 70 74 3a	ypotter..Accept:
0070	20 74 65 78 74 2f 70 6c 61 69 6e 0d 0a 41 63 63	text/plain..Acc
0080	65 70 74 3a 20 68 74 6d 6c 0d 0a 0d 0a	ept: html....

#### 5.1.1 Encapsulation des unités de données

Cette requête HTTP est un message de niveau application, encapsulé dans un paquet de niveau transport TCP, lui-même encapsulé dans un paquet de niveau réseau IP, lui-même encapsulé dans la trame Ethernet au niveau liaison.

L'en-tête du paquet IP a une longueur de 20 octets, soit cinq mots de 4 octets (valeur 5 du 15<sup>ème</sup> octet, 1<sup>ère</sup> ligne), et son champ *Protocol* contient 0x06 (23<sup>ème</sup> octet, 2<sup>ème</sup> ligne), ce qui signifie que le champ *Data* contient un segment TCP.

**Question 5.1.1.1.** Repérer sur la capture ci-dessus comment cette encapsulation est réalisée : surligner avec des couleurs différentes les différents entêtes des unités de données encapsulées dans cette trame capturée (Ethernet, IP et TCP).

#### 5.1.2 Identification des champs

**Question 5.1.2.1** (niveau liaison).

1. Quelle est l'adresse Ethernet de la station du navigateur ?
2. Quelle est l'adresse Ethernet de la station du serveur HTTP ?
3. Comment le récepteur va déterminer que le champ *Données* contient un paquet IP ?

**Question 5.1.2.2** (niveau réseau).

1. Quelle est l'adresse IP du serveur (en hexadécimal et en notation décimale pointée) ?
2. Quelle est l'adresse IP du navigateur (en hexadécimal et en notation décimale pointée) ?

**Question 5.1.2.3** (niveau transport).

1. Quel est le numéro du port utilisé par le navigateur ?
2. Quel est le numéro du port utilisé par le serveur ?

## 5.2 Analyse d'une trame

**Question 5.2.1** (5pt). On considère la trace wireshark de la figure 10.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Len	Info
43	2.555406675	192.168.0.17	188.184.21.108	TCP	74	55062 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460
56	2.587253220	188.184.21.108	192.168.0.17	TCP	74	80 → 55062 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=28960 Len=0
57	2.587326771	192.168.0.17	188.184.21.108	TCP	66	55062 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=64256 Len=0
58	2.587739022	192.168.0.17	188.184.21.108	HTTP	439	GET / HTTP/1.1
59	2.623381787	188.184.21.108	192.168.0.17	TCP	66	80 → 55062 [ACK] Seq=1 Ack=374 Win=30080 Len=0
60	2.624658159	188.184.21.108	192.168.0.17	HTTP	944	HTTP/1.1 200 OK (text/html)
61	2.624714112	192.168.0.17	188.184.21.108	TCP	66	55062 → 80 [ACK] Seq=374 Ack=879 Win=63488 Len=0
62	2.625018217	192.168.0.17	188.184.21.108	TCP	66	55062 → 80
63	2.625165692	188.184.21.108	192.168.0.17	TCP	66	80 → 55062
64	2.656812976	188.184.21.108	192.168.0.17	TCP	66	80 → 55062
65	2.657326771	192.168.0.17	188.184.21.108	TCP	66	55062 → 80

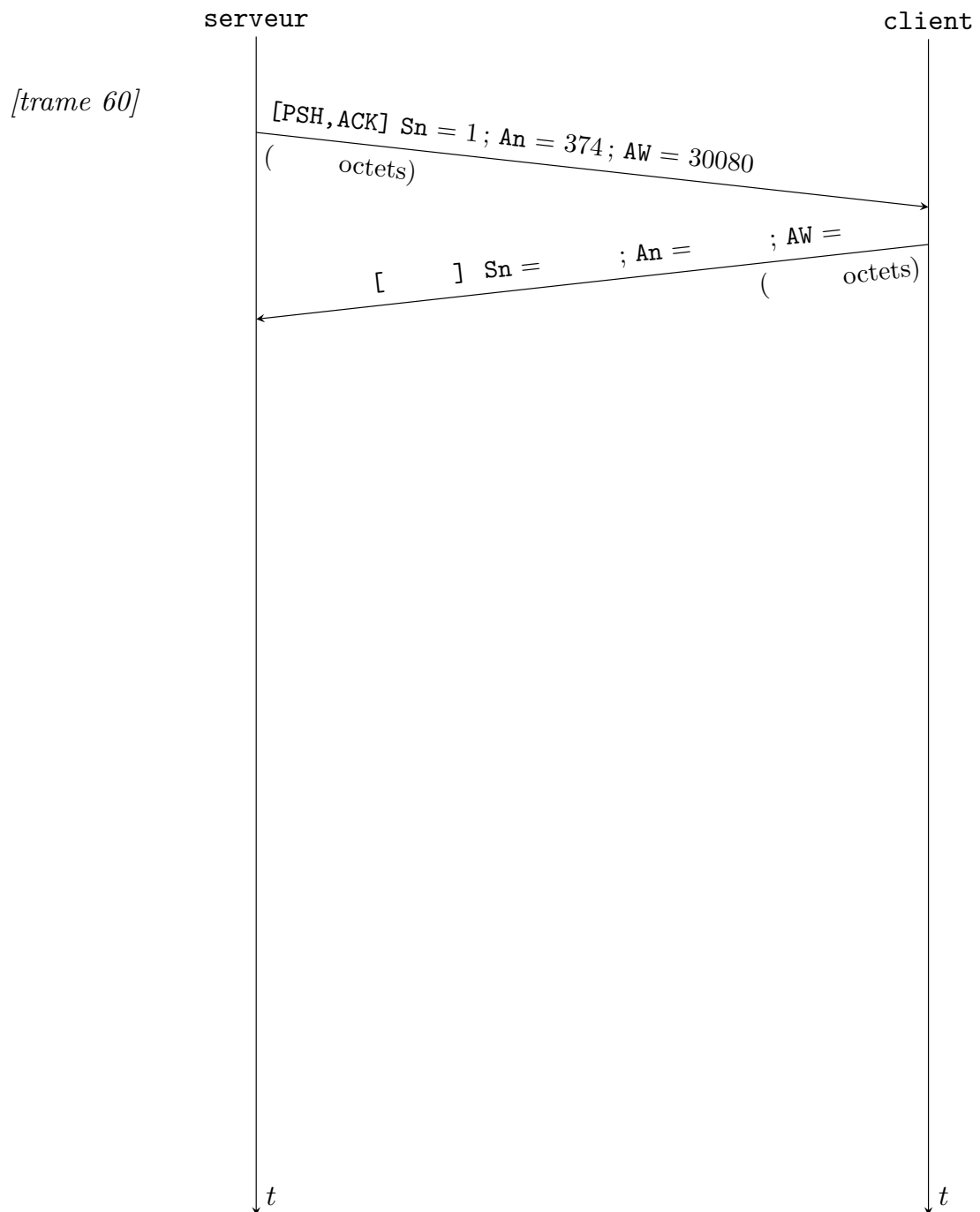
▶	Frame 58: 439 bytes on wire (3512 bits), 439 bytes captured (3512 bits) on interface wlp0s20f3, id 0
▶	Ethernet II, Src: IntelCor_34:c7:fe (48:51:c5:34:c7:fe), Dst: Sagemcom_9d:b4:0c (24:7f:20:9d:b4:0c)
▶	Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.17, Dst: 188.184.21.108
▶	Transmission Control Protocol, Src Port: 55062, Dst Port: 80, Seq: 1, Ack: 1, Len: 373
▶	Hypertext Transfer Protocol

0000	24 7f 20 9d b4 0c 48 51 c5 34 c7 fe 08 00 45 00	\$ . . . . HQ . 4 . . . . E .
0010	01 a9 77 da 40 00 40 06 2e 97 c0 a8 00 11 bc b8	. w @ . @ . . . . .
0020	15 6c d7 16 00 50 57 95 a1 8d 46 6b cc 05 80 18	. l . . . PW . . . Fk . . .
0030	01 f6 94 79 00 00 01 01 08 0a bc 74 b8 10 41 a4	. . . y . . . . . t . A .
0040	05 ff 47 45 54 20 2f 20 48 54 54 50 2f 31 2e 31	. . GET / HTTP/1.1
0050	0d 0a 48 6f 73 74 3a 20 69 6e 66 6f 2e 63 65 72	. . Host: info.cer
0060	6e 2e 63 68 0d 0a 55 73 65 72 2d 41 67 65 6e 74	n . ch . . Us er-Agent
0070	3a 20 4d 6f 7a 69 6c 6c 61 2f 35 2e 30 20 28 58	: Mozilla / 5.0 (X
0080	31 31 3b 20 55 62 75 6e 74 75 3b 20 4c 69 6e 75	11; Ubun tu; Linu
0090	78 20 78 38 36 5f 36 34 3b 20 72 76 3a 31 30 39	x x86_64 ; rv:109
00a0	2e 30 29 20 47 65 63 6b 6f 2f 32 30 31 30 30 31	. 0) Gecko o/201001
00b0	30 31 20 46 69 72 65 66 6f 78 2f 31 31 33 2e 30	01 Firef ox/113.0
00c0	0d 0a 41 63 63 65 70 74 3a 20 74 65 78 74 2f 68	. . Accent : text/h

FIGURE 10 – Capture Wireshark d'une communication TCP à partir du client. Seules les trames des paquets IP transportant des segments TCP sont présentées et les informations des trames 62 à 65 ont été supprimées. En haut : échange TCP ; au milieu : détail de la pile protocolaire de la trame numéro 58 ; en bas : représentation hexadécimale (tronquée) de la trame numéro 58.

1. Donnez l'adresse MAC, IP et le port du client et du serveur. **Attention**, une de ces informations n'est en fait pas accessible. Indiquez laquelle et justifiez votre réponse.
2. Donnez la définition des éléments **Seq=**, **Ack=**, **Win=** et **Len=**.
3. Nommez les trois phases d'une connexion TCP et associez les numéros de trames qui correspondent en face de ces noms
4. Repérez les deux segments TCP qui transportent des messages HTTP. Pour la réponse HTTP (trame 60), donnez la taille du message HTTP transmis en nombre octets. Comment avez-vous procédé pour trouver ce nombre ?
5. Sur le diagramme d'échange suivant, complétez les échanges TCP à partir de la trame 60 (réponse HTTP) jusqu'à la trame 65 en considérant que la trame 62 initie la terminaison de la connexion. Vous représenterez les drapeaux, les numéros de Sn, An, la fenêtre de réception ainsi que le nombre d'octets transmis. On considérera que les tampons ne sont jamais vidés par l'application et on ne les représentera pas sur le diagramme.



**Question 5.2.2.** Le code hexadécimal de la trame 58 est donné en bas de la figure 10.

À l'aide des formats des protocoles Ethernet, IP et TCP donnés en annexe

1. Soulignez dans la représentation hexadécimale de la figure 10, les adresses MAC destination puis source. **Attention**, le préambule Ethernet n'est pas représenté sur Wireshark.
2. Entourez la taille totale du paquet IP, l'IP source et l'IP destination. **Attention**, considérez ici que le paquet IP ne contient pas d'option.
3. Mettez entre parenthèses les numéros de port TCP destination et source ainsi que les numéros de séquence et d'ackittement
4. Indiquez quelle est la version de HTTP utilisée et l'URL demandée dans le message HTTP.

### 5.3 DHCP

**Question 5.3.1.** Soit la trace Wireshark d'un échange DHCP donnée Figure 11.

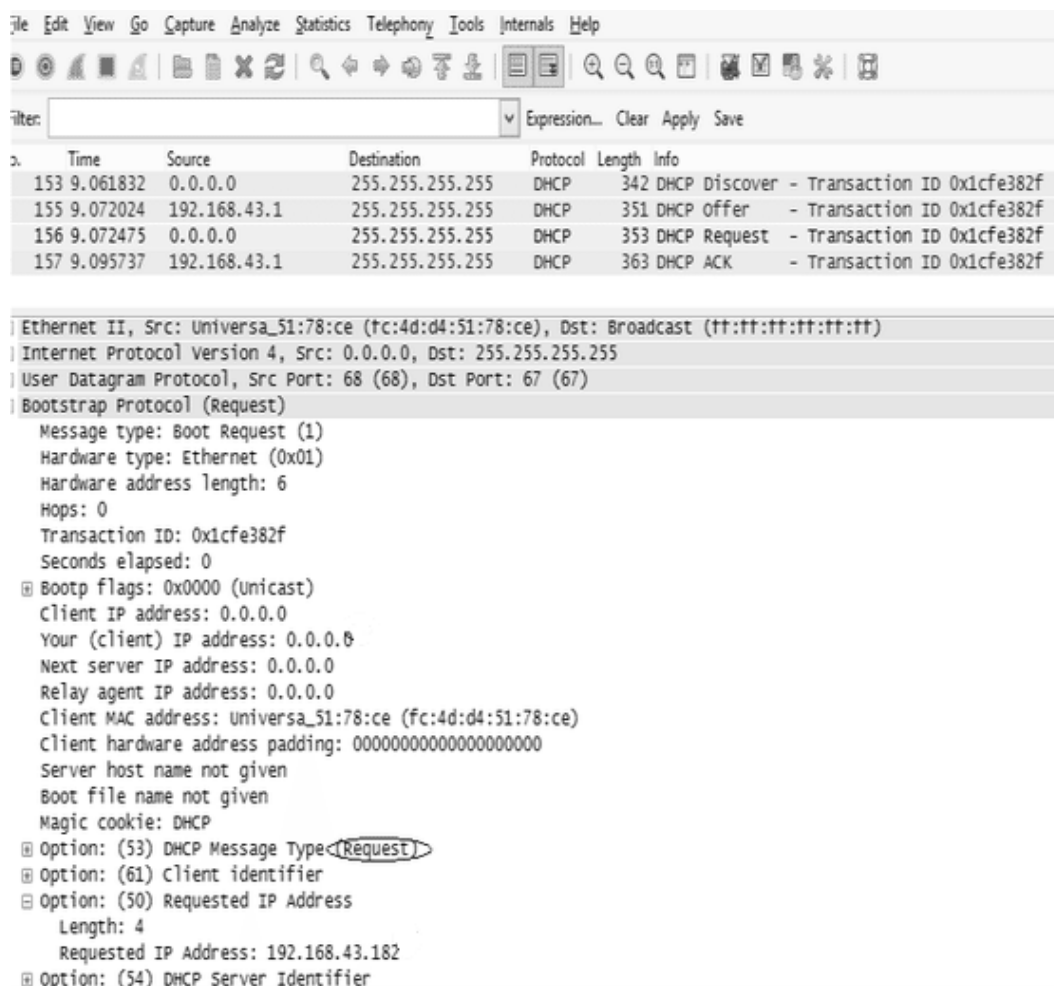


FIGURE 11 – Trace Wireshark d'un échange DHCP. La partie basse détaille le message 156 (DHCP Request). Ici, *Bootstrap Protocol* est le terme utilisé par Wireshark pour désigner le protocole DHCP.



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.

## 6 Exercice sur les VLANs

## 6.1 Inter-réseau constitué de trois VLANs

Soit un inter-réseau réalisé avec un commutateur/routeur, représenté sur le schéma ci-dessous (cf. Figure 12).

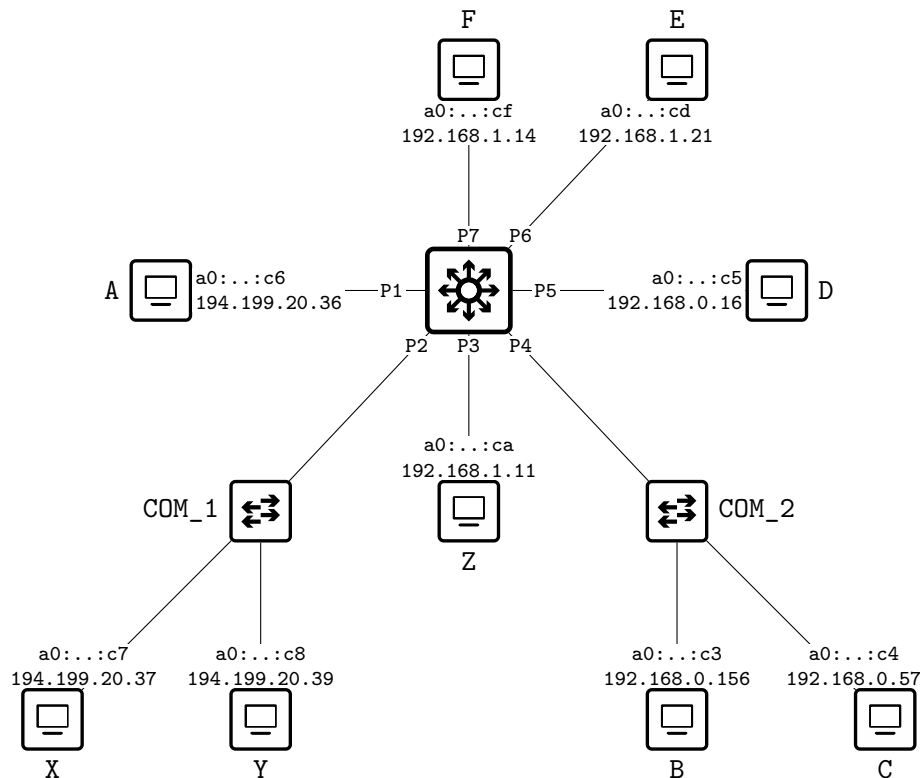


FIGURE 12 – Topologie inter-réseau à trois VLANs.

Ce commutateur/routeur relie trois réseaux virtuels (VLAN) : 194.199.20.0/25, 192.168.0.0/24 et 192.168.1.0/24. Comme on le voit sur la Figure 12, la constitution de ces VLAN est faite statiquement.

Les adresses du commutateur/routeur sont les suivantes :

- 194.199.20.1 sur le réseau 194.199.20.0.  
L'interface associée à cette adresse IP a pour adresse MAC a0:...b0.
- 192.168.0.1 sur le réseau 192.168.0.0.  
L'interface associée à cette adresse IP a pour adresse MAC a0:...b1.
- 192.168.1.1 sur le réseau 192.168.1.0.  
L'interface associée à cette adresse IP a pour adresse MAC a0:...b2.

**Question 6.1.1.** La station Z envoie une trame Ethernet en diffusion (adresse destination ff:ff:ff:ff:ff:ff). Quelles stations recevront cette trame?

**Question 6.1.2.** Donner la table de routage de la station Y (deux lignes suffisent).

**Question 6.1.3.** Donner la table de routage du commutateur/routeur.

**Question 6.1.4.** Donner la table de commutation du commutateur/routeur.

**Question 6.1.5.** La station Y envoie un paquet IP à la station A.

1. Expliquer précisément ce qui est exécuté dans la station Y pour permettre l'envoi du paquet.
2. Quelle adresse MAC destination contiendra la trame qui contient le paquet émis par Y ? Justifier votre réponse.
3. Le commutateur/routeur fonctionne-t-il en tant que commutateur ou en tant que routeur ? Décrire ce qu'il fait pour acheminer ce paquet.

**Question 6.1.6.** Reprendre la Question 6.1.5 lorsque la station Y envoie un paquet IP à la station B.

## 6.2 Transformation d'une installation Ethernet

Les administrateurs de l'inter-réseau dont le schéma est donné ci-dessous (cf. Figure 13) ont souhaité faire évoluer leur installation. Ils ont donc remplacé les commutateurs COM\_1 et COM\_2 ainsi que le routeur R1 par un unique équipement de type « commutateur/routeur » et appelé COM/ROUT.

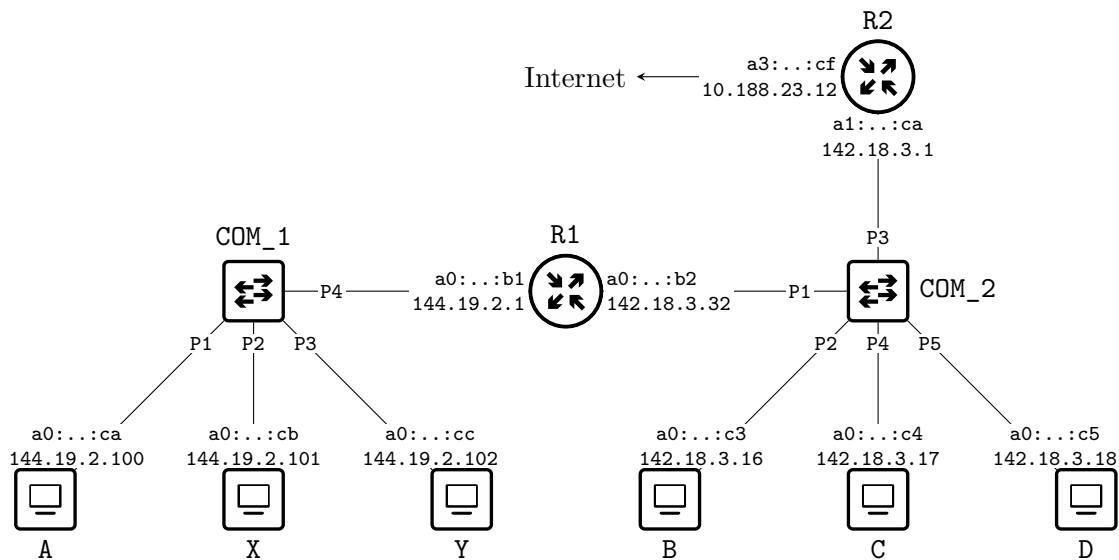


FIGURE 13 – Topologie inter-réseau à transformer.

Dans la suite de cet exercice, on va conserver (en partie) les numéros de port de rattachement des stations. La correspondance entre les ports des deux commutateurs et ceux du commutateur/routeur est la suivante :

- les ports  $P_i$  de COM\_1 deviennent les ports  $P_{1i}$  de COM/ROUT, où  $i \in \{1, 2, 3, 4\}$  ;
- les ports  $P_j$  de COM\_2 deviennent les ports  $P_{1j}$  de COM/ROUT, où  $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ .

Par exemple, le port P2 de COM\_2 devient le port P12 de COM/ROUT. Par ailleurs, les adresses MAC et IP de COM/ROUT dans chacun des réseaux seront celles qu'utilisait le routeur R1 dans ces mêmes réseaux. On considérera que les réseaux 144.19.2.0 et 142.18.3.0 sont des réseaux CIDR /24.

### 6.2.1 Structure de l'inter-réseau

**Question 6.2.1.1.** Quel est l'intérêt pour les administrateurs de cet inter-réseau d'effectuer ce changement ?

**Question 6.2.1.2.** Représenter graphiquement la nouvelle installation de cet inter-réseau (ne pas noter les adresses des stations).

**Question 6.2.1.3.** Combien de réseaux Ethernet a-t-on dans cet inter-réseau ? Justifier.

**Question 6.2.1.4.** Combien de réseaux IP a-t-on dans cet inter-réseau ? Justifier.

### 6.2.2 Configuration des stations et de COM/ROUT

**Question 6.2.2.1.** Donner la table de routage de la station A.

**Question 6.2.2.2.** Lister les machines dont les adresses IP/MAC peuvent apparaître dans le cache ARP de A.

**Question 6.2.2.3.** Donner la table de commutation complète de COM/ROUT.

**Question 6.2.2.4.** Donner la table de routage de COM/ROUT.

### 6.2.3 Étude du fonctionnement de COM/ROUT

**Question 6.2.3.1.** La station A envoie un paquet IP à la station Y.

1. Quelle règle de la table de routage de A sera appliquée ? Justifier.
2. En déduire l'adresse MAC destination de la trame envoyée par A.
3. Quelle fonction de COM/ROUT sera utilisée : la commutation ou le routage ? Justifier votre réponse.
4. En déduire combien de trames sera/seront nécessaire(s) pour acheminer ce paquet de A à Y. Donner, si une seconde trame est nécessaire, les adresses source et destination de cette seconde trame.

**Question 6.2.3.2.** La station A envoie un paquet IP à la station C.

1. Quelle règle de la table de routage de A sera appliquée ?
2. En déduire l'adresse MAC destination de la trame envoyée par A.
3. Quelle fonction de COM/ROUT sera utilisée : la commutation ou le routage ? Justifier votre réponse.
4. En déduire combien de trames sera/seront nécessaire(s) pour acheminer ce paquet de A à C. Donner, si une seconde trame est nécessaire, les adresses source et destination de cette seconde trame.

**Question 6.2.3.3.** La station A envoie un paquet IP à la station d'adresse IP 155.5.5.5.

1. Quelle règle de la table de routage de A sera appliquée ?
2. Quelle règle de la table de routage du COM/ROUT sera appliquée ?
3. En déduire combien de trames au minimum sera/seront nécessaire(s) pour acheminer ce paquet de A à la station d'adresse 155.5.5.5. Donner, si une seconde trame est nécessaire, les adresses source et destination de cette seconde trame.

## A Format des entêtes/unités de données

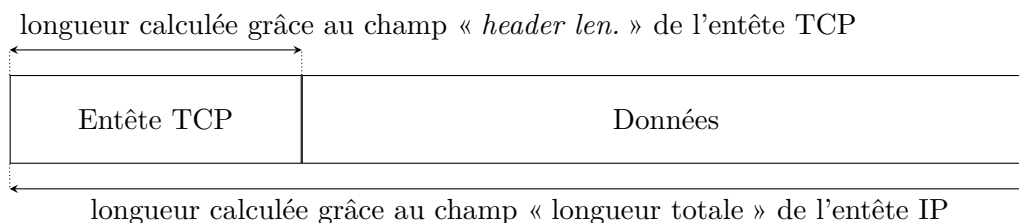
### Ethernet

8 octets	6 octets	6 octets	2 octets	46 octets à 1500 octets	4 octets
préambule	adresse destination	adresse source	EtherType	données	FCS

### IP

0										1										2										3	
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
version			header len.			type de service						longueur totale																			
identification										flags		fragment offset																			
TTL					protocole					somme de contrôle ( <i>checksum</i> )																					
adresse IP source																															
adresse IP destination																															
Options																															

### TCP



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				
port source																port destination																			
numéro de séquence <b>Sn</b>																																			
numéro d'acquittement <b>An</b>																																			
header len.		réservé		drapeaux ( <i>flags</i> )																fenêtre ( <b>AW</b> )															
somme de contrôle ( <i>checksum</i> )																pointeur de données urgentes (si <i>flag</i> <b>URG</b> == 1)																			
Options																																			