

# **RESEAUX ET COMMUNICATION**

**RSX 101  
LES COUCHES BASSES**

**VERSION AUDITEUR**

**Année universitaire 2007-2008  
C. SERVIN**

# Réseaux et Communication<sup>1</sup>

## Couches Basses

### Plan du Cours

(Sous réserve d'adaptation)

#### 1. INTRODUCTION (Cours 1)

- 1. Objet des télécommunications.....
- 3. La normalisation.....

#### 2. L'INFORMATION ET SA REPRESENTATION DANS LES SYSTEMES DE TRANSMISSION

- 1. Généralités.....
- 2. Représentation de l'information.....
- 3. Le codage de l'image.....
- 4. Notion de qualité de service.....

#### 3. ELEMENTS DE BASE DE LA TRANSMISSION DE DONNEES (Cours 2)

- 1. Généralités.....
- 2. Classification en fonction du mode de contrôle de l'échange.....
- 3. Classification en fonction des paramètres physiques.....
- 4. Principe d'une liaison de données.....

#### 4. LES SUPPORTS DE TRANSMISSION (Cours 2)

- 1. Généralités.....
- 2. Caractéristiques des supports de transmission.....
- 3. Les supports guidés.....
- 4. Les supports non guidés.....

#### 5. LES TECHNIQUES DE TRANSMISSION (Cours 3)

- 1. Généralités.....
- 2. Transmission en bande de base.....
- 3. La transmission en large bande.....
- 4. La jonction DTE/DCE ou interface.....

#### 6. NOTION DE PROTOCOLE (Cours 4)

- 1. Généralités.....
- 2. La délimitation des données.....
- 3. Le contrôle d'intégrité.....
- 4. Le contrôle de l'échange.....
- 5. La signalisation.....
- 6. Etude succincte d'un protocole de transmission (HDLC).....

#### 7. LA MUTUALISATION DES RESSOURCES (Cours 5)

- 1. Généralités.....
- 2. La quantification de trafic.....
- 3. Les concentrateurs.....
- 4. Les multiplexeurs.....

#### 8. LE CONCEPT RESEAU (Cours 5, 6)

---

<sup>1</sup> Le plan du cours, le contenu de celui-ci et les exercices de ce poly sont extraits de l'ouvrage " Réseaux et Télécoms, cours et exercices " de C. Servin paru aux éditions Dunod (édition 2003).

1. Généralités.....
2. Les réseaux à commutation .....
3. Notions d'adressage .....
4. Notions de nommage.....
5. L'acheminement dans les réseaux .....
6. Adaptation de la taille des unités de données .....
7. La congestion dans les réseaux .....
8. La voix sur les réseaux en mode paquets .....
9. Conclusion.....

## **9. LES ARCHITECTURES PROTOCOLAIRES (Cours 7)**

1. Introduction .....
2. Concepts de base .....
3. Organisation du modèle de référence .....
4. Etude succincte des couches.....
5. Devenir du modèle OSI.....
6. Les architectures constructeurs .....

## **10. L'ARCHITECTURES TCP/IP (Cours 7, 8)**

1. Généralités.....
2. L'adressage du réseau logique IP .....
3. Le routage dans le réseau IP .....
4. Internet Protocol (IP) et utilitaires réseaux.....
5. Transmission Control Protocol (TCP).....
6. Les protocoles de liaison .....
7. Exemples d'applications TCP/IP.....
8. D'IPv4 à IPv6.....
9. Conclusion.....

## **11. LES RESEAUX DE TRANSPORT (Cours 9, 10)**

1. Généralités.....
2. Le plan transmission (PDH, SDH) .....
3. Le plan service (X25, FR, ATM, MPLS).....
4. L'accès aux réseaux, la boucle locale.....
5. Conclusion.....

## **12 LES RESEAUX LOCAUX (Cours 11, 12)**

- 1 Introduction
- 2 Les différentes couches
- 3 Etude des différents réseaux
- 4 Les réseaux commutés
- 5 Les réseaux virtuels

## **13 L'INTERCONNEXION DES RESEAUX (Cours 13)**

- 1 Généralités
- 2 Les fonctions annexes
- 3 Les réseaux d'interconnexion (MAN)
- 4 Les réseaux privés virtuels

## **14 LES SERVICES VOIX, RESEAUX VOIX DONNEES (Cours 14, 15)**

- 1 Principes généraux de la téléphonie
- 2 La numérisation du réseau
- 3 Le RNIS
- 4 L'installation d'abonné
- 5 PABX et service associés
- 6 Les réseaux de PABX
- 7 Les réseaux voix données (voix sur IP)



# ED1

## CODAGE ET NUMERISATION DU SIGNAL

### Questionnaire :

1) Définissez les termes de :

- PCM, quel est le cadre de l'utilisation de cette technique
- Temps de latence dans un réseau
- Gigue ou Jitter
- Flux de données isochrones, quelles sont les caractéristiques que doit posséder un réseau pour la transmission de telles données ?

2) En cas d'erreur dans un réseau, le système source peut éventuellement procéder à une réémission des données. Comparez, vis-à-vis du traitement des erreurs, les flux dits de données informatiques et ceux de voix.

3) Pouvez-vous définir les notions de :

- Différence de potentiel,
- Courant continu et courant alternatif,
- Résistance, Impédance
- Puissance du courant électrique ?

---

### 1-1. Quelques opérations

Quel est le logarithme de :

- 10 dans une base 10
- 25 dans une base 5
- 27 dans une base 3
- 4 dans une base 2
- sachant que  $10^{0,3} = 2$ , le logarithme à base 10 de 0,5
- 40 dans une base 10 ?

---

### 1-2 Numérisation et débit binaire

La télévision analogique occupe une largeur de bande de 0 à 6,75 MHz pour l'information de luminance et une bande réduite de moitié pour chacune des informations de chrominance (limitée à l'information de rouge et de bleu) On numérise les signaux analogiques de l'image et on quantifie chaque échantillon sur 8 bits, on vous demande :

- Quel débit binaire serait nécessaire pour transmettre ces images ?
- Quel est le nombre de couleurs d'une image ainsi numérisée ?

---

### 1-3. Image RVB

Deux solutions étaient envisageables pour la télévision numérique, transmettre une image RVB ou une image Y, Db et Dr. Quel est l'avantage de la deuxième solution en matière d'efficacité de la transmission ?

---

## **1-4. Codage de Huffman**

Deux terminaux informatiques reliés par un support, dont la bande passante est de 800 à 3 200 Hz, s'échangent des messages de longueur moyenne égale à 2 000 caractères. Ces caractères, clairement identifiés (A, F, O, R, U, X), apparaissent avec des probabilités respectives suivantes : 0,23 - 0,09 - 0,30 - 0,19 - 0,14 - 0,05.

On demande :

1. Construire l'arbre d'Huffman, puis donner le code correspondant pour chacun des caractères ainsi que le nombre de bits du message ainsi codé ?
2. Sachant que le signal transmis sur le support est bivalent, quel est le débit possible ? Dans ces conditions, quel est le temps d'émission du message codé ?
3. Si le message était codé en ASCII avec bit de parité (8 bits), le transfert pourrait-il être effectué en moins de 2 secondes ? En cas d'impossibilité, quelle nature de signal pourrait-on envisager sur le support pour ne pas dépasser le temps de transmission fixé ?

## ED2

### NOTION D'HORLOGE, TRANSMISSION ASYNCHRONE/SYNCHRONE LIMITES DE LA TRANSMISSION

#### Questionnaire :

- 1) Quelle est la différence essentielle entre une transmission asynchrone et une transmission synchrone ?
- 2) Compte tenu de la réponse à la question précédente, est-il nécessaire, en transmission asynchrone, qu'un signal d'horloge soit transmis en permanence entre le système d'adaptation au support (modem) et l'ordinateur ?
- 3) Rappelez l'utilité du bit dit de start et du bit dit de stop ?
- 4) Qu'est-ce que l'impédance caractéristique ( $Z_c$ ) d'un support cuivre ?
- 5) Expliquez la différence entre la notion de rapidité de modulation et celle de débit binaire.
- 6) Rappelez le critère de Nyquist et le théorème de Shannon.
- 7) Deux systèmes sont reliés par une fibre optique monomode. Vous n'arrivez pas à établir une liaison entre les deux systèmes. Votre responsable vous invite à débrancher la fibre optique et à regarder l'extrémité afin de voir si elle émet de la lumière :
  - c'est une bonne idée, cela va vous permettre de vérifier que la fibre n'est pas coupée et que le coupleur optique d'extrémité fonctionne,
  - vous ne verrez rien car la longueur d'onde utilisée est hors des rayonnements visibles,
  - c'est une très mauvaise idée, car le rayon laser peut vous brûler la rétine ?

#### 2-1. Rapport signal sur bruit

Quel est le rapport en vraie grandeur des rapports signal sur bruit exprimés en dB (rapport des puissances) ?

Valeur en décibel	rapport en nombre naturel
3 dB	
10 dB	
100 dB	
103 dB	
77 dB	

#### 2-2. Rapport Signal/Bruit

Appliquez la relation de SHANNON à un circuit téléphonique et déterminez la capacité maximale théorique du canal, sachant que la bande passante est de 300–3 400 Hz et le rapport signal à bruit (S/B) est de 30 dB.



---

### **2-3. Caractéristiques d'un modem**

Un modem V29 fonctionne à 9 600 bit/s sur un canal de bande passante (BP) de 500 à 2 900 Hz. On utilise une modulation de phase à 8 états avec une amplitude bivalente pour chaque état. Calculez :

- a) la valence du signal modulé ;
- b) les rapidités de modulation possible sur le support et utilisée dans notre cas ;
- c) le rapport signal à bruit suffisant, pour un fonctionnement correct du modem.

## ED3

<p style="text-align: center;"><b>TRANSMISSION EN BANDE DE BASE, LARGE BANDE. QUANTIFICATION DU TRAFIC</b></p>
--

### Questionnaire

- 1) Quelles différences faites-vous en terme de rapport signal à bruit, en rapport avec déformation du signal et distance envisageable entre une transmission dite numérique et une transmission analogique ?
- 2) Quels sont les trois objectifs du codage en ligne du signal, existe-il un codage qui satisfasse aux trois conditions ?
- 3) En ce qui concerne le multiplexage, quelle est, des affirmations ci-dessous, celle qui vous semble la plus évidente ?
  - Le multiplexage optimise l'utilisation des liens en autorisant l'utilisation d'un lien composite dont le débit est plus faible que la somme des débits des voies incidentes.
  - Le multiplexage permet de mettre en relation n'importe quelle source avec n'importe quel client raccordé au système.
  - Le débit du lien composite doit être au moins légèrement supérieur à la somme des débits des voies incidentes.
- 4) La première assertion, de la question précédente, est-elle réellement inconcevable ?

5) Qu'est-ce que le WDM ?

6) Un multiplexeur temporel peut-il accepter sur ses voies incidentes des données utilisant le protocole TCP/IP et en même temps sur une autre entrée des données utilisant le protocole X.25 alors qu'une autre voie est dédiée à une liaison téléphonique de voix numérisée ?

---

### 3-1. Intensité de trafic, Taux d'activité

Caractériser la liaison de données suivante sachant que :

- le nb de sessions à l'heure de pointe est de 1 ;
- la durée d'une session est de 10 minutes ;
- l'échange concerne des messages qui au total représentent 120 000 caractères

(ASCII parité paire) ;

- le débit de la ligne est de 2400 bit/s.

Déterminer :

- l'intensité du trafic de la ligne ;
  - le taux d'activité ;
  - le type d'application possible.
- 

### 3-2. Multiplexeur

Un multiplexeur temporel (par intervalle de temps ou IT) supporte " N " voies basse vitesse à 64 000 bit/s chacune (MIC de premier niveau).

1. Sachant que les informations véhiculées résultent d'une numérisation du son sur 256 niveaux de quantification et que chaque IT transporte 1 échantillon de voix, déterminez la longueur de l'IT sur la liaison composite (en bit).
2. Sachant que l'on souhaite transmettre en simultané 30 communications, déterminez le rythme d'occurrence des trames et leur longueur (IT 0 est utilisée pour la signalisation de la trame, l'IT 16 pour celle des communications).
3. Quel est le débit de la liaison multiplexée correspondante ?
4. Quelle est l'efficacité de multiplexage ?

# ED4

## NOTION DE PROTOCOLE,

### Questionnaire

- 1) Quelles sont les mécanismes élémentaires que doit assurer un protocole de ligne (Niv 2) ?
- 2) Un protocole doit-il toujours assurer la délimitation des données ? Supposons un protocole qui n'assure pas cette fonction (exemple IP), comment peut-il émettre les données sur un support ?
- 3) Dans quelle(s) condition(s) peut-on utiliser un protocole qui n'assure que la délimitation des données ? Citez un protocole qui ne réalise que cette fonction.
- 4) Pourquoi est-il inconcevable d'utiliser un protocole du type Stop and Wait sur une liaison satellite (géostationnaire) ?
- 5) Rappelez le principe de la transparence binaire, quel est l'inconvénient de ce mode de protection ? Comment ATM résout ce problème ?
- 6) L'efficacité d'un protocole est d'autant plus grande que le rapport entre les données de service et les données utiles est petit. Il y-a-t-il une limite à l'augmentation de la charge utile d'un bloc de données ?
- 7) Qu'est-ce que la signalisation ?

---

### 4-1. Calcul de CRC

Calculez le CRC4 pour les données 1010010111, le polynôme générateur étant  $x^4+x^2+x+1$ .

---

### 4-2. Taille de la fenêtre

Dans les protocoles à anticipation, les trames sont émises sans attendre d'accusé de réception. On vous demande quelle doit être la taille de la fenêtre d'anticipation pour que l'émission soit continue ( Nombre de trames en attente d'acquittement ).

Application numérique :

- calculer la taille optimale de la fenêtre dans les conditions suivantes :

taille du bloc	128 octets utiles	(U)
octets de gestion	6 octets	(G)
accusé de réception	6 octets	(K)
RTT (Round Trip Time)	50 ms sur une liaison classique	
	500 ms avec une liaison satellite	
le débit étant de	48 000 bits/s	

### Définition, RTT

Rappelons qu'en pratique la notion de RTT et de Temps d'attente sont confondues du fait de

l'impossibilité de les distinguer.

Vérifier sur ce problème que cette assimilation ne modifie pas les résultats

---

### **4-3. Échange de trames LAP\_B**

Le tableau ci-après représente les différentes étapes d'un échange LAP\_B entre deux correspondants A et B. Il vous est demandé de le compléter. La colonne de droite vous indique l'action. Le “?” signifie que c'est à vous d'indiquer l'action correspondante. Les valeurs des compteurs  $N(s)$  et  $N(r)$  indiquées dans les colonnes correspondent aux valeurs des variables d'état  $[V(s)$  et  $V(r)]$  misent à jour après l'action correspondante. La fenêtre est fixée à 4 dans les deux sens.

Valeur des compteurs après l'échange après émission et après réception)	A		Échange	B	
	V(s)	V(r)		V(s)	V(r)
Exemples de trames : Indiquer le type (I, U, S) Éventuellement la trame (REJ, SABME...) Les valeurs des compteurs Nr, Ns La valeur du bit P/F			(I) Ns=4 Nr=6 P=0 —————> (S) RNR Nr=3 P=0 <—————		
<b>Initialisation :</b>	0	0		0	0
1) Ouverture en mode asynchrone normal					
2) Acceptation par B					
<b>Échange :</b>					
3) Trame d'information de A vers B					
4) Trame d'information de A vers B erronée					
5) Trame d'information de A vers B					
6) ?					
7) Trame d'information de A vers B					
8) Trame d'information de A vers B					
9) Trame d'information de B vers A					
10) Trame d'information de A vers B					
11) Trame d'information de A vers B					
12) Trame d'information de A vers B					
13) Trame d'information de A vers B					
14) ?					
<b>Fermeture de la connexion :</b>					
15) Demande de fermeture					
16) Acquiescement par B					

Echange LAP\_B

# Notes

## ED5

<b>CONCEPTS RESEAU</b>
------------------------

### Questionnaire

1) Quelle est, pour l'ensemble des machines d'un réseau, l'influence de la déconnexion d'une machine sur un réseau dont la topologie est en :

- bus,
- étoile,
- anneau ?

2) Quelle différence y-a-t'il entre un paquet et une trame ?

3) Quel est, vis-a-vis de la régulation du trafic, l'avantage d'un réseau en commutation de circuits ?

4) Quelles différences faites vous entre commutation, routage et brassage ?

5) Mode orienté connexion au mode sans connexion, quel est le meilleur des deux modes de fonctionnement ?

	Mode non connecté	Mode orienté connexion
Résistance du réseau à la défaillance		
Phase d'établissement et de libération		
Efficacité de l'acheminement		
Complexité, dans le réseau ou dans les organes d'extrémité		

Citez un protocole réseau qui concilie les deux modes de fonctionnement, expliquez succinctement.

**Réponse :** tableau essentiellement dû à Nicolas Pioch

Caractéristiques	Commutation de circuits	Commutation par paquets	
		Sous-réseau circuit virtuel (CV)	Sous-réseau datagramme
Circuit dédié	Oui	Non	
Débit disponible	Fixe	Dynamique	
Optimisation de l'utilisation de la bande passante	Non, toute la bande passante est allouée à la communication (silence)	Oui, toute la bande passante est allouée à l'unité de données.	
Etablissement du circuit ("connexion") lors de la séquence d'appel	Nécessaire		Non



Adressage	Lors de la mise en relation	Chaque paquet contient le numéro du CV	Chaque paquet contient les adresses complètes de la source et du destinataire
Information de routage	Lors de la mise en relation	Chaque circuit établi requiert de la place dans les tables de routage	Le sous-réseau ne conserve aucune information de routage des paquets
Routage	La route est déterminée lors de la mise en relation	La route est établie à l'initialisation du CV; chaque paquet suit cette route	Chaque paquet a un routage indépendant
Conséquence d'une défaillance de routeur	Tous les circuits traversant l'équipement sont détruits. Nécessité de réinitialiser les connexions.		Aucune, sauf la perte des datagrammes présents dans le routeur incriminé
Quand peut apparaître la congestion ?	A l'établissement d'un circuit (refus de connexion si pas de ressource disponible)		A chaque paquet transmis
Contrôle de congestion	Pas nécessaire, refus de connexion	Nécessaire, allocation statistique des ressources. Mécanisme relativement facile lorsqu'il est possible d'allouer suffisamment d'espace mémoire à l'établissement du circuit (virtuel ou non)	Difficile et complexe. Réseau best effort, non fait par le réseau, reporté aux organes d'extrémité
Principe de facturation	A la distance et à la durée	Au volume d'information transmise (X25) Au forfait, FR et ATM selon le SLA	En principe au forfait

6) Combien de réseaux un routeur peut-il relier ? Quelles sont les limites ?

## 5.1 Taille optimale de l'unité de données

Vous avez été recruté par un nouvel opérateur afin de participer à la conception de son réseau national. Après avoir défini la topologie du réseau, il vous reste à préciser l'aspect protocolaire. A cet effet, on vous demande de réfléchir aux points suivants :

a) Sachant que le temps théorique de transfert d'un message de longueur  $L$  en commutation de paquets est donné par la relation :

$$Tp = \frac{L + pH}{D} \left( 1 + \frac{N}{p} \right)$$

- Où
- $L$  est la longueur du message en bits
  - $p$  le nombre de paquets
  - $H$  la taille en bits des données protocolaires
  - $N$  nombre de nœuds traversés (nœuds origine et destination non compris)
  - $D$  débit en bit/s

On vous demande de déterminer la taille optimale de l'unité de données (temps minimal

de traversée du réseau), pour cela on formule les hypothèses suivantes :

- Tous les clients sont raccordés via une interface 802.3, on admettra que la longueur du message utilisera au maximum les capacités de transfert du réseau local (MTU de la trame 802.3, 1 500 octets).
- La topologie du réseau WAN est telle qu'un paquet traverse en moyenne 3,25 nœuds.
- Les données de services du protocole WAN seront limitées à 5 octets.
- On ne retiendra que la valeur entière du résultat final.

**b)** Le réseau offrira un service en mode connecté, on envisage d'utiliser un contrôle de flux du type Stop and Wait. C'est-à-dire, que dès qu'un nœud reçoit un paquet saturant, il envoie à la source une demande d'arrêt d'émission. Le contrôle de flux sera instauré, d'une part entre le nœud client et le nœud d'accès au réseau (contrôle de flux à l'interface usager) et, d'autre part entre les nœuds du réseau (deux à deux). Est-il réaliste d'instaurer de tels mécanismes sachant que :

A) En interne au réseau

- La distance moyenne séparant 2 nœuds est de 100 km.
- Le débit interne du réseau de 622 Mbit/s.
- La vitesse de propagation des données sera supposée être de  $2 \cdot 10^8$  m/s.

B) A l'interface usager

- La distance maximale de la liaison d'abonné est estimée à 20 km
- Le débit maximal offert à l'usager est de 2,048 Mbit/s

On admettra que le temps de traitement par les nœuds des unités de données est négligeable.

**c)** Combien de connexions simultanées (CV) le réseau peut accepter si on a réservé, dans les 5 octets d'en-tête, 28 bits à l'espace d'adressage ?

**d)** On admet que **chacun** des liens est affecté d'un taux d'erreur binaire de  $Teb = 10^{-9}$

- Quelle est la probabilité qu'un paquet arrive à destination sans erreur (9 décimales) ?
- Avec au moins 1 bit erroné (9 décimales) ?

**e)** Compte tenu de la probabilité d'erreur relativement importante. Est-il possible de garantir, même à charge constante, aux utilisateurs un temps de traversée du réseau borné et une gigue nulle ?

**f)** Vous envisagez des accès via le réseau téléphonique. Quel sera le débit maximal possible par ce moyen d'accès compte tenu des données suivantes :

- Le rapport signal à bruit moyen du RTC est de  $10^3$ .
- Le RTC est équipé de filtres (bande passante téléphonique normalisée).

Vous comptez utiliser des modems dont les différents instants significatifs sont repérés à  $0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4, \pi, 5\pi/4, 3\pi/2, 7\pi/4$ , chaque vecteur pouvant être défini à +3V ou +1V. Est-ce réalisable ? Quel sera alors le débit effectif du modem ?

# ED6

## TCP/IP

### Questionnaire

- 1) Citez un exemple d'adresse réseau hiérarchique. L'adressage IPv4 est-il hiérarchique ou à plat ? Même question pour IPv6 ?
- 2) Quelle différence essentielle faites-vous entre le concept d'adressage et celui de nommage ? La nommage IP est-il à plat ou hiérarchique ? Citez un exemple de nommage à plat utilisé dans les réseaux.
- 3) Quelle est l'application TCP/IP qui réalise la résolution de nom ? Cette application est implémentée au-dessus d'UDP, justifiez votre choix ?
- 4) Quelle est l'adresse MAC destination du paquet request ARP à destination de la station 194.25.25.24 ?
- 5) Qu'est-ce qu'un système multi-homed ? Citez un exemple.
- 6) Combien de réseaux peut-on identifier avec un masque de N bits, combien de stations avec n bits ? (justifiez).
- 7) Quelle est le rôle du champ TTL de l'en-tête IP ?
- 8) En principe, dans les protocoles on cherche toujours à protéger au minimum le champ adresse (IPv4, ATM...), pourquoi IPv6 a-t-il donc supprimé le total de contrôle sur l'en-tête ? Quelle en est la conséquence sur les performances ?
- 9) Quelle différence faites vous entre un broadcast limité et un broadcast dirigé ?
- 10) Pour quelle raison, il est impossible d'appuyer des applications multimédias sur TCP et que seule l'utilisation de UDP est possible ?

---

### 6-1. Masque de sous-réseau

Deux réseaux (A et B) utilisent le protocole TCP/IP, ils sont reliés via un routeur. L'entreprise a défini le masque de sous-réseau : 255.255.0.0. Un utilisateur du réseau A sur la machine 100.64.0.102 se plaint de ne pouvoir joindre un correspondant d'adresse 100.64.45.102 du réseau B. Expliquez pourquoi ?

ATTENTION : la notion de classe d'adressage apparaît pour certains comme un concept obsolète (CDIR), cependant la plupart des systèmes de configuration reconnaissent encore les classes.

---

### 6-2. Masque de sous-réseau

Une entreprise à succursale multiple utilise l'adresse IP 196.179.110.0. Pour une gestion plus fine de ses sous-réseaux, le responsable informatique désire pouvoir affecter une adresse IP

propre à chaque sous-réseau des 10 succursales.

- 1) De quelle classe d'adressage s'agit-il ?
  - 2) Donner et expliquez la valeur du masque de sous-réseau correspondant à ce besoin.
  - 3) Combien de machines chaque sous-réseau pourra-t-il comporter et pourquoi ?
  - 4) Quelle est l'adresse de broadcast du sous-réseau 3 (expliquez) ?
  - 5)
- 

### 6-3. Trace TCP/IP

La trace reproduite ci-dessous a été réalisée sur réseau de type Ethernet. On vous demande d'analyser celle-ci et de fournir toutes les informations relatives au protocole utilisé. Dans la deuxième trame proposée, ne commentez que les parties intéressantes vis-à-vis de ce qui a déjà été commenté dans la première trame.

```
Captured at: +00:03.934
Length: 114      Status: Ok
OFFST DATA                                ASCII
0000: 00 A0 24 BD 75 DB 08 00 02 05 2D FE 08 00 45 00  ..$.u.....-...E.
0010: 00 60 3C EF 00 00 1C 06 A4 FE 80 00 64 01 D0 80  .`<.....d...
0020: 08 29 00 17 04 2B 47 A8 BA 20 01 A3 96 14 50 18  .)...+G.. ....P.
0030: 20 00 72 D3 00 00 FF FB 01 FF FD 01 0D 0A 0D 0A  .r.....
0040: 55 4E 49 58 28 72 29 20 53 79 73 74 65 6D 20 56  UNIX(r) System V
0050: 20 52 65 6C 65 61 73 65 20 34 2E 30 20 28 63 65  Release 4.0 (ce
0060: 76 73 61 30 30 29 0D 0A 0D 00 0D 0A 0D 00 9F 59  vsa00).....Y
0070: 6E FC                                           n.
```

```
Captured at: +00:04.771
Length: 64      Status: Ok
OFFST DATA                                ASCII
0000: 00 A0 24 BD 75 DB 08 00 02 05 2D FE 08 00 45 00  ..$.u.....-...E.
0010: 00 29 3C F2 00 00 1C 06 A5 32 80 00 64 01 D0 80  .)<.....3..d...
0020: 08 29 00 17 04 2B 47 A8 BA 62 01 A3 96 1B 50 18  .)...+G..b....P.
0030: 20 00 D2 14 00 00 63 00 00 08 00 00 69 55 A1 FF  ....c.....iU..
```

## ED7

### RESEAUX DE TRANSPORT

#### Questionnaire

- 1) Dans les réseaux en mode orienté connexion, il existe différentes méthodes pour établir le chemin, identifiez celles-ci et classez les vis-à-vis du type de signalisation utilisée.
- 2) Dans les réseaux de transport le protocole interne et les protocoles d'accès sont souvent différents. Quelle technique est utilisée pour transporter le protocole utilisateur de bout en bout ?
- 3) Dans les réseaux dit à haut débit, la reprise sur erreur et le contrôle de flux ont été abandonnés. Justifiez ce choix ?
- 4) Même si les protocoles comme ATM et Frame Relay autorisent les circuits virtuels commutés, les opérateurs n'offrent qu'un service de type circuits virtuels permanents. Justifiez ce choix.
- 5) Pourquoi la qualité de service est difficile à respecter de bout en bout ? Quel protocole devrait permettre de résoudre ce problème ?
- 6) TCP/IP réalise le contrôle de flux et de congestion au niveau transport, les applications multimédias étant prioritaires peuvent conduire, vu des applications traditionnelles, à l'effondrement du réseau, expliquez ?
- 7) Compte tenu de votre réponse à la question précédente, expliquez en quoi FR et ATM diffèrent.

---

#### 7.1. Efficacité et encapsulation

1) Sur votre réseau, vous désirez accueillir des stations nomades, à des fins de sécurité absolue vous avez décidé de développer un modem propriétaire. Sachant que la bande passante téléphonique pratique est plus grande que la bande passante théorique, vous comptez utiliser la bande de 200 à 3800 Hz. Cependant, ces caractéristiques n'étant pas garanties en tout point du réseau téléphonique vous décidez de développer votre modem sur le même modèle qu'ADSL. C'est-à-dire utiliser un ensemble de sous-porteuses, chacune transportant 128 symboles par seconde (1 symbole = 1 octet) et appelée tonalité. Sachant que chaque tonalité a un spectre de fréquence de 100 Hz et que, pour éviter les interférences, elles seront écartées de 20 Hz (bande de garde).

- a) Quelle est la largeur de bande occupée par une tonalité ?
- b) Combien de tonalités pourront être utilisées simultanément ?
- c) Dans cette hypothèse quel est le débit maximal du système ?

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

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

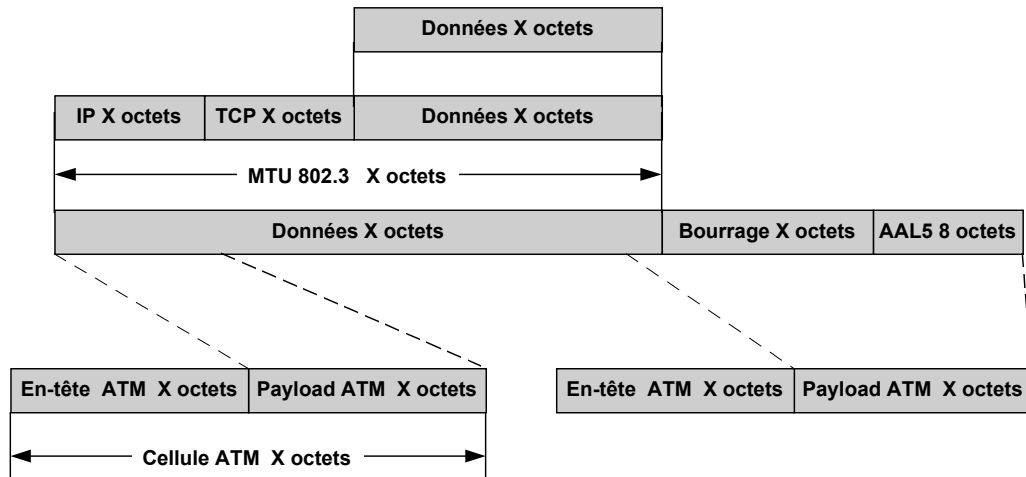
- Quelle est la puissance de la tonalité la mieux reçue ?
- Quelle est la puissance minimale des tonalités susceptibles d'être validées par le système ?
- Dans ces conditions, quel est le nombre de tonalités qui seront validées par le système ?
- Quel sera alors le débit binaire réel du modem ?

3) Sachant que :

- les messages sont issus d'une trame Ethernet remplie au maximum de sa capacité de transport (MTU d'Ethernet),
- le protocole réseau est TCP/IP (aucune option n'est invoquée),
- le transfert est réalisé en mode cellules ATM, nous supposons que le datagramme IP est directement encapsulé dans la couche d'adaptation AAL5,
- l'AAL5 fait du bourrage pour que les données soient segmentées en un nombre entier de cellules complètes et qu'elle utilise 8 octets pour gérer le protocole.

On vous demande :

- Quel est le nombre minimal et maximal d'octets de bourrage que le mécanisme d'alignement d'AAL5 est susceptible d'introduire ?
- Quel est le nombre d'octets de bourrage réellement introduit dans notre cas ?
- Quel est le nombre de cellules ATM qui seront constituées ?
- compléter la figure ci-dessous en remplaçant les X par la valeur en octets du champ.
- Quel est le rendement du protocole (rapport entre le nombre de bits utiles et le nombre de bits transmis) ?
- Quel est alors le taux de transfert d'information (bit/s) ?
- En supposant un taux d'erreur de  $10^{-6}$  quel est le taux de transfert d'information réel (bit/s) ?
- Quel est le rendement global du système (TTI/ Possibilités du modem)
- Quel devrait être le MTU du réseau Ethernet pour obtenir une efficacité maximale ?



# ED8

## LES RESEAUX LOCAUX

### Questionnaire :

- 1) Comment peut-on distinguer un réseau Ethernet d'un réseau IEEE 802.3 ?
- 2) A quelle condition des trames au format 802.3 et Ethernet peuvent-elles cohabiter sur un même segment Ethernet ?
- 3) La condition précédente étant remplie, peut-il y avoir communication entre une station 802.3 et une station Ethernet ? Que doit-on mettre en oeuvre pour que cette communication soit réalisable ?
- 4) Quelle est la probabilité pour qu'une trame Ethernet ayant subi une première collision en subisse une seconde ?
- 5) Dans un réseau Ethernet, l'efficacité globale est fonction de l'éloignement inter-station, expliquez.
- 6) Que doit faire un commutateur Ethernet pour être certain de ne pas diffuser sur un port une collision (réseau commuté par segment) ? Quelle en est la conséquence ?

---

### 8-1. Rapidité de modulation

Quelle est la rapidité de modulation en bauds d'un réseau local 802.3 (Ethernet) lorsqu'il émet une suite continue de 1 ou de 0 ?

---

### 8-2. Adressage MAC, type d'adresse

- a) Quel est le format de l'adresse MAC et la signification de chacun des 4 champs.
- b) Quels sont les types d'adresse MAC auxquels une station doit répondre ?
- c) A quel type d'adresse correspond l'adresse MAC 01-00-5E-7B-CD-EF, cette adresse peut-elle être présente dans le champ adresse source ?
- d) Déduisez-en un type d'application possible.

---

### 8-3. Notation canonique et non canonique

Ecrivez l'adresse MAC de broadcast généralisé en notation canonique et non canonique

---

### 8-4. Masque de sous réseau

Une entreprise dispose d'une seule adresse de classe C 194.28.32.0 pour identifier ses trois sous-réseaux. Sachant que 2 des réseaux comportent 25 machines et le troisième 52 machines, établissez le plan d'adressage (masque de sous-réseau) de cette entreprise ?



2 solutions sont envisageables, lesquelles ?

Ce qui est insuffisant pour numéroté les machines du réseau 3

## ED9

### INTERCONNEXION DES RESEAUX

#### Questionnaire

- 1) Dans un réseau ponté, un pont reçoit une trame à destination d'une station (adresse MAC) qui n'a jamais manifesté sa présence sur le réseau, quel est le comportement du pont :
  - il transmet la trame sur tous ses ports sauf celui d'arrivée ?
  - il détruit la trame ?
  - il effectue une requête ARP pour trouver la station ?
- 2) Quelle donnée limite le diamètre d'un réseau CSMA/CD ? Que devient cette distance en cas d'utilisation de ponts ?
- 3) Quelle technique est utilisée lorsqu'un réseau de transport utilise un protocole interne différent de celui à transporter ?
- 4) Pourquoi dans le cas précédent ne peut-on envisager une conversion de protocole ?
- 5) Pourquoi dans un commutateur FR (FRAD en périphérie) interconnectant des réseaux IP, il est nécessaire d'introduire manuellement la correspondance entre l'adresse IP et l'adresse FR ? Pourquoi un protocole du type ARP ne peut être utilisé ?
- 6) La RFC 1812 appelle demi-routeur un routeur qui établit une correspondance directe entre une adresse destination et un port de sortie. Justifiez cette appellation.

#### 9-1. Table de routage

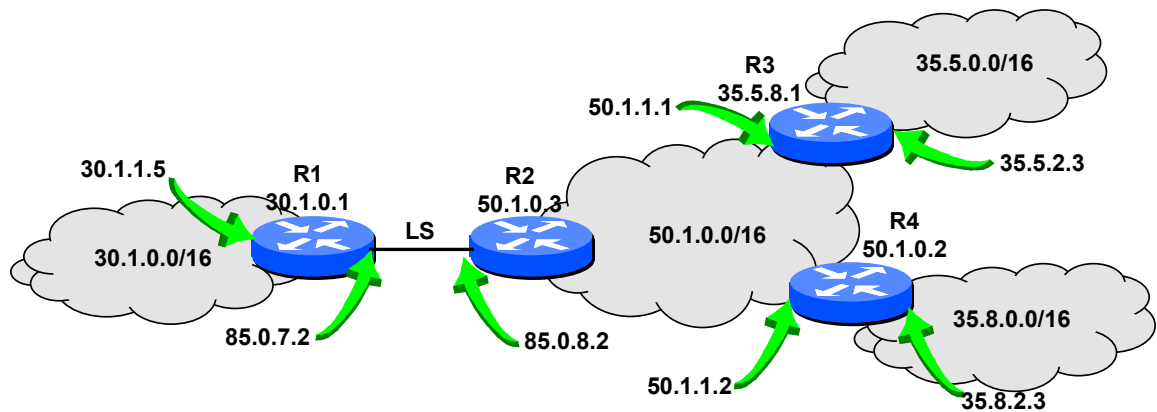
En reprenant la matrice de routage ci-dessous, établissez la table de routage du nœud B (Etat des liens) et déterminez la topologie du réseau.

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 7 & 0 & 3 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 7 & 4 \\ 0 & 2 & 0 & 7 & 0 & 3 \\ 4 & 0 & 0 & 4 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

à	A	B	C	D	E	F
A	0	7	0	0	0	4
B	7	0	3	0	2	0
C	0	3	0	5	0	0
D	0	0	5	0	7	4
E	0	2	0	7	0	3
F	4	0	0	4	3	0

#### 9-2. Table de routage statique

Votre entreprise comporte 4 réseaux Ethernet d'adresses et de topologie indiquées par la figure ci-dessous.



Le routeur R1, d'adresse 30.1.0.1 et relié au routeur R2 d'adresse 50.1.0.3 par une liaison privée spécialisée (LS) dont les adresses d'interface sont respectivement 85.0.7.2 pour le routeur R1 et 85.0.8.2 pour le routeur R2.

Le routeur R2 possède la même adresse d'interface sur le réseau 50.1.0.0/16 que son adresse de noeud soit 50.1.0.3. Le routeur R3 relie directement les réseaux 50.1.0.0/16 et 35.5.0.0/16 par des interfaces ayant respectivement comme adresse 50.1.1.1 et 35.5.2.3. De même, le routeur R4 relie directement les réseaux 50.1.0.0/16 et 35.8.0.0/16 par ses interfaces locales d'adresse respective 50.1.1.2 et 35.8.2.3.

**On vous demande :**

1. A quelle classe d'adressage appartiennent les adresses de ce réseau ?
2. Il y a-t-il une autre manière d'écrire les adresses réseau et leur masque, donner un exemple ?
3. Quelle est l'adresse à utiliser par le réseau 30.1.0.0/16 envoyer un datagramme à TOUS les hosts du réseau 35.8.0.0/16 ?
4. Etablissez les tables de routage (routage fixe) de chacun des routeurs de ce réseau.

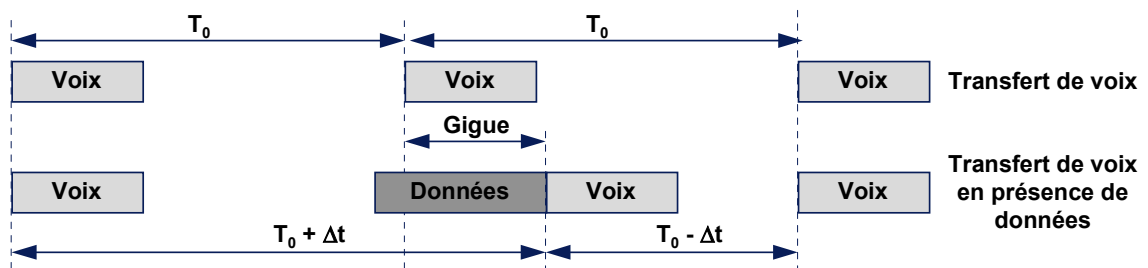
**Nota :** Pour noter les entrées des tables, on utilisera la syntaxe suivante : [*@destination*, prochain saut], On ne fera pas apparaître les informations de coût (métrique). Les données correspondant aux interfaces locales seront notées : [*@IP*, interface locale]. Les entrées locales seront toujours indiquées en tête de liste. On devra pouvoir « pinguer » les LS. Une route par défaut pourra être indiquée avec l'une des notations suivantes : « [0.0.0.0, prochain saut] ou [*\**, prochain saut] ».

## ED 10

### TELEPHONIE D'ENTREPRISE

#### Questionnaire

- 1) Un PABX d'entreprise (autocommutateur) est un commutateur de :
  - paquets,
  - tampons,
  - messages,
  - matrices,
  - circuits.
- 2) Un commutateur crossbar comporte 6 entrées et 6 sorties. Combien possède-t-il de points de connexions ?
- 3) La liaison d'abonné (boucle locale) est dite full duplex (liaison 2 fils), le transport dans le réseau est réalisé en half duplex (liaison 4 fils), quelle conséquence cela a-t-il sur le fonctionnement du réseau ?
- 4) Il y-a-t-il une relation entre le nombre de N de SDA d'une installation et le nombre de liaisons téléphoniques de l'abonnement (Canaux) ?
- 5) Comment est réalisé le contrôle de flux et de congestion dans le réseau téléphonique, cette méthode est-elle efficace ?
- 6) Dans les réseaux voix/données le bilan temps est primordial, cependant on ne compte que le temps de paquets et non celui de dépaquets, expliquez pourquoi ?
- 7) Quelle mesure faut-il prendre pour limiter la gigue dans les réseaux voix/données ?
- 8) Quel trafic téléphonique est écoulé quand 20 postes d'une entreprise conversent ensemble 2 à 2 et que chacun écoule un trafic de 0,01 E ?
- 9) Dans les réseaux voix/données en mode paquets, l'émission d'un paquet de données juste avant l'instant d'envoi d'un paquet de voix provoque une gigue égale au temps d'émission du paquet voix (voir figure ci-dessous).



Quel est, dans ces conditions, le décalage temporel maximal (gigue) introduit sur les éléments de voix par l'émission d'un paquet X25 de 128 octets sur le canal D d'une liaison RNIS ?

#### 10-1. Abonnement téléphonique

Une entreprise désire ouvrir un nouvel établissement, elle vous demande :

A) de bien vouloir définir son abonnement. Le PABX sera raccordé à un réseau RNIS-BE, par un abonnement à définir. Les lignes seront spécialisées SPA, SPB. L'établissement sera doté de 70 postes téléphoniques, dont 50 seulement auront accès à l'extérieur (les télécopieurs seront assimilés à un poste ordinaire). Les autres postes n'auront qu'un accès interne à l'établissement mais pourront recevoir des appels. Tous les postes seront dotés d'un numéro SDA.

B) d'évaluer le trafic extérieur mensuel.

Pour évaluer le trafic, on formule les hypothèses suivantes :

- le trafic de pointe est évalué à 0,12 E par poste, réparti à proportion égale entre trafic entrant, sortant, et interne ;
- le trafic moyen n'est que la moitié du trafic de pointe ;
- les appels vers l'extérieur se répartissent à proportion de 75 % en appels locaux, et 25 % en appels distants (distance > 100 km) ;
- les postes qui n'ont pas accès à l'extérieur n'ont que très peu d'appels entrants, le trafic entrant de ces postes sera considéré comme négligeable ;
- les appels entrants ne devront pas subir un taux d'échec de plus de 1% ;
- les appels sortants seront refusés en cas de saturation du faisceau (taux de refus admis 5 %) ;
- l'entreprise travaille 8 heures/jour, 21 jours/mois.

---

## 10-2. Réseau voix/données

Une passerelle voix/données utilise le protocole Frame Relay (FRF11 et FRF12) sur un lien WAN. Sachant que :

- la voix est compressée selon l'algorithme ADPCM à 16 kbit/s,
- le débit du lien WAN est de 64 kbit/s,
- les paquets de voix seront émis avec une périodicité de 20 ms,
- encapsulation FRF11 et FRF12

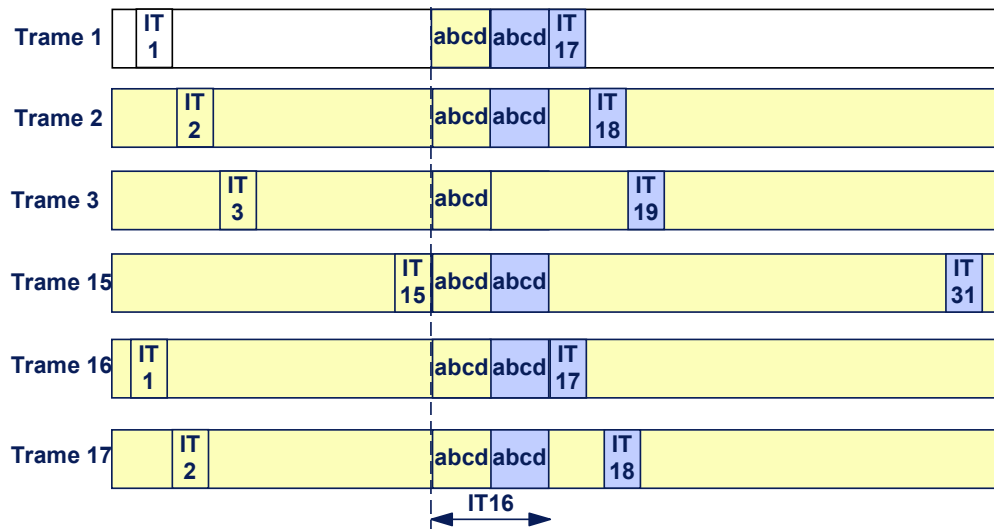
Déterminer :

- le nombre de liens voix utilisables sur cette liaison,
- le débit maximal restant disponible pour les données,
- la taille maximale des paquets données en présence de la voix,
- la gigue maximale introduite par l'insertion d'un paquet données.

---

## 10-3. Trame MIC

La trame MIC comporte 32 IT, l'IT0 sert à la synchronisation de la trame, l'IT16 au transport de la signalisation téléphonique.



### Organisation de la trame MIC.

L'IT16 est scindée en 2 quartets (bit a, b, c, d). Le premier quartet de la trame 1 transporte la signalisation téléphonique de la voie 1 (IT1), le second celle de la voie 17 (IT17). De même, le premier quartet de la trame 2 transporte la signalisation téléphonique de la voie 2 (IT2), le second celle de la voie 18 (IT18)... Cette signalisation est dite par canal associé ou voie par voie (CAS).

- 1) Quelle est la fréquence de récurrence d'une trame ?
- 2) Déduisez-en le débit d'une voie, si le signal de voix échantillonné est supposé être quantifié sur 256 niveaux.
- 3) Quelle est la fréquence de récurrence du motif de signalisation ?
- 4) Déduisez-en la bande allouée (débit) à la signalisation d'une voie ?

# ED11

**ED pouvant être remplacé par les sujets d'examen de 2007 qui peuvent constituer une excellente base de préparation (ED11 et ED12).**

## INGENIERIE DES TELECOMS

### Questionnaire

- 1) Vous trouvez que les temps de réponse de vos applications informatiques sont trop importants, votre responsable vous demande d'augmenter le débit des liens réseaux, que faites-vous ?
- 2) De nuit, vous devez réaliser des transferts de masse entre sites informatiques (sites backup), votre responsable vous demande de définir les paramètres de l'abonnement FR nécessaires mais à coût minimal. Définissez, vis-à-vis, du débit du lien le CIR et EIR que vous choisirez ?

### 4. Caractéristique mémoire d'un routeur

Un réseau local est interconnecté à un autre réseau via un routeur par une ligne à 64 kbit/s. Plusieurs stations sont connectées sur le réseau local. L'analyse de trafic en arrivée montre que :

- 2 stations ont un trafic vers l'extérieur de 4 paquets/s ;
- 2 stations ont un trafic vers l'extérieur de 2 paquets/s ;
- 3 stations ont un trafic vers l'extérieur de 6 paquets/s ;
- 5 stations ont un trafic vers l'extérieur de 5 paquets/s.

Les arrivées suivent une loi de Poisson. Les paquets, en arrivée, ont une longueur moyenne de 128 octets. On ne tiendra pas compte des données protocolaires. On vous demande de déterminer :

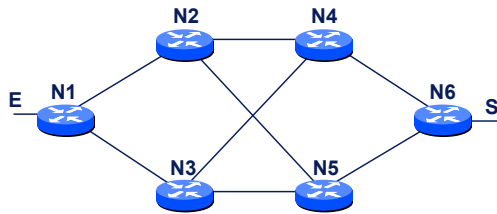
1. le taux d'arrivée ( $\lambda$ ) ;
2. le taux de service du routeur ( $\mu$ ) ;
3. l'intensité de trafic ou la charge du système ( $\rho$ ) ;
4. le nombre moyen de paquets dans le routeur ;
5. le temps moyen d'attente ;
6. le nombre moyen de paquets en attente ;
7. le temps de réponse ;
8. la taille du buffer d'entrée dimensionnée au plus juste pour ce trafic, celle-ci sera arrondie au ko supérieur ;
9. la taille du buffer n'étant plus de longueur infinie, quelle est dans ces conditions la probabilité de rejet d'un nouvel entrant ?

### 5. Temps de transit dans un réseau

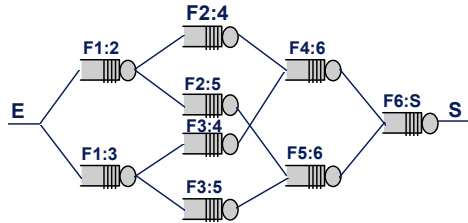
Le réseau ci-dessous est réalisé à partir de liens à 64 kbit/s, il utilise un routage aléatoire, les analyses de trafic montrent que le trafic entrant par le nœud E est en moyenne de

30 paquets par seconde de longueur moyenne de 128 octets. On admettra qu'il n'y a pas d'autre source de trafic dans le réseau. Tout le trafic entrant en E sort en S et se répartit statistiquement comme l'indique le tableau ci-dessous. On vous demande de déterminer le temps de transit moyen d'un paquet dans le réseau.

Lien	Proportion du trafic écoulé
N1-N2	75%
N2-N4	50%
N3-N5	25%



Réseau physique



Réseau modélisé

Modélisation du réseau.



# **ANNALES - 2000 - 2006**

## SUJET JUIN 2000

### Question 1 (10 points)

L'un des établissements d'une entreprise utilise la plage d'adresse 10.0.0.0 de la classe A (RFC 1918). Si on considère 4 machines de cet établissement dont les noms et adresses sont donnés ci-dessous :

Nom	@IP	@MAC
Pierre.Entreprise.com	10.99.43.27	MAC_1
Jacques.Entreprise.com	10.163.12.254	MAC_2
Alfred.Entreprise.com	10.189.12.27	MAC_3
Martine.Entreprise.com	10.126.43.254	MAC_4

On vous demande :

- Quel est le NET\_ID de ce plan d'adressage (1 point) ?
- Quel est le nombre de bits nécessaires pour réaliser deux sous-réseaux (SubNet\_ID) tels que Pierre et Martine appartiennent au même sous-réseaux et que Jacques et Alfred appartiennent à un autre sous-réseau. On rappelle que les bits du Net\_ID et du SubNet\_ID doivent être contigus. Donnez le masque correspondant (2 points).
- Quel est le nombre de bits minimum et nécessaire pour qu'aucune des machines n'appartienne au même sous-réseau. Donnez le masque correspondant (2 points).
- Pour permettre la communication entre les deux sous-réseaux de la question b, on relie les brins Ethernet de ces deux sous-réseaux par un routeur configuré en proxy ARP (c'est lui qui répond en lieu et place des stations connectées sur ses autres liens). Si on affecte à chaque interface LAN de ce routeur la première adresse disponible (Net\_Host=1), quelles sont les adresses affectées. Représentez l'ensemble par un schéma (2 points).
- En admettant que toutes les stations aient communiqué entre elles et qu'aucune entrée n'ait été effacée quel est le contenu de la table ARP de la station de Pierre. Pour cette question on affectera des adresses MAC fictives à chaque interface du routeur : MAC\_R1 et MAC\_R2 (2 points).
- L'établissement envisage de raccorder son réseau à Internet. Est-ce possible en l'état, quelle est la difficulté et quelle solution proposeriez-vous (1 point) ?

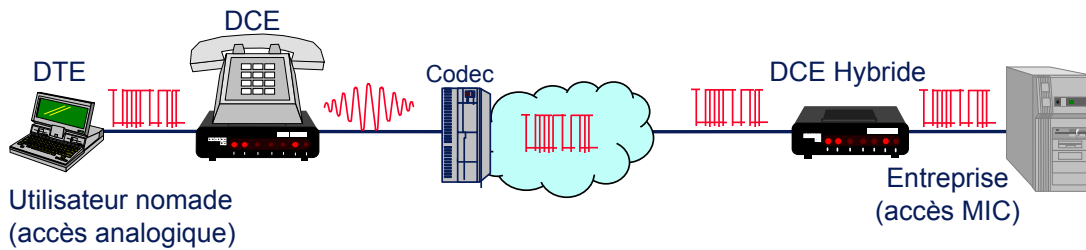
### Question 2 (10 points)

Les utilisateurs nomades de cet établissement accèdent à celui-ci via le réseau téléphonique (RTPC). L'établissement est relié au réseau téléphonique par une liaison numérique. Ce mode de liaison, lors de la transmission de données, permet l'économie d'une numérisation du signal, principale source de bruit (bruit de quantification). La liaison réalisée est dissymétrique, le bruit de quantification n'intervient seulement que dans le sens Usager/Entreprise, ce procédé est mis en oeuvre dans les modems V90.

Dans toute liaison, chacun des composants participe au rapport signal sur bruit de l'ensemble. Pour cet exercice, on supposera que le rapport signal sur bruit de chacun des éléments constituant la liaison est indiqué par le tableau ci-dessous.

Élément	Rapport S/B
Boucle locale analogique (DCE-Codec)	$2 \cdot 10^5$
Bruit de quantification du Codec (transformation analogique /numérique)	$1 \cdot 10^3$
Réseau de transport (RTPC)	$1 \cdot 10^3$
Boucle locale numérique (Réseau-DCE hybride ou MIC/PCM)	$2 \cdot 10^5$

Le schéma ci-dessous représente la liaison utilisateur nomade/Entreprise.



Dans cette liaison le modem utilisateur nomade (modem analogique) génère un signal analogique et reçoit un signal modulé G711. Le modem hybride, ou numérique, génère un signal G711 et reçoit un signal analogique numérisé par le Codec source du bruit de quantification.

1) Sachant que le rapport signal sur bruit d'une liaison composée de n éléments est donné par la relation :

$$\left[ \frac{S}{B} \right]^{-1} = \left[ \frac{S_1}{B_1} \right]^{-1} + \left[ \frac{S_2}{B_2} \right]^{-1} + \dots + \left[ \frac{S_n}{B_n} \right]^{-1}$$

On vous demande de calculer :

- a) le rapport S/B (signal/bruit) dans le sens Nomade/Entreprise (1 point)
  - b) le rapport S/B dans le sens Entreprise/Nomade (1 point)
- (on arrondira les valeurs à la puissance de 10 entière la plus faible)

2) Sachant, qu'un filtre, en amont du Codec (Codeur/Décodeur) limite la bande passante de la liaison à 3 400Hz, on vous demande :

- a) de déterminer la rapidité de modulation envisageable sur cette liaison dans les deux sens (2 points)
- b) de calculer le débit maximal admissible dans chacun des deux sens (2 points)
- c) dans le sens utilisateur/Entreprise le modem est classique et utilise une modulation de type MAQ, quel est le nombre d'états de celle-ci pour le débit normalisé maximal envisageable (2 points), on arrondira le  $\log_2$  à la valeur entière la plus proche.
- d) en admettant qu'il en soit de même dans le sens Entreprise/Utilisateur quel serait alors le nombre d'états (2 points).

## SUJET SEPTEMBRE 2000

### Problème 1

Face à des temps de réponse prohibitifs des applications informatiques interactives, votre DSI (Directeur du Système d'Information) vous demande d'augmenter le débit de la liaison satellite qui vous relie aux USA. Après avoir lu quelques articles de presse il vous demande de porter le lien satellitaire que vous possédez à 2048 kbit/s. Est-ce possible, que lui répondez-vous ?

Rappels des caractéristiques de la liaison existante :

- lien X25 de bout en bout, le protocole X25 doit être conservé
- taille paquet 128 octets, on vous rappelle que l'entête X25 comporte 3 octets, que l'encapsulation dans LAP-B rajoute 7 octets (fanions inclus)
- débit actuel 48 kbit/s
- liaison terre-satellite 36 000 km, vitesse de propagation des ondes 3 108 m/s

Pour construire votre réponse, on vous demande de :

1. Rappeler le format de la trame HDLC, et d'indiquer la taille et la signification de chaque champ.
2. Citez les trois catégories trames en HDLC version LAP-B, quelles en sont les fonctions ?
3. Déterminer le temps du trajet terre-satellite-terre
4. le temps entre le début de l'envoi d'un paquet et la réception de son acquittement. On considérera les temps CPU, le temps du trajet terrestre et le temps d'émission/réception de l'ACK comme négligeable.
5. Calculer la fenêtre d'émission optimale à 48 kbit/s (dans les mêmes hypothèses que précédemment)
6. En fonction de la réponse précédente, la liaison est-elle ouverte par une trame SABM ou SABME ?
7. Déterminer quelle serait la fenêtre pour un lien à 2048 kbit/s
8. Est-ce possible (oui ou non), justifiez votre réponse ?
9. Déduisez-en le débit maximal normalisé, c'est-à-dire multiple de 64 kbit/s), utilisable sur un tel lien ?

### Problème 2

La télévision analogique occupe une largeur de spectre de 6,75 MHz pour l'information de luminance et une largeur de spectre réduite de moitié pour chacune des deux informations de chrominance (Dr et Db). Chacune de ces informations (Y, Dr, Db) étant quantifiées sur 8 bits, on vous demande :

1. de calculer quelle est la fréquence d'échantillonnage de la luminance (nombre d'échantillons) et de la chrominance
2. de déterminer la bande passante nécessaire à la transmission numérique de l'image analogique
3. compte tenu qu'en réception l'information de chrominance verte est déduite des informations transmises, quel est le nombre de couleurs reproductibles ?
4. la télévision numérique utilise une représentation de 720x576 points par image et 25 images/s pour la luminance, cette bande est réduite de moitié pour les informations de chrominance (360 points/ligne). Quel est, dans ce cas, la bande passante nécessaire ?

### Problème 3

On vous demande d'implémenter un système de voix du IP. Pour l'interface voix vous avez le

choix entre TCP et UDP. Quel est votre choix, en est-il de même pour la signalisation ? Pour vous aider, vous reproduirez le tableau ci-dessous en le complétant.

	<b>TCP</b>	<b>UDP</b>
Signification		
Taille de l'entête (sans option)		
Reprise sur erreur (oui, non)		
Respect du séquençement (oui, non)		
Mode connecté (oui, non)		
Approprié temps réel (oui, non)		

## SUJET Année universitaire 2000-2001

### Question 1) (2 points)

Quelles différences essentielles vis-à-vis de l'acheminement faites vous entre un brasseur, un commutateur et un routeur ?

### Question 2) (2 points)

Votre entreprise loue à France Télécom une ligne analogique dont les caractéristiques sont les suivantes :

Bande passante : 200 - 4000 Hz  
Rapport signal à bruit 1000

On vous demande quelle est la capacité de transmission de cette ligne (on vous rappelle que  $\log_2 X = 3,32 \log_{10} X$ ) ?

### Question 3) (2 points)

Votre entreprise décide d'adopter en interne un plan de numérotation IP de classe A (10.0.0.0). Vous décidez d'utiliser le deuxième octet pour identifier le département de l'établissement. Sachant que chaque établissement peut comporter 12 sous-réseaux et que vous voulez réserver un maximum de bits à la numérotation des interfaces. On vous demande quel masque de sous réseau vous pensez utiliser ? (vous donnerez le résultat selon la forme X.X.X.X et Y.Y.Y.Z)

### Question 4) (3 points)

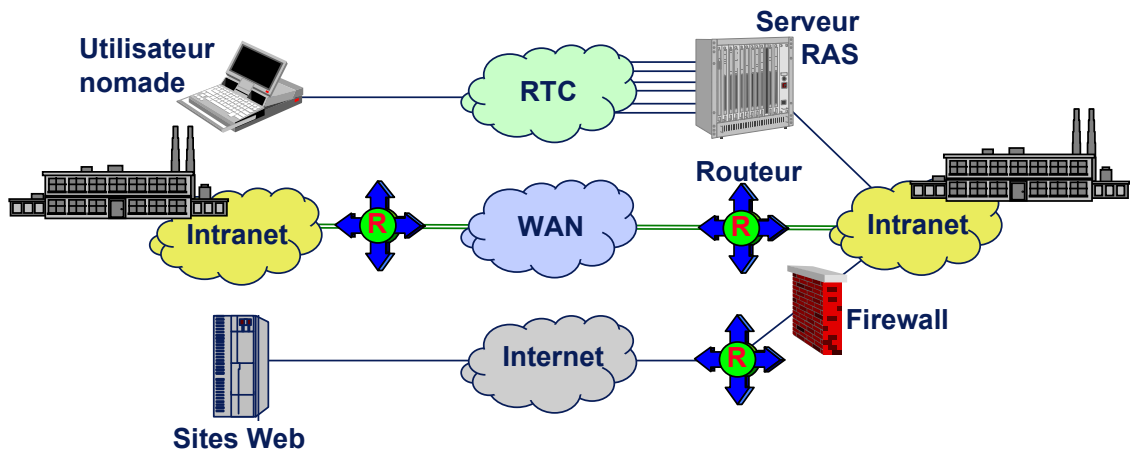
Une relation à travers un réseau WAN se distingue par le type de relation mise en oeuvre. Le tableau ci-dessous compare ces deux modes, veuillez le reproduire et le compléter.

	Mode non connecté (mode datagramme)	Mode orienté connexion (mode connecté)
Phase de mise en relation		
Garantie du séquençement		
Réservation de ressources		
Contrôle de flux		
Contrôle et reprise sur erreur		
Optimisation des ressources		
Complexité au niveau du réseau		
Complexité au niveau des systèmes d'extrémité		
Possibilité de redevance au volume		
Possibilité de redevance forfaitaire		
Exemples de protocole		

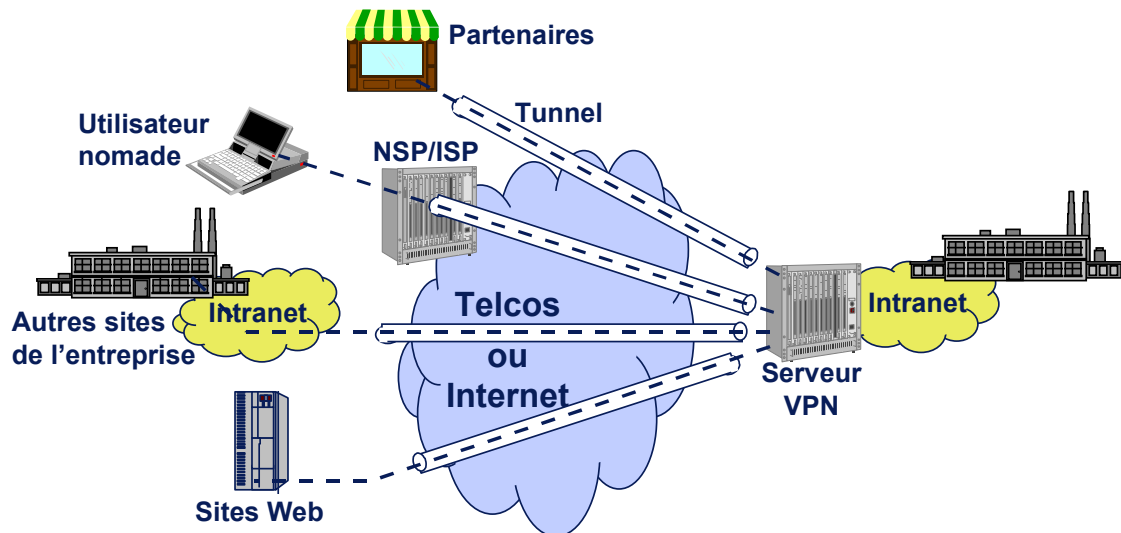
### Question 5) (11 points)

Le schéma ci-dessous représente l'architecture de télécommunication de votre entreprise. Face à ses nombreux inconvénients :

- Multiplication des technologies.
- Sécurité globale du système faible (nombreuses portes).
- Difficulté d'accès des utilisateurs nomades de l'entreprise (commerciaux et cadres en déplacement).
- Pas de possibilité d'offrir un accès sécurisé aux partenaires de l'entreprise.



Votre DSI (Directeur du Service Informatique), vous demande de réfléchir à une nouvelle solution. Après quelques instants de réflexion vous lui proposez celle-ci :



Tous les moyens informatiques seront reliés via un VPN (Virtual Private Network, Réseau Privé Virtuel) à travers Internet.

En formulant les hypothèses suivantes :

- Le serveur VPN sera installé au siège social de l'entreprise et sera relié au Telcos (Opérateur de Télécommunication) via une liaison louée. Deux km seulement séparent le siège du Pop ( Point de Présence) du siège (voir tarif en annexe).
- Les 7 autres établissements de l'entreprise, précédemment reliés en X25 par Transpac avec un abonnement à 64 kbit/s, le seront au Telcos par une liaison louée à 64 kbit/s (distance moyenne établissement/Telcos 12 km).
- le 'parc' d'utilisateurs nomades est de 100 personnes, les statistiques en votre possession montrent que 80% se connectent le soir de 20 heures à 21 heures pour une durée moyenne de 12 mm/utilisateur, le débit moyen réel utilisateur sur le RTC étant de 36 kbit/s.

On vous demande :

1. (4 points) Sachant que l'on estime qu'un nomade ne doit pas avoir un taux d'échec à la connexion supérieur à 5 %, quel est le nombre de modems à mettre à disposition côté ISP ?
2. (5,5 points) Sachant qu'une ligne ne doit jamais être chargée à plus de 70 % quel est le

débit de la ligne reliant le Telcos au siège. Seuls seront pris en compte pour ce calcul les utilisateurs nomades et les établissements, les partenaires et les accès Internet seront ignorés.

- a) Nombre d'utilisateurs simultanés
  - b) Débit maximal de ces utilisateurs à écouler
  - c) Débit total des établissements
  - d) Débits requis pour le lien siège/ISP
1. (1,5) Quel est le coût mensuel des lignes
- a) pour chaque établissement
  - b) pour le siège
  - c) pour l'ensemble de l'entreprise



## Tarif Transfix 2.0

Prix HT en FF au 1/1/2001 hors remise

Abonnement mensuel (d représente la distance à vol d'oiseau exprimée en km)

	1 à 10 km	11 à 50 km	51 à 300 km	Plus de 300 km
64 kbit/s	1 506,8 + 78,32d	2 060,00 + 23,00d	2 950,00 + 5,20d	3 610,00 + 3,00d
128 kbit/s	1 808,00 + 94,00d	2 472,00 + 27,6d	3 540,00 + 6,24d	4 332,00 + 3,60d
256 kbit/s	3 763,90 + 196,11d	5 150,00 + 57,50d	7 375,00 + 13,00d	9 025,00 + 7,50d
384 kbit/s	3 789,00 + 311,00d	6 006,75 + 89,23d	9 731,04 + 14,74d	10 306,80 + 12,82d
512 kbit/s	3 880 + 312,00d	6 042,5 + 95,75 d	9 576,00 + 25,08d	12 996,00 + 13,68d
768 kbit/s	3 980,00 + 322,00d	6 197,50 + 100,25 d	8 493,00 + 57,34d	17 100,00 + 25,65d
1024 kbit/s	4 070,00 + 333,00d	6 390,50 + 100,95d	8 588,00 + 57,00 d	17 138,00 + 28,50d
1920 kbit/s	4 367,00 + 360,80 d	6 733,75 + 124,13d	10 028,00 + 58,24d	18 320,00 + 30,60d

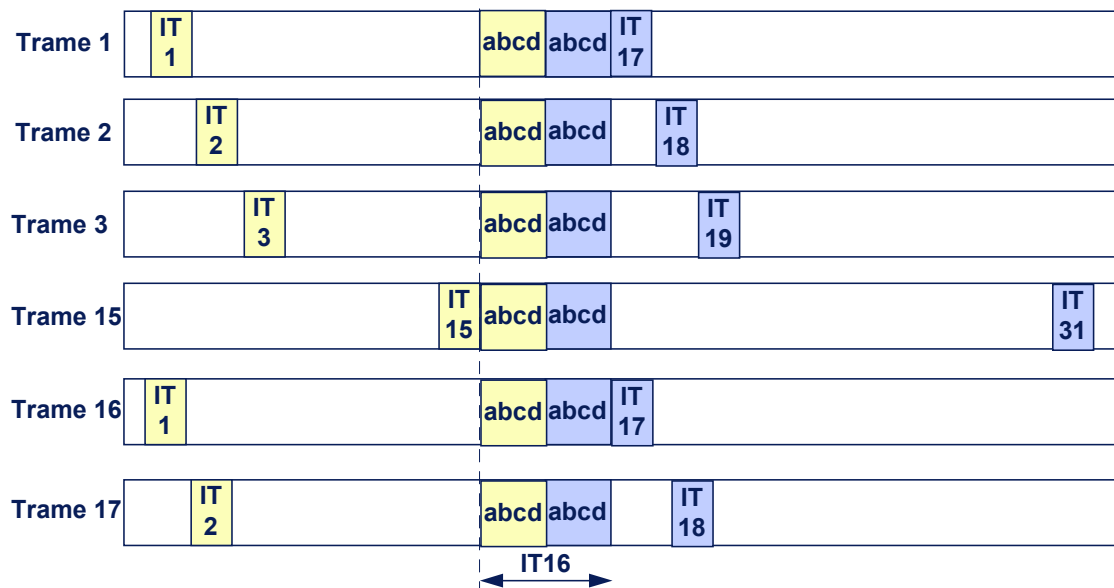
## SUJET Septembre 2001

### 1) Échange de trames HDLC (10 points)

Le tableau en annexe, que vous joindrez à votre copie, représente les différentes étapes d'un échange HDLC entre deux correspondants A et B. Il vous est demandé de le compléter. La colonne de droite vous indique l'action. Le "?" signifie que c'est à vous d'indiquer l'action correspondante. Les valeurs des compteurs  $N_s$  et  $N_r$  indiqués dans les colonnes correspondront aux valeurs des variables d'état ( $V_s$  et  $V_r$ ) mis à jour après l'action correspondante. La fenêtre est fixée à 4 dans les deux sens.

### 2) Trame MIC (5 points)

La trame MIC comporte 32 IT, l'IT0 sert à la synchronisation de la trame, l'IT16 au transport de la signalisation téléphonique.



L'IT16 est scindée en 2 quartets (bit a, b, c, d). Le premier quartet de la trame 1 transporte la signalisation téléphonique de la voie 1 (IT1), le second celle de la voie 17 (IT17). De même, le premier quartet de la trame 2 transporte la signalisation téléphonique de la voie 2 (IT2), le second celle de la voie 18 (IT18)... Cette signalisation est dite par canal associé ou voie par voie (CAS). On vous demande :

- Quelle est la fréquence de récurrence d'une trame ?
- Déduisez-en le débit d'une voie, si la voix échantillonnée est supposée être quantifiée sur 256 niveaux.
- Quelle est la fréquence de récurrence du motif de signalisation ?
- Déduisez-en la bande allouée à la signalisation d'une voie ?
- Compte tenu du résultat obtenu, aurait-il été possible de mettre en oeuvre une signalisation aussi riche que celle du RNIS ?

### 3) Graphe d'un réseau (5 points)

Votre entreprise dispose de 4 établissements : Rennes, Strasbourg, Bordeaux et Marseille. On vous demande de réaliser le réseau privé de cette entreprise et d'en déterminer le coût d'installation et de fonctionnement (coût des liens). En cas de rupture d'un lien, chaque site devra toujours pouvoir joindre un site distant avec une bande garantie de 20 kbit/s.

	Rennes	Strasbourg	Bordeaux	Marseille
Rennes	0	702	373	767
Strasbourg		0	761	617
Bordeaux			0	507
Marseille				0

Le tableau ci-dessus fournit les distances entre chaque ville, sachant que la connectivité de chacun des noeuds doit être de 2 :

- Tracer le graphe du réseau, à coût minimal.
- Calculer le coût d'installation.
- Déterminer la redevance mensuelle.

### Tarif Transfix 2.0, Prix HT en FF au 1/1/2001 hors remise

Abonnement mensuel (d représente la distance à vol d'oiseau exprimée en km)

	1 à 10 km	11 à 50 km	51 à 300 km	Plus de 300 km
64 kbit/s	1 506,8 + 78,32d	2 060,00 + 23,00d	2 950,00 + 5,20d	3 610,00 + 3,00d
128 kbit/s	1 808,00 + 94,00d	2 472,00 + 27,6d	3 540,00 + 6,24d	4 332,00 + 3,60d
256 kbit/s	3 763,90 + 196,11d	5 150,00 + 57,50d	7 375,00 + 13,00d	9 025,00 + 7,50d
384 kbit/s	3 789,00 + 311,00d	6 006,75 + 89,23d	9 731,04 + 14,74d	10 306,80 + 12,82d
512 kbit/s	3 880 + 312,00d	6 042,5 + 95,75 d	9 576,00 + 25,08d	12 996,00 + 13,68d
768 kbit/s	3 980,00 + 322,00d	6 197,50 + 100,25 d	8 493,00 + 57,34d	17 100,00 + 25,65d
1024 kbit/s	4 070,00 + 333,00d	6 390,50 + 100,95d	8 588,00 + 57,00 d	17 138,00 + 28,50d
1920 kbit/s	4 367,00 + 360,80 d	6 733,75 + 124,13d	10 028,00 + 58,24d	18 320,00 + 30,60d

Coût d'installation : 4000 FHT par extrémité

## FEUILLE A JOINDRE A VOTRE COPIE

Reportez votre N° de candidat :

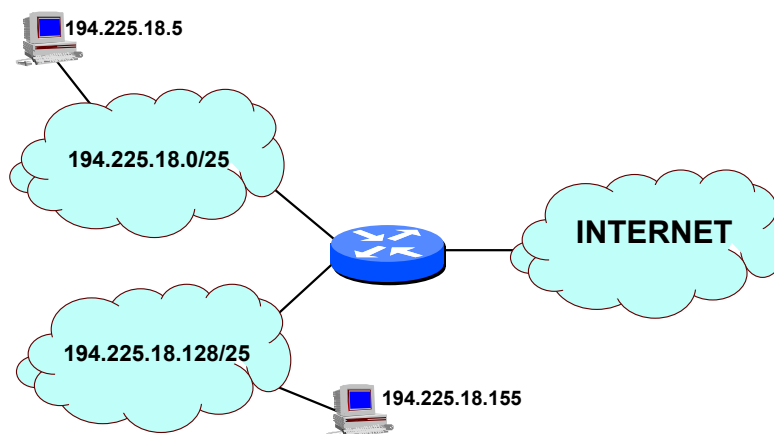
Valeur des compteurs après l'échange après émission et après réception)	A		Échange	B	
	Ns	Nr		Ns	Nr
Exemples de trames : Indiquer le type (i, U, S) Éventuellement la trame (REJ, SABME...) Les valeurs des compteurs Nr, Ns La valeur du bit P/F			(I) Ns=4 Nr=6 P=0 —————> (S) RNR Nr=3 P=0 <—————		
Initialisation :	0	0		0	0
1) Demande d'ouverture en mode normal					
2) Acceptation par B					
Échange					
3) Trame d'information de A vers B					
4) Trame d'information de A vers B erronée					
5) Trame d'information de A vers B					
6) ?					
7) Trame d'information de A vers B					
8) Trame d'information de A vers B					
9) Trame d'information de B vers A					
10) Trame d'information de A vers B					
11) Trame d'information de A vers B					
12) Trame d'information de A vers B					
13) Trame d'information de A vers B					
14) ?					
Fermeture de la connexion					
15) Demande de fermeture					
16) Acquiescement par B					



## Examen Février 2002

### Question 1

Votre entreprise utilise l'adresse publique légale : 194.225.18.0 ; Vous désirez séparer le réseau de votre entreprise en 2 sous réseaux chacun de plus de 64 machines et moins de 126. Ces réseaux sont reliés par un routeur qui de plus fournit l'accès Internet. Pour configurer vos machines vous adoptez un masque de sous-réseau de 25 bits (194.225.18.0/25). Chaque station de ce réseau doit pouvoir accéder à l'Internet. Le routeur d'interconnexion sera admis suffisant pour les besoins de sécurité de l'entreprise, il peut en effet réaliser des fonctions avancées comme la translation d'adresses, le filtrage sur adresse, le filtrage sur port...



Dès la mise en service de ce réseau, un développeur de votre entreprise se plaint de ne pouvoir, à partir du sous-réseau 194.225.18.0/25, envoyer de datagrammes en diffusion dirigée aux stations du sous-réseau 194.225.18.128/25. Quelle en est la raison ? Pour répondre à cette question on vous demande :

1. Quelle est la classe d'adresse utilisée ?
2. Indiquer le masque de sous-réseau en notation traditionnelle (255...);
3. Quelle adresse IP désigne ce réseau et non une machine ?
4. Quelle adresse IP désigne le premier sous-réseau identifiable (SR0) ?
5. Quelle est l'adresse de diffusion dirigée (restreinte) du réseau 194.225.18.0 ?
6. Quelle est l'adresse de diffusion dirigée du second sous-réseau (SR1) ?
7. Quelle est l'adresse de diffusion dirigée du premier sous-réseau (SR0) ?
8. A partir des réponses aux questions précédentes déduisez-en une règle de détermination des masques de sous-réseaux.
9. Combien peut-on numéroté de sous-réseaux avec un SubNet\_ID de n bits ?
10. Compte-tenu que chaque station doit avoir accès à l'Internet et de la nécessité de distinguer les deux sous-réseaux, proposez une solution pour l'adressage et l'accès à Internet.

---

### Question 2 (7 points)

Devant quelques dysfonctionnements de votre réseau vous décidez de mettre en place un analyseur. Celui réalise la capture et assure le décodage de tous les champs. Il vous fournit les indications suivantes :

- datagramme IP version 4, pas d'option ni de service particulier d'invoqués, total de contrôle correct
- adresse source 194.225.18.5
- adresse destination 194.225.18.7
- longueur du champ données 40 octets



## Examen Septembre 2002

Vous avez été recruté par un nouvel opérateur alternatif afin de participer à la conception de son réseau national. Après avoir défini la topologie du réseau, il vous reste à préciser l'aspect protocolaire. A cet effet, on vous demande de réfléchir aux points suivants :

a) Sachant que le temps théorique de transfert d'un message de longueur L en commutation de paquets est donné par la relation :

$$Tp = \frac{L + pH}{D} \left( 1 + \frac{N}{p} \right)$$

Où L est la longueur du message en bits  
p le nombre de paquets  
H la taille en bits des données protocolaires  
N nombre de noeuds traversés (noeuds origine et destination non compris)  
D débit de bit/s

On vous demande de déterminer la taille optimale de l'unité de données (temps de traversée du réseau minimale), pour cela on formule les hypothèses suivantes :

- Tous les clients sont raccordés via une interface 802.3, on admettra que la longueur du message utilisera au maximum les capacités de transfert du réseau local (MTU de la trame 802.3, 1500 octets).
- Que la topologie du réseau WAN est telle qu'un paquet traverse en moyenne 3,25 noeuds.
- Que les données de services du protocole WAN seront limitées à 5 octets.
- On ne retiendra que la valeur entière du résultat final.

b) Le réseau offrira un service en mode connecté, l'on envisage d'utiliser un contrôle de flux du type Stop and Wait. C'est-à-dire, que dès qu'un noeud reçoit un paquet saturant, il envoie à la source une demande d'arrêt d'émission. Le contrôle de flux sera instauré, d'une part entre le noeud client et le noeud d'accès au réseau (contrôle de flux à l'interface usager) et, d'autre part entre les noeuds du réseau (deux à deux). Est-il réaliste d'instaurer de tels mécanismes sachant que :

A) En interne au réseau

- La distance moyenne inter-noeud est de 100 km,
- Le débit interne du réseau de 622 Mbit/s
- La vitesse de propagation des données sera supposée être de  $2 \cdot 10^8$  m/s

B) A l'interface usager

- La distance maximale de la liaison d'abonné est estimée à 20 km
- Le débit maximal offert à l'utilisateur est de 2,048 Mbit/s

On admettra que le temps de traitement par les noeuds des unités de données est négligeable.

c) Combien de connexions simultanées (CV) le réseau peut accepter si l'on a réservé, dans les 5 octets d'en-tête, 28 bits à l'espace d'adressage ?

d) On admet que **chacun** des liens est affecté d'un taux d'erreur binaire de  $Teb = 10^{-9}$

- Quelle est probabilité qu'un paquet arrive à destination sans erreur (9 décimales) ?
- Avec au moins 1 bit erroné (9 décimales) ?

e) Compte tenu de la probabilité d'erreur relativement importante. Est-il possible de garantir, même à charge constante, aux utilisateurs un temps de traversée du réseau borné et une gigue nulle ?

Pour ne pas pénaliser les performances du réseau, la détection et la reprise sur erreur seront reportées aux extrémités. Cependant, on envisage de protéger les données d'en-tête par un CRC sur 8 bits. Ce CRC, calculé sur les quatre premiers octets d'en-tête sera le cinquième octet de l'en-tête et servira à cadrer les données.



Quelle est la probabilité pour qu'un motif identique au CRC soit présent dans le champ de données (on parle du motif, et non du résultat du calcul sur les octets précédents) ?

Quelle est la probabilité pour que le calcul du CRC appliqué en continu sur tout le bloc de données pour rechercher le motif de cadrage ne donne, dans le champ d'information, un CRC dont la valeur correspond exactement à celle de l'octet suivant ?

Quelle en serait la conséquence ?

**f)** Citez un protocole existant appliquant les principes évoqués ci-dessus.

**g)** Vous envisagez des accès via le réseau téléphonique. Quel sera le débit maximal possible par ce moyen d'accès compte tenu des données suivantes :

- Le rapport signal à bruit moyen du RTC est de  $10^3$
- Le RTC est équipé de filtres (Bande Passante téléphonique normalisée).

Vous comptez utiliser des modems dont les différents instants significatifs sont repérés à  $0$ ,  $\pi/4$ ,  $\pi/2$ ,  $3\pi/4$ ,  $\pi$ ,  $5\pi/4$ ,  $3\pi/2$ ,  $7\pi/4$ , chaque vecteur pouvant être défini à  $+3V$  ou  $+1V$ . Est-ce réalisable ?

## Examen Février 2003

### Question 1 (3 points)

Les adresses MAC peuvent être écrites selon 2 méthodes. L'IEEE préconise l'écriture bits de poids faible en tête, octets de poids fort devant, ce format est dit canonique. L'écriture naturelle octets de poids fort devant, bits de poids fort devant est dite non-canonique. Ce sont les séparateurs d'octets qui indiquent le format d'écriture. Pour le format canonique le séparateur est “:”, pour le format non-canonique le séparateur est “-”. On vous demande d'écrire l'adresse de broadcast en format canonique et non-canonique de la station qui a pour adresse unicast MAC IEEE écrite en format non-canonique “01-02-03-04-05-06”

### Question 2 (17 points)

1) Sur votre réseau, vous désirez accueillir des stations nomades, à des fins de sécurité absolue vous avez décidé de développer un modem propriétaire. Sachant que la bande passante téléphonique pratique est plus grande que la bande passante théorique, vous comptez utiliser la bande de 200 à 3800 Hz. Cependant, ces caractéristiques n'étant pas garanties en tout point du réseau téléphonique vous décidez de développer votre modem sur le même modèle qu'ADSL. C'est-à-dire utiliser un ensemble de sous-porteuses, chacune transportant 128 symboles par seconde (1 symbole = 1 octet) et appelée tonalité. Sachant que chaque tonalité a un spectre de fréquence de 100 Hz et que, pour éviter les interférences, elles seront écartées de 20 Hz (bande de garde).

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

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

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

- Quelle est la puissance de la tonalité la mieux reçue ?
- Quelle est la puissance minimale des tonalités validées par le système ?
- Dans ces conditions, quel est le nombre de tonalités qui seront validées par le système ?

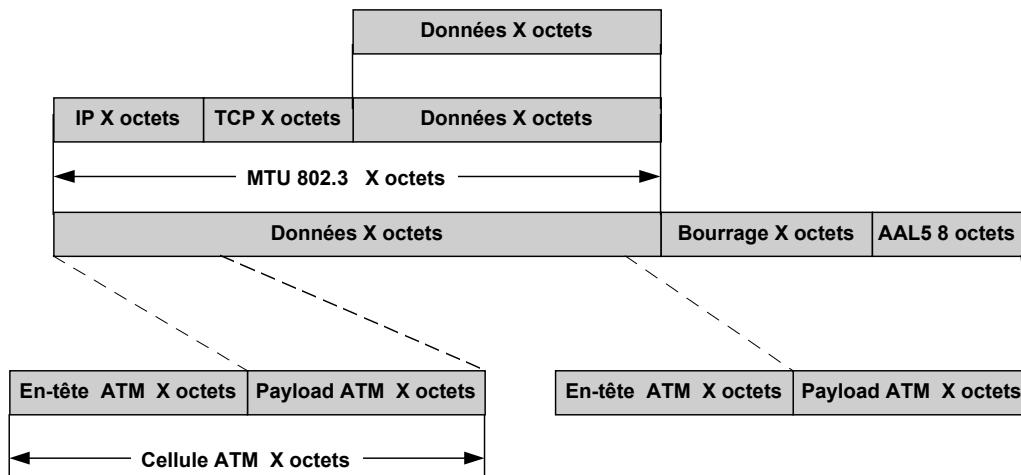
d) Quel sera alors le débit binaire réel du modem ?

3) Sachant que :

- les messages sont issus d'une trame Ethernet remplie au maximum de sa capacité de transport (MTU d'Ethernet),
- le protocole réseau est TCP/IP (aucune option n'est invoquée),
- le transfert est réalisé en mode cellules ATM, nous supposons que le datagramme IP est directement encapsulé dans la couche d'adaptation AAL5,
- l'AAL5 fait du bourrage pour que les données soient segmentées en un nombre entier de cellules complètes et qu'elle utilise 8 octets pour gérer le protocole.

On vous demande :

- a) Quel est le nombre minimal et maximal d'octets de bourrage que le mécanisme d'alignement d'AAL5 est susceptible d'introduire ?
- b) Quel est le nombre d'octets de bourrage réellement introduit dans notre cas ?
- c) Quel est le nombre de cellules ATM qui seront constituées ?
- d) compléter la figure ci-dessous en remplaçant les X par la valeur en octets du champ.
- e) Quel est le rendement du protocole (rapport entre le nombre de bits utiles et le nombre de bits transmis) ?
- f) Quel est alors le taux de transfert d'information (bit/s) ?
- g) En supposant un taux d'erreur de  $10^{-6}$  quel est le taux de transfert d'information réel (bit/s) ?
- h) Quel est le rendement global du système (TTI/ Possibilités du modem)



## Examen Septembre 2003

### Question 1 (2 points)

Appliquez la relation de SHANNON à un circuit téléphonique et déterminez la capacité maximale théorique du canal, sachant que la bande passante est de 300–3 400 Hz et le rapport signal à bruit (S/B) est de 30 dB.

---

### Question 2 (3 points)

L'antenne supposée ponctuelle d'une borne 802.11 émet avec une puissance de 100 mW (PIRE, Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente). L'énergie émise étant supposée se répartir sans perte uniformément à la surface d'une sphère dont le rayon correspond à la distance entre la source d'émission et l'antenne de réception, quelle est :

- la densité de puissance à 10 m (puissance/m<sup>2</sup>) ;
- la puissance reçue par une antenne de réception de surface équivalente supposée de 1 dm<sup>2</sup> ?

---

### Question 3 (2 points)

La télévision analogique occupe une largeur de bande de 6,75 MHz pour l'information de luminance et une bande réduite de moitié pour les informations de chrominance. Chaque signal étant numérisé et quantifié sur 8 bits, on vous demande :

- Quel débit binaire serait nécessaire pour transmettre ces images numérisées ?
- Quelle serait le nombre de couleurs d'une image ainsi numérisée ?

---

### Question 4 (3 points)

Un modem V.29 fonctionne à 9 600 bit/s sur un canal de bande passante (BP) de 500 à 2 900 Hz. On utilise une modulation de phase à 8 états avec une amplitude bivalente pour chaque état. Calculez :

- la valence du signal modulé ;
- la rapidité de modulation possible et celle utilisée ;
- le rapport signal à bruit minimal pour garantir un fonctionnement correct à ce modem.

---

### Question 5 (8 points)

Une entreprise dispose de l'adresse IP officielle "194.18.20.0", elle doit assurer la numérotation de ses machines réparties en 4 sous-réseaux distincts interconnectés par un routeur. Le tableau ci-dessous indique le nombre de machines par sous-réseau :

Numéro du sous-réseau	Nombre de noeuds
1	15
2	20
3	20
4	50

On vous demande d'établir le plan d'adressage de cette entreprise, pour cela, vous indiquerez :

- la classe d'adressage utilisée ;
- le nombre de sous-réseau que l'on peut numérotter avec N bits, et en conséquence le nombre de bits nécessaire pour numérotter les 4 sous-réseaux (attention au problème en relation avec la diffusion) ;
- compte tenu de la réponse à la question précédente, le nombre maximal de stations par sous-réseau que l'on peut adresser ?

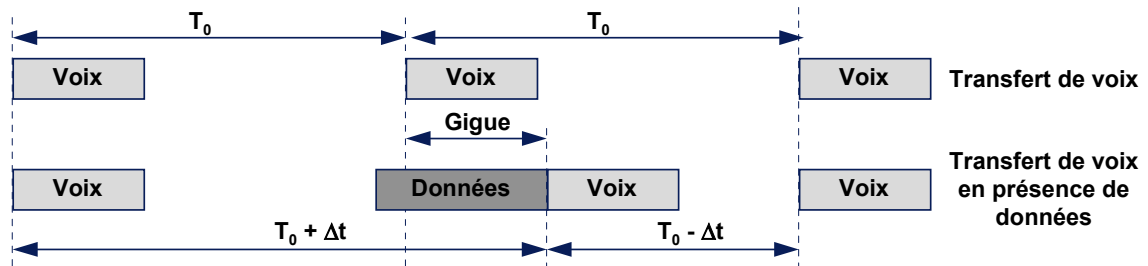
- compte tenu que le gestionnaire ne veut pas utiliser l'adressage privé de la RFC 1918, 2 solutions sont envisageables, lesquelles ?
- sachant que le routeur qui met en relation les 4 sous-réseaux ne dispose que de 4 interfaces, quelle solution retenir-vous ?
- dans ces conditions, indiquez le plan d'adressage retenu, votre réponse sera fournie en complétant le tableau ci-dessous :

N° Réseau	Bits du masque de sous-réseau (seuls ceux qui identifient le S/R)	Adresse du sous-réseau	Adresse de la première station adressable	Adresse de la dernière station adressable	Nombre de stations adressables
1					
2					
3					
4					

- Quelles sont les difficultés qui peuvent apparaître lors de l'utilisation de la solution retenue. Qu'en déduisez-vous ?

### Question 6 (2 points)

Dans les réseaux voix/données en mode paquets, l'émission d'un paquet de données juste avant l'instant d'envoi d'un paquet de voix provoque une gigue égale au temps d'émission du paquet voix (voir figure ci-dessous).



Quel est, dans ces conditions, le décalage temporel maximal (gigue) introduit sur les éléments de voix par l'émission d'un paquet X25 de 128 octets sur le canal D d'une liaison RNIS ?

## Examen février 2004

### 1) Adressage des stations sur un réseau local (7 points)

Sur un même segment physique votre administrateur réseaux a défini deux sous-réseaux :

SR1 : 10.75.0.0/16

SR2 : 10.203.0.0/16

De même, deux services de diffusion vidéo sont supportés sur ce réseau (1 par sous-réseau), les adresses d'abonnement à chacun de ces services sont respectivement :

Serveur 1 du SR1 : 224.75.161.12

Serveur 2 du SR2 : 224.203.161.12

On vous demande :

- pour une des stations de chacun de ces sous-réseaux de compléter le tableau ci-dessous ;
- de commenter le résultat et d'en tirer les conséquences au point de vue des performances de ces deux stations.

Adresse	Type d'adresse	Sous-réseau 1	Sous-réseau 2
I P	Unicast	10.75.18.30	10.203.125.7
	Groupe Multicast	224.75.161.12	224.203.161.12
	Diffusion limitée		
	Diffusion dirigée		
M A C	Unicast	00-01-02-03-05-06	00-01-02-04-06-07
	Broadcast		
	Multicast		

**Nota 1 :** On vous rappelle que l'adresse MAC multicast est obtenue par addition de :

**01-00-5E-00-00-00 et des 23 derniers bits de l'adresse IP du groupe multicast.**

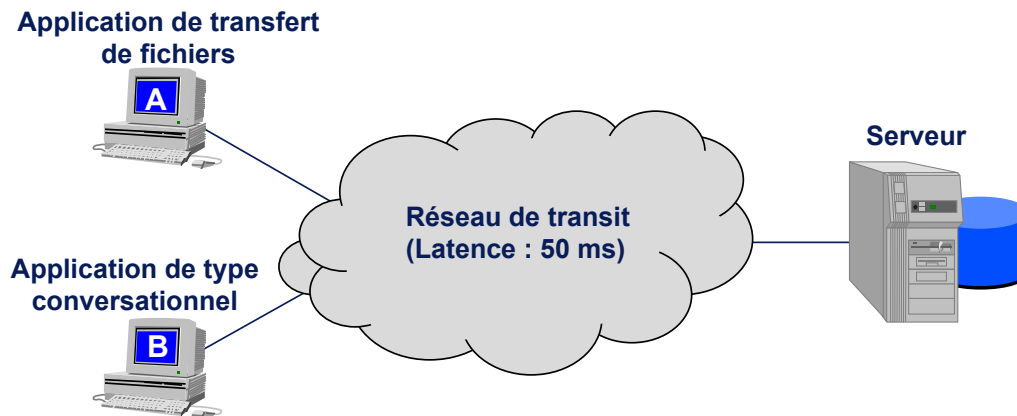
Les calculs et le résultat seront réalisés selon le format naturel d'écriture des bits (format dit non canonique, bits de poids fort devant).

**Nota 2 :** Vous pouvez recopier le tableau ou joindre cette feuille complétée à votre copie. Dans ce dernier cas n'oubliez pas de reporter votre n° de candidat (copie principale) sur cette feuille.

---

### 2) Accroissement du débit des liens et gain en performance (10 points)

Soit deux utilisateurs du réseau ci-dessous. La station A ne travaille que de nuit et n'effectue que du transfert de fichiers avec le serveur. La station B ne travaille que le jour et met en oeuvre une application interactive de type conversationnel. Chacune des stations et le serveur sont reliés au réseau par un lien à 256 kbit/s.

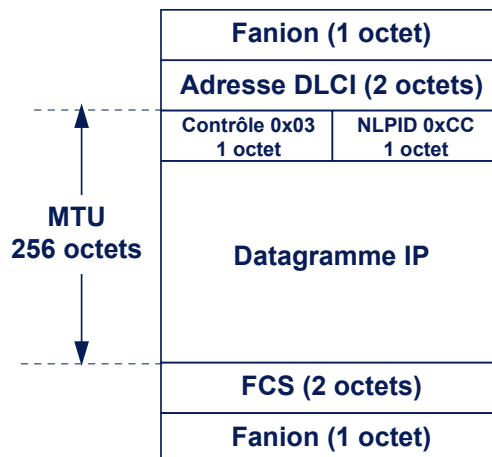


*Les caractéristiques du réseau sont les suivantes :*

**Temps de latence moyen** (temps mis par un paquet entrant dans le réseau pour en sortir du réseau)  
50 ms

**MTU** (charge utile de niveau 2, c'est-à-dire taille de l'unité de donnée de niveau 3 en-tête comprise)  
256 octets

Le réseau met en œuvre le protocole Frame Relay, et utilise la RFC 1490 pour transporter les données utilisateur IP. L'encapsulation de la RFC 1490 est représentée ci-dessous :



### Question 1

**a)** Pour chaque datagramme transmis, évaluez le volume total des données protocolaires (FR + RFC 1490 + IP, aucune option IP n'est invoquée et l'en-tête TCP sera omise, les fanions de FR seront assimilés à des données protocolaires).

**b)** Compte tenu du MTU du réseau Frame Relay et des données protocolaires de la RFC 1490, qu'elle est la capacité de transport du datagramme IP (charge utile).

### Question 2

La question 2 a pour objet de déterminer le TTI (Taux de transfert d'information en bit/s) de ce réseau pour chacune des applications envisagées. Pour cela, on vous rappelle que ce réseau peut être, pour chaque application, modélisé comme suit :



C'est-à-dire, considérer ce réseau comme un réseau à commutation de paquets ne possédant qu'un seul nœud et dont le temps traitement d'une unité de donnée par cet unique nœud est assimilé au temps de latence du réseau. Rappelons que les performances d'un réseau à commutation de paquets peuvent être exprimées par la relation (cette formule simplifiée ne prend pas en compte la charge du réseau) :

$$Tp = \left(\frac{L + pH}{D}\right)\left(1 + \frac{N}{p}\right) + \text{temps de traitement par les noeuds}$$

- Où
- Tp correspond au temps de transfert du message
  - L la longueur en bits du message
  - p le nombre de paquets transmis
  - H l'ensemble des données protocolaires pour un paquet
  - N nombre de noeuds du réseau
  - D débit nominal des liens (il est supposé que tous les liens empruntés ont le même débit)

Dans ces conditions, on vous demande :

**A)** Déterminer le TTI de ce réseau pour le transfert d'un fichier de 234 000 octets, en procédant comme suit :

- a) nombre de datagrammes envoyés
- b) temps de transfert (Tp)
- c) TTI (volume de données utiles / temps de transfert)
- d) le rendement de la liaison

**B)** Déterminer le TTI de ce réseau pour une application de type conversationnel, les caractéristiques moyennes de l'échange de messages entre le client et le serveur sont données ci-dessous :

Message du client au serveur	234 octets
Temps de réponse du serveur	500 ms
Message du serveur au client	1404 octets

Pour cela calculer :

- a) Le temps de transfert du message du client au serveur
- b) Le temps de transfert du message du serveur au client
- c) La durée totale d'un échange
- d) Le TTI de cet échange
- e) Le rendement de la liaison

**C)** L'application transfert de fichiers est en réalité une sauvegarde. Celle-ci transfère environ 500 fichiers dont la taille moyenne correspond à celle de la question A. La sauvegarde devant durer moins d'une heure, le responsable réseau décide de doubler le débit du lien. Il est aussi persuadé que cela améliorera grandement les performances des applications de type conversationnel.

- a) Etudiez l'effet sur les deux types d'utilisation de cette augmentation du débit.
- b) Quelles réflexions vous inspirent ces résultats ?



# Examen septembre 2004

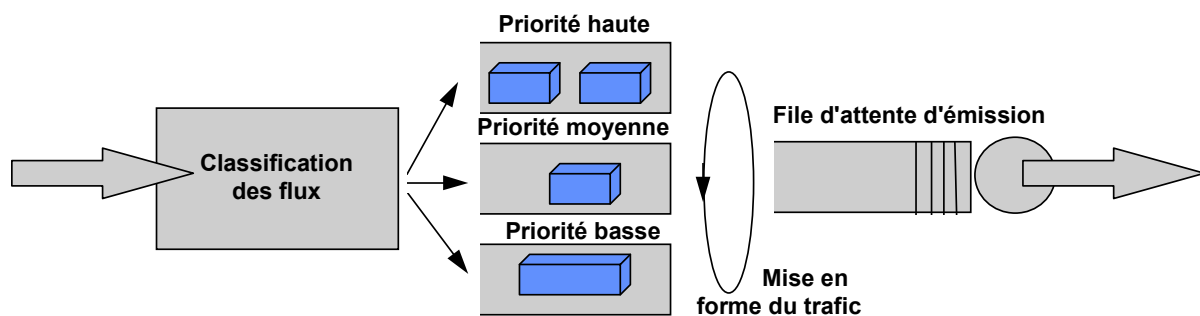
*Devoir noté sur 20 dont 2 points de présentation*

## 1 - Transmission synchrone et protocole 802.3 ( 3 points)

Dans les transmissions en mode synchrone, en l'absence d'émission de données, la synchronisation des horloges émission et réception est maintenue par l'émission de fanions. Les réseaux 802.3 10 base 5 (Ethernet sur coaxial épais) émettent les données en mode synchrone et cependant aucun fanion n'est émis entre deux émissions. Pour maintenir la synchronisation des horloges et éviter l'émission d'un préambule de synchronisation important, serait-il possible, en l'absence d'émission de données, de maintenir une activité par l'émission de fanions sur le bus? Justifier votre réponse (6 lignes au maximum, au-dessus de cette longueur le correcteur ne lira pas la suite de la réponse).

## 2 - Réseau et qualité de service (QoS) (15 points)

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. Le schéma ci-dessous en illustre le principe :



Selon des critères définis par l'administrateur du réseau (@IP, Port...), les données sont placées dans une file d'attente spécifique. Les différents systèmes se différencient selon la manière dont sont lues les données, ce que nous appellerons ici mise en forme du trafic ou ordonnancement, avant d'être mises dans la file d'attente d'émission.

Dans le système représenté ci-dessus, 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, on vous demande de calculer quelle est, a priori, la bande passante maximale et minimale susceptible d'être allouée à un flux. (4 points)

**2** - En admettant que les files ne soient jamais vides et 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 1500 octets pour les applications de transfert de fichiers (pour simplification on négligera les données protocolaires). On vous demande :

- a De calculer la bande passante maximale et minimale réellement affectée à chaque type de flux (7 points).
- b Que pensez-vous de votre réponse à la première question. (1 points)
- c Déterminer les poids qui assureraient le respect de la bande minimale allouée à chaque flux (2 points).
- d Imaginer un autre critère de lecture des files d'attente. (1 point).

# Examen Février 2005

## Question 1 (Commande Ping, 3 points)

La commande PING sur Renault.fr, à partir de votre ordinateur connecté directement à Internet par un modem V90, a donné la réponse suivante :

```
Envoi d'une requête 'ping' sur www.renault.fr [160.92.111.2] avec 32 octets de données :
```

```
Réponse de 160.92.111.2 : octets=32 temps=2082 ms TTL=246
Réponse de 160.92.111.2 : octets=32 temps=155 ms TTL=246
Réponse de 160.92.111.2 : octets=32 temps=156 ms TTL=246
Réponse de 160.92.111.2 : octets=32 temps=156 ms TTL=246
```

Statistiques Ping pour 160.92.111.2:

```
Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%),
Durée approximative des boucles en millisecondes :
Minimum = 155ms, Maximum = 2082ms, Moyenne = 637ms
```

On vous demande :

- Quelle est la classe de l'adresse attribuée par l'hébergeur du serveur de la Régie Renault ?
- Quels sont **les** protocoles utilisés par la commande PING ?
- Qu'est-ce qui justifie une valeur de RTT beaucoup plus importante pour la première réponse que pour les suivantes ?

---

## Question 2 (Numérisation, 6 points)

On désire transmettre sur le réseau téléphonique traditionnel un signal audio stéréophonique de largeur de bande 20 Hz-20 000 Hz. On vous demande :

- Quelle est la bande passante du réseau téléphonique analogique ?
- Peut-on transférer ce signal tel quel sur le réseau téléphonique, justifiez votre réponse ?
- Dans un deuxième temps, on souhaite utiliser une connexion numérique au réseau téléphonique (RNIS), à cette fin on numérise le signal. Quelle sera alors la fréquence d'échantillonnage minimale à utiliser ?
- Sachant qu'on utilise une fréquence d'échantillonnage de 44 kHz, quelle est la période d'échantillonnage et, si on quantifie sur 8 bit, le débit nécessaire ?
- Quel est le débit nominal d'une liaison dans le réseau RNIS ?
- Pourra-t-on utiliser le réseau RNIS, justifiez votre réponse ?

---

## Question 3 (Notion de transparence, 10 points)

Lorsque le protocole PPP (Point to Point Protocol) est utilisé sur une liaison synchrone, la transparence au fanion est assurée de manière similaire à HDLC (*bit stuffing*). S'il est utilisé sur une liaison asynchrone la transparence au fanion (0x7E) est réalisée de manière similaire à celle du protocole SLIP. C'est-à-dire que le **fanion** présent dans le champ de données, est remplacé, par la séquence : ESC\_PPP, ESC\_FLAG (0x7D, 0x5E). Le caractère d'échappement (ESC\_PPP ou 0x7D) est lui-même remplacé par la séquence : ESC\_PPP, ESC\_ESC (0x7D, 0x5D).

De même, certains modems utilisent les 32 premiers caractères du code ASCII comme caractères de commande. Afin d'éviter que ces caractères, présents dans le champ de données, ne soient considérés par les modems comme une commande (transparence), ils seront, aussi remplacés par des séquences de caractères spécifiques. Les caractères dont la transparence doit être assurée sont annoncés lors de la connexion par le protocole LCP (table **ACCM**, *Asynchronous Control Character*

Map). La table ACCM est un champ de 32 bits dans lequel le bit de même rang que le caractère à masquer est à 1 : si le 12<sup>ème</sup> caractère de la table ASCII doit être masqué, le 12<sup>ème</sup> bit de la table ACCM est à 1. La transparence de ces caractères est obtenue par la séquence ESC\_PPP, ESC\_Commande où la valeur de ESC\_Commande est la valeur ASCII de la commande avec le sixième bit complémenté (inversé).

On vous demande :

- Quelle est la séquence de bits émise, si celle à émettre en mode synchrone est : « 0011111111111111001111000111101111110111110 » ?
- En mode asynchrone, quelle est la séquence de caractères émise, si celle à émettre est : « 0x3F, 0x12, 0x5E, 0x7E, 0x7E, 0xE7, 0x7F, 0x7D, 0x7E, 0x5E, 0x30, 0x04 » ?
- Sachant que cette séquence est émise sans contrôle de parité, combien de temps bits seront nécessaires à son émission (ou combien de bits seront émis au total, y compris éventuellement des bits de service) ?
- Quelle est la valeur de la table ACCM si les 32 premiers caractères doivent être masqués (valeur par défaut pour une transmission en asynchrone) ?
- De même, quelle est la valeur de la table ACCM si aucun caractère de doit être masqué (valeur par défaut pour une transmission synchrone) ?
- Si le modem interprète comme des commandes les caractères « STX, ETX, ACK ». On vous demande :
  - Quelle est la signification de ces caractères ?
  - Quels sont leur rang dans la table ASCII et leur valeur (en binaire et hexadécimal) ?
  - Quelle est la valeur de la table ACCM (donner la valeur en une suite binaire de 32 bits et en hexadécimal) qui sera annoncée lors de l'exécution de LCP ?
  - Sachant qu'une partie des données à transmettre est représentée ci-dessous (en hexadécimal), quelle est, pour assurer la transparence, la séquence qui sera transmise ? « ... C8 F4 AB 7E A3 C0 FA 02 C9 F3 05 C9 7D 03 04 7E 0F F1 06 E4 F1 34 5F... » ?

BITS					b <sub>7</sub>	0	0	0	0	1	1	1	1				
					b <sub>6</sub>	0	0	1	1	0	0	1	1				
					b <sub>5</sub>	0	1	0	1	0	1	0	1				
					b <sub>4</sub>	0	1	2	3	4	5	6	7				
Caractères nationaux					0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	à	P	p		
Jeu de commandes					0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
					0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
					0	0	1	1	3	ETX	DC3	£	3	C	S	c	s
					0	1	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
					0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
					0	1	1	0	6	ACK	SYN	'	6	F	V	f	v
					0	1	1	1	7	BEL	ETB	(	7	G	W	g	w
					1	0	0	0	8	BS	CAN	)	8	H	X	h	x
					1	0	0	1	9	HT	EM	.	9	I	Y	i	y
					1	0	1	0	A	LF	SUB	:	J	Z	j	z	
					1	0	1	1	B	VT	ESC	,	;	K		k	é
					1	1	0	0	C	FF	ES	<	L	ç	l	ù	
					1	1	0	1	D	CR	GS	..	M	§	m	è	
					1	1	1	0	E	SO	RS	>	N	^	n	..	
					1	1	1	1	F	SI	US	/	?	O	-	o	DEL

# Examen Septembre 2005

## 1. Rapport Signal sur Bruit (SNR) (1 point)

Un système reçoit un signal de 40 dBmw, le bruit superposé est de 10 dBmw, quel est le rapport signal sur bruit du signal reçu ?

---

## 2. Capacité d'un système (2 points)

Une liaison de type boucle locale a une bande passante de 2 MHz et un présente un bruit de 10 dB<sub>mW</sub>.

1. Quel est le niveau du bruit exprimé en mW ?
  2. Quel doit être, exprimé en valeur naturelle, le rapport signal/bruit minimal pour obtenir le débit désiré ?
- 

## 3. Performances Hub/commutateur (14 points)

Comparer les performances d'un réseau de type Ethernet, pour une architecture à base de hubs, de commutateurs *cut through* (retransmission à la volée, dès lecture de l'adresse destination), et de commutateurs *store and forward* (stockage et retransmission). Pour cela on formulera les hypothèses suivantes :

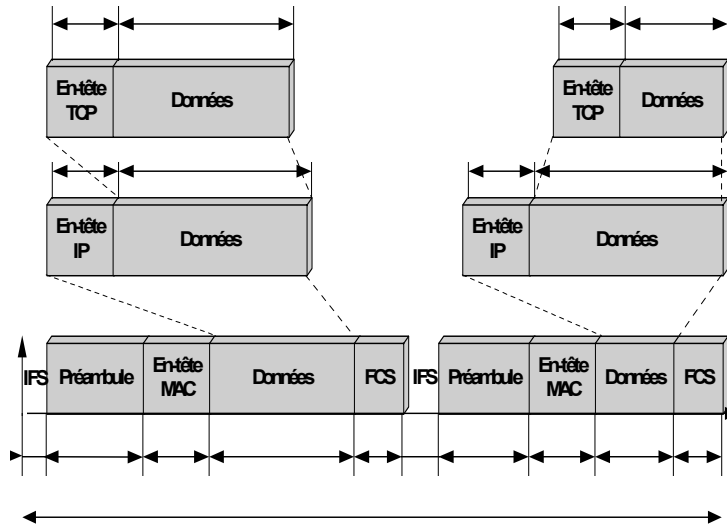
- l'échange ne concerne que deux stations qui accèdent donc immédiatement au support (pas de collisions) ;
- le temps de transit sur le réseau, le temps CPU des machines d'extrémité sont considérés comme nul ;
- les cartes réseaux sont en mode half duplex ;
- le temps de latence des hubs et commutateurs sera admis égal au temps d'acquisition en réception des informations nécessaires au commutateur avant retransmission ;
- les trames de données seront remplies au maximum de la capacité d'emport d'une trame Ethernet (MTU) ;
- chaque trame de données sera explicitement acquittée, un acquittement correspond à une trame TCP/IP dont le champ de données est vide ;
- la pile protocolaire est TCP/IP, aucune option n'est invoquée ;

Pour cela on vous demande :

- 1) Quelle est la MTU des réseaux de type Ethernet (version 10 et 100 Mbit/s) (1 point) ?
- 2) Compléter la figure ci-dessous en exprimant la longueur de chaque champ en bits. La figure représente un message de données suivi de son acquittement (5 points).

Message

Acquittement



3) Exprimer en **bits** les temps de latence totale pour un cycle pour chacun des équipements (3 points) :

- hub,
- commutateur *cut through*,
- commutateur *store and forward*.

4) Etablir le rapport entre le nombre de bits utiles et le nombre de bits transmis ou qui auraient pu l'être durant un cycle d'échange et en déduire l'efficacité des équipements (3 points) :

- hub,
- commutateur *cut through*,
- commutateur *store and forward*.

Résumer les résultats dans le tableau ci-dessous :

Equipement	Volume des données utiles en bits	Durée de l'échange en bits (hors temps de latence)	Temps de latence dans l'équipement en bits	Durée totale de l'échange exprimé en bit	Efficacité du système
Hub					
Commutateur <i>cut through</i>					
Commutateur <i>store and forward</i>					

5) En réalité, les deux machines sont connectées à un commutateur 10/100. L'une des machines est en 10 Mbit/s, l'autre en 100. Cette liaison peut-elle fonctionner en mode *cut through*, justifiez votre réponse (1 point) ?

6) La commutation *cut through* est plus efficace que la commutation *store and forward*. Cependant dans un système de commutation par segment les trames erronées à cause d'une collision sont retransmises. Imaginer une solution pour que les commutateurs *cut through* ne propagent pas les collisions, quelle serait alors l'efficacité du système (1 point) ?

#### 4) Choix d'un équipement réseau (3 points)

En fonction des critères de choix donnés, indiquez l'équipement répondant le mieux (hub ou commutateur) et éventuellement complétez la réponse en indiquant la technologie complémentaire.

<b>Caractéristiques du réseau</b>	<b>Critères de choix</b>	<b>Equipement/technologie complémentaire</b>
Peu chargé, et peu de broadcasts	Performance	
Relativement chargé, peu de broadcasts et d'erreurs	Performance et simplicité de l'administration	
Relativement chargé, peu de broadcasts, de nombreuses erreurs (câblage défectueux)	Performance et simplicité de l'administration	
Relativement chargé et de nombreux broadcasts	Performance	
Trafic voix/données	Qualité des liaisons voix	

# EXAMEN Février 2006

## 1) Protocoles et architectures (13 points)

Compléter le tableau correspondant, réponse obligatoire sur la feuille jointe. N'oubliez pas de reporter votre n° de copie sur la feuille. Inutile de détailler l'acronyme, par exemple dire qu'ATM correspond à Asynchronous Transfer Mode, n'apporte aucun point il s'agit de décrire en quelques mots (limités au cadre de réponse) la ou les caractéristiques essentielles d'ATM, comme par exemple « protocole en mode connecté de niveau 2 orienté transport de la voix »... Dans les colonnes « origine normative », on indiquera par une croix l'organisme dont sont issues les premières spécifications normatives de ces protocoles.

## 2) Fonctionnalité et protocoles (13 points)

Compléter le tableau correspondant, réponse obligatoire sur la feuille jointe. De 1 à 3 niveaux OSI retenus par fonctionnalité, avec un maximum noté de 26 pour l'ensemble du tableau. N'oubliez pas de reporter votre n° de copie sur la feuille

## 3) Fragmentation IP (30 points)

Votre réseau local a émis une trame MAC dont le contenu est un datagramme de 1490 octets. Celui-ci doit être transféré sur un réseau dont la MTU n'est que de 576 octets. On vous demande :

- 1) D'indiquer la signification de chacun des champs de l'en-tête IP du datagramme d'origine
- 2) De compléter les différents en-têtes IP des fragments obtenus.

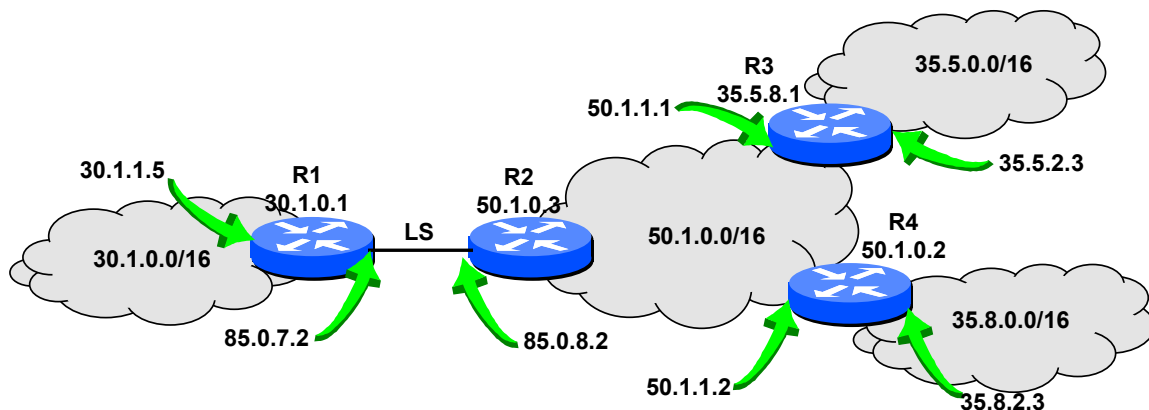
**ATTENTION :** Pour simplifier la résolution de cet exercice les valeurs sont indiquées en décimal.

Votre réponse devra être fournie en décimal.

Utiliser les schémas fournis, n'oubliez pas de reporter votre n° de copie sur la feuille

## 4) Tables de routage (38 points)

Votre entreprise comporte 4 réseaux Ethernet d'adresses et de topologie indiquées par la figure ci-dessous.



Le routeur R1, d'adresse 30.1.0.1 et relié au routeur R2 d'adresse 50.1.0.3 par une liaison spécialisée (LS) dont les adresses d'interface sont respectivement 85.0.7.2 pour le routeur R1 et 85.0.8.2 pour le routeur R2.

Le routeur R2 possède la même adresse d'interface sur le réseau 50.1.0.0/16 que son adresse de noeud soit 50.1.0.3. Le routeur R3 relie directement les réseaux 50.1.0.0/16 et 35.5.0.0/16 par des interfaces ayant respectivement comme adresse 50.1.1.1 et 35.5.2.3. De même, le routeur R4 relie directement les réseaux 50.1.0.0/16 et 35.8.0.0/16 par ses interfaces locales d'adresse respective 50.1.1.2 et 35.8.2.3.



**On vous demande :**

1. A quelle classe d'adressage appartiennent les adresses de ce réseau ?
2. Il y a-t-il une autre manière d'écrire les adresses réseau et leur masque, donner un exemple ?
3. Quelle est l'adresse à utiliser par le réseau 30.1.0.0/16 envoyer un datagramme à TOUS les hosts du réseau 35.8.0.0/16 ?
4. Etablissez les tables de routage (routage fixe) de chacun des routeurs de ce réseau.

**Nota :** Pour noter les entrées des tables, on utilisera la syntaxe suivante : [**@**destination, prochain saut], On ne fera pas apparaître les informations de coût (métrique). Les données correspondant aux interfaces locales seront notées : [**@**IP, interface locale]. Les entrées locales seront toujours indiquées en tête de liste. On devra pouvoir « pinguer » les LS. Une route par défaut pourra être indiquée avec l'une des notations suivantes : « [0.0.0.0, prochain saut] ou [**\***, prochain saut] ».

# SOLUTION

## Question 1

Protocole	Description succincte	Indiquer la correspondance	Origine normative		
		niveau OSI	ISO	UIT	DoD
<b>HDLC</b>	Protocole le ligne garantissant la délivrance en séquence et sans erreur. Assure le contrôle flux.				
<b>X.25 PLP</b>	Protocole réseau en mode connecté assurant le routage et la commutation des paquets. Assure le contrôle de flux et de congestion				
<b>ATM</b>	Protocole réseau de niveau 2 en mode connecté. Orienté transfert de la voix, met en oeuvre des mécanismes de qualité de service. Etudié dans le cadre du RNIS LB				
<b>FR</b>	Protocole réseau de niveau 2 en mode connecté. Orienté transfert de données, met en oeuvre des mécanismes de qualité de service. Prévu pour le transfert de données sur le RNIS LB				
<b>Q.931</b>	Protocole de signalisation usager/réseau du RNIS				
<b>SS7</b>	Protocole de signalisation réseau du RNIS				
<b>TCP</b>	Protocole de transport en mode connecté assure la délivrance en séquence et la reprise sur erreur				
<b>IS.8473</b>	Protocole réseau en mode datagramme				
<b>DNS</b>	Protocole du niveau application de gestion de base de données réparties destiné à mettre en relation un nom et une adresse				
<b>LAP_D</b>	Protocole de signalisation d'utilisateur à utilisateur du RNIS				
<b>PPP</b>	Protocole de liaison du monde TCP/IP, le fonctionnement est dépendant de la qualité du support. Sur un support de bonne qualité fonctionnement similaire à un protocole en mode datagramme, sur un support de mauvaise qualité met en oeuvre des mécanismes identique à ceux d'HDLC dont il emprunte le format.				
<b>ICMP</b>	Protocole de gestion du niveau 3 du monde TCP/IP, notamment chargé de notifier les erreurs				
<b>ARP</b>	Protocole de résolution d'adresse, met en correspondance une adresse IP et une adresse MAC				

<b>Fonctionnalité</b>	<b>niveau OSI d'implémentation possible</b>	<b>Exemple protocole ( 1 par niveau OSI cité)</b>
Détection d'erreur		
Reprise sur erreur		
Circuit virtuel (ou similaire)		
Contrôle de flux		
Contrôle de congestion		
Contrôle d'admission		
Contrôle de séquençement		
Délimitation des données		
Routage		
Commutation		
Brassage		

# EXAMEN Avril 2006

## 1) Coût des VPN (4 points)

Une entreprise possède  $N$  sites qu'elle désire interconnecter via des VPN. L'opérateur auquel elle s'adresse lui communique ses tarifs :

Coût d'un lien VPN qualité donnée :  $E$  Euros/512kbit/s/mois

Coût d'un lien VPN qualité voix + 25% du coût d'un lien qualité données.

Pour réaliser son réseau l'entreprise peut réaliser un seul VPN voix/données ou superposer deux VPN : un VPN voix et un VPN données. Sachant d'une part que son système d'information est centralisé et que tous les flux d'information données intersites transitent obligatoirement par le site central et d'autre part que les caractéristiques temporelles du réseau de l'opérateur impliquent que le flux voix ne transitent qu'une seule fois (pas de site de transit), on vous demande :

- 1) Quelle est l'architecture que vous recommanderiez si sur le réseau ne devaient transiter que des flux données ?
- 2) Quelle est, compte tenu des contraintes temporelles, l'architecture que vous recommanderiez pour le transport des flux voix ?

Si  $D$  est le débit nécessaire aux flux données et  $d$  le débit du flux voix signalisation comprise, on vous demande d'exprimer le coût mensuel pour l'entreprise dans les deux cas. Pour cela vous déterminerez :

- 3) Le nombre de liens virtuels d'une architecture VPN purement données et celui d'une architecture VPN voix.
- 4) Le coût  $C_E$ , en fonction du nombre de liens virtuels et du débit, d'une architecture VPN purement données.
- 5) Le coût  $C_M$ , en fonction du nombre de liens virtuels et du débit, d'une architecture VPN purement voix.
- 6) Le coût  $C_T$ , d'une architecture superposant un VPN voix et un VPN données.
- 7) Quel serait le surcoût  $\Delta C$  d'une architecture VPN unique supportant voix données en lieu et place d'une architecture à VPN superposés.

**Nota :** les débits  $D$  et  $d$  sont exprimés en multiple de 512 kbit/s

## 2) Dimensionnement des liens (15 points)

Pour cette entreprise, une analyse des flux montre que les besoins en terme de données peuvent être évalués à 3 Mbit/s. Pour le trafic voix, l'analyse des communications montre que :

- Le trafic intersite (trafic dit *on-net*) est d'environ 20 communications/heure à l'heure la plus chargée pour l'échange inter-site le plus important et que chaque communication a une durée moyenne de 4 minutes.
- Le trafic externe (via un opérateur de téléphonie : appels dits *off-net*) de chaque établissement correspond au trafic standard d'une entreprise soit 0,04 Erlang entrant et 0,04 Erlang sortant par poste. Chaque établissement de l'entreprise comprend 200 postes dont **100 seulement ont accès à l'extérieur en flux mixte (entrant et sortant) et 20 n'ont accès à l'extérieur qu'en flux entrant.**

On vous demande :

- 1) Evaluer le trafic entrant (SPB) et sortant (SPA) de chaque établissement.
- 2) Si on estime qu'un taux de refus de 10 % est satisfaisant pour le trafic sortant, mais qu'il doit être au minimum de 5% pour le trafic entrant, déterminez le faisceau de ligne SPA et SPB de l'entreprise.
- 3) Compte tenu de ces données et que le modèle d'Erlang est un modèle pessimiste quels devraient être les caractéristiques de l'abonnement téléphonique de cette entreprise. On vous

rappelle que les abonnements de base (BRI) peuvent être regroupés jusqu'à 6 et que les abonnements primaires sont fractionnables en 15, 20, 25 ou 30 canaux B.

Pour ses communications internes, cette entreprise met en oeuvre un réseau voix sur IP. Sachant que seul le codec G.711 (numérisation de base de la voix) est obligatoire sur un système voix sur IP et que les autres codecs ne sont présents qu'en fonction du constructeur, le réseau sera dimensionné pour une utilisation du codec G.711, même si les systèmes mis en place supportent d'autres codecs plus efficaces. On vous demande :

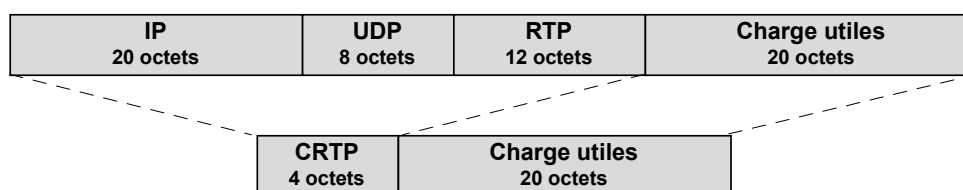
- 4) De rappeler les caractéristiques d'une numérisation G.711 et la différence entre le G.711 Européen et le G.711 Nord Américain ?

Le tableau ci-dessous fournit, pour différents codecs, la taille en octets et le nombre de paquets par seconde. Compte tenu de l'encapsulation niveau 3 des paquets voix représentée ci-dessous, de l'encapsulation PPP au niveau 2 (8 octets/trame), et que la signalisation consomme 64 kbit/s de bande passante (évalué au niveau 2), on vous demande :

- 5) Sachant que tous les systèmes ne supportent pas la compression CRTP, quelle est la bande passante, par communication (hors signalisation), de niveau 3 à prévoir lors de l'utilisation du codec G.711 et du codec G.729 ?
- 6) De même, quelle est la bande passante niveau 2 nécessaire pour une communication lors de l'utilisation du codec G.711 et du codec G.729 (hors signalisation) ?
- 7) Quel doit être le débit des liens du VPN voix, si l'on veut écouler sans problème toutes les communications téléphoniques intersites de l'heure de pointe ?
- 8) Quel peut être le débit des liens VPN voix, si l'on admet que dans 2% des cas au maximum des problèmes en relation avec un débit insuffisant et notamment le blocage du nombre de communications simultanées par le *gatekeeper* (H.323) ?

Codec	Débit codec (kbit/s)	Charge utile/ Nb paquets/s
G.711	64	160/50
G.723.1	6,3	24/33
G.729	8	20/50

Caractéristiques de débit des différents codecs utilisés en voix sur IP.



Exemple d'encapsulation de voix sur IP pour un paquet G.729.

**Nota :** Exprimer la bande passante à un niveau donné correspond à évaluer le débit nécessaire à ce niveau, toutes données protocolaires des niveaux supérieurs et de ce niveau incluses.

## EXAMEN FEVRIER 2007

### 1 - TTL (Time to Live) d'Internet Protocol (2 points)

Le champ TTL détermine en seconde la durée de vie d'un datagramme IP. Il est décrémenté par chaque noeud du réseau traversé de la durée de traitement du noeud. Cependant, dans les faits ce champ est décrémenté de une unité à chaque traversée de noeud, il indique donc le nombre de sauts autorisés. Si un datagramme est émis avec un champ TTL positionné à 32 et qu'il traverse un réseau de 12 noeuds, quelle est la valeur du champ TTL en sortie du réseau si le réseau de transport est full IP, X.25, Frame relay, ATM ou MPLS ?

Réponse :

Protocole réseau	TTL en entrée	TTL en sortie
IP		
X.25		
Frame Relay		
ATM		
MPLS		

### 2 - Frame Relay et HDLC (2 points)

Le Frame Relay est un protocole de transport issu de la filiation d'HDLC, cependant l'une des différences essentielles concerne la signalisation qui est dans la bande pour HDLC et hors bande pour le Frame relay, une autre différence est dans la taille du champ données qui varie de 0 à 4096 octets pour HDLC et de 1 à 4096 octets pour le Frame Relay. Pouvez-vous expliquer cette différence ? (6 lignes au maximum, le correcteur ne lira pas au-delà).

### 3 - Quelle est la classe d'adresses des adresses IP suivantes (2 points) :

Réponse :

Adresse IPv4	Masque associé	Classe ?
10.222.0.12	255.0.0.0	
135.0.0.1	255.255.0.0	
195.0.0.35	255.255.0.0	
193.18.14.56	255.0.0.0	

### 4 - Adressage IP (6 points)

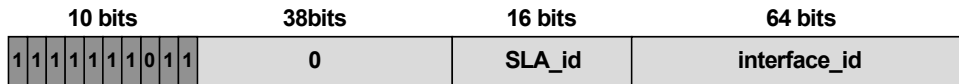
Une entreprise utilise en interne l'adresse privée 10.0.0.0 pour numéroter tous ses hosts. L'administrateur, à des fins de simplification dans l'identification de ses différentes agences départementales (Métropole et Corse), désire adopter un plan d'adressage significatif et très facilement lisible, sachant qu'il n'existe et n'existera pas plus de 127 agences par département et que celles-ci comporte moins de 100 machines, on vous demande :

- de proposer un plan d'adressage le plus simple possible ;
- de trouver une solution à l'identification des départements de la Corse (2A et 2B) ;
- d'indiquer combien d'adresses publiques, au **minimum**, l'administrateur devra demander à l'AFNIC, s'il doit offrir un service WEB et un serveur de messagerie visibles d'Internet et permettre à 1256 stations (au total pour l'ensemble de l'entreprise) d'accéder à Internet ? Pour des raisons de sécurité l'entreprise ne dispose que d'un seul point d'accès à Internet (1 seul serveur de messagerie et

serveur WEB).

d) Quels mécanismes doivent permettre de résoudre la question précédente ?

e) Quelle est l'adresse IP de la station 25, de l'établissement 50, du département de Corse du Sud (2A), si l'adresse MAC de cette station est 00-03-04-05-06-07 (écriture non canonique ou naturelle). Vous exprimerez cette adresse en IPv4 (adresse du réseau global 10.0.0.0) et en IPv6 sous sa forme hexadécimale (adressage de site local dont le format est appelé ci-dessous, FEC0 ::/10).



Rappelons que la Corse est séparée en 2 départements notés 2A et 2B, .

### 5) Efficacité d'une liaison (8 points)

Vous êtes reliés à Internet via une connexion ADSL à 20 Mbit/s (**16 Mbit/s au niveau IP**) à travers un réseau dont le temps de latence est de 40 ms (ce réseau étant faiblement chargé on considérera que ce temps est une constante) à un service relié lui-même à Internet par une liaison professionnelle à 8 Mbit/s considéré au niveau IP. Les messages échangés dans le sens client/serveur ont une taille moyenne de 40 octets (charge utile), ceux en réponse du serveur 1500 octets (charge utile), le serveur peut traiter au maximum 200 requêtes/seconde. Chaque message doit être acquitté (40 octets, charge utile nulle) selon le mode Stop and Wait (attendre l'acquiescement avant d'émettre le message suivant) TCP n'utilise pas la technique de la fenêtre d'anticipation seulement celle de l'acquiescement retardé, **mais** on vous rappelle que TCP utilise aussi l'acquiescement dit « *piggybacking* », c'est à dire superposition des acquiescements et des données (un message transportant des données transporte un acquiescement dans le champ « numéro de séquence acquitté », ce sera notre cas ici). On vous demande :

- de faire le schéma de la liaison, en matérialisant tous les points intervenants dans le bilan temporel de l'échange (1 point) ;
- de déterminer le temps d'un échange, si le serveur n'est chargé qu'à 50% ; pour cela on calculera le temps de transit de bout en bout des différents messages et, dans les conditions de charge données, le temps de traitement d'une requête par le serveur ( $t_a$ ) (2 points) ;
- de définir dans ces conditions le débit réel *utile* vu par l'application cliente... (2 points) ;
- de refaire le même calcul avec le serveur chargé à 90% (2 points) ;
- compte tenu de la réponse à la question précédente quel est l'avantage ou l'utilité de la nouvelle offre d'accès à Internet à 100 Mbit/s pour les particuliers ? (1 point) ?

#### Remarques :

On vous rappelle que le temps de réponse d'un élément actif dont le temps de traitement est  $t_s$ , pour une charge  $c$  est donné par la relation  $t_a = t_s + tq$  avec  $tq$  (temps de queue) =  $t_s (c/1-c)$ .

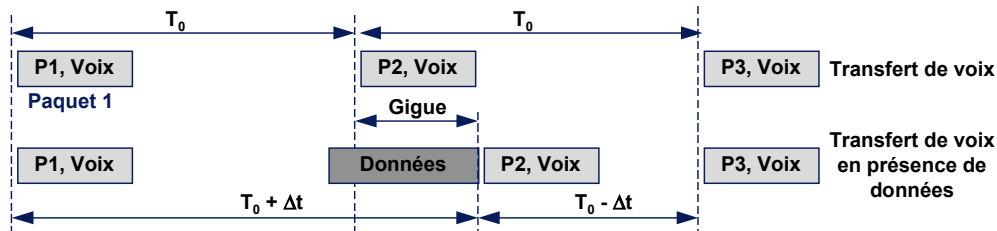
**Dans cet exercice, à des fins de simplification, on ne prendra pas en compte la surcharge protocolaire, le débit des liens sera considéré (sauf pour ADSL) comme étant celui du niveau IP.**

**A des fins de simplification, nous admettrons que les débits montant et descendant de l'ADSL sont symétriques**

## EXAMEN AVRIL 2007

### 1 ) Gigue dans un réseau voix/données sur IP (16 points)

Dans les noeuds actifs des réseaux voix/données les paquets de voix sont traités et émis en priorité avant toutes autres données (strict priority). Ce n'est que quand la file d'attente voix est vide qu'un paquet de données peut être émis.



Dans la figure ci-dessus, un paquet de données est émis juste avant qu'un paquet voix ne soit disponible. Dans ces conditions, le paquet voix est retardé du temps d'émission, c'est la gigue d'insertion (dans cette première approche on considérera les temps de traitement comme négligeables).

A) Si la taille du paquet de données est 1500 octets (MTU par défaut dans IPv6, on ne tiendra pas compte des divers en-têtes) quelle est la valeur de la gigue d'insertion si le débit de la ligne est de 256 kbit/s, 512 kbit/s, 1 Mbit/s, 2 Mbit/s. (2 points)

B) Sachant que la voix est un flux isochrone, c'est-à-dire que tous les éléments d'information doivent apparaître avec une récurrence temporelle stricte. Quel mécanisme doit-on mettre en place pour pallier cette gigue ? Quels doivent être ses paramètres ? (3 points)

C) Sachant que pour restituer une communication téléphonique de bonne qualité le bilan temporel ne doit pas excéder 150 ms, que le codec utilisé (G.729) demande 30 ms de temps de compression/décompression, que le réseau de transport utilisé est le service Equant de France Télécom (temps de latence 100 ms, gigue 10 ms en qualité voix), quel doit être le débit minimal du lien de raccordement ? (2 points)

D) Compte tenu de vos crédits, vous ne pouvez que vous abonner qu'à des raccordements à 512 kbit/s. Quel mécanisme devez vous mettre en oeuvre dans vos routeurs d'extrémité pour respecter les contraintes imposées, dans le monde IP quel protocole remplit cette fonction ? (2 points)

E) Quelle doit être la MTU maximale pour obtenir une communication de bonne qualité, quel est le nombre de fragments obtenus ? (2 points)

F) Les deux routeurs d'extrémité ont une capacité de traitement de 1000 paquets par seconde, que se passe-t-il quand la charge soumise passe de 50 à 90 % (on rappelle que le temps de traitement peut être donné par la relation  $t_q = t_s / (1 - c)$  où  $t_s$  est le temps de service et  $c$  la charge). (2 points)

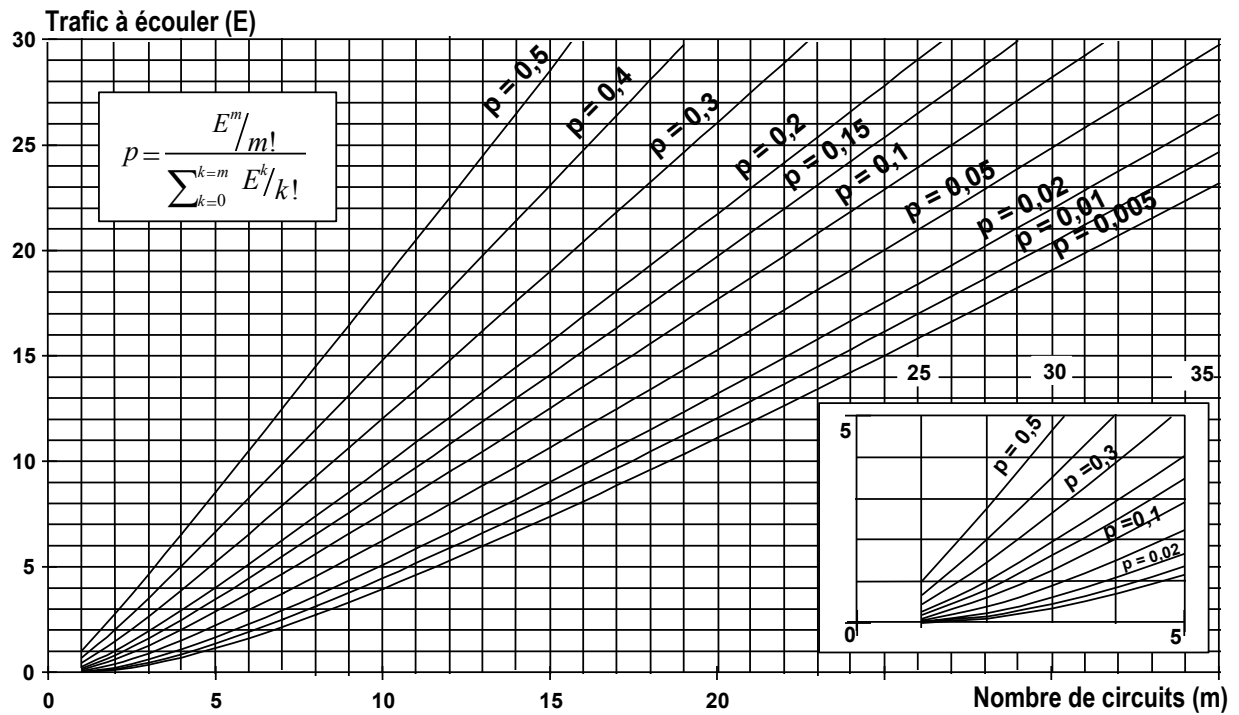
G) Proposez trois solutions pour remédier à ce problème (3 points) :

### 2) Raccordement au réseau public

L'IPBX sera raccordé au réseau téléphonique RNIS. Quel sera le dimensionnement du raccordement T2 pour écouler un trafic de 6 Erlang entrant et de 3 Erlang sortant sachant que dans les deux cas on admet que tout appel non abouti est perdu et que le taux de perte doit rester inférieur à 5% pour les SPB et 10 % pour les SPA ? (4 points)



# Abaque d'Erlang



**EXAMEN SEPTEMBRE 2007 (Versailles, posé par le CNAM Paris)**  
**Attention compte tenu que les calculettes sont interdites, toute réponse sans le détail des calculs sera considérée comme nulle.**

**1) Contrôle de flux et de congestion (6 Points)**

*Quelle différence faites vous entre contrôle de flux et congestion ?*

*Pourquoi le contrôle de flux n'est pas envisageable dans un réseau ATM et qu'il a été imaginé sur la liaison de raccordement ?*

*Comment TCP/IP implémente le contrôle de flux et congestion ?*

*Quelles peuvent être les conséquences du contrôle de congestion dans TCP en présence d'applications de vidéo ?*

*Quels sont les remèdes envisageables à ce problème (protocole ou autre) ?*

**2) Rapport signal/bruit (4 points)**

Appliquez la relation de SHANNON à un circuit téléphonique et déterminez la capacité maximale théorique du canal, sachant que la bande passante est de 300–3 400 Hz et le rapport signal à bruit (S/B) est de 33 dB.

Citer un modem susceptible d'utiliser au maximum cette bande passante.

**3) Masque de sous-réseau (6 points)**

Une entreprise à succursale multiple utilise l'adresse IP 196.179.110.0. Pour une gestion plus fine de ses sous-réseaux, le responsable informatique désire pouvoir affecter une adresse IP propre à chaque sous-réseau des 10 succursales.

- 1) De quelle classe d'adressage s'agit-il ?
- 2) Donner et expliquez la valeur du masque de sous-réseau correspondant à ce besoin.
- 3) Combien de machines chaque sous-réseau pourra-t-il comporter et pourquoi ?
- 4) Quelle est l'adresse de broadcast dirigée du sous-réseau 3 (expliquez) ?

**4) Numérisation et débit binaire (4 points)**

La télévision analogique occupe une largeur de bande de 0 à 6,75 MHz pour l'information de luminance et une bande réduite de moitié pour chacune des informations de chrominance (limité, en émission, à l'information de rouge et de bleu) On numérise les signaux analogiques de l'image et on quantifie chaque échantillon sur 8 bits, on vous demande :

- Quel débit binaire serait nécessaire pour transmettre ces images ?
- Quel est le nombre de couleurs d'une image ainsi numérisée ?

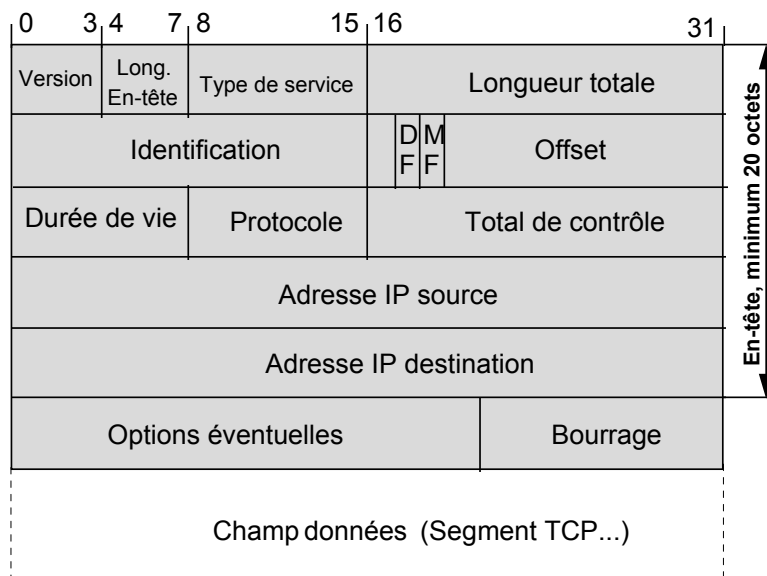
# ANNEXES

1. Format des unités de données de TCP/IP (Exercice 6-4)
- 2.
3. Abaque d'Erlang à refus
4. Abaque d'Erlang à attente
5. Conversion DEC-BIN-HEX (© Nicolas Pioch)

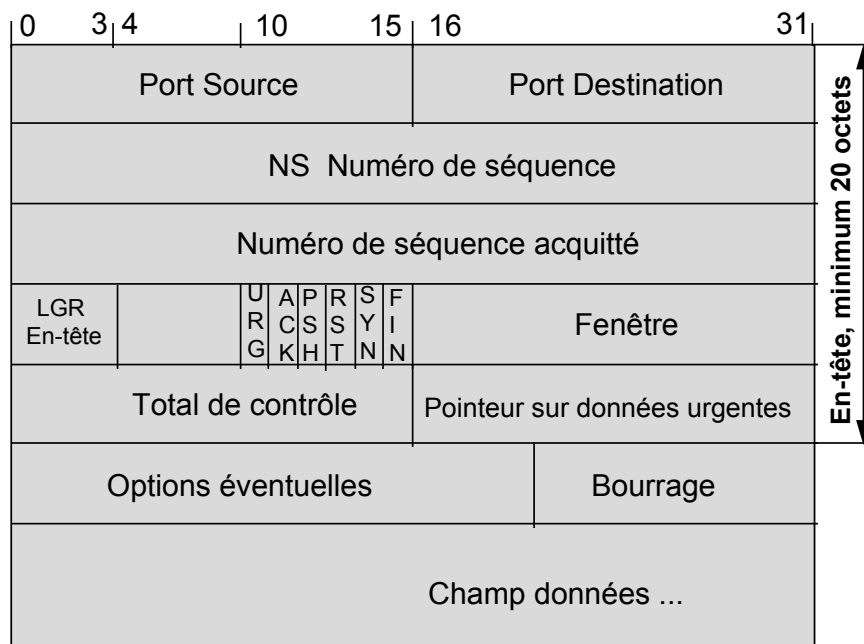
## Format des unités de données Protocole TCP/IP (exercice 6-4)

En-tête IP		En-tête TCP		Données	
@Destination MAC IEEE 6 octets	@Source MAC IEEE 6 octets	Type 2 octets	Données de 1 à 1500 octets	Bourrage si Données < 46 octets	FCS 4 octets

### Format de la trame Ethernet v2 et encapsulation IP.



### Format du datagramme IP.



### Format du segment TCP.

## Conversion Décimal – Hexadécimal – Binaire

Déc	Hex	Binaire	Déc	Hex	Binaire	Déc	Hex	Binaire	Déc	Hex	Binaire
0	00	00000000	64	40	01000000	128	80	10000000	192	C0	11000000
1	01	00000001	65	41	01000001	129	81	10000001	193	C1	11000001
2	02	00000010	66	42	01000010	130	82	10000010	194	C2	11000010
3	03	00000011	67	43	01000011	131	83	10000011	195	C3	11000011
4	04	00000100	68	44	01000100	132	84	10000100	196	C4	11000100
5	05	00000101	69	45	01000101	133	85	10000101	197	C5	11000101
6	06	00000110	70	46	01000110	134	86	10000110	198	C6	11000110
7	07	00000111	71	47	01000111	135	87	10000111	199	C7	11000111
8	08	00001000	72	48	01001000	136	88	10001000	200	C8	11001000
9	09	00001001	73	49	01001001	137	89	10001001	201	C9	11001001
10	0A	00001010	74	4A	01001010	138	8A	10001010	202	CA	11001010
11	0B	00001011	75	4B	01001011	139	8B	10001011	203	CB	11001011
12	0C	00001100	76	4C	01001100	140	8C	10001100	204	CC	11001100
13	0D	00001101	77	4D	01001101	141	8D	10001101	205	CD	11001101
14	0E	00001110	78	4E	01001110	142	8E	10001110	206	CE	11001110
15	0F	00001111	79	4F	01001111	143	8F	10001111	207	CF	11001111
16	10	00010000	80	50	01010000	144	90	10010000	208	D0	11010000
17	11	00010001	81	51	01010001	145	91	10010001	209	D1	11010001
18	12	00010010	82	52	01010010	146	92	10010010	210	D2	11010010
19	13	00010011	83	53	01010011	147	93	10010011	211	D3	11010011
20	14	00010100	84	54	01010100	148	94	10010100	212	D4	11010100
21	15	00010101	85	55	01010101	149	95	10010101	213	D5	11010101
22	16	00010110	86	56	01010110	150	96	10010110	214	D6	11010110
23	17	00010111	87	57	01010111	151	97	10010111	215	D7	11010111
24	18	00011000	88	58	01011000	152	98	10011000	216	D8	11011000
25	19	00011001	89	59	01011001	153	99	10011001	217	D9	11011001
26	1A	00011010	90	5A	01011010	154	9A	10011010	218	DA	11011010
27	1B	00011011	91	5B	01011011	155	9B	10011011	219	DB	11011011
28	1C	00011100	92	5C	01011100	156	9C	10011100	220	DC	11011100
29	1D	00011101	93	5D	01011101	157	9D	10011101	221	DD	11011101
30	1E	00011110	94	5E	01011110	158	9E	10011110	222	DE	11011110
31	1F	00011111	95	5F	01011111	159	9F	10011111	223	DF	11011111
32	20	00100000	96	60	01100000	160	A0	10100000	224	E0	11100000
33	21	00100001	97	61	01100001	161	A1	10100001	225	E1	11100001
34	22	00100010	98	62	01100010	162	A2	10100010	226	E2	11100010
35	23	00100011	99	63	01100011	163	A3	10100011	227	E3	11100011
36	24	00100100	100	64	01100100	164	A4	10100100	228	E4	11100100
37	25	00100101	101	65	01100101	165	A5	10100101	229	E5	11100101
38	26	00100110	102	66	01100110	166	A6	10100110	230	E6	11100110
39	27	00100111	103	67	01100111	167	A7	10100111	231	E7	11100111
40	28	00101000	104	68	01101000	168	A8	10101000	232	E8	11101000
41	29	00101001	105	69	01101001	169	A9	10101001	233	E9	11101001
42	2A	00101010	106	6A	01101010	170	AA	10101010	234	EA	11101010
43	2B	00101011	107	6B	01101011	171	AB	10101011	235	EB	11101011
44	2C	00101100	108	6C	01101100	172	AC	10101100	236	EC	11101100
45	2D	00101101	109	6D	01101101	173	AD	10101101	237	ED	11101101
46	2E	00101110	110	6E	01101110	174	AE	10101110	238	EE	11101110
47	2F	00101111	111	6F	01101111	175	AF	10101111	239	EF	11101111
48	30	00110000	112	70	01110000	176	B0	10110000	240	F0	11110000
49	31	00110001	113	71	01110001	177	B1	10110001	241	F1	11110001
50	32	00110010	114	72	01110010	178	B2	10110010	242	F2	11110010
51	33	00110011	115	73	01110011	179	B3	10110011	243	F3	11110011
52	34	00110100	116	74	01110100	180	B4	10110100	244	F4	11110100
53	35	00110101	117	75	01110101	181	B5	10110101	245	F5	11110101
54	36	00110110	118	76	01110110	182	B6	10110110	246	F6	11110110
55	37	00110111	119	77	01110111	183	B7	10110111	247	F7	11110111
56	38	00111000	120	78	01111000	184	B8	10111000	248	F8	11111000
57	39	00111001	121	79	01111001	185	B9	10111001	249	F9	11111001
58	3A	00111010	122	7A	01111010	186	BA	10111010	250	FA	11111010
59	3B	00111011	123	7B	01111011	187	BB	10111011	251	FB	11111011
60	3C	00111100	124	7C	01111100	188	BC	10111100	252	FC	11111100
61	3D	00111101	125	7D	01111101	189	BD	10111101	253	FD	11111101
62	3E	00111110	126	7E	01111110	190	BE	10111110	254	FE	11111110
63	3F	00111111	127	7F	01111111	191	BF	10111111	255	FF	11111111

**Rappel:**  
En hexadécimal,  
chaque caractère  
(0-F) code 4 bits:

Déc	Hex	Bin
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
10	A	1010
11	B	1011
12	C	1100
13	D	1101
14	E	1110
15	F	1111

