

# Conservatoire National des Arts et Métiers

292, rue Saint Martin – 75141 PARIS Cedex 03

## Chaire de Réseaux

Date de l'examen : Lundi 28 juin 2004

Titre de l'enseignement : **INFORMATIQUE CYCLE A**

Sous-Titre : **RÉSEAUX**

Nature : CO

Cycle : A9

Code : 17264

Nombre de pages: 4 pages (celle-ci comprise)

Nom du responsable : J. P. ARNAUD

Année universitaire 2003-2004

1<sup>e</sup> session

### **SANS DOCUMENTS**

Calculatrice scientifique non communicante  
aux dimensions réglementaires autorisée

Les téléphones mobiles et autres équipements communicants  
doivent être éteints et rangés pendant toute la durée de l'épreuve.

**Durée : 2 heures**

Les réponses doivent être courtes et concises – et inférieures à 3 lignes dans la plupart des cas.  
Les justifications éventuelles des réponses doivent être claires.  
La correction tiendra compte de la précision et de la concision des réponses fournies.

Veillez vérifier que vous disposez bien des 4 pages du sujet en début d'épreuve et signaler tout problème de reprographie le cas échéant.

## Exercice 1 (8 points, 1 point par question) : Modem haut débit

La transmission de la voix sur une ligne téléphonique occupe traditionnellement la bande de fréquences « basses », comprise entre 0 et 4 kHz.

Sur la boucle locale, soit le « dernier kilomètre » du réseau reliant l'abonné au plus proche des 12.000 répartiteurs téléphoniques de France, la bande passante réelle d'une paire de cuivre peut atteindre le MHz.

En séparant par un filtre les fréquences basses, utilisées par la téléphonie analogique pour la transmission de la voix, des fréquences hautes, on cherche à construire un modem « haut débit » s'inspirant du principe de la modulation ADSL du signal.

Dans un premier temps, on s'intéresse à la transmission d'un signal dans la bande de fréquences comprise entre 30 kHz et 38 kHz, qui sera appelée une « porteuse ».

1. Quelle est la rapidité de modulation maximale admissible sur ce canal ?

On décide de transmettre, toutes les 125  $\mu$ s, une modulation du signal MAQ256, c'est-à-dire en phase et en amplitude permettant d'obtenir un total de 256 états distincts possibles à chaque émission d'un symbole.

2. Quelle est la valence de ce signal ?

3. Combien de bits transmet-on à chaque émission d'un symbole ?

4. Quel est le débit binaire nominal atteint sur cette porteuse ?

Pour pouvoir utiliser cette porteuse dans la transmission de données, la puissance du signal reçu à l'autre extrémité de la ligne doit être au moins égale à la moitié de la puissance du signal transmis.

5. Quelle est en dB la valeur limite de l'affaiblissement ?

En pratique, certaines porteuses ne sont pas utilisables pour la transmission de données car leur affaiblissement est trop élevé. Ces paramètres varient d'une ligne téléphonique à une autre, en fonction de leur âge, de la qualité du câblage, de l'éloignement du répartiteur...

On décide donc de diviser la plage de fréquences « hautes » utilisable pour la transmission de données en une série de porteuses indépendantes afin de mesurer l'affaiblissement de chacune.

On alloue arbitrairement 8 porteuses (entre 30 kHz et 108 kHz) pour le « canal montant », à savoir la transmission de données de l'abonné vers le répartiteur, et 32 porteuses (entre 110 kHz et 428 kHz) pour le « canal descendant » en sens inverse – voir tableau page suivante. Une bande de garde de 2 kHz est réservée entre deux porteuses adjacentes afin d'éviter les interférences.

6. Le support de transmission ainsi constitué fonctionne-t-il d'après vous en mode simplex, à l'alternat ou dans un autre mode (précisez alors lequel) ? Justifiez.

7. Comptez le nombre de porteuses qui satisfont les critères d'affaiblissement de la question 5, pour chaque canal (montant, descendant) pour la ligne téléphonique dont les caractéristiques d'affaiblissement en fonction de la fréquence se trouvent dans le tableau page suivante.

8. Quel est le débit binaire nominal total ainsi obtenu pour chaque canal (montant et descendant) ?

On rappelle la valeur des différents préfixes d'unités :

Tera- (T) =  $10^{12}$  ; Giga- (G) =  $10^9$  ; Mega- (M) =  $10^6$  ; kilo- (k) =  $10^3$   
milli- (m) =  $10^{-3}$  ; micro- ( $\mu$ ) =  $10^{-6}$  ; nano- (n) =  $10^{-9}$  ; pico- (p) =  $10^{-12}$  ...

Numéro porteuse	Fréquence début (kHz)	Fréquence fin (kHz)	Affaibliss. (dB)
-----------------	-----------------------	---------------------	------------------

Numéro porteuse	Fréquence début (kHz)	Fréquence fin (kHz)	Affaibliss. (dB)
-----------------	-----------------------	---------------------	------------------

Réservé téléphonie 0 4

Canal montant	1	30	38	0,8
	2	40	48	0,6
	3	50	58	0,7
	4	60	68	0,9

	5	70	78	0,8
	6	80	88	1,1
	7	90	98	1,0
	8	100	108	0,9

Canal descendant	1	110	118	1,1
	2	120	128	1,1
	3	130	138	1,3
	4	140	148	1,4
	5	150	158	1,3
	6	160	168	1,5
	7	170	178	1,3
	8	180	188	1,4
	9	190	198	1,5
	10	200	208	1,7
	11	210	218	1,8
	12	220	228	1,6
	13	230	238	1,8
	14	240	248	1,9
	15	250	258	2,0
	16	260	268	2,2

	17	270	278	2,2
	18	280	288	2,4
	19	290	298	2,6
	20	300	308	2,5
	21	310	318	2,7
	22	320	328	2,4
	23	330	338	2,8
	24	340	348	2,7
	25	350	358	2,6
	26	360	368	3,3
	27	370	378	3,7
	28	380	388	2,7
	29	390	398	3,5
	30	400	408	3,4
	31	410	418	3,4
	32	420	428	3,6

## Exercice 2 (5 points, 1 point par question) : Efficacité d'un protocole en mode SEND/WAIT

Un réseau local en bus de type 802.3 offre un débit binaire nominal de 100 Mbit/s. On s'intéresse à la transmission de données entre deux stations situées aux deux extrémités du bus, distantes de 600 mètres. La vitesse de propagation des signaux électromagnétiques sur le câble est de 200 m/μs. Les trames MAC contiennent 256 bits en tout, dont 48 bits de service (champs MAC+LLC). L'intervalle de temps qui suit immédiatement une transmission de données est réservé à l'émission de l'accusé de réception de 32 bits (tout compris). On négligera les temps de traitement.

1. En combien de temps un bit émis par une station à une extrémité du bus atteint-il la station située à l'autre extrémité ?
2. On suppose qu'il n'y a aucune erreur de transmission sur le bus. Quel est le temps total nécessaire pour un échange complet, à savoir l'émission d'une trame et la réception de l'accusé de réception correspondant ?
3. Quel est le débit réel du réseau, vu des applications (débit efficace) ?
4. Quelle est l'efficacité de ce protocole sans erreur ?
5. Quelle est la taille minimale, en nombre de trames, de la fenêtre d'émission par anticipation afin de maximiser l'efficacité de ce protocole ?  
Note : on suppose désormais que le canal fonctionne en mode bidirectionnel simultané.

## Exercice 3 (7 points) : Adressage IP

En consultant les fichiers d'enregistrement des événements (logs) du pare-feu (firewall) installé sur un routeur ADSL, on constate des tentatives de connexion depuis l'adresse IP suivante : 82.228.247.174

1. (1 point)

Dans quelle classe cette adresse IP se trouve-t-elle ? (Dans cette question, on se place avant la réforme CIDR de 1993 et la suppression du système de classes.)

En consultant la base de données du RIPE<sup>1</sup>, organisme chargé des allocations d'adresses IP en Europe, on découvre que cette adresse fait partie d'une plage /11 attribuée à un Fournisseur d'Accès à Internet français.

On rappelle que la notation simplifiée « /11 » pour le masque de sous-réseau signifie que les 11 premiers bits de l'adresse IP constituent l'adresse du réseau (encore appelée « préfixe réseau CIDR »), les bits restants identifiant la machine au sein de ce réseau. Cette notation est équivalente à sa forme traditionnelle affichée dans le panneau de contrôle réseau d'une machine Windows ou via la commande « ipconfig /all » :

*Attention :  
les valeurs de  
cet exemple ne  
correspondent  
pas à l'énoncé !*

```
C:\>ipconfig /all  
  
Configuration IP de Windows  
  
Adresse IP. . . . . : 234.56.78.90  
Masque de sous-réseau . . . . . : 255.255.255.0
```

2. (1 point)

Calculez le masque de sous-réseau en notation décimale pointée correspondant à la notation « /11 ».

3. (1 point)

Quelle est l'adresse du réseau (préfixe CIDR à masque /11) dans lequel se situe la machine 82.228.247.174 ?

4. (1 point)

Quelle est l'adresse de diffusion (broadcast) de ce réseau ?

Ce FAI est implanté sur chacune des 18 Zones de Transit (plaques régionales) de France Telecom.

5. (2 points)

- Combien de bits faut-il ajouter au masque /11 pour découper le réseau de la 3<sup>e</sup> question en 18 sous-réseaux ?
- Donnez le masque total résultant, en notation décimale pointée et en notation « /n ».
- De combien d'adresses IP dispose-t-on dans chaque sous-réseau ?
- Calculez l'adresse du sous-réseau dont 82.228.247.174 fait partie, ainsi que l'adresse de diffusion correspondante.

6. (1 point)

Si le FAI avait voulu découper la plage /11 non pas en 18 Zones de Transit, mais selon les 12000 répartiteurs d'abonnés (ce qui est nécessaire pour l'ADSL), quelle aurait été la longueur du masque total, en notation décimale pointée et en notation « /n » ?

Fin de l'énoncé.

<sup>1</sup> <http://www.ripe.net/db/whois/whois.html>

## Solution

### **Exercice 1 (8 points, 1 point par question) : Modem haut débit**

1.  $R_{\max} = 2 \times \text{BP} = 2 \times (38000 - 30000) = 2 \times 8000 = \mathbf{16000 \text{ Bauds}}$
2. La valence vaut **256** par définition (nombre d'états possibles du signal pour un symbole)
3. Chaque symbole transmet  $\log_2(v) = \mathbf{8 \text{ bits}}$
4. On transmet un symbole toutes les  $125 \mu\text{s}$ , soit 8000 symboles par secondes :  $R = 8000 \text{ Bauds}$   
Le débit binaire atteint vaut donc  $D = R \times \log_2(v) = 8000 \times 8 = \mathbf{64\,000 \text{ bit/s}}$
5. L'affaiblissement limite (en puissance) vaut en dB :  $10 \log_{10}(1/2) = -3,01 \text{ dB}$  (soit **3 dB**)
6. Fonctionnement en **bidirectionnel simultané (full duplex)** grâce au multiplexage fréquentiel
7. Canal montant : **8 porteuses**, descendant : **26 porteuses**
8. Canal montant :  $8 \times 64\,000 = \mathbf{512\,000 \text{ bit/s}}$ , descendant :  $26 \times 64\,000 = \mathbf{1\,664\,000 \text{ bit/s}}$

### **Exercice 2 (5 points, 1 point par question) : Efficacité d'un protocole en mode SEND/WAIT**

1. Il faut **3  $\mu\text{s}$**  à un bit pour parcourir les 600 m de câble.
2.  $2,56$  (émission 256 bits) + 3 (traversée) +  $0,32$  (émission ACK) + 3 (traversée) = **8,88  $\mu\text{s}$**
3. On envoie  $(256 - 48) = 208$  bits utiles en  $8,88 \mu\text{s}$ , soit un débit efficace de  **$23,42 \times 10^6 \text{ bit/s}$**
4. **23,42 %**  
Autre méthode de calcul : En  $3 \mu\text{s}$ , on émet  $3 \times 100 = 300$  bits, d'où une efficacité en mode SEND/WAIT de :  $(256 - 48)/(256 + 300 + 32 + 300) = \mathbf{23,42 \%}$
5. Il faut émettre au moins  $n$  trames de 256 bits telles que  $n \times 256 \geq (256 + 300 + 32 + 300)$ , soit  $n \geq 3,47$ , soit  $n = \mathbf{4 \text{ trames}}$

### **Exercice 3 (7 points) : Adressage IP**

1. (1 point)  
**Classe A**
2. (1 point)  
**/11 = 255.224.0.0**
3. (1 point)  
 $228_{(\text{déc})} = 11100100_{(\text{bin})}$ , soit **82.224.0.0 /11**
4. (1 point)  
**82.255.255.255**
5. (2 points)
  - a.  $18_{(\text{déc})} = 10010_{(\text{bin})}$ , soit **5 bits**
  - b.  $11 + 5 = \mathbf{/16 \text{ ou } 255.255.0.0}$
  - c.  $2^{16} - 2 = \mathbf{65534 \text{ adresses}}$
  - d. 82.228.247.174 appartient au sous-réseau **82.228.0.0/16**, diff. **82.228.255.255**
6. (1 point)  
 $12000_{(\text{déc})} = 10\,1110\,1110\,0000_{(\text{bin})}$ , soit 14 bits ;  $11 + 14 = \mathbf{/25 \text{ ou } 255.255.255.128}$