

# Examen de Réseaux INFO3

P. Sicard

mercredi 18 mai 2022

Durée : 2 heures

Tous documents autorisés. Ordinateurs interdits.

Un barème approximatif est donné.

## 1 Adressage et routage (10 points)

### 1.1 PLAN D'ADRESSAGE ET ROUTAGE STATIQUE

Vous devez administrer un réseau d'ordinateurs suivant le plan donné dans l'Annexe 2.

- Les trois switches (commutateurs) sont de type Ethernet. La borne Wifi est reliée au switch 2.
- Le routeur *Rout1* est relié via une fibre optique à Internet. Il possède aussi une interface Ethernet qui est reliée au switch1.
- Le routeur *Rout2* possède 2 interfaces Ethernet.
- Le routeur *Rout3* possède 3 interfaces Ethernet.
- Le routeur *Rout4* possède 4 interfaces Ethernet.
- Les hôtes A, B et C possèdent une interface Ethernet. L'hôte D et l'hôte E sont connectés à la borne WIFI via des ondes radio grâce à leurs cartes WIFI.
- Tous les liens apparaissant sur le plan sont en paire torsadée hormis la fibre optique reliant le routeur *Rout1* à l'extérieur.

**Attention** Les routeurs *Rout3* et *Rout4* sont reliés par une paire torsadée et d'autre part reliés via le switch 2; ils sont donc reliés via **deux réseaux distincts**.

**Rappel** : Une borne WIFI est un pont Ethernet/WIFI, ce n'est donc pas un routeur.

Le fournisseur d'accès à Internet vous propose d'utiliser une plage d'adresses IPv4 publiques pour votre Intranet : **111.0.160.160/27**.

L'adresse attribuée à l'interface extérieure (fibre optique) de *Rout1* est **190.0.0.129/30**, l'adresse du routeur extérieur *RExt* relié à cette fibre optique est **190.0.0.130/30**.

1. Combien de réseaux apparaissent dans cet Intranet? Combien d'adresses IP sont nécessaires sur chacun d'eux?
2. Proposez un plan d'adressage pour cet Intranet en utilisant la plage d'adresse **111.0.160.160/27**.  
**On n'utilisera pas d'adresses privées**. Expliquez le découpage en sous-réseaux que vous effectuez pour cela.  
Donnez le « Netmask » associé à chacun des sous-réseaux.  
**Remarque** : Vous pouvez rendre l'annexe 2 annotée des adresses des routeurs et des ordinateurs hôtes.
3. On veut que les hôtes D et E connectés à la borne WIFI se configurent via le protocole **DHCP**. Quelles sont les informations qu'un serveur DHCP doit distribuer à ces hôtes pour qu'ils puissent communiquer avec Internet?
4. Donnez les tables de routage des hôtes A, B et C et des quatre routeurs de telle manière que :
  - Tous les hôtes de l'Intranet et les 4 routeurs communiquent entre eux.
  - Tous les hôtes de l'Intranet et les 4 routeurs peuvent communiquer avec des ordinateurs extérieurs (Internet).
  - Les chemins résultants pour ces communications soient toujours les plus courts (en terme de nombre de réseaux traversés), à l'intérieur de l'Intranet et vers l'extérieur.
  - Les tables de routages possèdent le moins possible de ligne.

On donnera les tables de routage sous la forme :

**Réseau destination** | **Netmask (ou notation /x)** | **Adresse du routeur voisin**

**Remarques** :

- Pour simplifier la lecture de ces tables, il est **fortement conseillé** d'utiliser des noms au lieu des adresses (à préciser sur le plan d'adressage).
  - **Attention les routeurs possèdent plusieurs adresses**.
  - Vous rappellerez les lignes de **connexions directes** aux réseaux qui apparaissent à l'initialisation des interfaces dans ces tables de routage.
5. Les hôtes D et E avec leur configuration via DHCP peuvent ils communiquer avec l'ensemble des hôtes de l'Intranet?

Si oui, pourquoi ?

Si non, que faut-il rajouter à leur table de routage pour que cela soit possible ?

## 1.2 ROUTAGE AUTOMATIQUE – PROTOCOLE RIP

On vide l'ensemble des tables de routage puis on lance le protocole RIP (version 2) sur les 4 routeurs de l'Intranet et les ordinateurs hôtes. On ne lance pas RIP sur le réseau extérieur (**Rout1-RExt**).

**Remarque :** la version 2 du protocole RIP fournit aussi les netmasks associés aux adresses de réseau échangées.

1. Donnez le contenu des tables de routage des quatre routeurs et des hôtes **A**, **B** et **C**, une fois qu'elles se sont stabilisées (entièrement remplies). Précisez les métriques associées à chaque ligne des tables.  
Y a-t-il plusieurs solutions ? Pourquoi ?
2. Donnez le contenu des paquets RIP (liste des adresses réseau / netmask / métrique) envoyés alors par le routeur **Rout3** sur les trois réseaux auxquels il est connecté.
3. Les ordinateurs hôtes peuvent-ils accéder à Internet ? Si non que faut-il rajouter aux tables de routage des routeurs et des hôtes pour que les hôtes aient accès à l'Internet ?
4. La ligne entre le switch 2 et le routeur **Rout4** est coupée. Plus aucun paquet ne peut circuler sur cette liaison. **De plus Rout4 s'aperçoit que la ligne n'est plus "branchée" à un équipement et donc, n'utilise plus l'interface associée et de plus modifie la métrique RIP associée au réseau du switch2 à la valeur 16 (infini).**

Donnez les tables de routages résultantes du routeur **Rout4**, et de l'hôte **C** après quelques minutes.

Expliquez en détails ce qu'il s'est passé au niveau du protocole RIP sur ces deux machines (événements particuliers comme *sonnerie de timer*, *réception/émission de paquet RIP*, *modifications de table de routage ...*) pour arriver à ces nouvelles tables de routages.

5. A la suite de cette panne est-ce que le ping de A à C fonctionne ? Expliquez pourquoi. En supposant que les tables ARP sont vides dans l'ensemble des machines, donnez le chronogramme détaillant les paquets circulant sur les différents réseaux au moment de ce ping. Précisez les adresses demandées dans les paquets ARP.

## 2 PROTOCOLE TRANSPORT (7,5 points)

En annexe 1 sont données les traces de captures de paquets sur un ordinateur relié à un réseau **Ethernet** à l'aide de l'outil *Wireshark*.

Chaque ligne décrit un paquet.

La première colonne donne le numéro du paquet, la deuxième le temps écoulé depuis le début de la capture (en seconde).

Ensuite pour chaque paquet sont donnés :

- les adresses IP **Source** et **Destination**,
- le **Protocole** de niveau le plus haut (ici *TCP*),
- puis les valeurs de certains champs de l'entête *TCP* :
  - les numéros de port source et destination,
  - des flags éventuels,
  - le numéro de séquence (*Seq*),
  - le numéro d'acquittement (*Ack*),
  - la valeur de la fenêtre du récepteur (*Win*),
  - la taille des données TCP (*Len*).

Cette capture a été effectuée lors de l'ouverture d'une connexion TCP entre deux ordinateurs puis de l'envoi de données (en grande quantité) à travers cette connexion (voir l'ébauche du chronogramme en annexe 3).

La capture a été effectuée sur la machine d'adresse *192.0.0.129* La taille du **buffer d'émission est de 32 000 octets** sur la machine d'adresse *192.0.0.129*.

Répondre de façon précise aux questions suivantes :

1. Quelles sont les adresses IP du serveur et du client de l'application qui a généré ces paquets. Quels sont les paquets qui permettent l'ouverture de la connexion TCP? Comment le savez-vous?
2. Faites apparaître sur le chronogramme donné en annexe 3, les paquets d'ouverture de connexion TCP.  
Faites aussi apparaître les primitives des sockets associées côté client et côté serveur (*Connect, Bind, Listen, Accept ...*).  
**Important** : précisez à l'aide d'une flèche les instants d'appels de ces primitives.
3. Rappelez à quoi sert un numéro de port TCP. Quels sont les numéros de port du client et du serveur?
4. Les données sont émises dans des paquets de longueur 1448 octets (données TCP). Expliquez précisément pourquoi cette longueur?
5. Quelle est la taille du buffer de réception de la machine réceptrice de données (*192.0.0.2*)?

Comment le savez-vous ?

6. Que se passerait-il si le paquet 5 n'arrivait pas à destination ?
7. Le paquet numéro 8 semble être un acquittement TCP (sans donnée). Que signifie la valeur de son champ *Ack* (=2897) ? Jusqu'à quel paquet de donnée est-il l'acquittement ?
8. Quel est l'intervalle de temps entre l'émission des données et des acquittements correspondants ? Ce temps d'aller-retour (RTT : Round Trip Time) est-il constant (à peu près) lors de l'ensemble des échanges ?
9. Faites apparaître les paquets 5, 6, 7, 8 et 9 sur le chronogramme donné en Annexe 3. Faites apparaître le RTT trouvé à la question précédente.
10. Pourquoi le champ *Win* des paquets émis par la machine d'adresse **192.0.0.129** est-il égal à **66608** ? Pourquoi sa valeur ne change-t-elle pas ?
11. Pourquoi le champ *Win* des paquets 8 et 9 est-il égal à 2896 ? Le récepteur suit-il le rythme d'émission ?  
Complétez le chronogramme de l'annexe 3 en faisant apparaître les appels (« plausibles ») de la primitive **read** des sockets (côté récepteur).
12. On se place après la réception du **paquet 8** sur la machine d'adresse **192.0.0.129**. La figure 1 représente la fenêtre à anticipation du contrôle de flux sur cette machine. Complétez là en faisant apparaître les valeurs des éléments suivants à ce moment là :
  - le numéro du dernier octet lu par l'application côté récepteur,
  - la taille du buffer de réception côté récepteur,
  - le numéro du dernier octet émis,
  - la valeur du champ WIN contenu dans le dernier acquittement reçu,
  - le numéro de séquence maximal que le récepteur peut recevoir et donc que l'émetteur peut émettre au vu de la fenêtre du contrôle de flux.

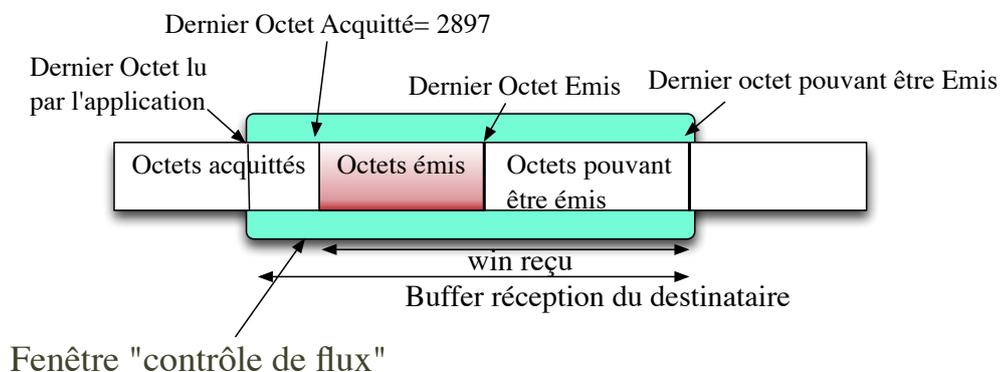


Figure 1 – Fenêtre à anticipation

13. Pourquoi la machine émettrice de donnée n'émet elle que 2 paquets avant d'attendre les acquittements?
14. L'échange des données continue par la suite de la même façon : émission de deux paquets de données suivie de la réception de deux paquets d'acquittements.  
Quel est le débit d'émission au niveau applicatif que l'on observe ? Expliquez vos calculs.
15. Sachant que le débit physique du réseau est de 100 Mégabit/s, quelle est la taille du buffer de réception minimal pour que le débit « applicatif » soit optimal. Expliquez en détail les calculs.
16. La taille du buffer d'émission (32 000 octets) de l'émetteur est elle alors suffisante ? Expliquez pourquoi ?

### 3 Utilisation d'un switch (2,5 points)

Trois ordinateurs A, B et C sont connectés à un switch Ethernet dont les interfaces sont à 100 Mégabits/s (voir la figure 2).

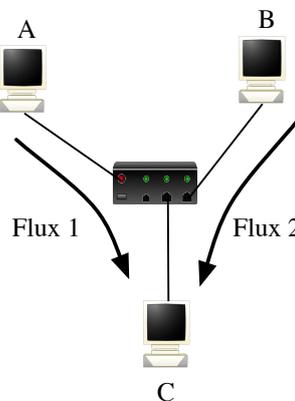


Figure 2 – Utilisation d'un switch

1. Rappelez en quelques lignes le principe de fonctionnement d'un switch.
2. On commence par générer le flux 1 de paquets UDP entre A et C à l'aide de l'outil *udpmt/udptarget* (comme utilisé en TP). Pour l'instant aucun paquet n'est émis depuis B.  
La taille des données UDP est de **500 octets**.  
Le débit applicatif observé en émission et réception est de **88,3 Mégabits/s**.

Expliquez en détails pourquoi. Expliquez vos calculs.

**Rappel :** la taille de l'entête IP est de 20 octets, la taille de l'entête UDP est de 8 octets. Ethernet a 18 octets d'entête plus un préambule de 8 octets. Ethernet 100 Mégabits/s laisse un silence de 960 nanosecondes entre les trames.

3. On génère maintenant les deux flux UDP 1 et 2 simultanément depuis A et B vers C. La taille des paquets est toujours de 500 octets.  
On observe toujours les mêmes débits applicatifs en émission. Par contre les débits en réception sont variables et en moyenne ceux d'émission divisés par deux.

Expliquez ce qu'il se passe au niveau du switch ?

Pourquoi les débits en réception sont ils variables ?

Pourquoi C reçoit il pour chaque flux seulement la moitié des paquets ?

4. On lance un premier flux UDP entre A et C avec une taille de paquet de **1472 octets**, on obtient un débit de 91,7 mégabits/s.  
On lance ensuite le deuxième flux entre B et C avec une taille de donnée UDP de **2000 octets**.  
On observe alors en réception un débit variable de **50 à 60 mégabits/s pour le flux 1** et un débit variable de **1 à 2 mégabits/s pour le flux 2**.

Expliquez pourquoi il existe une telle différence entre les deux débits ?

## 4 Annexes

## Annexe 1 : Résumés des paquets capturés

No. Time	Source	Destination	Protocol	Info
1 0.000000	192.0.0.129	192.0.0.2	TCP	55395 > 12010 [SYN] Seq=0 Ack=0 Win=65535 Len=0
2 0.018124	192.0.0.2	192.0.0.129	TCP	12010 > 55395 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=2896 Len=0
3 0.018169	192.0.0.129	192.0.0.2	TCP	55395 > 12010 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=66608 Len=0
4 0.018279	192.0.0.129	192.0.0.2	TCP	55395 > 12010 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=66608 Len=1448
5 0.038111	192.0.0.2	192.0.0.129	TCP	12010 > 55395 [ACK] Seq=1 Ack=1449 Win=2896 Len=0
6 0.038151	192.0.0.129	192.0.0.2	TCP	55395 > 12010 [ACK] Seq=1449 Ack=1 Win=66608 Len=1448
7 0.038163	192.0.0.129	192.0.0.2	TCP	55395 > 12010 [ACK] Seq=2897 Ack=1 Win=66608 Len=1448
8 0.058096	192.0.0.2	192.0.0.129	TCP	12010 > 55395 [ACK] Seq=1 Ack=2897 Win=2896 Len=0
9 0.058099	192.0.0.2	192.0.0.129	TCP	12010 > 55395 [ACK] Seq=1 Ack=4345 Win=2896 Len=0
10 0.058119	192.0.0.129	192.0.0.2	TCP	55395 > 12010 [ACK] Seq=4345 Ack=1 Win=66608 Len=1448
11 0.058134	192.0.0.129	192.0.0.2	TCP	55395 > 12010 [ACK] Seq=5793 Ack=1 Win=66608 Len=1448
12 0.078085	192.0.0.2	192.0.0.129	TCP	12010 > 55395 [ACK] Seq=1 Ack=5793 Win=2896 Len=0
13 0.078088	192.0.0.2	192.0.0.129	TCP	12010 > 55395 [ACK] Seq=1 Ack=7241 Win=2896 Len=0
14 0.078110	192.0.0.129	192.0.0.2	TCP	55395 > 12010 [ACK] Seq=7241 Ack=1 Win=66608 Len=1448

## Annexe 2

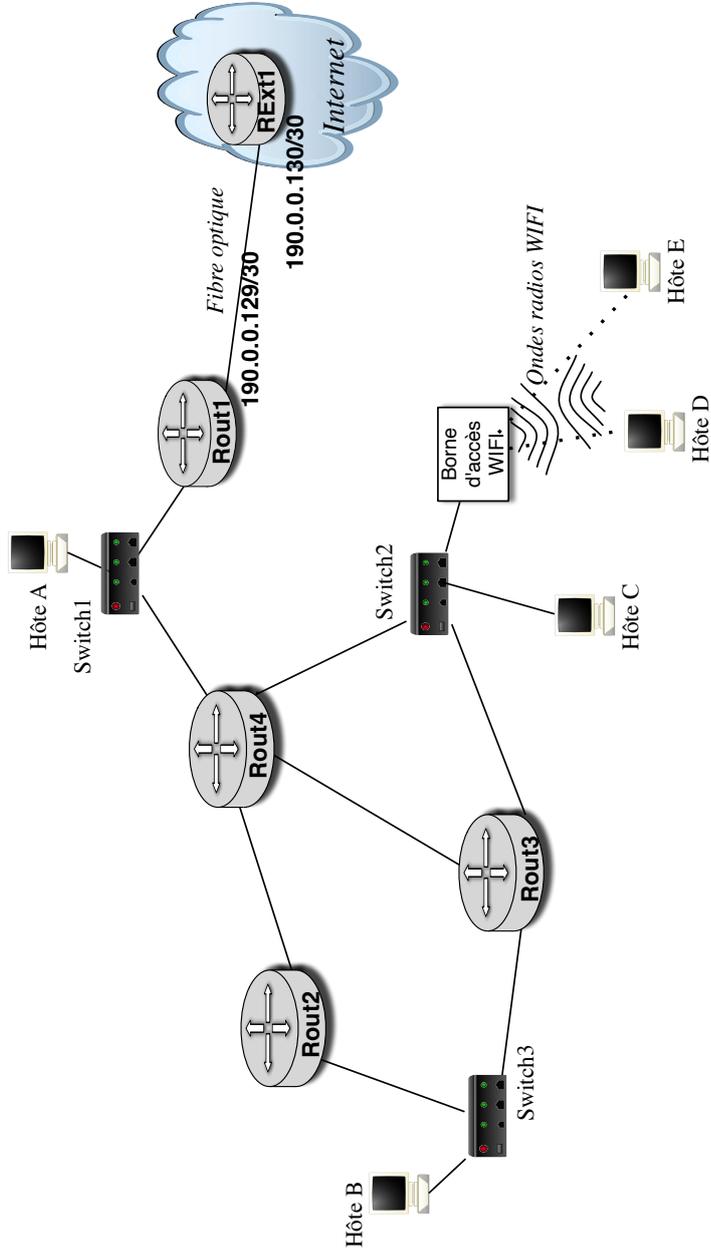


Figure 3 – Topologie du réseau à administrer

**Annexe 3**

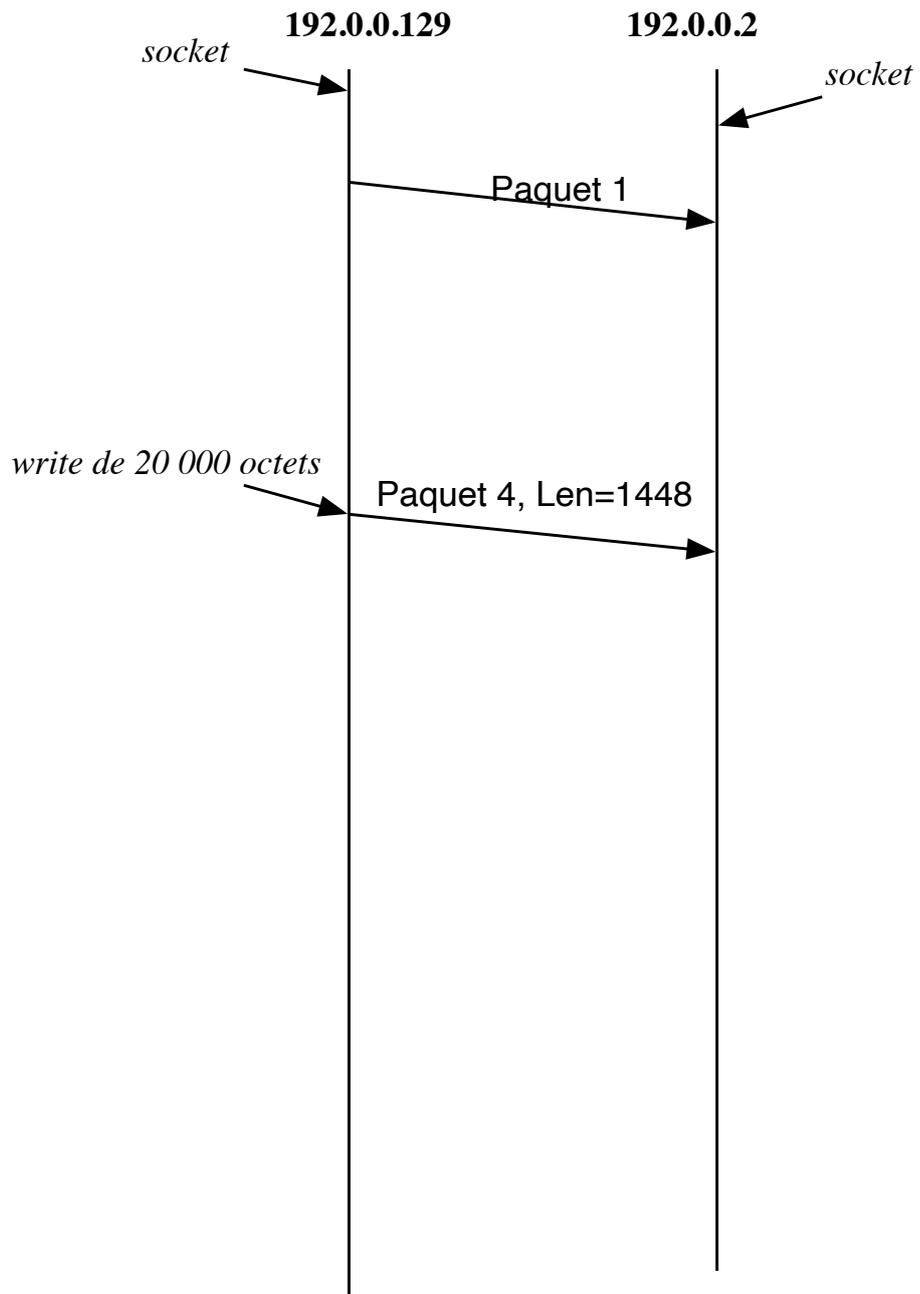


Figure 4 – Echange des paquets