

IUT R&T – 2^{ème} année

Module TR3

TD1

Exercice 1

Placer le terme ou l'expression appropriés pour compléter les phrases. Les réponses ne doivent pas toutes être utilisées. Pour certaines phrases, il existe plusieurs bonnes réponses.

Les opérations de réseau étendu se produisent au niveau des couches ____ et ____ du modèle OSI.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Un câble de cuivre ou à fibre optique connecte l'équipement d'abonné (CPE) au ____ le plus proche du fournisseur de services.	<input type="text"/>	
Le point de ____ physique est l'endroit où la responsabilité en termes de connexion passe de l'utilisateur au fournisseur de services.	<input type="text"/>	
Un ____ est un périphérique de réseau étendu qui convertit des signaux numériques en signaux analogiques pour les transmettre sur une ligne analogique, puis convertit de nouveau ces signaux au format numérique afin qu'ils puissent être reçus et traités par le périphérique destinataire sur le réseau.	<input type="text"/>	
Le champ ____ dans des formats de trame de réseau étendu n'est pas requis, car les liaisons de réseau étendu sont le plus souvent point à point.	<input type="text"/>	
Un réseau à commutation de ____ établit un canal dédié entre des nœuds et des terminaux pour que les utilisateurs puissent communiquer.	<input type="text"/>	
Un réseau à commutation de ____ ne requiert pas de canal dédié entre des nœuds. De nombreuses paires de nœuds peuvent communiquer sur le même canal.	<input type="text"/>	

physique

protocole

modem

démarcation

échange

adresse

central téléphonique

circuits

contrôle

paquets

centre de contrôle

liaison de données

Exercice 2

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.		

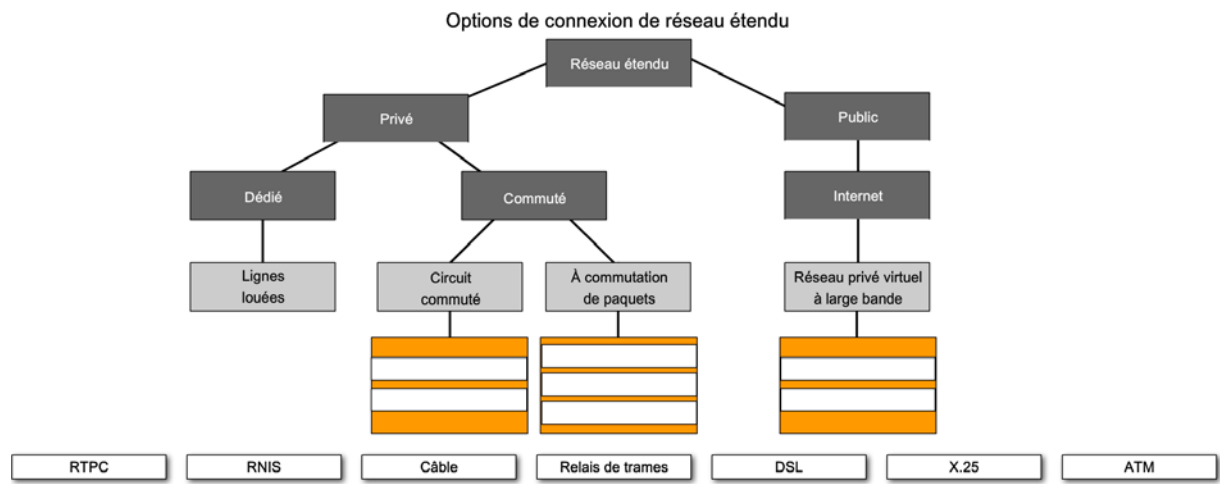
L'accès commuté RNIS

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

Énoncé : le relais de trames

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

Exercice 3



Exercice 4

1. Quels sont les trois éléments considérés comme des périphériques de réseaux étendus ? (3 réponses)

- a. Ponts b. Modems c. Routeurs d. Commutateurs de couche 2
e. Serveurs de communications d. Répéteurs

2. 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

3. Idem

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

4. Quel périphérique sert souvent d'équipement terminal de traitement de données (DTE) ?
- a. RNIS b. Modem c. Routeur d. CSU/DSU
5. Quel type de connexion de réseau étendu doit être choisi lorsqu'un chemin de communications WAN point à point dédié est requis pour relier les locaux d'un client à une destination distante via le réseau du fournisseur ?
6. Qu'est-ce qui permet d'identifier les circuits virtuels de relais de trames ?
7. Quelle est la technologie de réseaux étendus conçue pour livrer simultanément des données, de la voix et de la vidéo dans une infrastructure de multiplexage temporel ?
8. En Amérique du Nord, combien de canaux B composent une ligne RNIS PRI ?
9. Quelle technologie de réseau étendu permet de se connecter de manière sécurisée à un réseau privé à partir d'un réseau public ?
10. Quel terme désigne le câble qui relie le site de client au central d'échange le plus proche du réseau du NAP WAN ?

Exercice 5

Architecture réseau et interconnexion

1. Quelle commutation met en œuvre un chemin permanent pendant toute la durée de la commutation ?
2. Quelle méthode de commutation est mise en œuvre dans le RTC ?
3. Quelle commutation est mise en œuvre par X.25 ?

ATM

4. Quelle est la longueur d'une trame ATM ? Quel nom lui donne-t-on ?
5. Quelle information est stockée dans l'en-tête ATM ?
6. Quel débit est associé à une ligne T1 ?
7. A une ligne T3 ?
8. Quel support physique est utilisé en SONET ?
9. Quel débit est associé à une liaison E1 ?
10. A une liaison E3 ?
11. Quels débits sont couramment adoptés par SONET OC-1, OC-3 et OC-12 ?

SONET/SDH

12. Quelles différences y a-t-il entre SONET et SDH ?
13. Quel support est utilisé avec SONET et SDH ?
14. Quel protocole est historiquement sous-jacent à l'arrivée de SONET/SDH ?

Généralités sur les connexions WAN

15. Quelles sont les 4 caractéristiques d'une connexion WAN ?
16. Quelle solution permet de disposer d'une connexion forfaitaire entre 2 abonnés ?
17. Quel est le type de ligne offrant un débit proche de 45 Mbps ?
18. En Europe, quels sont les noms des multiples de débits utilisés ?
19. Quel est le rôle d'un composant CSU/DSU ?

RNIS

20. Quelle est la signification de RNIS ?
21. Quelle est la solution commerciale RNIS de France Télécom ?
22. Quel est l'avantage du tout numérique ?
23. Quel protocole est mis en œuvre en RNIS pour gérer le canal D ?
24. Quel débit de base est proposé avec RNIS ?
25. Quels canaux sont concernés par l'accès de base ?
26. Comment est facturé un utilisateur en RNIS ?

X.25, Frame Relay et ATM

27. Quel est le principal inconvénient de X.25 ?
28. Au niveau de quelles couches OSI X.25 est-il implémenté ?
29. A quel type de réseau correspond X.25 ?
30. Quel protocole est sous-jacent à X.25 couche 2 ?
31. X.25 est-il encore utilisé aujourd'hui ?
32. Qu'entend-on par DTE et DCE ?
33. Quel est l'objectif du Frame Relay par rapport à X.25 ?
34. Sur quelles couches OSI est décrit le Frame Relay ?
35. Quelle solution d'interconnexion est à l'origine d'un overhead non-négligeable ?
36. De quel type de commutation parlons-nous avec ATM ?
37. Pour quels types de données ATM est-il adapté ?
38. Quels sont les débits proposés par ATM et théoriquement disponibles ?

Exercice 6

1. Comparez et différenciez les termes suivants relatifs au réseau étendu : équipement d'abonné, central téléphonique (CO), boucle locale, DCE, DTE et point de démarcation.
2. Comparez et différenciez les termes périphériques de réseau étendu suivants : modem, CSU/DSU, serveur d'accès, commutateur de réseau étendu et routeur.
3. Comparez et différenciez X.25, Frame Relay et ATM.

Exercice 7

NB[Wikipedia megabyte]] : The megabyte is a multiple of the unit byte for digital information storage or transmission with two different values depending on context: 1048576 bytes (2^{20}) generally for computer memory;[1][2] and one million bytes (10^6 , see prefix mega-) generally for computer storage.[1][3] 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.

Vous utilisez les deux canaux B d'une connexion RNIS pour vous relier à Internet.

- a. De quel débit théorique disposez-vous ?
- b. Quel est le temps théorique de transmission d'un fichier de 1,5 MB ?

- c. Le fichier est en fait découpé en blocs de 1000 octets, ces blocs sont encapsulés dans les segments TCP, eux-mêmes encapsulés dans les paquets IP. Les paquets IP sont à leur tour encapsulés dans les canaux B de la trame RNIS.

Quelle est la taille des paquets IP compte-tenu des différents en-têtes ajoutés ?

- d. La trame RNIS contient 32 octets de données. Combien de trame RNIS sont-elles nécessaires pour transmettre l'intégralité du fichier ?
- e. Quel est le temps réel de transmission du fichier de 1.5 MB ?

IUT R&T – 2^{ème} année

Module TR3

TD2

Exercice 1

1. Quelles différences y a-t-il entre SONET et SDH ?
2. Quel support est utilisé avec SONET et SDH ?
3. Quel protocole est historiquement sous-jacent à l'arrivée de SONET/SDH ?

Exercice 2

1. Sur un lien de transmission, on constate que le nombre de communications par heure est 2 et que chaque communication a une durée moyenne de 3600 secondes. Quel est le trafic correspondant ?
2. Sachant que, pour une voie de transmission, le nombre de transactions par communication est de 4200, la longueur moyenne d'une transaction est de 1200 bits, la durée moyenne d'une communication est de 3600 secondes, le débit binaire est de 64 Kb/s, donner le taux d'occupation de la voie.

Exercice 3

1. Sur une voie de transmission, on constate que le nombre de communications par heure est de 1,5 et que chaque communication a une durée moyenne de 360 secondes. Quel est le trafic correspondant ?
2. Sachant que pour une voie de transmission, le nombre de transactions par communication est de 4000, la longueur moyenne d'une transaction est de 12000 bits, la durée moyenne d'une communication est 3600 secondes, le débit binaire est 64 Kbits/s, donner le taux d'occupation de la voie.

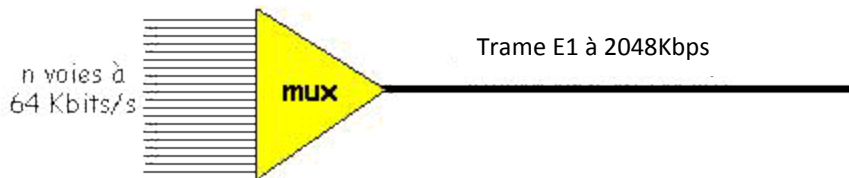
Exercice 4

On désire transporter du son numérique sur une voie de transmission. La largeur de bande de la voix humaine est supposée bornée supérieurement à 4000 Hz. En appliquant le théorème de l'échantillonnage, le son est numérisé à 8000 Hz et codé sur 8 bits.

Quel doit être le débit de la ligne utilisée ?

Exercice 5

La trame E1 permet de multiplexer plusieurs voies à 64 Kbits/s.



1. Sachant que la trame E1 correspond à un débit de 2048 Kbps/s, combien de voies peuvent-elles être multiplexées dans une trame E1 ? Une application particulière, comme la visioconférence, nécessite un débit de 192 Kbits/s. Indiquer comment, avec une trame E1, il est possible d'atteindre ce débit.

Exercice 6

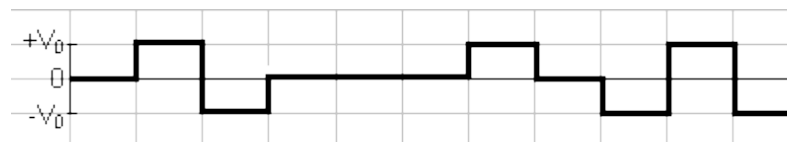
Des caractères ASCII sur 8 bits sont envoyés sur une voie de transmission de débit nominal D_n .

1. On effectue la transmission en mode asynchrone avec un bit start et un bit stop. Exprimer en fonction de D_n le débit utile D_u .
2. On effectue la transmission en mode synchrone avec des trames comportant un drapeau de début et un drapeau de fin, chacun de 8 bits, un champ de contrôle de 48 bits et un champ d'information de 128 bits. Exprimer en fonction de D_n le débit utile D_u .
3. Même question que b) mais avec un champ d'information de longueur 1024 bits.

Exercice 7

Dans les trames normalisées E1, on utilise le code Bipolar AMI qui consiste à coder un 0 par une absence de tension électrique et un 1 par une tension alternativement positive et négative.

- 1) Quelle est la suite binaire codée de la figure ci-dessous ?



- 2) Sachant qu'une trame E1 correspond à un débit de 2 Mbits/s, quelle est la durée d'un bit ?

Exercice 8

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

- a) l'émetteur envoie successivement $N=3$ trames puis attend leur acquittement de la part de B.
- b) quand cet acquittement arrive, l'émetteur envoie les N trames suivantes et attend un nouvel acquittement.
- c) les trames sont composées de $B_{tot}=1024$ bits dont $B_c=80$ bits de contrôle
- d) les acquittements sont composés de $B_{ack}=64$ bits
- e) 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 ?

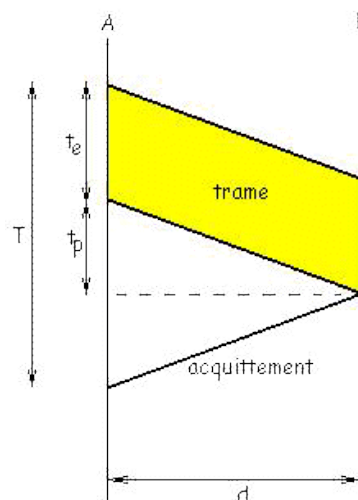
3) Un message de 1 Mo est envoyé de A vers B par utilisation du protocole précédent. Quelle est la durée totale de la transmission de ce message ?

Exercice 9

On imagine un protocole de transmission obéissant aux règles suivantes :

- le débit est D
- à la suite de l'envoi d'une trame par la station A, un acquittement est renvoyé à A par la station B destinataire de la trame. On considérera que cet acquittement 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.



a) Exprimer le temps total de transmission d'une trame T (depuis l'émission du premier bit jusqu'à la réception de l'acquittement) en fonction de L , D , d , v .

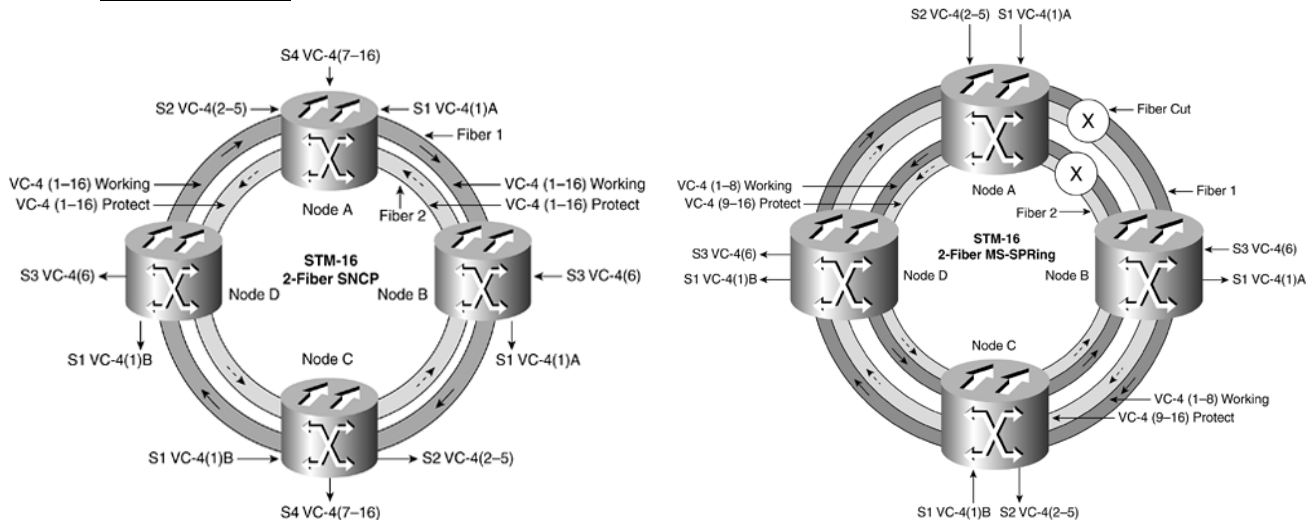
b) En déduire en fonction du rapport $a = t_p/t_e$ le taux d'occupation d'émission t_e d'une trame sur le temps total de transmission T ; t_p désigne le temps de propagation d'un bit entre A et B. □ de la voie (r)

c) Application numérique : Calculer θ pour $L=1024$ bits ; $D = 64$ Kbits/s ; $d = 1000$ m ; $v = 2.10^8$ m/s

d) 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).

e) A partir des résultats des deux applications numériques précédentes, quelles conclusions pouvez-vous en tirer ?

Exercice 0 : 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 1

1. Quels champs se trouvent dans une trame synchrone ?
 - (a) Fanion (c) Contrôle (d) Adresse (e) Stop
2. Quelles trames HDLC sont utilisées pour l'établissement de la liaison ?
 - (a) RR (b) REJ (c) SABM (d) DISC (e) UA
3. A quoi correspond la valeur N[®] dans une trame d'information HDLC ?
 - (a) N° de trame émise (b) N(R) de trame reçue (c) N° de trame attendue
4. Quel débit est utilisé pour la transmission des trames STM-4 ?
 - (a) 56 Kbps (b) 10 Mbps (c) 155 Mbps (d) 622 Mbps (e) 1 Gbps
5. Indiquer la taille en octets d'une trame STM-1.
 - (a) 518 B (b) 1024 B (c) 2430 B (d) 9720 B

Exercice 2

Utilisée pour la plupart des communications externes

Utilisée pour les connexions courtes entre des composants internes

Envoie des informations sur un fil, un bit de données à la fois

Envoie sur plusieurs fils simultanément

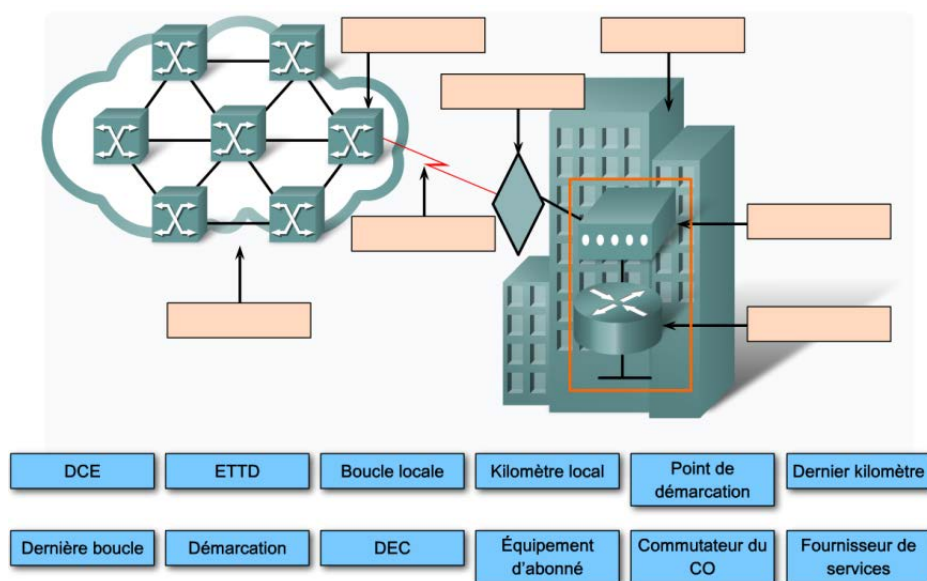
Sensible à la distorsion d'horloge et aux interférences

Moins coûteuse à implémenter

Utilise les normes RS-232, V.35 et HSSI

Série	Parallèle

Exercice 3



Exercice 4

Le multiplexage temporel est une conception de couche _____ ; il ne tient pas compte de la nature des données envoyées dans le canal.	<input type="text"/>
Le multiplexage temporel statistique utilise une longueur de tranche de temps _____.	<input type="text"/>
_____ est un exemple de multiplexage temporel.	<input type="text"/>
Le _____ est le point sur le réseau où la responsabilité du fournisseur de services prend fin.	<input type="text"/>
Le _____ est l'équipement local chez le client qui fournit l'extrémité _____ d'une connexion de réseau étendu série.	<input type="text"/> <input type="text"/>
_____ est le type d'encapsulation par défaut sur des connexions point à point, des liaisons dédiées et des connexions à commutation de circuits lorsque la liaison utilise deux périphériques Cisco.	<input type="text"/>
_____ assure les connexions entre des routeurs et entre un hôte et un routeur au moyen de circuits synchrones et asynchrones.	<input type="text"/>
_____ est un protocole standard de commutation de couche liaison de données qui gère de multiples circuits virtuels. Il s'agit du protocole de nouvelle génération après _____.	<input type="text"/> <input type="text"/>

DCE

variable

SONET

PPP

ATM

RNIS

HDLC

Relais de trames

point de démarcation

X.25

ETTD

ligne commutée

CPE

SLIP

V.35

physique

Exercice 5

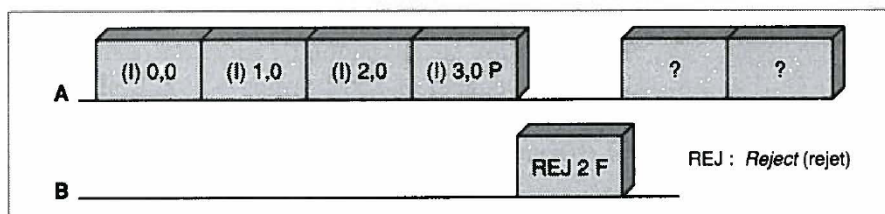
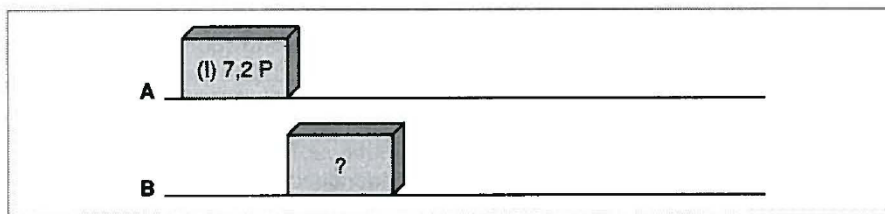
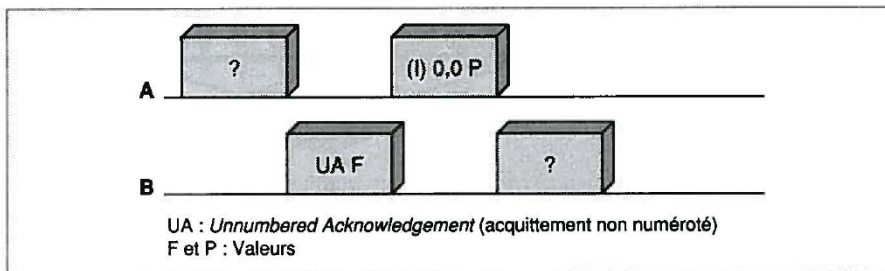
1. Si le modulo de la procédure HDLC vaut 8, les trames sont numérotées de 0 à 7. Si les trames 3 et 4 n'ont pas été reçues et que la trame 5 a été reçue, quelle est la valeur de N(R) portée par une trame partant à cet instant-là ? (Cette trame peut être de type I, RR, REJ ou SREJ).
2. Si un utilisateur souhaite travailler avec une procédure HDLC de modulo égal à 100, quelle taille le champ N(S) doit-il avoir ?
3. Supposons que la distance entre deux stations soit de 75000 km (passage par un satellite géostationnaire) qui donne un RTT de 500ms, que la vitesse de cette liaison soit de 2 Mbps et que les paquets aient une taille constante de 2000 bits. Quelle doit être la taille de la fenêtre pour espérer être encore en train d'émettre lorsque le premier ACK arrive ? Quel modulo faut-il adopter ? Quelle doit être la taille du champ de numérotation ? Que faut-il en conclure ?

Exercice 6

Soit une liaison entre deux équipements. Un contrôleur de communication, gérant une procédure HDLC, est installé sur les deux stations.

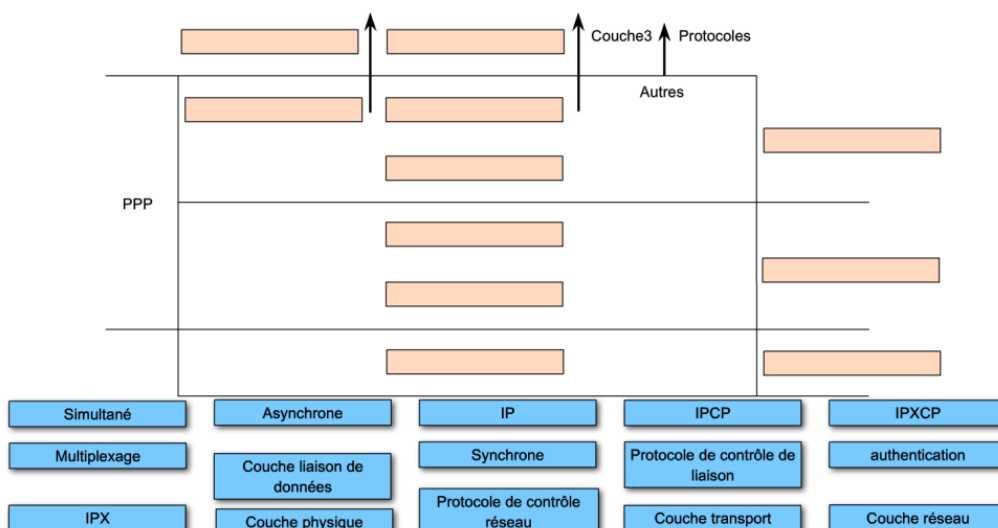
1. Le taux d'erreur bit est de 10^{-4} sur la liaison. Quelle est la probabilité d'erreur d'une trame HDLC de 128 octets? Quelle est la probabilité qu'il y ait successivement deux trames en erreur?
2. Comment déterminer si le mécanisme de reprise SREJ est meilleur que REJ en fonction de l'environnement?

- On modifie le drapeau de la procédure HDLC pour le remplacer par la succession 01010101. Comment rendre la procédure transparente (toute suite d'éléments binaires doit pouvoir être transportée dans la trame) ?
- Dans les schémas suivants, remplacer les points d'interrogation (?) par des trames HDLC. Pourquoi la station B envoie-t-elle la trame REJ 2 F ?



Exercice 7

Architecture en couche PPP



Exercice 8

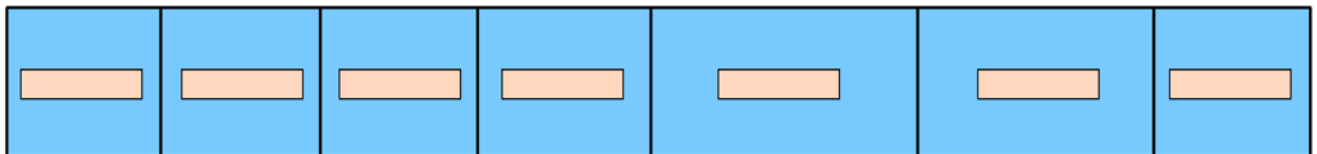
Fonctions LCP et NCP

	LCP	NCP
Négocie et configure des options de contrôle sur la liaison de données de réseau étendu		
Transporte des paquets à partir de plusieurs protocoles de couche réseau		
Son rôle principal est d'établir, de configurer et de tester la connexion de liaison de données		
Met fin à la liaison		
Active et désactive les protocoles de couche réseau		
Détermine si une liaison fonctionne correctement ou présente des défaillances		
Encapsule et négocie des options pour les protocoles IP et IPX		

Exercice 9

Format de trame PPP.

Les étiquettes ne doivent pas toutes être utilisées, certaines peuvent être utilisées plusieurs fois.



Exercice 10

PPP utilise le protocole _____ comme élément de base pour l'encapsulation de datagrammes sur des liaisons point à point.	
_____ est utilisé par le protocole PPP pour établir, configurer et tester la connexion de liaison de données	
_____ est utilisé par le protocole PPP pour établir et configurer différents protocoles de couche réseau.	
La séquence binaire pour le champ d'adresse dans une trame PPP est _____.	
La phase d'établissement de liaison se termine lorsqu'une trame de _____ de configuration a été envoyée et reçue.	
IPCP négocie deux options : compression et affectations d'_____.	



Exercice 11

1. Ordonner correctement les étapes de l'établissement du protocole PPP.

Test de la qualité de la liaison (optionnel)	Étape 1
Négociation des options de protocole de couche 3	Étape 2
Envoi de trames d'établissement de liaison pour négocier les options telles que la taille de la MTU, la compression, l'authentification	Étape 3
Envoi de trames de configuration-reçu	Étape 4
NCP atteint l'état ouvert.	Étape 5

- 2.

Quelle est la fonction du champ de protocole dans une trame PPP ?

- ☐ Il identifie le protocole de couche application qui traitera la trame.
- ☐ Il identifie le protocole de couche transport qui traitera la trame.
- ☐ Il identifie le protocole de couche liaison de données encapsulé dans le champ de données de la trame.
- ☐ Il identifie le protocole de couche réseau encapsulé dans le champ de données de la trame.

- 3.

Stacker/Predictor	Contrôle d'erreurs
Magic Number	Protocole d'authentification
Multiliason	Permet l'équilibrage de la charge.
CHAP/PAP	Protocole de compression
Appel entrant	

- 4.

Quelles sont les trois affirmations qui décrivent la fonction de multiplexage temporel ? (Choisissez trois réponses.)

- ☐ Plusieurs flux de données partagent un canal commun.
- ☐ L'entrelacement de bits contrôle le mécanisme de synchronisation qui place les données sur le canal.
- ☐ Les tranches horaires sont utilisées selon la méthode du premier arrivé, premier servi.
- ☐ Le multiplexage temporel statistique (STDM) a été développé pour résoudre le problème d'inefficacité engendré par l'affectation des tranches horaires alors même que le canal n'a aucune donnée à transmettre.
- ☐ Les sources de données sont alternées pendant la transmission et sont reconstituées à l'extrémité de réception.
- ☐ La priorité peut être dédiée à une source de données.

- 5.

Quelle description correspond à la connexion série entre deux routeurs utilisant le protocole HDLC (High-Level Data Link Control) ?

- ☐ Des transmissions synchrones ou asynchrones, orientées binaires, qui utilisent un format de trame universel.
- ☐ Des transmissions synchrones, orientées binaires, qui utilisent un format de trame permettant le contrôle de flux et la détection des erreurs.
- ☐ Des transmissions asynchrones, orientées binaires, qui utilisent un format de trame dérivé du protocole SDLC (Synchronous Data Link Control).
- ☐ Des transmissions asynchrones, orientées binaires, qui utilisent une interface ETTD/DCE V.35.

6.

Si un protocole d'authentification est configuré pour un fonctionnement en mode PPP, à quel moment la station de travail cliente ou utilisateur est-elle authentifiée ?

- ☐ Avant l'établissement de la liaison.
- ☐ Pendant la phase d'établissement de la liaison.
- ☐ Avant le début de la configuration du protocole de couche réseau.
- ☐ Une fois la configuration du protocole de couche réseau terminée.

7.

Pourquoi les protocoles NCP (Network Control Protocols) sont-ils utilisés dans le protocole PPP ?

- ☐ Pour établir et fermer des liaisons.
- ☐ Pour doter le protocole PPP de fonctions d'authentification.
- ☐ Pour gérer la congestion du réseau et permettre de tester la qualité de la liaison.
- ☐ Pour permettre le fonctionnement de plusieurs protocoles de couche 3 sur la même liaison physique.

8.

Quelle affirmation décrit le protocole d'authentification PAP ?

- ☐ Il envoie des mots de passe chiffrés par défaut.
- ☐ Il utilise un échange en deux étapes pour établir l'identité.
- ☐ Il protège contre les attaques répétées par essais et erreurs.
- ☐ Il exige la configuration du même nom d'utilisateur sur chaque routeur.

9.

	PAP
Échange en deux étapes	<input type="text"/>
Échange en trois étapes	<input type="text"/>
Vulnérable aux attaques de lecture répétée	<input type="text"/>
Mot de passe envoyé en clair	<input type="text"/>
Vérification périodique	<input type="text"/>
Utilisation d'une fonction de hachage unidirectionnelle	<input type="text"/>

10.

Négocie les paramètres d'établissement de la liaison.	LCP
Négocie les paramètres de protocole de couche 3.	
Maintient/débogue une liaison.	
Peut négocier plusieurs protocoles de couche 3.	NCP
Met fin à la liaison.	
Négocie uniquement IP et AppleTalk.	
Utilise le chiffrement MD5.	

Exercice 12

1. Décrivez 4 des 6 types de protocoles d'encapsulation de réseau étendu.
2. Décrivez les fonctions de LCP et NCP.
3. Décrivez les 5 options d'encapsulation LCP configurables

IUT R&T – 2^{ème} année

Module TR3

TD4

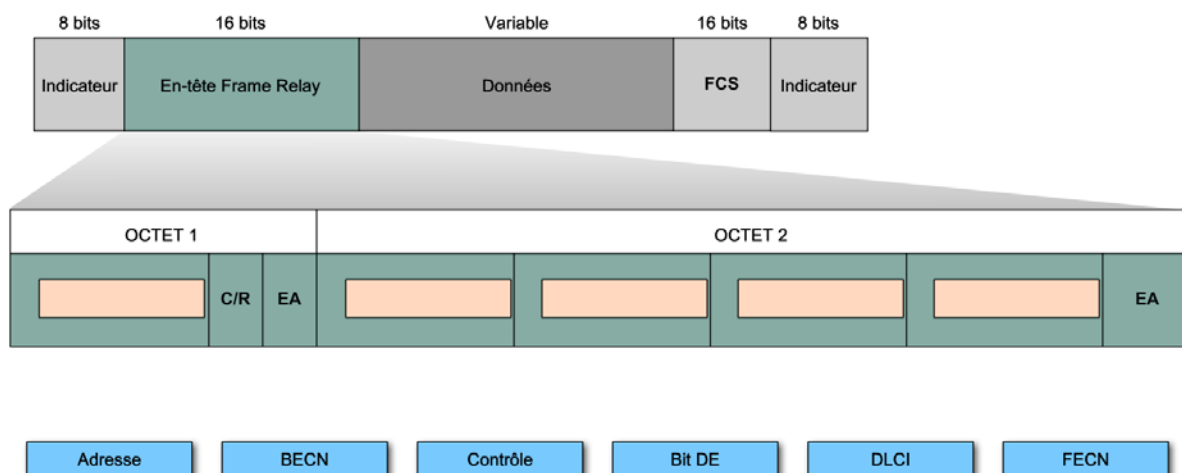
Exercice 1

Frame Relay est devenu la technologie la plus utilisée au monde dans les réseaux étendus, principalement grâce à son ____ et sa ____.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Frame Relay est une technologie de commutation de ____, qui est une version simplifiée de l'ancienne norme ____.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Frame Relay utilise une technique de « moindre effort » qui consiste simplement à ____ les paquets lorsqu'il détecte des erreurs. Toute correction d'erreur, comme la retransmission des données, est à la charge des équipements d'extrémité.	<input type="text"/>	
Frame Relay transporte des données entre les équipements ____ de l'utilisateur et les équipements ____ du réseau étendu.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
La connexion entre deux ETDD par l'intermédiaire du réseau Frame Relay s'appelle un ____ virtuel.	<input type="text"/>	
Les circuits virtuels ____ sont établis de façon dynamique par l'envoi de messages de signalisation au réseau.	<input type="text"/>	
Les circuits virtuels ____ sont préconfigurés par l'opérateur et fonctionnent toujours en mode DATA TRANSFER ou IDLE.	<input type="text"/>	
Les circuits virtuels assurent une communication bidirectionnelle et sont identifiés de manière unique par un ____ qui n'a aucune signification en dehors de la liaison.	<input type="text"/>	

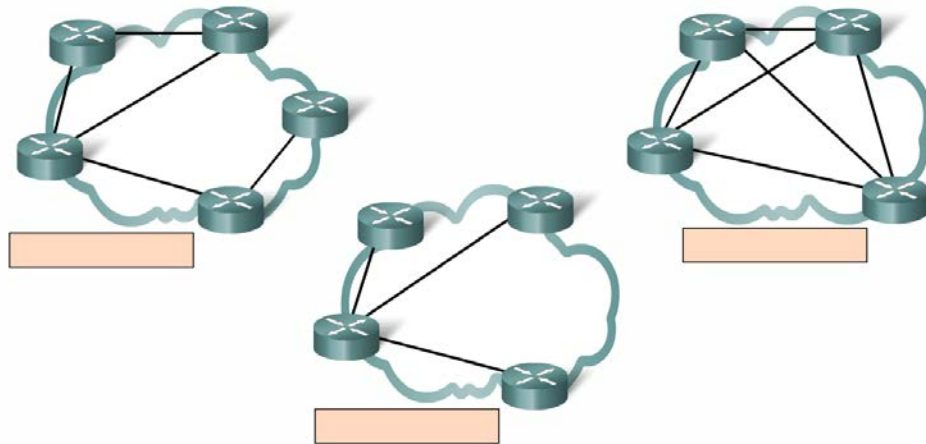
prix	DCE	flexibilité	BECN	réacheminer	commutés	FECN	paquet
RNIS	constants	X.25	abandonner	ETDD	circuit	permanents	DLCI

Exercice 2

Format de trame FR



Exercice 3



Bus	Hub and Spoke	Maillage global	Maillage partiel	Anneau	Étoile
-----	---------------	-----------------	------------------	--------	--------

Exercice 4

Le mappage d'adresse dynamique s'appuie sur l'____ Frame Relay pour résoudre l'adresse de protocole réseau du saut suivant en une valeur DLCI locale.	
Pour configurer le mappage d'adresse statique, utilisez la commande ____ en mode de configuration d'interface.	
Les extensions ____ du protocole Frame Relay lui ajoutent d'autres possibilités pour des environnements de réseau Internet complexes.	
Les types de LMI comprennent cisco, ____ et ____.	
Les ____ combinés aux messages d'____ permettent à un routeur d'associer les adresses de la couche réseau et de la couche de liaison de données.	

RNIS	q933a	ARP Inverse	DLCI	ansi
Messages d'état LMI	LMI	frame-relay map	frame-relay lmi	ietf

Exercice 5

Hub and Spoke	Résolution des problèmes d'accessibilité	
encapsulation frame-relay	Les réseaux Frame Relay sont généralement établis dans une topologie ____, ce qui peut engendrer des problèmes d'accès.	
à maillage global	La technique de découpage d'horizon est utilisée pour éviter les ____ dans les réseaux qui utilisent des protocoles à vecteur de distance.	
broadcasts	Résoudre les problèmes d'accessibilité nécessite une topologie ____, qui est coûteuse, ou d'utiliser des ____.	
à maillage partiel	Dans les configurations ____, une seule sous-interface sert à établir une connexion de circuit virtuel permanent à une autre interface physique ou à une sous-interface d'un routeur distant.	
sous-interfaces	Dans les configurations ____, une seule sous-interface sert à établir plusieurs connexions de circuit virtuel permanent à plusieurs interfaces physiques ou sous-interfaces sur des routeurs distants.	
plusieurs routeurs	La commande ____ est configurée sur l'interface physique. Tous les autres éléments de configuration, tels que l'adresse de couche réseau et les identificateurs DLCI, sont configurés sur la sous-interface.	
plusieurs interfaces		
boucles de routage		
multipoint		
point à point		

Exercice 6

Bande-passante et contrôle de congestion en FR

	Définition	Terme
BECN	Nombre maximal de bits dont le réseau garantit la livraison dans des conditions normales.	
Débit de données garanti (CIR)	Différence entre le débit garanti et le débit maximal permis par le fournisseur de services.	
Bit d'éligibilité à la suppression (DE)	Lorsqu'un encombrement survient au niveau d'un commutateur Frame Relay, il définit ces bits sur 1 sur toutes les trames qu'il reçoit.	
Débit garanti en rafale	Débit auquel le fournisseur d'accès accepte de recevoir des bits sur le circuit virtuel.	
Débit de dépassement (EIR)	est une <u>notification directe</u> d'encombrement	
Notification explicite d'encombrement (ECN)	est une <u>notification indirecte</u> indiquant un encombrement.	
FECN	Ce bit est défini sur 1 si la trame reçue fait passer le compteur au-delà du débit garanti en rafale.	

Exercice 7

1. Où se place la correction des erreurs en lignes dans le relai de trames ?
2. Pourquoi et dans quelle condition est-il possible de transporter de la parole téléphonique par FR ?
3. Pourquoi le coût de la mise en place d'un réseau FR est-il moins important que celui nécessaire au développement d'un réseau X.25 ? Quelle peut en être la contre-indication ?

Exercice 8

Scénario

Une entreprise est en train de changer ses liaisons BRI RNIS en une solution Frame Relay pour bénéficier des avantages offerts par des connexions permanentes. En tant qu'administrateur réseau, votre travail consiste à coordonner la partie Frame Relay de cette transition. Les spécialistes réseau de chaque filiale ont terminé leur configuration et attendent que la configuration du routeur central soit accomplie pour tester leur connectivité. Les trois filiales utilisent des routeurs Cisco de la gamme 1841. Votre tâche sur le routeur central R2 comprend les opérations suivantes :

- activer Frame Relay sur l'interface série 0/0/0
- configurer l'adresse IP et le DLCI spécifiés sur deux sous-interfaces de l'interface série 0/0/0,
- configurer les routes statiques vers les réseaux locaux de chaque filiale.

Pour plus de références, servez-vous de la topologie.

Identificateurs DLCI et adresses IP à affecter au routeur central R2 :

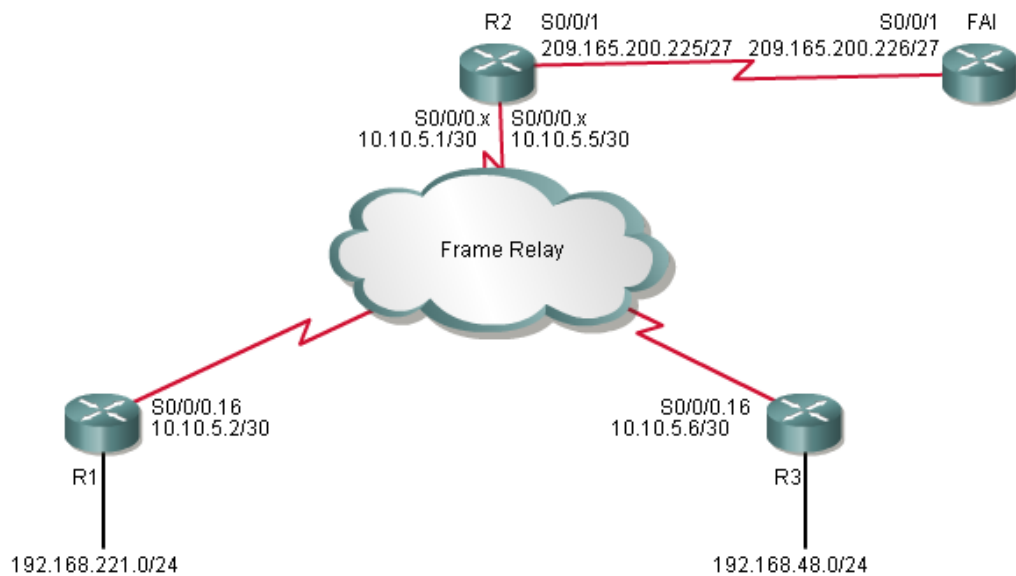
Vers le routeur R1 - DLCI undefined et adresse IP 10.10.5.1/30

Vers le routeur R3 - DLCI undefined et adresse IP 10.10.5.5/30

Le réseau de destination sur R1 est 192.168.221.0/24

Le réseau de destination sur R3 est 192.168.48.0/24

Topologie



```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#
Router(config-if)#
Router(config-if)#
Router(config-if)#no shut

Router(config-if)#exit
Router(config)#
Router(config-subif)#
Router(config-subif)#
Router(config-subif)#exit
Router(config)#
Router(config-subif)#
Router(config-subif)#
Router(config-subif)#exit
Router(config)#
Router(config-if)#
Router(config-if)#no shut

Router(config-if)#exit
Router(config)#ip route ... ..
Router(config)#ip route ... ..
Router(config)#exit
```

IUT R&T – 2^{ème} année

Module TR3

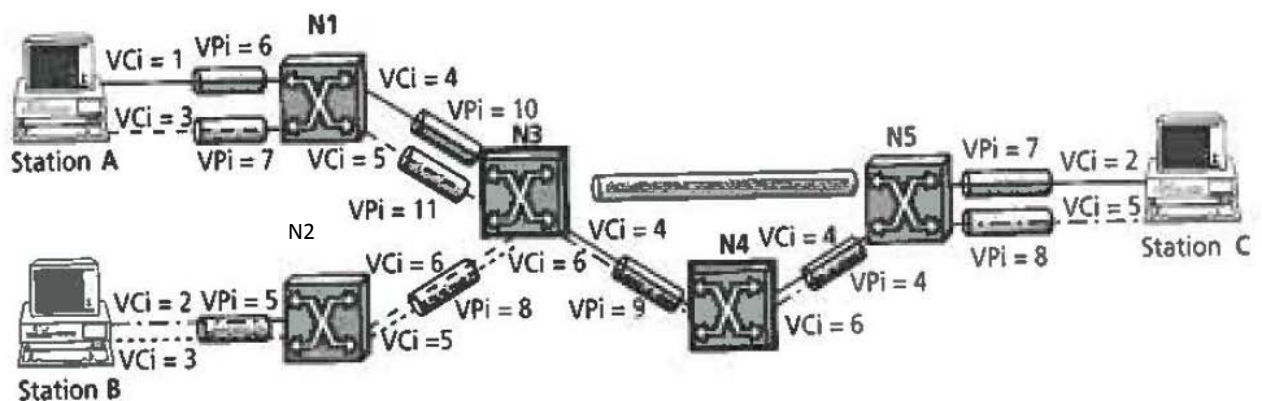
TD5

Exercice 1

Le schéma suivant représente un réseau ATM sur lequel 3 stations sont connectées par l'intermédiaire de 5 nœuds. Les nœuds 1, 2 et 5 sont des commutateurs de VPI/VCI, les nœuds 3 et 4 sont des brasseurs.

Établir les tables de commutation des 5 nœuds pour les circuits virtuels suivants:

- A-N1-N3-N4-N5-C
- A-N1-N3-N2-B
- B-N2-N3-N4-N5-C



N1		N2		N3		N4		N5	
In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In	Out
VPI, VCI	VPI, VCI	VPI, VCI	VPI, VCI	VPI	VPI	VPI	VPI	VPI, VCI	VPI, VCI

Exercice 2

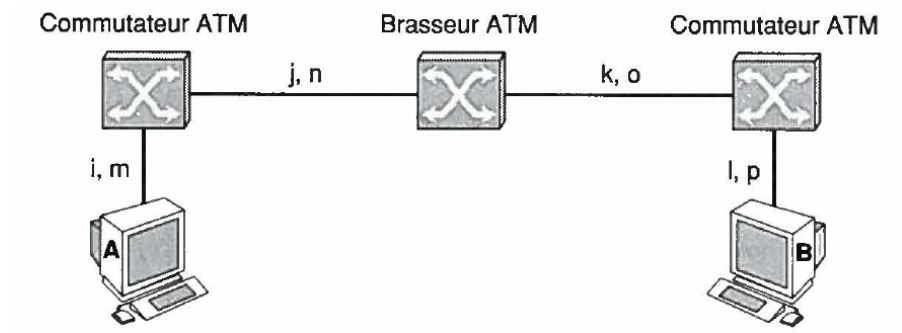
Soient deux nœuds A et B reliés par un circuit virtuel ATM.

Supposons que le débit de A vers B soit de la parole compressée à 32 Kbit/s. S'il y a des échos sur le réseau, le temps d'aller-simple ne doit pas excéder 28ms. La vitesse de propagation est de 200000 km/s.

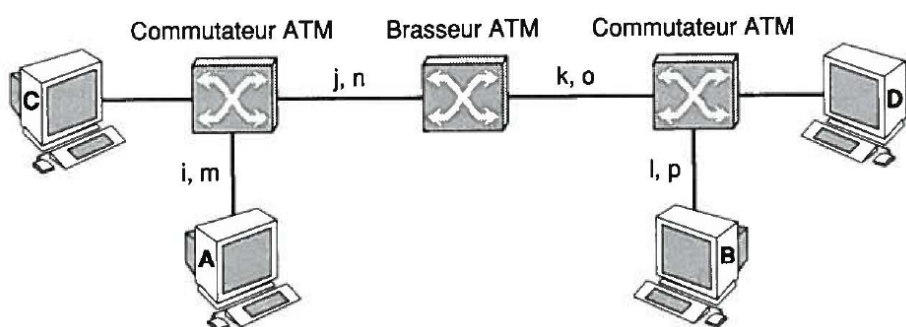
1. Quelle est la distance maximale admissible entre deux terminaux téléphoniques?
2. Trouver une solution si l'on veut aller plus loin sans ajouter de suppresseur d'écho.

Exercice 3

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 4 : Limites d'ATM

Un paquet IP consiste en une en-tête de 20 octets et des données de 1480 octets. Supposons que l'on veuille transmettre ces paquets sur un réseau ATM.

1. Calculer le pourcentage du surdébit minimum dû aux en-têtes. Une cellule ATM a une charge utile de 48 octets pour 5 octets d'en-tête.
2. Sur une interface fonctionnant à 10 Gbps, quel est le délai de commutation maximum pour la cellule ? Pour le message total (i.e., pour le paquet IP en ATM)?

Quel serait ce délai si la transmission était faite sur la base d'une trame encapsulant le paquet IP?

IUT R&T – 2^{ème} année

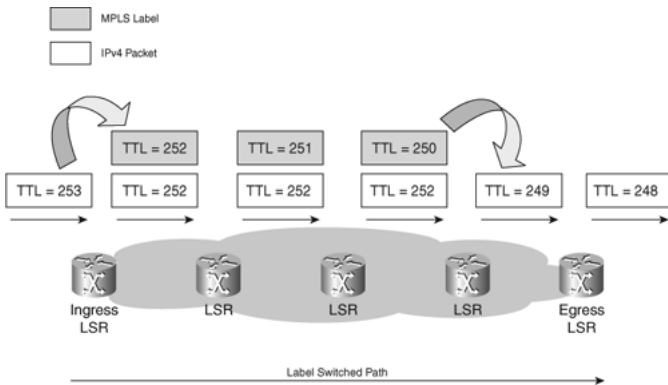
Module TR3

TD6 : MPLS

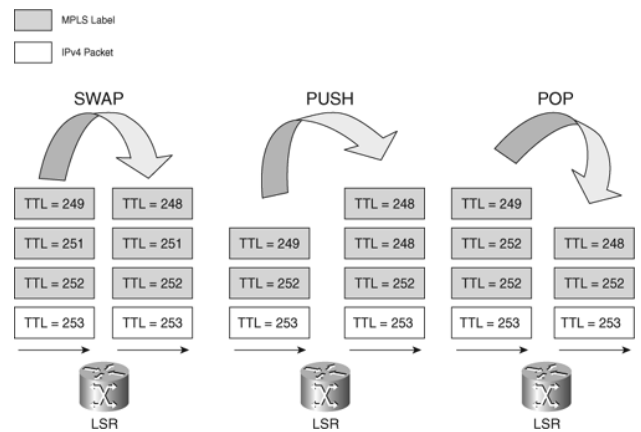
Exercice 1 : Gestion du TTL dans un réseau MPLS

Préambule :

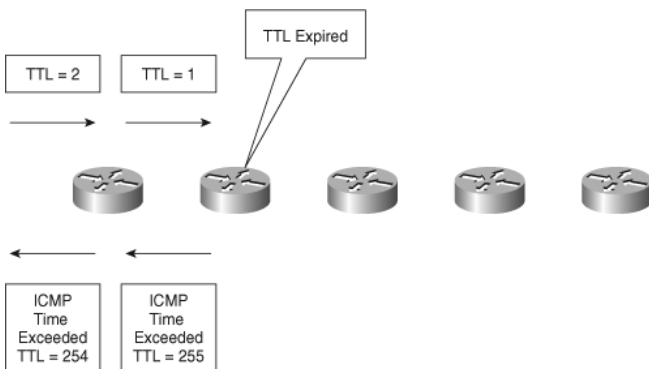
TTL Behavior in the Case of IP-to-Label or Label-to-IP:



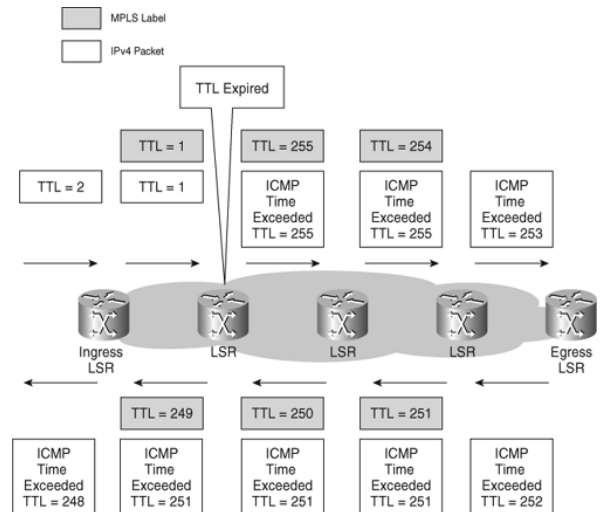
TTL Behavior in the Case of Label-to-Label:



TTL Expiration in an IP network:



TTL expiration in an MPLS network:

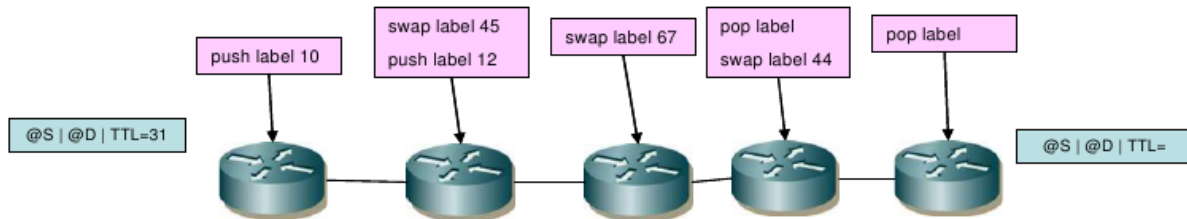


Sources :

- Anthony Busson
- www.ciscopress.com

Questions :

1. Quels sont les avantages de la commutation d'étiquettes par rapport à l'acheminement IP classique ?
2. 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.



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

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

Préambule :

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	Label	NHLFE	Entry	Operation	Label	Next Hop	Interface
132.12.17.0/25	(3)	15	(1)	(1)	swap	311	131.1.2.1	eth0
123.1.4.192/26	(5)	22	(4)	(2)	swap+push	786 555	131.2.3.4	eth1
129.175.32.0/24	(7)	145	(6)	(3)	push	561	131.1.2.1	eth0
129.175.23.0/25 TOS=184(10111000)	(11)	234	(12)	(4)	pop	-	-	eth0
129.175.23.0/25	(8)	456	(4)	(5)	push	234	131.2.3.4	eth1
147.193.160.0/19	(17)	989	(19)	(6)	swap	561	131.1.2.1	eth0
0.0.0.0/0	(20)	1087	(2)	(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

FTN

ILM

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 :

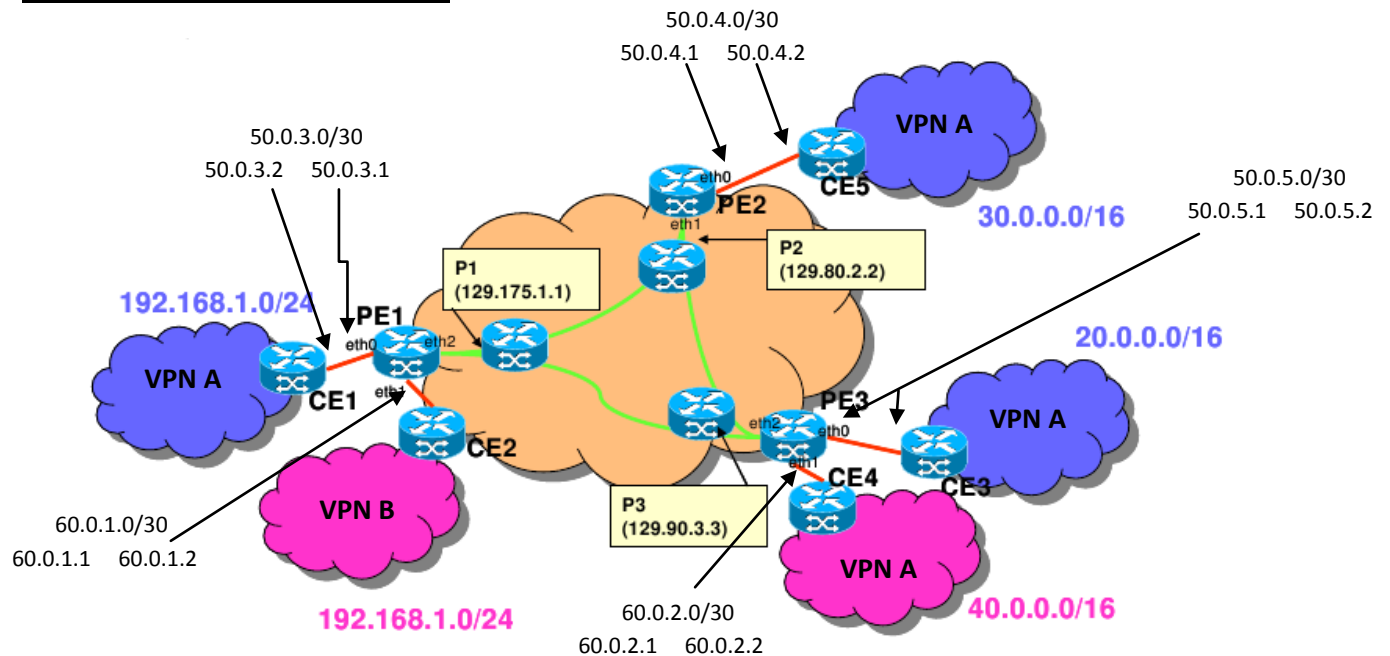
Préfixes	Prochain saut	Interface
15.1.3.224/27	-	eth0
15.1.3.192/27	-	eth1
15.1.3.0/27	-	eth2
134.1.3.0/24	15.1.3.2	eth2
129.175.0.0/16	15.1.3.194	eth1
132.4.5.0/23	15.1.3.194	eth1
131.3.4.128/25	15.1.3.2	eth2
0.0.0.0/0	15.1.3.227	eth0

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

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

Prefix	Next hop	Outgoing interface

Exercice 2

MPLS a grossièrement les mêmes objectifs qu'ATM en ce qui concerne le cœur de réseau. Qu'est-ce qui justifie que les petites cellules de taille fixe aient disparu dans MPLS ?

Sur les quatre points suivants, expliquez la différence entre ATM et MPLS :

- L'adressage
- Le routage
- La signalisation
- La nature des circuits virtuels

Compléter les réponses :

Le hardware permet maintenant

Les petites cellules ont d'intérêt à très haut (et pénalisent même le traitement car plus de cellules à traiter).

Les progrès en transmissions optiques ont montré qu'ATM bien à l'échelle (flows/nodes/routes/rate) que le IP:

- Segmentation And Reassembly de flux en 48B s'avère et
- Les headers doivent être traités tous lesB contre 1500B en moyenne pour les paquets
- Overhead ATM non nécessaire pour IP : beaucoup de headers ATM pour un seul paquet IP

Pour MPLS:

- un seul IP
- Les équipements internes de l'opérateur sont des équipements:
 - o Peuvent fonctionner comme des IP
 - o Peuvent aussi fonctionner dans un mode en selon un numéro de
- Les LSP sont établis par un protocole de en suivant la route déterminée par les protocoles de
 - o Les LSP peuvent être établis à l'initiative de l'..... (proche des PVC) – mode
 - o Ou ils sont établis automatiquement à l'initiative d'un point d'extrémité du réseau dès qu'il apprend par les protocoles de l'existence d'un nouveau IP – mode
- Signalisation par dans le cas de VC « mou »
- Signalisation par ou pour VC « pur »

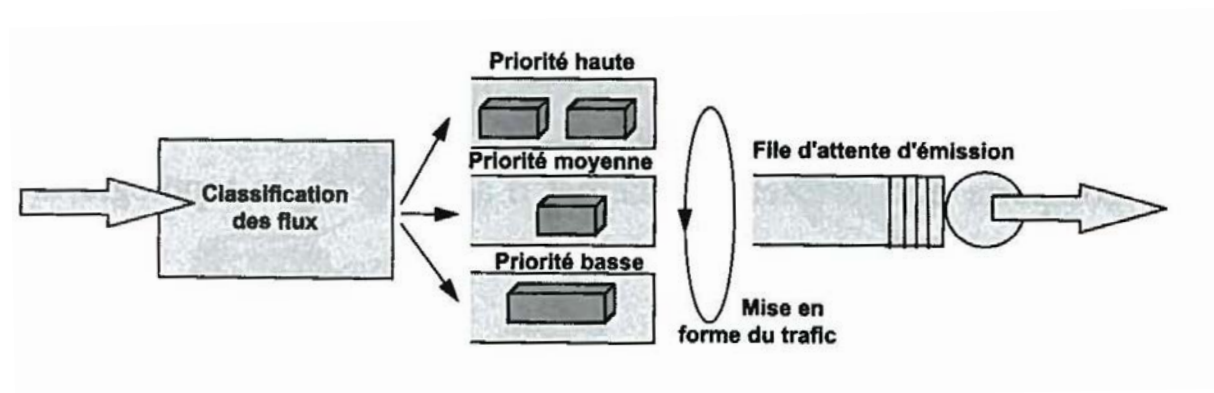
IUT R&T – 2^{ème} année

Module TR3

TD7

Exercice : Qualité de Service

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.

TR3 : TD 8 sur Network Simulator ns2

Description de ns2 :

Le simulateur ns est basé sur deux langages : un simulateur écrit dans le langage de programmation orientée objet C++ (langage de POO comme Java), et sur un interpréteur OTcl (une extension orientée objet de Tcl – *Tool Command Language*), utilisé pour exécuter des scripts de commandes de l'utilisateur.

Dans ce TD vous n'allez pas coder en OTcl, mais simplement utiliser du code déjà écrit pour simuler des scénarios intéressants de réseaux étendus vus en cours, en interpréter les résultats et ainsi assimiler les fonctionnements des protocoles utilisés en constatant leur intérêt en terme de performance.

Source : T. Jimenez and A. Altman, *NS Simulator Course for Beginners*.

Actions préalables à effectuer depuis votre compte :

- Sous Ubuntu, loggez-vous sur votre compte (un des 2 membres du binôme) .
- Ouvrir un terminal et taper : `ns-config`
- Télécharger le répertoire compressé *Codes_ns2_etudiant* depuis [www.i3s.unice.fr/~sassatelli/teaching/Codes_ns2_etudiant.tar.gz?](http://www.i3s.unice.fr/~sassatelli/teaching/Codes_ns2_etudiant.tar.gz)
- Décompresser le fichier (bouton droit puis Extract, ou `tar -xvzf Codes_ns2_etudiant.tar.gz`)
- Ouvrez un terminal, et placez-vous dans le répertoire *Codes_ns2_etudiant* (rappel : par la commande shell `cd <nom_repertoire>`)

L'environnement de simulation :

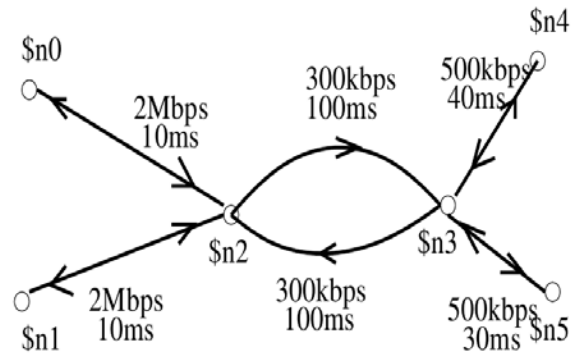
- Dans le répertoire *Codes_ns2_etudiant*, vous devez voir (rappel : par la commande shell `ls`) plusieurs fichiers .tcl : *ex1.tcl*, *ex3.tcl*, *droptail.tcl*, *red.tcl*, *diffserv.tcl*.
- Vous devez également y trouver des fichiers écrits en langage Perl (*Practical Extraction and Report Language*), ce langage interprété est notamment utilisé pour filtrer et traiter des fichiers de données ASCII facilement en Unix : *throughput.pl* et *throughput_multi.pl*. Ces scripts vont traiter les fichiers texte générés par le simulateur, pour en extraire les quantités intéressantes : débit, taille de la fenêtre de congestion de TCP, taux de perte de paquet, taille de la file d'attente à un routeur, etc.
- Ces scripts généreront d'autres fichiers eux directement lisibles par un outil de création de graphiques, tel Gnuplot sous Unix.
- Pour aller plus vite, téléchargez ce texte de TD, pour pouvoir faire des copier-coller dans un terminal des commandes demandées, depuis : http://www.i3s.unice.fr/~sassatelli/TDs_2012-2013.pdf

I. Simulation et étude de TCP

I.1. Une connexion TCP et une connexion UDP

Description de la configuration réseau étudiée dans cette partie :

Nous considérons la topologie ci-dessous (nœuds et liens). 2 flows sont générés : une application FTP générant du trafic depuis n0 vers n4, et une application de type CBR (Constant Bit Rate), telle que de la VoIP, de n1 vers n5. On rappelle que FTP est encapsulé dans TCP (puis dans IP), et CBR par UDP.



I.1.1. Avec TCP Tahoe

Ouvrez le fichier ex1.tcl dans un éditeur de texte : `gedit ex1.tcl &`

La ligne 60 doit indiquer (ou changez-la pour qu'elle indique) : `set tcp [new Agent/TCP]`

Taper dans un terminal :

```
> ns ex1.tcl
> perl throughput.pl out.tr 1 ftp floss
> gnuplot
> plot "WinFile" using 1:2 title 'Cwnd Flow 1' with lines linetype 1, "floss"
using 1:2 title 'Loss rate' with lines linetype 2, "QueueSize" using 1:2
title 'Queue size at n2' with lines linetype 3
> set term x11 1
> plot "ftput" using 1:2 title 'Rate Flow 1' with lines linetype 1, "ftput"
using 1:3 title 'Rate Flow 2' with lines linetype 2
```

- 1- Observer le réseau avec Nam : Network Animator.
 - a- Que voyez-vous ? Identifiez-vous les paquets TCP et les ACKs ?
 - b- Que constatez-vous quant à l'évolution du nombre de paquets TCP envoyés par fenêtre de congestion ?
 - c- Quel phénomène apparaît à partir de 1.7s ? Pour quelle raison ?
 - d- Quel phénomène apparaît à partir de 2.8s ? Pour quelle raison ?
- 2- Observer les courbes obtenues à partir de gnuplot.

- a- Quel est le débit moyen de la connexion TCP ? Faire le lien avec la capacité du goulot d'étranglement (*bottleneck link*) et le débit constant de la connexion CBR portée par UDP.
- b- Zoomez de façon à identifier les 2 phases spécifiques (vues en cours) de croissance de la fenêtre de congestion. Les rappeler et donner les valeurs des paramètres définissant ces phases, à partir des graphiques.
- c- Expliquez l'évolution de la fenêtre de congestion en faisant le lien avec la taille de la file d'attente au nœud 2 (commentez l'évolution de la file d'attente).
- d- En quoi voyez-vous la spécificité de TCP Tahoe par rapport aux autres versions de TCP ?
- e- Que se passe-t-il à $t=80s$?

Tapez depuis gnuplot pour en sortir :

> exit

I.1.2. Avec TCP Reno

Changer la ligne 60 du fichier ex1.tcl : set tcp [new Agent/TCP/Reno]

Reprenez les questions 2.c et 2.d du I.1.1.

I.1.3. Avec TCP New Reno

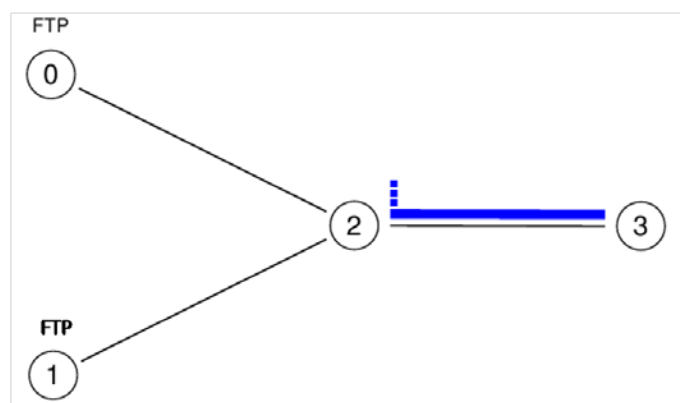
Changer la ligne 60 du fichier ex1.tcl : set tcp [new Agent/TCP/Newreno]

Reprenez les questions 2.c et 2.d du I.1.1.

I.2. Plusieurs connexions TCP

Description de la configuration réseau étudiée dans cette partie :

Nous considérons la topologie ci-dessous (nœuds et liens). 2 flows sont générés par 2 applications FTP générant du trafic de n_0 vers n_3 et n_1 vers n_3 . Nous étudions le partage de la capacité du lien goulot d'étranglement par ces 2 connexions TCP, en fonction de la version de TCP dans le système correspondant aux 2 machines émettrices n_0 et n_1 .



Ouvrez le fichier ex3.tcl dans un éditeur de texte : gedit ex3.tcl &

Pour les versions de TCP, vous changerez les lignes 83 et 85 en fonction des versions de TCP à tester ensemble : set tcp [new Agent/TCP] pour TCP Tahoe, set tcp [new Agent/TCP/Reno] pour TCP Reno, set tcp [new Agent/TCP/Newreno] pour TCP New Reno.

Pour changer les délais subis par chacune des connexions, vous changerez les lignes 62 et 63.

Taper dans un terminal :

```
> ns ex3.tcl
> perl throughput_multi.pl out.tr 1 ftpout floss
> gnuplot
> plot "win" using 1:2 title 'Cwnd Flow 1' with lines linetype 1, "win" using
1:3 title 'Cwnd Flow 2' with lines linetype 2, "floss" using 1:2 title 'Loss
rate' with lines linetype 3, "QueueSize" using 1:2 title 'Queue size at n2'
with lines linetype 4
> set term x11 1
> plot "ftpout" using 1:2 title 'Rate Flow 1' with lines linetype 1, "ftpout"
using 1:3 title 'Rate Flow 2' with lines linetype 2
```

I.2.1. Équité entre les différentes versions de TCP (en conditions symétriques)

- 1- Avec 2 connexions TCP Tahoe : quelles fractions de bande passante les 2 connexions obtiennent-elles?
- 2- Quelle devrait être la taille du buffer de n2 (en nombre de paquets) pour éviter toute perte (le résultat dépend de la fenêtre maximum de congestion possible, habituellement fixée par défaut à 64 MSS).
- 3- Tahoe vs Reno : quelle connexion obtient le plus de bande-passante, et pourquoi ? Répondre en analysant les mécanismes de reprise sur perte des 2 versions.
- 4- Reno vs New Reno : même question.

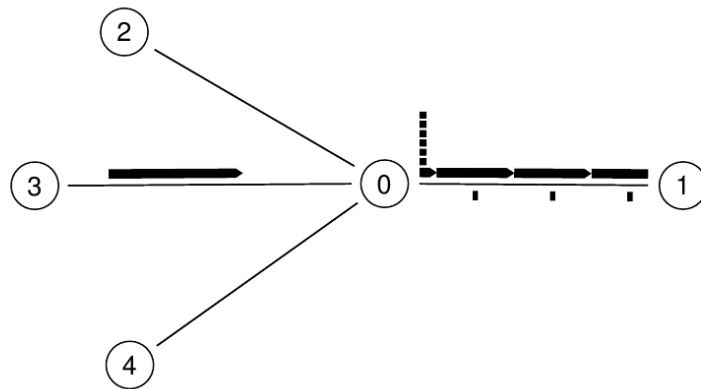
I.2.2. Équité entre des sessions TCP avec des RTT différents

- 1- On considère 2 connexions TCP Reno. Vérifiez la symétrie de performance des 2 connexions quand le délai entre la source et n2 est à 10ms pour la connexion 1, et 10ms pour la connexion 2.
- 2- Mettre le délai entre la source et n2 à 100ms pour la connexion 1, et 1ms pour la connexion 2. Comment expliquez-vous la différence de performance : formulez la raison en réfléchissant au temps de réaction que va pouvoir avoir TCP pour chaque connexion.

II. Buffer management et QoS : cas de RED et implémentation de DiffServ

II.1. Buffer management: Random Early Discard (RED)

Nous allons analyser 2 techniques de gestion de buffer vues en cours: Droptail et RED. La topologie considérée est 3 sessions TCP (toujours avec une application FTP), de 2, 3 et 4 vers 1. La taille maximale du buffer à 0 est 100, et le goulot d'étranglement est le lien 0-1 qui a une capacité de 0.7 Mbps.



Ouvrez le fichier droptail.tcl et tapez dans un terminal :

```
> ns droptail.tcl
> gnuplot
> plot "win" using 1:2 title 'Cwnd Flow 1' with lines linetype 1, "win" using
1:3 title 'Cwnd Flow 2' with lines linetype 2, "win" using 1:4 title 'Cwnd
Flow 3' with lines linetype 3
> plot "./QueueSize" using 1:2 title 'Queue size with droptail' with lines
linetype 1
```

Dans un autre terminal (même repertoire) :

```
> perl delay.pl out.tr
```

- 1- Que pouvez-vous dire de l'évolution des fenêtres de congestion? Qu'est-ce qui est problématique dans cette évolution pour l'optimisation de l'utilisation des ressources du réseau ?
- 2- Quelle est la plage de valeurs dans laquelle varie la taille de la file d'attente au nœud 0 ? Que pensez-vous que cela va avoir comme impact sur le temps de transit des paquets entre la source et la destination ? Le vérifier grâce au résultat donné par la dernière ligne de commande.

Ouvrez le fichier red.tcl et tapez dans un nouveau terminal :

```
> ns red.tcl
> gnuplot
> plot "win" using 1:2 title 'Win Flow 1' with lines linetype 1, "win" using
1:3 title 'Win Flow 2' with lines linetype 2, "win" using 1:4 title 'Win Flow
3' with lines linetype 3
> set term x11 1
> plot "./ave.tr" using 2:3 title 'Average queue size with red' with lines
linetype 1, "./cur.tr" using 2:3 title 'Current queue size with red' with
lines linetype 2
```

Dans un autre terminal (même repertoire) :

```
> perl delay.pl out.tr
```

- 3- Que pouvez-vous dire de l'évolution des fenêtres de congestion? En quoi est-ce mieux ?

Pour bien vérifier que le débit total est max, vous pouvez taper :

```
> perl throughput_red.pl out.tr 1 ftp
> gnuplot
> plot "ftput" using 1:2 title 'Total rate' with lines linetype 1
```

- 4- Quelle est la plage de valeurs dans laquelle varie la taille de la file d'attente au nœud 0 ? Que pensez-vous que cela va avoir comme impact sur le temps de transit des paquets entre la source et la destination ? Le vérifier grâce au résultat donné par :
`> perl delay.pl out.tr`
- 5- Que permet RED par rapport à droptail (pensez au problème des flows courts, qui sont majoritaires dans l'Internet, et qui ont besoin d'un petit temps de transfert et d'une tolérance aux bursts).
- 6- Faire varier les variables `thres_` et `maxthres_` (lignes 23 et 24), par exemple en les mettant à 2 et 5 respectivement, et observer la taille de la file d'attente résultante.

Tapez depuis gnuplot pour en sortir :

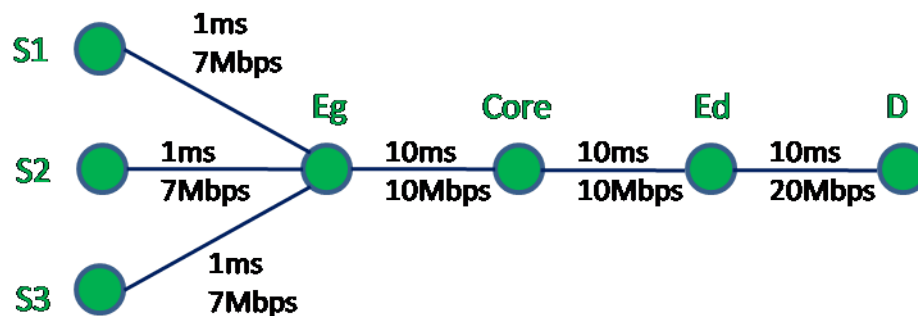
```
> exit
```

II.2. Implémentation de DiffServ pour la QoS au niveau IP: policing (application des priorités), buffer management (gestion de buffer) et scheduling (ordonnancement)

Nous considérons maintenant l'utilisation de DiffServ, qui (cf. cours) est un mécanisme qui permet de marquer les paquets IP (dans le champ DS de l'entête IP) pour leur attribuer une certaine priorité. Ces paquets seront ensuite traités selon leur priorité (ils seront envoyés avant d'autres arrivés plus tôt dans un routeur, ou auront une probabilité plus ou moins forte d'être abandonnés pour prévenir la, ou en période de, congestion) dans les routeurs du cœur du réseau.

Comme dans les précédents exercices, nous allons considérer une certaine topologie de réseau avec du trafic prédéfini. La figure ci-dessous représente la topologie. Trois flows 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- Ouvrir le fichier diffserv.tcl. Lisez et analysez ce fichier depuis l'annexe (à la fin de ce document) grâce aux commentaires :
 - a. Sur quel critère les 3 flows sont-ils différenciés ? (type d'application ? ou paire source-destination ? ou protocole de transport ?...)
 - b. Quel est le lien entre nombre de files physiques et virtuelles, nombre et nature des critères ?
 - c. Décrivez le type de buffer management associé à chaque file physique.
 - d. Quels sont les choix possibles, dans le code tel qu'il vous est fourni, pour l'ordonnancement entre les différentes files physiques ?
 - e. D'après vous, à quoi sert la variable meanPktSize, et à quoi correspondent les valeurs qu'elle prend ?
- 2- Assurez-vous que la variable selecSched est à 1 et les poids de la politique Weighted Round Robin à 10, 5 et 2 respectivement et exécutez :

```
> ns diffserv.tcl
> perl throughput_multiDS.pl out.tr 1 ftpout floss
> gnuplot
> plot "ftpout" using 1:2 title 'Flow 1' with lines linetype 1,
"ftpout" using 1:3 title 'Flow 2' with lines linetype 2, "ftpout"
using 1:4 title 'Flow 3' with lines linetype 3
```

- a. Comment expliquez-vous les débits obtenus par chaque flow ? Discutez les valeurs de débits obtenus.
 - b. Pour obtenir le délai moyen de transfert des paquets de chaque flow, exécutez exécutez (dans un autre terminal et même répertoire) :

```
perl delay_multi.pl out.tr
```


Que pouvez-vous dire ?
- 3- Changez les poids de la politique Weighted Round Robin à 19, 2 et 1 respectivement. Relancez les commandes ci-dessus et répondez de nouveau à la question a.

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

```
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  
}
```

Gestion du scheduling entre les files physiques:

-selecSched=0 -> Strict priority

- selecSched=1 -> Weighted Round Robin

Pour WRR, les poids (en nombre de pkts) de chaque file sont les variable weightWRR1, weightWRR2 et weightWRR3

```
# 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} {$j<=$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
$qEgC set NumPrec 2
```

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).

Shaping and policing of the flow

```
$qEgC addPolicyEntry [$S(1) id] [$D id] TokenBucket 001 $cir1 $cbs1
$qEgC addPolicyEntry [$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
```

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

```
$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
```

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.

```
$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
```

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 critères RED différents.

Définition des critères RED pour chacune des files virtuelles

```
if {$selecSched==0} {
    $qEgC setSchedulerMode PRI
} else {
    $qEgC setSchedulerMode WRR
    $qEgC addQueueWeights 0 $weightWRR1
    $qEgC addQueueWeights 1 $weightWRR2
    $qEgC addQueueWeights 2 $weightWRR3
}
```

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
```

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).

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
}
```

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 [[${ns link $Ed $Core} queue]
$qEdC meanPktSize 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
```

```
$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 [[${ns link $Core $Ed} queue]
$qCEd meanPktSize $packetSize
#$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 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)

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+$30] "$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"
```

Instant de début
et instant de fin de
la session

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

Définition du trafic et lancement de la simulation.