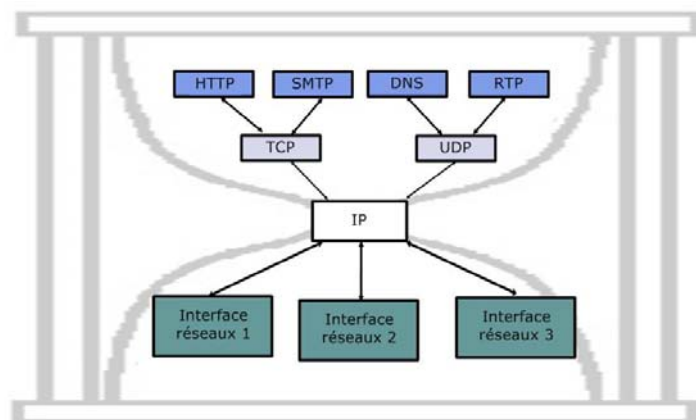


## GIF19504: Réseaux de transmission de données

7 nov. 2005; 9h30 à 11h2; aucune documentation permise; une calculatrice permise

### Problème 1 (15 points sur 100)

- A. (5 points) Expliquez comment les adresses IP sont organisées (nombre de bits, hiérarchie, portée, etc.)?
- o 4 bytes souvent écrit dans une notation décimale (p. 19)
  - o segmenté en portion pour le réseau (network id) et une portion pour l'hôte (host id) (p. 19, 55)
  - o unique globalement (p. 55)
- B. (5 points) Expliquez comment la forme de sablier donnée dans le graphique ci-dessous a facilité le développement de la suite de protocoles TCP/IP.



L'organisation en couche assure l'indépendance de développement des protocoles à chaque couche. La forme sablier indique l'importance de l'ubiquité du protocole IP, qui permet l'interconnexion des réseaux, l'innovation au couche physique, et les économies d'échelle.

The hourglass shape of the TCP/IP protocol suite underscores the features that make TCP/IP so powerful. The operation of the single IP protocol over various networks provides independence from the underlying network technologies. The communication services of TCP and UDP provide a network-independent platform on which applications can be developed. By allowing multiple network technologies to coexist, the Internet is able to provide ubiquitous connectivity and to achieve enormous economies of scale. (inside front cover)

- C. (5 points) Indiquez si les applications HTTP, SMTP, DNS et RTP utilisent des services avec ou sans connexion.

HTTP: avec connexion (utilise le service TCP qui est avec connexion, p. 50)

SMTP: avec connexion (utilise le service TCP qui est avec connexion, p. 50)

DNS : sans connexion (utilise le service UDP qui est sans connexion, p. 50)

RTP : sans connexion (utilise le service UDP qui est sans connexion, p. 50)

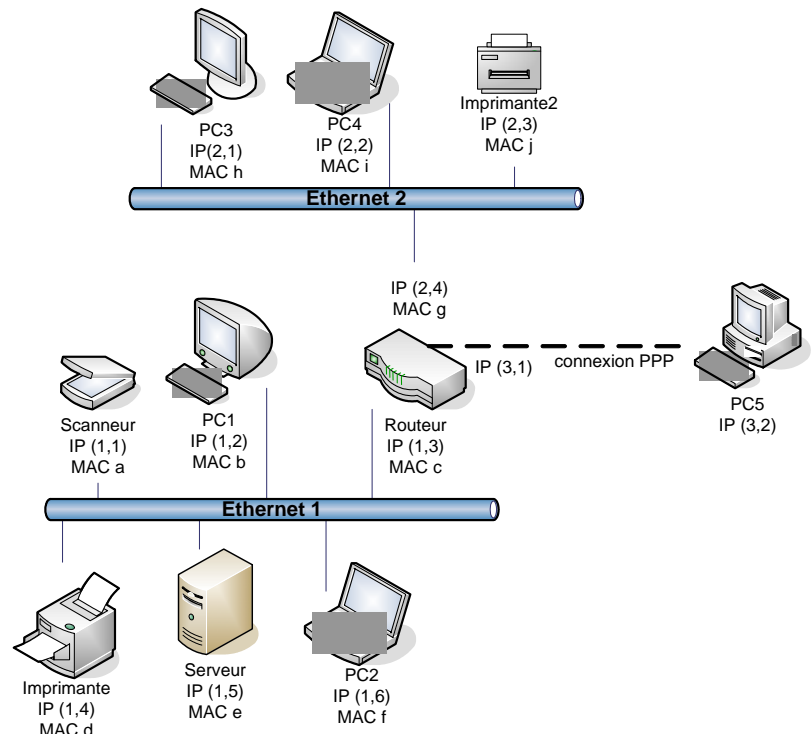
### Problème 2 (30 points sur 100)

Considérez l'inter-réseau suivant, composé de deux réseaux Ethernet et d'un réseau PPP. Chaque composant possède une adresse IP et une adresse MAC (seulement les composants sur la connexion PPP n'ont pas besoin d'une adresse MAC). Pour le routeur, il y a une adresse IP pour chacun des trois ports.

A. (5 points)

Donnez la table de routage pour le routeur.

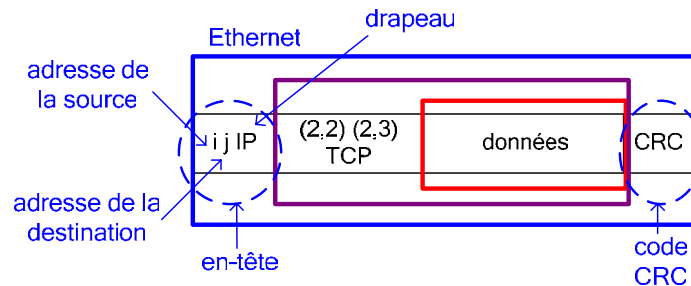
Destination IP	Prochaine saut (quel port)
(1,1)	(1,3)
(1,2)	(1,3)
(1,3)	x
(1,4)	(1,3)
(1,5)	(1,3)
(1,6)	(1,3)
(2,1)	(2,4)
(2,2)	(2,4)
(2,3)	(2,4)
(2,4)	x
(3,1)	x
(3,2)	(3,1)



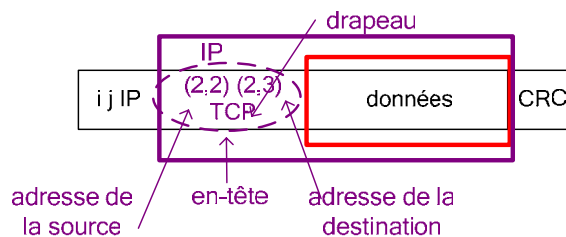
- B. (10 points) Discutez de l'encapsulation et du routage du paquet suivant (notez que l'adresse de la source est donnée avant l'adresse de la destination).

i j IP	(2,2) (2,3) TCP	données	CRC
--------	--------------------	---------	-----

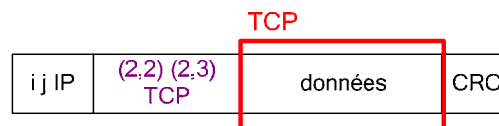
Ce sont des données TCP encapsulées dans un paquet IP qui est encapsulé dans un paquet Ethernet. Le paquet Ethernet a un en-tête avec l'adresse physique de la source, l'adresse physique de la destination et le drapeau IP pour indiquer que l'information encapsulée est un paquet IP. Le paquet Ethernet est terminé par un code CRC.



L'information vient de PC4 (adresse physique i) et est envoyée à l'imprimante 2 (adresse physique j) dans le réseau Ethernet2. Dans le paquet IP nous pouvons identifier l'en-tête qui contient l'adresse IP de la source, l'adresse IP de la destination et le drapeau TCP pour indiquer que l'information encapsulée est pour le protocole TCP.

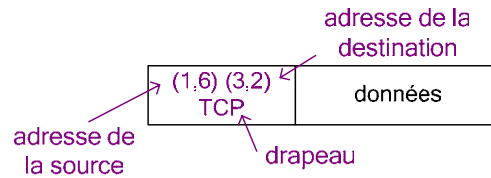


L'information vient de PC4 (adresse IP 2,2) et est envoyée à l'imprimante 2 (adresse IP 2,3) dans le réseau Ethernet2. Les données sont pour livrer à la couche TCP.

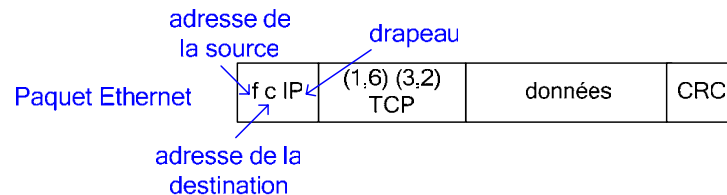


- C. (15 points) L'hôte PC2 veut envoyer un paquet TCP à l'hôte PC5. En utilisant la partie B comme exemple, esquissez le paquet envoyé par PC2 et le paquet reçu par PC5. Incluez l'en-tête pour les protocoles IP, Ethernet, et PPP.

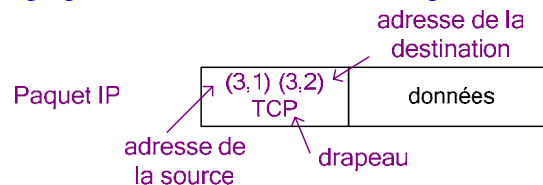
L'information vient de PC2 (adresse IP 1,6 adresse physique f) et est envoyée à PC5 (adresse IP 3,2 pas d'adresse physique). Le paquet IP aura les adresses IP et le drapeau TCP.



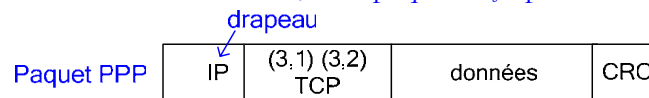
Dans la table de routage de PC2, nous aurions le routeur (adresse physique c) comme prochain saut pour les paquets envoyés à PC5. Donc l'encapsulation Ethernet sera



Dans le routeur le paquet sera livré à la couche IP qui va réencapsuler les données



La couche réseau pour la connexion PPP n'a pas besoin d'une adresse, donc il n'y a pas d'adresse dans l'en-tête, et le paquet reçu par PC5 sera



### Problem 3 (35 points out of 100)

- A. (5 points) Comparez les codes CRC et les sommes de contrôle Internet en donnant leurs avantages et leurs inconvénients, et en indiquant où ils sont utilisés.

La somme de contrôle Internet (*Internet checksum*) est utilisée dans tous les routeurs IP. Elle a été adoptée en conséquence de la simplicité et des faibles coûts de l'implémentation en arithmétique binaire. Elle est appliquée seulement aux bits de l'en-tête. Elle a une plus faible capacité de détection d'erreur que le CRC, mais est plus simple (p. 172).

Le contrôle par redondance cyclique (CRC) est utilisé dans plusieurs protocoles (HDLC, XMODEM, ATM, Ethernet, etc.). Il est appliqué aux données (pas seulement à l'en-tête). Il a une implémentation à faibles coûts avec les registres à décalage, mais est quand même plus complexe que la somme de contrôle Internet. Il a une capacité de détection d'erreur importante. Par exemple, il existe des CRC qui corrigent toutes les erreurs de 1) un bit, 2) deux bits, 3) nombre impair d'erreurs, et 4) des suites des erreurs (*error bursts*) qui ne sont pas plus longues que le code ajouté (pp. 173, 177-179).

- B. (10 points) Est-ce que nous pouvons envoyer plus d'information avec

deux fois la largeur de bande ou avec la moitié du bruit?  
 Vous pouvez supposer que le canal est de bonne qualité  
 ( $SNR \geq 15\text{dB}$ ).

Pour un canal avec largeur de bande  $W$  et un rapport signal à bruit  $SNR$ , la capacité en bits/sec est

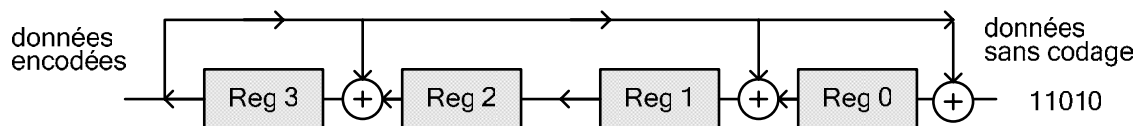
$$C_0 = W \log_2(1 + SNR) \approx W \log_2(SNR) \text{ pour } SNR \geq 15\text{dB} = 31.6$$

Notre approximation est correcte pour un canal de bonne qualité. Si nous doublons la largeur de bande, nous doublons la capacité. Si nous doublons le  $SNR$  (en réduisant le bruit par un facteur de deux), nous tirons moins d'avantage au cause de la fonction  $\log_2$ .

$$C_{2SNR} = W \log_2(2SNR) = W [\log_2 2 + \log_2 SNR] = W [1 + \log_2 SNR]$$

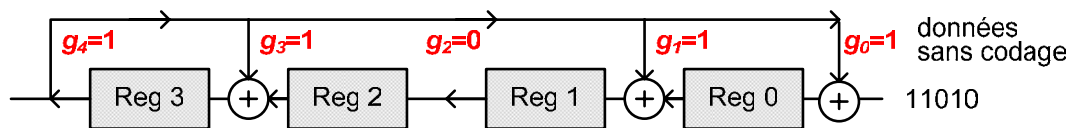
Pour notre canal,  $\log_2 SNR \geq 1.5 \log_2 10 = 1.5 \frac{\ln 10}{\ln 2} = 5$ . Donc au plus nous aurons une augmentation de 20% (1 sur 5). C'est donc préférable de doubler la largeur de bande que de doubler le  $SNR$ .

- C. (20 points) Considérez le code polynomial avec l'implémentation en 4 registres à décalage suivant pour un CRC



- a. Donnez la version polynomiale du code.

Nous pouvons lire les coefficients du polynôme en regardant les interconnexions.  
 Le coefficient constant ( $g_0=1$ ) est à l'entrée de données.



Le polynôme est donc.

$$g(x) = x^4 + x^3 + 0 \cdot x^2 + x + 1 = x^4 + x^3 + x + 1$$

- b. De combien de bits est formé le code CRC?

L'ordre du polynôme  $g(x)$  est le nombre de bits du code, soit 4.

- c. Supposons que les données sont 11010, le bit de poids fort (MSB) étant à l'extrémité gauche. Complétez la table pour les valeurs du registre de décalage. Vous devrez faire entre 4 zéros après les données pour vider le registre à décalage.

Reg 3	Reg 2	Reg 1	Reg 0
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	1	0
1	1	0	1
reg3+reg2 1+1=0	reg1= 0	reg3+reg0= 1+1=0	reg3+in= 1+0=1
0+0=0	0	0+1=1	0+0=0
0+0=0	1	0+0=0	0+0=0
0+1=1	0	0+0=0	0+0=0
1+0=1	0	1+0=1	1+0=1
1	0	1	1

- d. Quels sont les bits CRC pour données 11010?

Nous pouvons lire les bits du code dans la dernière ligne, soit 1101. Nous pouvons également les calculer à partir du polynôme comme  $x^3+x+1$ .

```

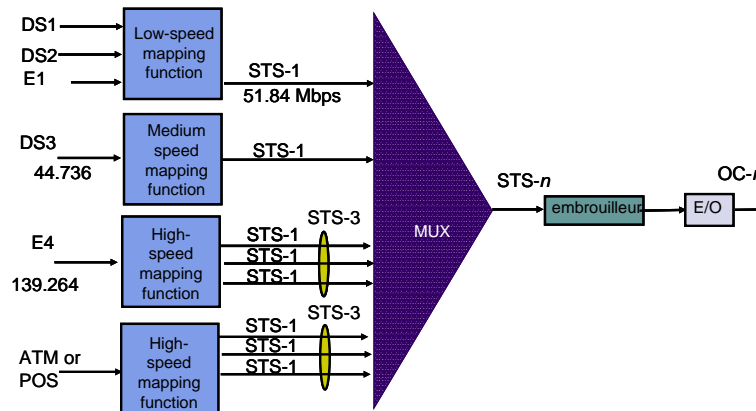
      10001
11011 | 110100000
      11011
      00010
      00000
      00100
      00000
      01000
      00000
      10000
      11011
      1011

```

$$\begin{array}{r}
 x^4 + x^3 + x + 1 \overline{) x^8 + x^7 + 0 \cdot x^6 + x^5 + 0 \cdot x^4 + 0 \cdot x^3 + 0 \cdot x^2 + 0 \cdot x + 0} \\
 \underline{x^8 + x^7 + 0 \cdot x^6 + x^5 + x^4} \phantom{+ 0 \cdot x^3 + 0 \cdot x^2 + 0 \cdot x + 0} \\
 x^4 + 0 \cdot x^3 + 0 \cdot x^2 + 0 \cdot x + 0 \\
 \underline{x^4 + 1 \cdot x^3 + 0 \cdot x^2 + 1 \cdot x + 1} \\
 x^3 + x + 1
 \end{array}$$

**Problème 4 (25 points sur 100)**

A. (5 points) Quelle est la valeur de  $n$  dans la figure suivante?



Nous avons huit lignes STS à l'entrée, donc ça prend STS-9 à la sortie (STS-8 n'existe pas). Donc  $n=9$ .

B. (10 points) Considérez les réseaux en anneau, soit unidirectionnels ou bidirectionnels.

a. Comment les anneaux bidirectionnels sont-ils mieux que les anneaux unidirectionnels?

Les anneaux bidirectionnels sont plus efficaces en largeur de bande et plus flexibles dans l'exploitation de cette efficacité (p. 229).

b. Comment les anneaux unidirectionnels sont-ils mieux que les anneaux bidirectionnels?

Les anneaux unidirectionnels sont moins complexes et moins chers (p. 227).

c. Dans quelle situation est-ce que nous installerons un anneau unidirectionnel?

Les anneaux unidirectionnels sont utilisés dans la périphérie du réseau où les taux binaires sont plus restreints (p. 227).

d. Dans quelle situation est-ce que nous installerons un anneau bidirectionnel?

Les anneaux bidirectionnels sont utilisés dans le cœur d'un réseau de longue distance où les taux binaires sont élevés et où les besoins de largeur de bande sont importants (p. 229).

e. Pourquoi est-ce que les réseaux sont en migration vers une architecture maillée au lieu d'une architecture en anneau?

Les anneaux ne sont pas faciles à gérer pour un réseau en croissance. Pour augmenter la capacité (débit binaire) pour une section du réseau, il faut augmenter la capacité pour l'anneau au complet (p. 230).

C. (10 points) Proposez un commutateur Clos sans blocage de

dimension 1152 par 1152 en utilisant seulement les composants listés dans la table suivante. Le maximum de points sera accordé seulement pour la solution la moins complexe, c'est-à-dire celle qui utilise le moins de ressources.

Commutateurs $1 \times n$	Commutateurs carrés	Commutateurs rect.
$1 \times 8$	$8 \times 8$	$8 \times 16$
$1 \times 24$	$24 \times 24$	$8 \times 24$
$1 \times 48$	$48 \times 48$	$24 \times 48$
$1 \times 144$	$144 \times 144$	$16 \times 144$

Le nombre minimal de points de croisements est

$$0 = \frac{\partial}{\partial n} C(n) = 4N - \frac{2N^2}{n^2} + \frac{2N^2}{n^3} \approx 4N - \frac{2N^2}{n^2} \Rightarrow n \approx \sqrt{\frac{N}{2}}$$

Donc nous voulons  $n = \sqrt{1152/2} = \sqrt{576} = 24$ , avec  $N/n=48$ . Pour avoir un commutateur non bloquant, nous voulons  $k \geq 2n-1=47$ . En regardant les composants disponibles, nous choisissons  $k=48$ . Donc les première et troisième sections utiliseront 48 commutateurs  $24 \times 48$  et la deuxième section utilisera 48 commutateurs de  $48 \times 48$  (pp. 236-237).