

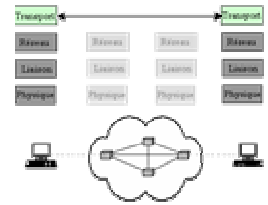
## Protocoles de Transport

### Séminaire 2005-2006

(glisseurs slides originelles de Stéphan Robert)

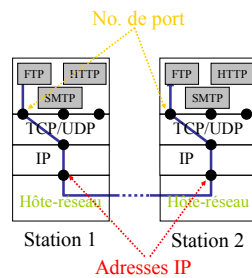
## La couche Transport (TCP/UDP)

- **Communication entre services**
  - Chaque service tournant dans un host
  - IP : communication entre hosts
- Services offerts à la couche supérieure
  - Service sans connexion
  - Service orienté connexion
    - Fiable (garantie de délivrance)
    - Délivrance dans l'ordre d'émission
  - Transmission de **messages** de longueur arbitraire
- Éléments d'un protocole de transport
  1. Adressage
  2. Établissement et terminaison de connexions
  3. Transmission fiable (séquençement, quittances, retransmission)
  4. Contrôle de flux et de congestion



## Communication entre services

- Adressage du host
  - Adresse IP
- Adresse d'un service (processus)
  - **Port**
    - Permet de démultiplexer les transmissions
    - Entier sur 16 bits
    - Utilisés par TCP et UDP
    - TCP et UDP peuvent réutiliser les mêmes ports



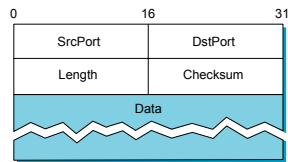
## Quelques ports déjà utilisés

Service	Port	Protocole utilisé
ftp (données)	20	T C P
ftp (contrôle)	21	T C P
telnet	23	T C P
smtp	25	T C P
snmp	161	U D P
portmap	111	T C P

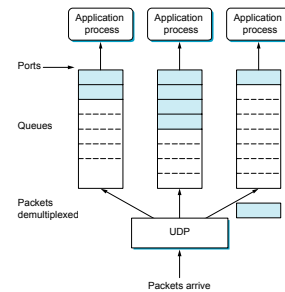
## User Datagram Protocol (UDP)

- Protocole UDP: *User Datagram Protocol* (RFC 768)
  - Fonctionnalités
    - **Démultiplexage** entre applications en utilisant des port
    - Contrôle d'erreur **optionnel** (obligatoire dans IPv6)
  - Transmission non fiable
    - Sans acquittement ou retransmission
    - Sans contrôle de flux
    - Sans connexion
- Service de transmission similaire à IP

## Format d'une entête UDP



## Démultiplexage des paquets UDP



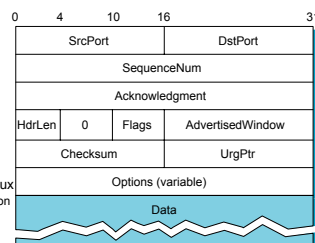
## Transmission Control Protocol (TCP)

## Le protocole TCP

- *Transmission Control Protocol*, RFC 793
- Fonctionnalité principale :
  - **Transmission fiable entre services**
- Fonctionnalités supplémentaires importantes
  - **Contrôle de flux** entre les systèmes terminaux
  - **Contrôle de congestion** du réseau
- Implémentations (interopérables !)
  - TCP Tahoe, TCP Reno, TCP NewReno, TCP Sack, TCP Vegas

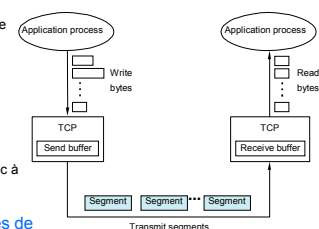
## Format du segment TCP

- **Ports et somme de contrôle**
  - Comme dans UDP
- **Numéro de séquence**
  - Du premier octet des données
- **Acquittement (optionnel)**:
  - Prochain no. de séquence attendu
- **Longueur de l'en-tête (HdrLen)**
  - En mots de 32 bits
- **AdvertisedWindows : contrôle de flux**
  - Espace libre du tampon de réception
- **Pointeur d'urgence (UrgPtr)**
  - Indique la fin des données urgentes
- **Flags**
  - Contrôle de la connexion (créer, fermer, etc.)

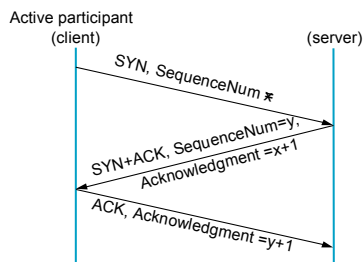


## Transfert tamponné à flot d'octets

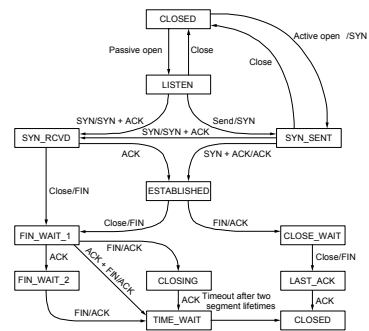
- TCP offre à la couche supérieur un service à **flot d'octets**
  - L'application passe des blocs de données à TCP
  - TCP met les données dans un **tampon d'émission**
  - TCP regroupe les données en segments qui sont transmis
  - Le récepteur TCP place les segments dans un **tampon de réception**
  - TCP passe des données en bloc à l'application
- **La délimitation des messages de l'application n'est pas préservée**



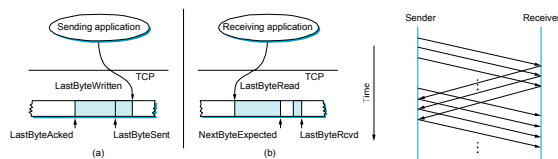
## Ouvrir une connexion



## Diagramme d'états de TCP



## Envoie/Réception des paquets (état ESTABLISHED)

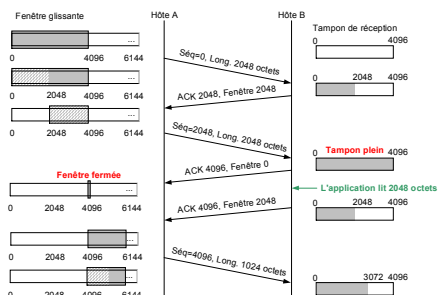


- Basé sur un protocole à fenêtre glissante (Sliding Window)
- L'application source envoie plusieurs paquets et attend des quittances pour poursuivre (a)
- L'application destinataire est capable de recevoir plusieurs paquets et renvoie des quittances (b)

## Contrôle de flux dans TCP

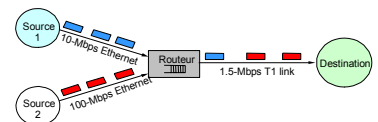
- Basé sur un protocole à fenêtre glissante mais avec une **taille de fenêtre variable**
- La fenêtre utilisable correspond à la place libre dans le tampon du récepteur
- Chaque accusé de réception indique en plus la taille de la fenêtre (**window advertisement**)
  - En variant la taille de la fenêtre, le récepteur peut contrôler la vitesse de transmission de l'émetteur

## Exemple du contrôle de flux

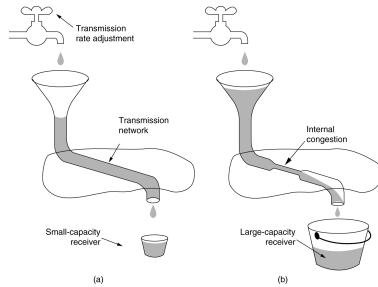


## Contrôle de l'encombrement (congestion)

- État de congestion
  - Le réseau n'est plus en mesure de transporter tout le trafic injecté et supprime des paquets
- Danger de l'amplification d'une congestion par TCP
  - TCP réagit à une perte avec une retransmission ce qui peut augmenter la charge du réseau
- Le contrôle de congestion de TCP doit optimiser le débit de transmission sans mettre en danger la stabilité du réseau
- Défis
  - Déterminer la capacité disponible sur le réseau
  - Ajuster le débit pour obtenir le débit optimal qui permet un régime de transmission stable et en équilibre



## Contrôle de l'encombrement (2)



- (a) Un réseau rapide envoyant des paquets à un host ayant une faible capacité.  
 (b) Un réseau lent envoyant des paquets à un host ayant une capacité importante.

Infrastructures de Communication - Séminaire

19

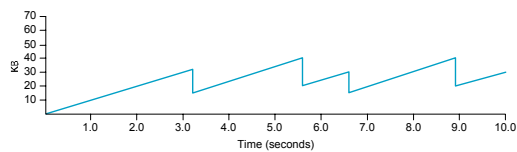
## Contrôle de l'encombrement (3)

- La taille de la fenêtre de congestion est variée en fonction de la congestion du réseau
  - Une congestion est détectée à cause de pertes de paquets
- Slow Start** : croissance exponentielle du débit
  - Au début de la connexion et après un timeout de retransmission (→ congestion sévère)
  - Permet d'augmenter rapidement le débit
- Congestion avoidance** : croissance linéaire du débit
  - Dès que le débit s'approche à la capacité disponible
- Seuil d'évitement de congestion**
  - Indique la zone critique où une congestion est possible
  - Accroissement additif et décroissance multiplicative du seuil

Infrastructures de Communication - Séminaire

20

## Seuil d'évitement de congestion



Infrastructures de Communication - Séminaire

21

## Forcer la livraison

- Le flag PUSH**
  - L'application peut ordonner à TCP d'envoyer et délivrer les données immédiatement
  - Exemple : terminal à distance (Telnet)
    - Transmission après chaque retour chariot
  - L'émetteur TCP envoie les données sans attendre
  - Le récepteur TCP remet les données immédiatement à l'application
- Le flag URGENT** (signalisation hors bande)
  - Permet de signaler au récepteur qu'il doit lire les données stockées par TCP
  - Exemple :
    - Permet de « tuer » l'application distante en envoyant un « Ctrl-C »
  - Le processus d'application est interrompu et lit les données de TCP



- L'interface TCP permet à la couche application de spécifier ces drapeaux

Infrastructures de Communication - Séminaire

22