Comportement et Performances de TCP

Denis Collange
France Télécom

TCP

Description de TCP

Historique
Fenêtre, Temporisateurs
Acquittement, Retransmission
Mécanismes

Modélisation

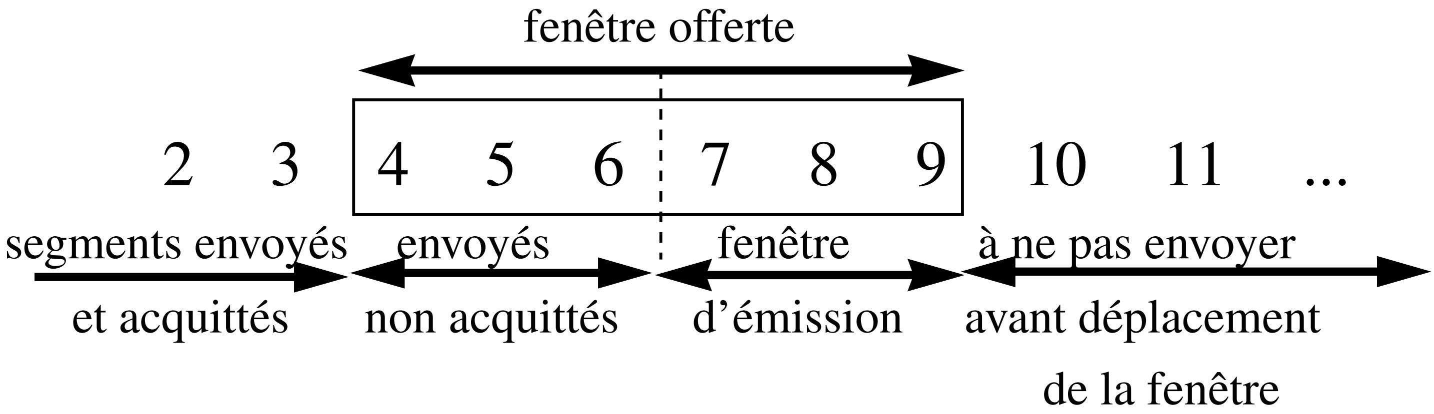
Réseau et connexions
Gestion de la fenêtre
Recouvrement de pertes
Performances client et opérateur

Méthode de résolution

Résultats

Influence des paramètres de la connexion sur les performances

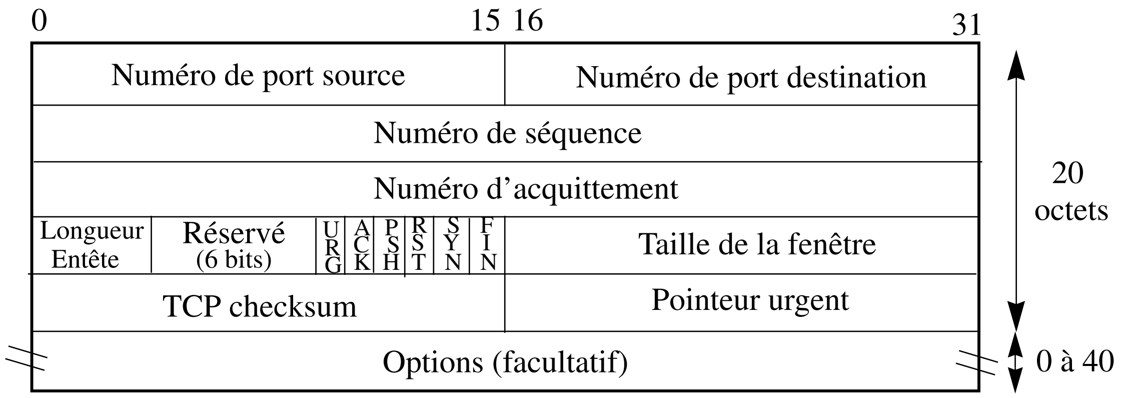
Contrôle de flux par fenêtre



La fenêtre offerte est le minimum de la **fenêtre de congestion** et de la **fenêtre de réception**. C'est le nombre de segments non acquittés que la source a le droit d'émettre

Numéro de séquence : dernier paquet émis (6)
Numéro d'acquittement : dernier paquet acquitté (3)

En-tête TCP

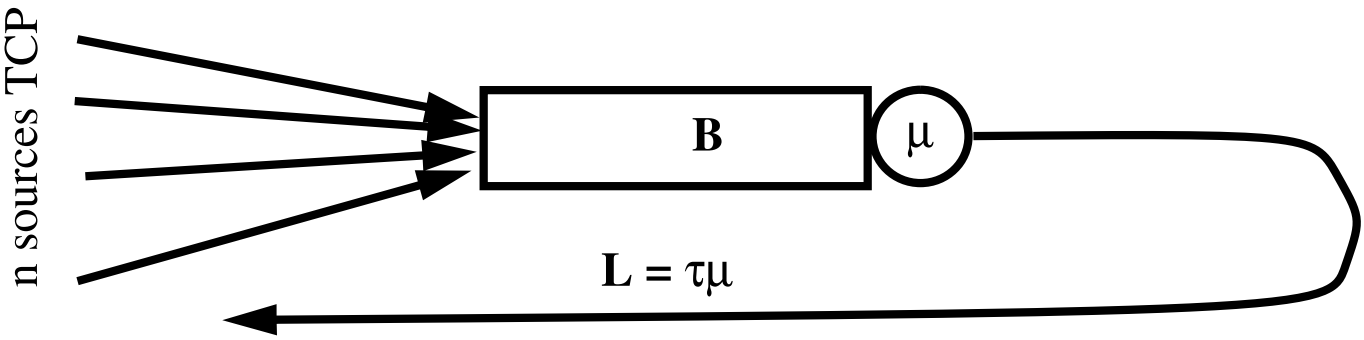


MTU = MSS + en-tête TCP + en-tête IP

Modélisation du système

Hypothèses

Goulot d'étranglement
Sources saturées
Connexions identiques
Temps de propagation constant
Débit d'accès >> débit du goulot



Variables

Numéro de séquence : Seq(t)
Numéro d'acquittement : Ack(t)
Temps de transmission : R(t) : Seq(t) = Ack(t+R(t))
Fenêtre de congestion : w(t) = Seq(t) - Ack(t)
W(t) = n w(t)
File d'attente $Q(t) = (W - L)^+$
$R(t) = Q(t) / \mu + \tau$

Temporisateurs

tcp_slowttimo

retransmissions

persistance

maintien de connexion

établissement de connexion

fin de connexion

tcp_fasttimo

acquittements

Envoi d’un acquittement

segment hors séquence

segment FIN

mise à jour de fenêtre de réception

demande par la source d’une màj de fenêtre

surcharge du buffer de réception

expiration du temporisateur d’acquittement

données envoyées dans l’autre sens

déjà un paquet non acquitté

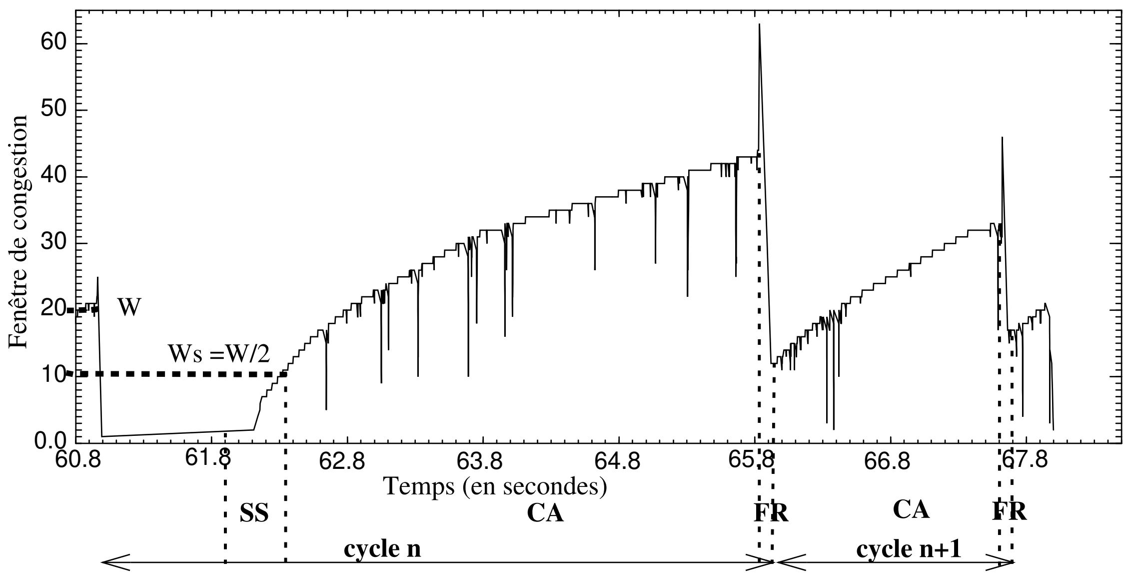
Fenêtre de congestion

Trois phases

slow start

congestion avoidance

recouvrement d'erreur



Evolution cyclique de la fenêtre

Modélisation des mécanismes

Démarrage ralenti
(SS - Slow Start)

$$\frac{d\mathrm{w}}{d\mathrm{Ack}} = 1 \quad \mathrm{si} \quad \mathrm{w} < \mathrm{s} \qquad\qquad \mathrm{w}(\mathrm{t}+\mathrm{R}(\mathrm{t})) = \left(1 + \frac{1}{\mathrm{K}}\right)\mathrm{w}(\mathrm{t})$$

Prévention de congestion
(CA - Congestion Avoidance)

Tahoe

$$\frac{d\mathrm{w}}{d\mathrm{Ack}} = \frac{1}{\mathrm{w}} \quad \mathrm{si} \quad \mathrm{w} \geq \mathrm{s} \qquad\qquad \mathrm{w}(\mathrm{t}+\mathrm{R}(\mathrm{t})) = \mathrm{w}(\mathrm{t}) + \frac{1}{\mathrm{K}}$$

Reno

$$\frac{d\mathrm{w}}{d\mathrm{Ack}} = \left(\frac{1}{\mathrm{w}} + \frac{1}{8}\right)\mathrm{si} \quad \mathrm{w} \geq \mathrm{s} \qquad\qquad \mathrm{w}(\mathrm{t}+\mathrm{R}(\mathrm{t})) = \frac{\mathrm{w}(\mathrm{t}) - 1/\mathrm{K}}{1 + 1/(8\mathrm{K})}$$

Acquittements retardés
(DA - Delayed Acknowledgements)

$$\frac{d}{d\mathrm{t}}\mathrm{Ack}(\mathrm{t}+\mathrm{R}(\mathrm{t})) = \frac{1}{\mathrm{K}}\mathrm{thp}(\mathrm{t})$$

Réaction en cas de perte

Sur temporisateur

estimation du rtt à partir des mesures

vérification périodique des retours d'ack.

Retransmission rapide

après 4 acquittements identiques

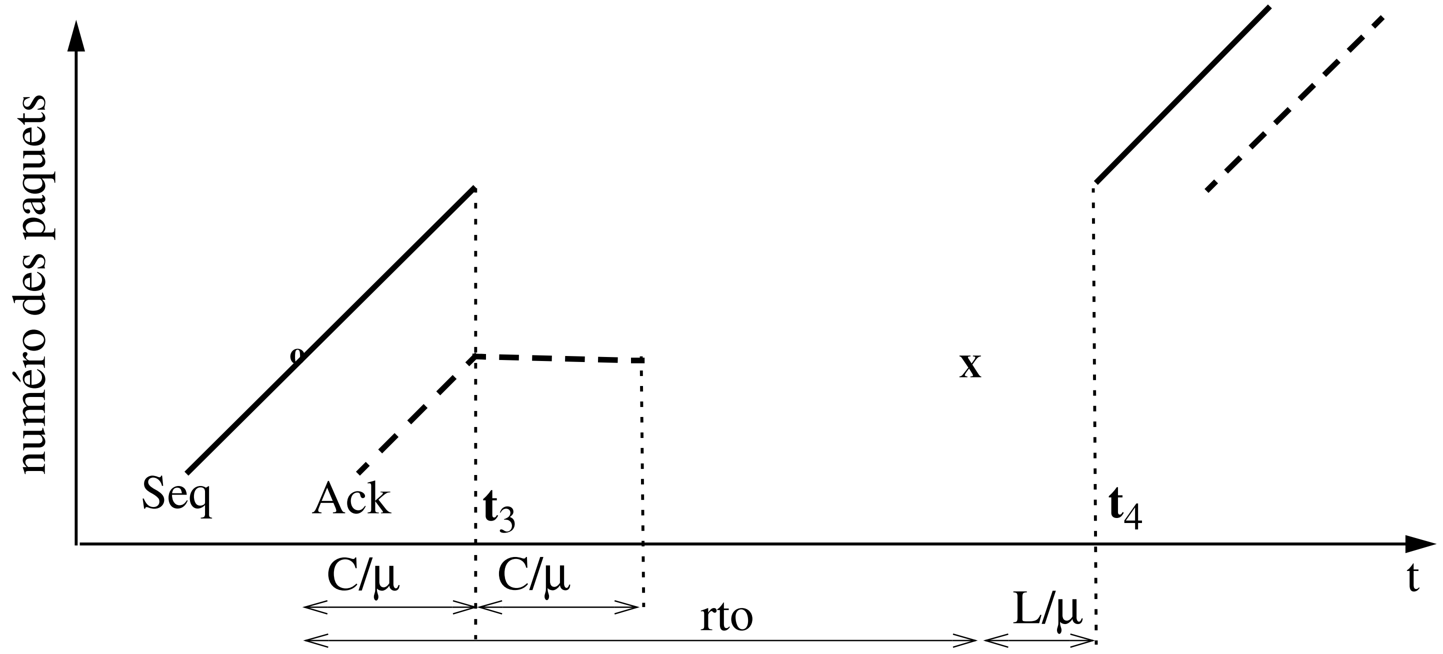
Recouvrement rapide

silence pendant rtt/2

thp(t)=thp(t-R) pendant rtt/2

retour au début de la phase CA

Détection de perte avec temporisateur

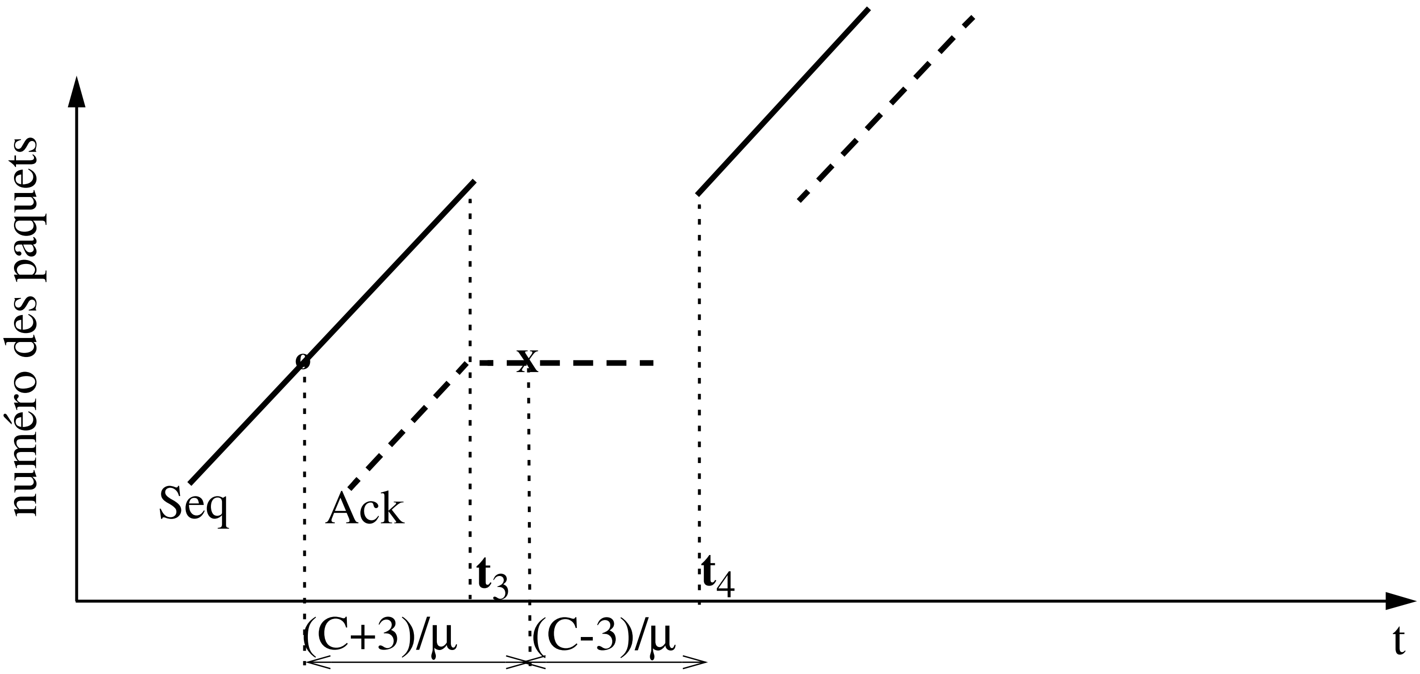


volume émis = 1 paquet

durée = aléatoire (déclenchement du temporisateur)
entre n rto et (n+1) rto, avec rto = 500ms
et n = int(C / μ rto) + 1

phase suivante : Slow Start

Retransmission rapide

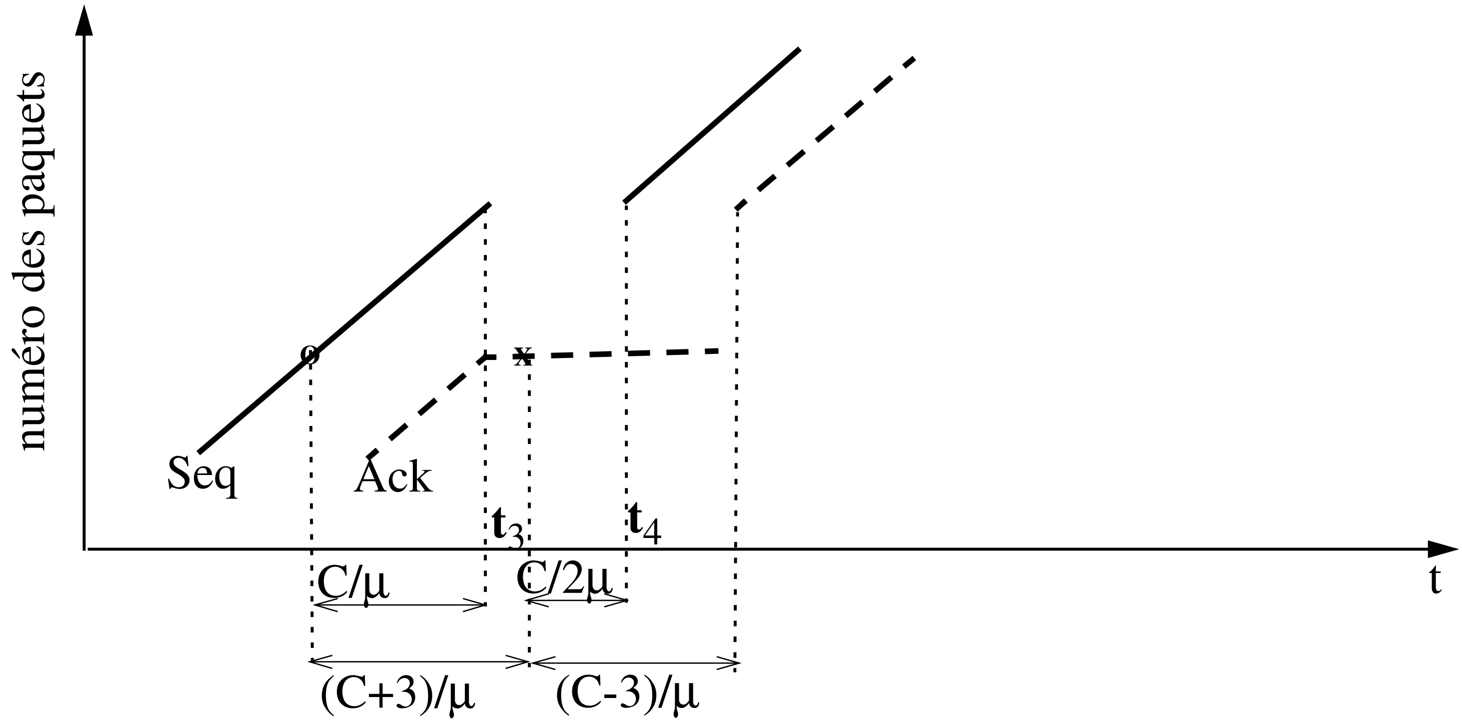


volume émis = 1 paquet

durée = $[\ 3 + (B - 3)^{+} + L\ ] / \mu$

phase suivante : Congestion Avoidance

Recouvrement rapide des pertes



volume émis = (C+1)/2 paquets

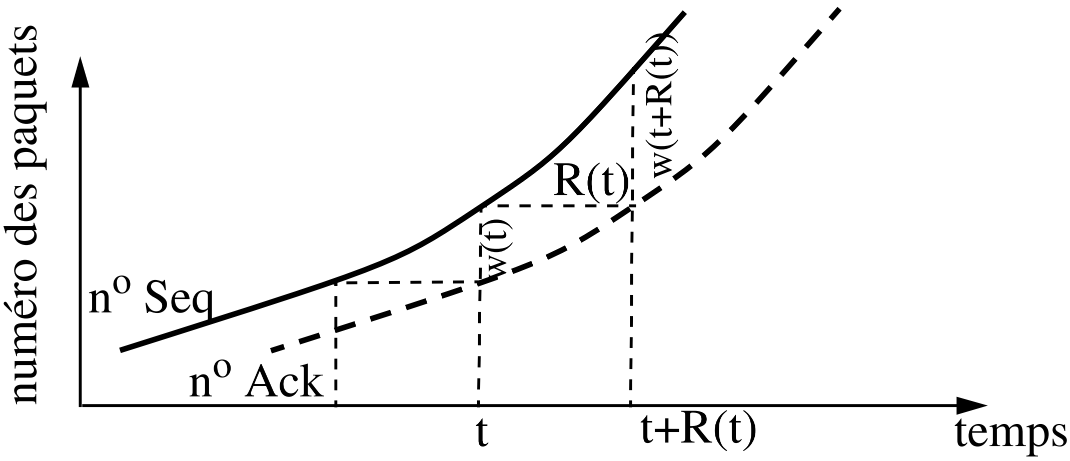
durée = $[\ 3 + (B - 3)^+ + L\ ] / \mu$

phase suivante : Congestion Avoidance

Evolutions de TCP

Accroissement de le fenêtre maximum
Accoissement du numéro de séquence maximum
Accroissement de la fenêtre initiale
Mesure précise du RTT
Acquittement sélectifs
Découverte du MTU du chemin
Random Early Detection
ECN
Comptage d'octets
Comptage d'octets limité
Compression des en-têtes
Multi-sous-connexions
Spoofing
...

Méthode de résolution



$$\mathrm{thp}(t) \leq \frac{w(t+R(t))}{R(t)} \leq \mathrm{thp}(t+R(t))$$

$$\Rightarrow \quad \frac{w(t)}{R(t)} \leq \mathrm{thp}(t) \leq \frac{w(t+R(t))}{R(t)}$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{dw}{d\mathrm{Ack}} \times \frac{d}{dt}\mathrm{Ack}$$

Critères de performances

Durée des cycles

Nombre de paquets transmis

taux de pertes

débit moyen d'une source

taux d'utilisation des liaisons

Attente

délai d'attente dans le goulot

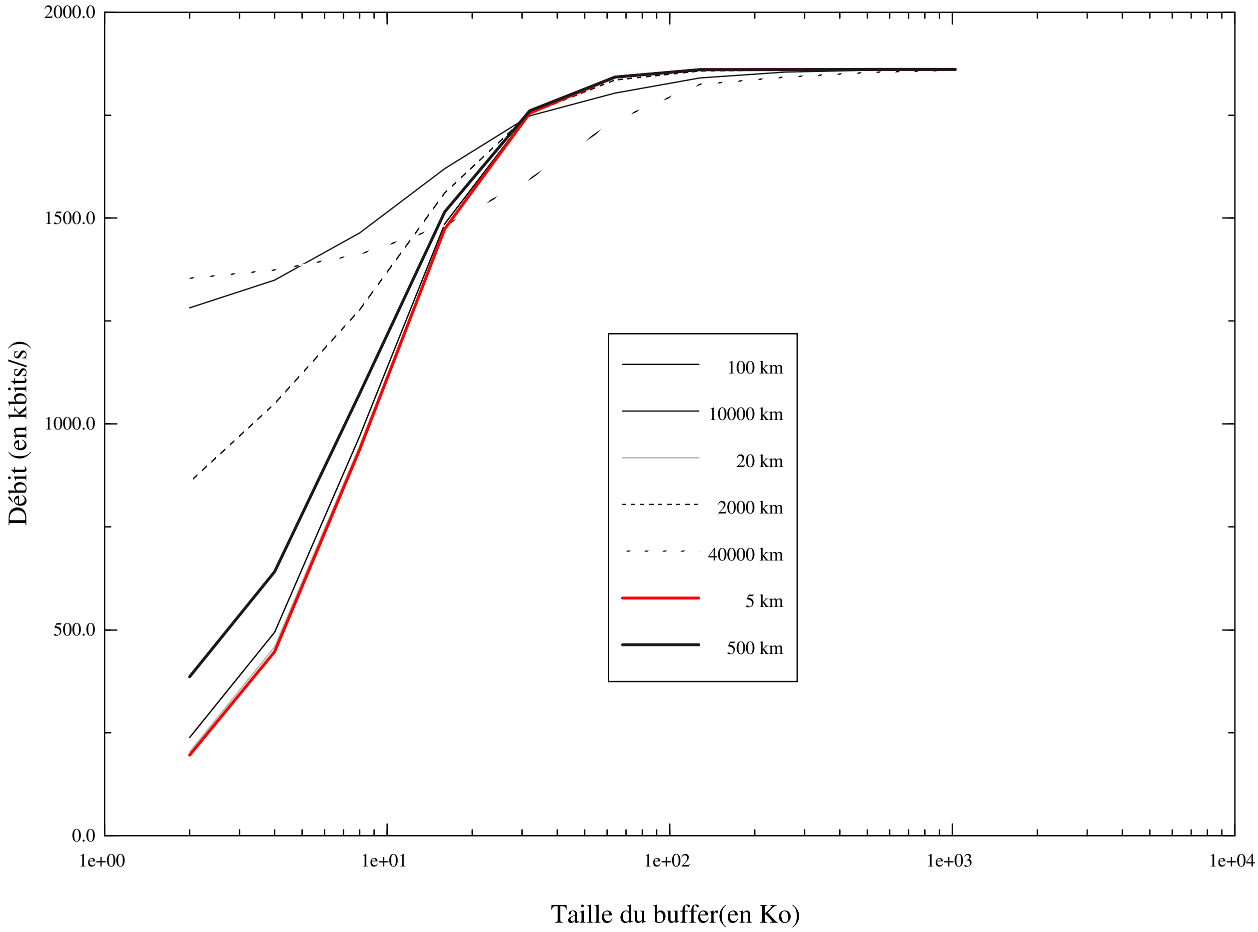
temps de transmission aller/retour (rtt)

temps de réponse des paquets TCP

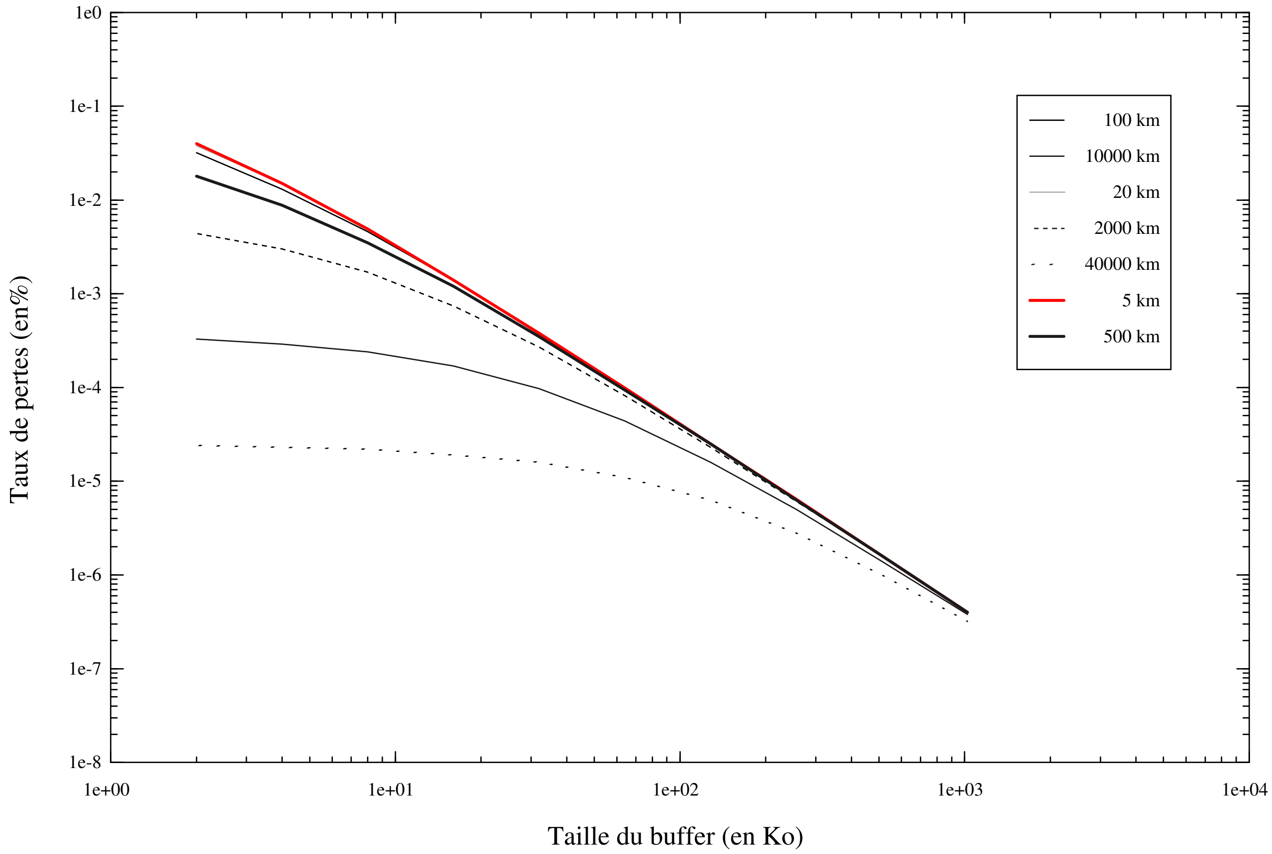
temps de réponse d'un utilisateur interactif

Performances d'un flux exogène éventuel

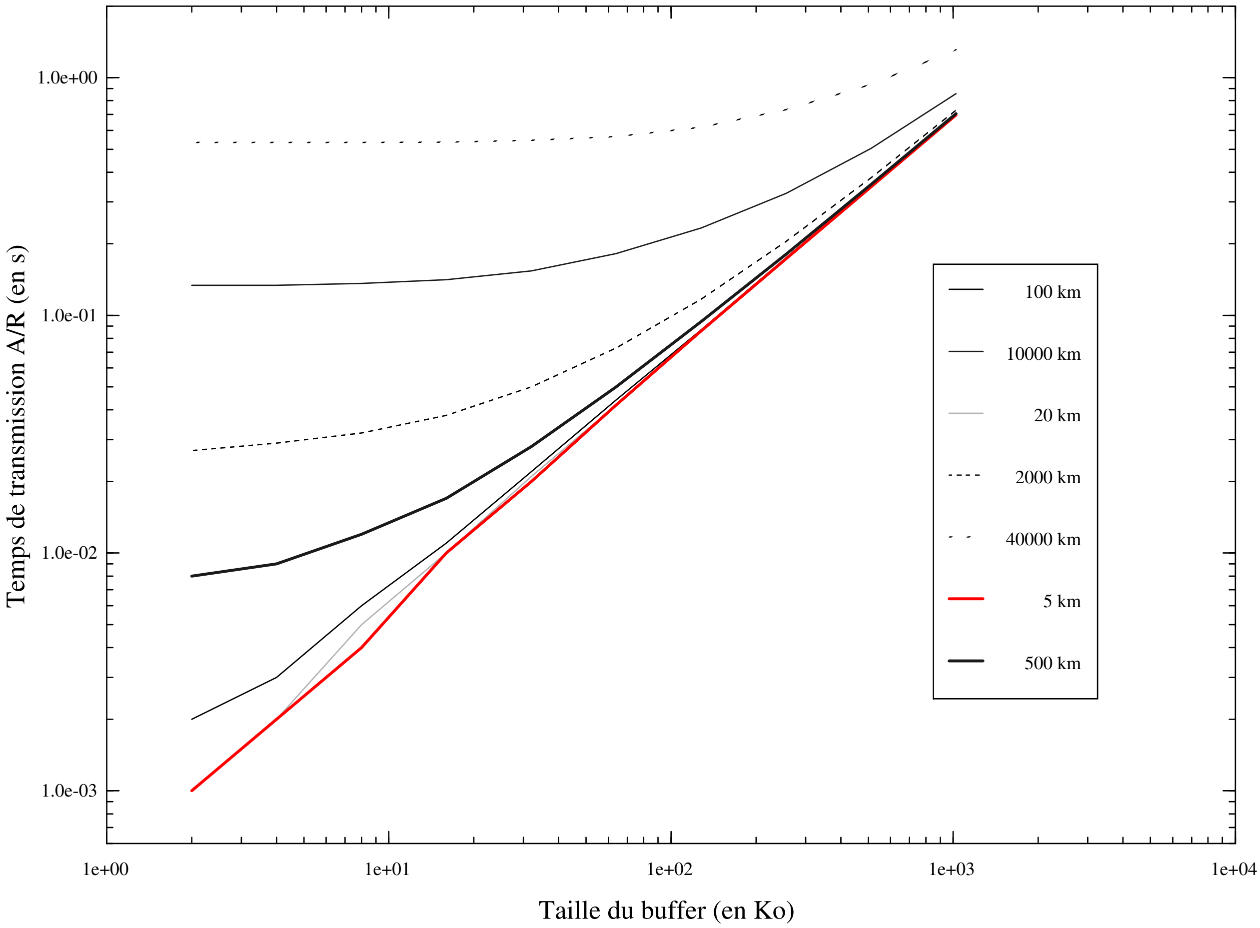
Débit d'une connexion TCP en fonction de la taille du buffer et de la longueur des connexions



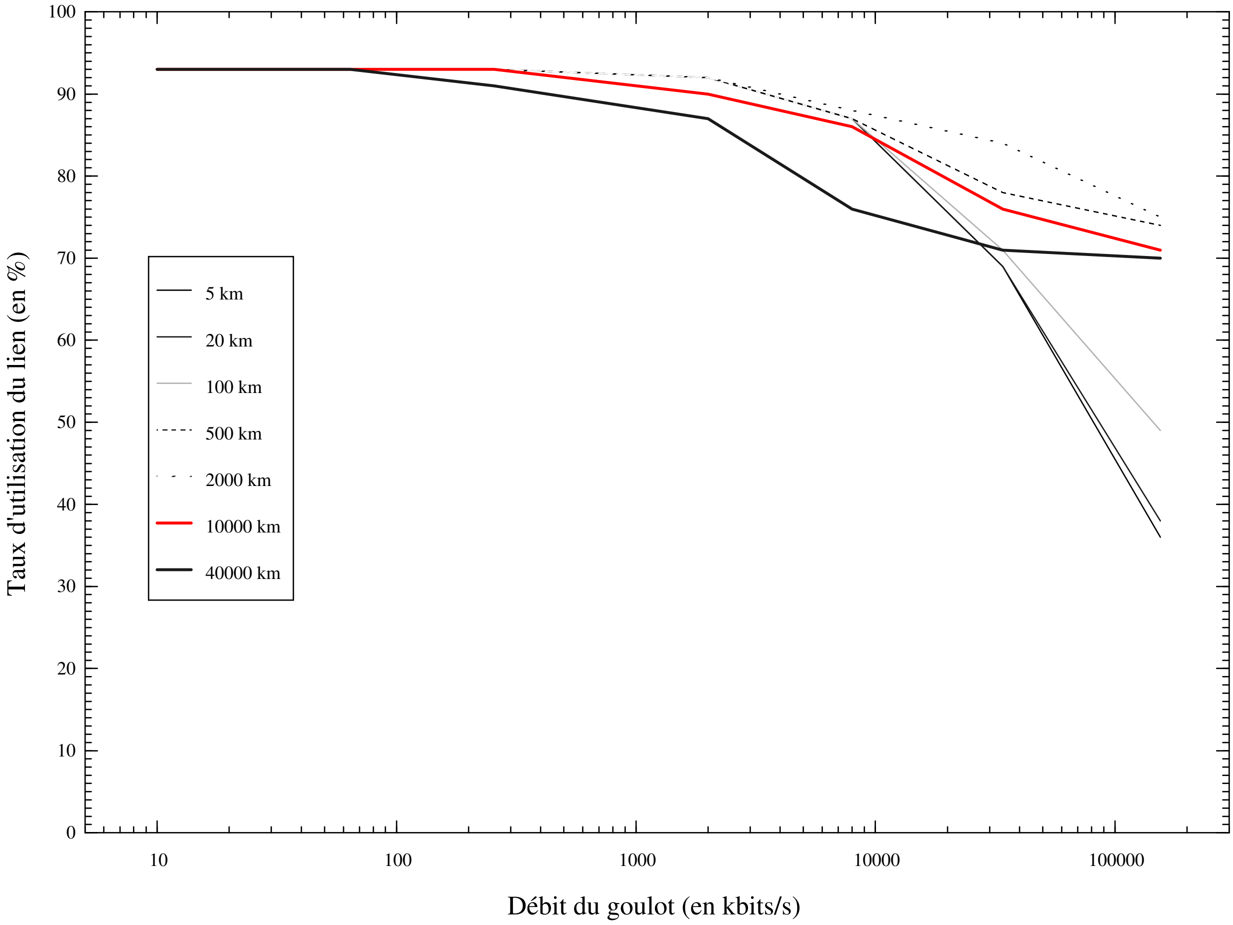
Taux de pertes de paquet en fonction de la taille du buffer et de la longueur des connexions



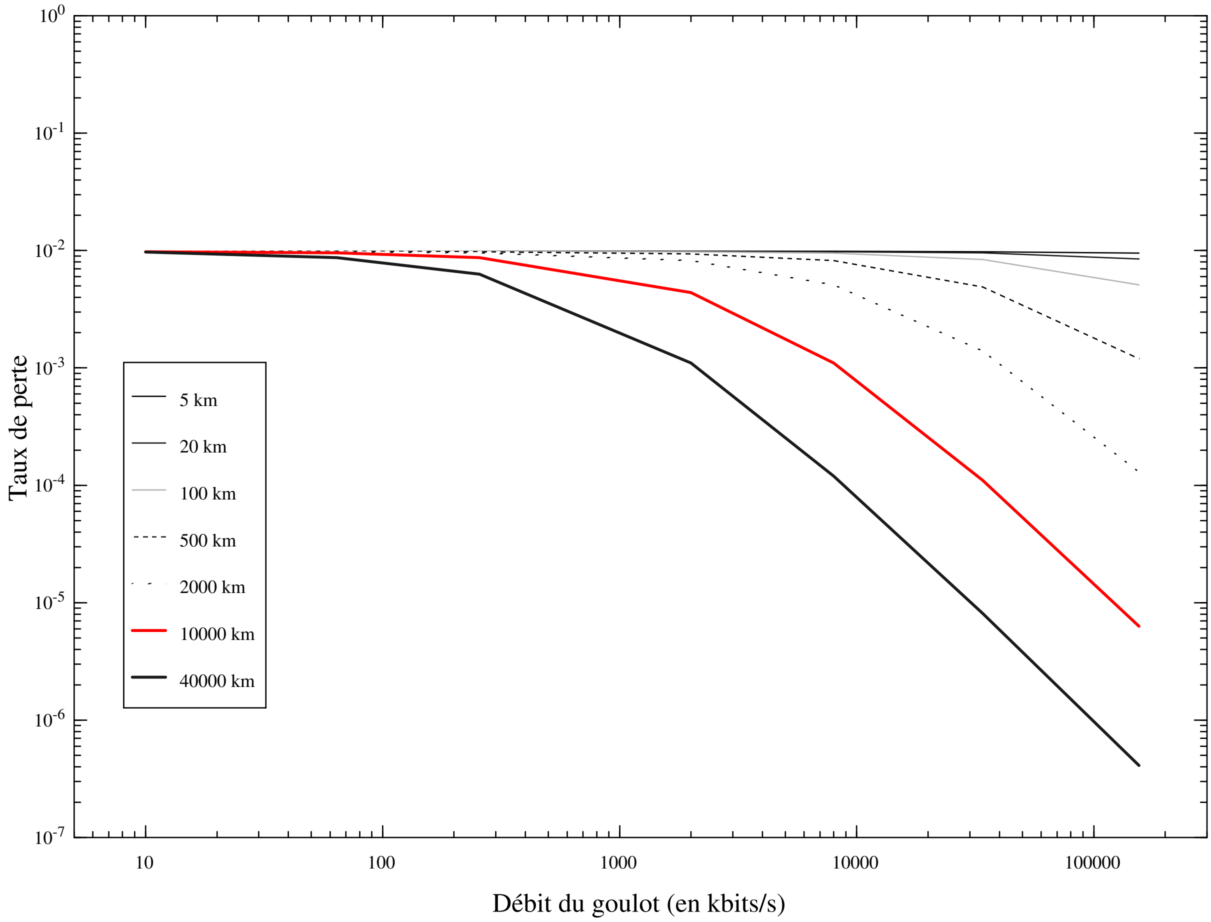
Temps de transmission A/R moyen en fonction de la taille du buffer et de la longueur des connexions



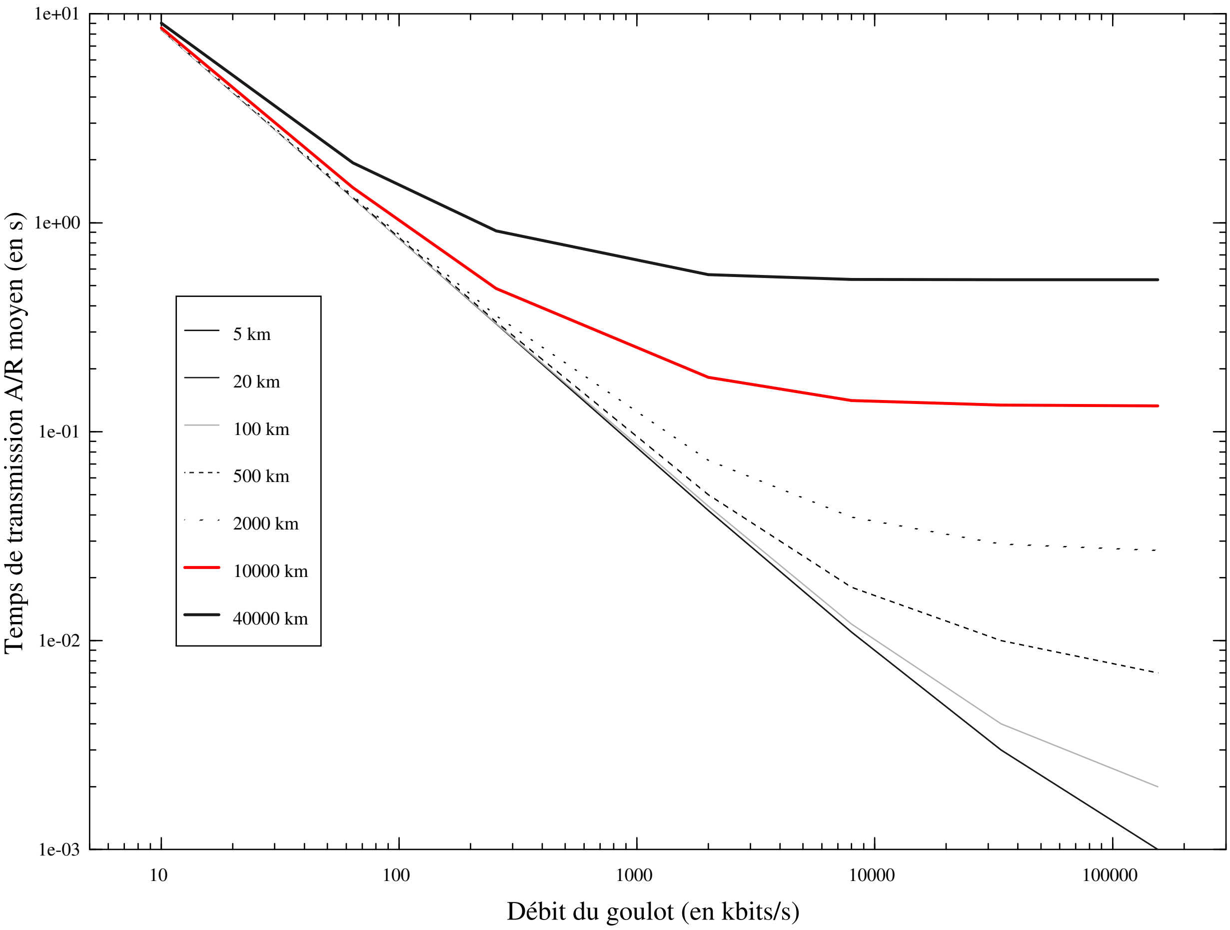
Taux d'utilisation en fonction du débit du goulot et de la longueur des connexions



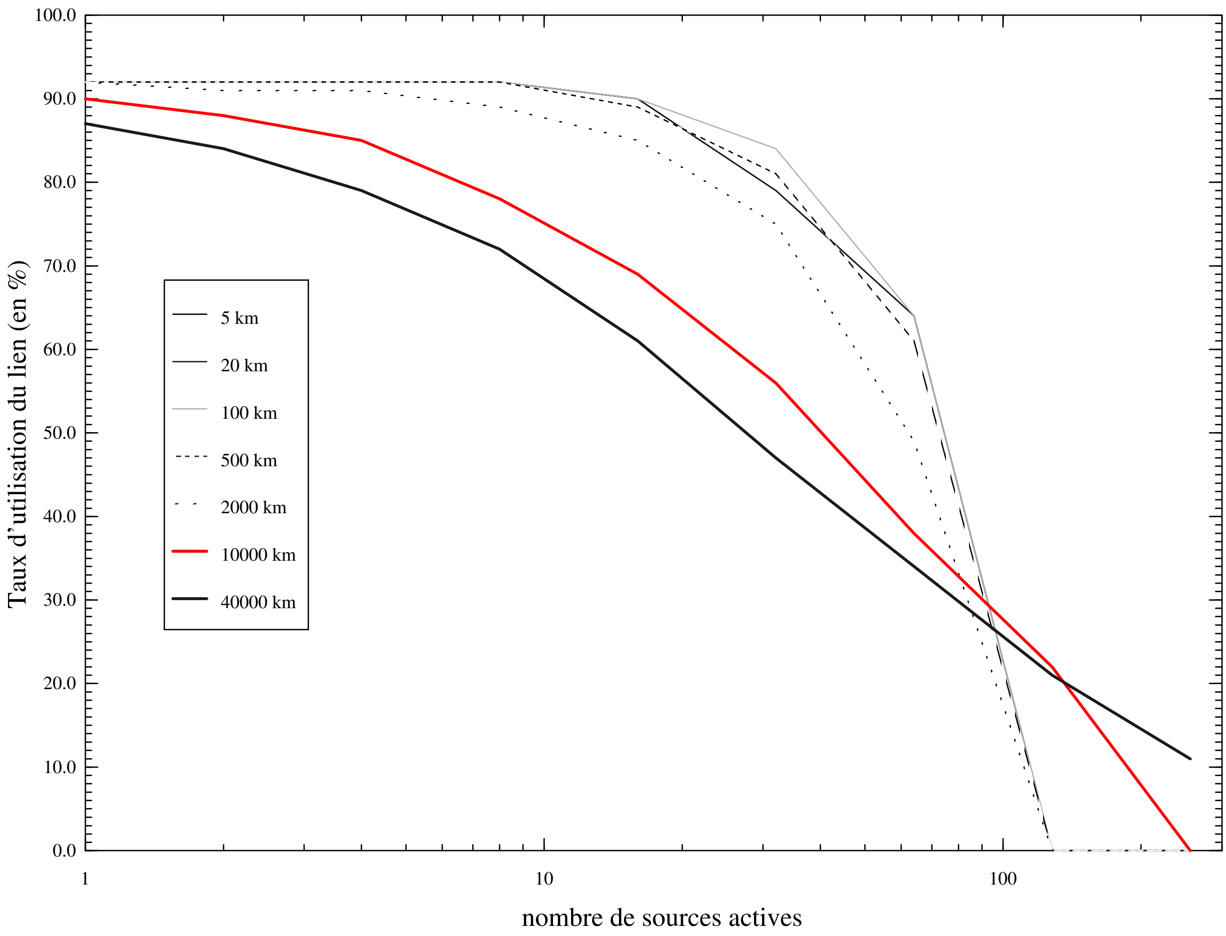
Taux de pertes de paquet en fonction du débit du goulot et de la longueur des connexions



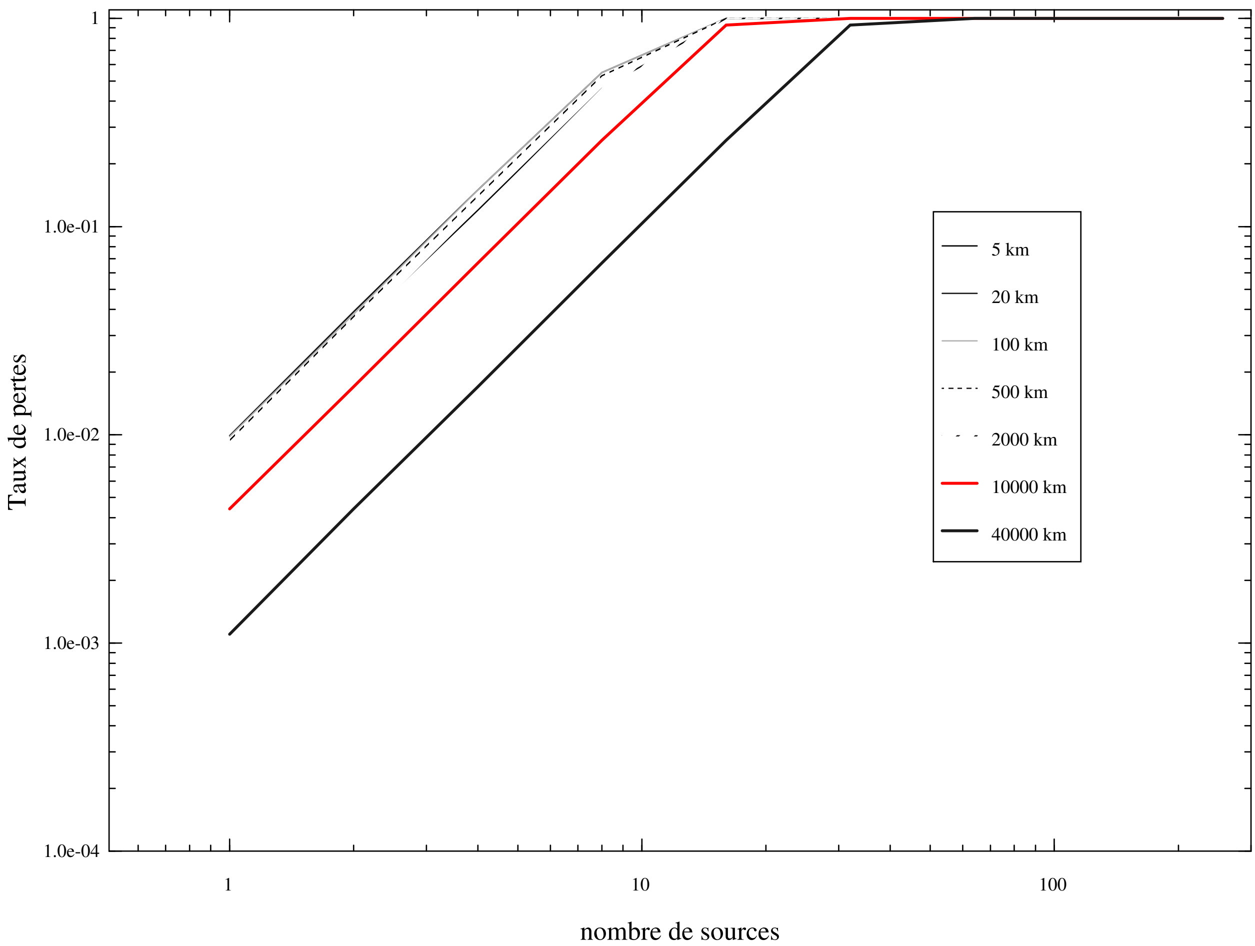
Temps de transmission A/R moyen en fonction du débit du goulot et de la longueur des connexions



Taux d'utilisation en fonction du nombre de sources et de la longueur des connexions



Taux de pertes de paquet en fonction du nombre de sources et de la longueur des connexions



Conclusion

Intérêt de TCP comme contrôle de flux

efficacité

robustesse

mais : délais excessifs

Etudes à venir

suivi de la normalisation

comparaison avec simulations

connexions non synchronisées

flux exogènes variables

phase de perte de paquet

influence des mécanismes de COS

influence des ATC ATM

comparaison avec mesures