

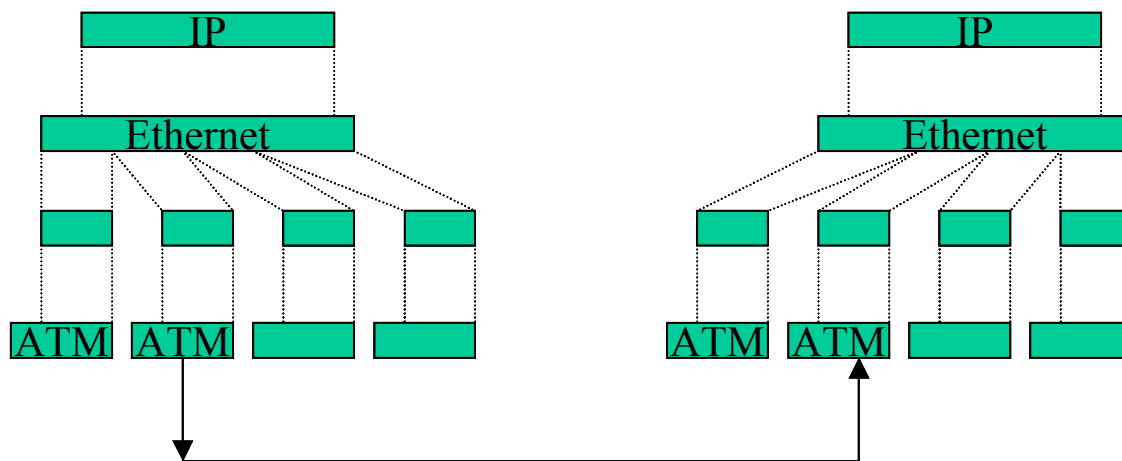
Chapitre 1 - Exercice 1 (voir énoncé page 21 du livre)

[a] Les atouts de la technique ATM proviennent d'une technique permettant d'obtenir une qualité de service et pouvant supporter de très hauts débits.

[b] Les atouts de la technique IP pour transporter des applications multimédias sont plus faibles, surtout dans la première génération que nous connaissons, puisqu'une seule classe de service est disponible, la classe « best effort ». La deuxième génération qui introduit des classes de service aura des atouts beaucoup plus importants pour le transport des applications multimédias.

[c] La technique Ethernet permet de très hauts débits pour des coûts bas. Son atout principal consiste en un surdimensionnement des réseaux pour satisfaire au passage du multimédia. La nouvelle génération Ethernet introduit des priorités, ce qui permet de superposer plusieurs classes de service et de prendre en charge des applications avec une priorité plus grande.

[d] Schéma des différentes encapsulations :

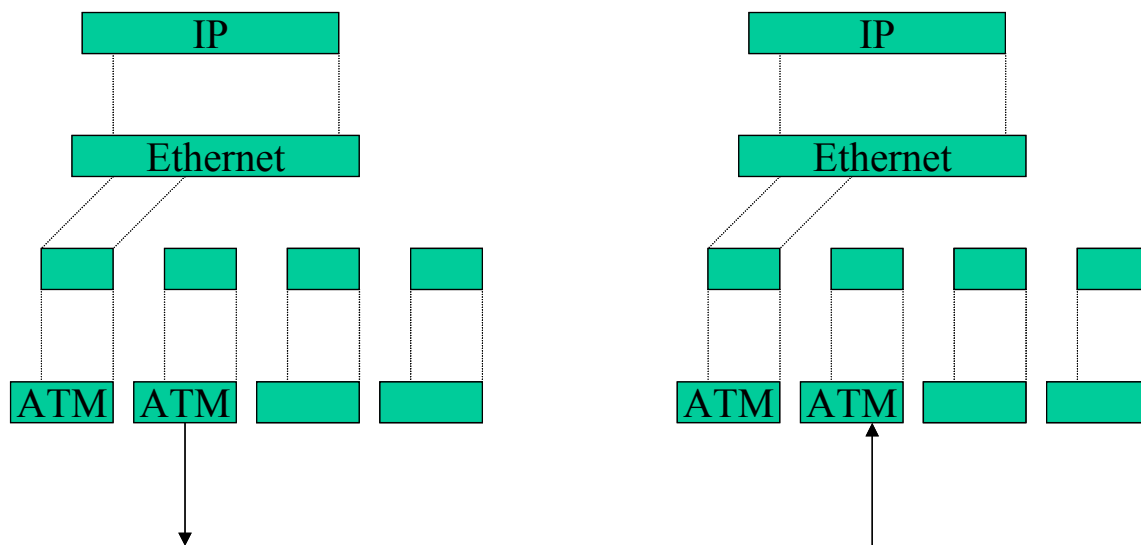


[e] Cette solution transporte tous les champs de supervision du paquet IP dans la trame Ethernet puis tous les champs de la trame Ethernet dans les cellules ATM. De plus, comme la trame Ethernet a été découpée en plusieurs morceaux de 48 octets pour entrer dans les cellules ATM, il faut pour chaque morceau ajouter 5 octets de supervision supplémentaires qui n'apportent rien au transport de l'information utilisateur.

[f] Dans le paquet IP, il y a l'adresse du destinataire. Lorsque l'on encapsule le paquet IP dans Ethernet, il doit y avoir l'adresse du destinataire de la trame Ethernet, donc l'adresse qui va permettre d'atteindre le PC destinataire. Cette adresse doit être déduite de l'adresse IP par le PC émetteur. Dans les paquets ATM, il n'y a pas d'adresse ; il y a une référence. Ces références ont été posées par une cellule de supervision qui devait contenir l'adresse de sortie du réseau ATM. Donc à l'entrée du réseau ATM, il a fallu trouver l'adresse ATM qui permettait d'atteindre le réseau Ethernet de sortie.

[g] La translation consiste à trouver l'adresse du destinataire dans chaque unité de protocole transportée sur le réseau. En d'autres termes, le paquet IP doit transporter l'adresse IP du destinataire. Puis, cette adresse IP doit être transformée en une adresse Ethernet du destinataire qui doit être transformée en une adresse ATM du destinataire et ainsi de suite. On voit que pour pratiquer une translation il faut que le destinataire ait des adresses dans les mondes IP, Ethernet et ATM même si le destinataire n'est pas branché directement sur les réseaux concernés.

Schéma de la translation



Chapitre 1 - Exercice 2 (voir énoncé page 21 du livre)

[a] Dans un réseau de télévision classique par câble ou télédiffusé, chaque récepteur reçoit l'ensemble des chaînes et choisit le programme à visualiser. Dans le réseau Internet, les canaux de télévision ne sont pas diffusés. L'utilisateur doit donc effectuer une demande de transmission particulière. L'application de transmission d'un canal de télévision est spécifique : il faut que l'information arrive régulièrement pour être rejouée mais il peut y avoir un décalage important entre l'instant d'émission et l'instant où on rejoue la vidéo sur l'écran de télévision. En effet, il n'y a pas d'interactivité entre les deux extrémités de la communication.

[b] Dans l'Internet, il est possible de mettre en place des applications multipoints dans lesquelles les flots sont regroupés jusqu'à un point proche de l'utilisateur final où plusieurs copies sont effectuées et émises vers les utilisateurs.

[c] Lorsqu'un client veut changer de chaîne, il doit envoyer une demande d'interruption du premier programme puis demander la transmission vers son poste de la nouvelle chaîne. Il faut donc un système de supervision que l'on appelle une signalisation.

[d] Si le débit des différentes liaisons par lesquelles transite le flux vidéo est d'au moins 2 Mbit/s, il est relativement facile de resynchroniser le flux puisque l'application n'est pas interactive. Il peut y avoir une latence importante entre le moment de d'émission par le cœur de transmission et le moment où l'on rejoue la séquence. Un problème important provient de la capacité de mémoire nécessaire pour mémoriser dans la mémoire du récepteur l'information en attente d'être rejouée surtout si le temps de latence est élevé.

[e] La difficulté aujourd'hui pour réaliser une telle application provient du manque de débit sur les différents liens entre le cœur de diffusion et le terminal de l'utilisateur et en particulier sur le réseau d'accès (la boucle locale).

[f] L'application est la même mais elle demande un débit beaucoup plus faible. Si le débit moyen est de 64 Kbit/s, cela indique qu'il y a un débit crête qui peut être bien supérieur au débit moyen. Ce débit crête peut introduire des problèmes de capacité et de respect du temps de traversée du réseau, celui-ci devant rester acceptable par rapport au retard choisi pour rejouer la vidéo.

[g] On utilise une technique circuit : il faut compresser la vidéo de telle sorte que le débit soit constant. L'ensemble de tous les programmes arrive sur le terminal.

[h] Il n'y a pas d'adresse de réception puisque justement l'ensemble des vidéos est diffusé et que chaque terminal reçoit toutes les chaînes, même évidemment lorsque le téléviseur est éteint.

[i] Chez les câblo-opérateurs, le mode de diffusion est totalement similaire à celui des télévisions hertziennes.

[j] La place de la télévision dans l'Internet est tout à fait importante mais il ne concernera que des chaînes à diffusion limitée. En effet, s'il y a énormément de spectateurs, il y a intérêt à diffuser fortement et donc à utiliser les réseaux de télédiffusion. En revanche, si la chaîne n'intéresse qu'un petit nombre de personnes, il serait dommage de gâcher de la bande passante par une diffusion globale. La télévision sur Internet sera thématique et spécialisée ainsi que fortement localisée.

Chapitre 1 - Exercice 3 (voir énoncé page 22 du livre)

[a] Le réseau téléphonique utilisant la commutation de circuits, il n'est donc, a priori, pas prêt à se transformer en un réseau Internet. Sur un circuit, on peut toujours envoyer un paquet IP, il est donc possible de considérer qu'un réseau téléphonique peut donner naissance à un réseau Internet mais l'efficacité serait particulièrement faible.

[b] Si le réseau téléphonique est transformé en un réseau Internet, tous les paquets IP d'un même flot suivent toujours le même chemin qui est celui du circuit téléphonique ouvert pour transporter ce flot.

[c] Les circuits téléphoniques transportant des flots dont la vitesse maximale est égale à 64 Kbit/s, ils ne peuvent dépasser cette valeur. Cependant, si l'utilisateur peut ouvrir plusieurs circuits simultanément, des multiples de 64 Kbit/s peuvent être atteints.

Attention : si l'utilisateur est relié par un modem sur le réseau téléphonique, la vitesse maximale du circuit risque d'être celle de transmission du modem qui est en général inférieure à 64 Kbit/s.

[d] Oui, c'est même un réseau qui ressemble beaucoup plus à l'Internet classique.

[e] Oui, il peut y avoir plusieurs routes puisque le but des routeurs est de router les paquets IP, par la meilleure route possible.

[f] Oui puisqu'il pourra y avoir un meilleur multiplexage des paquets sur un regroupement de liaisons à 64 Kbit/s.

Chapitre 2 - Exercice 1 (voir énoncé page 43 du livre)

[a] Si le rapport des puissances aux deux extrémités est de 50%, alors l'affaiblissement est de $10 \log_{10} 2 = 3$ dB. Les deux autres cas donnent : $10 \log_{10} 10 = 10$ dB et $10 \log_{10} 100 = 20$ dB.

[b] Comme entre 4 000 et 24 000 Hertz l'affaiblissement est inférieur à 3 dB, la bande passante du

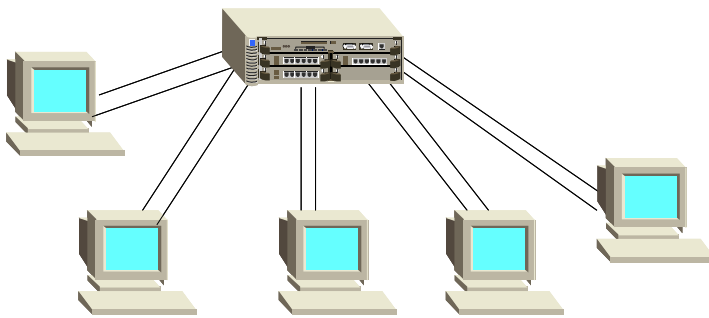
support physique est de 20 000 Hertz.

[c] On obtient par la formule de Shannon :
 $C = 20\,000 \log_2(1 + 30) = 100\,000$ Kbit/s.

[d] Pour obtenir la capacité maximale C , il faut transporter $C/20\,000 = 5$ combinaisons.

Chapitre 2 - Exercice 2 (voir énoncé page 43 du livre)

[a] Oui, il est possible d'utiliser ce réseau sur le câble banalisé : pour cela il suffit de faire des aller retour entre le centre et les PC dotés de cartes coupleur comme indiqué dans la figure suivante. (Nous n'avons représenté dans la figure qu'une seule boucle pour des raisons de simplification).



[b] Une boucle active est une boucle qui est alimentée électriquement, c'est-à-dire qu'une coupure de courant interrompt la boucle. Ici, la boucle est bien active puisqu'il faut qu'une station puisse capter le jeton au passage. Pour ce faire, il faut couper la boucle et mettre un registre à décalage qui permette à la station de prendre conscience de ce qui se trouve dans le registre, par exemple reconnaître le jeton pour le prélever de la boucle et avoir le droit de transmettre sur l'autre boucle.

[c] Les régénérateurs du signal sont situés dans les cartes coupleur : la boucle étant interrompue dans la carte coupleur par le registre à décalage, il faut ré-émettre le signal. L'équipement central, appelé concentrateur, peut aussi être actif et ré-émettre également les trames.

[d] Oui, il doit y avoir une station de supervision. En effet, il se peut qu'une station qui a pris le jeton tombe en panne et donc ne le relâche pas. Sans station de supervision le réseau risque de se trouver totalement arrêté.

[e] La boucle b permet de faire passer les données. Cette boucle ne peut pas être passive. En effet, la station doit émettre sa trame dès que la fin de la trame précédente est reçue. Pour cela, elle doit enlever les informations qui pourraient encore circuler (ces informations ont déjà fait au moins un tour de la boucle). Il faut donc qu'il y ait reconnaissance de la fin de la trame pour que la station puisse commencer à émettre juste derrière. Il est donc nécessaire qu'il y ait reconnaissance de ce qui passe sur le support et pour cela il faut bien arrêter l'information un minimum de temps dans une mémoire (un registre). Le support est donc actif puisqu'il traverse des éléments alimentés électriquement.

On pourrait envisager que la boucle s'ouvre juste après la reconnaissance de la fin de la trame précédente ce qui permettrait d'avoir une boucle passive, mais pour cela il faudrait une reconnaissance pratiquement instantanée du drapeau de fin ce qui n'est pas acceptable aujourd'hui.

[f] Puisqu'il y a 100 stations situées à 50 mètres du centre, il y a 100 mètres de câble (aller retour)

pour connecter une station. Puisqu'il y a 100 stations cela fait 10 km de câble. Si l'on suppose un support électrique, la vitesse étant de 200 000 km/s, il faut 50 μ s pour le temps de propagation. À cela il faut ajouter 100 x 10 bits de registre à décalage, c'est-à-dire 1 000 bits. Comme la vitesse est de 100 Mbit/s, le temps de décalage est de 10 ns par bit, donc un total de 10 μ s. Le temps total pour effectuer une rotation complète est donc de 60 μ s. À la vitesse de 100 Mbit/s, cela représente le temps d'émettre 6 000 bits. S'il y a deux trames sur le support, chaque trame peut atteindre 3 000 bits.

[g] Si une station se déconnecte, cela enlève 100 mètres de câble et 10 bits de registre de supervision, c'est-à-dire l'équivalent de 60 bits. Les deux trames de 3 000 bits ne peuvent plus tenir sur l'anneau. Une solution est de rajouter des bits de décalage dans le concentrateur, c'est-à-dire que chaque fois qu'une station se déconnecte, le concentrateur la remplace par un registre de 60 bits de décalage.

[h] La capacité de transmission de ce réseau est de 100 Mbit/s. Le fait d'avoir deux jetons ne permet pas d'augmenter le débit par rapport à la capacité nominale. Lorsque deux stations transmettent en même temps (chacune dans une trame, en parallèle), elles seront ensuite toutes les deux silencieuses pendant que la trame de l'autre station est en train de passer. Donc, il peut y avoir une capacité de transmission double mais cela ne peut se produire que pendant la moitié du temps.

[i] Lorsque sur la boucle ne tourne qu'une seule trame, il peut toujours y avoir le problème suivant : si plusieurs stations se déconnectent, la boucle peut ne plus être assez longue pour que l'ensemble de la trame puisse s'y mémoriser.

[j] Si le récepteur, après avoir copié les données qui lui étaient transmises, remet le jeton en jeu, cela veut dire qu'une nouvelle station peut s'en emparer et transmettre sans attendre que l'émetteur relâche le jeton. Cette solution augmente effectivement la capacité du réseau puisqu'en moyenne le jeton peut être utilisé deux fois sur un tour de boucle. La capacité est donc doublée. L'inconvénient de cette solution réside dans une régularité beaucoup moins bonne puisque au lieu de passer de la station n à la station n + 1 et donc d'avoir une équipartition de la capacité du support, le jeton va d'une station à une autre dans le désordre.

[k] Si la station de supervision émet une trame de 1 562 octets toutes les 125 μ s, c'est-à-dire 1 562 multiplié par 8 pour avoir la vitesse en bit/s et multiplié par 8 000 puisqu'il y a exactement 8 000 transmissions chaque seconde, la vitesse du support est donc d'au moins $1\,562 \times 8 \times 8\,000 = 100$ Mbit/s.

[l] On ne peut dépasser un certain nombre de stations puisqu'il faut ré-émettre la trame toutes les 125 μ s, c'est-à-dire que le tour de la boucle ne peut pas durer plus que 125 μ s. Une station correspond à 100 mètres de câble, c'est-à-dire à un temps de 500 ns de propagation, et à un registre de 10 bits qui à la vitesse de 100 Mbit/s demande 100 ns. Donc, une station correspond à un total de 600 ns. Dans 125 μ s on peut donc connecter $125/0,6 = 208$ stations.

[m] Comme cela est étudié dans le cours 14, il faut dans un réseau Ethernet que le temps aller retour sur le support physique d'une extrémité à l'autre soit plus petit que le temps minimal de transmission d'une station. Si le réseau peut atteindre un kilomètre, cela fait deux kilomètres en aller retour. À la vitesse de 200 000 km/s cela fait 10 μ s. Le nombre de bits qui peut être émis dans ce temps est de 1 000 bits. Cette valeur de 125 octets, qui représente le temps pour effectuer un aller retour, est supérieure à la valeur minimale d'une trame Ethernet qui est de 64 octets. Cette longueur n'est donc, a priori, pas acceptable puisqu'une station Ethernet classique pourrait émettre une trame entre 64 et 124 octets (moins que 125 octets) en déduire que tout fonctionne correctement puisqu'il n'y a pas eu de signal de collision et se retirer en pensant que sa transmission s'est bien passée.

[n] Sur la fibre monomode, la vitesse de transmission atteint 300 000 kilomètres par seconde. Pour 2 kilomètres aller retour, le temps de propagation est de 6,66 μ s ce qui représente 666 bits de transmission, ce qui est encore trop grand par rapport à la trame classique Ethernet qui descend à 512 bits.

Pour la fibre multimode, la vitesse de propagation étant de 100 000 km par seconde, le temps aller retour sur le support d'un kilomètre est de 2000 bits ce qui est aussi trop long pour la taille minimale de 512 bits.

Si l'on souhaite donc avoir un support d'un kilomètre de long pour un Ethernet 100 Mbit/s, il faut que la taille minimale d'une trame Ethernet soit d'au moins 666 bits dans le cas d'un support en fibre optique monomode qui est celui le plus favorable (le plus près des 512 bits qu'il faut atteindre pour rester compatible avec les réseaux Ethernet classiques).

[o] La seule solution, si l'on veut effectivement atteindre 1 km, est d'augmenter la taille minimale de la trame Ethernet. Dans le cas qui nous intéresse dans l'exercice, le câble étant du câble coaxial, il faut que la longueur minimale de la trame soit d'au moins 125 octets à la place des 64 octets dans les Ethernet classiques. C'est effectivement ce qu'on fait les normalisateurs pour des réseaux Ethernet à 1 Gbit/s, ils ont allongé la taille minimale à 512 octets. Dans la normalisation du Fast Ethernet à 100 Mbit/s, la taille minimale a été laissée à 64 octets ce qui ne permet pas de faire des réseaux partagés d'un kilomètre de longueur. La solution qui sera prise dans ce cas, est de choisir un réseau Ethernet commuté dans lequel il n'y a plus de limitation de distance.

[p] La distance à parcourir correspond à une propagation jusque dans le nœud racine puis à une redescente jusqu'à la station de réception. La longueur la plus grande est donc déterminée par une émission d'une station vers elle-même, la station étant celle la plus éloignée du nœud racine. Comme il faut traverser 5 nœuds (2 plus le nœud racine à l'aller et 2 encore au retour), le temps passé dans les nœuds correspond à la traversée de 50 bits. Comme la longueur de la trame Ethernet doit être d'au moins 512 bits, cela laisse un délai de propagation correspondant à 462 bits ce qui implique un temps de 4,62 μ s, c'est-à-dire une distance de 924 mètres en aller-retour et donc à une distance de la station au nœud racine de 462 mètres. Toutes les stations doivent donc être à une distance de moins de 462 mètres du nœud racine.

[q] Si tous les hubs émettent dans toutes les directions, les deux stations les plus éloignées correspondent aux deux branches ayant des stations les plus éloignés du centre. Le calcul est le même que précédemment et il faut donc que la distance totale entre ces deux stations les plus éloignées soit de 924 mètres. Cela peut impliquer dans l'exemple traité qu'une station soit plus loin que 462 mètres du centre et donc automatiquement que la seconde soit moins loin.

[r] La meilleure solution correspond à des hubs qui diffusent puisque l'on peut jouer sur la distance et que, pour certaines stations, on peut dépasser la longueur moyenne. Le cas extrême correspond à un réseau où le nœud racine n'a qu'une seule branche. Dans notre exemple, une distance d'une station au hub de 924 mètres peut être atteinte. Cette distance maximale ne serait que de 462 mètres s'il faut remonter jusqu'à la station hub pour diffuser.

[s] Pour privilégier certaines stations, il faut que ces stations aient une probabilité plus forte de pouvoir redémarrer rapidement sur une collision. Il suffit d'avoir un temporisateur de reprise plus long pour les stations non prioritaires et un choix du temporisateur de reprise plus court pour les stations prioritaires.

[t] Les ponts correspondent à des organes qui traitent les adresses MAC, c'est-à-dire les adresses absolues de l'Ethernet. Les adresses des destinataires sont donc transportées par les trames Ethernet tout au long du chemin et les ponts ont des tables permettant de déterminer la direction dans laquelle envoyer les trames. Les ponts se comportent comme des commutateurs et l'adresse MAC peut être interprétée comme une référence.

Chapitre 3 – Exercice 1 (voir énoncé page 61 du livre)

[a] Dans la commutation, il faut mettre en place les tables de commutation qui indiquent les ports de sortie par rapport à une référence. Il faut donc une signalisation pour mettre en place de nouvelles entrées dans les tables de références des nœuds dans lesquels transite le circuit virtuel.

[b] A priori, il faut ouvrir autant de circuits virtuels qu'il y a de points à atteindre. Cependant, la signalisation étant transportée par des paquets de contrôle dans lesquels il y a l'adresse complète des destinataires, il est possible d'effectuer une ouverture d'une liaison multipoint en utilisant des adresses multipoints du réseau et d'avoir des acheminements des paquets de signalisation qui ne sont pas dupliqués. En d'autres termes, un seul paquet de signalisation ouvre le circuit virtuel jusqu'au nœud d'où plusieurs circuits virtuels continueront pour aller jusqu'aux destinataires. Dans le nœud de séparation, il y a une ligne de la table de commutation qui à une référence d'entrée fait correspondre plusieurs référence sur plusieurs ports de sortie distincts.

[c] Dans un réseau avec commutation, tous les paquets d'un même flot circulent sur un même chemin. Il est donc possible de contrôler ce flot par différents moyens puisque l'on connaît les nœuds qui sont traversés. En particulier, il est possible de faire de la réservation de ressources.

[d] La solution commutée n'est pas une bonne solution pour la navigation. En effet, pour aller chercher une information, il faudrait ouvrir un circuit virtuel puis le fermer après. Une technique routée est donc bien meilleure qu'une technique commutée pour la navigation.

[e] Dans une technique routée, comme chaque paquet est muni de l'adresse complète du récepteur, les paquets peuvent trouver leur route par eux-mêmes. Il n'est donc pas nécessaire d'ouvrir une route pour émettre le flot. Cependant, l'inconvénient du routage repose dans une impossibilité de réserver des ressources sur une route ou même de signaler aux nœuds traversés le passage d'un flot. La mise en place d'une route par une signalisation peut cependant être intéressante pour réserver des ressources et obtenir une qualité de service. Par exemple, la route peut être déterminée par le routage du premier paquet d'un flot, ce qui permettrait de réserver des ressources et obtenir une qualité de service pour la suite du flot.

[f] Oui, il est parfaitement envisageable d'avoir un réseau qui possède des nœuds capables de router ou de commuter, cela s'appelle des LSR (Label Switch Router). Les trames qui arrivent de la liaison physique essaient en premier d'être commutées. Sinon, les trames sont décapsulées et le paquet récupéré est alors routé.

[g] Le réseau doit transporter des paquets IP. Il peut le faire de deux façons : soit il encapsule les paquets IP dans une trame et la trame est commutée dans le réseau ; dans ce cas, le réseau est commuté. Soit, le paquet est décapsulé dans chaque nœud et dans ce cas, le réseau de transport est de type routé. On voit qu'un réseau de transport de paquets IP peut être soit routé soit commuté.

[h] Oui, l'ouverture d'une route par le premier paquet d'un flot correspond exactement à une signalisation.

[a]

Figure 1 : architecture avec encapsulation

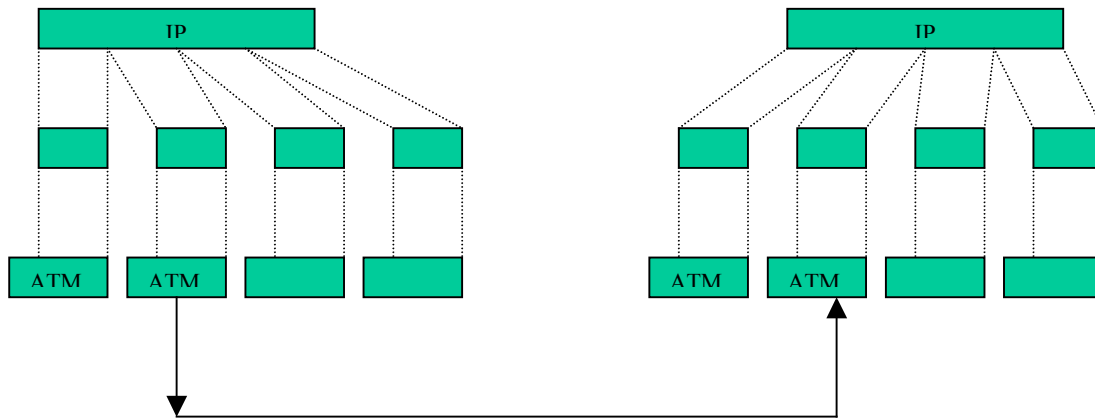
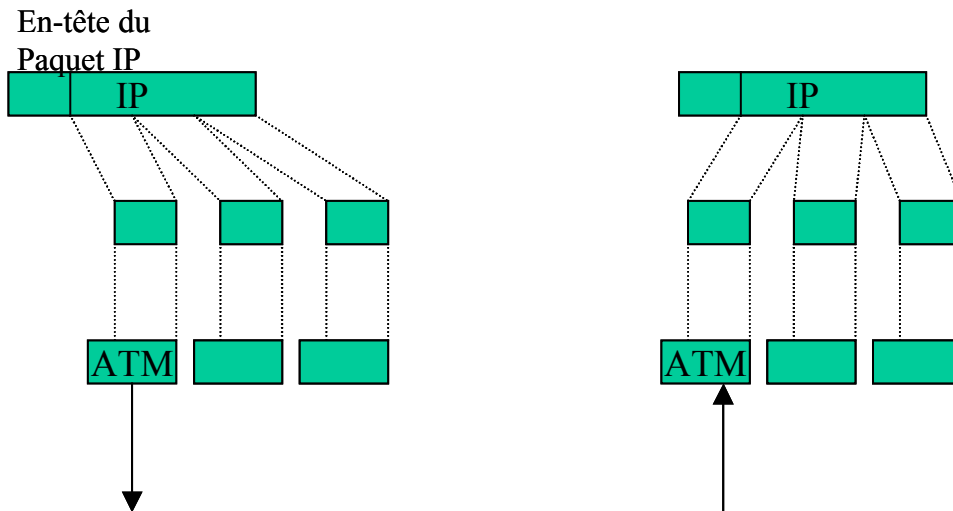


Figure 2: architecture avec translation



[b] Dans ce réseau, il y a des commutateurs ATM.

[c] Il faut à partir de l'adresse IP du destinataire trouver l'adresse ATM correspondante. Il faut donc effectuer ce que l'on appelle une résolution d'adresse. Pour cela, de nombreuses solutions sont envisageables. Par exemple, il peut y avoir un serveur qui connaît les correspondances et auquel les stations qui n'ont pas la correspondance doivent s'adresser. Si le réseau est petit, il est possible pour l'émetteur d'émettre en diffusion un message de demande de correspondance dont un exemplaire devrait être reçu par le destinataire qui répondra en indiquant l'adresse ATM correspondante. Enfin, si le réseau est grand et comporte plusieurs sous réseaux, des serveurs spécialisés dans chaque sous réseau peuvent s'adresser des demandes de résolution qui remontent vers le récepteur jusqu'à trouver le serveur d'adresses qui donne la correspondance.

[d] Si le réseau intermédiaire provient d'un environnement Ethernet, la solution la plus classique

consiste à supposer que le réseau est un réseau de commutateurs Ethernet. Nous avons donc des commutateurs Ethernet. Une autre solution consisterait à supposer que les réseaux Ethernet sont des réseaux partagés, reliés par des ponts. Les nœuds intermédiaires sont alors des ponts qui ne sont autres que des commutateurs travaillant sur l'adresse MAC. Ces ponts sont en fait des commutateurs et l'adresse MAC est interprétée comme une référence.

[e] Comme les références correspondent à l'adresse MAC, il faut que les nœuds de commutation Ethernet connaissent toutes les adresses de toutes les cartes Ethernet qui peuvent être atteintes. Si le réseau est très grand, ce nombre devient grand et la gestion des tables de commutation devient particulièrement difficile puisqu'il faut dès qu'un changement survient en avertir l'ensemble de tous les nœuds du réseau.

[f] Oui, les nœuds de commutation Ethernet peuvent faire du cut-through : dès que l'en-tête de la trame Ethernet a été reçu, il est possible avec l'aide de la table de commutation de déterminer le lien de sortie et de commencer à émettre la trame Ethernet sur la porte de sortie.

[g] Si l'on remonte au niveau IP dans les nœuds, c'est que nous avons des routeurs et donc nous retombons dans un réseau Internet classique. Les adresses Ethernet ne sont pas nécessaires pour déterminer la route des paquets. L'adresse Ethernet ne sert que localement pour indiquer l'adresse d'accès au nœud suivant.

[h] Oui bien sûr, les paquets IP peuvent être déséquilibrés puisque les routeurs intermédiaires peuvent les envoyer par des chemins différents.

[i] Oui, ceci est imaginable : l'ensemble des deux adresses forme bien une référence unique. Il suffirait de marquer le réseau, c'est-à-dire avoir une table de commutation qui à un couple émetteur récepteur sait faire correspondre une ligne de sortie (déterminée, par exemple, par le premier paquet IP qui trace la route).

[j] Dans un nœud, il est possible que lors de l'arrivée des premières cellules ATM, une décapsulation soit effectuée pour retrouver le début du paquet IP. Si l'en-tête du paquet IP permet de déterminer la bonne ligne de sortie, les paquets ATM suivant n'ont même pas besoin d'être décapsulés et les paquets ATM correspondant au paquet IP peuvent parfaitement commencer à être envoyés sans que la fin du paquet IP soit reçu. Le nœud a donc bien une stratégie de cut-through dans ce cas.

[k] Un routeur-commutateur doit examiner en premier la référence. Si dans la table de commutation se trouve l'indication du nœud de sortie alors la trame est commutée. Si, au contraire, la ligne de la table de commutation correspondante n'existe pas, alors les paquets ATM sont décapsulés et le paquet IP récupéré, pour être traité comme dans un routeur standard.

[l] Le nœud d'accès envoie un paquet ATM qui contient une requête de demande de résolution d'adresse. La cellule ATM est envoyée sur un circuit virtuel (en général permanent) entre la station et le serveur. Le serveur de route renvoie une réponse contenant la résolution d'adresse par le circuit virtuel.

Le processus de découverte de la route peut prendre différentes tournures. La correspondance d'adresse donne une adresse ATM correspondant soit au destinataire soit à un nœud intermédiaire qui permettra d'atteindre le serveur de route suivant. Le même processus se renouvelle jusqu'à ce que l'adresse ATM du destinataire soit obtenue.

Le plan de supervision du réseau ATM est utilisé pour ouvrir les circuits virtuels pour faire progresser la demande de correspondance.

Les nœuds du réseau sont des commutateurs ATM. Les nœuds intermédiaires, s'il y en a, sont des

routeurs.

[m] On considère dans cette question que les nœuds intermédiaires sont connectés par des liaisons spécialisées. Il est plus intéressant d'utiliser l'environnement IP pour des applications qui ont des flots courts et il est plus intéressant d'utiliser l'environnement ATM lorsque les flots sont longs.

Puisque les nœuds sont des routeurs-commutateurs, la solution qui s'impose consiste à ouvrir le circuit virtuel avec l'aide de l'environnement IP. On n'a pas besoin du plan de supervision de l'ATM puisque la supervision est réalisée par la partie IP.

Cette solution sur le plan logique est tout à fait excellente. Cependant, sur le plan physique faire passer simultanément des trames ATM et des paquets IP semble relativement complexe. L'idée est de faire transiter les paquets IP dans les paquets ATM pour la signalisation et les paquets IP de données également par des paquets ATM. De ce fait, les paquets IP de supervision remontent au niveau IP pour être routés, tandis que les paquets IP utilisateur sont commutés dans la partie commutation.

Chapitre 4 – Exercice 1 (voir énoncé page 81 du livre)

[a] Il y a 32 bits spécifiques dans la séquence. La probabilité qu'une suite aléatoire suive la même combinaison est de une chance sur 2 puissance 32 = $0,233 \cdot 10^{-9}$.

[b] La numérotation étant effectuée sur 1 octet, il est possible de numéroter les paquets de 0 à $2^8 - 1$. L'anticipation maximale est donc de 256.

[c] Le paquet possède 14 octets de supervision. Lorsqu'on ajoute la trame, il faut ajouter 4 octets. Donc au niveau trame, il y a 18 octets de supervision pour une longueur totale de la trame de 104 octets. Le drapeau d'en-tête que l'on retrouve à la fin rajoute 8 octets de supervision, donc un total de 26 octets sur 112 octets transportés, c'est-à-dire 86 octets utilisateur pour 112 octets transportés. Le pourcentage de débit utile est de 77 %. (On a supposé que seul le drapeau de tête est pris en compte dans le calcul ; en effet, le drapeau de fin sert à indiquer le début de la trame suivante.)

[d] La lourdeur forme le défaut principal de l'architecture OSI puisqu'il faut ajouter des zones de supervision assez longue à chaque étage de l'architecture.

[e] Il faut, en général, ajouter une information d'appartenance et de l'emplacement du segment dans le message. En effet, lorsque le message est segmenté, il faut bien ajouter un élément d'information qui désigne le propriétaire du paquet et où se place le segment dans le corps du message. Dans certain cas de figure, il est possible de se passer de ces éléments d'information. Par exemple, si on ajoute au paquet une référence et que les paquets se suivent les uns derrière les autres sur un circuit virtuel, il est relativement facile de reformer les messages à l'arrivée (un problème à résoudre consiste à déterminer les débuts et les fins de messages si la connexion permet d'envoyer des messages successifs).

[f] Si l'information de supervision de niveau message est de 4 octets, cela indique que dans chaque segment, il faut ajouter ces 4 octets. Les paquets ayant une longueur de 100 octets avec une zone de 14 octets de supervision, il y a 86 octets disponibles. Sur ces 86 octets disponibles, il va falloir prendre 4 octets pour mettre l'information de niveau message. Il ne reste donc que 82 octets de disponible pour les données utilisateur sur les 100 octets du paquet. Il faut découper le message de 1 000 octets en segments de 82 octets, ce qui donne 12 paquets et il reste 16 octets à transporter. Il

y aura donc 13 paquets à transporter.

Pour les 12 premières trames, 82 octets utilisateur sont transportés et il y a 112 octets émis sur le support physique. Pour le dernier paquet contenant les 16 derniers octets, il y a un paquet de longueur $16 + 4 + 14 + 4 + 4 = 42$ octets.

On en déduit une charge de 1 386 octets pour transporter les 1000 octets de données du message d'information, c'est-à-dire un pourcentage de débit utile égale à 72%.

Dans une architecture de transport de paquet IP dans Ethernet ou ATM, il y a plus d'un quart du débit qui concerne la supervision.

Chapitre 4 - Exercice 2 (voir énoncé page 81 du livre)

[a] Au moins deux applications génériques peuvent prendre en charge l'application de téléphonie non temps réel : la messagerie électronique et le transfert de fichiers. Si l'application devient temps réel, c'est-à-dire que la parole doit être rejouée rapidement, l'application à utiliser est beaucoup plus une application de « streaming » dans laquelle il faut que les données à rejouer soient disponibles dans le récepteur à un moment précis à l'avance. Dans l'exemple de cet exercice, l'application n'est pas une application de parole téléphonique puisqu'il n'y a pas d'interactivité. On peut donc se permettre un retard entre le moment où la personne clique sur la demande de commentaire (la parole) et le moment où la parole est effectivement entendue. Ce temps peut aller jusqu'à une ou deux secondes.

[b] Cette application est réalisable sans problème sur Internet à condition que le laps de temps correspond au décalage soit au moins de l'ordre d'une seconde.

[c] Ces informations doivent être écrites en ASN-1 qui est le langage syntaxique normalisé.

[d] C'est le niveau 7, ou application. En effet, la gestion de réseau est une application parmi beaucoup d'autres.

[e] En général les informations de gestion ont une priorité faible par rapport aux données utilisateur puisque certains comptes-rendus, par exemple de facturation, n'ont rien d'urgent à acheminer. En revanche, il peut y avoir certaines primitives qui ont un caractère plus urgent comme celles s'occupant des pannes. En général, les données de gestion sont traitées avec une basse priorité.

[f] Comme les données de gestion n'ont pas, en général, de caractère d'urgence et que l'on n'a pas besoin d'une qualité de service déterminée, il est plus simple de les émettre dans un mode sans connexion. Ceci est de moins en moins évident avec l'intégration de données de contrôle avec les données de gestion : ceci se développe de plus en plus, et un mode connecté pourrait apporter une meilleure fiabilité au transport.

[g] Sur un réseau, on peut avoir des applications en mode connecté et d'autres applications en mode non connecté. Donc, il n'est pas nécessaire d'avoir une réflexion approfondie pour avoir une solution homogène : la gestion peut être en mode non connecté et l'application de parole téléphonique non temps réel peut utiliser une application en mode connecté si nécessaire.

[h] Les informations de contrôle doivent avoir la priorité la plus haute. En effet, elles décident du fonctionnement du réseau et elles doivent être prises en compte le plus rapidement possible. Les paquets transportant ces informations doivent avoir une priorité forte par rapport aux autres types de paquet.

Chapitre 4 - Exercice 3 (voir énoncé page 82 du livre)

[a] Ce réseau peut n'avoir qu'un niveau trame et pas de niveau paquet. En effet, la violation de code peut être utilisée pour détecter un début ou une fin de trame. On peut donc mettre l'ensemble de la supervision dans le niveau juste supérieur, c'est-à-dire le niveau trame.

[b] Effectivement, on peut parler de trame IP si le coupleur de ligne indique le début et la fin du paquet IP par une violation de code. On voit sur cet exemple, la difficulté de discerner un paquet d'une trame. En effet, comme la violation de code est située au niveau physique, on peut dire que l'on n'a pas besoin de niveau trame et donc que le paquet IP est bien situé au niveau 3. On peut également dire que le paquet IP est une trame IP puisqu'on n'a pas besoin de l'encapsuler dans une trame. Actuellement, on a tendance à se placer au plus bas niveau possible et donc on parlera de trame IP.

[c] Oui, il doit y avoir une information permettant de situer les segments les uns par rapport aux autres. En effet, les segments vont se transformer en paquets (ou en trames) IP qui peuvent prendre des chemins divers. À la réception, il est nécessaire de rassembler les segments et donc de pouvoir les situer les uns par rapport aux autres puisque certains paquets (trames) auraient pu dépasser d'autres paquets (le routage modifie l'acheminement des paquets).

[d] Il faut que le niveau application soit en mode connexion pour pouvoir prendre en compte avec certitude la grande quantité d'information qui va lui arriver. La connexion permet à l'émetteur de négocier la quantité d'information qu'il va pouvoir émettre vers le récepteur.

[e] Pour le Web, il est beaucoup plus simple de ne pas avoir de connexion. En effet, l'utilisateur se déplace de serveur en serveur à la recherche d'informations. Si, à chaque communication, il doit mettre en place une connexion, cela implique des paquets de supervision pour ouvrir puis pour fermer les connexions (peut-être juste le transport d'un seul paquet à chaque fois).

[f] Oui bien sûr, il peut y avoir sur un même réseau coexistence d'applications en mode connecté et en mode non connecté.

[g] Au niveau paquet ou trame, en général, on choisit un mode avec ou sans connexion pour simplifier la technologie de transport. En effet, le mode connecté demande une supervision, c'est-à-dire un plan de signalisation pour pouvoir gérer l'ouverture et la fermeture de la connexion. Un réseau qui aurait les deux possibilités à la fois demanderait une certaine complexité. Cependant, cette solution serait parfaitement réalisable. En revanche, il est simple de mélanger les deux modes aux niveaux supérieurs ; par exemple, dans l'environnement IP, le niveau message possède le protocole TCP en mode connecté et le protocole UDP en mode non connecté.

[h] À la suite d'un problème, l'entité de session commence par essayer de redémarrer sur un point de synchronisation mineur (si le dernier point de reprise posé est de synchronisation majeure, bien sûr que la solution est de redémarrer directement sur ce point). L'entité qui effectue la reprise propose ses points de synchronisation mineure. Si l'autre extrémité de la session accepte un de ces points de synchronisation, la session redémarre sinon le dernier point de synchronisation majeure est utilisé.