

Examen partiel

A2011

GIF-3001 Réseau de transmission de données

Question 1 (28 points sur 100)

(10 points)

(a) Dessinez la pile des protocoles Internet. Indiquez un rôle important pour chacune de ces couches.

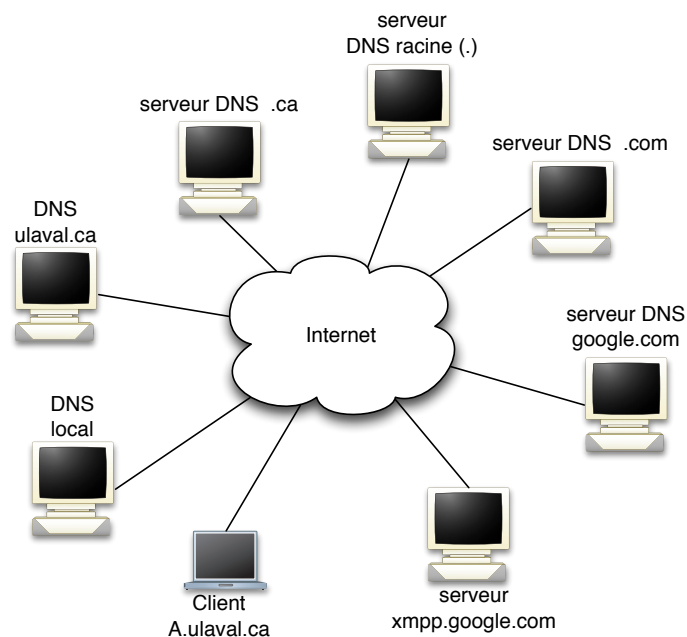


Solution:

- Application : Définit le format des messages entre les applications, et les procédures.
- Transport : Offre un service de multiplexage et démultiplexage. Peut offrir des services de transfert fiable, contrôle de congestion, etc.
- Réseau : Aiguillage des paquets, routage.
- Liaison : Mise en trame des informations
- Physique : Transport des bits sur un lien. Modulation, etc.

(10 points)

(b) Décrivez le processus de résolution de nom DNS dans le scénario suivant.



- Le poste de travail A.ulaval.ca est configuré (via DHCP) pour utiliser le serveur DNS local pour le service de résolution de nom (DNS).
 - La mémoire cache du serveur DNS local est initialement vide.
 - Le client A.ulaval.ca amorce une demande de résolution d'adresse IPv6 pour xmpp.google.com
- Énumérez les échanges effectués en commençant par le poste client, et les différents serveurs impliqués. Votre réponse doit être sous la forme d'une liste en ordre chronologique. Chaque ligne de votre liste doit contenir les informations suivantes :
- Le nœud qui transmet la requête ou la réponse ;
 - Le nœud qui reçoit la requête ou la réponse ;
 - La question posée ou la réponse envoyée ;

Solution:

Transmetteur	Récepteur	message
A	DNS local	AAAA pour xmpp.google.com ?
DNS local	racine	AAAA pour xmpp.google.com ?
racine	DNS local	Demande à DNS .com (NS pour .com)
DNS local	serveur DNS .com	AAAA pour xmpp.google.com ?
serveur DNS .com	DNS local	Demande à DNS google.com (NS google.com)
DNS local	serveur DNS google.com	AAAA pour xmpp.google.com ?
serveur DNS google.com	DNS local	Retourne record(s) AAAA pour xmpp.google.com
DNS local	A	Retourne record(s) AAAA pour xmpp.google.com

- (2 points) (c) Quels sont les serveurs DNS d'autorité (*authoritative name servers*) dans ce scénario ?

serveur racine
Solution: serveur DNS .com
 serveur DNS google.com
 Les serveurs DNS ulaval.ca et .ca sont aussi des serveurs d'autorité pour leurs domaines respectifs.

- (2 points) (d) Quelle sera le contenu de la mémoire cache du serveur DNS local lorsque la résolution de nom sera complétée ?

Solution:

Le serveur DNS local aura les informations suivantes dans sa cache
 Adresse du serveur DNS .com
 Adresse du serveur DNS google.com
 Adresse(s) IPv6 (AAAA) du serveur xmpp.google.com
 Les adresses des serveurs racine sont toujours en mémoire des serveurs DNS. Cette information est obtenue par une configuration locale (fichier).

- (2 points) (e) Indiquez comment utiliser la commande «dig» pour obtenir l'adresse IP du serveur DNS pour le domaine google.com.

Solution: NOTE : Cette question est ambiguë car les étudiants vont imaginer que c'est une requête «A», alors que je recherchais une requête de type «NS»
 dig google.com NS

- (2 points) (f) Vous devez planifier un déménagement du serveur DNS ulaval.ca, ce qui implique un changement d'adresse IP de ce serveur. Mise à part le changement d'adresse IP effectué localement sur le serveur, y a-t-il une ou des modification(s) nécessaire(s) sur d'autres serveurs DNS ?

Solution: Une mise à jour est nécessaire au niveau du serveur DNS .ca. L'enregistrement du serveur autoritaire pour ulaval.ca doit être effectué sur le serveur DNS .ca.

Question 2 (10 points sur 100)

(10 points)

- (a) Dans un programme, la fonction `getaddrinfo` est utilisée pour obtenir la liste des adresse(s) IP et numéro(s) de port associés à un nom de machine et nom de service. Ces informations sont retournées dans une structure de type `addrinfo`

```
int getaddrinfo(const char *hostname, const char *servname, const struct
addrinfo *hints, struct addrinfo **res);
```

```
struct addrinfo {
    int ai_flags;
    int ai_family;
    int ai_socktype;
    int ai_protocol;
    socklen_t ai_addrlen;
    struct sockaddr *ai_addr;
    char *ai_canonname;
    struct addrinfo *ai_next;
};
```

Si une application demande la résolution du nom «mail.ulaval.ca» pour le service «smtp» (`getaddrinfo("mail.ulaval.ca", "smtp", hints, res)`), quel sera le résultat dans liste chaînée `res` retournée par fonction `getaddrinfo`?

Assumez que la structure `hints` contient les valeurs suivantes :

- `hints.ai_family = PF_UNSPEC;`
- `hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;`

Les entrées DNS sont les suivantes :

```
mail.ulaval.ca      A      132.203.250.26
mail.ulaval.ca     AAAA    2620:0:1af0::1
mail.ulaval.ca     AAAA    2620:0:1af0::25
```

IMPORTANT : Il n'est pas nécessaire d'inscrire tout les éléments de la structure `addrinfo`. Votre réponse doit simplement fournir l'information sur la famille d'adresse, le protocole, l'adresse et le numéro de port.

Solution:

Famille	IPv6	IPv6	IPv4
Protocole	TCP	TCP	TCP
no. de port	25	25	25
Adresse	2620:0:1af0::1	2620:0:1af0::25	132.203.250.26

Question 3 (18 points sur 100)

(10 points)

- (a) Dans la définition d'une machine d'état pour la transmission fiable de données, des mécanismes ont été introduits pour offrir une transmission fiable de données suite à certains événements au niveau réseau. Pour chacun des événements suivants, décrivez quels mécanismes ont été introduits :

1. Un paquet est corrompu

Solution:

- Une somme de contrôle a été introduit pour détecter l'erreur dans le paquet.
- Un accusé de réception (ACK) et de non-réception (NAK) ont été introduits pour signaler le transmetteur que le paquet est reçu correctement ou si une retransmission est nécessaire.

2. Un paquet est perdu

Solution:

- Un compteur de temps

3. Un paquet dupliqué est reçu

Solution:

- Un numéro de séquence. (dans le paquet envoyé et dans le ACK/NAK)

(4 points)

(b) La transmission en mode pipeline permet d'augmenter l'efficacité de l'utilisation du réseau (transmission de plusieurs paquets sans attendre l'accusé de réception (ACK) du récepteur). Quelles modifications ont-elles été requises dans la machine d'état pour supporter la transmission de paquets en pipeline ?

Solution: Pour supporter la transmission de plusieurs paquets sans accusé de réception, il est nécessaire de :

- supporter un nombre N de numéro de séquence. Ceci forme une fenêtre de transmission et de réception ;
- offrir une mémoire tampon pour stocker les paquets transmis sans accusé de réception. Le récepteur doit également avoir une mémoire tampon dans le cas de «répétition sélective» et TCP.

(4 points)

(c) Go-Back-N et Répétition Sélective sont deux implémentations supportant la transmission en mode pipeline. Comparez ces deux méthodes en donnant un avantage et un désavantage de chacune.

Solution: Go-Back-N

- Récepteur simple. Pas besoin de mémoire dans le récepteur.
- Peu efficace lorsque retransmission est nécessaire car le transmetteur doit envoyer tous les paquets de sa fenêtre de transmission.

Question 4 (34 points sur 100)

(4 points)

(a) Un lien de 1 Gbps est utilisé entre deux postes A et B. Le délai de transmission de A vers B est de 32 ms. Pour utiliser efficacement ce réseau, TCP effectue une transmission en pipeline. Si un segment TCP est de 1500 octets, combien de segments (largeur de fenêtre) doivent être transmis pour une utilisation maximale de ce réseau ?

Solution:

$$RTT = 0.032 \times 2 \text{ s} = 0.064 \text{ s}$$

RTT représente le temps requis avant de recevoir un ACK. Le transmetteur doit pouvoir envoyer des paquets sans attendre ce premier ACK.

$$\text{Données} = \frac{1 \times 10^9 \text{ Gbps}}{8 \text{ bits/octets}} \times 0.064 \text{ s} = 0.008 \text{ Go} = 8 \text{ Mo}$$

$$\frac{8 \text{ Mo} \times 10^6 \text{ octets/Mo}}{1500 \text{ octet/segment}} = 5333.3 \text{ segments}$$

- (4 points) (b) Quels mécanismes imposent une limite sur la largeur de fenêtre du transmetteur ?

Solution:

- Contrôle de flux
- Contrôle de congestion

- (5 points) (c) Expliquez ce qu'est le MSS («maximum segment size»). Votre réponse doit indiquer comment cette valeur est calculée et quelle est sa fonction dans TCP.

Solution: Le MSS limite la quantité maximale de données dans un segment TCP. Cette valeur est calculé d'après le MTU fourni par les couches inférieures (réseau et liaison). Par exemple, sous Ethernet où le MTU est d'environ 1500 octets, TCP/IP calcul le MSS selon la formule suivante :

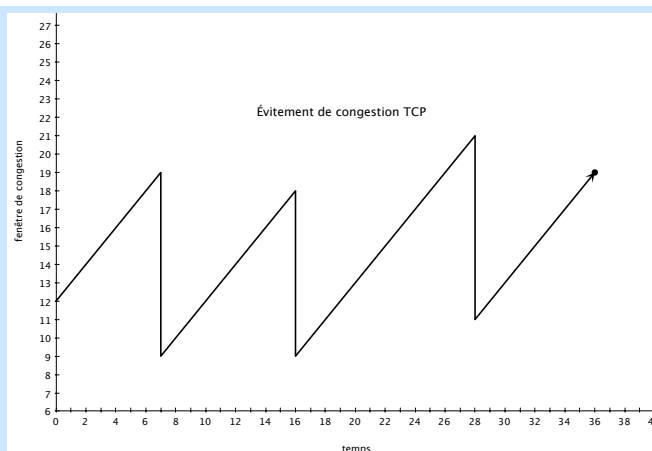
$$\text{MSS} = \text{MTU} - \text{entête IP} - \text{entête TCP}$$

$$\text{MSS} = 1500 - 20 - 20 = 1460 \text{ octets}$$

- (5 points) (d) À quoi sert le champ «taille de fenêtre» (*Receive Window*) dans l'en-tête TCP ? La valeur de ce champ change-t-elle pendant une session TCP ? Expliquez.

Solution: La **Taille de fenêtre** est un indicateur de mémoire tampon disponible dans le socket du récepteur TCP. Cet indicateur est utilisé pour mettre en œuvre le contrôle de flux dans TCP. La valeur de ce champ changera durant une connexion TCP selon les conditions au récepteur. Les données reçues au récepteur sont déposées dans la mémoire tampon et l'espace est libérée seulement lorsque ces données sont lues par l'application. L'espace disponible sera donc variable, selon la vitesse à laquelle les données sont reçues et la vitesse à laquelle les données sont lues par l'application.

- (8 points) (e) On dit que le contrôle de congestion TCP évalue constamment l'état du réseau (bande passante disponible). Expliquez cet énoncé. Vous pouvez simplifier en assumant que le contrôle de congestion est toujours dans le mode d'«évitement de congestion».

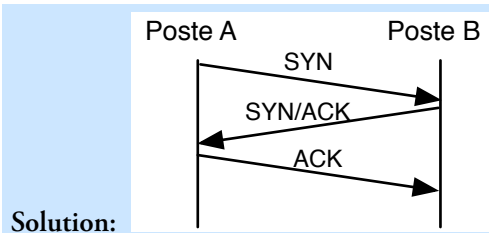


Solution:

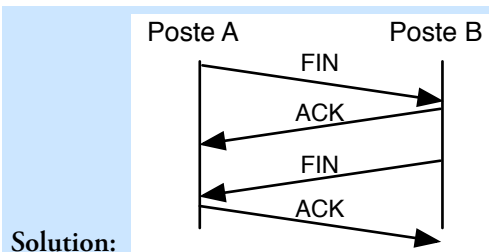
Le contrôle de congestion utilise «AIMD» : Augmentation linéaire lorsque les ACK sont reçus correctement, et diminution exponentielle lorsqu'une perte de paquet est détectée.

Ce comportement permet à TCP de toujours vérifier si plus de bande passante est possible (augmente) et lorsqu'une retransmission est nécessaire, on recalcule un nouveau seuil de congestion (la moitié du point où la congestion est détectée) et on recommence à partir de ce nouveau point.

- (3 points) (f) Dessinez l'échange de paquets entre un client et serveur pour l'établissement d'une connexion TCP. Indiquez les drapeaux utilisés.



- (3 points) (g) Dessinez l'échange de paquets entre un client et serveur pour la terminaison d'une connexion TCP. Indiquez les drapeaux utilisés.



- (2 points) (h) Une transmission de données est effectuée à 10 Gbps. Après combien de temps tout les numéros de séquence disponible dans TCP seront-ils utilisés (revenir au numéro de séquence initial) ?

Solution: Nombre de numéro de séquence = 2^{32}

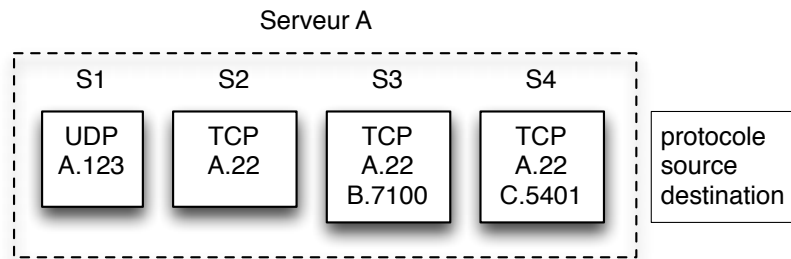
Étant donné que le numéro de séquence représente l'octet dans un flux TCP, il suffit de calculer combien de temps est nécessaire pour transmettre 2^{32} octets.

$$10 \text{ Gbps} = 1.25 \times 10^9 \text{ octets/s}$$

$$\text{Temps} = \frac{2^{32} \text{ octets}}{1.25 \times 10^9 \text{ octets/s}} = 3.4 \text{ s}$$

Question 5 (10 points sur 100)

- (10 points) (a) Un serveur A contient quatre sockets actifs S1, S2, S3 et S4. L'adresse IP du serveur est A. Chaque socket est identifié par le protocole de transport, une ou deux adresses IP et numéro de port. Par exemple, A.22 désigne l'adresse IP A et le numéro de port 22. Les clients B, C et D utilisent respectivement l'adresse IP B, C et D.



1. Sur le serveur A, pourquoi y a-t-il plusieurs sockets écoutant sur le port 22 (S2, S3, S4) ?

Solution: Le socket S2 est le socket serveur où le paquet initial pour l'établissement d'une connexion est envoyé. Les sockets S3 et S4 sont les sockets utilisés pour des connexions TCP établies.

2. Si le client B envoie un paquet TCP dont la source est B.5401 et la destination est A.22, quel socket recevra le paquet ? Quel socket sera utilisé pour envoyer la réponse vers B ?

Solution: Le paquet sera reçu par le socket S2 car la source B.5401 ne correspond à aucun autre socket établi. La réponse sera envoyée par un nouveau socket.

3. Si le client C envoie un paquet TCP dont la source est C.5401 et la destination est A.22, quel socket recevra le paquet ? Quel socket sera utilisé pour envoyer la réponse vers C ?

Solution: Le paquet sera reçu par le socket S4. La réponse sera aussi envoyée par le socket S4.

4. Si le client D envoie un paquet TCP dont la source est D.7000 et la destination est A.22, quel socket recevra le paquet ? Quel socket sera utilisé pour envoyer la réponse vers D ?

Solution: Le paquet sera reçu par le socket S2 car la source D.7100 ne correspond à aucun autre socket établi. La réponse sera envoyée par un nouveau socket.

5. Si le client B envoie un paquet UDP dont la source est B.7100 et la destination est A.123, quel socket recevra le paquet ? Quel socket sera utilisé pour envoyer la réponse vers B ?

Solution: Le paquet sera reçu par le socket S1. La réponse sera également envoyée par le socket S1.