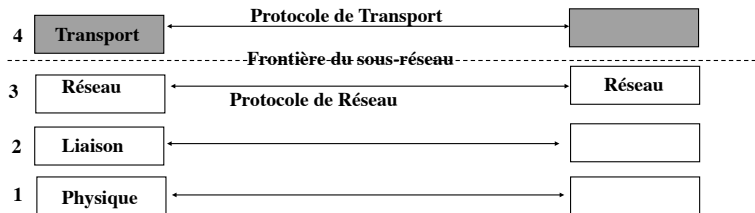


Exercices sur La couche Transport



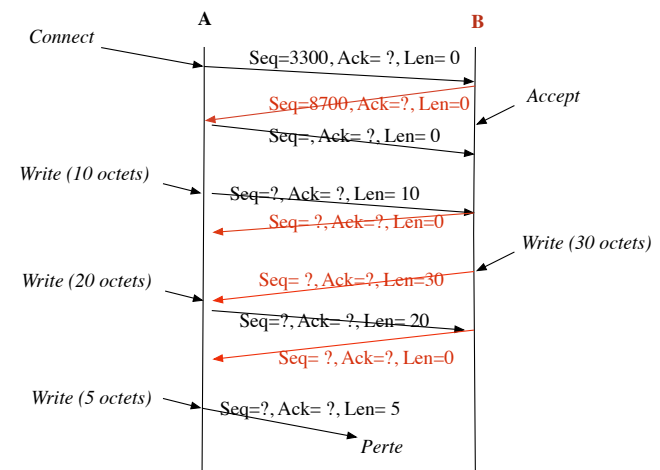
Principe de la récupération d'erreur dans TCP

- » Fenêtre d'anticipation avec re-émission sélective et acquittements "cumulatifs" (voir chapitre Contrôle d'erreur)
 - » Un timer par paquet, mémorisation côté émetteur des paquets jusqu'à qu'ils soient acquittés
 - » Un acquittement signifie "j'ai bien reçu jusqu'à ce numéro"
 - » Le récepteur mémorise les paquets non reçus en séquence
 - » Le timer de réémission est calculé dynamiquement car la latence est très variable
 - » La taille du tampon nécessaire à la fenêtre d'anticipation de la récupération d'erreur est décidée par le programmeur côté émetteur
 - » La taille de ce tampon peut donc influencer sur l'efficacité du protocole. Blocage fréquent en cas de tampon sous-dimensionné par rapport à la latence du réseau

Récupération d'erreur

- Flux d'octets (contrairement à UDP)
- Une fois la connexion ouverte, elle est symétrique et le transfert des données est bidirectionnel
- Numéro de séquence:
 - Numéro du 1er octet de donnée du message (sert aussi à la segmentation et réassemblage)
- Numéro d'acquittement:
 - Numéro de séquence + 1 du dernier octet bien arrivé (dans l'autre sens) (flag Ack=1)
 - Autrement dit prochain numéro de séquence attendu
- Un paquet peut servir à transporter des données et à acquitter un paquet du flux de sens inverse

- Complétez les valeurs de Len, Seq et Ack pour les différents paquets. Que se passe-t-il si le dernier paquet de donnée de A vers B se perd ?



Exercice 2

- On veut utiliser TCP au-dessus d'une liaison point-à-point bi-directionnelle sur fibres optiques entre deux machines.
On suppose que :
 - Le débit d'émission sur la ligne est de 100 Mégabits/s
 - La vitesse de l'onde lumineuse est de $200 \cdot 10^6$ m/s
 - La distance entre les deux machines est de 200 km
 - La longueur des acquittements est de 100 bits
 - La longueur maximale des paquets contenant les données est de 10 000 bits (entêtes comprises).
- On négligera les temps de traitement des paquets dans les machines à l'émission et à la réception

Calculez:

- Le temps d'émission d'un paquet de donnée, d'un acquittement
- Le temps de propagation sur le réseau

Exercice 2

- On veut utiliser TCP sur ce réseau à travers une application qui transfère des quantités importantes de données
- Donnez la taille minimale de la fenêtre d'anticipation (en nombre de bits) pour que le protocole de contrôle d'erreur de TCP marche au mieux
- Pour cela rappelez en quelques lignes le principe de la fenêtre d'anticipation de la récupération d'erreur. On s'aidera éventuellement d'un schéma temporel faisant apparaître les différents paramètres
- On expliquera en détail les calculs.

Exercice 2

- Si TCP utilisait le protocole de récupération d'erreur du « bit alterné » (il attend la réception de l'acquittement avant l'émission du paquet de donnée suivante), quel serait le débit maximal pouvant être atteint au niveau de l'application ?

On négligera la taille des entêtes

Exercice 3

- On utilise l'application FTP entre deux machines connectées via un Hub Ethernet à **100 mégabit/s** pour transférer de gros fichiers. FTP utilise le protocole TCP pour transférer le contenu des fichiers.

On suppose le délai de propagation entre les machines et le HUB égal à **15 microsecondes**.

On rappelle que la somme des entêtes TCP, IP et Ethernet est égale à **78 octets**. Les acquittements TCP possèdent aussi au total 78 octets.

- Calculez le temps de transfert (intervalle de temps entre l'émission du 1^{er} bit et la réception du dernier bit) d'un paquet de taille maximale sur ce réseau Ethernet (1500 octets de données Ethernet)
- Expliquez comment se passe la circulation des données sur le réseau dans le cas où le buffer d'émission de TCP est fixé à 500 octets (enchaînement des données et des acquittements TCP)

Exercice 3

3. Donnez le débit réel (au niveau applicatif) que l'on peut espérer avoir au mieux dans ce cas.
4. On expliquera en détail les calculs.
5. Refaites le calcul du débit réel dans le cas de l'utilisation d'un switch (au lieu du hub) de type « store and forward » (le switch mémorise entièrement la trame avant de la re-émettre).
6. Quelle est la taille des buffers d'émission minimum qu'il faut choisir pour obtenir un débit réel maximal (dans le cas du hub, dans le cas du switch). Expliquez vos calculs
7. Quel débit réel peut-on espérer obtenir dans ce cas ?

Rappel : TCP envoie si possible des paquets de la taille maximale d'Ethernet (1500 octets).

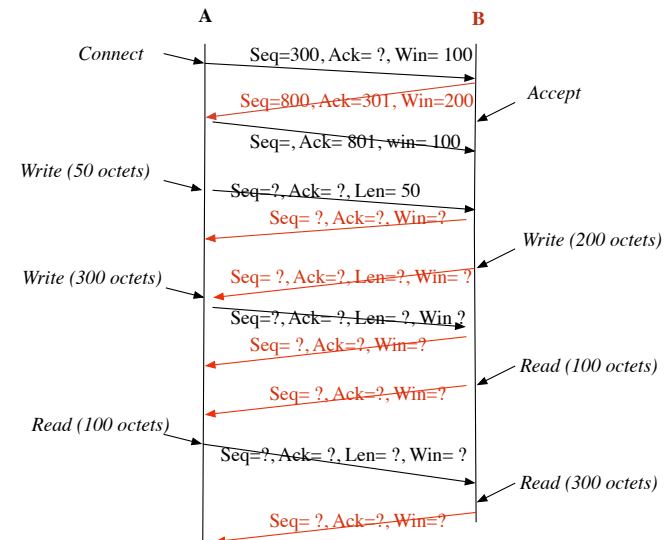
Contrôle de flux

- Problème: limiter le flux de l'émetteur pour ne pas saturer le récepteur
- **Un tampon de taille fixe en réception:** si le tampon est plein (l'application n'a pas encore récupéré les données) les prochaines données seront perdues
- Hypothèses:
 - La taille du tampon peut varier suivant les connexions (charge de la machine, nombre de connexions ouvertes...)
 - La latence est très variable au niveau transport, il est donc difficile de définir une taille de fenêtre optimale
 - La taille du tampon est fixée par le programmeur

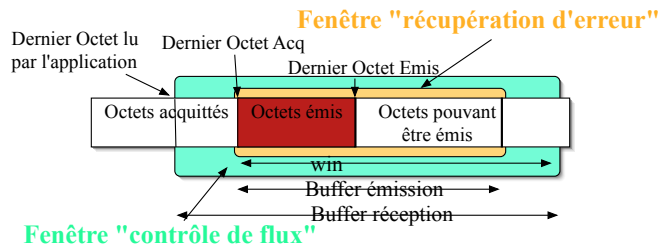
Mécanisme à nombre de crédits

- A la place de l'envoi d'acquittement spécifique au contrôle de flux TCP utilise un mécanisme à "**nombre de crédits**"
- TCP spécifie dans un acquittement de la récupération d'erreur le nombre d'octets libre dans le tampon de réception
- Permet à l'émetteur d'envoyer des paquets tant que le tampon du récepteur n'est pas plein
- Champ Fenêtre (WIN): nombre d'octets libre dans le tampon de réception et donc pouvant être expédiés après le numéro d'acquittement. Au départ WIN est égal à la taille du tampon de réception (envoyé lors de l'ouverture de connexion)
- Quand WIN = 0 :
 - Le buffer du récepteur est plein
 - L'émetteur est bloqué jusqu'à la libération du tampon (lecture de l'application côté récepteur)

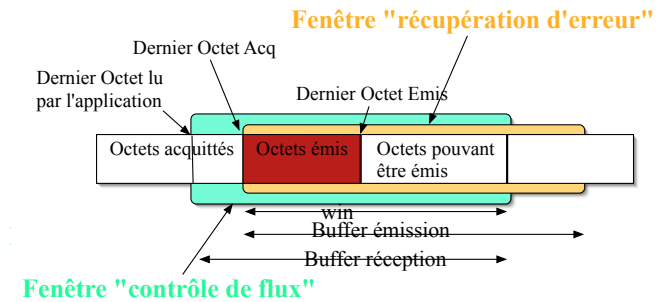
Exercice



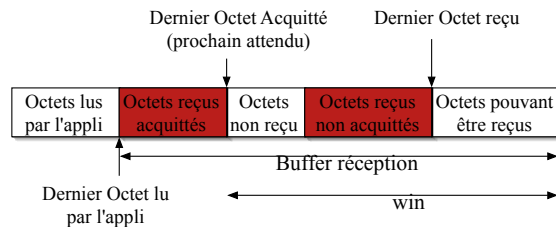
- A tout moment l'émetteur est bloqué en émission par la fenêtre la moins "avancée"
- Cas où la fenêtre du contrôle de flux est plus "avancée" que celle de la récupération d'erreur. L'émetteur va se "bloquer" sur la fenêtre de récupération d'erreur.



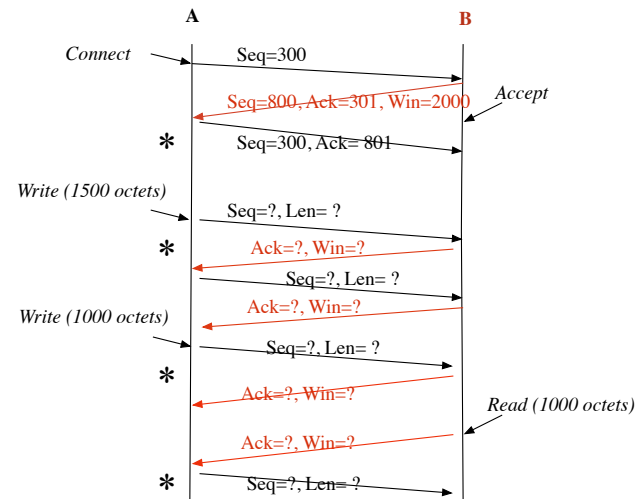
- Cas où la fenêtre du contrôle de flux est moins "avancée" que celle de la récupération d'erreur. L'émetteur va se "bloquer" sur la fenêtre de récupération d'erreur.



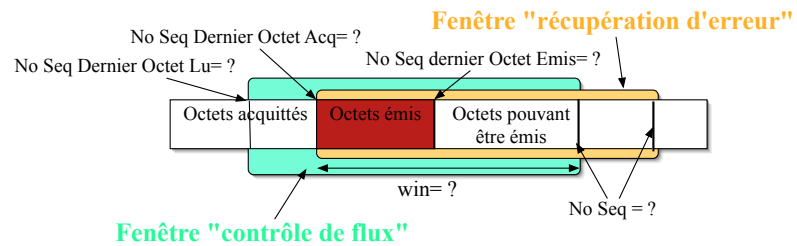
Récepteur



- Complétez les valeurs des champs Win, Seq et Ack sur le scénario suivant. On suppose le buffer d'émission égal à 1000 octets



- Pour le scénario précédent, complétez le schéma suivant en faisant apparaître les numéros de séquence et le champ *win* aux points marqués d'une étoile
- On précisera pour chaque cas quelle est la fenêtre la plus "avancée", et le cas échéant la cause du blocage de l'émetteur



Contrôle de flux: choix de la taille du tampon de réception

- Reprenons le cas de l'exercice 3 fenêtre à anticipation pour la récupération d'erreur
- Que se passe t-il si le buffer de réception est plus petit que celui d'émission ? Est ce pertinent pour optimiser le débit des connexions ?
- Donnez un scénario où l'émetteur est bloqué sur la fenêtre du contrôle de flux
- Que se passe t il si le buffer de réception est plus grand que celui d'émission ? Est ce pertinent pour optimiser le débit des connexions ?
- Donnez un scénario montrant l'intérêt d'un buffer de réception plus grand que celui d'émission