

Examen 3I014 « Réseaux »

Mardi 9 janvier 2018 – Durée : 2 heures

Sont autorisées : 1 feuille A4 manuscrite recto/verso, 1 calculatrice (téléphone interdit)

Voici :

- 4 feuilles contenant les énoncés et les zones de réponse à compléter (sans déborder). Vous devez reporter votre **numéro d'anonymat sur chacune des feuilles.**
- 2 feuilles d'annexe que vous pouvez détacher.

Exercice 1 : Questions de cours (5 points)

1. Quel est l'objectif de la décomposition en série de Fourier ? Pourquoi est-elle importante dans le domaine des réseaux ?

L'objectif de la décomposition en série de Fourier est de représenter un signal dans le domaine temporel $x(t)$ par un signal dans le domaine fréquentiel $X(f)$. Elle est importante dans le domaine des réseaux car elle permet d'analyser le spectre d'un signal pour voir si le signal peut être transmis sur un support physique donné et s'il faut adapter le signal au support.

(D'autres réponses sont acceptées si elles sont correctes.)

2. Quelle est la différence entre les trois techniques de modulation suivantes : modulation d'amplitude, modulation de fréquence et modulation de phase ?

La **modulation** consiste à moduler un des trois éléments d'un signal porteur pour transporter de l'information. Le signal porteur est un signal sinusoïdal sous la forme $x(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi)$. La **modulation d'amplitude** consiste à modifier l'amplitude du signal porteur (A) pour représenter les éléments binaires. La **modulation de fréquence** change la fréquence du signal porteur (f) pour représenter les bits. La **modulation de phase** utilise les formes d'onde correspondant aux différentes phases du signal porteur (φ) pour représenter les informations transportées.

(D'autres manières de réponse sont acceptées si elles sont correctes.)

3. Quelle est la différence entre le temps de transmission, le temps de propagation et le temps de transfert si nous considérons le transfert d'une trame sur une liaison ? Comment ces temps sont-ils calculés ?

Dans le transfert d'une trame sur une liaison, le temps de transmission correspond au temps entre le moment que l'émetteur émet le premier bit de la trame sur l'interface réseau jusqu'au moment qu'il finit la transmission du dernier bit de la trame sur cette interface. Ce temps est calculé par la taille de la trame [bits] divisée par le débit de transmission de l'interface réseau [bit/s].

Le temps de propagation correspond au temps nécessaire pour qu'un bit traverse le support de l'émetteur au récepteur. Il est calculé par la distance entre l'émetteur et le récepteur [m] divisée par la vitesse de propagation du signal dans ce support [m/s].

Le temps de transfert d'une trame correspond au temps entre le moment que l'émetteur émet le premier bit de la trame sur son interface réseau et le moment où le récepteur reçoit complètement le dernier bit de la trame. Il est la somme du temps de transmission et le temps de propagation.

(D'autres réponses équivalentes et figures d'illustration sont acceptées.)

4. Quelle est la différence entre les protocoles de routage à vecteur de distance et les protocoles de routage à état de lien ?

Dans les protocoles de routage à vecteur de distance, chaque nœud envoie aux nœuds voisins un vecteur qui contient la liste des destinations qu'il peut atteindre et les coûts associés. En se basant sur le vecteur reçu d'un voisin, un nœud peut savoir s'il peut joindre une nouvelle destination ou s'il peut avoir un meilleur chemin à une destination en passant par ce voisin afin de mettre à jour la table de routage.

Dans les protocoles de routage à état de lien, chaque nœud diffuse à tous les nœuds dans le réseau une liste qui contient des liens actifs avec ses voisins. Cette liste est comme une vue locale de la topologie réseau à un saut au tour d'un nœud. En collectant toutes les vues locales de tous les nœuds dans le réseau, chaque nœud peut reconstruire la topologie complète du réseau. En se basant sur la topologie complète du réseau, chaque nœud peut appliquer l'algorithme de Dijkstra pour calculer les meilleurs chemins vers tous les autres nœuds du réseau.

(D'autres réponses correctes et pertinentes sont acceptées.)

5. Quelle est la différence entre un réseau en mode connecté (de type circuit virtuel) et un réseau en mode non-connecté (de type datagramme) ?

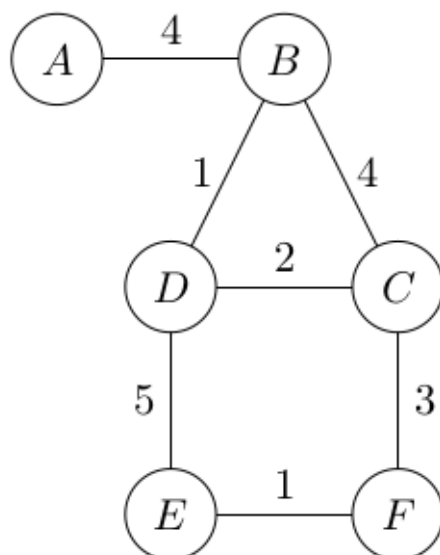
Dans un réseau à circuit virtuel, le transfert des données utilisateurs se fait en trois phases : établissement du circuit virtuel, transmission de données et libération du circuit virtuel. Dans la première phase, la signalisation et le routage sont utilisés pour fixer le chemin du circuit virtuel, distribuer les identifiants du circuit virtuel (i.e. les références / les labels / les numéros de voie logique) et configurer les tables de commutation. Dans la deuxième phase, les données utilisateurs sont envoyées en utilisant les identifiants du circuit virtuel. A chaque nœud, le commutateur examine les numéros de référence et consulte la table de commutation pour choisir l'interface de sortie. Dans la troisième phase, quand la transmission de données est terminée, les identifiants du circuit virtuel et les ressources associées sont libérés.

Dans un réseau à datagramme, il n'y a qu'une seule phase : la transmission de données utilisateurs. Les paquets des données utilisateurs sont envoyés directement sans une signalisation préalable, avec l'adresse complète du destinataire dans l'en-tête du paquet. A chaque nœud, le routeur examine l'adresse destinataire du paquet et consulte la table de routage pour choisir l'interface de sortie.

(D'autres réponses correctes et pertinentes sont acceptées.)

Exercice 2 : Routage (5 points)

On considère le réseau de la figure ci-dessous. Les valeurs indiquées correspondent au temps de propagation, en ms, sur le lien correspondant.

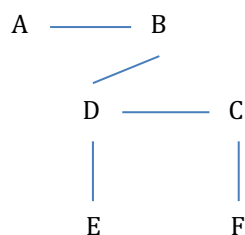


1. En supposant que tous les nœuds s'allument d'un coup, donnez tous les LSP envoyés par B.

B envoie par inondation contrôlée (B, A, 4), (B, D, 1) et (B, C, 4).

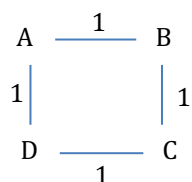
2. Appliquez l'algorithme de Dijkstra sur ce réseau pour le nœud B. Indiquez dans quel ordre les sommets ont été traités par l'algorithme et dessinez l'arbre couvrant obtenu pour le nœud B.

Les sommets sont visités dans l'ordre B -> D -> C -> A -> E -> F ou B -> D -> C -> A -> F -> E. L'arbre couvrant obtenu est alors :



3. Est-il possible de concevoir un réseau tel que deux applications de l'algorithme de Dijkstra sur le même nœud donnent deux arbres couvrants différents ? Justifiez.

Considérons le nœud A dans le réseau suivant :



Les chemins D – A – B – C et C – D – A – B sont deux arbres couvrants qui peuvent être produits par Dijkstra

4. Nommez et détaillez un autre algorithme de routage.

On s'attend à ce que les étudiants citent et expliquent l'algorithme de Bellman-Ford

5. Donnez la table de routage de B contenant pour chaque destination possible, le prochain nœud, le chemin complet et son coût.

Destination	Prochain nœud	Chemin	Coût
A	A	A	4
C	D	DC	3
D	D	D	1
E	D	DB	6
F	C	CDB	6

6. Comment réagit le réseau si le lien CD tombe en panne ?

Les nœuds C et D vont envoyer des LSP qui vont se propager sur tout le réseau, informant ainsi que la liaison CD a été coupée.

Exercice 1 : IP (5 points)

Une petite entreprise obtient de son ISP le réseau 195.87.12.64/26.

1. De quelle plage d'adresses IP peut-elle disposer ?

195.87.12.64 à 195.87.12.127

On suppose dans un premier temps que l'entreprise ne subdivise pas son réseau en sous-réseaux.

2. Combien d'équipements (machines ou routeurs) l'entreprise peut-elle connecter sur son réseau ?

$2^{32-26} - 2$ (1 @IP pour le réseau, 1 @IP pour le broadcast) = $2^6 - 2 = 62$.

On suppose maintenant que l'entreprise souhaite diviser son réseau en sous-réseaux en utilisant un masque en /28.

3. En combien de sous-réseaux, au maximum, pourra-t-elle décomposer son réseau ?

$2^{28-26} = 2^2 = 4$

4. Donner l'adresse IP de tous ses sous-réseaux avec le masque / correspondant, ainsi que l'adresse de multi-diffusion (broadcast) sur chacun de ces sous-réseaux.

@sous-réseau : 195.87.12.64/28

@broadcast : 195.87.12.79

@sous-réseau : 195.87.12.80/28

@broadcast : 195.87.12.95

@sous-réseau : 195.87.12.96/28

@broadcast : 195.87.12.111

@sous-réseau : 195.87.12.112/28

@broadcast : 195.87.12.127

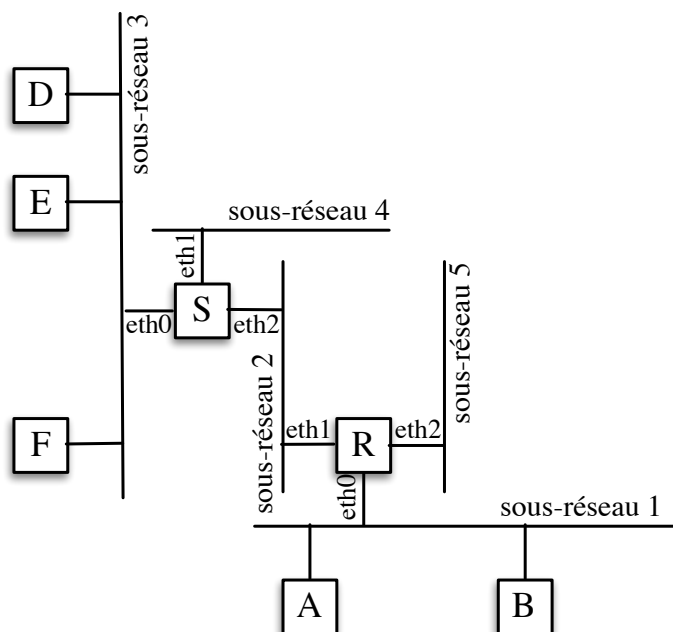
5. Combien d'équipements (machines ou routeurs) peut-elle connecter sur chacun de ses sous-réseaux ?

$2^{32-28} - 2 = 2^4 - 2 = 14$

6. Pourquoi, si on multiplie le nombre d'équipements par sous-réseau (question 5), par le nombre de sous-réseaux (question 3), on n'obtient pas le résultat de la question 2 ?

Car en décomposant le réseau en 4 sous-réseaux, on « gâche » 2 adresses IP par sous-réseau pour l'adresse du sous-réseau et l'adresse de broadcast, soit 8 adresses au lieu de 2 si le réseau n'est pas décomposé. Cela explique la différence de $6 = 62 - 14 \times 4$.

On considère finalement que le réseau de l'entreprise est subdivisé en 5 sous-réseaux suivant le schéma suivant :



Les 5 sous-réseaux de l'entreprise sont reliés entre eux par 2 routeurs, R et S, ayant chacun 3 ports (cartes Ethernet), nommés eth0, eth1 et eth2. 5 machines sont représentées sur le schéma. Les machines A et B sont sur le sous-réseau 1. Les machines D, E et F sont sur le sous-réseau 3.

On notera symboliquement **etX** l'adresse Ethernet de la machine X et **etYj** l'adresse Ethernet du routeur Y sur son port ethj. Ainsi **etA** est l'adresse Ethernet de la machine A et **etR0** est l'adresse Ethernet du routeur R sur son port eth0 (connecté au sous-réseau 1).

L'adresse Ethernet multi-diffusion (BroadCast) sur un sous-réseau sera notée **etBC**.

De la même manière, on notera symboliquement **ipX** l'adresse IP de la machine X et **ipYj** l'adresse IP du routeur Y sur le sous-réseau connecté à son port ethj.

7. Remplir les champs (non grisés) des neufs trames circulant sur les sous-réseaux 1, 2 et 3, nécessaires afin que A puisse envoyer un datagramme IP à D. On supposera que le cache ARP de toutes les machines et de tous les routeurs sont vides. Les colonnes 2 et 3 contiennent les adresses Ethernet Destination et Source de la trame (dans cet ordre). La quatrième colonne indique ce qu'encapsule la trame (requête ARP, réponse ARP ou datagramme IP). La colonne 5 n'est à remplir que si la trame encapsule une requête ARP et contient l'adresse IP de la machine dont on veut connaître l'adresse Ethernet. La colonne 6 n'est à remplir que si la trame encapsule une réponse ARP et contient l'adresse Ethernet recherchée. Les trois dernières colonnes ne sont à remplir que si la trame encapsule un datagramme IP et contiennent les adresses IP Source et Destination (dans cet ordre), ainsi que le TTL.

Trame	@Ethernet Dest.	@Ethernet Source	Paquet encapsulé	si Requête ARP	si Réponse ARP	si Datagramme IP		
				@IP Target	@Ethernet Sender	@IP Source	@IP Dest.	TTL
1	etBC	etA	Requête ARP	ipR0				
2	etA	etR0	Réponse ARP		etR0			
3	etR0	etA	DT IP			ipA	ipD	128
4	etBC	etR1	Requête ARP	ipS2				
5	etR1	etS2	Réponse ARP		etS2			
6	etS2	etR1	DT IP			ipA	ipD	127
7	etBC	etS0	Requête ARP	ipD				
8	etS0	etD	Réponse ARP		etD			
9	etD	etS0	DT IP			ipA	ipD	126

Exercice 4 : TCP et décodage (5 points)

La vie d'une connexion TCP a été capturée avec Wireshark. La trace, constituée de 8 trames Ethernet (sans préambule ni CRC), est donnée plus bas, avec le schéma de l'échange. Certains octets ont été volontairement masqués. Le champ TTL du protocole IP est initialisé à 128 sur les deux machines en communication.

1. Quel est le protocole applicatif utilisé ? Justifier.

HTTP, car port destination du segment SYN = 80

2. Quelle est l'adresse IP (en décimal pointé) du poste client ? Justifier.

82.228.126.137, car le port qui est associé à cette adresse est 54275 (port dynamique)

3. Quelle est l'adresse IP (en décimal pointé) du serveur ? Justifier.

80.118.149.11, car le port qui est associé à cette adresse est 80 (port well-known)

4. Combien de routeurs séparent le serveur du client. Justifier.

13 routeurs
Dans le SYN ACK, TTL = $0x73 = 115$. Or TTL est initialisé à 128.

5. A qui appartient l'adresse Ethernet 3a:b7:9b:5f:47:cc ? Justifier.

Au 1^{er} routeur sur le chemin entre le client et le serveur

6. A qui appartient l'adresse Ethernet 00:1b:77:d2:d2:27 ? Justifier.

Au poste client, car la trame véhicule le segment SYN avec le port source dynamique

7. Y-a-t-il des options IP ? Si oui, indiquer dans quelles trames et la longueur totale de ces options ; si non, justifier.

Non, il n'y a pas d'options IP dans les 8 paquets IP : tous ont IHL = 0x5 = 20 octets qui correspond à la longueur minimum d'en-tête

8. Y-a-t-il des options TCP ? Si oui, indiquer dans quelles trames et la longueur totale de ces options ; si non, justifier.

Il y a des options dans les TCP dans les trames 1 et 2 : 12 octets en tout, puisque THL = 0x8 = 32 octets dont 20 octets pour la partie fixe de l'en-tête

9. Combien y-a-t-il d'octets de données TCP véhiculées dans la trame 4 ? Justifier.

Total Length IP = 0x 01 F9 = 505 octets
En-tête IP = 20 octets
En-tête TCP = 20 octets
D'où : 465 octets de données TCP

10. Combien y-a-t-il d'octets de données TCP véhiculées dans la trame 5 ? Justifier.

Total Length IP = 0x 01 C0 = 448 octets
En-tête IP = 20 octets
En-tête TCP = 20 octets
D'où : 408 octets de données TCP

11. Compléter le tableau suivant avec les valeurs en hexadécimal des numéros de séquence et d'acquittement des segments TCP véhiculés dans les huit trames.

trame	Numéro de séquence	Numéro d'acquittement
1	e0 9c 62 07	00 00 00 00
2	a7 c4 22 d4	e0 9c 62 08
3	e0 9c 62 08	a7 c4 22 d5
4	e0 9c 62 08	a7 c4 22 d5
5	a7 c4 22 d5	e0 9c 63 d9
6	a7 c4 24 6d	e0 9c 63 d9
7	e0 9c 63 d9	a7 c4 24 6e
8	a7 c4 24 6e	e0 9c 63 da