

# Examen de Réseaux INFO3

P. Sicard

mardi 11 mai 2021

Durée : 2 heures

Tous documents autorisés. Ordinateurs interdits.

Un barème approximatif est donné.

## 1 Adressage et routage (11 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.
- Le routeur *Rout1* est relié via une fibre optique à Internet. Il possède aussi une interface Ethernet qui est reliée au routeur *Rout4*.
- Le routeur *Rout2* possède 3 interfaces Ethernet.
- Le routeur *Rout3* possède 2 interfaces Ethernet et une interface WIFI qui est connecté à la borne WIFI.
- Le routeur *Rout4* possède 2 interfaces Ethernet.
- L'hôte D est connecté à la borne WIFI via des ondes radio grâce à sa carte WIFI.
- La borne Wifi est reliée au switch 1.
- Les hôtes A, B et C possèdent une interface Ethernet.
- Tous les liens apparaissant sur le plan sont en paire torsadée.

- **Attention** Les routeurs **Rout2** et **Rout3** sont d'une part directement reliés par une paire torsadée et d'autre part reliés via le switch 3. 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'adresse IP publiques pour votre Intranet : **110.0.96.96/27**.

1. L'interface extérieure du routeur **Rout1** (permettant la liaison avec **RExt**) est configurée via le protocole **DHCP**. Le contenu du paquet DHCP-ACK envoyé par un serveur DHCP au routeur **Rout1** est donné dans l'annexe 3. A l'aide de ces informations répondez aux questions suivantes :
  - Donnez l'adresse IP qui sera attribuée à l'interface extérieure du routeur **Rout1**. Donnez le nombre de bits de la partie "réseau" de cette adresse.
  - Quelle est l'adresse du routeur **RExt**? Donnez la table de routage résultante du routeur **Rout1**.
  - L'adresse d'un serveur DNS est aussi donné dans le paquet DHCP. Quel inconvénient apparaîtrait si ce n'était pas le cas?
2. Combien d'adresses IP sont disponibles sur un réseau dont le Netmask est 255.255.255.248?
3. Combien de réseaux apparaissent dans cet Intranet? Combien d'adresses IP sont nécessaires sur chacun d'eux?
4. Proposez un plan d'adressage pour cet Intranet en utilisant la plage d'adresse **110.0.96.96/27**. **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.
5. Donnez les tables de routage des hôtes B, C et D et des quatre routeurs de telle manière que :
  - Tous les hôtes de l'Intranet communiquent entre eux.
  - Tous les hôtes de l'Intranet 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.

## 1.2 ROUTAGE AUTOMATIQUE – PROTOCOLE RIP

On vide l'ensemble des tables de routage puis on lance le protocole RIP (version 2) sur les 3 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*, *C* et *D*, 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 **Rout2** 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 les switchs 1 et 2 est coupée. Plus aucun paquet ne peut circuler sur cette liaison.  
Donnez les tables de routages résultantes du routeur **Rout4**, et des hôtes *A* et *C* après quelques minutes.

Expliquez en détails ce qu'il s'est passé au niveau du protocole RIP sur ces trois 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 ce qu'il se passe lorsque l'on fait un "ping C" sur l'hôte A ?

## 2 PROTOCOLE TRANSPORT (9 points)

En annexe 1 sont données les traces de captures de paquets sur un ordinateur. 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 :
  - des indications sur des fonctionnalités du paquet (par exemple *TCP Dup ACK*)
  - 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 après l'ouverture d'une connexion TCP entre deux machines et lors de l'émission de données (de taille importante) à travers cette connexion de la machine d'adresse *192.168.1.1* vers *193.54.236.147*.

La capture a été effectuée sur la machine d'adresse *192.168.1.1*. Le buffer d'émission sur la machine *192.168.1.1* a été fixé à **5792 octets**, le buffer de réception sur la machine *193.54.236.147* a été fixé à **15 000 octets**.

En annexe 4 est donné pour la même capture la courbe d'évolution :

- des numéros de séquence TCP (en traits foncés),
- des numéros d'acquittement TCP (en traits clairs)
- et du dernier numéro de séquence pouvant être réceptionné (valeur du champ WIN de TCP + le numéro d'acquittement).

Le temps sur les abscisses est donné en seconde. Les numéros de paquets sont indiqués sur la courbe.

Les paquets 31 et 32 se superposent sur la courbe.

Répondre de façon précise aux questions suivantes :

1. Le temps d'aller-retour (RTT : Round trip time) entre les deux machines en jeu est de l'ordre de 120 millisecondes. Faites le apparaître sur la courbe (on pourra rendre l'annexe 4 avec sa copie).

Remarque : Le RTT est constant tout au long de cette capture.

2. Le paquet 16 contient 1448 octets de données TCP. Expliquez précisément pourquoi les paquets TCP ne peuvent pas contenir plus d'octets de données sur ce type de réseau.

3. Le paquet 26 contient-il des données ? A quoi sert-il ? Pourquoi son numéro d'acquittement (relatif) est-il égal à 15928 ? Quels paquets acquitte t-il ?  
Indiquez par une flèche le paquet 26 sur la courbe de l'annexe 4.
4. Pourquoi l'émetteur s'arrête t-il d'émettre pendant 120 ms après les paquets 19-20-23 et 24 ?
5. Retrouvez sur la courbe de l'annexe 4 la taille du buffer d'émission.
6. On se place sur la machine d'adresse *192.168.1.1* après la réception du paquet **26**. Complétez la figure 1 ci-dessous représentant la fenêtre de la récupération d'erreur en faisant apparaître les valeurs des éléments suivants :
  - le numéro du dernier octet acquitté par le récepteur (*Dernier octet acquitté*),
  - le numéro de séquence maximal que l'émetteur a déjà envoyé (*Dernier octet émis*),
  - le numéro de séquence maximal que l'émetteur peut envoyer à ce moment là (*Dernier octet pouvant être émis*).

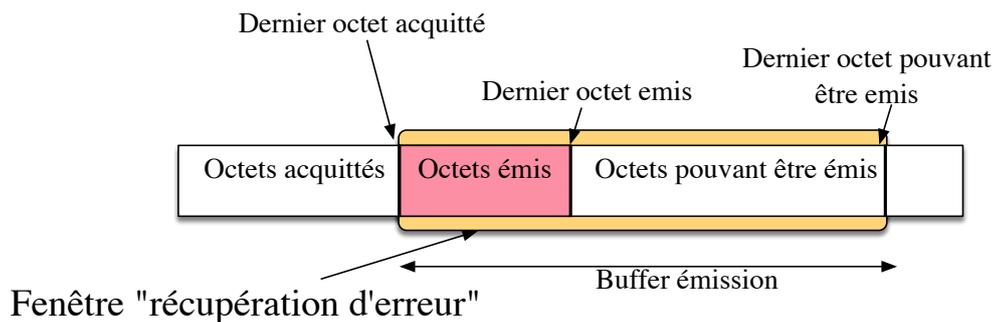


Figure 1 – Fenêtre à anticipation de la récupération d'erreur

7. Après l'envoi du paquet **28** combien d'octets la machine d'adresse *193.54.236.147* peut-elle encore stocker dans son buffer de réception ? Comment le savez vous ?
8. On se place sur la machine d'adresse *192.168.1.1* après la réception du paquet **28**. Complétez la figure 2 ci-dessous représentant la fenêtre du contrôle de flux en faisant apparaître les valeurs des éléments suivants :
  - le numéro du dernier octet acquitté par le récepteur (*Dernier octet acquitté*),
  - le numéro de séquence maximal que l'émetteur a déjà envoyé (*Dernier octet émis*),
  - le numéro de séquence maximal que l'émetteur peut envoyer à ce moment là (*Dernier octet pouvant être émis*),
  - le numéro du dernier octet lu par l'application sur le récepteur (*Dernier octet lu*).
9. Pourquoi l'émission des données est-elle interrompue pendant un laps de temps important entre le paquet 27 et 32 ?

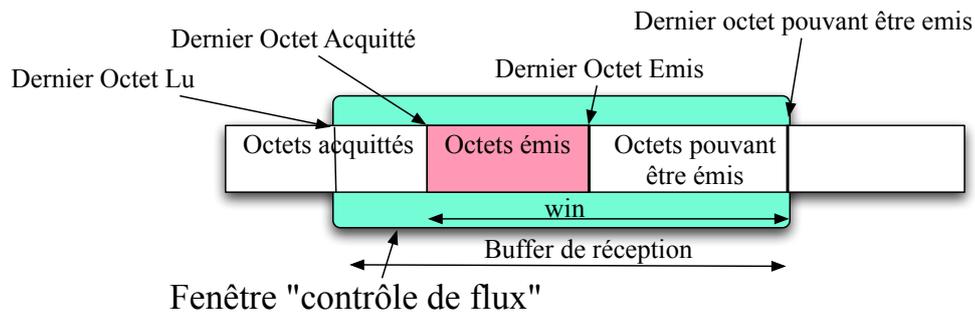


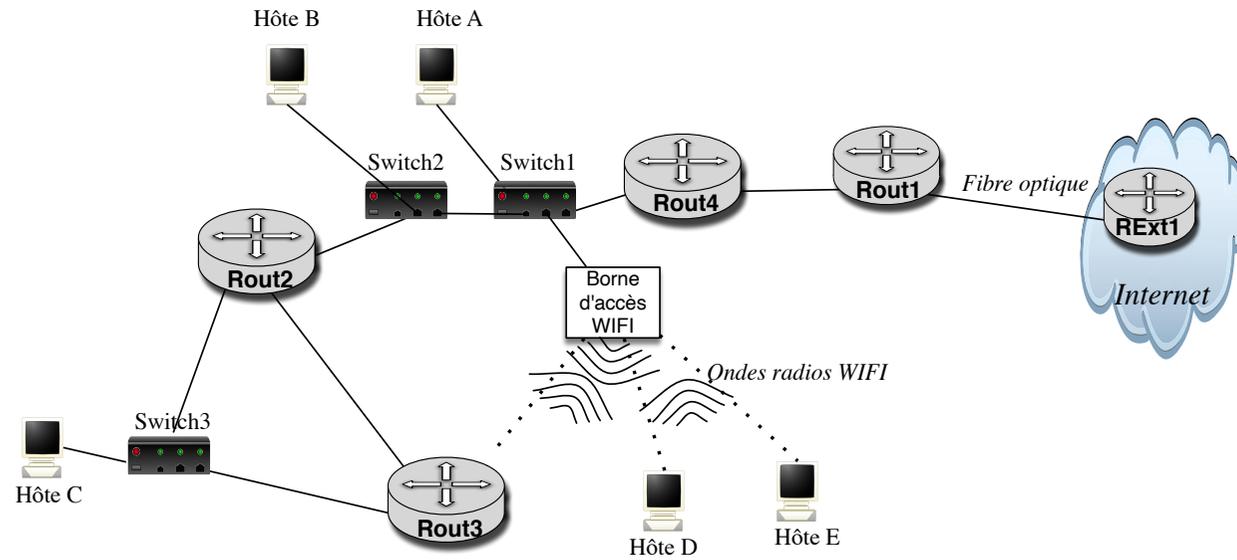
Figure 2 – Fenêtre à anticipation du contrôle de flux

10. A quoi sert le paquet 31 ? Pourquoi est-il marqué **TCP Dup Ack** par l'outil de capture ? Quelle différence comporte-t-il avec le paquet 30 ? Qu'est ce qui a déclenché son émission ?
11. Pourquoi la courbe **WIN+ Numéro d'acquittement** est-elle horizontale du paquet 15 au paquet 31 ?
12. On se place maintenant dans le cas où le récepteur n'est jamais saturé (pas de contrôle de flux nécessaire). En supposant que le débit physique sur les réseaux sur lesquels sont connectées les deux machines est de 100 mégabit/s. Quel débit peut-on espérer avoir au mieux (pas de perte de paquet) au niveau de l'application utilisant TCP dans cette configuration (RTT constant à 120 ms, buffers d'émission et de réception fixés ainsi). Expliquez en détail vos calculs.
13. Vous devez développer une application client/serveur au dessus de TCP sur ces deux machines. Quelle taille de buffer d'émission et de réception choisissez vous pour cette application. Utilisez vous les mêmes tailles côté serveur et côté client. Argumentez votre réponse.

## Annexe 1 : Résumés des paquets capturés

<i>No.</i>	<i>Time</i>	<i>Source</i>	<i>Destination</i>	<i>Protocol</i>	<i>Informations entête TCP</i>
15	0.352833	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [ACK] Seq=10136 Ack=0 Win=33304 Len=1448
16	0.352851	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [PSH, ACK] Seq=11584 Ack=0 Win=33304 Len=1448
17	0.352863	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=8688 Win=12128 Len=0
18	0.472619	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=10136 Win=10680 Len=0
19	0.472699	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [ACK] Seq=13032 Ack=0 Win=33304 Len=1448
20	0.472719	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [PSH, ACK] Seq=14480 Ack=0 Win=33304 Len=1448
21	0.472734	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=11584 Win=9232 Len=0
22	0.472759	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=13032 Win=7784 Len=0
23	0.472807	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [ACK] Seq=15928 Ack=0 Win=33304 Len=1448
24	0.472826	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [PSH, ACK] Seq=17376 Ack=0 Win=33304 Len=1448
25	0.592619	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=14480 Win=6336 Len=0
26	0.592689	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=15928 Win=4888 Len=0
27	0.592737	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [ACK] Seq=18824 Ack=0 Win=33304 Len=1448
28	0.592764	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=17376 Win=3440 Len=0
29	0.592833	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=18824 Win=1992 Len=0
30	0.712640	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=20272 Win=544 Len=0
31	5.392707	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	[TCP Dup ACK 30#1] 55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=20272 Win=10544 Len=0
32	5.392839	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [ACK] Seq=20272 Ack=0 Win=33304 Len=1448
33	5.392856	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [ACK] Seq=21720 Ack=0 Win=33304 Len=1448
34	5.392874	192.168.1.1	193.54.236.147	TCP	57041 > 55768 [PSH, ACK] Seq=23168 Ack=0 Win=33304 Len=1448
35	5.514987	193.54.236.147	192.168.1.1	TCP	55768 > 57041 [ACK] Seq=0 Ack=21720 Win=9096 Len=0

## Annexe 2

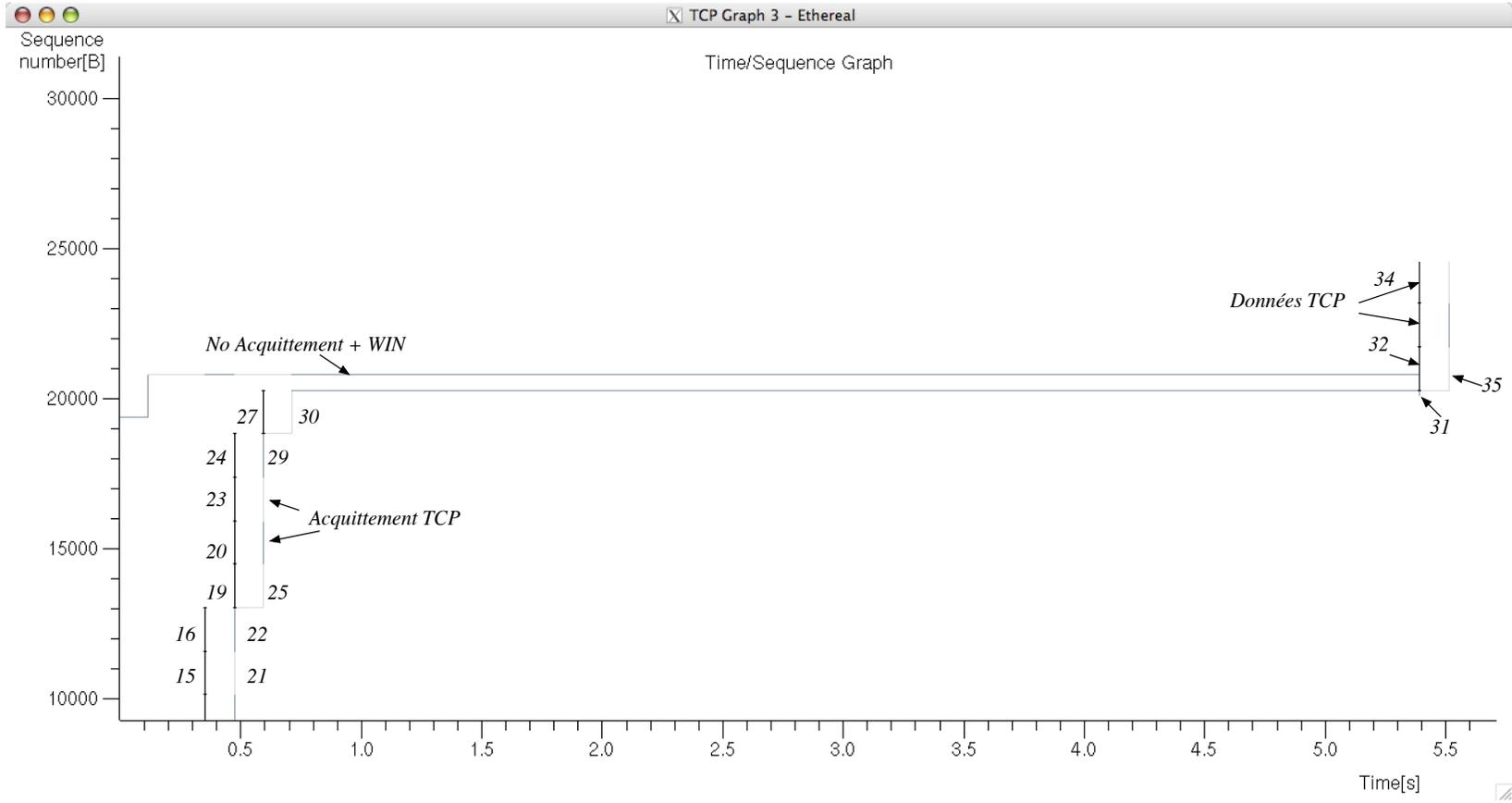


∞

Figure 3 – Topologie du réseau à administrer



## Annexe 4



10

Figure 4 – Courbe d'évolution des numéros de séquences et d'acquittements et de la fenêtre de réception WIN