

Examen 3I014 « Réseaux »
Jeudi 1^{er} juin 2017 – Durée : 2h

Autorisées : 1 feuille A4 manuscrite recto/verso, 1 calculatrice
Voici 4 feuilles contenant les énoncés et les zones de réponse à compléter (sans déborder).

Exercice 1 : Signal (5 points)

Dans cet exercice, on s'intéresse à la numérisation d'un signal $s(t)$ puis à sa transmission. On donnera chaque fois qu'il sera possible les résultats *sous forme littérale* avant de procéder à l'application numérique.

Le signal $s(t)$ est défini par :

$$s(t) = \cos(2\pi f_0 t) + \sin(4\pi f_0 t) + 4 \cos(6\pi f_0 t) + 3 \sin(6\pi f_0 t), \text{ avec } f_0 = 1 \text{ kHz.}$$

1. Ce signal est-il périodique ? Si oui, quelle est sa période ? Justifier.

Ce signal comporte des composantes fréquentielles à la fréquence f_0 , $2f_0$ et $3f_0$. Ces composantes étant toutes multiples de f_0 , le signal $s(t)$ est périodique de période $T = 1/f_0 = 10^{-3} \text{ s} = 1 \text{ ms}$.

2. Compléter le tableau ci-dessous indiquant l'amplitude cosinus a_n et l'amplitude sinus b_n de chacune des composantes de la décomposition en série de Fourier de ce signal, puis représenter le spectre d'amplitude de ce signal en fonction de $n = f/f_0$.

n	1	2	3	4	5		
a_n	1	0	4	0	0		
b_n	0	1	3	0	0		



3. On souhaite numériser $s(t)$. On choisit d'échantillonner le signal avec une période T_e égale à 0,1ms. Justifiez à l'aide de calculs en quoi ce choix est conforme aux contraintes de l'échantillonnage sans perte.

On sait que $f_e \geq 2 f_{\max}$.

Or $f_e = 1/T_e$ donc $T_e \leq 1/(2 f_{\max})$

Or $f_{\max} = 3 f_0$ donc $f_{\max} = 3000 \text{ Hz}$

On a donc la contrainte suivante qui doit être respectée : $T_e \leq 1/6000 = 0,16 \text{ ms}$

Si on prend $T_e = 0,1 \text{ ms}$ on a $T_e < 1/(2 f_{\max})$ la contrainte est donc bien respectée.

4. On choisit une échelle de quantification à 256 niveaux, en déduire le débit du signal alors numérisé.

Le débit binaire du flux numérisé est :

$$D_{source} = \log_2(q) / T_e$$

$$\text{Donc } D_{source} = \log_2(256) / 0,1 = 80 \text{ kbit/s}$$

5. On souhaite transmettre ce flux de données numérisé sur un câble dont la bande passante est [10 kHz ; 60 kHz]. On suppose que la transmission de ce flux de données nécessite l'ajout de 25% de trafic supplémentaire lié à l'envoi d'entêtes et à la signalisation. Calculer la valeur de D_{flux} le débit nécessaire pour transmettre ce flux (données plus entête) ?

$$D_{flux} = D_{source} * 1,25$$

$$D_{flux} = 80000 * 1,25 = 100 \text{ kbit/s}$$

6. De quel rapport signal-à-bruit $(S/N)_{dB}$ faut-il disposer au minimum à la réception pour transmettre ce flux ?

D'après la loi de Shannon, la transmission est théoriquement possible ssi $C \geq D_{flux}$ avec :

$$C = B \log_2(1 + P_S/P_N).$$

Donc, il faut :

$$B \log_2(1 + P_S/P_N) \geq D_{flux}$$

$$\Leftrightarrow \log_2(1 + P_S/P_N) \geq D_{flux} / B$$

$$\Leftrightarrow P_S/P_N \geq 2^{(D_{flux} / B)} - 1$$

$$\Leftrightarrow (S/N)_{dB} \geq 10 \log_{10} [2^{(D_{flux} / B)} - 1]$$

$$\text{A.N. : } (S/N)_{dB} \geq 10 \log_{10} [2^{(100000 / 50000)} - 1] = 4,7 \text{ dB.}$$

7. On suppose que le rapport $(S/N)_{dB}$ est de 15 dB et que la rapidité de modulation de la carte réseau est de 40000 symboles/sec. Calculer la valence minimum du codage qui permettra la transmission de ce flux sur le câble ?

$$D = R \cdot \log_2(V)$$

$$V = 2^{D/R}$$

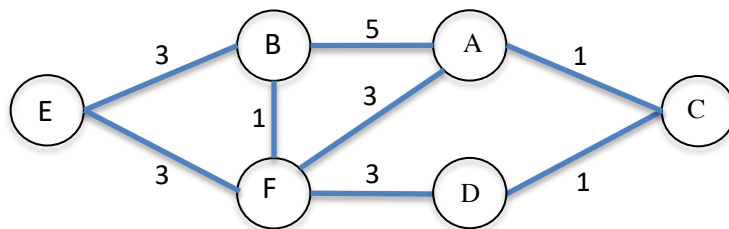
$$\text{A.N. } V = 5,65 \text{ donc } V_{min} = 8 \text{ (il faut que la valence retenue soit une puissance de 2)}$$

Exercice 2 : Routage (5 points)

1. Compléter le tableau ci-dessous. Pour chaque type de routage :
 - a. préciser l'algorithme utilisé par chaque nœud pour construire les tables de routage,
 - b. citer un exemple de protocole de routage,
 - c. expliquer comment sont échangés les messages entre les nœuds pour construire les tables de routage et quelles informations possède chaque nœud sur le réseau.

	Algorithme	Exemple de protocole	Principe de l'algorithme
Etat des liens	Dijkstra	OSPF, OLSR	- Messages diffusés à tous les nœuds du réseau - Chaque nœud possède une topologie complète du réseau
Vecteur de distance	Bellman-Ford	RIP, AODV	- Messages échangés entre voisins - Chaque nœud ne connaît que le prochain nœud pour atteindre une destination

2. On considère le réseau suivant utilisant un algorithme de routage à états des liens :



- a. Générer la table de routage de A.

Destination	Prochain nœud	Coût	Chemin
B	F	4	AF
C	C	1	AC
D	C	2	ACD
E	F	6	AFE
F	F	3	AF

- b. Indiquer dans quel ordre les sommets ont été traités par l'algorithme de routage à états des liens pour la génération de la table de routage de A.

ACDFBE

3. On considère les tables de routage suivantes obtenues en utilisant un algorithme de routage à vecteurs de distance:

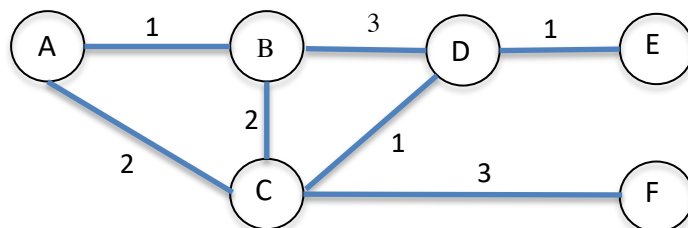
4. :

A		
dest.	next	dist.
A	-	0
B	B	1
C	C	2
D	C	3
E	C	4
F	C	5

B		
dest.	next	dist.
A	A	1
B	-	-
C	C	2
D	D	3
E	C	4
F	C	5

C		
dest.	next	dist.
A	A	2
B	B	2
C	-	-
D	D	1
E	D	2
F	F	3

a. Représenter le graphe des connexions réduit à partir des tables de routage ci-dessus.



b. On suppose qu'il existe un lien entre C et E. Indiquer les coûts possibles de ce lien. Expliquer

Supérieur ou égal à 2

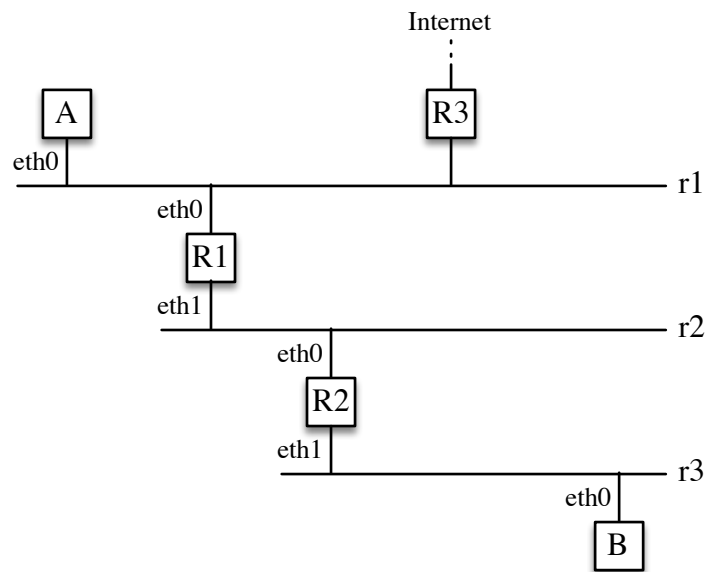
a. Donner les vecteurs de distance VD1 et VD2 envoyés par D à C respectivement après convergence de l'algorithme et avec la technique de l'horizon partagé.

VD1=(A3, B3, C1, E1, F4)

VD2=(B3, C1, E1)

Exercice 3 : IP (5 points)

On considère le réseau IP suivant :



Le réseau est subdivisé en 3 sous-réseaux, nommés r1, r2 et r3. On suppose que les seuls routeurs présents sur ces 3 sous-réseaux sont ceux représentés sur le schéma : R1, R2 et R3. R1 interconnecte les sous-réseaux r1 et r2, R2 interconnecte les sous-réseaux r2 et r3, et R3 connecte tout le réseau à Internet. On considère 2 machines particulières de ce réseau, A et B, A étant attachée à r1 et B étant attachée à r3.

1. Donner toutes les trames échangées sur les 3 sous-réseaux, afin que A puisse envoyer un datagramme IP à B. On supposera que le cache ARP de toutes les machines et de tous les routeurs sont vides.

Trame	Paquet encapsulé (Req ARP / Rép ARP / DT IP)	Circule sur le sous-réseau	Trame envoyée par	Trame envoyée à
1	Requête ARP	r1	A	tous
2	Réponse ARP	r1	R1	A
3	Datagramme IP	r1	A	R1
4	Requête ARP	r2	R1	tous
5	Réponse ARP	r2	R2	R1
6	Datagramme IP	r2	R1	R2
7	Requête ARP	r3	R2	tous
8	Réponse ARP	r3	B	R2
9	Datagramme IP	r3	R2	B

Les 3 sous-réseaux ont les adresses symboliques suivantes (où ip1, ip2 et ip3 sont des adresses IP sur 4 octets, et le chiffre suivant le « / » correspond au nombre de bits à 1 du masque de sous-réseau associé) :

r1 : ip1 / 24
r2 : ip2 / 25
r3 : ip3 / 26

2. Donner les tables de routage minimales (que l'on peut tirer de la connaissance du réseau) des machines A et B, ainsi que des routeurs R1 et R2.

A :

Destination	Mask	Gateway	Interface
ip3	255.255.255.192	R1	eth0
ip2	255.255.255.128	R1	eth0
ip1	255.255.255.0	*	eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	R3	eth0

B :

Destination	Mask	Gateway	Interface
ip3	255.255.255.192	*	eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	R2	eth0

R1 :

Destination	Mask	Gateway	Interface
ip3	255.255.255.192	R2	eth1
ip2	255.255.255.128	*	eth1
ip1	255.255.255.0	*	eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	R3	eth0

R2 :

Destination	Mask	Gateway	Interface
ip3	255.255.255.192	*	eth1
ip2	255.255.255.128	*	eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	R1	eth0

Exercice 4 : Décodage (5 points)

En annexe, sont données cinq trames Ethernet extraites d'une capture Wireshark : ces trames sont données en hexadécimal, sans préambule ni CRC, et elles se suivent dans la trace.

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

132.227.74.2

Le numéro de port qui lui est associé est 110 (valeur inférieure à 1024 : port well-known)

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

192.168.1.11

Le numéro de port qui lui est associé est FC 60 (64608) (valeur supérieure à 49151 : port dynamique)

10. L'adresse IP du poste client donne-t-elle des indices sur la localisation de ce dernier ?

192.168.1.11 est une adresse privée. Le poste client est à l'intérieur d'un réseau privé. On ne peut absolument rien déduire.

11. Quelle action de l'utilisateur sur le poste client a-t-elle pu déclencher cet échange ?

110 est le numéro de port associé à POP, protocole qui permet de récupérer les courriers électroniques sur un serveur de messagerie électronique. Sur le poste client, l'utilisateur a ouvert un logiciel client de courrier électronique (ex : Outlook de Microsoft, Mail de Apple, etc.).

12. Préalablement à l'échange de ces trames, quels sont les protocoles (des 4 niveaux de l'architecture TCP/IP) qui ont été nécessairement utilisés (en supposant que le poste client vient de démarrer) ? Préciser le rôle de chacun d'eux.

Ethernet/Wifi : pour la communication sur le réseau local privé

IP : pour la communication entre le poste client et le serveur de mail

ARP : pour que le poste client obtienne l'adresse MAC de son routeur local

UDP : pour encapsuler les messages DNS

DNS : pour trouver l'adresse IP du serveur de mail (le nom du serveur étant configuré manuellement dans le logiciel client de messagerie)

TCP : pour encapsuler POP

POP : pour relever les courriers de l'utilisateur

13. Par combien de routeurs passe la communication entre le poste client et le serveur ?

Dans la 1^{ère} trame, émise par le poste client : TTL = 64 (40 en hexa)

Dans la 2^{ème} trame, reçue par le poste client : TTL = 50 (32 en hexa)

Il y a donc 14 routeurs (64 – 50) entre le poste client et le serveur

14. Dans la cinquième trame, des blancs ont remplacé des valeurs hexadécimales. Calculer la valeur de ces huit octets.

Il s'agit d'un numéro de séquence et d'un numéro d'acknowledgment d'un segment TCP envoyé par le client.

Pour le numéro de séquence (les 4 premiers octets) :

- il est égal au numéro d'acknowledgment contenu dans la 4^{ème} trame : 1B 74 C8 83

Pour le numéro d'acknowledgment (les 4 derniers octets) :

- il acquitte les octets de données TCP véhiculés dans la 4^{ème} trame

- lg IP = 00 48 = 72 octets, IHL = 5 = 20 octets, d'où segment TCP de 52 octets

- THL = 8 = 32 octets, d'où champ données de TCP de 20 octets dans la 4^{ème} trame

- NumSeq de la 4^{ème} trame = 43 C0 66 11

- NumAck de la 4^{ème} trame = $(43\ C0\ 66\ 11)_{16} + (20)_{10} = 43\ C0\ 66\ 25$

15. Faire un schéma faisant figurer les adresses IP et MAC utilisées dans les trames en indiquant à quel équipement chacune d'elles est associée.

