

Une équipe de chercheurs de Montréal doit réaliser des tests microbiologiques dans son laboratoire de Los Angeles (7000 km de distance). L'équipe de chercheurs doit pouvoir visualiser et écouter les tests (en utilisant IP+UDP) ainsi que réaliser des requêtes http et communiquer avec VoIP. Pour regarder les tests, l'application utilise une connexion pour la transmission de la vidéo et une connexion pour la transmission de la voix. Une vidéo en couleur numérique est une série d'images consistant chacune en une grille de pixels. Pour obtenir un mouvement fluide en vidéo numérique, 25 images doivent être affichées par seconde. Pour la voix, on va envoyer un paquet chaque 20 ms. La communication devra passer par 5 routeurs (Los Angeles à Montréal) (Figure 1).

L'équipe de chercheurs est composée de 50 chercheurs, qui travaillent simultanément: 15 chercheurs regardent et écoutent des vidéos en temps réel, 20 chercheurs communiquent avec VoIP et 15 font des requêtes http (une requête par seconde).

La source des données (http, vidéo et la voix) est le serveur PC2 a Los Angeles. La destination est le réseau de Montréal. La capacité (débit) pour tous les liens est de 100 Mbps. On utilise les protocoles TCP, UDP et IP;

Pour toutes les vidéos, il y a une connexion pour les 'images', une connexion pour la voix; La taille d'une réponse http est de 10 Ko et la taille d'un paquet est 1000 octets de données plus 60 octets d'en-têtes;

La taille d'une image compressée = 10 Koctets;

Pour la transmission de la voix, il est nécessaire d'envoyer un paquet chaque 20 ms; La voix est sans compression 64 Kbps; la taille des en-têtes pour la voix est de 60 octets;

Pour la transmission vidéo, il est nécessaire de transmettre 25 images par seconde;

Pour les 'images' de la vidéo, la longueur des paquets est de 1000 octets de données plus 60 octets d'en-têtes;

Les files d'attente, dans les routeurs, sont de longueur de 10 000 octets et elles sont toutes utilisées en moyenne à 50%

Le délai de traitement à chaque routeur intermédiaire est de 0,1 ms;

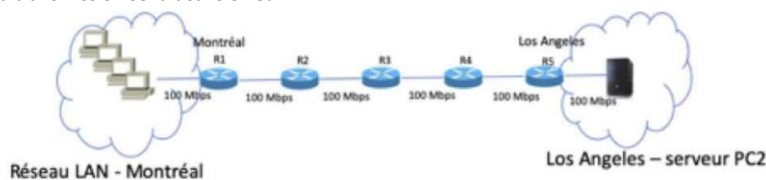
La distance de Montréal a Los Angeles est 7000 km;

Hypothèse: on considère que le seul trafic sur le réseau est di a la communication entre le serveur à Los Angeles et les clients à Montréal;

Le lien R3 a R2 a une capacité disponible de 40 Mbps pour toutes les communications entre Montréal et Los Angeles;

La vitesse de propagation du signal est de 200 000 km/s;

La transmission se fait sans erreur.



Q1 :Quel est le débit total dont on a besoin pour que tous les chercheurs communiquent ? Donnez la réponse en Mbps. Utilisez la virgule pour les décimales.

Réponse : Prendre en compte les différents types de communication (vidéo, voix et requêtes HTTP) : VoIP : un paquet chaque 20 ms donc 50 paquets par seconde; Une communication par VoIP = 64 Kbits (64 000 bits)

Un paquet VoIP = 64 000 bits/50 paquets = 1280 bits = 160 octets de données; 160 + 60 octets d'en-têtes = 220 octets

Débit pour une communication par VoIP = 50 paquets/seconde * 220 octets/paquet * 8 bits/octet = 0,088 Mbps

Vidéo : Image-compressée = 10 000 octets; 1000 octets/paquets donc 10 paquets/image 25 images/seconde * 10 paquets/image = 250 paquets/seconde;

Un paquet d'image = 1000 + 60 = 1060 octets;

Débit vidéo= 250 paquets/sec * 1060 octets/paquet * 8 bits/octet = 2 120 000 bps = 2,12 http : taille d'une réponse http = 10 000 octets; taille d'un paquet = 1000 + 60 = 1060 octets; Nbr paquets = 10 000/1000 = 10 paquets/requête;

Débit http = 10 paquets * 1060 octets/paquets * 8 bits/octet = 0,084 Mbps

Débit total nécessaire : 15 * (2,12+0,088) + 20 * 0,088 + 15 * 0,084 = 36,14 Mbps La réponse correcte est : 36,152 Mbps

Q2 : Supposez que 5 chercheurs invités arrivent à Montréal et qu'ils vont regarder et écouter les tests (vidéo + VoIP). Est-ce que le réseau Los Angeles-Montréal est capable de supporter le trafic des 50 chercheurs, plus les 5 invités (en total 55 utilisateurs) ? Quels problèmes peuvent se présenter ?

- Oui, le réseau est capable de supporter le trafic total. Le débit du réseau est plus élevé que le débit produit pour les 55 utilisateurs

- Non, le réseau n'est pas capable de supporter le trafic total. La capacité disponible du lien R3-R2 est plus petite que le débit produit pour les 55 utilisateurs ✓

- Il y a congestion au routeur R5 et les paquets vont être jetés à la poubelle.

- Le serveur peut contrôler le trafic de toutes applications en utilisant les fenêtres de TCP. Justification : 36,14 Mbps + (2,12+0,088) Mbps = 47,18 Mbps > 40 Mbps donc Non

Q3 : Supposez qu'on utilise TCP pour une communication Los Angeles - Montréal, et la longueur des paquets est 1000 octets pour les données, plus 60 octets pour les en-têtes. Calculez le délai de bout-en-bout d'un paquet entre le routeur R5 a Los Angeles et le routeur R1 à Montréal.

Réponse : La calcul du délai est pour UN PAQUET et non pour la vidéo ou l'image.

Délai bb = Délai propa + 5 * Délai trait + 5 * Délai trans + 5 * Délai file d'attente

Délai propagation = distance/vitesse propagation du signal = 7000/200000 = 0.035 s

Délai traitement = 1 ms = 0.0001 s

Délai transmission = Longueur-Paquet-en-bits/débit = (1060*8)/100 Mbps= 0.0000848 s

Délai d'attente = (Longueur-file*%*8bits/oct)/débit = (1000*0.5*8)/100Mbps = 0.0004 s

Délai bb = 0.035 + 5 * 0,0001 + 5 * 0.0000848 + 5 * 0.0004 = 0.0374 s

La réponse correcte est : 0,0374

Q4 : Supposez qu'on utilise TCP, que la longueur des paquets est 1000 octets pour les données, plus les en-têtes (60 octets), et que le délai de retour de l'ACK est le même que le délai de bout en bout du paquet (de R5 au R1). Quelle est la longueur la plus petite de la fenêtre de TCP pour garantir que la transmission soit continue? (La réponse en octets)

Réponse : Taille fenêtre (octets)*8 (b/octet) / (100 000 000 bps) > 2 x le délai

Taille fenêtre > (2 * 0,0374 * 100 000 000) / 8; Taille fenêtr > 935000 octets

La réponse correcte est : 935980

Q5 : Supposez qu'il n'y a que 30 connexions vidéo. Si on utilise UDP pour la transmission de la vidéo (images : paquet de 1000 octets de données, plus 60 octets des en-têtes, plus 160 octets de données). Quel est le débit total, par seconde, généré pour transmettre 30 vidéos (Images+voix) ? Justifiez clairement votre réponse

Réponse : 30 connexions * débit = 30 * (2,12+0,088) = 66,24 Mbps

Q6 : On veut réaliser une communication VoIP sur Internet. Pour cette communication, on utilise le codec G.711 (64 Kbps de voix, fréquence d'échantillonnage chaque 20 ms, 160 octets de données dans chaque paquet, plus 60 octets d'en-têtes). Cette communication se tient sur un réseau dont le délai bout-en-bout est de 20 ms, et le débit est de 10 Mbps. Supposez qu'on va utiliser TCP pour cette communication (normalement on utilise UDP). Si on utilise pour cette communication TCP avec « stop-&wait », est-il possible de la réaliser ? Veuillez choisir une réponse :

a. Oui, on peut transmettre les 50 paquets par seconde la voix parce que le réseau peut transmettre 60 paquets par seconde en utilisant le protocole 'stop & wait'

b. Non, on ne peut pas transmettre les 50 paquets par seconde voix parce que le réseau ne peut transmettre que 25 paquets par seconde en utilisant le protocole 'stop & wait' ✓

c. Non, on ne peut pas transmettre les 50 paquets par seconde voix parce que le réseau ne peut transmettre que 40 paquets par seconde en utilisant le protocole 'stop & wait'

d. Oui, on peut transmettre les 50 paquets par seconde la voix parce que le réseau peut transmettre 50 paquets par seconde en utilisant le protocole 'stop & wait'

Justification : Avec Stop & Wait, quand on échantillonne à un moment, doit attendre 20ms d'aller, et ensuite attendre un autre 20ms de retour de délai.

Donc on ne peut échantillonner qu'à chaque 40ms (donc 25 paquets/s)

Q7 : Supposez que le débit total pour la communication de voix est de 80 Kbps (en-têtes, plus les données). Si on utilise TCP, quelle doit être la taille, la plus petite, de la fenêtre pour pouvoir se communiquer ? Donnez la réponse en octets

Réponse :

Pour maintenir un flux continu sans interruption, nous devons envoyer suffisamment de bits pendant le délai de 40 ms pour maintenir dgfde débit de 80 Kbps. Le débit de 80 Kbps signifie que nous devons envoyer 80 000 bits chaque seconde. En 40 ms, nous devons donc envoyer (80 000 bits/s * 40 ms) / 1000 = 3200 bits.; 3200 bits / 8 = 400 octets

La réponse correcte est : 400

Q1 : Supposez que la fréquence maximale d'un signal de voix est 8000 Hz, et que l'on utilise le critère de Nyquist pour la fréquence d'échantillonnage (échantillons par seconde). Une unité échantillon est représentée dans un octet. Quel est le débit (bps) d'un canal de voix sans compression (sans tenir en compte des en-têtes)?

a. 64 Kbps

b. 96 Kbps

c. 128 Kbps ✓

d. 86 Kbps

Justification : fréquence maximale d'un signal de voix 8000Hz; on double selon Nyquist 2*8000Hz = 16000Hz; canal de voix sans compression : 16000 *8 = 128 Kbps

Q2 : Pour une transmission VoIP avec le codec G.XXX (avec compression), on transmet un paquet avec la voix chaque 40 ms. Si on utilise encapsulation Ethernet (18 octets) + IP (20 octets) + Réponse UDP (8 octets) + RTP (12 octets) + Voix (40 octets), quel est le débit total pour le canal de VoIP ?

a. 64 Kbps

b. 32 Kbps.

c. 19,6 Kbps ✓

d. 31,2 Kbps

Justification : Un paquet chaque 40 ms => 25 paquets/sec ;

Un paquet : 18+20+8+12+40 = 98octets = 484bits ; 484 * 25 = 19,6 Kbps

Un professeur est en train de donner un cours a distance et utilise un outil pour faire la transmission vidéo et voix. Un groupe d'étudiants doit pouvoir visualiser le cours en temps réel. Une vidéo en couleur numérique est une série d'images consistant chacune en une grille de pixels. Pour obtenir un mouvement fluide en vidéo numérique, 25 images doivent être affichées par seconde. La capacité (débit) pour tous les liens est de 100 Mbps. Protocoles : en-tête de la couche liaison = 40 octets; en-tête IP = 20 octets; en-tête UDP = 8 octets; en-tête RTP = 12 octets. Encapsulation : Liaison + IP + UDP + RTP + données

Vidéo « high definition » HD : chaque image de 1280 X 720 pixels.

Vidéo non-HD : chaque image de 320 X 240 pixels

Ratio compression MPEG 90:1. 90 octets sont compressés en 1 octet;

Pour transmission vidéo, il est nécessaire de transmettre 25 images par seconde;

Le seul trafic sur le réseau est dd au trafic généré par ce cours;

Pour représenter un pixel on utilise 3 octets;

La longueur des paquets est de 1000 octets pour les données, plus les en-têtes;

Q1 : Calculer le débit pour transmettre cette vidéo HD (image de 1280 X 720 pixels) si le nombre des données par paquet est 1000 octets. Encapsulation protocole-liaison + IP + UDP + RTP + données (réponse en Mbps).

Nombre de pixels : 1280 * 720 = 921600; Taille image : 921600*3 = 2464800 octets/image

Taille image compressé : 2464800 * 1/90 = 30420; longueur paquet = 1080 octets

Nombre paquet par image = 30420/1000 = 30,42; 25 images/s => 25*30,42 = 468 paq/s

Débit vidéo = 468 * 1080 * 8 = 6645520 bps = 6,636 Mbps

Q2 : Calculer le débit pour transmettre cette vidéo non-HD (non-HD image de 320 X 240 pixels) si le nombre des données par paquet est 1000 octets. Encapsulation protocole-liaison + IP + UDP +RTP + données (réponse en Mbps).

Nombre de pixels : 320 * 240 = 46800; Taille image : 46800 * 3 = 230400 octets/image

Taille image compressé : 230400 * 1/90 = 2560; longueur paquet = 1080 octets

Nombre paquet par image = 2560 / 1000 = 2,56 ; 25 images/s => 25 * 2,56 = 64 paq/s

Débit vidéo = 64 * 1080 * 8 = 552960 bps = 0.55296 Mbps

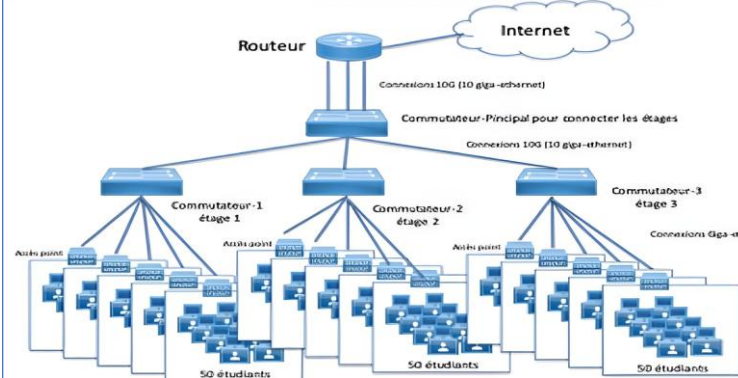
Q3 : Quelle est le nombre maximum de connexions vidéo non-HD qu'on peut transmettre sur ce réseau?

Réponse : nombre connexions non-HD : 100Mbps / 0.55296 Mbps = 180,8 = 180 connex

Q4 : Quelle est le nombre maximum de connexions vidéo non-HD qu'on peut transmettre sur ce réseau?

Réponse : nombre connexions HD : 100Mbps / 6,636 Mbps = 15,07 = 15 connexions

Une université a installé dans un bâtiment un nouveau réseau pour permettre aux étudiants de se connecter à Internet pendant les cours. Le bâtiment a 3 étages et dans chaque étage il y a 5 salles de cours (toutes identiques). Dans chaque salle de classe, il y a 100 étudiants, tous connectés à Internet via un réseau sans fil (WiFi). La topologie de ce système est montrée dans la Figure. Il y a 3 commutateurs, un pour chaque étage (le 1 étage-1, 2 étage-2 et 3 étage-3) pour permettre la connexion des étudiants à Internet. A chaque commutateur sont connectées les 5 salles de classe du même étage. Les liens entre les points d'accès (réseau WiFi) et ces commutateurs sont giga-Ethernet. Ces trois commutateurs sont connectés au commutateur-principal par des liens 10G-giga-Ethernet. Les liens (3) entre routeur et le commutateur-Principal sont 10G-giga-Ethernet. Le lien entre le routeur et le serveur Moodle est de 10 Gbps. La capacité (vitesse) du lien entre le routeur et l'Internet est de 2 Gbps. Dans chaque salle, 30 étudiants regardent Netflix, 30 étudiants regardent une vidéo sur le serveur local Moodle, 10 étudiants utilisent Facebook et 30 étudiants utilisent HTTP. Le débit généré pour chaque connexion dépend de l'application : 5 Mbps Netflix, 2 Mbps Moodle, 1 Mbps Facebook, 0,5 Mbps HTTP.



Q1 - a) Quel est le débit de chaque salle de classe? (Mbps)

30*5 Mbps + 30*2 Mbps + 10*1 Mbps + 30*0,5 Mbps = 235 Mbps

Q1 - b) Quel est le débit généré par chaque étage ? (Mbps)

235 Mbps * 5 = 1175 Mbps

Q1 - c) Quel est le débit total entre le commutateur-principal et le routeur ? (Mbps)

1175 Mbps * 3 = 3525 Mbps

Q1 - d) Quel est le nombre de connexions 10G dont on a besoin entre le commutateur-principal et le routeur pour supporter tout le trafic ?

Le débit total généré est de 2525 Mbps, la capacité du lien entre le routeur et l'Internet est de 10 000 Mbps, un seul lien 10G (10 Gbps ou 10000 Mbps) est suffisant.

Q2 : Supposez que les points d'accès transmettent toujours à 100 Mbps et que maximum 25 utilisateurs peuvent se connecter à un point d'accès a-t-on besoin dans une salle de classe pour garantir le débit demandé pour les utilisateurs de la salle? Justifiez.

Max : 100Mbps; 25 Étudiants; => 100/25 = 4; 235 Mbps < 4 * 100 Mbps ✓

Avec l'adresse réseau suivante : 20.0.0.0, on vous précise qu'il n'y aura jamais plus de 3500 sous-réseaux; sous-réseautez cette classe afin de maximiser le nombre de postes par sous-réseaux.

Q1 : Quel sera alors, le nombre de sous-réseaux disponibles, le nombre de postes par sous-réseaux, et le masque du réseau et des sous-réseaux? Justifiez votre réponse.

a. Le nombre de sous-réseaux est 8192, le nombre de machines (postes) est 2046, la masque du réseau est 255.0.0.0 ou IP/8, la masque du sous-réseau est 255.255.255.0 ou IP/24

b. Le nombre de sous-réseaux est 8192, le nombre de machines (postes) est 2046, la masque du réseau est 255.0.0.0 ou IP/8, la masque du sous-réseau est 255.255.248.0 ou IP/21

c. Le nombre de sous-réseaux est 4096, le nombre de machines (postes) est 4094, la masque du réseau est 255.0.0.0 ou IP/8, la masque du sous-réseau est 255.255.240.0 ou IP/20 ✓

d. Le nombre de sous-réseaux est 4096, le nombre de machines (postes) est 4094, la masque du réseau est 255.255.0.0 ou IP/16, la masque du sous-réseau est 255.255.224.0 ou IP/19

Justification : On doit trouver le nombre de bits nécessaires pour représenter le nombre de sous-réseaux souhaité (3500) : $2^{12} = 4096 > 3500 \Rightarrow 12$ bits pour sous-réseaux, 12 bits machine => $(2^{12}) - 2 = 4094$ postes; IP/8+12 => Masque(20 bits à 1, 12 à 0) : 11111111.11111111.11110000.00000000 => 255.255.240.0/20 (20 bits à 1)

Q2 : Précisez 2 sous-réseaux qui appartiennent au réseau trouvé.

a. Les sous-réseaux 20.0.17.0 et 20.255.226.0

b. Les sous-réseaux 20.0.16.0 et 20.255.224.0 ✓

c. Les sous-réseaux 20.0.16.0 et 20.255.220.0

d. Les sous-réseaux 20.0.54.0 et 20.255.240.0

Justification : Avec le réseau de départ de 20.0.0.0, le premier sous-réseau sera 20.0.0.0, puis le prochain sous-réseau sera obtenu en ajoutant 2^{12} (4096) à la partie du réseau : 20.0.0.0 in binary: 00010100.00000000.00000000.00000000
4096 in binary: 00000000.00000000.00010000.00000000; on additionne les deux: = 00010100.00000000.00010000.00000000 => 20.0.16.0

To determine if a given IP address is a valid subnet address for a specific network and subnet mask, we need to perform a bitwise logical AND operation between the IP address and the subnet mask: 20.255.224.0 AND 255.255.240.0 = 20.255.224.0 ✓

Q3 : Parmi Les réponses suivantes, lesquelles sont des adresses de diffusion (broadcast) du réseau défini. Veuillez choisir une réponse :

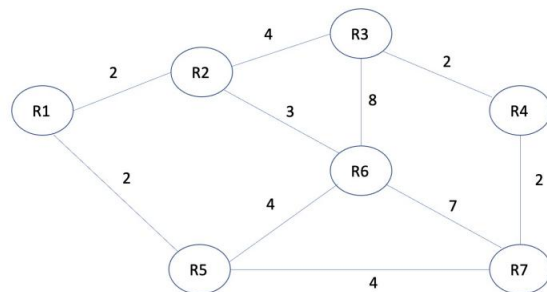
a. 20.255.255.255 et 20.0.15.255

b. 20.0.31.255 et 20.0.255.255 ✓ Adresse de diffusion : 20.0.15.255, on ajoute 4096 :

c. 20.0.31.255 et 20.0.239.255

d. 20.0.255.255 et 20.0.239.255

Soit le réseau de la figure suivante :



La valeur de chaque connexion représente le coût de la communication entre les routeurs connectés par cet arc. Par exemple, le coût pour la communication entre le routeur R5 et le routeur R7 est de 4.

Q1 : Si pour le routage du réseau on utilise le protocole OSPF, quelle connexion (canal) n'est jamais utilisée ? La connexion entre R3 et R6 n'est jamais utilisée ✓

Q2 : Si pour le routage du réseau on utilise le protocole OSPF, quel est le coût de la meilleure route entre R1 et R4 ? Justifiez votre réponse. Réponse : 8

Q3 : Si pour le routage du réseau on utilise le protocole RIP, quel est le coût de la meilleure route entre R3 et R5 ? Justifiez votre réponse. Réponse: 2

Les chercheurs de Montréal doivent réaliser des tests microbiologiques dans son laboratoire de Pékin (15000 km de distance). L'équipe de chercheurs doit pouvoir visualiser en temps réel les tests. Une vidéo en couleur numérique est une série d'images. Pour un mouvement fluide en vidéo numérique, 25 images doivent être affichées par sec.

- La figure montre les débits de chacun des liens

- Taille d'une image compressée = 10 Koctets; - La longueur des paquets est de 1000 octets pour les données auxquelles doivent s'ajouter les entêtes; - Les files d'attente, dans les routeurs, sont de longueur de 10000 octets et toutes utilisées en moyenne à 10%;

- Le délai de traitement à chaque routeur intermédiaire est de 0,1 ms; - La vitesse de propagation est de 200 000 km/s; - Il n'y a qu'une seule connexion entre PC1 et PC2; la transmission se fait sans erreur; - Distance: 15000 km; - 25 images/s doivent être affichées

- Taille d'une image compressée = 10 Koctets; - La longueur des paquets est de 1000 octets pour les données auxquelles doivent s'ajouter les entêtes; - Les files d'attente, dans les routeurs, sont de longueur de 10000 octets et toutes utilisées en moyenne à 10%; - Le délai de traitement à chaque routeur intermédiaire est de 0,1 ms; - La vitesse de propagation est de 200 000 km/s; - Il n'y a qu'une seule connexion entre PC1 et PC2; la transmission se fait sans erreur.

Q1 : Si on utilise UDP pour la transmission, est-ce que c'est possible pour ce réseau de transmettre la vidéo depuis Pékin?

Image = 10 Koctets. Vidéo = 25 images = $25 * 10000 = 250\,000$ octets. Comme le paquet est 1000 octets de données, on a besoin de 250 paquets par seconde pour envoyer une vidéo de 25 images en une seconde ($250000/1000 = 250$). Taille-paquet = 1000 octets données + IP + UDP = $1028 * 8 = 8224$ bits. Débit-véo = 250 paquets/sec = $250 * 8224 = 2,05$ Mbps. Comme le débit de transmission de PC2 est 100 Mbps, on peut transmettre la vidéo (2,05 Mbps)

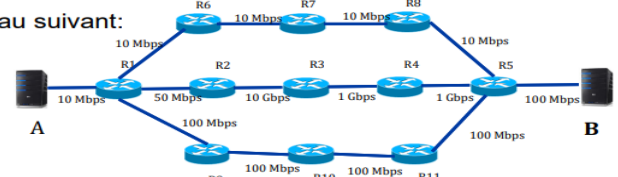
Q2 : Si on garde UDP pour la transmission, et on change la taille des paquets à 1 octet est-ce que c'est possible pour ce réseau de transmettre la vidéo depuis Pékin?

Image = 10 Koctets. Vidéo = 25 images = $25 * 10000 = 250\,000$ octets. Comme le paquet est 1 octet de données, on a besoin de 250000 paquets par seconde pour envoyer l'image. Taille-paquet = 1 octet donnée + IP + UDP = $29 * 8 = 232$ bits. Débit-véo = 250 000 paquets/sec = $250000 * 232 = 58$ Mbps. Comme le débit de transmission de PC2 est 100 Mbps, on peut transmettre la vidéo.

Q3 : Si on garde UDP pour la transmission, et on change la taille des paquets à 1octet est-ce que c'est possible pour PC1 de recevoir la vidéo depuis Pékin? Expliquer pourquoi.

Image = 10 Koctets. Vidéo = 25 images = $25 * 10000 = 250\,000$ octets. Comme le paquet est 1 octet de données, on a besoin de 250000 paquets par seconde pour envoyer l'image. Taille-paquet = 1 octet donnée + IP + UDP = $29 * 8 = 232$ bits. Débit-véo = 250 000 paquets/sec = $250000 * 232 = 58$ Mbps. Comme le débit de réception de PC1 est 10 Mbps, on ne peut pas recevoir la vidéo (58 Mbps). Il y a congestion au niveau de router de Montréal. Il reçoit 58 Mbps et peut transmettre que 10 Mbps vers PC1.

Soit le réseau suivant:



- Route 1 : R5, R8, R7, R6, R1. : Le délai moyen pour cette route est 200 ms, la probabilité de perte de paquets est 0% et les liens sont actuellement utilisés à 60% de leur capacité.

- Route 2 : R5, R4, R3, R2, R1. : Le délai moyen pour cette route est 20 ms, la probabilité de perte de paquets est 0,001% et les liens sont actuellement utilisés à 40% de leur capacité.

- Route 3 : R5, R11, R10, R9, R1. : Le délai moyen pour cette route est 50 ms, la probabilité de perte de paquets est 0%, la variation du délai (gigue) est très élevée et les liens sont actuellement utilisés à 50% de leur capacité.

On considère que le délai acceptable pour la voix est de 150ms NOTE : Les liens peuvent être utilisés au maximum à 90% de leur capacité.

Q1 : On veut ajouter une nouvelle communication de voix (64 Kbps), entre B et A. Pour chacune de trois routes possibles, expliquez si on peut ajouter ou pas cette nouvelle communication à la route. Justifiez.

Route 1 : On ne peut pas l'utiliser. Délai trop grand pour les communications de voix (200 ms). Pour une bonne QoS, le délai maximal doit être 150 ms.

Route 2 : On peut l'utiliser. Le délai est petit, la bande passante disponible est assez pour une communication de voix, et la probabilité de perte de paquets est très petite.

Route 3 : On ne peut pas l'utiliser. Le délai est petit, la bande passante disponible est assez pour une communication de voix, la probabilité de perte de paquets est très petite, mais la variation du délai est très élevée et les communications de voix sont sensibles à la variation du délai.

Q2 : On veut ajouter une nouvelle communication de vidéo (5 Mbps), entre B et A. Pour chacune de trois routes possibles, expliquez si on peut ajouter ou pas cette nouvelle communication à la route.

Route 1 : On ne peut pas l'utiliser. Les liens sont utilisés à 60% de sa capacité, donc il reste 4 Mbps disponibles pour les nouvelles communications. Pour la vidéo on a besoin de 5 Mbps, donc on ne peut pas utiliser ce chemin.

Route 2 : On peut l'utiliser. Le délai est petit, la bande passante disponible est assez pour une communication vidéo, et la probabilité de perte de paquets est très petite.

Route 3 : On ne peut pas l'utiliser. Le délai est petit, la bande passante disponible est assez pour une communication de voix, la probabilité de perte de paquets est très petite, mais la variation du délai est très élevée et les communications vidéo sont sensibles à la variation du délai.