

RT2 – Modules M3102 et M3103

Travaux Dirigés

Plan :

TD1 : Architecture des ISP, occupation de ressource et TCP

TD2 : Qualité de service

TD3 : Caractéristiques des différents accès

TD4 : ATM

TD5 : MPLS, LDP et L3-VPN

TD6 : Accès optique et xDSL

RT2 - Modules M3102-M3103

TD1 : Architecture des ISP, occupation de ressource et TCP

Exercice 1 : Architecture de ISP, BGP

1. Définir les termes transit et peering et donner leur caractéristiques respectives.
2. A quel endroit physique une relation de peering est-elle établie ?
3. Quels sont les équipements qui y sont mis en jeu (dans la version simple) ?
4. Y a-t-il uniquement des opérateurs (ISP) à ces points ?
5. Définir *Autonomous System (AS)*.
6. Quel est le terme générique désignant les protocoles de routage limité à un AS ?
7. Quel est le seul protocole de routage autorisé pour l'échange de routes entre AS ?
8. Quelles sont ces 2 versions et à quoi correspondent-elles ?
9. Quelle est sa caractéristique de fonctionnement principale ?
10. A quoi correspond la règle de découpage d'horizon ?
11. A quoi correspond la règle de synchronisation ?
12. Comment BGP sélectionne, parmi plusieurs routes menant au même réseau, celle à introduire dans la table de routage générale du routeur ?
13. Expliquez sur l'exemple vu en cours ce que permet l'attribut MED.

Exercice 2 : Utilisation (occupation) du réseau et congestion

1. Donner la définition de congestion dans les réseaux.
2. En quoi la congestion nuit-elle à la QoS ?
3. Quels sont les 2 buts d'un ISP ?
4. Quels sont les 4 buts de TCP ?
5. Quels sont les paramètres à prendre en compte pour réaliser ces objectifs ?
6. Décrire le fonctionnement de TCP Tahoe (3 ou 4 phrases).

Exercice 3 : Gestion simpliste du débit injecté dans le réseau

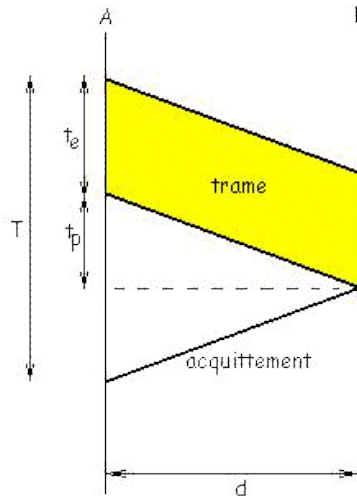
Dans le but d'éviter la congestion du réseau sans connaître la bande passante (débit) disponible, on peut utiliser un protocole fonctionnant avec accusé de réception (*acknowledgement*, noté ACK). L'ACK permet d'assurer la source que le réseau n'est pas congestionné. S'il l'était, le paquet aurait été abandonné par un équipement intermédiaire et l'ACK n'aurait pas été reçu. Il existe de nombreux types de protocoles avec accusés de réception. On va en voir 3 différents dans les 3 exercices suivants.

On imagine un protocole avec ACK le plus simple possible, obéissant aux règles suivantes :

- le débit est D

- à la suite de l'envoi d'une trame par la station A, un ACK est renvoyé à A par la station B destinataire de la trame. On considérera que cet ACK peut être réduit à 1 bit.
- la longueur L de la trame est fixe

On désigne par d la distance entre les stations A et B et par v la vitesse de propagation d'un signal (correspondant ici à un bit) dans la voie reliant A et B.



1. Exprimer le temps total de transmission d'une trame T (depuis l'émission du premier bit jusqu'à la réception de l'ACK) en fonction de L , D , d , v .
NB1 : cette question nécessite de bien faire la distinction entre vitesse de propagation et débit de données
NB2 : dans le cas général (réseaux réels), on ne peut pas connaître v et d pour les raisons mentionnées en réponse à la question 5 de l'exercice 2 précédent.
2. En déduire en fonction du rapport $a = t_p/t_e$ le taux d'occupation Θ de la voie (rapport du temps d'émission t_e d'une trame sur le temps total de transmission T) ; t_p désigne le temps de propagation d'un bit entre A et B.
3. Application numérique : Calculer θ pour $L=1024$ bits ; $D = 64$ Kbits/s ; $d = 1000$ m ; $v = 2.10^8$ m/s
4. Application numérique : Calculer θ pour $L = 53$ octets ; $D = 155$ Mbits/s ; $d = 1000$ m ; $v = 2.10^8$ m/s (situation présentant des analogies avec l'ATM).
5. A partir des résultats des deux applications numériques précédentes, quelles conclusions pouvez-vous en tirer ?

Exercice 4 : Gestion évoluée du débit injecté dans le réseau pour maximisation de l'occupation sans congestion – Le cas idéal

On utilise dans la transmission de trames d'un émetteur A vers un récepteur B un protocole défini de la manière suivante :

- l'émetteur envoie successivement $N=3$ trames puis attend leur acquittement de la part de B.
- quand cet acquittement arrive, l'émetteur envoie les N trames suivantes et attend un nouvel acquittement.
- les trames sont composées de $B_{tot}=1024$ bits dont $B_c=80$ bits de contrôle

- les acquittements sont composés de $B_{ack}=64$ bits
 - le débit de la voie est de $D_n=2$ Mbits/s et la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques est de $v=3 \cdot 10^8$ m/s sur la voie de $d=10$ km reliant A et B.
1. Quelle est la durée T nécessaire à l'expédition confirmée d'une trame ? On décomposera T en T_e (temps d'émission d'une trame), T_p (temps de propagation) et T_a (temps d'émission de l'ACK).
 2. Quel est le taux d'occupation de la voie ?
 3. Un message de 1 Mo est envoyé de A vers B par utilisation du protocole précédent. Quelle est la durée totale de la transmission de ce message ?

Exercice 5 : TCP en slow start – se rapprocher du cas idéal quand les paramètres du réseau ne sont pas connus

Pour transmettre des messages entre deux stations A et B. Nous sommes dans le cas général (NB1 de question 1 de exercice 3 précédent), dans lequel doit fonctionner le protocole TCP. Ce protocole est capable uniquement de mesurer le temps écoulé entre l'émission d'un paquet et la réception de l'ACK correspondant, appelé *Round-Trip Time* (RTT, ou temps d'aller-retour).

On suppose que les paquets générés au niveau de la couche transport ont tous une taille de m bits. Un segment est émis à un débit r bps. Le débit maximum possible sur cette liaison est de C bps. On négligera la taille d'un ACK.

On rappelle que la fenêtre de congestion est l'ensemble des paquets envoyés dont les ACKs n'ont pas encore été reçus. Pour cette transmission, on utilise une version de TCP qui rajoute un paquet à la fenêtre de congestion à chaque ACK reçu : la taille ***cwnd*** de la fenêtre est donc doublée à chaque **RTT** (round-trip time, ou temps d'aller-retour). Voir figure ci-après.

Tous les résultats doivent être donnés sous forme littérale uniquement.

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quel est la valeur du RTT en fonction de T_e, le temps d'émission d'un segment, et T_p le délai de propagation. 2. On définit un cycle comme un aller-retour. Deux cycles sont représentés sur la figure : cycle i où la taille de la fenêtre est $cwnd_i$, pour $i=1$ et $i=2$. Exprimer le débit D_i appliqué en entrée du réseau par A au cycle i en fonction de $cwnd_i$ et des autres paramètres (quelque soit i entier positif). 3. Exprimer le nombre N de cycles et le temps correspondant L pour que le débit appliqué par A en entrée du réseau atteigne C. Dans ce cas-là, quel est le taux d'utilisation du lien ?
--	--

RT2 - Modules M3102-M3103

TD2 : Qualité de service

Exercice 1 : Bases de la QoS

1. Donner la définition de congestion dans les réseaux.
2. En quoi la congestion nuit-elle à la QoS ?
3. Pourquoi le traitement de la QoS est-il indispensable, même dans un réseau surdimensionné par rapport aux besoins des utilisateurs ?
4. Avec quels paramètres peut-on mesurer la QoS ?
5. Quelles applications nécessitent de la QoS ?
6. Quelles sont les 3 grandes stratégies de traitement de la QoS ?
7. Quand un client achète un certain niveau de QoS, quels traitements sont réalisés dans l'équipement de bord de l'opérateur ?
8. Avec quels types de techniques l'opérateur traite-t-il la QoS dans le cœur du réseau ?
9. Mentionner et définir les techniques qui vous semblent représentatives, au sein de ces 2 types.
10. Quelle architecture de service (ou nom de champ dans l'entête IP) est actuellement utilisée dans les réseaux cœur pour spécifier le niveau de qualité de service requis par un paquet IP ? Décrivez son principe en une phrase.
11. Les token buckets et les leaky buckets sont deux manières de limiter le débit des données. Expliquer en quoi ils sont différents en termes de capacité à accepter les rafales dans le réseau, et garantir un débit de données moyen ou pic.

Exercice 2 : Limiter le débit pic ou le débit moyen : sceau percé et sceau à jeton

Dans cet exercice, aucune valeur numérique ne doit apparaître, toutes les réponses seront données uniquement sous forme littérale. N'hésitez pas à faire des schémas pour vous aider.

1. On suppose un leaky bucket de débit r et taille de buffer b .
On observe le comportement suivant en sortie du leaky bucket (Figure 1). Exprimez la condition pour qu'aucun paquet ne soit abandonné à cause de la rafale. Cette condition sera exprimée sous la forme d'une inégalité reliant le débit d_{burst} de la rafale, sa durée t_{burst} , r et b .

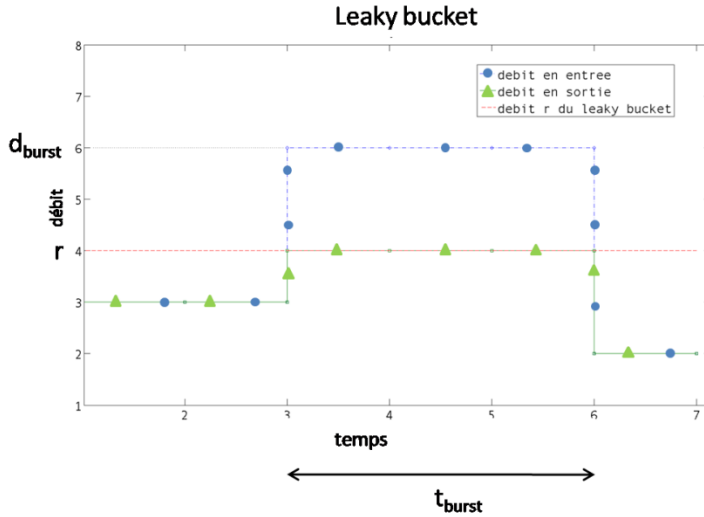


Figure 1

2. On suppose un token bucket de débit r et de taille b .

La Figure 2 représente le débit en sortie et le débit en entrée du seau. Donner la condition pour que le phénomène apparaissant sur la figure ne se produise pas, c'est-à-dire la condition pour que le débit de sortie soit constamment le même que celui d'entrée. Cette condition sera exprimée en fonction du débit d_{burst} de la rafale, sa durée t_{burst} , r et b .

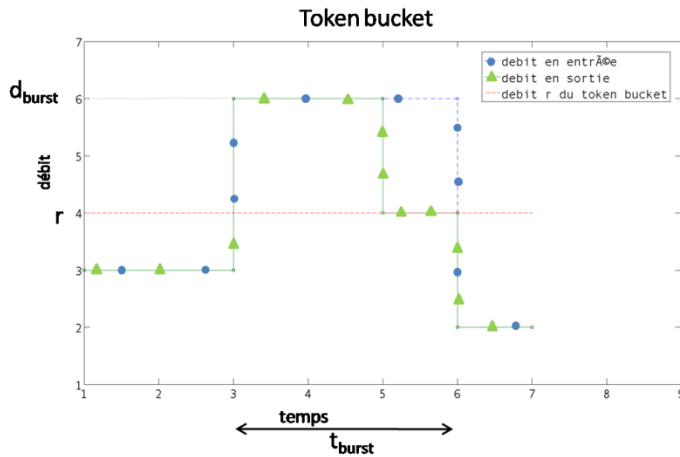


Figure 2

3. On considère un token bucket de débit r et de taille b .

La Figure 3 représente une première rafale (de l'instant 3 à l'instant 5 sur la figure). En supposant que le seau a été vidé par cette rafale, donnez la condition sur le débit d_f du trafic en entrée pendant une durée t_f , r et b pour que le seau soit à nouveau plein quand la deuxième rafale débute.

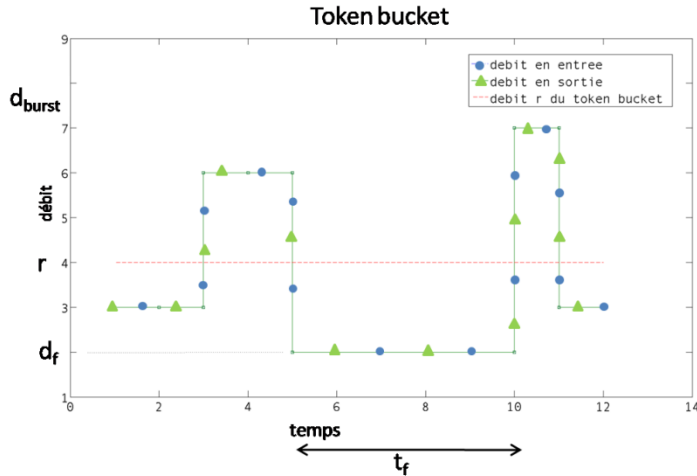


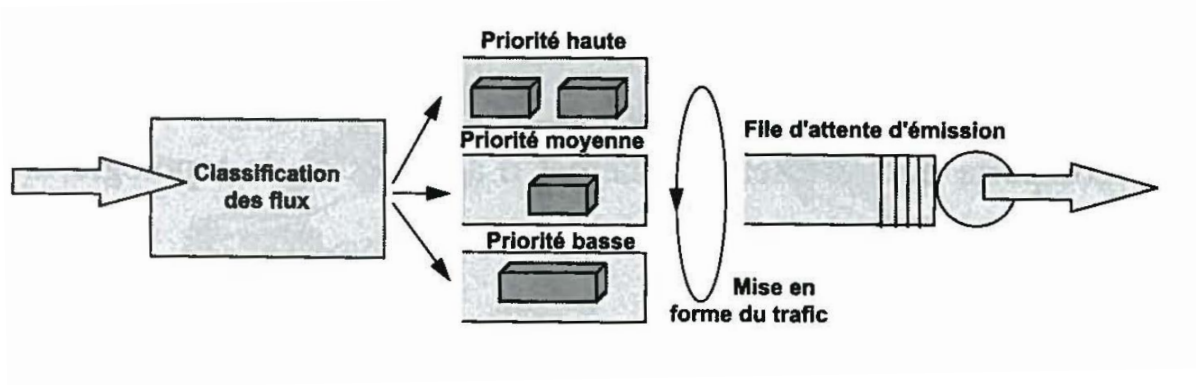
Figure 3

Exercice 3 : Abandonner des paquets en situation de congestion ou à l'approche : gestion de buffer

1. Donner la définition de la politique de gestion de file « DropTail ».
2. En supposant 3 connexions TCP partageant un lien goulot d'étranglement (*bottleneck*) entre 2 routeurs, que va avoir comme effet l'usage de DropTail au routeur d'entrée du goulot d'étranglement sur : le débit d'une part, et le délai d'autre part.
3. Donner la définition de la politique de gestion de file « Random Early Detection » (RED).
4. Dans la configuration de la question 2, quel impact a l'usage de RED sur le débit et le délai ?

Exercice 4 : Faire passer les paquets prioritaires d'abord : ordonnancement de files d'attente

La méthode la plus utilisée aujourd'hui pour garantir aux applications une certaine qualité de service consiste à assurer à chaque type de flux un service différencié. La figure en illustre le principe :



Selon des critères définis par l'administrateur du réseau (@IP, Port, champ DS, Tag 802.1p, etc) les données sont placées dans un file d'attente spécifique. Les différents systèmes se différencient selon la manière dont sont lues les données (mise en forme et/ou ordonnancement), avant d'être émises.

Dans le système représenté précédemment, la bande passante est affectée aux files d'attente selon une pondération définie par l'administrateur réseau (WRR, *Weighted Round Robin*). Par exemple si la file d'attente de haute priorité a un poids de 5, celle de moyenne priorité 3 et celle de basse priorité 2, le système lira 5 blocs de données de la file 1, puis 3 blocs de la file 2 et enfin 2 de la file 3. Si une file d'attente est vide, le système passe immédiatement à la suivante.

Votre système informatique met en oeuvre trois types d'application:

- Voix sur IP.
- Clients/serveur.
- Transfert de fichiers.

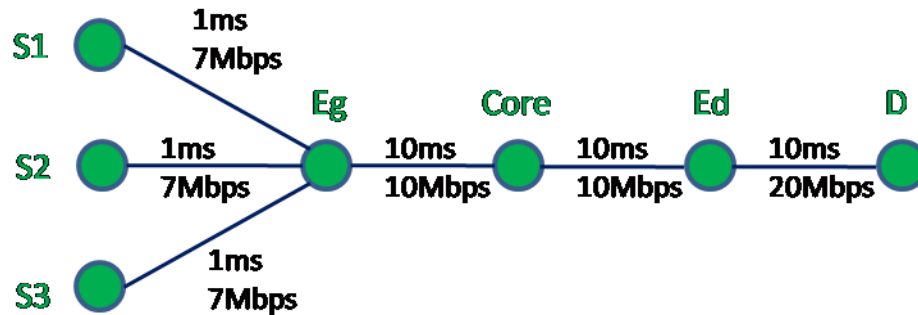
Votre administrateur réseau décide d'affecter respectivement la moitié de la bande passante aux applications voix, 30 % aux applications clients/serveur et seulement 20 % aux applications de transfert de fichiers, pour cela il affecte aux files d'attente les poids de 5, 3 et 2.

1. Dans ces conditions, si le débit du lien est 2 Mbit/s, calculez quelle est, *a priori*, la bande passante maximale et minimale susceptible d'être allouée à chacun des flux.
2. En admettant que chacun des flux soit caractérisé par une taille moyenne de blocs de données de 40 octets pour la voix, 256 pour les applications clients/serveur et 1 500 octets pour les applications de transfert de fichiers (pour simplification on négligera les données protocolaires) :
 - a. Calculez la bande passante maximale et minimale réellement affectée à chaque type de flux. Que pensez-vous de votre réponse à la première question?
 - b. Déterminez les poids qui assureraient le respect de la bande minimale allouée à chaque flux.

Exercice 5 : Marquer l'entête IP des paquets pour indiquer leur priorité : DiffServ

Nous considérons l'utilisation de DiffServ. Nous allons considérer une certaine topologie de réseau avec du trafic prédéfini. La figure ci-après représente la topologie. Trois flux UDP portant une application CBR de débit 10Mbps, sont générés à S1, S2 et S3, à destination de D.

Les paquets IP générés à S1, S2 et S3 vont d'abord arriver au routeur Eg, routeur de bord de l'opérateur, où ils vont être marqués avec des priorités différentes, et traités en conséquence dans les routeurs Eg, Core et Ed. Ed fait de même avec le trafic dans l'autre sens venant de D (seulement les ACKs de possibles connexions TCP dans notre cas).



- 1- Regarder le fichier `diffserv.tcl` du sujet de TP2, et joint en annexe en fin de fascicule. Lisez et analysez ce fichier, et répondez aux questions suivantes:
 - a. Sur quel critère les 3 flows sont-ils différenciés ? (type d'application ? ou paire source-destination ? ou protocole de transport ?...)
 - b. Quelle est la différence entre files physiques et virtuelles ?
 - c. Quels sont les critères avec lesquels les paquets sont mis dans chaque file physique et dans chaque file virtuelle ?
 - d. Décrivez le type de buffer management associé à chaque file physique.
 - e. Quels sont les choix possibles, dans le code tel qu'il vous est fourni, pour l'ordonnancement entre les différentes files physiques ?
 - f. D'après vous, à quoi sert la variable `meanPktSize`, et à quoi correspondent les valeurs qu'elle prend ?
- 2- Décrire la politique d'ordonnancement « Strict Priority » de plusieurs files d'attente.
- 3- Si les poids `weightWRR1`, `weightWRR2` et `weightWRR3` sont respectivement à 10, 5 et 2, quels seront les débits obtenus par chaque connexion ? Une formule littérale directe application de la définition de la politique d'ordonnancement « Weighted Round Robin » permettra de répondre facilement.
- 4- D'après vous, quels sera l'ordre des délais obtenus par les paquets de chaque connexion ?

RT2 - Modules M3102-M3103

TD3 : Caractéristiques des différents accès

Exercice 1 : Lignes loués, accès analogique, RNIS, Frame Relay

Énoncé : Les lignes louées	Vrai	Faux
sont considérées comme des liaisons dédiées de réseau étendu.		
sont idéales pour connecter des utilisateurs sur une grande distance.		
sont constituées de nombreux circuits virtuels commutés.		
possèdent une latence et une gigue plus faibles par rapport aux autres liaisons de réseau étendu.		
peuvent opérer à des débits binaires très élevés.		
ne requièrent pas d'établissement de la communication, car elles sont toujours actives.		
représentent les liaisons de réseau étendu au coût le plus bas pour les interconnexions.		
sont souvent utilisées comme lignes de secours pour les circuits commutés.		

Un accès commuté analogique

	Vrai	Faux
s'apparente à une liaison de réseau étendu commutée.		
est basé sur la technologie de commutation de cellules.		
permet d'établir une connexion très rapidement.		
envoie des signaux numériques via la boucle locale de la compagnie de téléphone.		
nécessite un modulateur/démodulateur pour l'envoi de signaux numériques au RTPC.		
allie disponibilité et faible coût.		

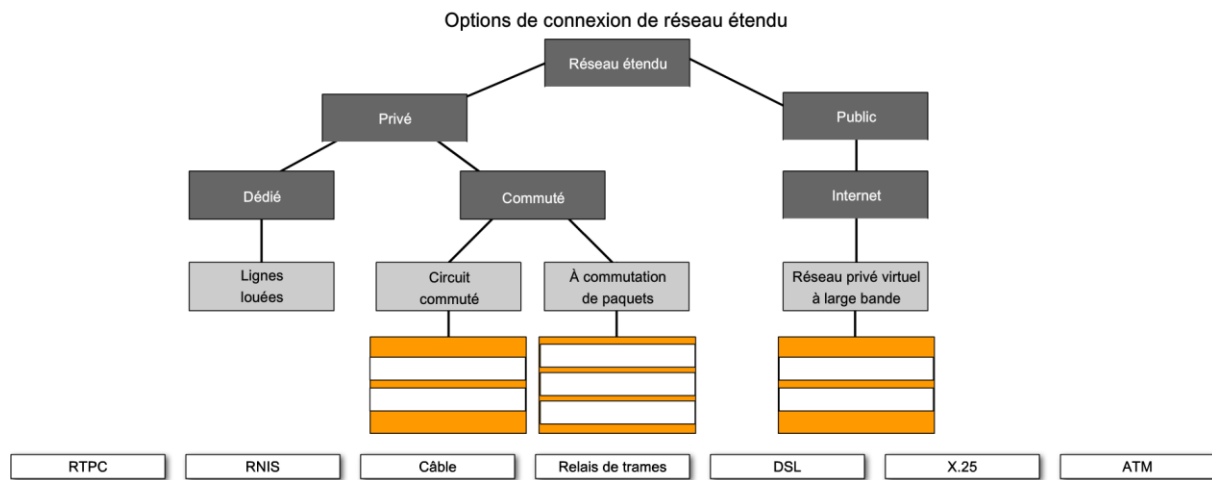
L'accès commuté RNIS

	Vrai	Faux
s'apparente à une liaison de réseau étendu dédiée.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
est basé sur la technologie de commutation de circuits.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
offre une durée d'établissement de la communication courte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
est constitué de canaux B et d'un canal D.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ne doit pas être utilisé en tant que liaison de secours.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Énoncé : le relais de trames

	Vrai	Faux
s'apparente à une liaison numérique de réseau étendu orientée connexion.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
est basé sur la technologie de commutation de paquets.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
possède une latence et une charge inférieures à celles de la technologie X.25.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
peut servir à interconnecter des réseaux locaux.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
est principalement mis en œuvre à l'aide de circuits virtuels permanents.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
est utilisé sur des circuits allant de 56 Kbits/s à 45 Mbits/s.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
entraîne des coûts uniquement basés sur la distance parcourue par les paquets.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
manque de souplesse et ne permet pas de traiter des rafales de données.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
peut utiliser une seule interface physique pour plusieurs connexions.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exercice 2 : Classification des types d'accès



Exercice 3

1. Associez chaque description de gauche à une de droite

Une technologie de commutation selon laquelle chaque commutateur doit évaluer l'adresse du paquet afin de déterminer où l'envoyer.	Commutation de circuits
Une technologie de commutation selon laquelle un circuit virtuel n'existe que lorsqu'un paquet le traverse.	Commutation de paquets
Une technologie de commutation qui établit des routes via les commutateurs pour des connexions de bout en bout particulières.	Commutation de paquets avec connexion
Une technologie de commutation qui utilise un circuit dédié pré-établi (ou canal) entre les nœuds et terminaux.	Commutation de paquets sans connexion

2. Associez chaque description de gauche à une de droite

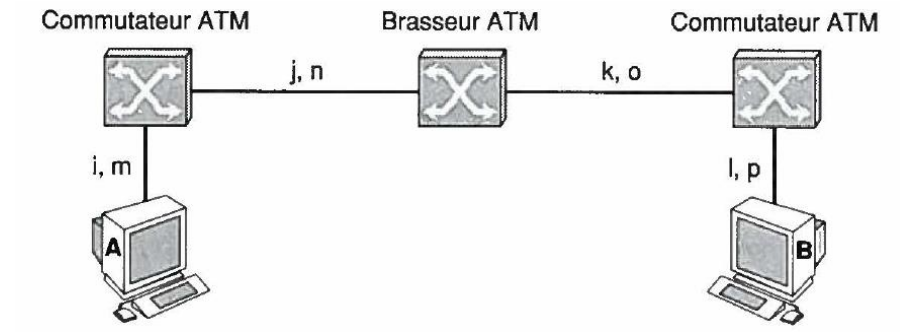
Fournit un réseau de couche 2 à bande passante élevée capable de gérer à la fois données, voix et vidéo sur une même infrastructure.	X.25
Fondé sur une architecture à cellules dans laquelle les cellules ont une longueur fixe de 53 octets	Frame Relay
Fonctionne au niveau de la couche liaison de données et le circuit virtuel permanent est identifié par un identificateur de contrôle de liaison de données (DLCI, Data Link Control Identifier).	ATM
Fonctionne au niveau de la couche réseau et le circuit virtuel commuté est identifié par un numéro de canal.	Metro Ethernet

Exercice 4 : Résumé

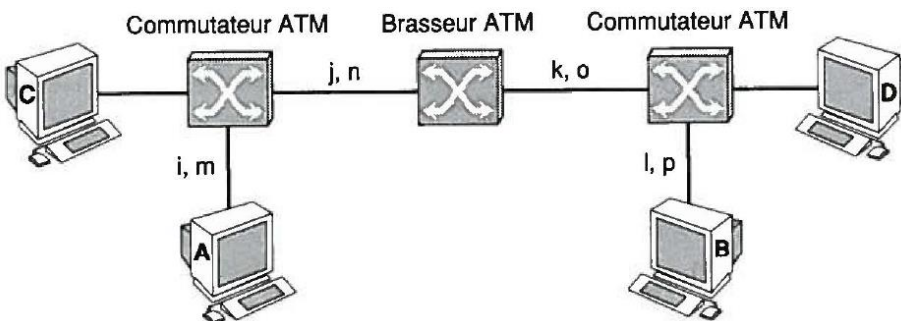
- 1- Décrire les 3 types de commutation : nature, avantages et inconvénients de chacun.
- 2- Quelles sont les options de connexion au WAN aux niveaux 1, 2 et 3 ?

Exercice 2 : Contrôle d'admission en ATM pour garantir des niveaux de QoS (débit pic et moyen ici)

On considère un réseau ATM constitué de deux commutateurs et d'un brasseur. On suppose que deux clients A et B communiquent entre eux suivant le schéma. La capacité de commutation entre A et B est de 100 Mbit/s.



1. On permet deux classes de clients sur ce réseau, les clients avec contrainte (temporelle et perte), que l'on considère comme des clients CBR/VBR, et les clients avec la contrainte de ne pas perdre d'informations, qui sont associés à un trafic ABR (*Available Bit Rate*). On utilise le bit CLP pour distinguer ces deux classes de clients. On considère 10 communications simultanées entre A et B, chacune de 10 Mbit/s de trafic crête et de 5 Mbit/s de trafic moyen. Ces 10 clients demandent une qualité de service CBR. Dans un premier temps, le réseau réserve la totalité des ressources nécessaires pour les clients CBR. Montrer que, dans ce cas, les garanties en temps et en perte des 10 clients sont réalisées.
2. On ajoute maintenant aux 10 clients précédents 10 clients ABR, représentant chacun un débit moyen de 5 Mbit/s. Comment transporter les informations des 20 clients (10 CBR et 10 ABR) de telle sorte que tous soient satisfaits ?



3. Supposons qu'il y ait simultanément une communication entre C et D de type ABR de 20 Mbit/s de débit moyen. Les 20 clients précédents peuvent-ils toujours être satisfaits dans leur qualité de service (garantie totale pour les clients CBR, garantie d'aucune perte de cellules pour les clients ABR) ? Que faut-il faire ?
4. Si un client CBR de plus se présente sur la connexion CD et demande un trafic crête de 10 Mbit/s et un débit moyen de 5 Mbit/s, peut-on toujours satisfaire les contraintes des clients CBR, des clients ABR et des clients CBR et ABR ensemble

Exercice 3 : Impact des entêtes protocolaires et du découpage en cellules ATM sur le débit effectivement obtenu par l'application

Un paquet IP consiste en une entête de 20 octets et des données de 1480 octets. Supposons que l'on veuille transmettre ces paquets sur un réseau ATM. Le débit disponible au niveau de la couche physique est $D=100\text{Mbps}$.

1. Sans entêtes protocolaires rajoutées, calculez la durée théorique T_1 d'envoi du paquet de couche application.
2. Avec uniquement l'entête IP rajoutée, quel serait la durée T_2 nécessaire d'envoi. Quel est le rapport entre T_2 et T_1 ?
3. En considérant maintenant que le paquet IP est passé à la couche liaison de données résolue par ATM, calculez la durée T_3 d'envoi de toutes les cellules générées. Quel est le rapport entre T_3 et T_2 , T_3 et T_1 ? Commentez.

NB[Wikipedia megabyte] : By the end of 2007, standards and government authorities including IEC, IEEE, EU, and NIST proposed standards for binary prefixes and requiring the use of megabyte to strictly denote 1000^2 bytes and mebibyte to denote 1024^2 bytes.

RT2 - Modules M3102-M3103

TD5 : MPLS, LDP et L3-VPN

Exercice 1 : Notions fondamentales sur MPLS

- 1- Sur quel grand principe de transfert de l'information Frame Relay, ATM et MPLS reposent-ils ?
- 2- A la suite de quelle autre norme MPLS a t-il été introduit, et pour quelles raisons ?
- 3- Décrire comment un paquet IP est pris en charge par un réseau utilisant MPLS.
- 4- Donner la définition de l'ingénierie de trafic.
- 5- Comment fonctionne l'ingénierie de trafic avec MPLS ? (en 5 lignes max)
- 6- Qu'est-ce qu'un IP-VPN et un VPLS ?
- 7- Quel est l'intérêt de ces 2 types de VPN basés sur MPLS en termes de gestion d'adresses pour les clients?

Exercice 2 : Utilisation de la FLIB (manipulation de labels MPLS)

Une table regroupant la table de routage et les actions à effectuer en fonction et sur les labels MPLS s'appelle une FLIB (Forwarding Label Information Base). Pour plus de commodité, on peut la voir comme 3 sous-tables (ce qui peut aussi être un type d'implémentation de la FLIB) :

- **ILM** : Correspondance entre label d'entrée et numéro de l'action à faire.
- **FTN** : Correspondance entre une FEC (classe d'équivalence) d'entrée et numéro de l'action.
- **NHLFE**: Correspondance entre numéro et action.

Soient les tables suivantes :

FEC	NHLFE
132.12.17.0/25	(3)
123.1.4.192/26	(5)
129.175.32.0/24	(7)
129.175.23.0/25 TOS=184(10111000)	(11)
129.175.23.0/25	(8)
147.193.160.0/19	(17)
0.0.0.0/0	(20)

FTN

Label	NHLFE
15	(1)
22	(4)
145	(6)
234	(12)
456	(4)
989	(19)
1087	(2)

ILM

Entry	Operation	Label	Next Hop	Interface
(1)	swap	311	131.1.2.1	eth0
(2)	swap+push	786 555	131.2.3.4	eth1
(3)	push	561	131.1.2.1	eth0
(4)	pop	-	-	eth0
(5)	push	234	131.2.3.4	eth1
(6)	swap	561	131.1.2.1	eth0
(7)	push	89	131.1.2.1	eth0
(8)	push	77	131.2.3.4	eth1
(11)	push	90	131.1.2.1	eth0
(12)	pop	-	-	eth1
(17)	push	178	131.1.2.1	eth0
(19)	swap	234	131.2.3.4	eth1
(20)	push	1111	131.2.3.4	eth1
(21)	swap	14	131.2.3.4	eth1

NHLFE

Questions :

Indiquez l'en-tête MPLS en sortie pour les paquets suivants :

1. Paquet sans étiquette avec pour adresse destination 132.12.17.129.
2. Paquet avec étiquette 145.
3. Paquet sans étiquette avec pour adresse destination 129.175.23.72 et le champ TOS = 184.
4. Paquet avec étiquette 456.
5. Paquet sans étiquette avec pour adresse destination 129.175.32.15.
6. Paquet sans étiquette avec pour adresse destination 129.175.23.11 et le champ TOS = 189.
7. Paquet avec étiquette 15.
8. Paquet sans étiquette avec pour adresse destination 147.193.175.234.
9. Paquet avec étiquette 234.
10. Paquet sans étiquette avec pour adresse destination 123.1.4.195.
11. Paquet avec étiquette 1087.
12. Paquet sans étiquette avec pour adresse destination 132.12.17.126

Exercice 3 : Création de la FLIB

Soit la table de routage unicast suivante :

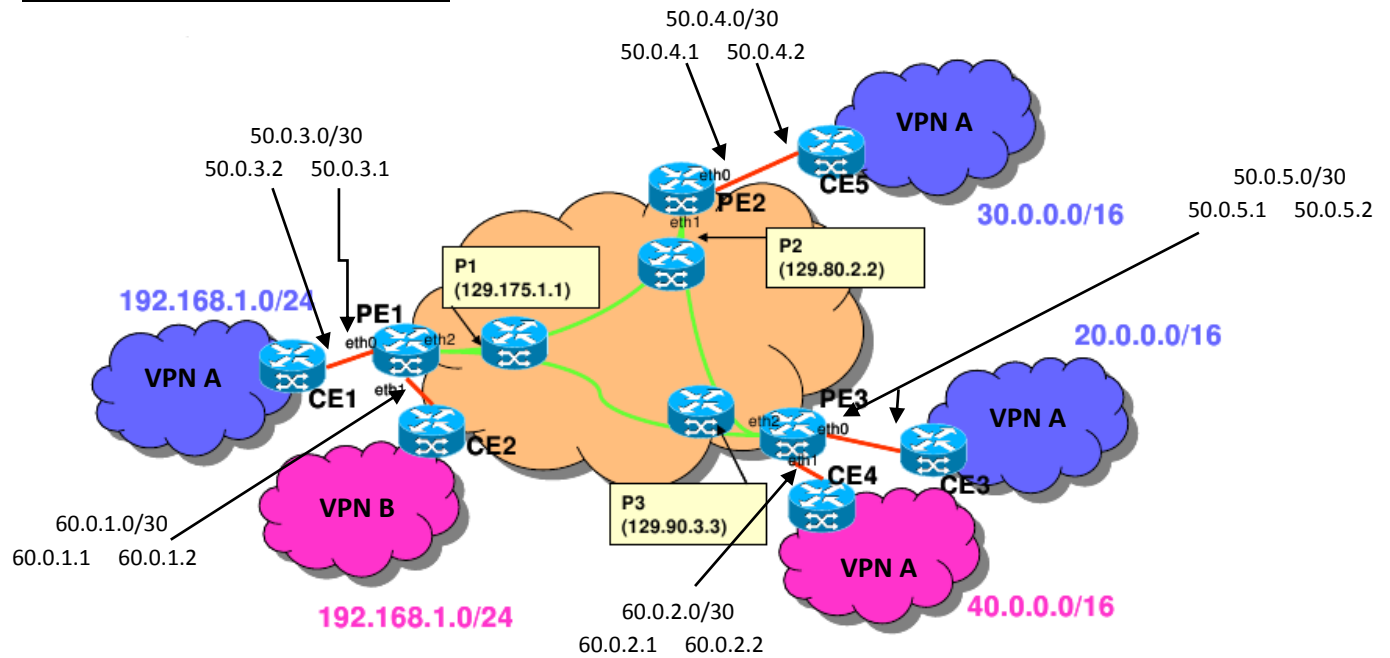
Préfixes	Prochain saut	Interface
15.1.3.224/27	-	eth0
15.1.3.192/27	-	eth1
15.1.3.0/27	-	eth2
134.1.3.0/24	15.1.3.2	eth2
129.175.0.0/16	15.1.3.194	eth1
132.4.5.0/23	15.1.3.194	eth1
131.3.4.128/25	15.1.3.2	eth2
0.0.0.0/0	15.1.3.227	eth0

Le routeur reçoit les « mappings » LDP suivant

1. mapping 56 prefix 132.4.5.0/23 provenant de 15.1.3.227
2. mapping 20 prefix 134.1.3.0/24 provenant de 15.1.3.2
3. mapping 22 prefix 131.3.4.128/25 provenant de 15.1.3.2
4. mapping 144 prefix 132.4.5.0/23 provenant de 15.1.3.194
5. mapping 321 prefix 129.175.0.0/16 provenant de 15.1.3.2
6. mapping 1234 prefix 111.1.1.192/26 provenant de 15.1.3.227
7. mapping 675 prefix 129.175.0.0/16 provenant de 15.1.3.194

Question : Sur la table de routage on voit que le routeur a trois sous-réseaux directement connectés, donnez les tables MPLS en conséquence.

Exercice 4 : Création d'un IP-VPN



On considère que l'opérateur possède un réseau dans le cœur (entre les routeurs PE de bord de l'opérateur) duquel le transfert des paquets se fait par commutation MPLS. Les LSP établis entre PE1, PE2 et PE3 sont tels que le labels de départ pour aller de PE1 vers PE2 est label 12, de PE1 vers PE3 label 13, de PE2 vers PE1 label 21, de PE2 vers PE3 label 23, de PE3 vers PE1 label 31, de PE3 vers PE2 label 32.

Les adresses de bouclage du routeur PEx est x.x.x.x.

Cet opérateur a 2 clients avec un VPN pour chacun entre leurs sous-réseaux respectifs. Remplir les tables nécessaires à PE1 pour gérer ces 2 VPNs : la **MPLS forwarding table** et les 2 tables **VRF** (les tables privées de routage).

PE1

MPLS forwarding table

Label tag	Outgoing tag	Prefix	Outgoing interface	Next hop
	12	2.2.2.2/32	eth2	129.175.1.1
	Untag			

VRF A : VRF (ou VPN) label 128 attachée à l'interface _____

Prefix	Next hop	Outgoing interface	Outgoing label

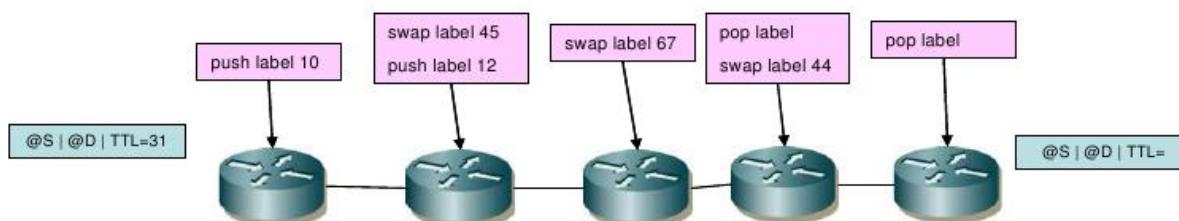
VRF B : VRF (ou VPN) label 64 attachée à l'interface _ _ _ _ _

Prefix	Next hop	Outgoing interface	Outgoing label

Exercice 5 : Gestion du TTL dans un réseau MPLS

Pour répondre aux questions suivantes, consulter d'abord l'annexe en fin de ce sujet.

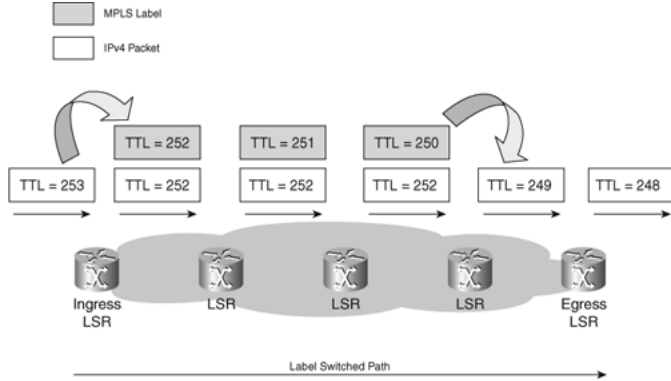
1. On considère le paquet de la figure ci-dessous et les routeurs ci-dessous. Le paquet traverse les 5 routeurs MPLS. Les « push/pop/swap » pour ce paquet sont indiqués au dessus de chaque routeur. Le paquet arrive sans étiquette sur le premier routeur. Indiquez la valeur des TTLs tout au long de ce chemin.



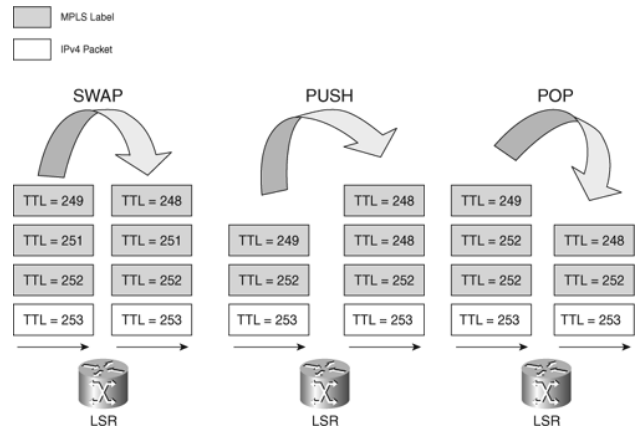
2. Que se passe-t-il si le TTL d'un paquet expire dans le domaine MPLS ?

Annexe :

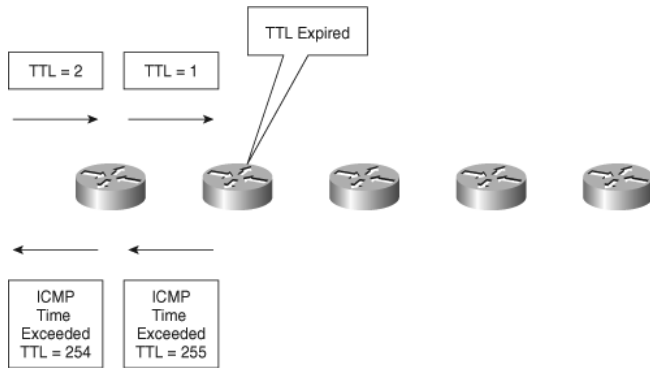
TTL Behavior in the Case of IP-to-Label or Label-to-IP:



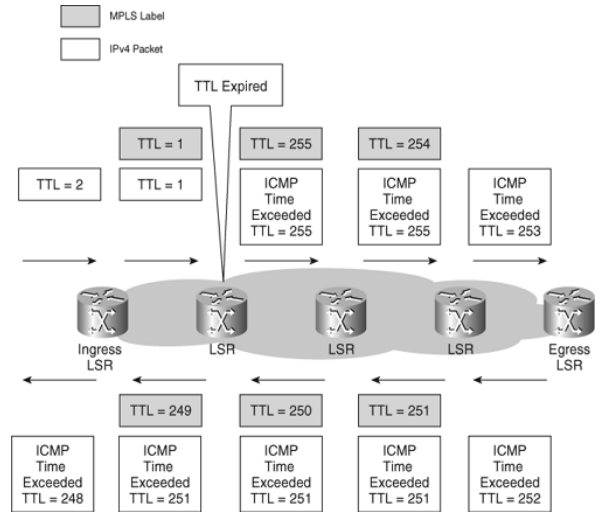
TTL Behavior in the Case of Label-to-Label:



TTL Expiration in an IP network:



TTL expiration in an MPLS network:



Sources :

- Anthony Busson
- www.ciscopress.com

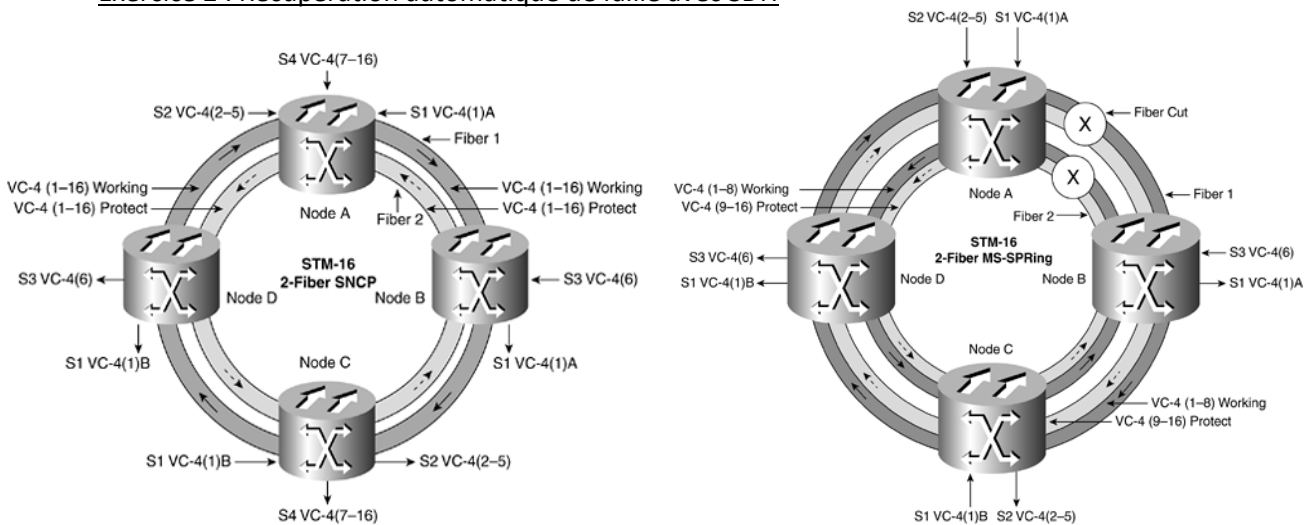
RT2 - Modules M3102-M3103

TD6 : Accès optique et xDSL

Exercice 1 : L'accès optique

- 1- Décrire les différents types de multiplexage possibles.
- 2- PDH: expliciter l'acronyme, décrire le fonctionnement et indiquer les limitations de ce système.
- 3- Donner le nombre de voies et le débit pour les multiplex T1 et E1.
- 4- Quel est l'équivalent de SDH développé aux USA ?
- 5- Quel support est utilisé avec SDH ?
- 6- Quels sont les intérêts de SDH (qu'est-ce qu'il apporte par rapport à PDH)?
- 7- Combien de temps dure l'émission d'une trame SDH ? Ce temps dépend-il du débit de la ligne physique ?
- 8- Que signifient les acronymes MSOH et RSOH ?
- 9- Quelles informations transportent-ils ?
- 10- En SDH, à quoi correspond le processus de justification utilisé dans la création d'une trame SDH, et à quoi sert-il ?
- 11- En SDH, à quoi sert le processus de pointage utilisé dans la création d'une trame SDH ?

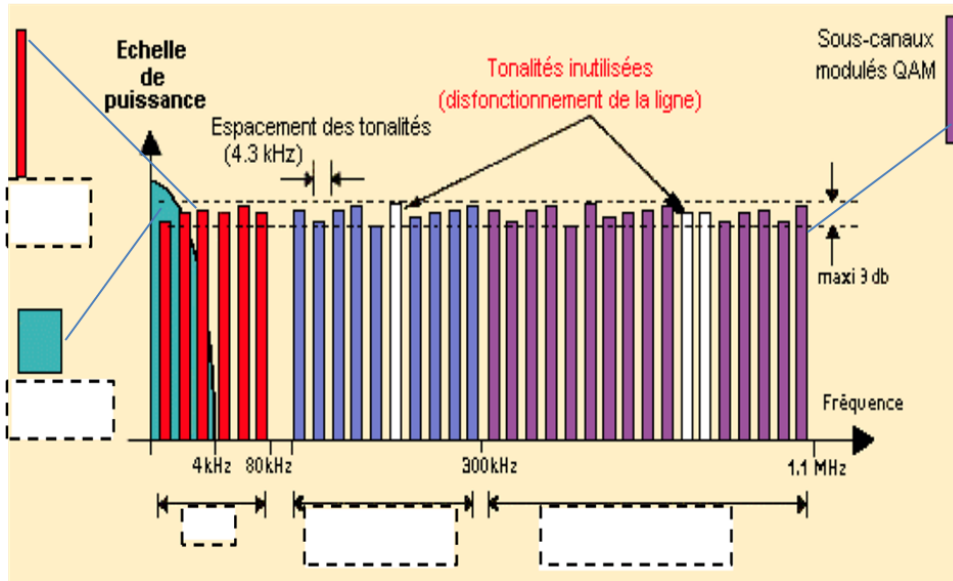
Exercice 2 : Récupération automatique de faille avec SDH



- 1- SNCP : Que se passe t-il si la fibre 1 est coupée entre A et B ?
- 2- Two-fiber MS-SPRing : Que se passe t-il si la fibre 1 est coupée entre A et B ?
- 3- Si c'est la fibre 2 ?

Exercice 5 : Question de cours xDSL

1. Quel type de modulation utilisent les techniques xDSL ?
2. Quelle technique de multiplexage fréquentiel permet d'optimiser l'utilisation de la bande passante ? Expliquez l'acronyme et décrivez en une phrase le principe.
3. Compléter dans les cases en pointillés.



4. Expliquer l'acronyme et la fonction de DSLAM.
5. Expliquer l'acronyme et la fonction de BAS.
6. Quel type de lien relie l'ordinateur du client au BAS ?
7. Quel type de lien est établi entre le BAS et le premier serveur (LNS) du FAI en non-dégroupé ?
8. Décrire la différence entre les 3 types de dégroupage.
9. Quels sont les ordres de grandeur des débits montant et descendant de l'ADSL ? de l'ADSL 2+ ? de VDSL ?

Exercice 6 : Modem DSL

Le but est de concevoir un modem sur le même modèle qu'ADSL. La bande de fréquence à utiliser va de 200 à 3800 Hz. Un ensemble de sous-porteuses est utilisé, chacune transportant 128 symboles par seconde (1 symbole = 1 octet) et appelée tonalité.

Sachant que chaque tonalité occupera un spectre de fréquences de largeur 100 Hz et que, pour éviter les interférences, les spectres de chaque tonalité seront écartés de 20 Hz (bande de garde) :

Débit théorique du système

1. Quelle est la largeur de bande occupée par une tonalité?
2. Combien de tonalités pourront être utilisées simultanément?
3. Dans cette hypothèse quel est le débit maximal du système?

Débit pratique du système

A l'instar d'ADSL, pour assurer l'adaptation à la ligne le système n'utilisera pas les tonalités dont le niveau sera atténué de 3 dB et plus par rapport à la tonalité la mieux transmise. Pour tester votre modem, vous relevez la bande passante de votre ligne test. Le résultat des mesures est donné par le tableau suivant (figure 1).

Tonalité	Niveau en mW	Tonalité	Niveau en mW
1	8	16	8
2	7	17	8
3	9	18	8
4	8	19	9
5	4	20	8
6	3	21	8
7	6	22	9
8	6	23	9
9	6	24	9
10	7	25	8
11	8	26	8
12	6	27	7
13	5	28	6
14	4	29	5
15	4	30	4

Figure 1 : Puissance de chaque bande de fréquence (tonalité)

4. Quelle est la puissance de la tonalité la mieux reçue ?
5. Quelle est la puissance minimale des tonalités susceptibles d'être validées par le système?
6. Dans ces conditions, quel est le nombre de tonalités qui seront validées par le système ?
7. Quel sera alors le débit binaire réel du modem ?

diffserv.tcl

```
set ns [new Simulator]
```

```
# There are 3 sources each generating a UDP flow, they share a bottleneck link and a single destination. Their number is given by the parameter NodeNb
```

```
set selegSched 1;
set weightWRR1 5;
set weightWRR2 5;
set weightWRR3 5;
```

Gestion du scheduling entre les files physiques:
-selegSched=0 -> Strict priority
-selegSched=1 -> Weighted Round Robin
Pour WRR, les poids (en nombre de pkts) de chaques files sont les variable weightWRR1, weightWRR2 et weightWRR3

```
set cir1 10Mb; # policing parameter
set rate1 10Mb;
set cir2 5Mb; # policing parameter
set rate2 10Mb;
set cir3 5Mb; # policing parameter
set rate3 10Mb;
set cbs1 100; # policing parameter
set packetSize 1000;
set NodeNb 3; # number of source nodes
set NumberFlows 1; # number of flows per source node
set Duration 50; # duration of simulation
```

```
set tf [open out.tr w]; # Open trace file
$ns trace-all $tf
```

```
# Open the NAM trace file
set tfnam [open out.nam w];
$ns namtrace-all $tfnam
```

```
set param [open nodemap.w]
#Define a 'finish' procedure
proc finish {} {
```

```
    global ns tf tfnam param
    $ns flush-trace
    close $tf
    close $tfnam
    close $param
    exec nam out.nam &
    exit 0
}
```

```
# Define the topology
set D [$ns node]
set Ed [$ns node]
set Eg [$ns node]
set Core [$ns node]
```

Définition des noeuds: cf schéma dans le texte du TD
D : noeud destination
Ed : edge router (routeur de bord) de droite
Eg : edge router (routeur de bord) de gauche
Core: core router (routeur de coeur)

```
$ns simplex-link $Ed $Core 10Mb 1ms dsRED/edge
$ns simplex-link $Core $Ed 10Mb 1ms dsRED/core
$ns duplex-link $Ed $D 20Mb 0.01ms DropTail
$ns simplex-link $Eg $Core 10Mb 0.1ms dsRED/edge
$ns simplex-link $Core $Eg 10Mb 0.1ms dsRED/core
$ns queue-limit $Core $Ed 100
$ns queue-limit $Core $Eg 100
for {set j 1} {$i<=$NodeNb} {incr j} {
    set S($j) [$ns node]
    $ns duplex-link $S($j) $Eg 7Mb 0.01ms DropTail
    $ns queue-limit $S($j) $Eg 100
}
```

Définition des différents liens entre les noeuds, avec capacité et délai, mais aussi type de buffer management: si celui-ci va être défini en fonction des priorités du champ DS des paquets IP, alors le type est dsRED, en spécifiant qui est edge (qui va attribuer les priorités en plus de les traiter), et qui est core (qui va juste traiter les paquets en fonction de leur priorité.


```

##### Eg to Core
set qEGC [[$ns link $EG $Core] queue]
$qEGC meanPktSize $packetSize
$qEGC set numQueues_3
##### Shaping and policing of the flow

$qEGC addPolicyEntry [$S(1) id] [$D id] TokenBucket 001 $cir1 $cbst1
$qEGC addPolicyEntry [$S(2) id] [$D id] TSW2CM 011 $cir2
$qEGC addPolicyEntry [$S(3) id] [$D id] TSW2CM 101 $cir3

$qEGC addPolicerEntry TokenBucket 001 010
$qEGC addPolicerEntry TSW2CM 011 100
$qEGC addPolicerEntry TSW2CM 101 110

##### Connecting the policing to the queue management

$qEGC addPHBEntry 001 0 0
$qEGC addPHBEntry 010 0 1
$qEGC addPHBEntry 011 1 0
$qEGC addPHBEntry 100 1 1
$qEGC addPHBEntry 101 2 0
$qEGC addPHBEntry 110 2 1

$qEGC setMREDMode WRED 0
$qEGC setMREDMode WRED 1
$qEGC setMREDMode WRED 2
$qEGC configQ 0 0 20 30 0.1
$qEGC configQ 0 1 10 15 0.1
$qEGC configQ 1 0 20 30 0.1
$qEGC configQ 1 1 10 15 0.1
$qEGC configQ 2 0 20 30 0.1
$qEGC configQ 2 1 10 15 0.1
if {$selecSched==0} {
    $qEGC setSchedulerMode PRI
} else {
    $qEGC setSchedulerMode WRR
    $qEGC addQueueWeights 0 $weightWRR1
    $qEGC addQueueWeights 1 $weightWRR2
    $qEGC addQueueWeights 2 $weightWRR3
}

```

Définition du buffer d'envoi de Eg vers Core, traitant donc les paquets venant des sources et allant vers le coeur du réseau.

3 files physiques (c'est le nombre de classes) et 2 files virtuelles par file physique (c'est le nombre de drop precedences).

Critère pour attribution du DSCP à chaque paquet en fonction du couple (@IPsrc,@IPDest), et du critère défini pour ces flows.

Connecting the policing to the queue management

Attribution du 1er DSCP si respect du critère, du 2ème DSCP si violation.

Dans quelle file physique et quelle file virtuelle va le paquet en fonction du DSCP attribué.

Mode de gestion choisi de chacune des files physiques: Weighted RED. Signifie qu'il va y avoir plusieurs files virt. par file phy. chacune avec un critère RED différents.

Définition des critères RED pour chacune des files virtuelles

Mode de scheduling (ordonnancement) entre les files physiques. (C'est FIFO entre files virtuelles.)

```

##### Core to Eg
set qCEG [[$ns link $Core $Eg] queue]
$qCEG meanPktSize 40
##### Connecting the policing to the queue management

$qCEG set numQueues_3
$qCEG set NumPrec 2
$qCEG addPHBEntry 001 0 0
$qCEG addPHBEntry 010 0 1
$qCEG addPHBEntry 011 1 0
$qCEG addPHBEntry 100 1 1
$qCEG addPHBEntry 101 2 0
$qCEG addPHBEntry 110 2 1
$qCEG setMREDMode WRED 0
$qCEG setMREDMode WRED 1
$qCEG setMREDMode WRED 2
$qCEG configQ 0 0 20 30 0.1
$qCEG configQ 0 1 10 15 0.1
$qCEG configQ 1 0 20 30 0.1
$qCEG configQ 1 1 10 15 0.1
$qCEG configQ 2 0 20 30 0.1
$qCEG configQ 2 1 10 15 0.1
if {$selecSched==0} {
    $qCEG setSchedulerMode PRI
} else {
    $qCEG setSchedulerMode WRR
    $qCEG addQueueWeights 0 $weightWRR1
    $qCEG addQueueWeights 1 $weightWRR2
    $qCEG addQueueWeights 2 $weightWRR3
}

```

Définition du buffer d'envoi de Core vers Eg, traitant donc les paquets venant de la dest par le coeur du réseau et allant vers les sources (possibles ACKs ici).

Les priorités (champ DSCP) ont déjà été affectées aux paquets IP arrivant dans le routeur de coeur, donc on définit juste comment le routeur doit traiter les paquets IP en fonction du champ DSCP. De la même façon que dans Eg.

```
##### Ed to Core
set qEdC [{"link $Ed $Core} queue]
$qEdC meanPktsSize 40
```

On procède de même dans le routeur Ed, où on traite les paquets arrivant de Core de la même façon que dans Eg et Core, et en plus on attribue les mêmes priorités aux paquets voyageant dans le sens opposé.

```
##### Shaping and policing of the flow
$qEdC addPolicyEntry {$D id} [${(1) id}] TokenBucket 001 $cir1 $cbs1
$qEdC addPolicyEntry {$D id} [${(2) id}] TSW2CM 011 $cir2
$qEdC addPolicyEntry {$D id} [${(3) id}] TSW2CM 101 $cir3
$qEdC addPolicerEntry TokenBucket 001 010
$qEdC addPolicerEntry TSW2CM 011 100
$qEdC addPolicerEntry TSW2CM 101 110
```

Attribution des priorités

Connecting the policing to the queue management

```
$qEdC set numQueues_3
$qEdC set NumPrec 2
$qEdC addPHBEntry 001 0 0
$qEdC addPHBEntry 010 0 1
$qEdC addPHBEntry 011 1 0
$qEdC addPHBEntry 100 1 1
$qEdC addPHBEntry 101 2 0
$qEdC addPHBEntry 110 2 1
```

Traitement des paquets selon leur priorité (champ DSCP)

```
$qEdC setMREDMode WRED 0
$qEdC setMREDMode WRED 1
$qEdC setMREDMode WRED 2
$qEdC configQ 0 0 20 30 0.1
$qEdC configQ 0 1 10 15 0.1
$qEdC configQ 1 0 20 30 0.1
$qEdC configQ 1 1 10 15 0.1
$qEdC configQ 2 0 20 30 0.1
$qEdC configQ 2 1 10 15 0.1
if {$selecSched==0} {
  $qEdC setSchedulerMode PRI
} else {
  $qEdC setSchedulerMode WRR
  $qEdC addQueueWeights 0 $weightWRR1
  $qEdC addQueueWeights 1 $weightWRR2
  $qEdC addQueueWeights 2 $weightWRR3
}
#####Printing#####
$qEdC printPolicyTable
$qEdC printPolicerTable
```

```
##### Core to Ed
set qCEd [{"link $Core $Ed} queue]
$qCEd meanPktsSize $packetSize
#$qCEd queue-limit 100
```

Même traitement du Core vers Ed que du Core vers Eg.

Connecting the policing to the queue management

```
$qCEd set numQueues_3
$qCEd set NumPrec 2
$qCEd addPHBEntry 001 0 0
$qCEd addPHBEntry 010 0 1
$qCEd addPHBEntry 011 1 0
$qCEd addPHBEntry 100 1 1
$qCEd addPHBEntry 101 2 0
$qCEd addPHBEntry 110 2 1
$qCEd addPHBEntry 110 2 1
$qCEd setMREDMode WRED 0
$qCEd setMREDMode WRED 1
$qCEd setMREDMode WRED 2
$qCEd configQ 0 0 20 30 0.1
$qCEd configQ 0 1 10 15 0.1
$qCEd configQ 1 0 20 30 0.1
$qCEd configQ 1 1 10 15 0.1
$qCEd configQ 2 0 20 30 0.1
$qCEd configQ 2 1 10 15 0.1
if {$selecSched==0} {
  $qCEd setSchedulerMode PRI
} else {
  $qCEd setSchedulerMode WRR
  $qCEd addQueueWeights 0 $weightWRR1
  $qCEd addQueueWeights 1 $weightWRR2
  $qCEd addQueueWeights 2 $weightWRR3
}
```

Traitement des paquets selon leur priorité (champ DSCP)

UDP sources, destination and connections

```
#Setup a UDP connection from S(1)
set udp(1) [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $S(1) $udp(1)
set null(1) [new Agent/Null]
$ns attach-agent $D $null(1)
$ns connect $udp(1) $null(1)
$udp(1) set fid_1

#Setup a CBR over UDP connection from S(1)
set cbr(1) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr(1) attach-agent $udp(1)
$cbr(1) set type_CBR
$cbr(1) set packet_size_$packetSize
$cbr(1) set rate_$rate1
$cbr(1) set random_1
$ns at 0 "$cbr(1) start"
$ns at [expr 0+$D] "$cbr(1) stop"
```

Instant de début et instant de fin de la session

#Setup a UDP connection from S(2)

```
set udp(2) [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $S(2) $udp(2)
set null(2) [new Agent/Null]
$ns attach-agent $D $null(2)
$ns connect $udp(2) $null(2)
$udp(2) set fid_2
```

#Setup a CBR over UDP connection from S(2)

```
set cbr(2) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr(2) attach-agent $udp(2)
$cbr(2) set type_CBR
$cbr(2) set packet_size_$packetSize
$cbr(2) set rate_$rate2
$cbr(2) set random_1
$ns at 0 "$cbr(2) start"
$ns at [expr 0+$Duration] "$cbr(2) stop"
```

Instant de début et instant de fin de la session

#Setup a UDP connection from S(3)

```
set udp(3) [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $S(3) $udp(3)
set null(3) [new Agent/Null]
$ns attach-agent $D $null(3)
$ns connect $udp(3) $null(3)
$udp(3) set fid_3

#Setup a CBR over UDP connection from S(3)
set cbr(3) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr(3) attach-agent $udp(3)
$cbr(3) set type_CBR
$cbr(3) set packet_size_$packetSize
$cbr(3) set rate_$rate3
$cbr(3) set random_1
$ns at 0 "$cbr(3) start"
$ns at [expr 0+$Duration] "$cbr(3) stop"

$ns at [expr $Duration] "finish"
$ns run
```

Instant de début et instant de fin de la session

Définition du trafic et lancement de la simulation.