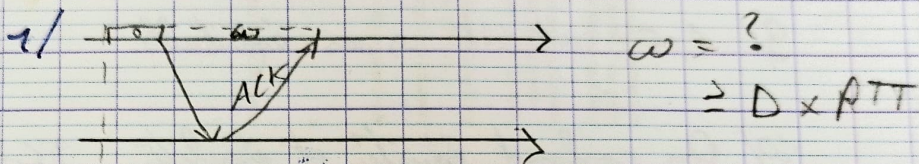
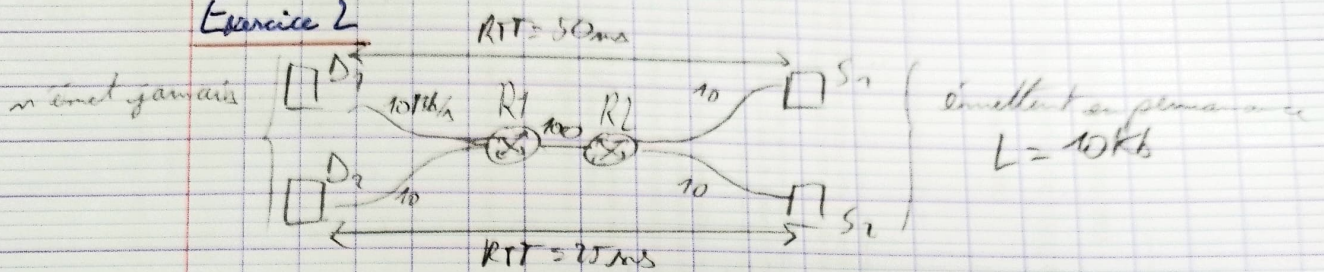


TD 1 Internet

Exercice 2



$$W_1 \geq D \times RTT_1 = 500 \text{ Kb} \Rightarrow 50 \text{ seg}$$

$$W_2 \geq D \times RTT_2 = 250 \text{ Kb} \Rightarrow 25 \text{ seg}$$

2/ $C_x = \min\left(\frac{W_x}{RTT}, RTT\right)$

- 3/ On a congestion en entrée de R_2 côté source
- \Rightarrow ① remplissage très rapide du buffer de R_2
 - \Rightarrow perte des messages
 - \Rightarrow ② pertes massives pour TCP
 - \Rightarrow RTO

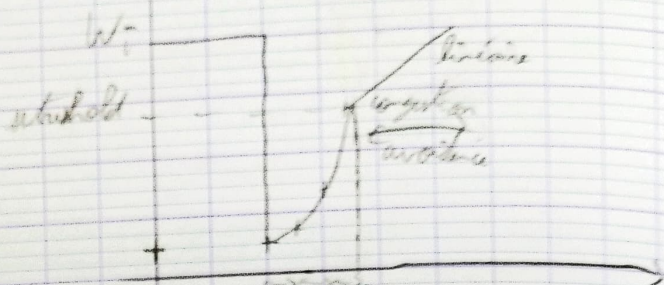
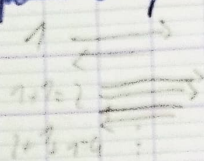
4/ 1 RTO \Rightarrow $\text{cwnd} \leftarrow 1$, on passe alors en 'slow-start'

5/ et $C_1 = RTT^{-1} \times L = 200 \text{ hb/s}$

$C_2 = RTT^{-1} \times L = 400 \text{ hb/s}$

- 5/ TCP et les flux TCP friendly vont détecter la congestion et réduire leur débit
- \Rightarrow résorption de la congestion

7/ Au fil du temps $W \nearrow$:
pour chaque ACK, on augmente le nombre de segment



$$8 \quad t_{w_i} = \left(\log_2 \left(\frac{W_i}{2} \right) + \frac{W_i}{2} \right) \times RTT_i = 1,5 \times RTT_i \quad \text{car } t_{w_i} = 42,5 \text{ ms}$$

9/ $1,5 = 3 \times 0,425 \Rightarrow$ pas équitable

10/ On confond équité et égalité, TCP est égalitaire mais pas équitable.

11/ Jamais dans TCP il n'y a de calcul de W_i car le RTT est variable.

On essaie de tendre vers la limite du récepteur.

Alors
ACK

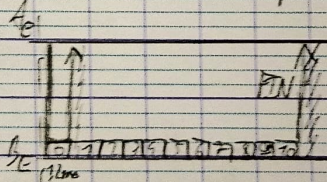
Exercice 1

sur Ethernet:

$$t_e = \frac{2500 \times 8}{10 \times 10^6} = 11 \text{ ns}$$

$$t_p = \frac{100}{2 \times 10^8} = 0,5 \mu\text{s}$$

around one packet per second $15 \text{ k}/1000 \Rightarrow 15 \text{ seg} < 10 \text{ seg}$



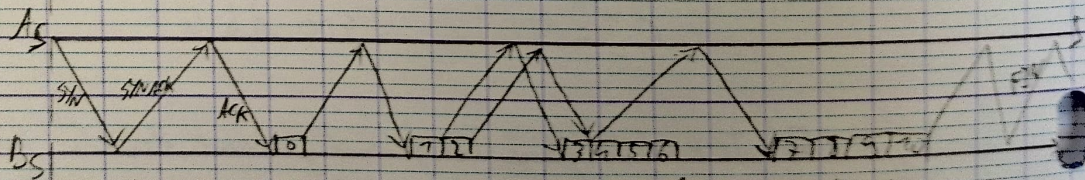
taux utilisation $\approx 100\%$

$$= \frac{1000 \times 1000}{1000 \times 1000} = 100\%$$

Satellite:

$$t_e = 11 \text{ ms}$$

$$t_p = 240 \text{ ms}$$



$$\text{taux utilisation} = \frac{1000}{(1000 + 240) \times 1000} = 2,5\%$$

2ème année 2022-2023

TCP : le contrôle de congestion

Octobre 2022

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 15 000 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.

- 1.1 — 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 2×10^8 m/s.
- 1.2 — Sur un lien satellite. Les stations A et B sont reliées par un lien satellite géostationnaire offrant un débit de 1 Mbps.¹
- 1.3 — 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.
- 1.4 — 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

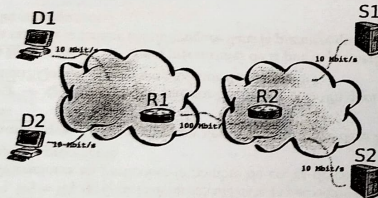


FIGURE 1 – Illustration du contexte

la figure 1). Nous prendrons les hypothèses suivantes :

1. On rappelle qu'un satellite géostationnaire est à une altitude de 36 000 Km et que la vitesse de propagation du signal est de 300 000 Km/s.

- 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 implicites 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 considérées comme négligeables.
- Nous appellerons L la taille (exprimée en bits) d'un segment de données que nous supposons constante et identique pour toutes les connexions : $L = 10K$ bits.
- Nous supposons que seul le contrôle de congestion impose des contraintes aux connexions TCP auxquelles nous nous intéressons (autrement dit, nous supposons que awnd est très grand).
- Nous appellerons W_1 (respectivement W_2) la taille de fenêtre d'émission de S1 (respectivement S2).

2.1 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.

2.2 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 ?

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.

2.3 Confluence des trafics — Quel phénomène apparaît sur R2 ? Quelles sont les conséquences pour les diverses connexions TCP ?

2.4 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.

2.5 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 notamment.

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

2.6 Baisse de débit sur le lien entre R2 et R1 — Quelles peuvent être les raisons pour lesquelles ce débit a diminué ?

2.7 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.

2.8 Retour à la "normale" — Donner alors une expression de la durée nécessaire pour atteindre à nouveau $W_1 = W_1^1$, $W_2 = W_2^1$ (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.

2.9 Application numérique — Comparer les valeurs de cette durée dans le cas des deux connexions envisagées.

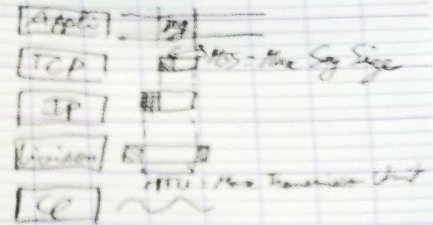
2.10 Équité de TCP — Que peut-on conclure sur l'équité de TCP ? En quoi cela peut-il paraître contraire à l'intuition ? Quelle est la raison profonde de ce résultat ?

2.11 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 ?

■

TD 1 Internet

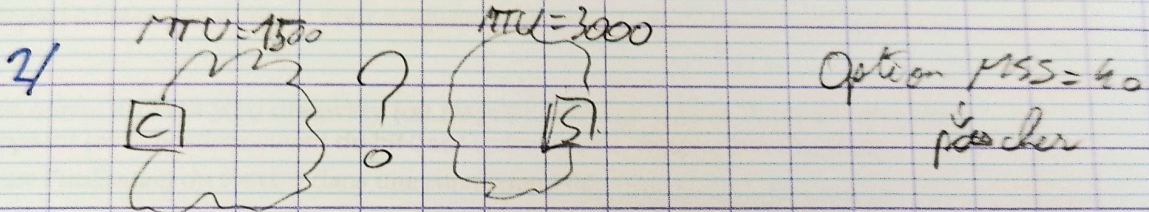


Exercice 1

1/ On veut éviter la fragmentation IP

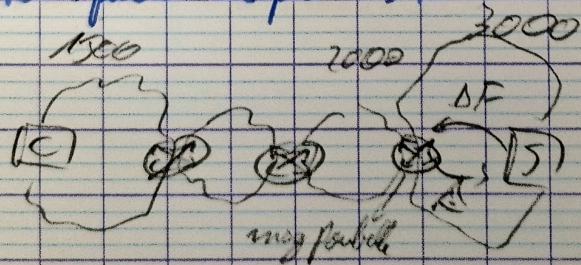
- ↳ ↑ charge au routeur
- ↳ réassembler → compliqué de son
- ↳ fragment manquant → que faire ?
- ↳ ↑ charge sur le réseau (overhead)

Cependant IP n'a pas de vision d'ensemble, il faut prévoir le cas où la MTU se réduit dans un réseau ⇒ IP s'écroule
On a pas le choix



L'échange de MSS de TCP via SYN ne permet pas d'éliminer la fragmentation puisque on a pas accès aux réseaux intermédiaires

3/ Pour palier au pb → Path MTU Discovery



- ① Envoi d'un message qui retourne les MTU → personne accepte
- ② On flag un msg avec "Don't Fragment"
 - ⇒ force un msg de retour si le don't frag est refusé par le routeur
 - ⇒ on réduit la MTU jusqu'à ce que ça passe

- 4/ PMTU est vecteur d'attaque
- ex: ① On fait une requête à Google en spécifiant une MTU de 41 (10+20 entête, 10 donnée)
- ② Google envoie des messages de 10 en boucles
⇒ surcharge du réseau

5/ MSS Clamping

→ routeurs regardent TCP

↳ lisent MSS du SYN

↳ remplacent à la volée la MTU

Lors de la réponse du SYN on obtient la MTU min

6/ Prog tout évolue en live → trop imprévisible

2ème année 2021-2022

TCP et la MTU

Octobre 2021

Objectifs :

- comprendre la gestion de la MTU dans TCP/IP.

▷ Exercice 1 : TCP et la fragmentation IP

Un routeur peut être amené à fragmenter des paquets IP trop gros pour être transmis directement sur une liaison dont la MTU est trop faible. Cette fragmentation doit être évitée dans la mesure du possible.

1.1 — Pourquoi ce phénomène de fragmentation est-il indésirable ? Pourquoi a-t-il pourtant été spécifié et implémenté dans la pile IP ?

L'option MSS de TCP, échangée dans les segments SYN, permet de limiter les risques de fragmentation des paquets IP véhiculant la connexion.

1.2 — Pourquoi n'est-ce pas suffisant pour supprimer tout risque de fragmentation sur la connexion ?

La mise en œuvre du Path MTU discovery (ou PMTUD) dans TCP est une façon de lever cette limitation reposant sur le positionnement du bit Don't Fragment des paquets IP utilisés.

1.3 — Décrire l'utilisation du PMTUD dans une connexion TCP.

Certains routeurs ou pare-feu sont parfois configurés pour ne pas acheminer de messages ICMP, jugés peu utiles et favorisant les attaques.

1.4 — Qu'arrive-t-il à une connexion TCP utilisant le PMTUD qui traverse une telle passerelle ?

Une autre technique, appelée MSS clamping repose sur la modification, à la volée, du champ MSS des segments TCP par une passerelle de niveau 3 reliant deux réseaux de MTU différentes.

1.5 — En quoi cette solution est-elle plus efficace que la première mais moins générale que la deuxième ? Pourquoi est-elle (sous cette forme) peu satisfaisante ?

1.6 — Expliquer pourquoi ces diverses propositions ne peuvent que permettre de diminuer le risque de fragmentation et pourquoi ce phénomène ne disparaîtra jamais complètement à moins d'une remise en cause des caractéristiques fortes d'IP. ■