

# Internet - TD 1 - TCP : le contrôle de congestion

Objectifs :

- comprendre le contrôle de congestion dans la pile IP.

## Exercice 1 : Le protocole TCP

On demande de tracer le chronogramme d'une connexion TCP complète entre deux hôtes A et B et de donner la durée de cette connexion. Durant cette connexion (le transfert HTTP d'une page web, par exemple), le poste serveur, B, envoie 15000 octets de données au client A puis met fin à la connexion.

Nous supposons que ce dernier n'envoie aucune donnée, qu'il n'y a aucune erreur ni perte. La version de TCP utilisée sera New Reno, la taille de fenêtre de réception sera de 20 segments.

Les temps de traitement seront négligés, de même que les tailles des divers en-têtes. La MTU sera dans tous les cas de 1500 octets.

Sur un réseau ethernet les stations A et B sont reliées par un lien ethernet full-duplex à 10 Mbps et distantes de 100 mètres, la vitesse de propagation du signal est de  $2 \times 10^8$  m/s .

Sur un lien satellite les stations A et B sont reliées par un lien satellite géostationnaire offrant un débit de 1 Mbps.<sup>[1]</sup> (<https://sanik.inpt.fr/yvwEsUiOQByEpMbjP-OtQw#fn1>)

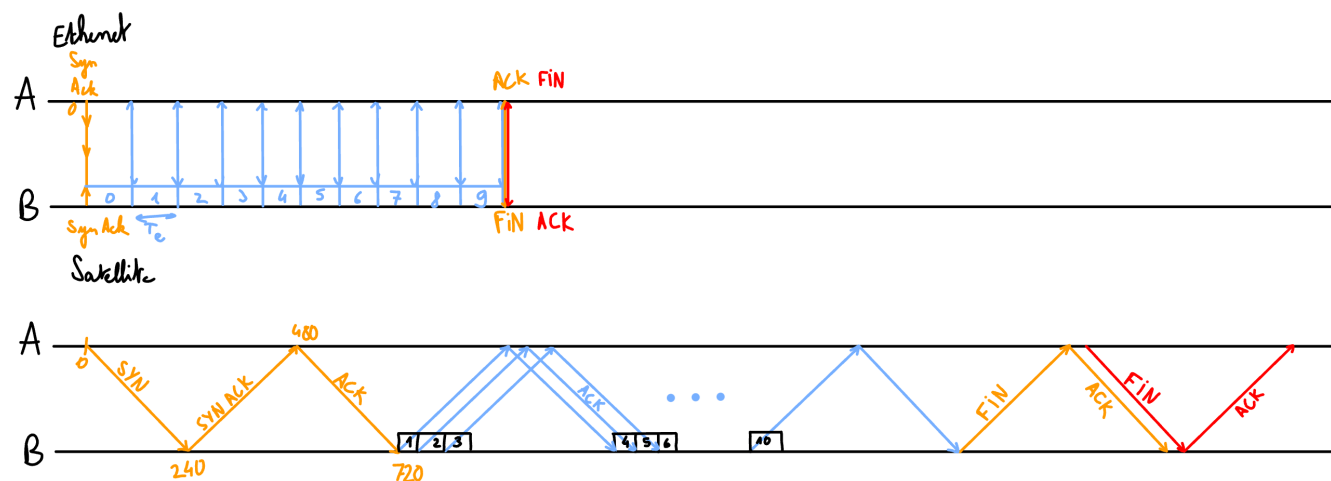
- **[Q1]** Donner, dans les deux cas, le taux d'utilisation de la ligne, c'est-à-dire le rapport entre le débit théorique de la ligne et le débit réellement obtenu.

On considère que la taille initiale de awnd est de 3.

Temps d'émission	Temps de propagation
$te_{10Mbps} = \frac{1500 \times 8}{10^7} = 12 \text{ ms}$	$tp_{eth} = \frac{100}{2 \cdot 10^8} = 0.5 \text{ } \mu\text{s}$
$te_{1Mbps} = 12 \text{ ms}$	$tp_{sat} = \frac{36000 \times 2}{300000} = 240 \text{ ms}$

Ethernet : le taux d'utilisation de la ligne est de 100%.

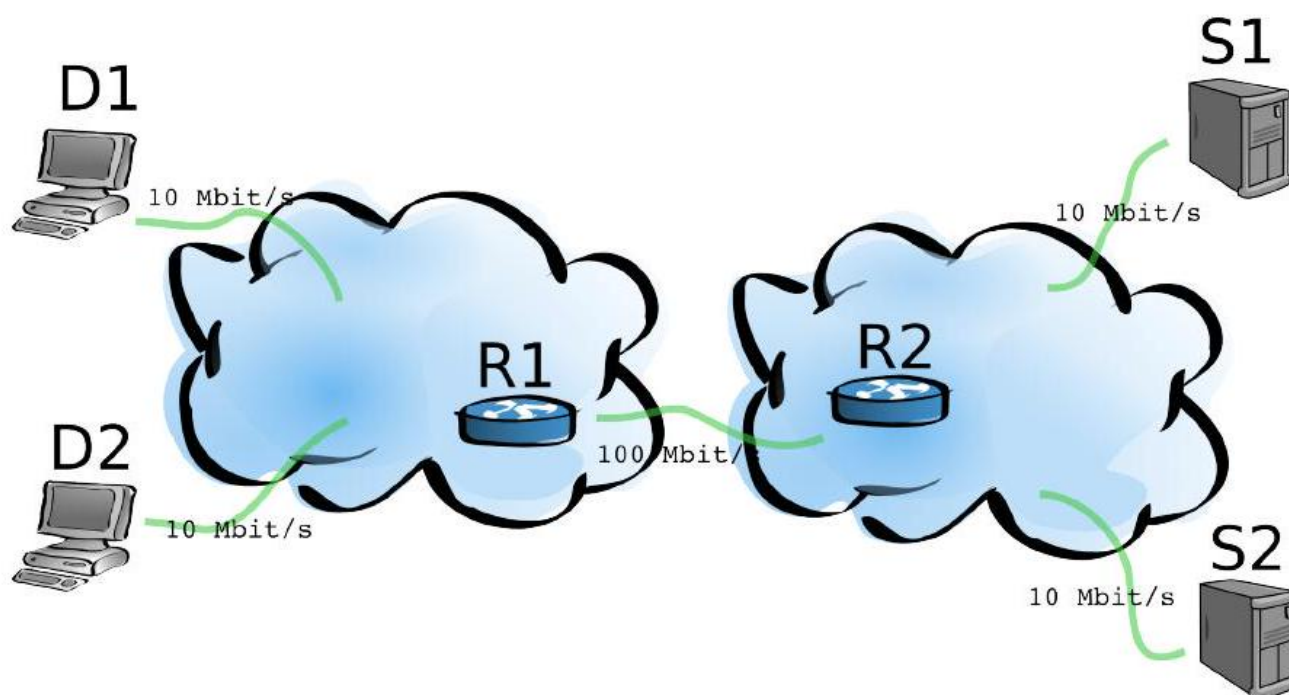
Satellite : le taux d'utilisation de la ligne est de 4%. 🐼



- [Q2] Commentez les résultats de la question précédente.

## Exercice 2 : L'inéquité de TCP

Imaginons deux connexions TCP New Reno, l'une entre S1 et D1, l'autre entre S2 et D2 (voir la figure 1).



Nous prendrons les hypothèses suivantes :

- Les machines S1 et S2 ont en permanence des données à émettre, les machines D1 et D2 n'ont pas de données à émettre.
- Le chemin de S1 vers D1 et le chemin de S2 vers D2 ne changent pas durant la connexion.
- Ces chemins passent par un même lien entre deux routeurs consécutifs R1 et R2.
- Le débit du lien entre ces deux routeurs est de 100 Mbit/s, et il est utilisé à moins de 80 % avant que les deux connexions ne débutent.
- Le débit des réseaux d'accès de chacune des machines est de 10 Mbit/s (et chacun de ces liens ne sert qu'à acheminer la connexion concernée), le débit de tous les autres liens impliqués est largement supérieur (considéré comme infini).
- Le temps d'aller-retour est de 50 ms entre S1 et D1 et de 25 ms entre S2 et D2. Ces temps d'aller-retour seront supposés constants quel que soit l'état du réseau.
- Les tailles des différents en-têtes seront considérés comme négligeables.
- Nous appellerons  $L$  la taille (exprimée en bits) d'un segment de données que nous supposerons constante et identique pour toutes les connexions :  $L=10$  Kbits.
- Nous supposerons que seul le contrôle de congestion impose des contraintes aux connexions TCP auxquelles nous nous intéressons (autrement dit, nous supposerons que  $awnd$  est très grand).
- Nous appellerons  $W_1$  (respectivement  $W_2$ ) la taille de fenêtre d'émission de S1 (respectivement S2).

$RTT_1 = 50$ ms	$RTT_2 = 25$ ms	$L = 10000$ bits

- **[Q1] [Calcul de la taille de fenêtre idéale]** - En négligeant la surcharge induite par l'encapsulation, quelle est la valeur de la taille de fenêtre "idéale", c'est-à-dire la plus petite valeur permettant d'émettre en permanence ? On donnera une expression puis la valeur numérique de  $W_1^i$  et  $W_2^i$  (valeur "idéale" de  $W_1$  et  $W_2$ ) pour S1 et S2.

Max emission => taille fenêtre

Quand fenêtre pleine => on attend le retour d'un RTT pour pouvoir ré-emettre.

Débit théorique:  $D_{théorique} = \frac{W}{RTT}$

Soit taille de la fenêtre idéale :  $W^i \geq RTT * D_{min}$  où  $D_{min}$  est le plus petit débits des liens empruntés par la connexion.

$$W_1 = 10^7 \times 50 \times 10^{-3} = 500 \text{ kbit} = 50 \text{ seg}$$

$$W_1 = 10^7 \times 25 \times 10^{-3} = 250 \text{ kbit} = 25 \text{ seg}$$

- **[Q2] [Débits utiles]** - Quelle est la valeur numérique du débit ( $C_1$  et  $C_2$ ) que pourra alors théoriquement atteindre chacune des deux connexions avec une telle taille de fenêtre ?

10 Mbit/s

Supposons maintenant que, alors que S1 et S2 émettent à ces débits (et donc  $W_1 = W_1^i$ ,  $W_2 = W_2^i$ ), d'autres trafics apparaissent passant par le lien entre R2 et R1. Nous supposons que l'ensemble des trafics devant transiter entre ces deux routeurs cumule rapidement un débit total **largement supérieur à celui du lien**.

- **[Q3] [Confluence des trafics]** - Quel phénomène apparaît sur R2 ? Quelles sont les conséquences pour les diverses connexions TCP ?

Un phénomène de **CONGESTION** apparait sur l'interface de sortie R2 -> pertes massives de segments.

On va avoir des pertes de paquets. (Tellement qu'on aura plus rien :p)

- **[Q4] [Modification de la fenêtre TCP]** - Comment ces conséquences vont être prises en compte par les émetteurs TCP de S1 et S2 ? (Nous supposons que les deux émetteurs réagissent de la même façon). On précisera en particulier la taille de fenêtre qui sera alors utilisée par chacune de ces deux entités.

Pertes massives -> Pas d'acquittement (ACK) -> RTO.

Face à un RTO =>

$$W_1 = 10 \text{ kbits} = 1 \text{ seg}$$

$$W_2 = 10 \text{ kbits} = 1 \text{ seg}$$

On mets également à jour SSThreshold:  $ssthreshold = \frac{W^i}{2}$

- **[Q5] [Débits utiles]** - Quel débit pourra alors théoriquement fournir chacune des deux connexions avec une telle taille de fenêtre (si elle restait alors constante) ? On donnera une expression en fonction de L notemment.

$$C_1 = \frac{W_1 \times L_1}{RTT_1} = 200 \text{ kbits/s}$$

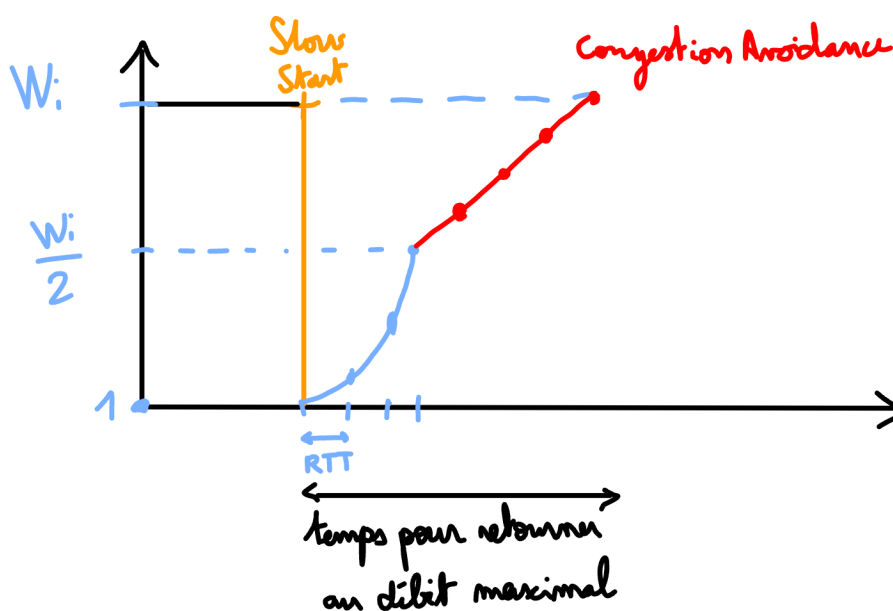
$$C_2 = 400 \text{ kbits/s}$$

Supposons que le débit du trafic entre les routeurs R2 et R1 soit maintenant revenu à une valeur inférieure à la capacité du lien.

- **[Q6] [Baisse de débit sur le lien entre R2 et R1]** - Quelles peuvent être les raisons pour lesquelles ce débit a diminué ?

Si la majorité des flux utilisent, TCP ils vont faire un RTO et diminuer leur  $W$  et le débit va largement baisser.

- **[Q7] [Évolution de la fenêtre TCP]** - Comment va alors évoluer dans le temps la taille de la fenêtre de l'émetteur TCP de chaque connexion ( $W_1$  et  $W_2$ ) ? On décrira brièvement mais clairement les deux phases successives en donnant en particulier pour chaque phase la valeur ajoutée à  $W$  à chaque cycle ainsi la durée de chacun de ces cycles.



$$ssthreshold = \frac{W_i}{2}$$

- **[Q8] [Retour à la "normale"]** - Donner alors une expression de la durée nécessaire pour atteindre à nouveau  $W_1 = W_1^i$ ,  $W_2 = W_2^i$  (et donc le débit calculé dans la deuxième question). Pour cela, on déterminera en particulier le nombre de cycles de chacune des deux phases décrites dans la question précédente.

On passe à un débit de 10 Mbits/s en  $RTT \times (\lceil \log_2(\frac{W_i}{2}) \rceil + \frac{W_i}{2})$

- **[Q9] [Application numérique]** - Comparer les valeurs de cette durée dans le cas des deux connexions envisagées.

1. Pour  $W_1$ :  $50 \times (5 + 25) = 1500$  ms
2. Pour  $W_2$ :  $25 \times (4 + 13) = 425$  ms

- **[Q10] [Équité de TCP]** - Que peut-on conclure sur l'équité de TCP ? En quoi cela peut-il paraître contraire à l'intuition ? Quelle est la raison profonde de ce résultat ?

TCP n'est pas équitable car les calculs dépendent du RTT qui n'est pas le même pour

toute les machines.

- **[Q11] [Choix de la fenêtre idéale]** - Quels mécanismes de la pile IP permettent de déterminer et mettre en place la taille de la fenêtre idéale évoquée dans la première question ? Quelles sont les conséquences ?

La fenêtre idéale n'existe pas. En effet, la valeur du RTT n'est jamais constante.

1. On rappelle qu'un satellite géostationnaire est à une altitude de 36000 km et que la vitesse de propagation du signal est de 300000 km/s. ↔ (<https://sanik.inpt.fr/yvwEsUiOQByEpMbjP-OtQw#fnref1>)