



Examen Introduction aux réseaux

Master Informatique 1ère année P. Sicard

24 juin 2014

Durée : 3 heures Tous documents autorisés. Ordinateurs interdits. Un barème approximatif est donné.

1 Protocole transport (10 points)

En annexe 2 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 3 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 3 avec sa copie).

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

- 2. Le paquet 16 contient des données (TCP). Combien d'octets?
- 3. Le paquet 28 contient—il des données ? A quoi sert-il ? Pourquoi son numéro d'acquittement (relatif) est-il égal à 17376 ? Faites apparaître le paquet sur la courbe de l'annexe 3. Quel(s) paquet(s) acquitte t-il ?
- 4. Rappelez moins de 10 lignes le mécanisme de récupération d'erreur de TCP. Précisez en particulier le principe de la fenêtre à anticipation et l'utilité du buffer d'émission.
- 5. Pourquoi l'émetteur s'arrête t-il d'émettre pendant 120 ms après les paquets 19-20-23 et 24 ? Retrouvez sur la courbe la taille du buffer d'émission.
- 6. On se place sur la machine d'adresse 192.168.1.1 après la réception du paquet 28. 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),
 - la taille du buffer d'émission,
 - 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*).

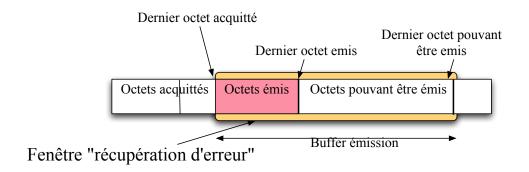


Figure 1 – Fenêtre à anticipation de la récupération d'erreur

- 7. Après l'envoi du paquet 29 combien d'octets la machine d'adresse 193.54.236.147 peutelle 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 29. 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*),
 - la taille du buffer de réception,
 - 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*).

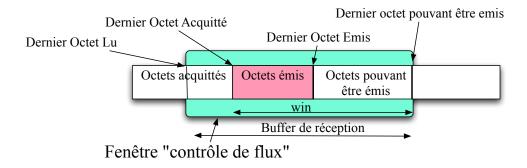


Figure 2 – Fenêtre à anticipation du contrôle de flux

- 9. Faites apparaître sur la figure 2 la fenêtre de la récupération d'erreur au même instant.
- 10. Pourquoi l'émission des données est-elle interrompue pendant un laps de temps important entre le paquet 27 et 32 ? 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 réel sur les réseaux sur lesquels sont connectées les deux machines est de 10 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. Quelle taille minimale des buffers d'émission et de réception faudrait-il utiliser pour obtenir un débit applicatif optimal? Expliquez en détail vos calculs. Pourquoi est-il nécessaire d'avoir un buffer de réception au moins égal au buffer d'émission?

2 Adressage et routage (10 points)

Vous devez administrer le réseau de la figure donnée dans l'annexe 1.

- Le routeur *Rout1* possède une interface ADSL (ligne téléphonique), trois interfaces Ethernet reliées aux switchs (Ethernet) 1 et 3 et à une borne WIFI.
- Le routeur *Rout2* possède trois interfaces Ethernet.
- L'ordinateur hôte A possède une carte WIFI.
- Les ordinateurs hôtes B, C, D et E sont reliés aux réseaux à l'aide d'une interface Ethernet.

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 IP publiques pour votre Intranet : 193.1.1.32/27.

Le premier routeur d'Internet (noté *Rext1* sur le plan) possède l'adresse **193.1.1.33/30**. Le routeur *Rout1* doit être configuré pour son interface ADSL (sortie vers Internet) avec l'adresse **193.1.1.34/30**.

2.1 Questions simples

1. Voici le résultat de la commande ifconfig sur un ordinateur :

```
lo0: flags=8049<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> mtu 16384

options=3<RXCSUM,TXCSUM>

inet6 ::1 prefixlen 128

inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000

inet6 fe80::1%lo0 prefixlen 64 scopeid 0x1

nd6 options=1<PERFORMNUD>

en0: flags=8863<UP,BROADCAST,SMART,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500

options=b<RXCSUM,TXCSUM,VLAN_HWTAGGING>
ether c8:bc:c8:92:5d:8d

inet 129.88.48.196 netmask 0xfffffc00 broadcast 129.88.51.255

media: autoselect (100baseTX <full-duplex>)
status: active
```

- (a) Combien d'interfaces réseaux existe t-il sur cet ordinateur? De quel type? Pourquoi l'adresse IP 127.0.0.1 apparait-elle?
- (b) Expliquez la ligne ether c8:bc:c8:92:5d:8d
- (c) Quelle est l'adresse IP de cet ordinateur? Quel est le netmask associé à cette adresse IP? Du coup quelle est la longueur de son préfixe (/x)?
- (d) Quelle est l'adresse du réseau auquel appartient cet ordinateur? Comment l'avez vous calculez?
- (e) Que veut dire *broadcast 129.88.51.255*? Retrouvez à partir du netmask et de l'adresse IP cette valeur. A quoi sert elle?

2.2 PLAN D'ADRESSAGE ET ROUTAGE STATIQUE

- (a) Combien de réseaux apparaissent dans cet Intranet? Combien d'adresses IP sont nécessaires sur chacun d'eux?
- (b) Proposez un plan d'adressage pour cet Intranet. On n'utilisera pas d'adresses privées. Expliquez le découpage en sous-réseaux que vous effectuez pour cela.

Attention à ne pas réutiliser les adresses du réseau extérieur (193.1.1.32/30).

Remarque : Vous pouvez rendre l'annexe 1 annotée des adresses des routeurs et des ordinateurs hôtes.

- (c) Donnez les tables de routage des hôtes A, C et E et des deux routeurs Rout1 et Rout2 de telle manière que :
 - tous les hôtes doivent pouvoir communiquer entre eux, et vers l'extérieur (Internet).
 - Les chemins résultants 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.

Essayez de donner des tables de routages possédant 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 dans le plan d'adressage).
- Attention les routeurs possèdent plusieurs adresses.
- Rappelez les lignes de connexions directes aux réseaux qui apparaissent à l'initialisation des interfaces dans ces tables de routage.
- (d) Que se passe t-il si l'on fait un *ping* de l'hôte *A* vers l'hôte *E*?

 On supposera les tables ARP vides sur les hôtes et les routeurs avant le *ping*. Donnez un chronogramme faisant apparaître les différents paquets résultants de ce *ping*. Donnez précisemment la fonctionnalité de chaque paquet.
- (e) Voici une partie de la table de routage du routeur extérieur *Rext1*.

| Adresse destination | Netmask (ou notation /x) | Adresse du routeur voisin |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|
| 193.1.1.32 | /30 | Accès-direct |
| 193.1.1.32 | /27 | 193.1.1.34 |

Est ce que le routeur *Rext1* peut router correctement les paquets à destination de l'Intranet à l'aide de ces deux lignes. Expliquez pourquoi.

2.3 ROUTAGE AUTOMATIQUE – PROTOCOLE RIP

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

A savoir, la version 2 du protocole RIP fournit aussi les netmasks associés aux adresses de réseau échangées.

- (a) Donnez le contenu des tables de routage (et les métriques associées) du routeur *Rout2*, et des hôtes *C* et *E*, une fois qu'elles se sont stabilisées (entièrement remplies). Y a-t-il plusieurs solutions? Pourquoi?
- (b) Donnez le contenu des paquets RIP (liste des adresses réseau / netmask / métrique) envoyés alors par le routeur *Rout2* sur les 3 réseaux auxquels il est connecté.
- (c) Les 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 ?
- (d) Le câble entre le routeur *Rout2* et le *switch 3* est malencontreusement coupé.

Expliquez en détails ce qu'il se passe alors au niveau du protocole RIP (sonnerie timer, réception de paquet RIP, modification des tables de routage...) sur le routeur *Rout2* et l'hôte *E*. Donnez les tables de routages résultantes de ces deux machines après quelques minutes.

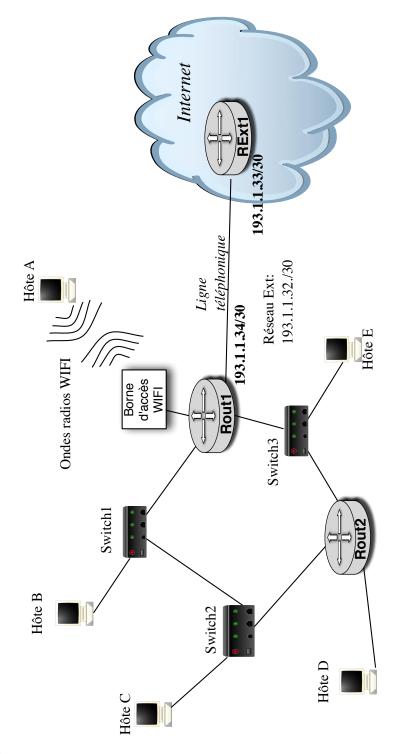


Figure 3 – Topologie du réseau à administrer

Annexe 2 : Résumés des paquets capturés

| No. Time | Source | Destination | Protocol | Informations entête TCP |
|-------------|----------------|----------------|----------|--|
| 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 |

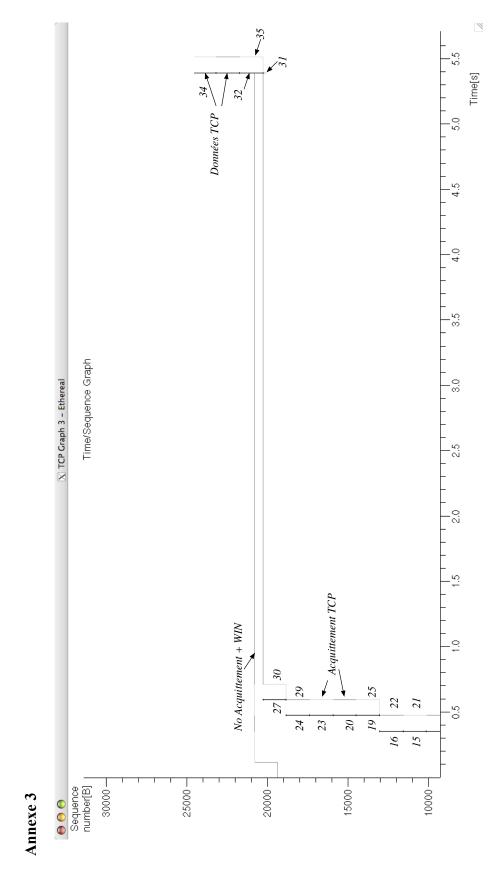


Figure 4 – Courbe d'évolution des numéros de séquences et d'acquittements et de la fenêtre de réception WIN