

**Réseaux Locaux, Ethernet  
CORRECTION**

**Exercice 1. : Adressage MAC**

Une entreprise dispose d'un réseau Ethernet. Un nouvel employé dans l'entreprise est doté d'un ordinateur ayant une carte Ethernet d'adresse universelle 3E 98 4A 51 49 76 (en hexadécimal). A quel niveau cette adresse est-elle gérée ? Est-il nécessaire de vérifier qu'aucun autre ordinateur ne dispose de la même adresse dans le réseau local ? Est-il possible de la modifier ?

**Réponse :**

L'adresse MAC est l'identifiant de la carte de communication. C'est une adresse associée au matériel, à savoir l'interface physique de communication. Cette adresse a été normalisée par l'IEEE et est représentée sur 6 octets en Hexadécimale. C'est en quelque sorte le numéro de série de la carte. L'unicité de cette adresse est assurée par les constructeurs des cartes, telle que : les 3 premiers octets (prefixe) indiquent le n° du constructeur, et les 3 derniers octets (3 octets) représentent le numéro de série de la carte. Deux cartes ne peuvent jamais avoir le même numéro de série. Il est donc inutile de vérifier qu'aucun autre ordinateur ne possède la même adresse (MAC) dans le réseau local. Cependant, certains constructeurs de cartes proposent de modifier de façon logicielle cette adresse. Il est donc possible de changer l'identifiant d'une carte Ethernet.

**Exercice 2. : CSMA/CD**

Sur un câble coaxial en cuivre utilisé en Ethernet 10base5, la vitesse de propagation du signal électrique est de  $2.10^8$  m/s. Quelle est la longueur maximum d'un segment pour que le réseau local puisse fonctionner correctement sachant que la taille minimale d'une trame est de 64 octets ?

**Réponse :**

On supposera le pire des cas où deux stations A et B situées sur un même segment réseau émettent simultanément une trame de taille minimale.

Il faut que la collision entre les deux trames arrive avant que l'émetteur A ait fini d'envoyer ses données.

$$\text{Temps emission} = (64 \times 8) / 10 \times 10^6 = 512 \times 10^{-7} \text{ sec}$$

$$\text{Temps propagation aller retour} = (2 \times d_{\max}) / V$$

$$\text{Ainsi, } d_{\max} = 512 \times 10^{-7} \times 2 \times 10^8 / 2 = 5120 \text{ m}$$

**Ethernet 3 : Analyse de trames**

Rappels : Structure d'une trame **Ethernet**

Destination (6)	Source(6)	Type(2)	Données(n)
-----------------	-----------	---------	------------

**Type** (0800 IP, 0806 ARP, 00c0 PPP)

Rappels : Structure d'un paquet **ARP** :

Type mat. (2)	Protocole (2)	T. mat (1)	T. prot (1)	OP (2)	Adr. Mac émetteur. (6)	Adr. IP émetteur (4)	Adr. Mac destinataire. (6)	Adr. IP Destinataire (4)
---------------------	------------------	------------------	-------------------	-----------	------------------------------	----------------------------	----------------------------------	--------------------------------

**OP (0001 requête, 0002 réponse)**

Soient les suites hexadécimales ci dessous correspondant à la capture de deux trames de réseaux local Ethernet par un logiciel sniffer. Les octets de préambules ne sont pas représentés.

**Trame n°1 :**

```
FF FF FF FF FF FF 08 00 20 02 45 9E 08 06 00 01 08 00 06 04 00
01 08 00 20 02 45 9E 81 68 FE 06 00 00 00 00 00 00 81 68 FE 05
```

**Trame n°2 :**

```
08 00 20 02 45 9E 08 00 20 07 0B 94 08 06 00 01 08 00 06 04 00
02 08 00 20 07 0B 94 81 68 FE 05 08 00 20 02 45 9E 81 68 FE 06
```

En vous aidant du manuel de cours et/ou de l'Internet, veuillez :

1. Préciser les valeurs et les significations des différents champs des trames échangées.
2. Que représente la valeur « FF FF FF FF FF FF » ? Quand a-t-on besoin de l'utiliser ?
3. A quoi sert le protocole ARP (Adresse Resolution Protocol) ? Donner un sens à ces échanges de trames.

#### Trame 1

FF FF FF FF FF FF @ Ethernet de destination : diffusion

08 00 20 02 45 9E @ Ethernet de source

08 06 type Ethernet : la trame Ethernet encapsule un paquet ARP

---suivent les données Ethernet, i.e. le paquet ARP---

00 01 Hardware : le type d'interface pour laquelle l'émetteur cherche une réponse est Ethernet

08 00 Protocol : l'@ logique est de type IP

06 Hlen : la longueur de l'@ physique = 6 octets pour Ethernet

04 Plen : la longueur de l'@ de protocole = 4 octets pour IP

00 01 Operation : le paquet est une requête ARP

08 00 20 02 45 9E Sender HA : l'@ Ethernet de l'émetteur

81 68 FE 06 Sender IA : l'@ Ip de l'émetteur

00 00 00 00 00 00 Target HA : mis à 0 dans la requête puisque c'est l'inconnue !

81 68 FE 05 Target IA : l'@ IP de la station pour laquelle l'émetteur souhaite obtenir l'@ Ethernet

#### Trame 2

08 00 20 02 45 9E @ Ethernet de destination

08 00 20 07 0B 94 @ Ethernet de source

```
08 06 type Ethernet : la trame Ethernet encapsule un paquet ARP
---suivent les données Ethernet, i.e. le paquet ARP---
00 01 Hardware : le type d'interface pour laquelle l'émetteur cherche une réponse est
Ethernet
08 00 Protocol : l'@ logique est de type IP
06 Hlen : la longueur de l'@ physique = 6 octets pour Ethernet
04 Plen : la longueur de l'@ de protocole = 4 octets pour IP
00 02 Operation : le paquet est une réponse ARP
08 00 20 07 0B 94 Sender HA : l'@ Ethernet de l'émetteur
81 68 FE 05 Sender IA : l'@ Ip de l'émetteur
08 00 20 02 45 9E Target HA : l'@ Ethernet du destinataire
81 68 FE 06 Target IA : l'@ IP du destinataire
La machine d'@ IP 129.104.254.6 (classe B) et d'@ Ethernet 08 00 20 02 45 9E demande l'@
Ethernet de la machine d'@ IP 129.104.254.5 : c'est 08 00 20 07 0B 94.
```

2. FF FF FF FF FF FF représente une adresse Ethernet particulière, appelée adresse de diffusion, ou adresse broadcast. Le **Broadcast** désigne une méthode de transmission de données à l'ensemble des machines d'un même réseau.

L'adresse Ethernet de broadcast ne peut donc être utilisée que comme adresse de destination. Les stations l'utilisent pour envoyer des informations ou des requêtes à toutes les autres stations dans le même segment de réseau local sans se préoccuper du nombre exact de stations, ni de leur adresse Ethernet respective. Plusieurs mécanismes ou protocoles l'utilisent, notamment DHCP pour la configuration des machines, ou ARP pour la résolution d'adresses (voir ci-dessous ARP).

3. L'Address resolution protocol (ARP, protocole de résolution d'adresse) est un protocole effectuant la traduction d'une adresse de protocole de couche réseau (typiquement une adresse IPv4) en une adresse de réseau local (typiquement une adresse Ethernet), ou même de tout matériel de couche de liaison.

Il a été défini dans la RFC 826 : An Ethernet Address Resolution Protocol.

Il est nécessaire au fonctionnement d'IPv4.

La station d'@ 00 60 08 61 04 7b souhaite transmettre des données IP à une autre station dont elle ignore l'adresse Ethernet (physique). Elle ne connaît que son adresse IP (. Pour y parvenir elle « diffuse » (broadcast FF FF FF FF FF FF) une trame de type ARP requête (OP : 0001) pour obtenir cette information. La station qui reconnaît son adresse IP dans la requête ARP, réponds et informe la station émettrice qui peut à présent transmettre des données en direct.

#### Exercice 4. Simulation du protocole CSMA/CD

Soit un réseau local Ethernet en bus comportant 4 stations : A,B,C et D utilisant la méthode d'accès au support CSMA/CD.

A l'instant t=0, la station A commence à transmettre une trame dont le temps d'émission dure 6 slots.

A t=5, les stations B, C et D décident chacune de transmettre une trame de durée de 6 slots.

L'algorithme de reprise après collision est les suivant :

*Procédure Reprise\_après\_collision (attempts : integer ; maxBackOff : integer) ;*

(attempts : compteur de tentatives de transmission)  
(maxBackOff : borne supérieure de l'intervalle de tirage)

CONST

slotTime = 51,2 $\mu$ s ;  
backOffLimit = 10 ;

VAR

r, Delay : integer /\*Nombre de slots d'attente avant de retransmettre\*/

Begin

```
{
  if attempts = 1 then maxBackOff := 2 ;
  else {if attempts <= backOffLimit
then maxBackOff := maxBackOff*2;
  else maxBackOff := 210;}
  r := delay := int(random*maxBackOff);
  wait (delay*slotTime);
}
```

End;

Int() est une fonction qui rend la partie entière par défaut d'un réel.

Random() est une fonction qui tire de manière aléatoire un nombre réel dans [0 ;1[

On considère que la fonction random rend respectivement les valeurs données par le tableau suivant :

Stations	A	B	C	D
1 <sup>er</sup> tirage	2/3	1/4	1/2	3/4
2 <sup>eme</sup> tirage	1/4	3/5	1/4	1/4
3 <sup>eme</sup> tirage	2/5	1/3	1/2	1/8

1°/ Dessiner un diagramme des temps gradués en slots décrivant le déroulement des différentes transmissions de trame.

On adopte la schématisation suivante :

A	A	A	A	X		B	B		X
---	---	---	---	---	--	---	---	--	---

- Un slot occupé par la transmission correcte d'une trame de la station A est notée A
- Un slot occupé par une collision est noté X.
- Un slot non occupé reste vide

2°/ Calculer sur la période allant de t=0 à la fin de la transmission de la dernière trame, le taux d'utilisation du canal pour la transmission effective des trames

3°/ Calculer le délai moyen d'accès au support. Est-il borné ?

1. le diagramme des temps pour ce scénario est le suivant :

A	A	A	A	A	A	X	B	B	B	B	B	B	X	O	X	O	D	D	D
T=0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

D	D	D	C	C	C	C	C	C
20	21	22	23	24	25	26	27	28

à t=0 : A émet sa trame qui occupe 6 slot-time ;

à  $t=6$  : collisions entre B, C et D, appel à la fonction BEB.  
à  $t=7$  : B émet sa trame car obtient un  $TBEB = r = 0$   
à  $t=8$  : C et D essaye d'émettre en écoutant le canal  
à  $t=13$  : collision entre C et D  
à  $t=14$  : aucune transmission sur le réseau  
à  $t=15$  : collision entre C et D  
à  $t=16$  : aucune transmission sur le réseau  
à  $t=17$  : D émet sa trame  
à  $t=23$  : émet sa trame  
à  $t=28$  : fin des transmissions

N° essai	N° Station	Maxbackoff	Random()	R = delay
1	B	2	1/4	0
	C	2	1/2	1
	D	2	3/4	1
2	C	4	1/4	1
	D	4	1/4	1
3	C	8	1/2	4
	D	8	1/8	1

2. Tx d'utilisation du canal = Nb de slots occupées par des trames / Nbre de slots totale utilisés  
 $Tx = 6 \times 4 / 29 = 24 / 29 = 0,827$  soit **82,7%**

3. Le délai moyen d'accès au support :

Station A :  $0 - 0 = 0$  (temps A commence effectivement emission – temps A veut émettre)

Station B :  $7 - 5 = 2$

Station C :  $23 - 5 = 18$

Station D :  $17 - 5 = 12$

Délai d'accès moyen =  $0 + 2 + 18 + 12 / 4 = 8$  slot-time =  $8 \times 51,2$  microsec = **409 microsec**