

# Examen de Protocoles Réseau

Juliusz Chroboczek

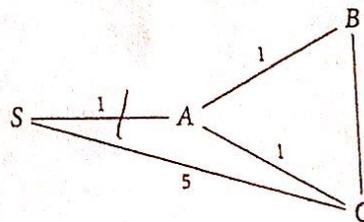
21 février 2020

La durée de l'examen est de deux heures. Les documents sont autorisés, le matériel électronique est interdit. Le sujet consiste de 2 pages.

**Question 1.** La route à travers l'Internet Global entre le bâtiment Sophie Germain et celui de l'Université d'Aix-Marseille I<sup>1</sup> a un RTT (*round-trip time*, temps d'aller-retour) de 12 ms et un débit maximal de 1 Gbit/s. Une camionnette « 3 m<sup>3</sup> » est capable de transporter 200 000 cartes SD de 32 GB chacune, pour un total de 6.4 PB (1 PB = 10<sup>15</sup> octets), et elle peut faire l'aller-retour Paris-Marseille en 14h.

1. On envoie par l'Internet Global des paquets IP ayant une charge de 1 500 octets chacun (on néglige la taille des entêtes). En supposant une fenêtre d'un paquet (un paquet en vol au plus, ou un paquet en vol est par définition un paquet émis et pas encore acquitté), calculez le débit théorique maximal de la route sur l'Internet Global en bit/s. (Indication : il faudra multiplier un truc par 8. Ou peut-être diviser, je ne sais plus.)
2. Même question avec une fenêtre de 1 000 paquets.
3. Même question avec une fenêtre infinie.
4. Combien de temps faut-il pour transférer 1 Mo par camionnette et recevoir un acquittement? Quel est le débit en bit/s?
5. Mêmes questions pour 1 Go.
6. Le financement des universités étant ce qu'il est, on ne dispose que d'une seule camionnette. Calculez le débit théorique maximal en bit/s du transfert par camionnette (on demande que toute communication soit acquittée, toujours par camionnette).
7. Si le transfert de données par camionnette est aussi efficace, pourquoi utilise-t-on encore l'Internet pour correspondre avec nos collègues marseillais?

**Question 2.** On considère le réseau suivant, où les entiers sur les arrêtes sont les coûts des liens :



1. Faites évoluer le protocole à vecteur de distances naïf depuis l'état initial jusqu'à convergence (on ne s'intéresse qu'aux routes vers S). Vous n'avez pas à justifier votre réponse — il suffit de me fournir un tableau ayant la forme suivante :

1. Qui a sûrement dû changer de nom depuis.

|   |               |               |     |
|---|---------------|---------------|-----|
| S | d = ?, nh = ? | d = ?, nh = ? | ... |
| A | d = ?, nh = ? | d = ?, nh = ? | ... |
| B | d = ?, nh = ? | d = ?, nh = ? | ... |
| C | d = ?, nh = ? | d = ?, nh = ? | ... |

2. On se place dans la configuration où l'algorithme a convergé précédemment, et on suppose que le lien de coût 1 entre S et A casse (il n'existe plus). Faites évoluer l'algorithme dans la nouvelle topologie jusqu'à convergence. Précisez s'il y a une boucle de routage, et, si c'est le cas, les étapes pendant lesquelles elle a lieu.

**Question 3** (Analyse de traces). Dans la trace suivante, indiquez (1) le protocole de couche réseau utilisé, (2) le protocole de couche transport, (3) le protocole de couche application, (4) la taille maximale de segment utilisée (à l'exclusion des entêtes de couche réseau et transport), (5) sur quel pair la trace a été capturée, et (6) le débit moyen en bits/s. (Bits, pas octets.)

```

13:07:02.571670 IP 151.101.121.176.443 > 192.168.3.100.47360: Flags [.],
  seq 1701465:1702885, ack 821, win 30016, length 1420
13:07:02.571751 IP 151.101.121.176.443 > 192.168.3.100.47360: Flags [.],
  seq 1702885:1704305, ack 821, win 30016, length 1420
13:07:02.571796 IP 192.168.3.100.47360 > 151.101.121.176.443: Flags [.],
  ack 1704305, win 65535, length 0
13:07:02.572184 IP 151.101.121.176.443 > 192.168.3.100.47360: Flags [.],
  seq 1704305:1705725, ack 821, win 30016, length 1420
13:07:02.572212 IP 151.101.121.176.443 > 192.168.3.100.47360: Flags [.],
  seq 1705725:1707145, ack 821, win 30016, length 1420
13:07:02.572232 IP 192.168.3.100.47360 > 151.101.121.176.443: Flags [.],
  ack 1707145, win 65535, length 0
13:07:02.572276 IP 151.101.121.176.443 > 192.168.3.100.47360: Flags [.],
  seq 1707145:1708565, ack 821, win 30016, length 1420
13:07:02.572294 IP 151.101.121.176.443 > 192.168.3.100.47360: Flags [.],
  seq 1708565:1709985, ack 821, win 30016, length 1420
13:07:02.572314 IP 192.168.3.100.47360 > 151.101.121.176.443: Flags [.],
  ack 1709985, win 65535, length 0
13:07:02.573597 IP 151.101.121.176.443 > 192.168.3.100.47360: Flags [.],
  seq 1709985:1711405, ack 821, win 30016, length 1420
13:07:02.573625 IP 151.101.121.176.443 > 192.168.3.100.47360: Flags [.],
  seq 1711405:1712825, ack 821, win 30016, length 1420
13:07:02.573645 IP 192.168.3.100.47360 > 151.101.121.176.443: Flags [.],
  ack 1712825, win 65535, length 0

```

**Question 4.** HTTP/1.1 et HTTP/2 sont des protocoles de couche application qui s'appuient sur le protocole de couche transport TCP. HTTP/3, par contre, s'appuie sur un nouveau protocole de couche transport nommé QUIC. À la différence de TCP, qui est encapsulé directement dans IP, QUIC est encapsulé dans UDP : un segment QUIC est encapsulé dans un datagramme UDP qui est lui-même encapsulé dans un paquet IP.

Donnez deux raisons qui ont pu pousser les ingénieurs de Google à implémenter QUIC au-dessus d'UDP plutôt que directement au-dessus d'IP.