Etude analytique du mécanisme push-out : performances, comparaison avec PBS et robustesse

S.HAMMA T.ATMACA

Institut National des Télécommunications
9 Rue Charles Fourier 91011 Evry Cedex
&
Université de Paris VI, LIP6, 4 Place Jussieu 75005 Paris

Résumé

Dans ce rapport, nous proposons un modèle analytique relatif à un mécanisme à rejets sélectifs : Push-Out (PO) implanté dans un commutateur Frame Relay (FR). Notre modèle considère des arrivées exponentielles de paquets de taille variable. Nous avons focalisé notre attention dans l'étude de performances d'un tel mécanisme lesquelles sont comparées à celles d'un modèle de commutateur sans priorité. De plus, nous avons fait l'étude comparative du mécanisme Partial Buffer Sharing (PBS) et PO. Nous avons accordé une attention particulière à l'étude de la robustesse de ces derniers face à un volume de trafic non prioritaire différent.

Mots clés : partial buffer sharing, push out, performances, chaîne de Markov, simulation, robustesse, Frame Relay

Abstract

In this report, we have proposed an analytical model related to selective reject which is Push-Out (PO) into Frame Relay (FR) switch. We consider in our model the exponential arrival of variable packets length. We focus on the performance study of such mechanism and performance comparison with one switch model without priority mechanism. In addition, we give a particular attention to those mechanisms robustness study towards different less priority traffic volume.

Keywords : partial buffer sharing, push out, performances, Markov chain, simulation, robustness, Frame Relay

Table des matières

1 Introduction

Le réseau Frame Relay (FR) intègre plusieurs classes de trafic suivant les paramètres de qualité de service (QS) définis. Lors de la connexion, la négociation des paramètres tels que CIR, B_c, EIR, B_e *et* T_c est faite. Trois grandes classes de services en découlent [9, 14, 17].

- *Classe 1*: $CIR = 0, B_c = 0, B_e \succ 0, T_c \succ 0, EIR = B_e/T_c$. Dans cette classe de service, l'émetteur peut transmettre avec un débit égal à EIR. Toute trame émise est marquée $DE = 1$. Si une situation de congestion a lieu dans le réseau, toute nouvelle trame arrivant au dessus du point de congestion est perdue.

- *Classe 2*: $CIR \succ 0, B_c \succ 0, B_e = 0, T_c = B_c/CIR, EIR = 0$. Dans cette classe de service, l'émetteur peut transmettre avec un débit égal à CIR. Toutes les trames sont marquées prioritaires (DE=0). De nouvelles trames sont éjectées seulement si le réseau se trouve dans une situation de congestion.

- *Classe 3*: $CIR \succ 0, B_c \succ 0, B_e \succ 0, T_c = B_c/CIR, EIR = B_e/T_c$. Dans cette classe de service, l'émetteur peut transmettre avec un débit qui dépasse CIR c'est à dire qui peut atteindre EIR. Toute trame arrivant au delà de CIR est marquée prioritaire à la perte (DE=1). Pour préserver les ressources du réseau et la QS requise, les trames non prioritaires sont immédiatement éjectées si une congestion a lieu. Cette classe de trafic offre une meilleure flexibilité dans le sens où elle garantit plus que le débit négocié si la capacité de la bande passante le permet.

Le marquage des trames à l'accès du réseau est réalisé par des mécanismes appropriés (fenêtre sautante, leaky bucket,...) [5, 9, 17]. Le rôle principal du réseau est de maintenir une qualité de service efficace. Plusieurs travaux concernant des mécanismes de priorité à la perte ont été réalisés notamment, dans les réseaux large bande et en particulier dans ATM [2, 3, 4, 8, 11, 12]. Dans ce rapport, nous proposons une étude analytique du mécanisme à rejets sélectifs : Push-Out (PO). Ce mécanisme est implanté dans un commutateur FR et prend en compte des arrivées de paquets de taille variable. A l'opposé des mécanismes à seuil, le mécanisme PO n'éjecte les trames non prioritaires qu'une fois la file d'attente est pleine. Dans ce cas, de nouvelles trames non prioritaires sont immédiatement éjectées alors que les trames prioritaires peuvent prendre la place de celles non prioritaires déjà dans la file. Un algorithme de remplacement est proposé dans ce rapport. Les trames prioritaires sont quant à elles éjectées lorsque la capacité maximale de la file est atteinte et aucune trame non prioritaire n'occupe la file.
Nous avons fait l'étude par la chaîne de Markov associée à la file $M^{(1)} + M^{(2)}/D/1/N$ avec PO et des performances de ce mécanisme. Les performances ainsi étudiées sont comparées à celles du modèle classique $M/D/1/N$ sans priorité. De plus, nous avons comparé le mécanisme PO avec le mécanisme Partial Buffer Sharing (PBS) [6] et déterminé la robustesse de chacun d'eux en fonction du volume de trafic non prioritaire.
Le second chapitre détaille premièrement le modèle analytique proposé pour PO. Deuxièmement, il présente les performances de celui ci suivant des critères différents et la comparaison de ce mécanisme par rapport à une configuration du modèle où le commutateur n'est géré par aucun mécanisme de priorité (modèle sans priorité). Le troisième chapitre, traite d'une part de l'étude comparative de PBS et PO en fonction des paramètres de la file d'attente et des seuils de PBS. D'autres part, il met en évidence la robustesse de chacun des mécanismes

par rapport à des proportions de trafic prioritaire et non prioritaire différentes. Le dernier chapitre regroupe l'ensemble des conclusions découlant de cette étude.

2 Modèles analytique et de simulation du mécanisme Push-Out

2.1 But de l'étude

Nous avons déjà évoqué dans les précédents travaux l'intérêt des mécanismes à rejets sélectifs et en particulier l'intérêt du mécanisme PBS [5, 6]. Le but principal de ce rapport est la présentation des performances d'un autre type de mécanisme qu'est le mécanisme Push-Out (PO). Les caractéristiques de ce dernier peuvent se résumer comme suit :

- l'accès à la file du commutateur est possible pour les deux types de trafic et seulement lorsque la capacité maximale de cette file n'est pas atteinte.
- l'accès à la file (lorsque la file est pleine) n'est possible que pour des trames de classe 1 dites prioritaires. Les trames de faible priorité peuvent être éjectées au profit de celles de forte priorité. Le choix des trames de remplacement est fait suivant un algorithme décrit dans la section 2.2.2.

Les performances ainsi étudiées sont comparées à un modèle de commutateur sans mécanisme de priorité.

2.2 Modèle étudié

2.2.1 Description du modèle

La figure 1 décrit le modèle du mécanisme Push-Out (PO) étudié. Il consiste en un buffer de taille limitée notée N. Deux types de trafic sont émis par deux groupes de sources. Un groupe de huit sources émet des trames de forte priorité (classe 1) de longueur variable allant de 1 bloc de 1024 octets à 8 blocs. Un second groupe de huit sources émet quant à lui des trames de faible priorité (classe 2) de longueur variable également.
Chaque source S_i^k génère des trames de longueur i blocs $\{i = 1, 2 \ldots, 8\}$ et de classe k, $k = 1, 2$. L'accès à la file du commutateur FR se fait suivant le mécanisme de gestion du buffer à savoir le mécanisme PO. Tant que la capacité du buffer n'est pas atteinte, les trames aussi bien de classe 1 que de classe 2 occupent les blocs vides de celui-ci. Le buffer est dans ce cas géré de façon FIFO comme s'il s'agit d'une même classe de trafic. Par contre, dès que la capacité maximale de cette file est atteinte, les deux types de classes sont distingués et la priorité est donnée aux trames émanant des sources prioritaires $S_i^1 \quad \{i = 1, 2 \ldots, 8\}$. Lorsqu'une trame de classe 1 veut accéder au buffer alors qu'aucun bloc n'est libre, une trame de classe 2, si elle existe, est éjectée au profit de la nouvelle. La politique de remplacement est décrite dans la section suivante.
Le modèle ainsi étudié est une file $M^{(1)} + M^{(2)}$/D/1/N avec mécanisme PO. Dans cette étude, les arrivées sont supposées poissonniennes et le taux est λ_i^k $\{i = 1, 2 \ldots, 8\}$ et $\{k = 1, 2\}$ où i représente la taille des trames en blocs et k la classe de trafic. Le temps de service est approximé par une loi d'Erlang d'ordre 10.
Le réseau a une vitesse de $2 Mbytes/s$. L'unité de service est un bloc de 1024 octets. La charge

offerte par les sources de classe 1 respectivement de classe 2 est donnée par les formules suivantes :

$$\rho^{(1)} = \sum_{i=1}^{nmax} i \times \lambda_i^{(1)} \times S$$
$$\rho^{(2)} = \sum_{i=1}^{nmax} i \times \lambda_i^{(2)} \times S$$

La charge globale ρ est donné par :

$$\rho = \rho^{(1)} + \rho^{(2)}$$

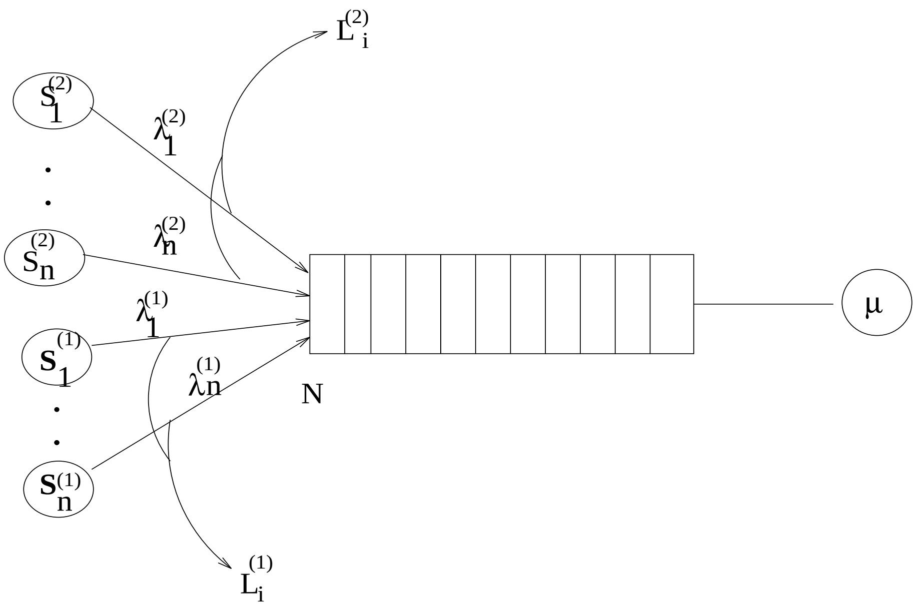

FIG. 1 – *Modèle du commutateur avec mécanisme Push-Out*

2.2.2 Algorithme de remplacement

L'implantation du mécanisme PO est délicate dans la mesure où la gestion du buffer du commutateur est faite relativement à des unités de données de taille variable (trames). La politique de remplacement adoptée dans cette étude est la politique Last-In-First-Out (LIFO). Le choix des trames non prioritaires (classe 2) à éjecter se fait suivant l'algorithme suivant :

Etape 0 :
Initialiser le nombre de places libres à la taille du buffer
$PL = N$

Etape 1 :
génération d'une trame T_r de longueur L_{Tr} et de classe $C1$

Etape 2 :

Si $(PL \succeq L_{Tr})$

Alors $PL = PL - L_{Tr}$

aller à Etape 4.c

Sinon aller à Etape 3

Fsi

Etape 3 :

Mécanisme PO

initialiser le nombre de places libres récupérés à partir des trames de classe C2

$Buf\_L_{TrC2} = 0$ et

Buf_tr = dernier bloc de la file

Etape 3.a :

Si $(Classe(Buf\_tr) = C2)$

Alors

Si (Buf_tr en service)

Alors aller à Etape 4.a

Sinon aller à Etape 3.b

Fsi

Sinon $Buf\_tr = Buf\_tr.suivant$

aller à Etape 3.a tant qu'il y a des éléments dans la file

Fsi

Etape 3.b :

$Buf\_L_{TrC2} = Buf\_L_{TrC2} + Long(Buf\_tr)$

Si $(Buf\_L_{TrC2} \succeq L_{Tr})$

Alors aller à Etape 4.b

Sinon $Buf\_tr = Buf\_tr.suivant$

aller à Etape 3.a tant qu'il y a des éléments dans la file

Fsi

Etape 4 :

Etape 4.a :

perte (T_r)

aller Etape 4.c

Etape 4.b :

perte d'une ou des trames de classe C2 à remplacer

remplacement de ces trames par T_r

Etape 4.c :

fin du traitement d'une arrivée de trame de classe 1

aller à Etape 1

2.3 Modèle Markovien

Nous avons choisi de modéliser le système présenté dans la figure 1 par une chaîne de Markov notée $X_j = (\phi, Q_{1,j}, Q_{2,j}, \ldots, Q_{i,j})$ où ϕ est la phase d'Erlang , $Q_{i,j}$ est le nombre de blocs de la ième trames du buffer de classe 1 ou 2 à l'instant t_j. Les états de cette chaîne sont représentés par un vecteur $(r, n_1, n_2, \ldots, n_i)$ où :

r est la phase d'Erlang qui prend ses valeurs dans l'intervalle $[1, R]$
n_1 est la trame en service
n_i est la ième trame du buffer qui peut être de classe 1 ou 2 :

Si $n_i = j$ la trame est de classe 1 de longueur j blocs
Si $n_i = k + j$ la trame est de classe 2 de longueur j blocs et où k est le nombre de sources d'une classe

La seule approximation faite est dans le temps de service d'un bloc. Il est déterministe en simulation, approximé dans le modèle markovien par une loi de distribution d'Erlang de rang 10 (R=10).

Les probabilités de perte sont calculées à partir des probabilités stationnaires . La probabilité de perte d'une trame de classe 1 de longueur j blocs respectivement de classe 2 de longueur j blocs sont données par les formules suivantes :

$$L_j^{(1)} = \sum_{r=1}^{R} \sum_{p=1}^{i} \Pi(r, n_1, n_2, \ldots, n_p)$$

Si $\sum_{l=1}^{i} mod(n_l, k) \succ N - j$ et $\sum_{l=i}^{2} a_l \times mod(n_l, k) \prec \sum_{l=1}^{i}(mod(n_l, k)) - (N - j)$

où a_l est le coefficient de valeur 0 pour les trames de classe 1 et de valeur 1 pour les trames de classe 2.

$$L_j^{(2)} = \sum_{r=1}^{R} \sum_{p=1}^{i} \Pi(r, n_1, n_2, \ldots, n_p)$$

Si $\sum_{l=1}^{i} mod(n_l, k) \succ N - j$ ou $\sum_{l=i}^{2} a_l \times mod(n_l, k) \succeq \sum_{l=1}^{i}(mod(n_l, k)) - (N - j)$

2.4 Les résultats numériques

Concernant le modèle analytique, nous avons généré la matrice de transition et ensuite nous avons calculé les probabilités stationnaires en utilisant la méthode d'Arnoldi [1, 16]. Les résultats de simulations ont été obtenus grâce à des codes écrits en langage QNAP.
Nous avons choisi pour cette étude, les valeurs numériques suivantes :

- le débit du réseau = $2Mbytes/s$
- taille du bloc = $1024 octets$
- temps de transmission d'un bloc = $0.5ms$

- taux de service $\mu = 2$
- taux de service relative à une phase d'Erlang $\mu_r = 20 \quad \{r = 1, 2 \ldots 10\}$
- les débits des sources mesuré en blocs/ms sont l'équivalent d'un facteur de $64Kb/s$ ($\lambda_1^{(1)} = \lambda_1^{(2)} = 0.192 blocs/ms$ est équivalent à $\lambda_1^{(1)} = \lambda_1^{(2)} = 3 \times 64Kb/s$) :

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

2.4.1 La distribution des blocs de trames

Etant donné que pour une taille de buffer très grande, la matrice de transition associée à la chaîne de Markov est très grande, la résolution et le calcul des probabilités stationnaires prend un temps considérable. Par conséquent, nous avons réduit la taille du buffer à $N = 9$ afin de montrer que le système est bien résolu et que les résultats sont bien validés par ceux de la simulation et ce, aussi bien pour le trafic de classe 1 que pour le trafic de classe 2 (voir figures 2,3).
Les probabilités stationnaires décroissent lorsque le nombre de blocs occupant le buffer croît. La probabilité que le buffer soit plein est de l'ordre de 10^{-5} pour les deux classes de trafic.

Nous étudions maintenant la distribution des blocs des trames en fonction de la taille du buffer. Nous supposons $N = 40, 50, 60$. Les résultats donnés par les figures 4,5 sont ceux obtenus par simulation. Nous observons une réelle dépendance des probabilités stationnaires avec la capacité de stockage du buffer. Les probabilités d'occupation du buffer par x blocs $x = 0, 1, \ldots, 20$ sont constantes. Par contre, pour des valeurs de $x \succ 20$ blocs, elles sont améliorées lorsque la capacité du buffer croît.

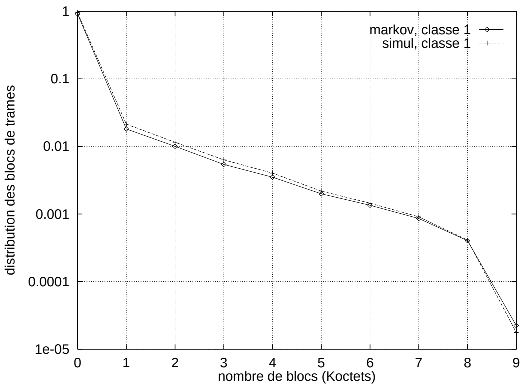

FIG. 2 – *distribution des blocs de trames pour le trafic de classe 1, N=9*

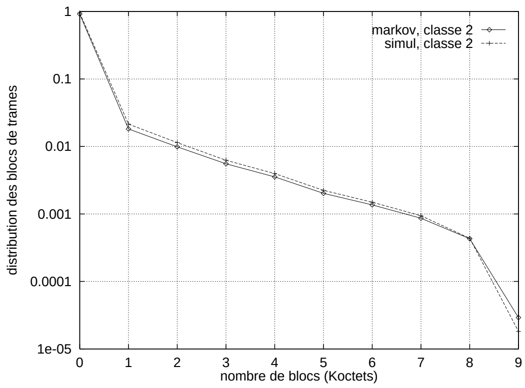

FIG. 3 – *distribution des blocs de trames pour le trafic de classe 2, N=9*

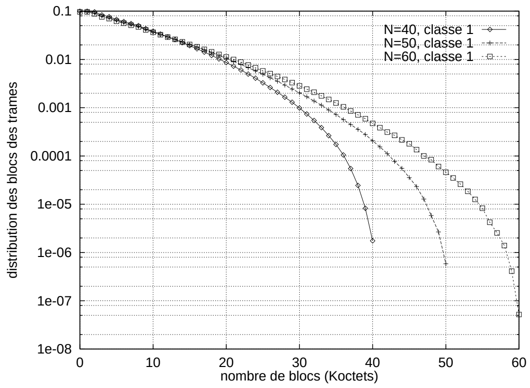

FIG. 4 – *distribution des blocs de trames pour le trafic de classe 1 en fonction de la taille du buffer*

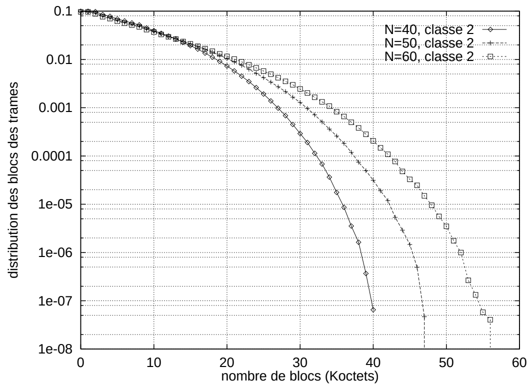

FIG. 5 – *distribution des blocs de trames pour le trafic de classe 2 en fonction de la taille du buffer*

2.4.2 La probabilité de perte des trames

Les figures 6 et 7 montrent les probabilités de perte des trames respectivement pour le trafic de classe 1 et le trafic de classe 2. La taille du buffer est choisie égale à 9 pour les mêmes raisons que celles évoquées dans la section précédente pour l'étude analytique.
Les résultats markoviens et de simulations sont pratiquement confondus. La probabilité de perte des trames de classe 1 et de taille 1K octets est de l'ordre de 10^{-5} alors que celle relative aux trames de taille 8K octets est de l'ordre de 10^{-2}. Il n'est donc pas souhaitable de choisir des trames de grande taille. Ainsi la taille des trames influe sur la qualité de service offerte.
Nous avons ensuite mesuré les probabilités de perte des deux types de trafic en supposant la capacité du buffer de plus en plus grande ($N = 40, 50, 60$). Les résultats donnés par les figures 8,9 montrent une nette dépendance de la probabilité de perte avec la taille du buffer de stockage.

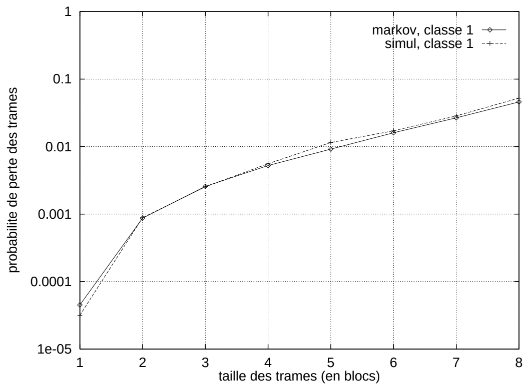

FIG. 6 – *probabilités de perte des trames pour le trafic de classe 1, N=9*

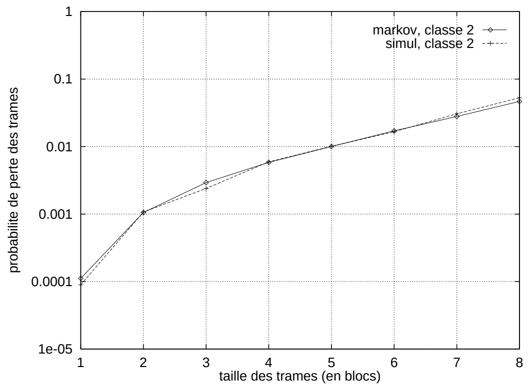

FIG. 7 – *probabilités de perte des trames pour le trafic de classe 2, N=9*

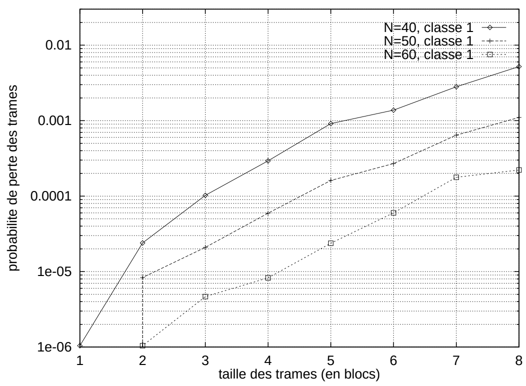

FIG. 8 – *probabilités de perte des trames pour le trafic de classe 1 en fonction de la taille du buffer*

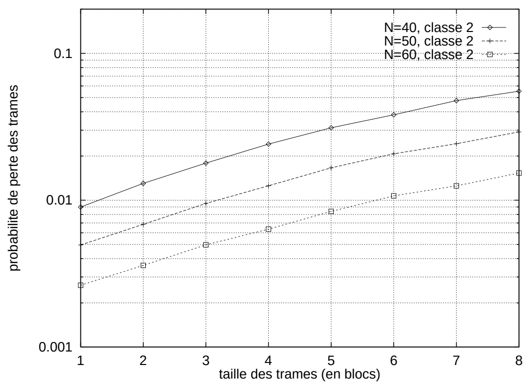

FIG. 9 – *probabilités de perte des trames pour le trafic de classe 2 en fonction de la taille du buffer*

2.4.3 Comparaison des performances du PO avec celles du modèle sans priorité

Afin de montrer les réelles performances du PO, nous avons fait une étude comparative de ce mécanisme avec la configuration du modèle où le commutateur n'est géré par aucun mécanisme de priorité. La distribution des blocs de trames représentée par la figure 10 montre une amélioration de la probabilité d'occupation des trames de classe 1 au profit d'une faible dégradation de la probabilité d'occupation des trames de classe 2. Cette dégradation est due au rejet de cette classe de trames lorsque le buffer est plein. De même, nous avons étudié le critère de performance très important qu'est la probabilité de perte. Nous observons à travers la figure 11 les meilleures performances assurées par PO pour le trafic de classe 1. La différence de performances pour les deux types de trafic dans le cas de PO par rapport au cas sans priorité est d'autant plus grande que la taille des trames diminue. Les performances du PO pour les trames de classe 1 et de taille $4K$ octets sont améliorées d'un facteur de 100 alors que celles relatives aux trames de classe 2 sont dégradées d'environ un facteur de 30.

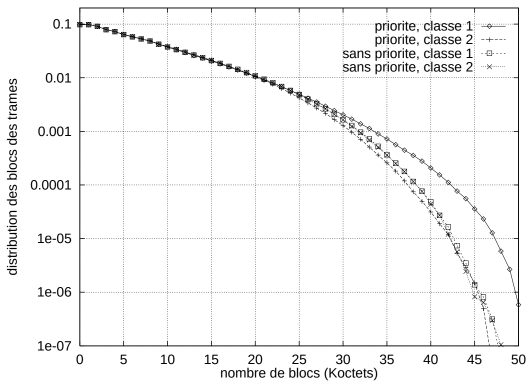

FIG. 10 – *comparaison de la distribution des blocs de trames relative à un commutateur géré par PO et celui sans priorité, N=50*

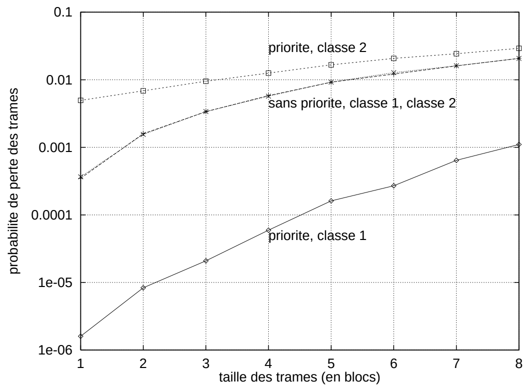

FIG. 11 – *comparaison de la probabilité de perte des trames relative à un commutateur géré par PO et celui sans priorité, N=50*

2.5 Conclusions

Nous avons présenté dans ce chapitre un modèle markovien modélisant un commutateur FR géré par un mécanisme à rejet sélectif qu'est le Push-Out. Il est plus compliqué à mettre en oeuvre que PBS mais il fournit de bonnes performances. Le modèle ainsi étudié a été validé par des simulations. L'étude a montré une dépendance des probabilités stationnaires avec la taille des trames et la capacité de la file d'attente. Aussi, l'étude comparative avec un modèle sans priorité a révélé une amélioration considérable des performances du trafic prioritaire (classe 1) pour une faible dégradation des performances du trafic non prioritaire (classe 2).

3 Comparaison des mécanismes PBS et PO

3.1 But de l'étude

Après avoir fait l'étude des mécanismes à rejet sélectifs PBS [7] et PO séparément, nous nous intéressons, dans ce chapitre, à l'étude comparative de ces deux mécanismes. Nous donnerons les performances de chacun pour des critères de performances tels que la distribution des blocs, la probabilité de perte, le débit moyen effectif et le délai de transit moyen. Un point qui nous semble très important à souligner est l'étude de la robustesse de ces deux mécanismes par rapport à un volume de trafic non prioritaire variable.

3.2 Présentation de l'étude

Le modèle du mécanisme PO étudié dans ce chapitre est celui décrit par la figure 1, celui du mécanisme PBS a été présenté dans un précédent rapport de recherche [7]. Nous présentons ici brièvement les principales caractéristiques de ce mécanisme. La file d'attente du commutateur est divisée en deux parties distinctes. Une première partie de longueur N_2 est partagée par deux types de trafic à savoir un trafic prioritaire (classe 1) et un trafic non prioritaire (classe 2). Une seconde partie de longueur N_1 $(N - N_2)$ n'est accessible que par des trames de classe 1. Une trame de classe 1 et de longueur i est perdue lorsque moins de $N - i$ blocs sont libres dans la file. Une trame de classe 2 et de longueur i est perdue lorsque moins de $N_2 - i$ blocs sont libres. Les arrivées sont poissonniennes et le temps de service est constant.

Comme nous l'avons déjà expliqué dans le précédent chapitre, les résultats issus du modèle markovien de PO n'ont pu être obtenus pour des valeurs de N très grandes. Nous nous sommes restreint dans ce chapitre à comparer les performances des mécanismes en utilisant les résultats de simulations obtenus dans chacun des modèles.
Nous rappellerons simplement que les paramètres utilisés sont ceux choisis dans le précédent chapitre. Nous redonnerons cependant, uniquement les débits des sources.

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

3.3 Résultats de l'étude

3.3.1 Comparaison des distributions des blocs pour des seuils différents de PBS

Nous avons regardé la distribution des blocs des trames dans le buffer du commutateur afin de comparer les deux mécanismes. La distribution des blocs des trames de classe 1 (figure 12) et celle de la classe 2 (figure 13) donne des probabilités d'occupation plus importantes pour le PO que pour le PBS. Elle est sensible au delà du nombre de blocs égal à 15. Elle est également plus grande dans le cas du trafic de classe 2 car les trames de cette classe peuvent occuper la totalité du buffer alors que dans PBS seulement une partie du buffer est partageable. La distribution pour la première classe de trafic et pour PBS se rapproche de celle de PO lorsque le seuil N_2 diminue. Pour la seconde classe de trafic, elle se rapproche pour N_2 croissant.

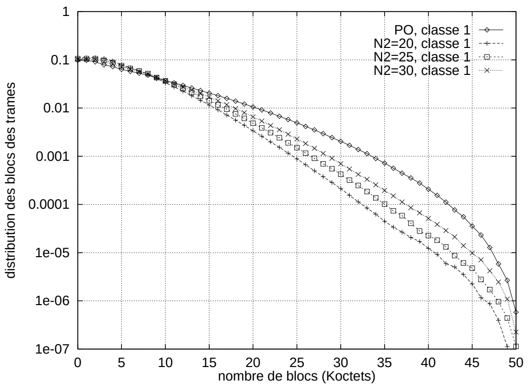

FIG. 12 – *comparaison de la distribution des blocs de trames pour le trafic de classe 1 relativement à PBS et PO, N=50*

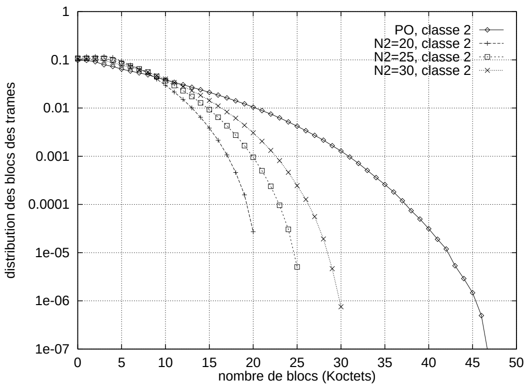

FIG. 13 – *comparaison de la distribution des blocs de trames pour le trafic de classe 2 relativement à PBS et PO, N=50*

3.3.2 Comparaison des probabilités de perte des trames pour des seuils différents de PBS

Les figures 14 et 15 montrent les résultats de la comparaison des probabilités de perte pour les deux configurations du modèle. Elles montrent que la probabilité de perte obtenue est beaucoup plus intéressante dans le cas où PBS est implanté dans le commutateur FR. Elle est plus faible pour PBS que pour PO pour le trafic prioritaire et elle est d'autant plus faible que le seuil N_2 est petit. Les performances du PBS se rapprochent de ceux du PO lorsque le seuil est grand. De plus, on notera que pour le trafic prioritaire (figure 14) plus la taille des trames est grande et plus la différence de perte entre PBS et PO est grande.

Concernant le trafic non prioritaire, les performances sont améliorées avec un modèle PO qu'avec PBS étant donné que le fait de partager la totalité du buffer, le mécanisme PO est ainsi moins sévère quant à la perte. Les rejets de trames non prioritaires n'interviennent que lorsque la capacité maximale du buffer est atteinte. Le mécanisme PBS commence le rejet des trames non prioritaires dès que le seuil N_2 est atteint. Par conséquent, la probabilité de perte obtenue par PO est améliorée comparée à celle du PBS. Les performances du PBS approchent celles de PO à mesure que le seuil est plus grand. Pour une taille de trame égale à $4K$ octets, la probabilité de perte dans PBS pour $N_2 = 20$ est plus faible de 200 fois par rapport à PO.

Pour une même taille de trame, la probabilité de perte dans PBS pour $N_2 = 20$ est plus grande d'environ 8 fois par rapport à PO.

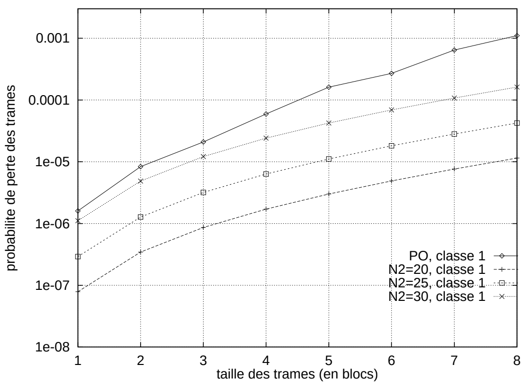

FIG. 14 – *comparaison des probabilités de perte des trames pour le trafic de classe 1 relativement à PBS et PO, N=50*

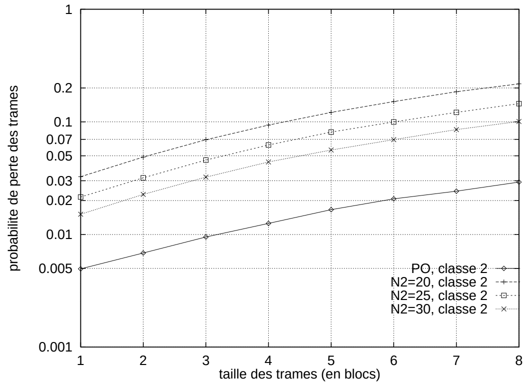

FIG. 15 – *comparaison des probabilités de perte des trames pour le trafic de classe 2 relativement à PBS et PO, N=50*

3.3.3 Comparaison des délais de transit moyen des trames

Les figures 16 et 17 montrent les résultats de la comparaison des délais de transit moyen des trames pour le trafic prioritaire et le trafic non prioritaire. Nous observons un meilleur délai pour le mécanisme PBS et ce quelles que soient les valeurs de N_2. Les délais obtenus pour les deux types de trafic sont identiques ou légèrement plus important dans le cas du trafic prioritaire étant donné que l'occupation du buffer par celui-ci est légèrement plus importante.

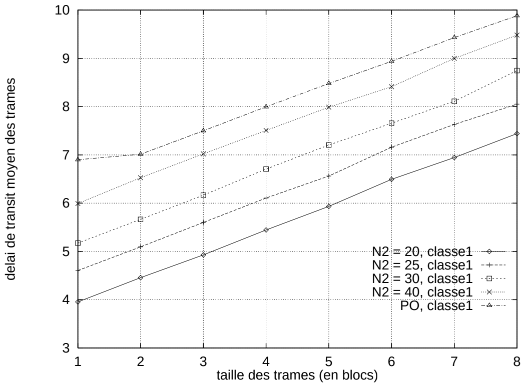

FIG. 16 – *comparaison des délais de transit moyen des trames pour le trafic de classe 1 relativement à PBS et PO, N=50*

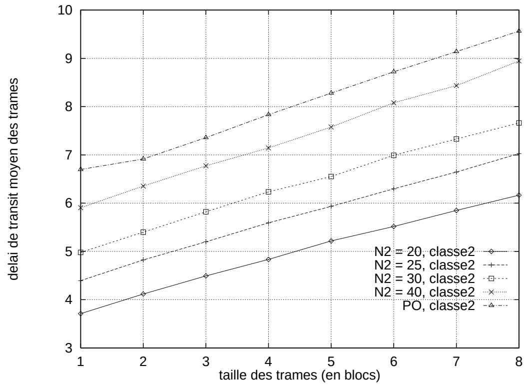

FIG. 17 – *comparaison des délais de transit moyen des trames pour le trafic de classe 2 relativement à PBS et PO, N=50*

3.3.4 Comparaison des débits moyens effectifs des trames

Nous avons comparé également les courbes des débits moyens des trames pour les deux types de trafic. Les résultats que montrent les figures 18 et 19 ne sont pas trop significatifs vus les taux de perte observés et la différence des débits des différentes taille des trames.

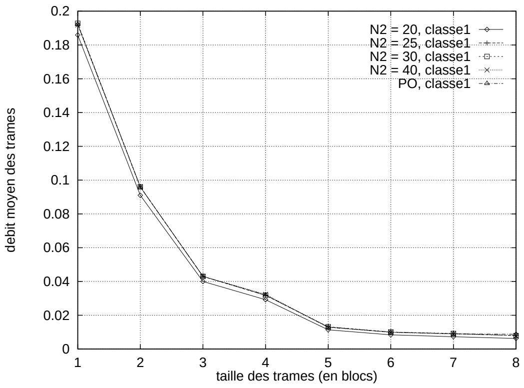

FIG. 18 – *comparaison des débits moyens effectifs des trames pour le trafic de classe 1 relativement à PBS et PO, N=50*

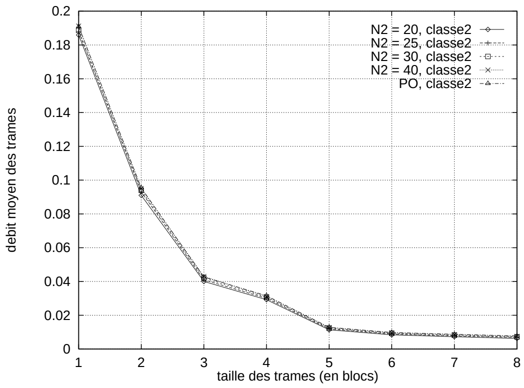

FIG. 19 – *comparaison des débits moyens effectifs des trames pour le trafic de classe 2 relativement à PBS et PO, N=50*

3.4 Robustesse des mécanismes à rejets sélectifs

Les résultats que montre la comparaison faite précédemment précise que le mécanisme PBS est un mécanisme qui engendre de meilleures performances par rapport au mécanisme PO. La question qui reste posée est de savoir jusqu'à quelle limite ce mécanisme est performant? Quelle est sa robustesse par rapport au trafic non prioritaire?
Nous nous intéressons donc à savoir quelles sont les performances des deux mécanismes par rapport à des proportions de trafic de classe 2 croissant.
Les débits des sources de classe 1 sont fixés et ceux des sources de classe 2 varient de telle sorte à faire varier leur proportion par rapport au trafic global. Nous préciserons que toutes les courbes concernent des trames de longueur variable.

Les débits des sources de classe 1 (en blocs/ms) sont :

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

La proportion de trafic de classe 2 égale à 28% correspond aux débits des sources (en blocs/ms) de classe 2 suivants :

$$\begin{array}{ll} \lambda_1^{(1)} = 0.064, & \lambda_5^{(1)} = 0.008, \\ \lambda_2^{(1)} = 0.032, & \lambda_6^{(1)} = 0.006, \\ \lambda_3^{(1)} = 0.016, & \lambda_7^{(1)} = 0.004, \\ \lambda_4^{(1)} = 0.010, & \lambda_8^{(1)} = 0.002. \end{array}$$

La proportion de trafic de classe 2 égale à 42% correspond aux débits des sources (en blocs/ms) de classe 2 suivants :

$$\begin{aligned} \lambda_1^{(1)} &= 0.128, & \lambda_5^{(1)} &= 0.010,\\ \lambda_2^{(1)} &= 0.043, & \lambda_6^{(1)} &= 0.009,\\ \lambda_3^{(1)} &= 0.032, & \lambda_7^{(1)} &= 0.008,\\ \lambda_4^{(1)} &= 0.016, & \lambda_8^{(1)} &= 0.008. \end{aligned}$$

La proportion de trafic de classe 2 égale à 50% correspond aux débits des sources (en blocs/ms) de classe 2 suivants :

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

La proportion de trafic de classe 2 égale à 70% correspond aux débits des sources (en blocs/ms) de classe 2 suivants :

$$\begin{aligned} \lambda_1^{(1)} &= 0.320, & \lambda_5^{(1)} &= 0.064,\\ \lambda_2^{(1)} &= 0.192, & \lambda_6^{(1)} &= 0.032,\\ \lambda_3^{(1)} &= 0.128, & \lambda_7^{(1)} &= 0.008,\\ \lambda_4^{(1)} &= 0.096, & \lambda_8^{(1)} &= 0.008. \end{aligned}$$

La proportion de trafic de classe 2 égale à 80% correspond aux débits des sources (en blocs/ms) de classe 2 suivants :

$$\begin{aligned} \lambda_1^{(1)} &= 0.384, & \lambda_5^{(1)} &= 0.096,\\ \lambda_2^{(1)} &= 0.320, & \lambda_6^{(1)} &= 0.064,\\ \lambda_3^{(1)} &= 0.192, & \lambda_7^{(1)} &= 0.032,\\ \lambda_4^{(1)} &= 0.192, & \lambda_8^{(1)} &= 0.032. \end{aligned}$$

3.4.1 Comparaison des probabilités de perte dans PBS et PO

La figure 20 montre la probabilité de perte des trames de classe 1 dans les deux configurations étudiées. Nous pouvons déduire trois choses. Premièrement, le mécanisme PBS est plus performant en terme de probabilité de perte des trames de classe 1 pour des valeurs de PBS n'excédant pas la valeur de 60% la capacité du buffer pour des proportions de trafic de classe 2 au delà de 40% la charge totale émise. Deuxièmement, le mécanisme PO reste meilleur que le PBS avec un seuil de l'ordre de 80%. Et enfin, ce que l'on peut dire aussi est que le mécanisme PO est plus intéressant que PBS avec des seuils supérieur à 40% et pour des proportions de trafic excédentaires très faibles c'est à dire n'excédant pas 30% du trafic global fourni.
Par contre, concernant le trafic de classe 2, le mécanisme PO reste meilleur quelque soient les paramètres de PBS et la proportion de trafic non prioritaire.

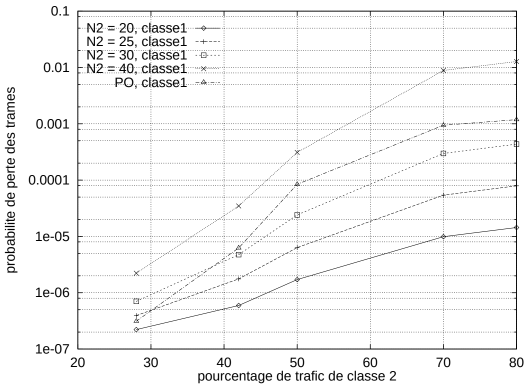

FIG. 20 – *probabilités de perte des trames pour le trafic de classe 1 en fonction du pourcentage du trafic de classe 2, N=50, taille trames = 4K*

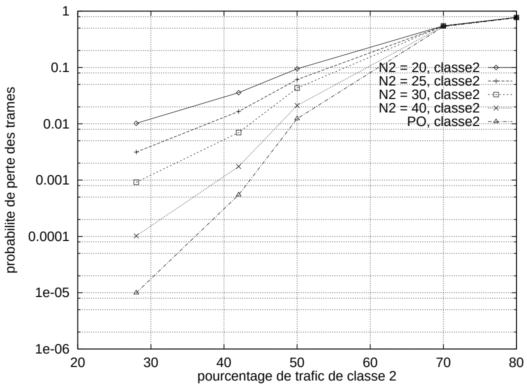

FIG. 21 – *probabilités de perte des trames pour le trafic de classe 2 en fonction du pourcentage du trafic de classe 2, N=50, taille trames = 4K*

3.4.2 Comparaison des délais de transit moyens dans PBS et PO

Les courbes des délais représentées par la figure 22 pour le trafic de classe 1 et la figure 23 pour le trafic de classe 2 montrent que le mécanisme PO engendre un délai plus important que le mécanisme PBS. La différence est d'autant plus grande que le seuil de PBS est petit. En effet, dans ce cas de figure, les trames des deux classes se gênent mutuellement et introduisent un délai supplémentaire notamment pour le trafic de classe 1.

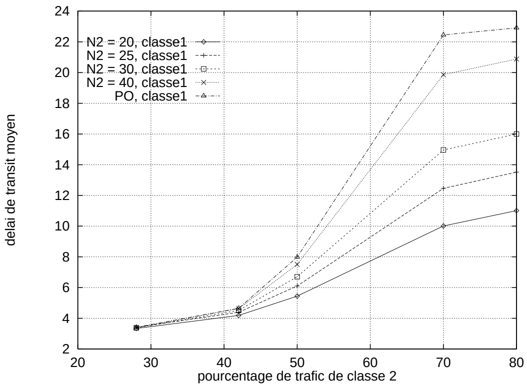

FIG. 22 – *délai moyen de transit des trames pour le trafic de classe 1 en fonction du pourcentage du trafic de classe 2, N=50, taille trames = 4K*

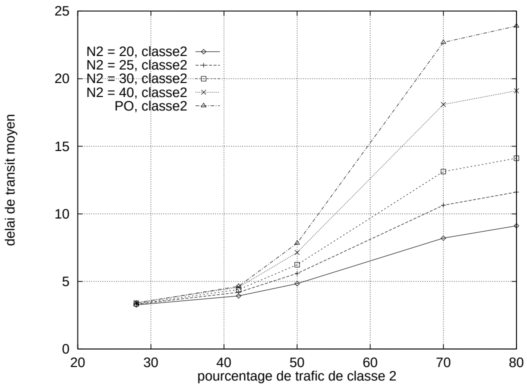

FIG. 23 – *délai moyen de transit des trames pour le trafic de classe 2 en fonction du pourcentage du trafic de classe 2, N=50, taille trames = 4K*

3.4.3 Comparaison des débits effectifs moyens dans PBS et PO

Le débit moyen des trames de classe 1 (figure 24) est assez représentatif des pertes observées dans ce cas. Nous préciserons que le débit fourni est de 0.032 blocs/ms. Par contre la figure 25 n'est pas très significative à cause des probabilités de perte faible et la différence des débits des trames de longueur variable. On observe cependant, une dégradation forte pour des proportions de trafic supérieur à 50%.

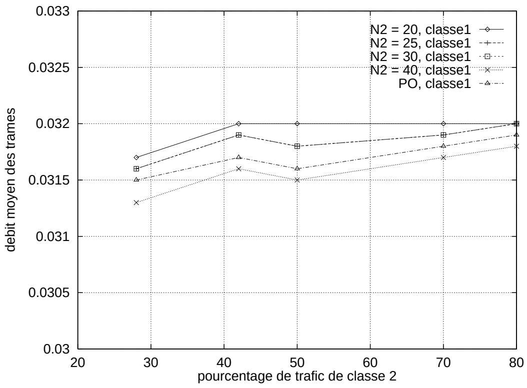

FIG. 24 – *débit moyen des trames pour le trafic de classe 1 en fonction du pourcentage du trafic de classe 2, N=50, taille trames = 4K*

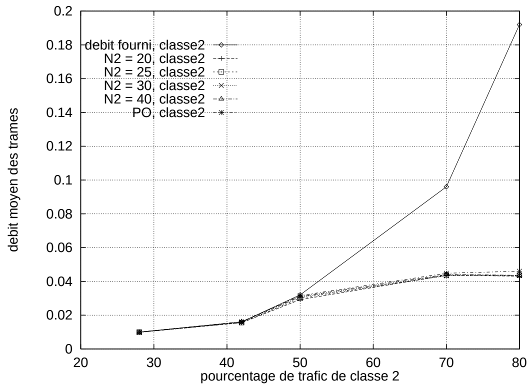

FIG. 25 – *débit moyen des trames pour le trafic de classe 2 en fonction du pourcentage du trafic de classe 2, N=50, taille trames = 4K*

3.5 Conclusions

Après cette étude comparative, nous pouvons donner les conclusions suivantes :

- le mécanisme PBS est plus performant que le mécanisme PO, pour le trafic prioritaire en terme de probabilité de perte et pour un seuil inférieur à 80%.
- le mécanisme PO est plus performant que le mécanisme PBS et ce, pour le trafic non prioritaire en terme de probabilité de perte aussi
- le mécanisme PO reste plus performant pour une certaine proportion du trafic de classe 2 (faible).
- la probabilité d'occupation reste plus importante pour PO que PBS aussi bien pour le trafic de classe 1 que le trafic de classe 2.
- le délai de transit moyen engendré par PO est plus important que celui engendré par PBS.

Les critères de performance les plus importants dans l'étude de performances des réseaux haut débit sont les critères probabilité de perte, délai de transit moyen et débit moyen effectif.

4 Conclusions

L'étude analytique d'un modèle constitué d'un commutateur FR géré par un mécanisme PO donne de meilleures performances que celles notées dans un modèle sans mécanisme de priorité. L'étude comparative des deux mécanismes, nous montre que les performances de PBS sont meilleures que celles de PO et d'autant meilleures que le seuil N_2 est petit. Cependant, la robustesse de cette catégorie de mécanisme relativement à un volume de trafic non prioritaire plus ou moins important, nous emmène à des conclusions plus complètes. Ces conclusions sont détaillées dans le paragraphe 3.5.

Références

[1] W. E. Arnoldi, The Principle of Minimized Iterations in the Solutions of the Matrix Eigenvalue Problems, Quart Appl. Math., vol. 19, pp. 17-29, 1951.

[2] J.Garcia, O.Casals, "Stochastic Models of Space Priority Mechanisms with Markovian Arrival Processes", Annals of Operations Research, 1992.

[3] A.Gravey, P.Boyer, G.Hebuterne, "Tagging versus Policing in ATM Networks", Globecom'91.

[4] A.Gravey, G.Hebuterne, "Mixing Time and Loss Priorities in a Single Server Queue", Teletraffic and Datatraffic, 1991.

[5] 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.

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

[7] S.Hamma, T.Atmaca, "Modèle analytique du mécanisme partial buffer sharing pour des arrivées de paquets de taille variable", Rapport de recherche LIP6, Aout 1997.

[8] G. Hebutherne, "A Space Priority Queuing Mechanism for Multiplexing ATM Channels", Computer Networks and ISDN systems, 1990.

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

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

[11] 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.

[12] H.Kröner, G.Hebuterne, P.Boyer, A.Gravey, "Priority Management in ATM switching node", IEEE J.SAC, vol 9, N.3, Avril 1991.

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

[14] ITU-T : Recommandation Q.933, "système de signalisation d'abonné numérique No 1 - spécification de la signalisation pour la commande d'appel de base en mode trame", Mars 1993.

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

[16] Y. Saad, Krylov Subspace Methods for Solving Large Unsymmetric Linear Systems, Mathematics of computation, Vol. 37, No. 155, 1981.

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