

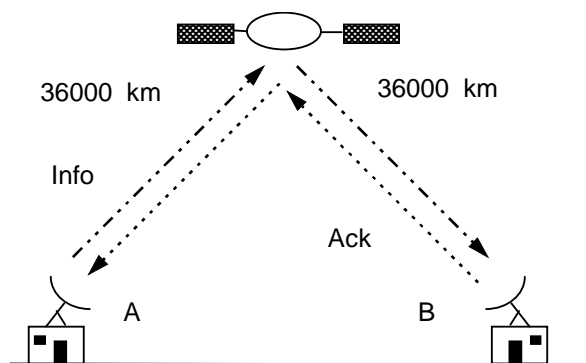
# Module A42

## Réseaux : architectures, modèles, et protocoles

### Travaux Dirigés Série n°1 – Correction

#### Exercice 1 :

On considère une liaison satellite "parfaite" à 64 kbits/s entre deux points A et B du globe. Le satellite est en position géostationnaire à 36000 km d'altitude. La vitesse de propagation du signal entre la terre et le satellite est de 300 000 km/s. Le délai électronique d'amplification et de régénération du signal sur le satellite est considéré comme négligeable dans le cadre de cet exercice. Les trames échangées ont une taille de 512 octets (dont 12 octets d'en-tête) dans un sens tandis que les acquittements revenant dans l'autre sens ont une taille de 10 octets.



Soit

- W : Taille de la fenêtre en nombre de trames,
- F : longueur trame (y compris l'en-tête) = 4096 bits,
- D : longueur du champ données = 4000 bits,
- Ack : longueur de l'accusé de réception = 80 bits,
- C : Débit de la liaison = 64000 bits/s
- Distance A → B en passant par le satellite  $2 \times 36000 = 72000$  Km
- I : Délai de propagation de A à B soit  $72000 / 300000 = 0,24$  s

1°) Exprimez de manière générique la durée de l'échange d'une trame et de son acquittement.

2°) Quelle est la condition pour que A puisse émettre continu. Exprimer W pour que cette condition soit remplie.

3°) Evaluer le débit utile maximal dans les situations suivantes

- Lorsque la condition du 2°) est remplie,
- Lorsque la condition du 2°) n'est pas remplie,
- pour les tailles de fenêtre suivantes : 1, 7, 15 et 127

### Corrigé

1°)

à l'instant t0	A commence à émettre,
à t0 + F/C + I	B a reçu la trame,
à t0 + F/C + I + Ack/C	B a émis l'accusé de réception,
à t0 + F/C + I + Ack/C + I	A a reçu l'Ack

2°)

A peut émettre en continue si W est suffisamment grand pour que la fenêtre ne soit jamais fermée. Dans ce cas il recevra les Acks (accusés de réception) qui lui ouvriront la fenêtre au fur et à mesure.

Cette condition est remplie si  $W \times F/C$  (temps d'émission de W trames) est supérieure à  $F/C + 2I + Ack/C$  (temps d'émission de la première trame et réception de l'Ack correspondant).

Donc si  $W \times F/C \geq F/C + 2I + Ack/C$

soit  $W \geq 1 + 2CI/F + Ack/F$

$W \geq 1 + (2 \times 64000 \times 0,24 / 4096) + (80 / 4096) = 8,52$

A occupe, alors, le canal en permanence et au mieux de sa capacité.

3-a)

Le débit utile est alors égal au débit du support pondéré par le rendement du protocole :

$$C \times D/F$$

Dans notre cas avec  $W \geq 1 + 7,5 + 0,01953 = 8,52$ , le débit utile est alors :  
 $64000 \times 4000/4096 = 62500 \text{ bits/s}$

### 3-b)

$W$  est trop petit, il y a alors des temps d'attente, car la fenêtre est "bloquée". A peut émettre  $W$  trame et attend l'Ack pour être autorisé à émettre de nouveau. Chaque cycle va durer

$F/C + I + Ack/C + I$   
 avec  $F/C$  temps d'émission de la première trame,  
 $I$  temps de propagation,  
 $Ack/C$  temps d'émission de l'Ack.

à  $t_0 + F/C + 2I + Ack/c$ , A aura reçu l'Ack et pourra émettre une trame supplémentaire.

Le débit utile est alors dans ce cas  $W.D / (F/C + 2I + Ack/C)$ .

Dans notre cas  $W \times 7336$

### 3-c)

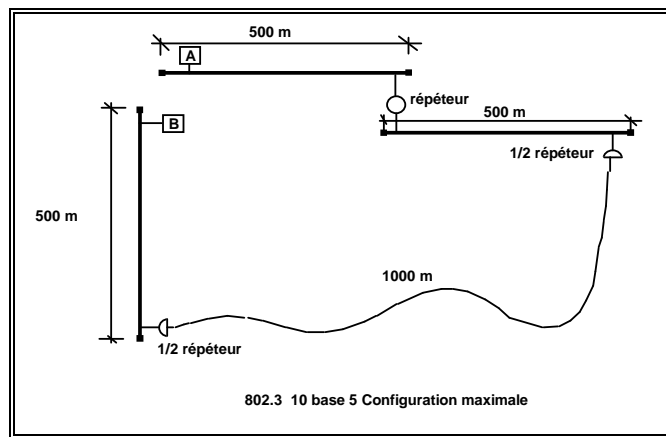
$W = 1$  Débit utile = 7336 bits/s

$W = 7$  Débit utile = 51342 bits/s

$W = 15$  Débit utile = 62500 bits/s (même débit pour  $W = 127$  et pour tout  $W \geq 9$ )

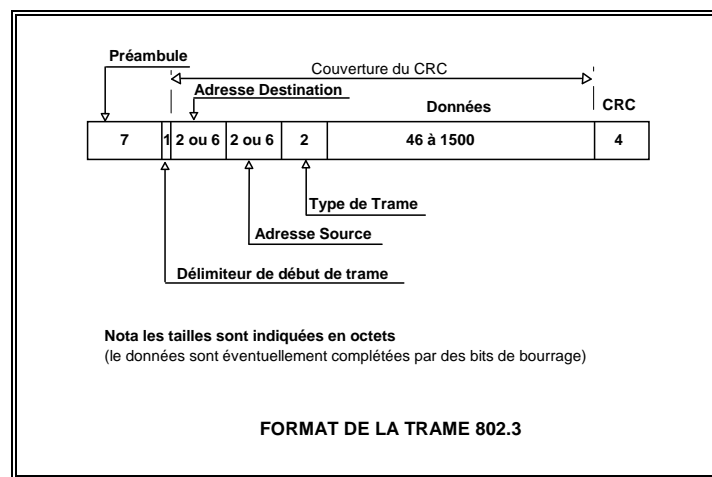
Ce qu'il faut retenir en conclusion, c'est que l'on utilise au mieux le canal lorsque le signal représentant l'information occupe sur le support une longueur équivalente à l'aller/retour entre l'émetteur et le récepteur (deux fois la "contenance" du support en quelques sortes). Pour occuper au mieux le support on peut soit allonger la taille des trames (ce qui pose des problèmes en cas de réémission), soit augmenter le nombre de trames que l'on est autorisé à émettre sans attendre d'accusé de réception (c'est à dire augmenter la taille de la fenêtre).

Exercice 2 :



Dans cette configuration le délai de propagation du signal entre la station A et la station B est de 25,6 micro secondes

- 1°) Calculer la durée maximale de détection de collision,
- 2°) En déduire la taille en bits de la trame minimale,
- 3°) Qu'en déduisez vous par rapport au format de la trame 802.3



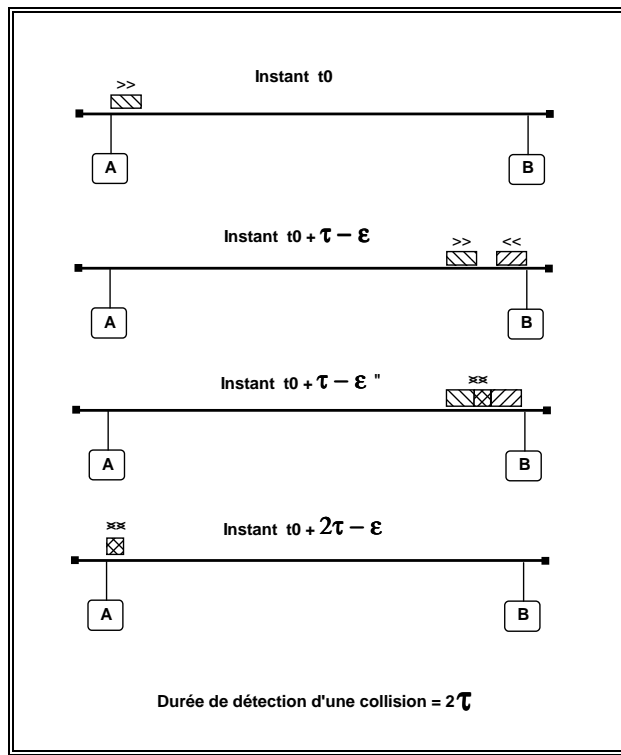
- 4°) La norme 802.3 impose un délai intertrame minimal entre deux trames successives de 9,6 microsecondes. Ce délai est nécessaire pour l'écoute du silence avant émission, de plus il assure que 2 trames successives ne se suivent pas de trop près, ce qui pourrait imposer des contraintes coûteuses aux organes de réception.

Quel est le nombre maximum de trames par seconde que peut transmettre un réseau 802.3, sachant que l'on utilise des adresses MAC sur 6 octets.

**Corrigé :**

- 1°) Calculer la durée maximale de détection de collision,

$\tau$  étant le délai de propagation du signal d'un bout à l'autre du réseau, le délai maximal de détection de collision vaut  $2\tau$  durée appelée RTD (Round Trip Delay), soit dans notre cas  $2 \times 25,6 = 51,2$  micro secondes.



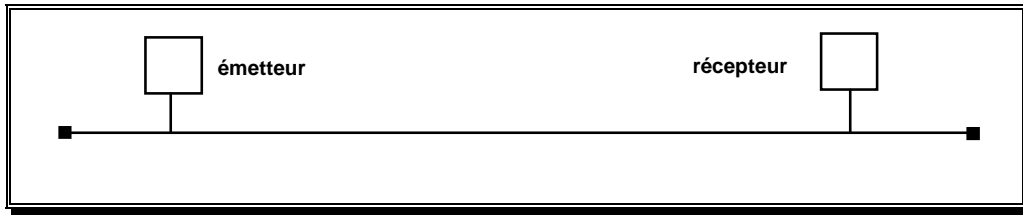
2°) En déduire la taille en bits de la trame minimale,

802.3 => débit de 10 Mb/s, soit 10 bits par micro seconde  
 en 51,2 micro secondes on peut émettre 512 bits. En imposant une taille de trame minimale à 512 bits, on a la garantie de toujours détecter les collisions.

3°) Qu'en déduisez vous par rapport au format de la trame 802.3

512 bits = 64 octets = longueur minimale de la trame sur un réseau 802.3.  
 La taille minimale du champ données en 802.3 est de 46 octets (complété par du PAD (bourrage) si on désire transmettre moins de 46 octets), ce qui correspond à une trame de 64 octets si on utilise des adresses MAC codées sur 2 octets.  
 Actuellement toutes les adresses MAC sont codées sur 6 octets, la trame minimale fait donc 72 octets (> 512 bits) on est donc sur de détecter toute collision.

4°) La norme 802.3 impose un délai intertrame minimal entre deux trames successives de 9,6 microsecondes. Ce délai est nécessaire pour l'écoute du silence avant émission, de plus il assure que 2 trames successives ne se suivent pas de trop près, ce qui pourrait imposer des contraintes coûteuses aux organes de réception.  
 Quel est le nombre maximum de trames par seconde que peut transmettre un réseau 802.3, sachant que l'on utilise des adresses MAC sur 6 octets.



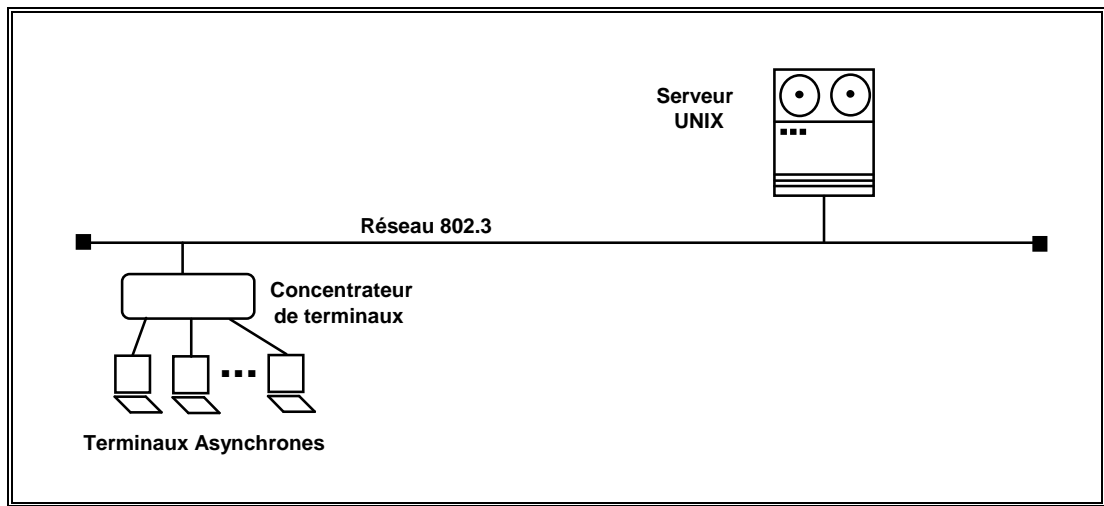
Dans cette configuration le débit en trames/s est maximal, il n'y a pas de collisions (un seul émetteur, un seul récepteur)

Avec des adresses MAC sur 6 octets la trame minimale est de 72 octets (576 bits),

L

e délai inter trame étant de 9,6 micro secondes (équivalent à 96 bits), l'émetteur pourra au plus transmettre  $10 \times 10^6 / (576 + 96) = 14880$  trames/s

### Exercice 3 :



- Le protocole utilisé est le 802.3,
- Les adresses MAC sont codées sur 6 octets,
- Chaque terminal émet en moyenne 5 car/s,
- On souhaite ne pas dépasser 35% de charge, (on considère en effet que d'après les études théoriques effectuées sur ALOHA qu'au delà de 35% de charge (débit utile / débit initial) la dégradation des performances devient sensible).
- La machine Unix renvoie les caractères en écho.

Compte tenu de ces contraintes, quel est le nombre maximum de terminaux ?

**Corrigé :**

35 % de 10 Mbits/s = 3,5 Mbits/s,

Chaque caractère fait l'objet d'une trame minimale 802.3, soit 72 octets (cf. exercice précédent) auxquels s'ajoutent les 96 équivalents bit du délai intertrame.

Les trames sont renvoyées en écho. Le débits en bits/s pour une station est donc  $5 \times 2$  (écho)  $\times 672$  bits = 6720 bits/s

$N \times 6720 \leq 3,5 \times 10^6$  bits/s soit  $N \leq 520$  stations

En partant des résultats de l'exercice précédent 35% de 14880 = 5208

Chaque station va consommer en moyenne  $5 \times 2$  trames par seconde, il faudra veiller à ne pas dépasser 520 stations

Si on active la fonctionnalité d'écho local sur le concentrateur on pourra mettre plus de 1000 stations avant d'atteindre le seuil de 35 % de charge.

**Exercice 4 :**

Un réseau local en anneau comprend 10 stations uniformément réparties. La vitesse de propagation du signal est de 200 000 Km/s. Les trames MAC ont une longueur totale de 256 bits.

Calculer le nombre de bits en transit sur les configurations suivantes:

- Pour une longueur de 10 km et un débit de 5 Mbits/s,
- pour une longueur de 1 km et un débit de 500 Mbits/s,
- comparer les deux anneaux du point de vue du nombre de trames en transit et du débit utile, si la station émettrice attend le retour de sa propre trame pour réinjecter le jeton sur l'anneau.

**Corrigé :**

a)

10 Km à 200 m/micro-seconde  $\Rightarrow$  1 bit met 50 micro-secondes pour parcourir l'anneau, en 50 micro-secondes la station émet  $5 \times 10^6 \times 50 \times 10^{-6}$  soit 250 bits, (ce qui signifie que l'anneau contient 1 trame complète),

La durée d'émission est de  $256 / 5 \times 10^6 = 51,2$  micro-secondes

La durée de propagation est de 50 micro secondes.

La trame sera complètement revenue à l'émetteur à  $t_0 + 101,2$  micro secondes.

Le débit réel sur l'anneau est donc  $256 / 101,2 \times 10^{-6}$  soit 2,529 Mb/s. (soit 50% d'efficacité).

Pour améliorer l'efficacité il faut en général que la durée de propagation devienne négligeable par rapport à la durée d'émission. Dans notre cas si les

trames avaient une longueur de 512 bits le débit réel passerait à 3,359 Mb/s et pour des trames de 5120 bits le débit réel serait de 4,767 Mb/s.

b)

1 km à 200 m/micro-seconde => 1 bit met 5 micro-secondes pour parcourir l'anneau.

en 5 micro-secondes la station émet  $500 \cdot 10^6 \times 5 \cdot 10^{-6}$  soit 2500bits.

Une trame de 256 bits sera émise en  $256 / 500 \cdot 10^6$  soit 0,512 micro secondes.

or les 256 bits vont parcourir l'anneau en 5 micro-secondes.

Le débit réel de la station est donc  $256 / 5,512 \cdot 10^{-6} = 46,4$  Mbits/s au lieu des 500 Mbit/s soit moins de 10% d'efficacité.

(Pour des trames de 5120 bits temps d'émission + temps de propagation = 15,24 micro seconde, débit réel = 335,958 Mb/s)

c)

L'utilisation de la bande passante dans la deuxième configuration est médiocre. L'allongement de la taille des trames permettra d'améliorer l'efficacité.