Impact du délai de propagation sur les performances du mécanisme ECN dans un réseau Frame Relay

S.HAMMA T.ATMACA

Institut National des Télécommunications
9 Rue Charles Fourier 91011 Evry Cedex
&
Université de Paris VI, Laboratoire MASI, 4 Place Jussieu 75005 Paris

Résumé

Ce rapport traite d'un mécanisme de contrôle de congestion avec feedback basé sur les débits dans un réseau Frame Relay (FR). Ce contrôle est fait à travers deux bits de l'entête d'une trame FR. Le bit Forward Explicit Congestion Notification (FECN) et le bit Backward Explicit Congestion Notification (BECN). Un commutateur qui atteint sa capacité maximale est dit *congestionné*. Cette situation est due soit à la saturation de ses processeurs soit à la saturation de ses liens de transmission. Nous présentons dans ce rapport deux études de performances du mécanisme ECN et l'impact du délai de propagation pour deux modèles différents et deux types de flux de trafic: un flux de trafic prioritaire et un flux de trafic excédentaire. Le premier modèle concerne des arrivées de trames de taille fixe et le second modèle des arrivées de trames de taille variable. Nous avons également exposé nos réflexions quant au choix des paramètres de contrôle, en particulier, l'intervalle de contrôle T.

Mots clés : contrôle de congestion ECN, délai de propagation, PBS, PO, performances, simulation, Frame Relay

Abstract

This report adresses a rate-based feedback approach to congestion control in Frame Relay (FR) networks. The control is realized according to two FR frame headers's bits. Forward Explicit Congestion Notification (FECN) bit and Backward Explicit Congestion Notification (BECN) bit. A node which reaches its maximum storing capacity is called *congested*. This situation can be due to the saturation of its processors or one or more of its outgoing transmission links. In this report, we present two differents models for two kinds of priority traffic. The first model concerns the arrivals of fixed length frames and the second one the arrivals of variable length frames. In addition, we give some reflections about control parameters, particularly, control interval parameter.

Keywords : Explicit Congestion Notification, propagation delay, PBS, PO, performances, simulation, Frame Relay

Table des matières

1 Introduction 3

2 Mécanisme de contrôle de congestion ECN 4

3 Modèle de l'étude: trames de taille fixe 5
3.1 Historique de l'étude 5
3.2 Description du modèle 5
3.3 Hypothèses de l'étude 6

4 Choix des paramètres de contrôle 7
4.1 Valeur maximale de T 8
4.2 Valeur minimale de T 8
4.3 Conclusions 9

5 Résultats de performances 9

6 Modèle de l'étude: trames de taille variable 10
6.1 Description du Modèle 10
6.2 Hypothèse de l'étude 11

7 Résultats de simulations 13
7.1 Distribution des blocs des trames 13
7.2 Probabilité de perte des trames 13
7.3 Délai moyen de transit 14
7.4 Débit effectif moyen 14
7.5 Conclusions 14

8 Conclusions 15

Bibliographie 16

1 Introduction

Dans un réseau à commutation de paquets, nous citerons par exemple les réseaux Frame Relay (FR), le volume de trafic est souvent très important. De plus différentes applications nécessitent des qualités de service (QoS) différentes. Le réseau doit donc être capable d'assurer le contrat de trafic négocié à la connexion. Or, ce contrat peut ne pas être respecté par l'usager et provoquer une congestion du réseau. Ce dernier doit pouvoir gérer ces violations de contrats par l'implantation de mécanisme de contrôle de congestion efficace et ainsi éviter l'écroulement du réseau [1, 2, 3]. A ce contrôle viennent s'ajouter des mécanismes de priorités qui permettent de distinguer les trames prioritaires des trames non prioritaires dites excédentaires. Au moment de la connexion, l'usager négocie un contrat de QoS et en particulier le débit du trafic garanti (CIR). Au delà de ce débit, les trames émises par l'usager sont toutes marquées excédentaires (bit DE de la trame positionné à 1) par un mécanisme de contrôle de trafic à l'accès du réseau (fenêtre sautante, Leaky Bucket,...). Lorsqu'une situation de congestion est détectée, le flux de données émanant des sources est régulé suite à une notification par le réseau.
La prise en charge de cette notification peut se faire à l'aide de deux mécanismes : le mécanisme basé sur la fenêtre d'émission (window-based control) et le mécanisme basé sur les débits d'émission (rate-based control). La majorité des protocoles utilisent le mécanisme basé sur la fenêtre plutôt que celui basé sur les débits. Dans le premier mécanisme lorsque la connexion est établie, la taille de la fenêtre est positionnée à 1. Elle augmente de 1 à chaque arrivée d'un accusé de réception et tant que la valeur du seuil n'est pas atteinte. Par contre, elle diminue de 1 lorsqu'une perte de paquets est détectée. La contrainte de ce mécanisme est liée au nombre limité de paquets que la source peut émettre. Dans le second mécanisme, la source régule son débit en régulant les inter-arrivées. Il n'existe donc aucune contrainte liée au taux d'émission des paquets.
Dans ce rapport nous nous proposons d'étudier le mécanisme de contrôle de congestion ECN (Explicit Congestion Notification) avec retour arrière (feedback) implanté dans un commutateur FR basé sur les débits d'émission (rate-based control). Ce mécanisme de contrôle a pour rôle d'adapter les débits des sources à l'état du réseau, de minimiser les pertes et de maximiser le débit. Nous étudions particulièrement le choix optimal des paramètres de contrôle ainsi que l'impact du paramètre délai de propagation sur les performances d'un tel mécanisme.

Ce rapport est organisé en plusieurs sections que l'on peut regrouper en trois parties distinctes. La première est la présentation du mécanisme ECN tel qu'il est implanté dans le commutateur FR. Cette partie concerne la section 2 où l'on présente également l'algorithme associé à ce mécanisme considérant deux seuils : un seuil minimal et un seuil maximal notés respectivement S_{min} et S_{max}. La seconde partie concerne la section 3, 4 et 5. Un des points essentiel abordé dans cette partie est l'étude réalisée pour le choix des paramètres de contrôle. De plus, nous avons étudié les performances du modèle à un noeud de commutation avec des arrivées poissonniens de paquets de taille fixe et particulièrement l'impact du délai de propagation sur la performance d'un mécanisme tel que ECN. La dernière partie de ce rapport regroupe la section 6 et 7. Elle concerne l'étude de l'impact du délai de propagation dans un modèle où les arrivées sont des trames de longueur variable. Nous nous intéressons aux critères de performances tels que la distribution des blocs constituant la trame, la probabilité de perte des trames, le débit effectif moyen et le délai de transit moyen. En conclusion, nous résumons l'ensemble des résultats de cette étude.

2 Mécanisme de contrôle de congestion ECN

L'anticipation de la congestion dans le réseau se fait par des mécanismes à seuil dans les mémoires tampons du réseau. Pour le réseau FR deux bits du champs adresse de la trame sont utilisés à cet effet. Le bit Forward Explicit Congestion Notification (FECN) et le bit Backward Explicit Congestion Notification (BECN). Le premier bit permet de notifier à l'utilisateur que la prévention de la congestion doit être mise en oeuvre pour le trafic circulant dans le même sens que la trame reçue. Le second bit est un indicateur de congestion en direction de l'émetteur [4, 6, 7, 14].
Lorsque dans un commutateur FR une situation de congestion est observée, autrement dit, le seuil S_{max} est dépassé, le destinataire est informé. Il prends la décision d'informer l'émetteur que le débit d'émission doit être régulé afin de rétablir une situation de non congestion dans le réseau. En effet, périodiquement, la proportion de trafic présente dans le commutateur est mesurée. Le destinataire est constamment informé. Si plus de 50% des trames reçues par celui ci indiquent un taux d'occupation au dessus du seuil maximum et en dessous du seuil minimal de congestion, un message approprié est envoyé régulateur. Selon le cas, le débit des sources est réajusté moyennant un facteur de réduction noté R_r et un facteur d'augmentation noté R_a. L'algorithme est résumé dans le tableau Tab. 1.

Situation	CONGESTION	PAS de CONGESTION	
Condition	$NB \succ S_{max}$	$S_{min} \prec NB \prec S_{max}$	$NB \prec S_{min}$
Action	FECN=1	FECN=0	message augmentation trafic
à chaque T	SI (NB_FECN $\succ$ 50% NB_FR) BECN =1 $\Downarrow$ Diminuer le trafic par R_r		SI (NB_MESS $\succ$ 50% NB_FR) $\Downarrow$ augmenter le trafic par R_a

TAB. 1 – *Algorithme de contrôle de Notification Explicite (ECN)*

NB : Nombre de trames dans le buffer du réseau
NB_FR : Nombre de trames reçu durant un intervalle de contrôle T
NB_FECN : Nombre de trames reçu avec FECN=1
NB_MESS : Nombre de message d'augmentation du trafic

R_r : est le taux de réduction du trafic en cas de congestion
R_a : est le taux d'augmentation du trafic en cas de non congestion
S_{min} : seuil à partir duquel il y a augmentation du trafic
S_{max} : seuil à partir duquel il y a réduction du trafic

3 Modèle de l'étude : trames de taille fixe

3.1 Historique de l'étude

Des études préliminaires de l'influence du délai de propagation, nous ont montrées que ce paramètre n'a aucune influence sur les performances du réseau FR notamment, en taux de perte. De tels résultats nous ont semblé irréalistes. En effet, la définition des paramètres de contrôle nécessite une attention très particulière. L'intervalle de contrôle du mécanisme ECN ne doit pas être très grand et les taux de réduction R_r et d'augmentation R_a ne doivent pas être égaux. Le choix de ces paramètres n'est pas indépendant des autres paramètres du réseau [12]. Quel est donc le bon choix?

3.2 Description du modèle

Le modèle de simulation étudié est décrit par la figure 1. Elle montre la modélisation d'un mécanisme à fenêtre sautante [4], d'un mécanisme de gestion de trafic qu'est le rejet sélectif (PO) [5] et d'un mécanisme ECN (Explicit Congestion Notification) pour contrôler périodiquement l'état du réseau. Il décrit l'interconnexion LAN-FR. Nous modélisons le mécanisme à fenêtre par la station nommé "contrôleur" dans le modèle. Le délai de propagation noté T_d est quant à lui modélisé par une file d'attente avec une infinité de serveurs. Ainsi, nous garantissons qu'une trame mettra exactement T_d pour atteindre la source, aucun délai supplémentaire (temps d'attente dans la file) n'est comptabilisé. On notera que le débit de la source LAN λ est régulé par le débit à 2 Mb/s du lien reliant le LAN et le réseau FR.

Le flux de données traversant le commutateur FR est contrôlé aussi bien par un mécanisme préventif qu'est le PO que par un mécanisme réactif ECN qui réagit au dépassement de capacité de stockage de la mémoire du commutateur. Cette réaction se manifeste par l'envoi d'un indicateur de congestion (à travers une trame de données). Il réagit également à la diminution du trafic (proportion du trafic inférieur à S_{min}) par l'envoi d'un indicateur approprié (message de contrôle).

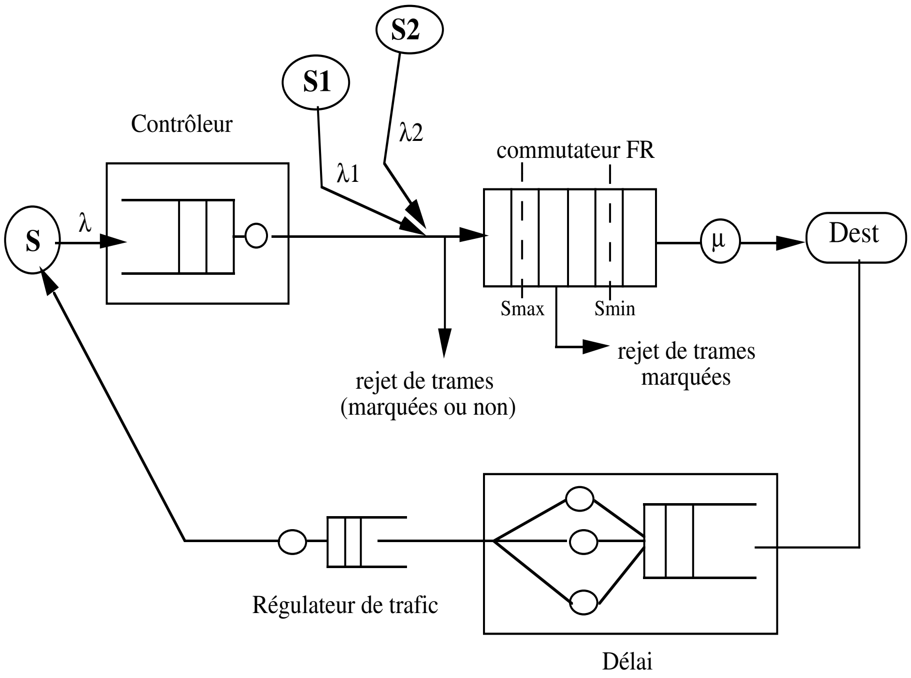

FIG. 1 – *Le modèle de simulation*

3.3 Hypothèses de l'étude

- **Les paramètres de la fenêtre sautante :**

  CIR = 150 trames

  B_e = 20 trames

  T_c=1s

  Bc est donné par la formule suivante : $B_c = CIR * T_c$

- **Les débits des sources :**

  λ = 2 Mb/s ($\simeq$ 250 trames/s)

  λ_1 = 80 trames/s

  λ_2 = 40 trames/s

- **Les valeurs des seuils :**

  seuil minimal de ECN $S_{min} = 30\%$

  seuil maximal de ECN $S_{max} = 80\%$

- **Les autres paramètres :**

  taille du buffer K = 40,50,60,70 trames

  taille d'une trame L = 1000 octets

  taux de réduction du trafic : $R_r = 0.125 \quad (\simeq \frac{1}{8})$

  taux d'augmentation du trafic : $R_a = 0.0625 \quad (\simeq \frac{1}{16})$

4 Choix des paramètres de contrôle

Les performances de l'algorithme de notification explicite de la congestion (ECN) est fortement dépendant de l'intervalle de contrôle T. La question qui reste posée est quelle est la bonne valeur de T ? Afin d'apporter une réponse à cette question nous avons étudié le comportement du réseau par rapport au choix d'un intervalle de contrôle T.
La figure 2 montrent que la perte des trames LAN marquées DE=0 est d'autant plus faible que l'intervalle de contrôle est petit alors que le débit varie d'environ 2 à 3 % pour toutes les valeurs de T (figure 3).

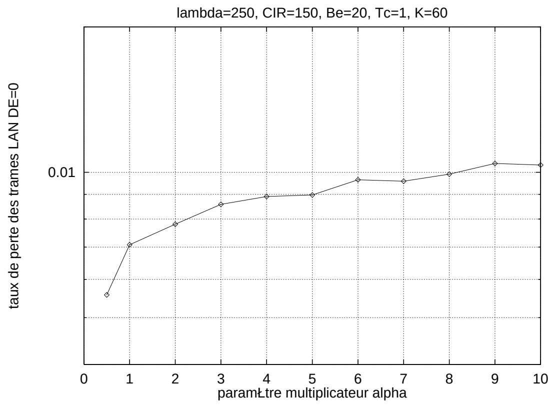

FIG. 2 – *Taux de perte des trames LAN DE=0 en fonction de l'intervalle de contrôle T ($T = \alpha \times T_d$)*

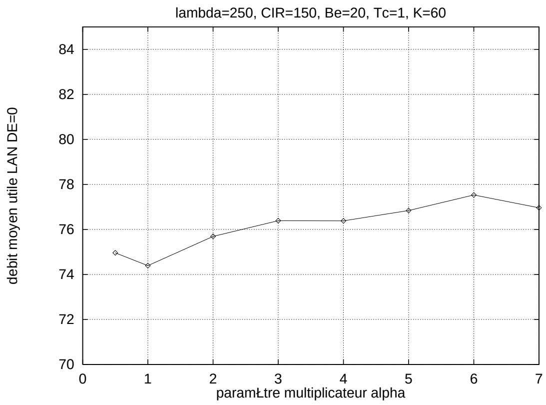

FIG. 3 – *Débit moyen utile pour les trames LAN DE=0 en fonction de l'intervalle de contrôle T ($T = \alpha \times T_d$)*

Lorsque l'intervalle de contrôle est T vaut $4 * T_d$, cela signifie que la réaction à une notification de congestion ou de non congestion implique une réaction au prochain intervalle de contrôle. La notification prendra $1 * T_d$ pour atteindre l'émetteur et la réaction à cette notification se fera ressentir au maximum à $1 * T_d$. Autrement dit, cela nécessitera au maximum un aller retour c'est à dire $2 * T_d$ (voir figure 4).

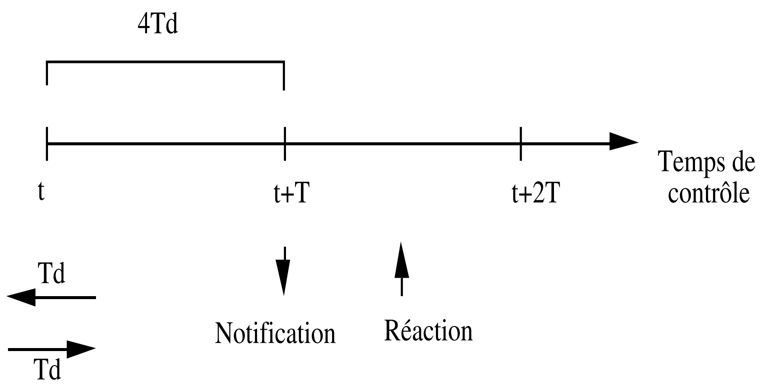

FIG. 4 – *Correspondance entre* T *et* T_d

4.1 Valeur maximale de T

A travers cette étude nous pouvons dire que la valeur maximale de T est majoré par la valeur $4 * T_d$

$$T_{max} \prec 4 * T_d$$

La figure 2 des taux de perte nous confirme que le choix d'un intervalle de contrôle très grand n'est pas un très bon choix (la perte augmente). Observer est une bonne précaution mais réagir vite est plus efficace.

4.2 Valeur minimale de T

Un intervalle de contrôle inférieur à la durée d'un aller retour dans le réseau implique une notification précoce et une réaction tardive. Une durée d'observation de l'état du réseau plus faible que $2 * T_d$ ne sera pas suffisante pour juger d'une réelle congestion. Nous déduisons que la valeur minimale de T est donnée par :

$$T_{min} \succ 2 * T_d$$

Cette condition assure la non fluctuation entre l'état de congestion et de non congestion.

4.3 Conclusions

Le choix des paramètres de mesure est important voire très délicat. A travers donc ces résultats, nous pouvons dire que la valeur de T est donnée par l'inégalité suivante :

$$2 * T_d \prec T \prec 4 * T_d$$

Cette condition permet d'assurer que la réaction à la congestion se fasse dans le prochain intervalle T de contrôle. Si cette condition n'est pas vérifiée cela impliquerait deux situations :

- le contrôle de congestion ainsi que les notifications se feront plusieurs fois (plusieurs intervalle T) avant que les débits ne soient modifiés. En conclusion cela ne sert à rien de vouloir contrôler la congestion à des intervalles de temps inférieur au temps d'un aller retour.
- l'intervalle T est trop grand pour pouvoir contrôler correctement la congestion. Les performances ne sont pas meilleures.

5 Résultats de performances

Dans ce paragraphe nous présentons les résultats de performances relatifs au modèle décrit précédemment. Nous choisissons pour cette étude un intervalle de contrôle T tel que :

$$T = 4 * T_d$$

Où T_d prends les valeurs : 0, 50, 100 et 150ms.

Les figures 5, 6, 7, 8 montrent l'impact du délai de propagation (temps de la notification de la source) sur les les principaux critères de performances (taux de perte, débit moyen et le délai de transit moyen). L'impact est plus considérable lorsqu'on passe d'un délai nul (notification instantanée) à un délai de 50ms. En effet, le taux de perte des trames marquées DE=0 se dégrade d'un facteur de 3 à 10 suivant la taille du buffer de stockage du commutateur. Le taux de perte des trames marquées DE=1 est relativement constant pour toutes valeur de K sauf K=80 où la perte est moindre (capacité de stockage plus grande). Ce type de trames est éjecté du réseau pour deux raisons. La première est la congestion du réseau. La seconde est leur remplacement dû à la politique PO. Globalement, l'augmentation du délai de propagation cause une dégradation des performances du réseau plus sensible pour des valeurs de délai se trouvant dans un intervalle [0,50]. Les performances restent quasiment constant pour des délais allant de 50ms à 150ms.

Les valeurs de T_d considérées dans nos simulations sont très grand. Quel est l'influence de ce paramètre lorsqu'il prend ces valeurs dans un intervalle [0,50] ? Pour ce faire, nous avons étudié le même modèle prenant en considération les valeurs de T_d suivantes : 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 100 et 150ms. Cette étude nous permet de mieux situer le comportement du système entre $T_d = 0$ et $T_d = 50$.

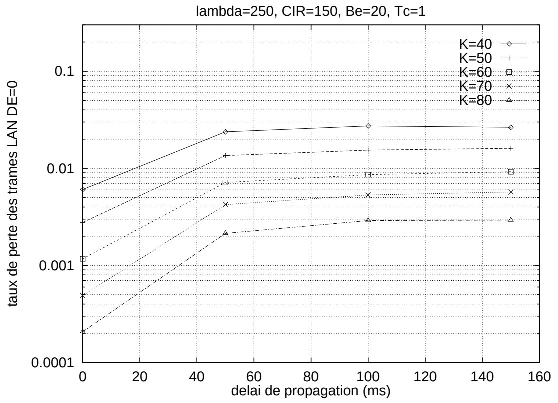

FIG. 5 – *Influence du délai de propagation sur la perte des trames LAN DE=0 dans le réseau*

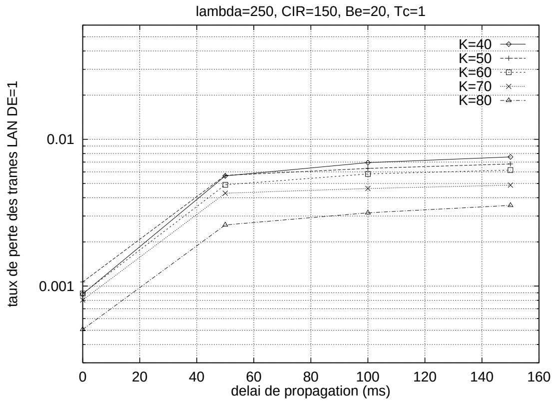

FIG. 6 – *Influence du délai de propagation sur la perte des trames LAN DE=1 dans le réseau*

Les résultats de ces simulations pour le critère de performances : taux de perte des trames LAN DE=0 sont illustrés par la figure 9. L'influence du délai de propagation n'est pas négligeable. Le taux de perte des trames prioritaires croit de façon exponentielle jusqu'à atteindre une perte maximale pour $T_d \succ 50ms$.
L'étude comparative de cette même configuration du réseau avec un réseau à configuration "best effort" (réseau exploité à sa pleine capacité), révèle que le mécanisme ECN avec un délai de propagation $T_d = 100ms$ donne meilleures résultats qu'un réseau doté d'aucun contrôle. L'écart de performances (taux de perte) entre les deux varie d'un facteur de 2 à 4 plus la taille du buffer est grande. Ce résultat est illustré par la figure 10.

6 Modèle de l'étude : trames de taille variable

6.1 Description du Modèle

Le modèle de simulation étudié est décrit par la figure 11. Il est composé d'un commutateur FR qui admet deux types de trafic : le trafic prioritaire et le trafic excédentaire. Le trafic prioritaire est modélisé par un groupe de sources et le trafic excédentaire est modélisé par un autre groupe de sources. Pour chaque type de trafic, les sources sont au nombre de 8 et notées S_i^k. Cette source génère des trames de taille i blocs (1 bloc=1024 octets) {i=1 ... 8} et de classe k {k=1,2}. La classe 1 correspond au trafic prioritaire et la classe 2 correspond au trafic non prioritaire. Le débit des sources est poissonnien de moyenne $\lambda_i^{(k)}$ {i=1 ... 8} et {k=1,2}.

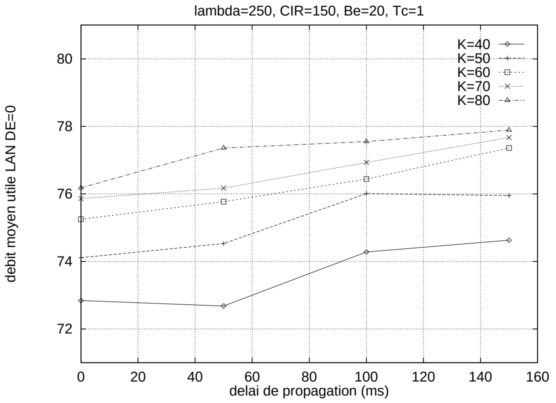

FIG. 7 – *Influence du délai de propagation sur le débit utile de la source LAN et relatif aux trames marquées DE=0*

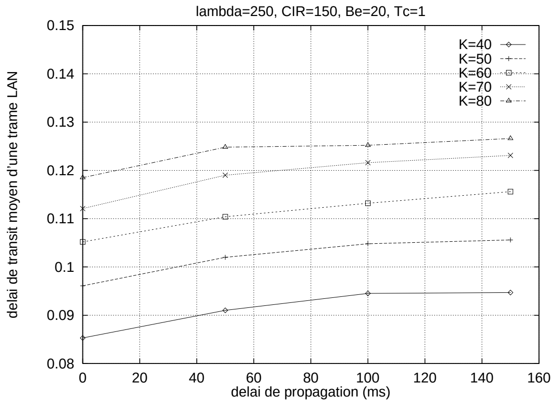

FIG. 8 – *Influence du délai de propagation sur le délai de transit moyen d'une trame LAN*

Le modèle étudié est simplement une file $M^{(1)} + M^{(2)}$/D/1/N. Les trames sont servies suivant la politique FIFO. Le service S est constant et correspond au temps de service d'un bloc. Le temps de service des trames de taille i blocs est $i * S$. La file d'attente du commutateur est limitée à N. En plus du mécanisme ECN, le mécanisme Partial Buffer Sharing (PBS) [5] est également implanté dans le commutateur. Il assure la gestion efficace de la file partagée par deux types de trafic. La première portion de la file notée N_2 est celle partageable par le trafic prioritaire et le trafic non prioritaire. La seconde portion de la file notée N_1 n'est accessible que par le trafic prioritaire.
Dans ce cas, une trame prioritaire de taille i blocs n'est acceptée que si le nombre de places libres est strictement inférieur à $N - i$. De même, une trame non prioritaire de taille i blocs n'est admise que si le nombre de places libres est strictement inférieur à $N_2 - i$. Dans le cas contraire, la trame est perdue.

6.2 Hypothèse de l'étude

- **Les débits des sources sont exprimés en blocs/ms :**

$$\begin{aligned}
\lambda_1^{(1)} &= \lambda_1^{(2)} = 0.192, & \lambda_5^{(1)} &= \lambda_5^{(2)} = 0.013,\\
\lambda_2^{(1)} &= \lambda_2^{(2)} = 0.096, & \lambda_6^{(1)} &= \lambda_6^{(2)} = 0.010,\\
\lambda_3^{(1)} &= \lambda_3^{(2)} = 0.043, & \lambda_7^{(1)} &= \lambda_7^{(2)} = 0.009,\\
\lambda_4^{(1)} &= \lambda_4^{(2)} = 0.032, & \lambda_8^{(1)} &= \lambda_8^{(2)} = 0.008.
\end{aligned}$$

donc EIR = CIR

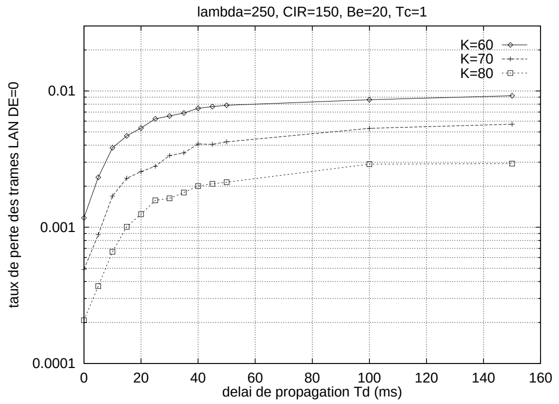

FIG. 9 – *Taux de perte des trames LAN DE=0 en fonction du délai de propagation T_d*

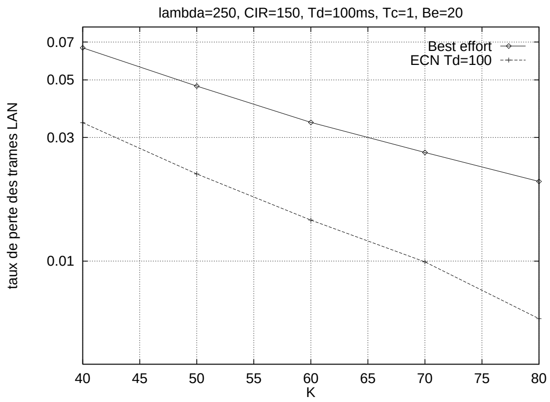

FIG. 10 – *comparaison des performances du réseau pour le cas du best effort et le cas où un contrôle ECN est adopté supposant que le Td=100ms*

- **Les paramètres du commutateur** :

  Taille du buffer $N = 50$

  Seuil du PBS est 40% soit $N_2 = 20$

  Longueur d'un bloc = 1024 octets

  $\mu = 2$

- **Les paramètres de ECN** :

  Le seuil minimum de ECN $S_{min} = 30\%$

  Le seuil maximum de ECN $S_{max} = 80\%$

  L'intervalle de contrôle de congestion $T = 4 * T_d$

  Le délai de propagation $T_d = 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 100, 150$

Remarque :

1. La régulation du trafic dans le cas d'une congestion n'est faite que par rapport aux sources générant des trames excédentaires.
2. Le choix des débits des sources est fait en considérant des facteurs de 64Kb/s. La valeur de $\lambda_1^{(1)} = \lambda_1^{(2)} = 0.192 blocs/ms$ est l'équivalent de $\lambda_1^{(1)} = \lambda_1^{(2)} = 3 \times 64Kb/s$.

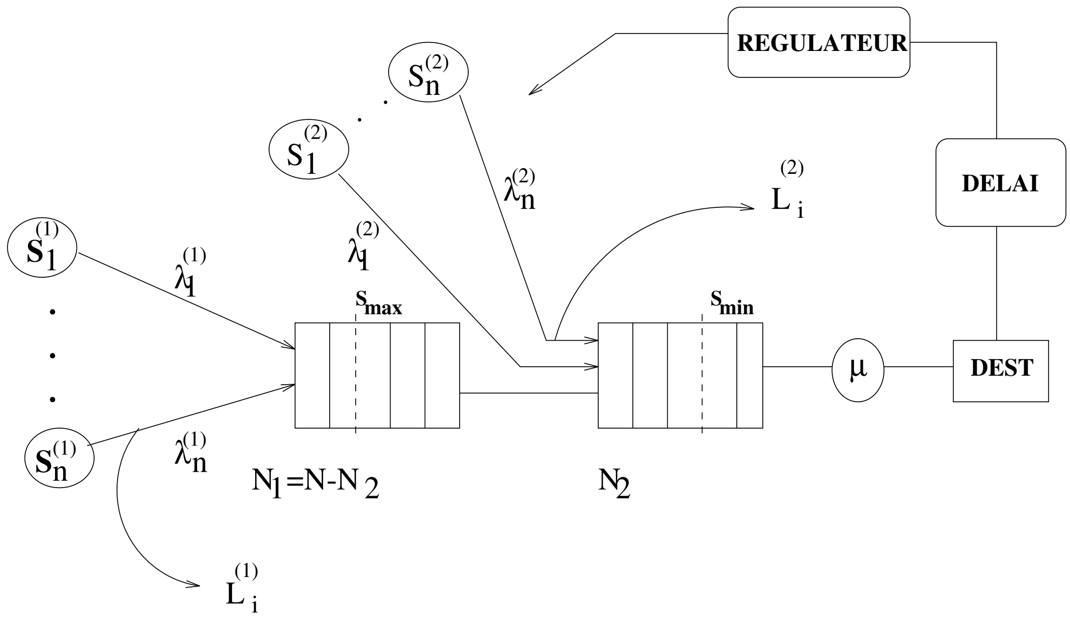

FIG. 11 – *Modèle du commutateur FR avec contrôle de congestion ECN et PBS*

7 Résultats de simulations

7.1 Distribution des blocs des trames

La distribution des trames prioritaires est décrite par la figure 12. Elle est constante et ne dépend pas du délai de propagation du fait que ce type de trafic n'est pas régulé lorsqu'il y a congestion dans le réseau.
La distribution des trames excédentaires est décrite par la figure 13. Elle est influencée par le paramètre délai de propagation T_d étant donné que ce trafic est sujet périodiquement à une éventuelle régulation (augmentation ou réduction).

7.2 Probabilité de perte des trames

La perte des trames excédentaires, représenté par la figure 14, croît en fonction de la taille des trames. La perte des trames de grande taille est plus importante. La probabilité de perte des trames est due principalement au dépassement du seuil du PBS N_2. Elle est atténuée par la régulation du trafic si le seuil S_{max} est dépassé. On notera également que quelle que soit la taille des trames, le délai de propagation a une influence sur cette perte. Elle est croissante en fonction de T_d pour des valeurs entre 5 et 20 ms.

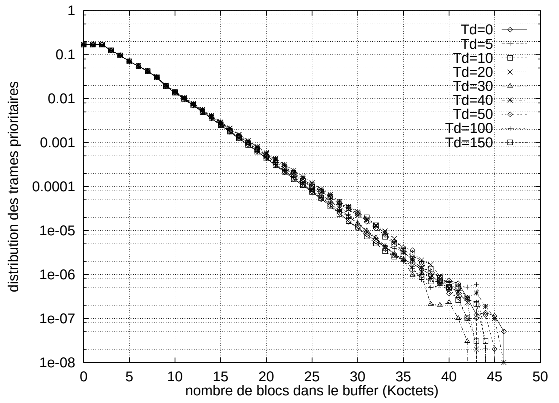

FIG. 12 – *La distribution des blocs de trames prioritaires pour des délais de propagation différents*

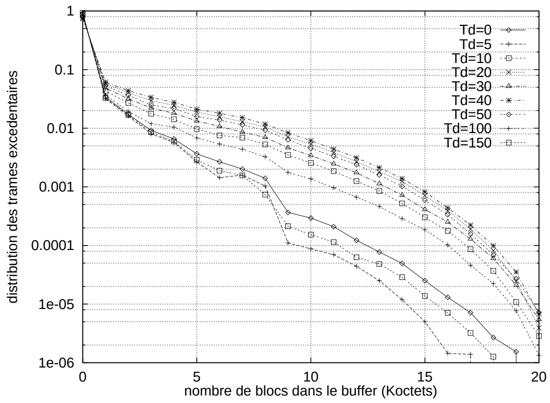

FIG. 13 – *La distribution des blocs de trames excédentaires pour des délais de propagation différents*

7.3 Délai moyen de transit

Etant donné que la perte des trames prioritaires est nulle, le délai de transit moyen est donc constant (c.f figure 15). La figure 16 montre que le délai de transit moyen pour les trames excédentaires croît en fonction de la taille des trames et est influencé par le paramètre T_d. Pour des délais allant de 5 à 20 ms, la probabilité d'avoir x blocs dans le buffer augmente, donc le délai moyen augmente également. Pour des valeurs de T_d supérieur à 50ms, les probabilités stationnaires sont moins importantes (régulation tardive) donc le délai moyen est plus faible.

7.4 Débit effectif moyen

Il nous semble évident que le débit moyen des trames prioritaires soit constant et ce quelque soit la valeur du paramètre T_d (c.f. figure17). En effet, aucune perte de trames prioritaires n'est enregistrée, le débit est donc conservé. Nous observons à travers la figure 18 que pour le trafic excédentaire le maximum du débit est atteint lorsque $T_d = 40$. Cependant, globalement on note une perte considérable dans le débit effectif. Cette perte varie entre 20 et 100 fois le débit fourni (voir paragraphe 6.2).

7.5 Conclusions

Dans ce second modèle, nous avons étudié l'impact du paramètre délai de propagation noté T_d sur les performances d'un mécanisme ECN et PBS. Nous avons noté deux remarques. La première remarque est que la taille des trames constitue un paramètre important dans le calcul de la perte: plus la taille d'une trame est grande et plus la perte est grande. La seconde remarque que nous ferons est qu'en plus de la taille d'une trame, le délai de propagation constitue un paramètre important dans la définition de la QoS offerte à un usager. La probabilité de perte se dégrade d'environ 8 à 10 fois entre $T_d = 5$ et $T_d = 20$

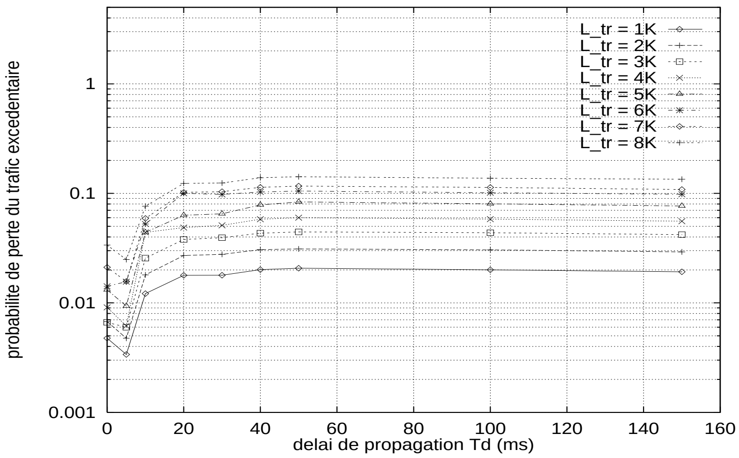

FIG. 14 – *Probabilité de perte des trames excédentaires en fonction du délai et pour différentes tailles de trames*

pour le profil de trafic donné.
Pour une charge offerte de $\rho = 0.86$, la garantie d'une probabilité de perte nulle pour le trafic prioritaire et d'une probabilité de perte de l'ordre de 10^{-3} pour le trafic excédentaires est assurée pour T_d ne dépassant par 5ms et une taille de trames ne dépassant pas 4K octets.

8 Conclusions

Le développement des applications informatiques implique sans aucun doute la hausse de la demande des services haut débit par les utilisateurs et notamment pour les interconnexions des réseaux LANs. Un opérateur doit, cependant, répondre à cette demande en offrant un réseau garantissant notamment une qualité de service (QS) fiable répondant aux besoins de ses clients. Le contrôle de congestion, aussi bien préventif que réactif est certainement le point très important de la QS. Le travail présenté dans ce rapport s'inscrit dans ce cadre. L'étude effectuée concerne les performances du mécanisme de contrôle de congestion ECN et particulièrement deux points importants. Le premier point concerne le choix de l'intervalle de contrôle T. Nous avons borné cet intervalle par deux valeurs liées au paramètre délai de propagation $2 * T_d \prec T \prec 4 * T_d$. Ce choix a été expliqué dans ce rapport. Le second point concerne l'étude de l'impact du délai de propagation sur les performances de ECN avec retour arrière (feedback). Cette étude a été réalisée sur deux modèles distincts. L'un concerne des arrivées de trames de taille fixe et l'autre des arrivées de trames de longueur variable. Cette étude nous a révélé que le délai de propagation influe énormément sur les pertes dans le réseau et le délai de transit moyen. Cette influence est exponentielle pour des valeurs $T_d \prec 50ms$ et reste constante pour des valeurs plus grandes. De plus, nous avons montré que la taille d'une trame joue un rôle important dans la mesure de

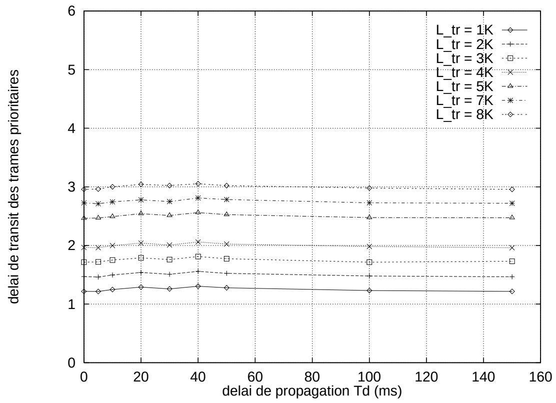

FIG. 15 – *Le délai de transit moyen des trames prioritaires en fonction du délai de propagation et pour différentes tailles de trames*

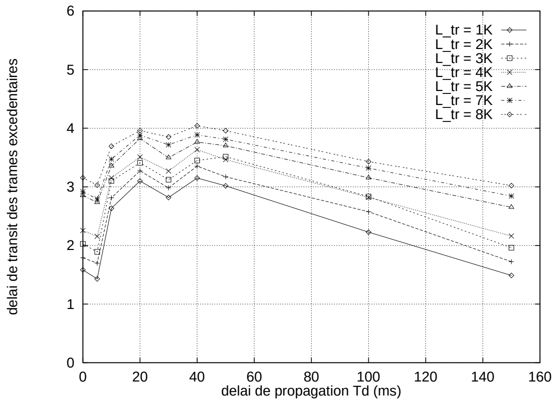

FIG. 16 – *Le délai de transit moyen des trames excédentaires en fonction du délai de propagation et pour différentes tailles de trames*

ces performances. La dégradation des performances due au délai de propagation est d'autant plus importante que la taille d'une trame est grande. Cependant, ce mécanisme reste meilleur comparé au modèle en boucle ouverte (best effort). En perspective à ce travail, nous envisageons d'une part, l'étude de la robustesse d'un tel mécanisme face à des profils de trafic plus généraux et d'autres part, l'étude analytique [8] de ce mécanisme (en cours de développement).

Références

[1] T.Atmaca, T.Czachorski, "The impact of the reactive functions on the LAN interconnection by a frame relay net", Sixth IFIP WG.3 Conference on Performance of Computer Network, Octobre 23-26, 1995, Istanbul, Turkie.

[2] L.Benmohamed, S.M.Meerkov, "Feedback Control of Congestion in Packet Switching Networks: The Case of a Single Congested Node", IEEE/ACM Transactions On Networking, Vol. 1, No. 6, December 1993.

[3] I.W.Habib, T.N.Saadawi, "Controling Flow and Avoiding Congestion in Broadband Networks", IEEE Communications Magazine, Octobre 1991.

[4] S.Hamma, T.Atmaca, "Traffic and Congestion Control on the LAN interconnexion by a frame Relay Network", International Conference on Telecommunication, ICT'96, Istambul, Turkie, Avril 1996.

[5] S.Hamma, T.Atmaca, "Etude Comparative des Mécanismes de Rejets Sélectifs dans un Commutateur Frame Relay", Rapport de recherche MASI, Septembre 1996.

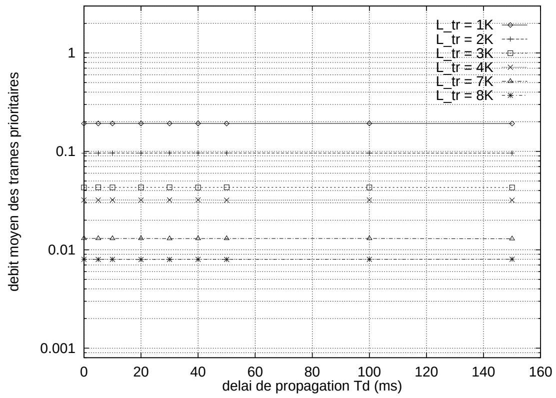

FIG. 17 – *Le débit moyen des trames prioritaires en fonction du délai de propagation et pour différentes tailles de trames*

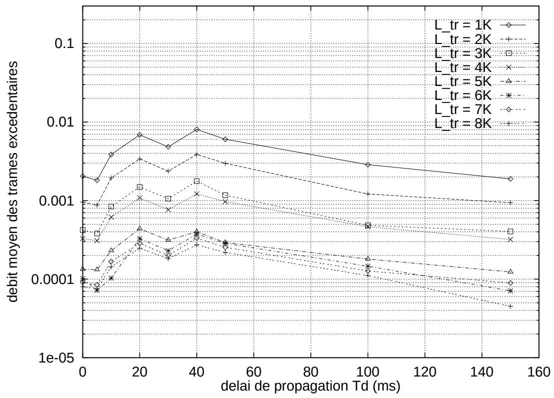

FIG. 18 – *Le débit moyen des trames excédentaires en fonction du délai de propagation et pour différentes tailles de trames*

[6] C. Heckart, "The guide to Frame Relay Networking", Flatiron Publishing Inc, December 1994.

[7] ITU-T : Recommandation I.370, "Gestion des encombrements dans le service support à répétition de trames sur RNIS", 1993.

[8] J.B.Kim, R.Simba, T.Suda, "Analysis of a finite buffer queue with heterogeneous Markov Modulated Arrival Processes : a study of traffic burstiness and priority Packet Discarding", Computer Networks ans ISDN systems, pp 653-673, 1996.

[9] R.S.Pazhyannur, R.Agrawal, "Feedback-Based Flow Control of B-ISDN/ATM Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 13, No. 7, September 1995.

[10] A.Platt, M.J.Morse, "Traffic Management in Frame Relay Networks", Computer Network and ISDN Systems, vol 23 N.4, 1992.

[11] QNAP2 guide de l'utilisateur. SIMULOG, St-Quentin en Yvelines, 1992.

[12] K.K.Ramakrishman, R.Jain, "Q binary feedback scheme for congestion avoidance in computer networks with a connectionless network layer", proc. ACM SIGCOM, Stanford, CA, 1988, pp. 303-313.

[13] M.Sidi, W.S.Liu, I.Cidon, "Congestion Control Through Input Rate Regulation", IEEE Transactions On Communications, Vol 41, N.3, Mars 1993.

[14] W.Stallings "ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM", 3ème édition Mac Millan 1995.