

**Lisez d'abord ce qui suit :**

- Indiquez vos nom et prénom sur chaque feuille, en haut de la page, dans la zone prévue.
- Répondez dans les zones prévues à cet effet après chaque question. Vous pouvez rédiger au crayon.
- Certaines questions sont divisées en plusieurs parties. Lisez d'abord toutes les parties avant de répondre et décomposez votre réponse selon la structure de la question.
- En cas de correction ou de manque de place, utilisez la page supplémentaire disponible en fin de questionnaire. Si ce n'est pas suffisant, joignez une feuille en annexe (maximum une question par annexe). Chaque annexe doit être clairement identifiée (nom, prénom et numéro de question). Indiquez, sur la feuille de questions, que vous joignez une annexe.
- Rendez toutes les feuilles en les identifiant, même si vous ne répondez rien sur certaines d'entre elles.

1. [15% des points]

- (a) Expliquez le fonctionnement du protocole HTTP avec proxy-cache à l'aide d'un schéma temporel impliquant un client, un serveur et un proxy, et en y faisant apparaître les messages d'ouverture de connexion TCP et les messages HTTP. Considérez uniquement le cas où l'objet est déjà présent dans le cache du proxy et est identique à l'objet présent sur le serveur d'origine. Expliquez le gain de temps grâce au proxy dans ce cas.
- (b) Citez 3 mécanismes de HTTP/2 qui n'étaient pas présents dans HTTP/1.1, et expliquez ce qu'ils apportent ?
- (c) Quelles limitations sont encore présentes dans HTTP/2 par rapport à HTTP/3 ?

2. [8% des points]  
10 processus clients communiquent simultanément avec un processus serveur attaché au port 8000.  
(a) Combien de sockets vont être ouverts par le serveur si les processus communiquent par UDP ? Pourquoi ?  
(b) Même question s'ils communiquent par TCP.

3. [14% des points]  
(a) Expliquez les principes d'un protocole à fenêtre glissante SR (« Selective Repeat »).  
(b) Quelles sont les positions relatives possibles entre les fenêtres de l'émetteur et du récepteur ? Expliquez.  
(c) Quelle est la taille maximale de la fenêtre, si les trames sont numérotées modulo  $k$  ? Pourquoi ?

4. [13% des points]
- (a) En ne considérant que la phase de « Congestion avoidance » de TCP, et en supposant que le réseau est peu congestionné et que son état est stable, déduisez la formule qui exprime le débit moyen d'une connexion TCP.
  - (b) Qu'en déduisez-vous sur l'efficacité d'une connexion TCP traversant un réseau à haut débit et à grand délai ?
  - (c) Par ailleurs, qu'en déduisez-vous sur l'équité (« fairness ») des connexions TCP entre elles ?

5. [10% des points]
- (a) Expliquez la raison d'être du protocole DHCP, et expliquez son fonctionnement à l'aide d'un schéma d'échange de messages en mentionnant les paramètres importants.
  - (b) Expliquez la raison d'être de NAT, et expliquez son fonctionnement lorsqu'un paquet traverse un dispositif NAT.

6. [15% des points]
- (a) Considérez un protocole de routage à états de liens (LS – « link state »). Décrivez le contenu des paquets de routage, expliquez le rôle de chaque champ, et décrivez la méthode de diffusion de ces paquets.
  - (b) En quoi ce routage LS est-il fondamentalement différent du routage à vecteur de distances (DV – « distance vector ») ?

7. [15% des points]

- (a) Décrivez le contenu d'une table d'acheminement (« forwarding table ») d'un commutateur (« switch ») Ethernet.
- (b) Expliquez comment les commutateurs Ethernet construisent leur table d'acheminement.
- (c) Cette table est-elle susceptible d'inclure des entrées relatives à des routeurs ? Expliquez pourquoi.
- (d) Décrivez l'algorithme d'acheminement utilisé par les commutateurs Ethernet.
- (e) Quelle contrainte topologique doit être respectée pour que cette méthode de construction de la table d'acheminement fonctionne ? Pourquoi ?
- (f) Quel mécanisme les commutateurs utilisent-ils pour garantir le respect de cette contrainte (en quelques mots) ?

8. [10% des points]
- (a) Dans un réseau local (« LAN ») composé de plusieurs segments Ethernet interconnectés par des commutateurs (« switches ») Ethernet, un ordinateur peut-il conserver son adresse IP si on le change de segment ? Pourquoi ?
  - (b) En est-il de même si les commutateurs Ethernet sont remplacés par des routeurs IP ? Pourquoi ?
  - (c) Pourquoi est-il plus intéressant d'interconnecter des segments Ethernet par des commutateurs Ethernet plutôt que par des hubs ?

PAGE SUPPLÉMENTAIRE POUR VOS RÉPONSES.

INDIQUEZ BIEN À QUELLE(S) QUESTION(S) VOS RÉPONSES SE RAPPORTENT.