

UNIVERSITE LIBANAISE
(Faculté de Génie)

UNIVERSITE SAINT-JOSEPH
(Faculté d'Ingénierie)

Sous l'égide de l'Agence Universitaire de la Francophonie
AUF

Diplôme d'Etudes Approfondies
Réseaux de télécommunications

Modélisation de sources

Par

GEHA Marie-Hélène

Encadré par : **Mlle. Rima Abi Fadel**

Soutenance le 22 Décembre devant le jury composé de

MM.	Samir Tohmé	Président
	Mohamad Zoeter	Membre
	Wajdi Najem	Membre
	Imad Mougharbel	Membre
	Nicolas Rouhana	Membre
	Mahmoud Doughan	Membre

Maroun Chamoun Membre

REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans ce mémoire ne pouvait être réalisé sans l'aide de plusieurs personnes. L'un de mes plaisirs est de remercier tous ceux qui m'ont aidée et surtout **Mlle. Rima Abi Fadel**, responsable de ce projet, pour son assistance et sa patience.

Je tiens aussi à remercier **M. Samir Tohmé** pour tous ses conseils.

Enfin je remercie mon fiancé **Georges Allam** pour son amour et son encouragement, et mes **Parents** pour leurs prières.

TABLE DES MATIERES

Table des Matières	1
Table des Figures	3
Résumé	4
Introduction	6
Chapitre 1 Modèles de sources unitaires	7
1. Introduction	7
2. Modèle de source de voix	7
2.1. Le modèle ON/OFF	8
2.2. Le modèle IPP	9
3. Modèle de source Web	9
4. Modèle de source Email	10
5. Conclusion	11
Chapitre 2 Modèles de sources agrégées	12
1. Introduction	12
2. Processus MMPP	12
3. Modèle d'agrégation de sources IPP	13
4. Approximation par un processus MMPP-2	14
5. Limitation du modèle	16
6. Conclusion	16
Chapitre 3 Validation des modèles d'agrégation	17
1. Introduction	17
2. Superposition de N sources ON/OFF	18
3. Source MMPP-N+1	18
4. Source MMPP-2	19
5. Comparaison des performances	20
5.1. Comparaison des pourcentages de pertes	20
5.1.1. forte charge	20
5.1.1.1. sources voix	20
5.1.1.2. sources web	21

5.1.2. faible charge-----	22
5.2. Comparaison des distributions du délai d'attente -----	23
5.2.1. forte charge-----	23
5.2.2. faible charge-----	25
6. Conclusion -----	27
Chapitre 4 Perspectives -----	28
1. Introduction -----	28
2. Techniques d'ordonnancement -----	28
2.1. FIFO -----	28
2.2. Priorité stricte -----	29
2.3. Round Robin -----	31
2.4. Weighted Fair Queing-----	31
3. Conclusion -----	32
Conclusion -----	33
Annexe 1 -----	34
Annexe 2 -----	35
Bibliographie -----	39

TABLE DES FIGURES

Figure 1.1	trafic ON/OFF	8
Figure 1.2	le modèle ON/OFF	9
Figure 1.3	trafic Web	10
Figure 1.4	trafic Email	11
Figure 2.1	trafic MMPP-2.....	13
Figure 2.2	agrégation de N sources IPP.....	13
Figure 3.1	superposition de N sources ON/OFF.....	18
Figure 3.2	source MMPP-N+1	19
Figure 3.3	source MMPP-2.....	19
Figure 3.4	comparaison de pourcentage de perte (voix).....	20
Figure 3.5	comparaison des pourcentages de perte (Web)	21
Figure 3.6	comparaison des distributions du délai d'attente à forte charge.....	23
Figure 3.7	comparaison des distributions du délai d'attente à faible charge	25
Figure 4.1	modèle de file d'attente avec discipline FIFO.....	29
Figure 4.2	FIFO	29
Figure 4.3	modèle de file d'attente avec discipline priorité stricte.....	30
Figure 4.4	priorité stricte.....	30
Figure 4.5	Round Robin.....	31
Figure 4.6	modèle de file d'attente avec discipline WFQ	31

RESUME

L'objectif principal de ce projet est de modéliser les sources alimentant un réseau de satellites vu comme un réseau d'accès au réseau de troisième génération.

Pour simplifier l'étude, on propose d'intégrer trois classes de flux avec des exigences de qualité de service différentes :

- La classe temps réel pour des applications de type voix, très contraignante en terme de délai garanti et de gigue.
- La classe non temps réel présentant certaines garanties de bande et de délai moyen tel que le trafic web.
- La classe de type Best Effort n'exigeant aucune garantie tel que le trafic Email.

Le projet a été divisé en deux grandes parties :

- Modélisation de sources de trafic pour les différentes classes et proposition d'un modèle simple d'agrégation de sources.
- Validation du modèle d'agrégation proposé par simulation.

La démarche suivie au cours de ce projet est la suivante :

Dans une première étape, on présente les différents modèles de sources de trafic :

- La source de voix, appartenant à la classe temps réel, est modélisée par le processus ON/OFF qui est un modèle markovien à deux états : la durée de chaque burst est exponentiellement distribuée. Durant cette période, les paquets de voix de taille constante sont émis à un débit constant, le temps inter-arrivées étant constant. Cette période est suivie par une période de silence qui est exponentiellement distribuée. Cependant, on adopte la modélisation de la voix par le processus IPP qui diffère du modèle ON /OFF par le fait que, durant la période active, le temps inter-arrivées des paquets est exponentiellement

distribuée. De plus, IPP permet de modéliser le processus résultant de l'agrégation de plusieurs sources par un processus MMPP.

- La source Web, appartenant à la classe non temps réel, est modélisée par un processus IPP mais avec des paquets de taille variante suivant une loi de Pareto avec cut-off.
- La source Email, appartenant à la classe Best Effort, est modélisée par un processus IPP semblable à celui de la source Web mais avec des valeurs de paramètres différentes. Cette source a posé des problèmes à cause de la longue durée de sa période de silence donc on a choisi de limiter l'étude aux deux sources précédentes en considérant que la source Email a les mêmes caractéristiques que la source Web.

La deuxième étape consiste à modéliser une agrégation de sources de trafic. Des résultats démontrés par ailleurs assument que la superposition de N sources IPP peut être modélisée par un processus MMPP à $N+1$ états. Cependant, cette représentation pose des problèmes dans le cas où le nombre de sources à agréger devient grand surtout que le calcul de performances devient difficile. Alors on va essayer d'approximer le processus MMPP qui possède un grand nombre d'états par un processus MMPP à 2 états. La méthode utilisée est celle de l'IDC Matching proposée dans [6] qui permet de calculer les paramètres de MMPP-2 à partir des paramètres de la source unitaire

Pour valider cette modélisation, on a développé des simulations sur NS permettant de comparer les performances de MMPP-2 et MMPP- $N+1$ dans des contextes identiques. Les paramètres de performance calculés sont le pourcentage de perte et la distribution du délai d'attente. Les résultats de simulation montrent que les performances des deux modélisations coïncident dans le cas où le réseau est fortement chargé, alors qu'ils sont différentes dans le cas où le réseau est faiblement chargé. Par conséquent, la modélisation étudiée est valable dans le cadre de ce mémoire, car le contrôle d'admission sur le réseau d'accès intervient quand le réseau est fortement chargé et ne peut plus accepter des requêtes.

Finalement, on présente les principales techniques d'ordonnancement qu'on pourrait implémenter dans le contexte satellitaire afin de faire sortir un algorithme de contrôle d'admission approprié, telles que la technique de priorité stricte et la technique WFQ.

INTRODUCTION

Les satellites sont devenus des éléments primordiaux surtout qu'ils assurent des applications, tel que le transfert Web et les vidéoconférences, devenues indispensables dans le monde des télécommunications.

Les réseaux de satellites doivent respecter des exigences minimales en terme de QoS pour pouvoir intégrer des services temps réel comme la voix, la vidéo et des services non temps réel comme le transfert de fichier et le Web.

Les constellations de satellite Low Earth Orbit présentent l'avantage par rapport aux autres constellations de leur proximité à la surface de la terre. Pourtant, les ressources radio sur l'interface Uplink entre la terre et le satellite sont des ressources très rares alors il est impératif d'optimiser leur utilisation.

L'objectif de ce projet de DEA est de modéliser les sources alimentant un réseau de satellite vu comme un réseau d'accès au réseau de troisième génération. Une perspective de cette étude est de comparer les performances de certaines techniques d'ordonnancement sur le contexte satellitaire et de proposer un algorithme de CAC permettant de respecter les contraintes de QoS exigées.

Ce rapport est structuré comme suit :

- Le premier chapitre présente les modèles de sources unitaires, telles que la voix, le Web et le Email.
- Le second chapitre propose une modélisation de l'agrégation de sources unitaires.
- Le troisième chapitre présente les résultats des simulations faites dans le but de valider le modèle d'agrégation proposé.
- Le dernier chapitre introduit les perspectives du travail.

CHAPITRE 1

1 MODELES DE SOURCES UNITAIRES

1. Introduction

Les modèles de trafic sont au coeur de n'importe quelle évaluation de performances des réseaux de télécommunications. Par conséquent, ces modèles doivent être précis et simuler les caractéristiques statistiques du trafic réel.

Pour simplifier l'étude, on considère trois classes de trafic :

- La classe temps réel pour des applications de type voix.
- La classe non temps réel pour des applications de type Web.
- La classe Best Effort pour des applications de type Email.

Le but de ce chapitre est de caractériser les différents modèles de sources correspondant à chacune des classes citées.

2. Modèle de source de voix

Le signal de voix est composé d'une succession de périodes active et non active. Une période active correspond à la parole alors qu'une période non active correspond à un silence. Les périodes de silence constituent 60 à 65 % du temps de transmission des appels vocaux dans chaque direction. Plus spécifiquement, la moyenne des durées des périodes active et non active est respectivement égale à 352ms et 650ms. De plus, dans une conversation normale, la période active peut être approximée par une distribution exponentielle tandis que la période non active ne l'est pas. Pourtant, les modèles de sources de voix les plus fréquemment utilisés assument que les deux périodes sont exponentiellement distribuées.

Une source de voix peut être modélisée par le modèle ON/OFF ou par un processus IPP (Interrupted Poisson Process).

2.1. Le modèle ON/OFF

Le modèle ON/OFF est le modèle de trafic le plus largement utilisé pour la caractérisation de sources de voix.

Le modèle ON/OFF est un modèle markovien à deux états : la durée de chaque burst est exponentiellement distribuée de moyenne $1/a$ ms. Durant cette période, les paquets de voix sont émis à un débit constant p , le temps inter-arrivées étant de T ms avec $T = 1/p$. Cette période est suivie par une période de silence qui est exponentiellement distribuée de moyenne $1/b$ ms. On néglige les identificateurs de silence de la période OFF.

Le modèle de trafic ON/OFF est décrit par les paramètres suivants :

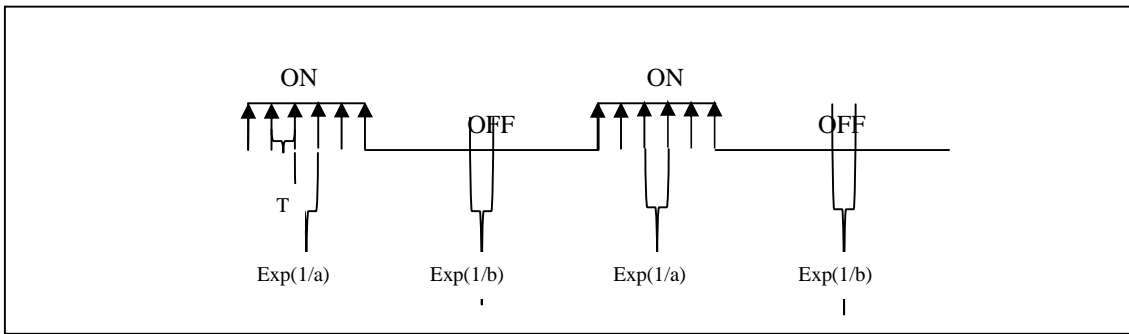


Figure 1.1 : trafic ON/OFF

- le taux d'arrivée des paquets durant la période ON : $p = 1/T$
- le taux moyen d'arrivée des paquets : $m = \frac{b}{T(a+b)}$
- la durée moyenne de la période ON : $t_{on} = 1/a$
- le burstiness du trafic $(\frac{p}{m}) : \beta = \frac{a^{-1} + b^{-1}}{a^{-1}}$

a et b étant les taux de transition : a est l'inverse de la durée moyenne du burst et b est l'inverse de la durée moyenne de la période de silence.

Les paramètres du ON/OFF utilisés pour modéliser une source de voix sont :

$$1/a = 352 \text{ ms} \quad 1/b = 650 \text{ ms} \quad T = 20 \text{ ms}$$

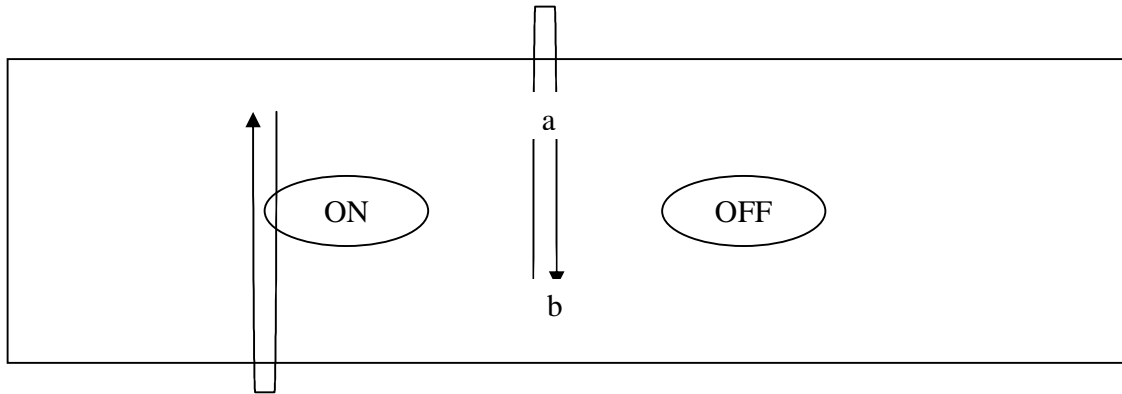


Figure 1.2 : le modèle ON/OFF

2.2. Le modèle IPP

Le processus IPP est un processus de poisson qui alterne entre 2 états : ON et OFF. Le processus IPP ressemble au modèle ON /OFF avec la différence que, durant la période active, le temps inter-arrivées des paquets est exponentiellement distribué.

L'avantage de modéliser le processus d'arrivée d'une source de voix par un processus IPP est qu'il permet de modéliser le processus résultant de l'agrégation de plusieurs sources de voix par un processus MMPP. Ceci est dû au fait que IPP est un cas particulier de MMPP et que la superposition de processus MMPP donne naissance à un processus MMPP.

Soient r_1 et r_2 respectivement les durées moyennes des périodes actives et non actives et λ le taux de génération des paquets durant la période ON. Les valeurs qu'il faut donner à ces paramètres pour avoir un processus qui modélise une source de voix sont :

$$r_1 = 1 / a = 352\text{ms}$$

$$r_2 = 1 / b = 650\text{ms}$$

$$\lambda = 1 / T = 50\text{paquets/s}$$

3. Modèle de source Web

Le modèle de source Web est un modèle IPP qui consiste en des packet-calls (ON) séparés par des périodes de silence (OFF) appelées Reading-time. Les caractéristiques de ce modèle sont les suivants :

- Le Reading-Time est exponentiellement distribué.
- Le nombre des paquets dans un packet-call est exponentiellement distribué.
- L'intervalle de temps entre deux paquets successifs est aussi exponentiellement distribué.
- La taille des paquets suit une loi de Pareto avec cut-off pour limiter la taille des paquets.

La distribution normale de Pareto (sans cut-off) est donnée par :

$$f_x(x) = \frac{\alpha k^\alpha}{x^{\alpha+1}}, x \geq k$$

$$F_x(x) = 1 - \left(\frac{k}{x}\right)^\alpha, x \geq k$$

La distribution de Pareto avec cut-off sera : PacketSize = min(P,m), où P est la variable aléatoire de la distribution normale de Pareto et m la taille maximale des paquets soit 1502 octets.

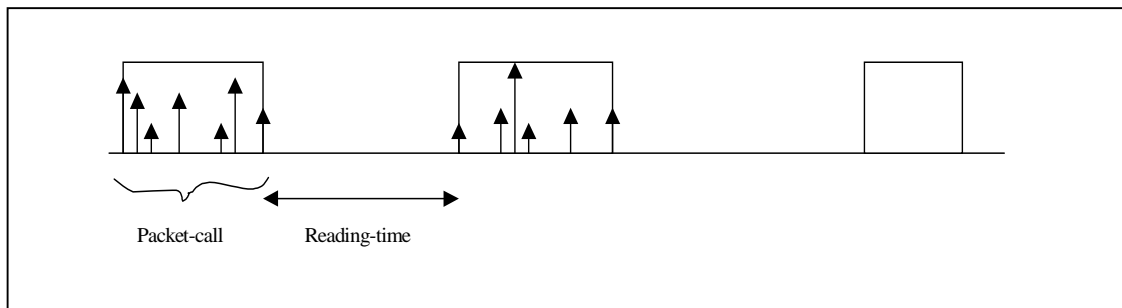


Figure 1.3 : trafic Web

Les valeurs des paramètres pour une source Web ayant un débit égal à 64kb/s sont les suivants :

- Durée moyenne du packet call: 1.5 s
- Durée moyenne du reading time : 412 s
- Taille des paquets : Pareto avec $\alpha=1.1$, $k = 81.5$, cette taille est limitée à 1502 octets.

4. **Modèle de source Email**

Dans ce modèle, l'utilisateur envoie plusieurs Emails, puis s'arrête pour une longue période et ainsi de suite...On appelle session une série d'Emails envoyés pendant une période courte. Dans une session, il y a plusieurs messages envoyés séparés par des intervalles de temps correspondant au temps de rédaction d'un message. Chaque message est constitué de plusieurs paquets séparés par des intervalles exponentiellement distribués et la taille des paquets suit la distribution de Pareto.

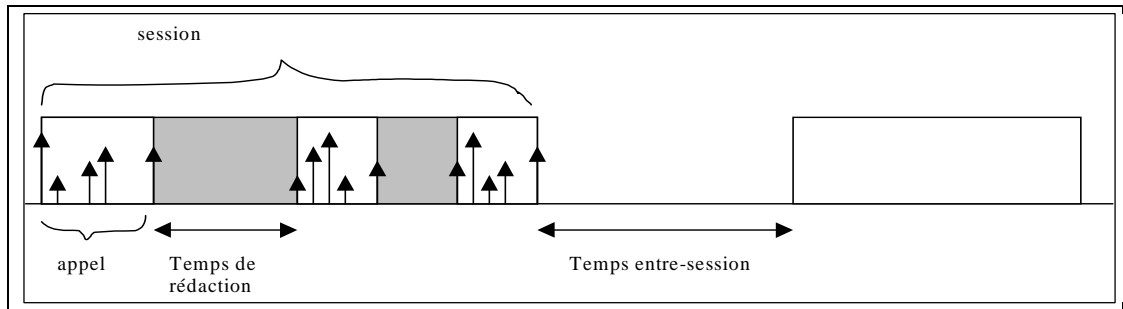


Figure 1.4 : trafic Email

Les valeurs des paramètres du modèle de trafic Email sont les suivants :

- Durée moyenne de l'appel : 0.625s
- Temps moyen de rédaction : 3 min
- Taille des paquets : Pareto avec $\alpha=1.1$, $k = 81.5$, cette taille est limitée à 1502 octets
- Intervalle de temps entre-session : 60 min
- Nombre moyen d'appels dans une session : 5 appels.

5. Conclusion

Dans ce chapitre on a introduit les classes de trafic qu'on va étudier. On a présenté les modèles de sources correspondants et indiqué leurs caractéristiques. Ces modèles vont être utilisés dans les parties suivantes afin de simuler le trafic de chacune de ces sources et d'en modéliser l'agrégation.

CHAPITRE 2

MODELES DE SOURCES AGREGÉES

1. Introduction

Le but de ce chapitre est de modéliser une superposition de sources IPP. On propose le modèle MMPP-2 pour approximer le trafic agrégé, en raison de sa simplicité analytique.

2. Processus MMPP

Un processus MMPP est un processus doublement stochastique de poisson. Les arrivées se produisent d'une façon poissonnienne avec un taux qui change selon une chaîne de Markov à n états qui est indépendante du processus d'arrivée.

Un processus MMPP est caractérisé par son générateur infinitésimal R et par la matrice des taux d'arrivées Λ .

La figure 2.1 montre un processus MMPP-2 :

$$R = \begin{bmatrix} -r_1 & r_1 \\ r_2 & -r_2 \end{bmatrix} \quad \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}$$

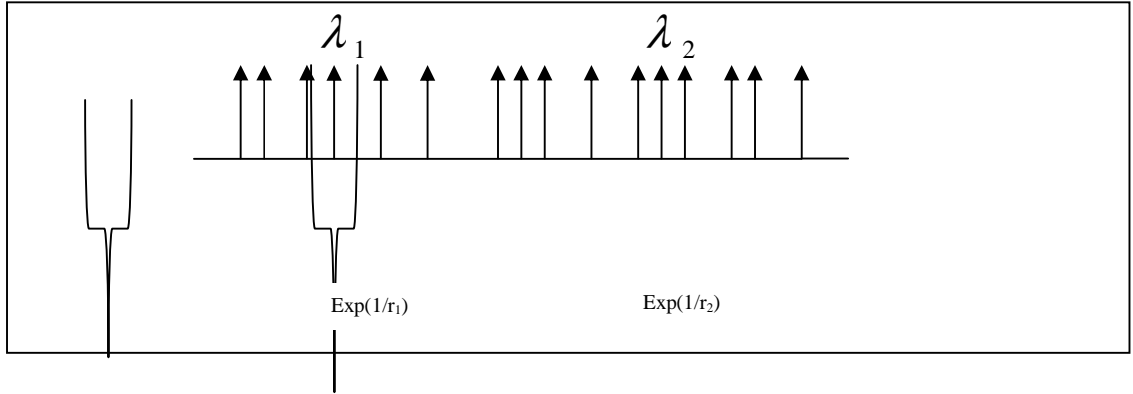


Figure 2.1 : trafic MMPP-2

Si $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$, le processus MMPP-2 se réduit à un processus de poisson de taux λ . Si $\lambda_2 = 0$, le processus MMPP-2 se réduit à un processus IPP.

3. Modèle d'agrégation de sources IPP

Les modèles agrégés représentent l'activité associée à une superposition de sources unitaires.

L'agrégation de N sources homogènes IPP de paramètres β (lié à la période d'inactivité), α (lié à la période d'activité) et λ (taux de génération des paquets à l'état actif), est représentée par un processus MMPP- $N+1$.

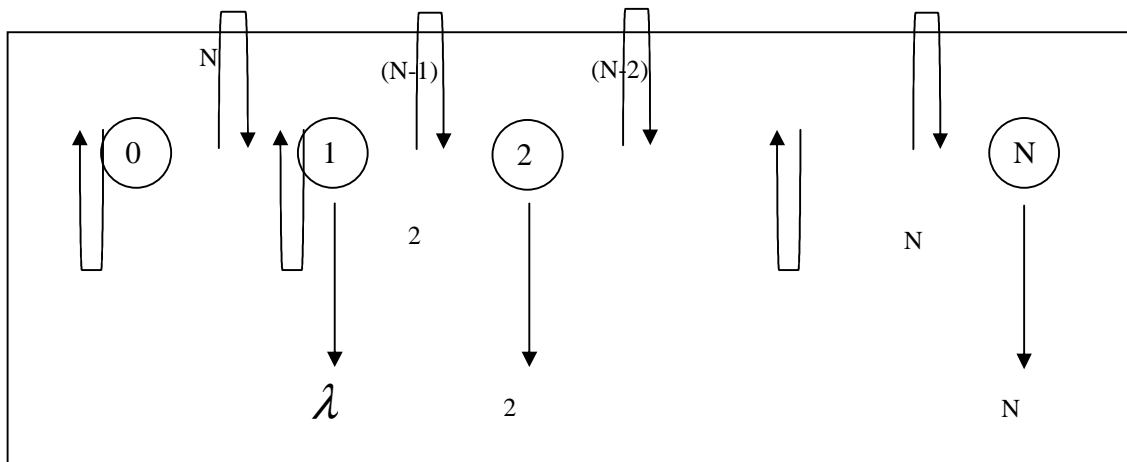


Figure 2.2 : Agrégation de N sources IPP

Ce processus MMPP à $N+1$ états est caractérisé par (R, Λ) où R est le générateur infinitésimal du processus de naissance et de mort et Λ la matrice des taux d'arrivées.

$$R = \begin{bmatrix} -N\beta & N\beta & 0 & & & & \\ \alpha & -(N-1)\beta - \alpha & (N-1)\beta & 0 & & & \\ & 2\alpha & -(N-2)\beta - 2\alpha & (N-2)\beta & 0 & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \\ & & & (N-1)\alpha & -(N-1)\alpha - \beta & \beta & \\ & & & 0 & N\alpha & -N\alpha & \end{bmatrix}$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & & 0 \\ & \lambda & 0 & 0 & \\ & 0 & 2\lambda & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ & & & 0 & \\ 0 & & & 0 & N\lambda \end{bmatrix}$$

Cette représentation pose des problèmes dans le cas où le nombre de sources à agréger devient grand surtout que le calcul de performances devient difficile. Par la suite on va essayer d'approximer le processus MMPP qui possède un grand nombre d'états par un processus MMPP à 2 états.

4. Approximation par un processus MMPP-2

De nombreuses études ont été faites sur le sujet afin de déterminer les paramètres du processus MMPP-2 qui approxime le processus MMPP-N+1. La méthode de détermination des paramètres de MMPP-2 adoptée dans ce projet est la méthode d'approximation par IDC matching :

L'espace des états est séparé en deux parties : L'état 1 représente les états $E1=\{1,...,M\}$ et l'état 2 représente les états $E2=\{M+1,...,N\}$ avec $M=[N \cdot \text{Pon}]$ et $\text{Pon} = \beta/(\alpha + \beta)$ (Pon est la probabilité qu'une source soit à l'état ON). M correspond alors à l'état de taux d'émission moyenne.

Le taux d'émission λ_1 (resp. λ_2) est caractérisé comme étant le taux d'émission moyen de l'ensemble E1 (resp. E2).

$$\lambda_1 = \lambda \sum_{i=1}^M i \frac{\pi_i}{\pi_1}$$

$$\lambda_2 = \lambda \sum_{i=M+1}^N i \frac{\pi_i}{\pi_2}$$

avec

$$\pi_1 = \sum_{i=0}^M \pi_i \quad \text{et} \quad \pi_2 = \sum_{i=M+1}^N \pi_i$$

Les paramètres des temps de séjour sont déterminés à partir d'un indice IDC de corrélation (index of dispersion for counts) associé au processus d'arrivée $N(0,t)$ et qui compte le nombre d'arrivées de paquets dans un intervalle $[0,t]$. Par définition :

$$IDC(t) = \frac{Var(N(0,t))}{E(N(0,t))}$$

On note que $IDC(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} IDC(t)$

Pour déterminer les taux de transition du processus MMPP-2, il suffit d'égaliser l'indice $IDC(\infty)$ du processus agrégé avec celui de MMPP-2.

D'après [6], l'indice IDC associé à l'agrégation de sources ON/OFF est égal à :

$$IDC(\infty) = a_{\infty} = \frac{1 - (1 - \alpha T)}{(\alpha T + \beta T)^2} \quad (1)$$

De même, l'indice IDC associé au processus MMPP-2 est donné par :

$$IDC(\infty) = 1 + \frac{2(\lambda_1 - \lambda_2)^2 r_1 r_2}{(\lambda_2 r_1 + \lambda_1 r_2)(r_1 + r_2)^2} \quad (2)$$

D'autre part, si on égalise les taux moyens d'émission des deux processus on obtient :

$$N P_{on} \lambda = \lambda_1 \frac{r_2}{r_1 + r_2} + \lambda_2 \frac{r_1}{r_1 + r_2} \quad (3)$$

En utilisant les équations (1), (2) et (3) on déduit les taux de transition du processus MMPP-2 :

$$r_1 = \frac{2(\lambda_1 - NPon\lambda)^2 (NPon\lambda - \lambda_2)}{(\lambda_2 - \lambda_1)NPon\lambda(a_\infty - 1)}$$
$$r_2 = \frac{2(\lambda_1 - NPon\lambda)(NPon\lambda - \lambda_2)^2}{(\lambda_2 - \lambda_1)NPon\lambda(a_\infty - 1)}$$

5. Limitation du modèle

La valeur de la variable M du processus MMPP-2 présenté dans le paragraphe précédent doit être au moins supérieure à 1 pour avoir un modèle à deux états. Ceci limite la validation du modèle dans le cas d'une source Web ou d'une source Email où la probabilité d'être à l'état ON (Pon) est très faible (de l'ordre de 3.10^{-3}) ce qui exige d'avoir au moins 400 sources Web agrégées. Le nombre minimal de sources sera d'autant plus grand dans le cas de sources Email. Alors, pour faciliter l'étude, on va considérer que la source Email a les mêmes caractéristiques que la source Web et limiter l'étude aux sources de voix et aux sources Web.

6. Conclusion

On a introduit dans ce chapitre une méthode d'approximation de l'agrégation de N sources IPP par un processus MMPP-2. La validité de cette approximation sera déterminée dans le chapitre suivant en comparant les performances du processus agrégé avec celles du processus MMPP-2 qui l'approxime.

CHAPITRE 3

VALIDATION DES MODELES D'AGREGATION

1. Introduction

Le but de ce chapitre est de valider, par simulation sous NS, le modèle MMPP-2 déjà présenté. On va se limiter à l'étude de deux classes de service, la voix et les données. Pour chacune de ces classes on va comparer les performances des trafics suivants :

- Trafic d'une source MMPP-N+1
- Trafic d'une source MMPP-2

Dans le cas d'agrégation de N sources ON/OFF de voix, chaque source est caractérisée par les paramètres suivants :

- durée exponentiellement distribuée de la période active : 352ms
- durée exponentiellement distribuée de la période non active : 650ms
- taille constante du paquet : 244 bits
- taux de génération des paquets durant la période active : 16 kbits/s

Dans le cas d'agrégation de N sources Web, chaque source est caractérisée par les paramètres suivants :

- durée exponentiellement distribuée de la période active : 1.5 ms
- durée exponentiellement distribuée de la période non active : 412 ms
- taille du paquet : suit une loi de pareto avec $\alpha=1.1$, $k = 81.5$ et limitée à 1502 bytes
- taux de génération des paquets durant la période active : 64 kbits/s

Suivant les résultats de cette comparaison on conclut les limites de validité de l'approximation proposée.

2. Superposition de N sources ON/OFF

On a développé ce modèle pour les sources de voix uniquement et ceci pour rendre l'étude plus rigide en comparant les trafics MMPP-2 et MMPP-N+1 au trafic provenant de l'agrégation de N sources ON/OFF.

Dans le but de simuler la superposition de N sources de ON/OFF sur NS, on considère la topologie de la figure 3.1 :

Les nœuds S_i sont les nœuds sources. Chaque source est une source ON/OFF lancée à un instant aléatoire indépendamment des autres sources. Les liens entre les sources et le routeur sont des liens assez rapides de façon à ne pas avoir d'attente sur ces liens. Le routeur transite les flux envoyés des sources vers la destination. Le lien entre le routeur et la destination n'est autre que le serveur qui sert la file d'attente du routeur.

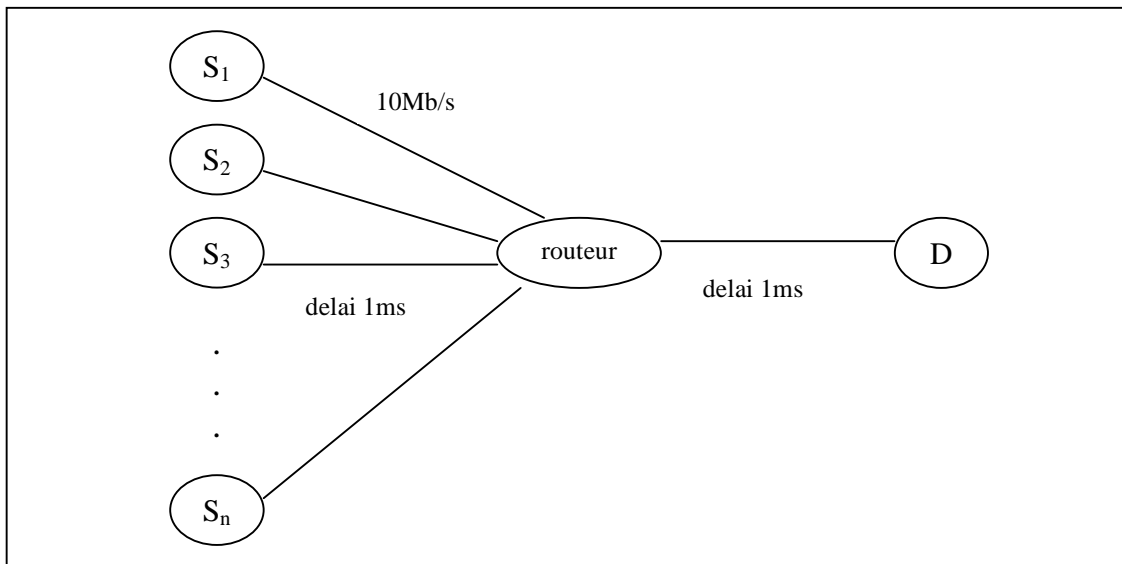


Figure 3.1 : superposition de N sources ON/OFF

3. Source MMPP-N+1

Le processus de naissance et de mort résultant de la superposition de N sources IPP est simulé par la topologie de la figure 3.2 :

La source S est une source de poisson qui change d'état et suivant ce changement elle modifie le taux de génération des paquets qui peut varier entre 0 et $n\lambda$, λ étant le taux de génération des paquets correspondant à une source ON/OFF.

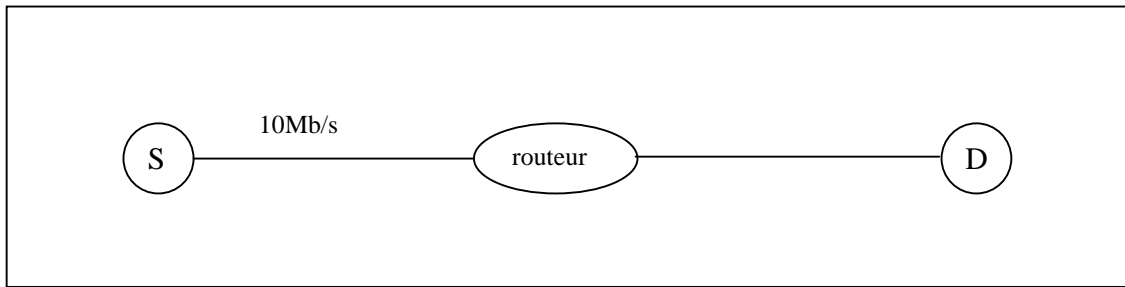


Figure 3.2 : source MMPP-N+1

L'algorithme de la source S dans le cas d'agrégation de N sources de voix est détaillé en annexe.

Cet algorithme est le même dans le cas d'agrégation de N sources Web avec la différence que les paquets n'ont pas une taille constante mais une taille qui suit la loi de Pareto avec cut-off déjà présentée.

4. Source MMPP-2

Pour simuler le modèle MMPP-2, on considère la topologie de la figure 3.3 :

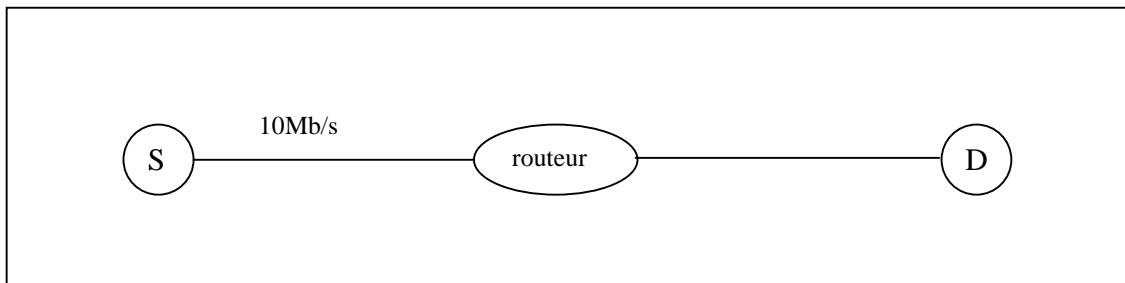


Figure 3.3 : source MMPP-2

La source S est une source de poisson qui change de taux de génération suivant qu'elle soit à l'état 1 ou à l'état 2. Son algorithme est détaillé en annexe.

5. Comparaison des performances

Dans cette partie, on compare les performances des différents modèles en terme de pourcentage de pertes et de distribution des délais d'attente. On distingue deux cas :

- Système à forte charge
- Système à faible charge

5.1. Comparaison des pourcentages de pertes

5.1.1. forte charge

5.1.1.1. sources de voix

On considère un nombre de sources de voix agrégées variant entre 10 et 30 sources. Le serveur est fixé à 16 kbits/s. Comme le serveur est très lent, les différents systèmes vont atteindre rapidement l'état stationnaire et vont être trop chargés. La taille de la file est fixée à 500 paquets et le temps de simulation à 50 s. les courbes présentant le pourcentage de perte de paquets en fonction du nombre de sources sont illustrées dans la figure 3.4.

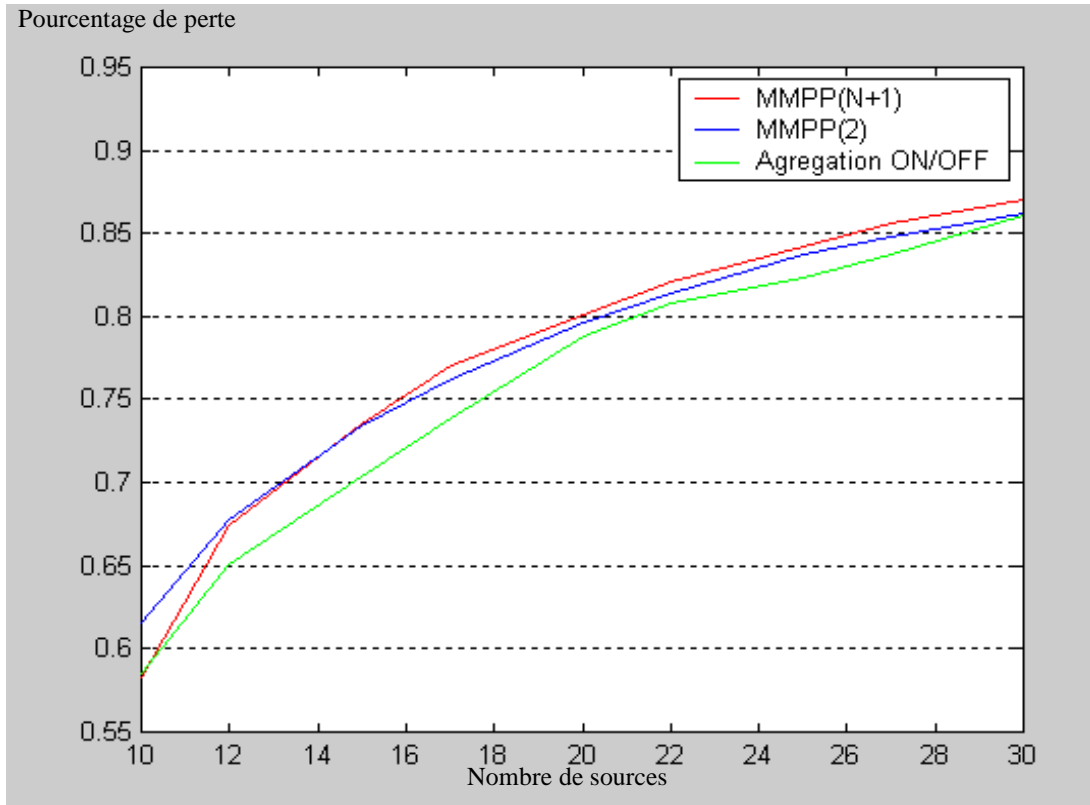


Figure 3.4 : Comparaison des pourcentage de pertes (Voix)

Les paramètres de MMPP-2 pour chaque cas sont fournis en annexe.

On remarque que les performances en terme de pourcentage de pertes sont similaires. La faible différence entre le résultat de l'agrégation de sources ON/OFF et le résultat de MMPP-N+1 est due au fait que pour celui-ci, le temps inter-arrivées des paquets est exponentiellement distribué, alors que pour celui-là, le temps inter-arrivées est constant.

5.1.1.2. sources Web

On considère un nombre de sources agrégées variant entre 400 et 1200 sources. Le serveur est fixé à 16 kbits/s. Comme le serveur est très lent, les différents systèmes vont atteindre rapidement l'état stationnaire et vont être trop chargés. La taille de la file est fixée à 500 paquets et le temps de simulation à 500 s. les courbes présentant le pourcentage de perte de paquets en fonction du nombre de sources sont illustrées dans la figure 3.5.

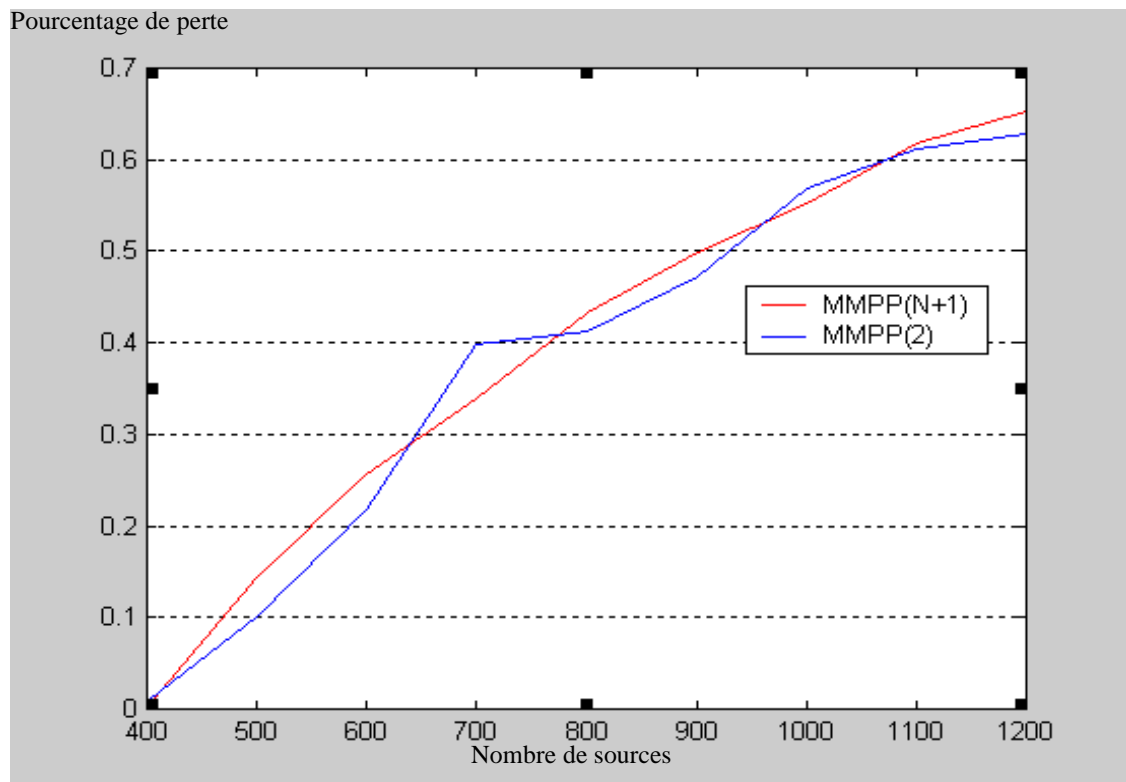


Figure 3.5 : Comparaison de pourcentage de perte (Web)

Les paramètres de MMPP-2 pour chaque cas se trouvent en annexe.

On remarque que les performances en terme de pourcentage de pertes sont similaires.

Dans les deux cas, sources de voix et sources Web, on obtient des résultats conformes alors on va limiter les simulations suivantes à l'étude des sources de voix à cause du temps énorme que consomment les simulations de sources Web.

5.1.2. faible charge

Vu qu'il a été vraiment difficile d'atteindre l'état stationnaire à faible charge, on se contente de présenter les résultats suivants :

- Simulation 1 :

- nombre de sources : 5 sources de voix
- taille de la queue : 10 paquets
- serveur : 32 kbits/s
- temps de simulation : 1000s

	Agrégation ON/OFF	MMPP-N+1	MMPP-2
Pourcentage de pertes	4.2 %	7.75 %	1.76 %

- Simulation 2 :

- nombre de sources : 10 sources de voix
- taille de la queue : 10 paquets
- serveur : 64 kbits/s
- temps de simulation : 1000s

	Agrégation ON/OFF	MMPP-N+1	MMPP-2
Pourcentage de pertes	1.4 %	3.8 %	0.849 %

- Simulation 3 :

- nombre de sources : 20 sources de voix
- taille de la queue : 10 paquets
- serveur : 100 kbits/s
- temps de simulation : 1000s

	Agrégation ON/OFF	MMPP-N+1	MMPP-2
Pourcentage de pertes	4.2 %	2%	5.5%

On remarque que les résultats ne coïncident pas.

Pour avoir une étude rigoureuse, on va par la suite comparer les distributions du délai d'attente.

5.2. Comparaison des distributions du délai d'attente

5.2.1. forte charge

On considère l'agrégation de 10 sources de voix, un serveur lent de 16 kbits/s et une file de taille égale à 100 paquets. Le temps de simulation est fixé à 1000s. On a calculé les performances en étudiant les paquets servis à l'état stationnaire pour $t > 500$ s.

	Agr ON/OFF	MMPP-N+1	MMPP-2
Nb de paquets servis	33235	33234	33236
Délai moyen d'attente	1.4732 s	1.4733 s	1.477 s
Pourcentage de perte	62.65%	65.9%	62.78%

Les distributions du délai d'attente dans la file pour les 3 modèles sont comparées dans la figure 3.6

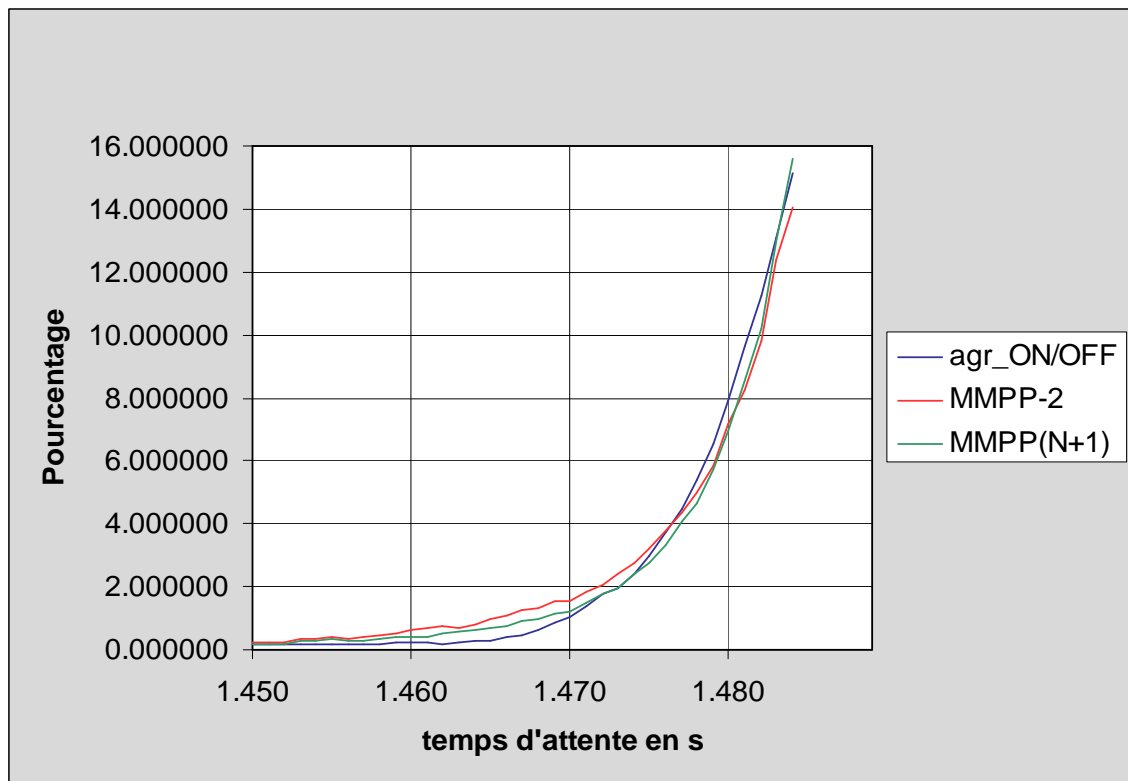


Figure 3.6 : Comparaison des distributions du délai d'attente à faible charge

Temps d'attente (s)	Agrégation ON/OFF	MMPP-2	MMPP-N+1
1.451	0.147435	0.255747	0.180538
1.452	0.147435	0.240703	0.198592
1.453	0.150444	0.327958	0.279834
1.454	0.150444	0.364063	0.261780
1.455	0.153453	0.421230	0.337004
1.456	0.168497	0.315922	0.303906
1.457	0.144426	0.427248	0.306915
1.458	0.177524	0.478397	0.330986
1.459	0.207612	0.505476	0.424264
1.460	0.231683	0.622819	0.424264
1.461	0.228675	0.701047	0.394175
1.462	0.186550	0.746179	0.508515
1.463	0.234692	0.707065	0.556659
1.464	0.288852	0.782284	0.604802
1.465	0.285843	0.965820	0.671000
1.466	0.406198	1.092189	0.773304
1.467	0.454340	1.251655	0.929771
1.468	0.619828	1.320857	0.989950
1.469	0.866556	1.522446	1.155443
1.470	1.050098	1.549525	1.230667
1.471	1.384083	1.847394	1.480412
1.472	1.757184	2.082080	1.784317
1.473	1.967805	2.388976	1.961846
1.474	2.398074	2.756048	2.401155
1.475	2.960734	3.234445	2.777276
1.476	3.746051	3.770008	3.321899
1.477	4.477208	4.362739	4.095204
1.478	5.397924	5.006619	4.630800
1.479	6.520235	5.864123	5.708010
1.480	7.895291	7.145866	6.920623
1.481	9.655484	8.232038	8.554492
1.482	11.259215	9.811650	10.233496
1.483	13.085603	12.366109	12.944575
1.484	15.155709	14.057047	15.595475

On remarque que les trois modèles fonctionnent d'une manière presque identique et donnent des performances similaires.

5.2.2. faible charge

On considère l'agrégation de 20 sources de voix, un serveur de 100 kb/s et une file de taille égale à 10 paquets. Le temps de simulation est fixé à 1000s. On a calculé les performances en étudiant 100000 paquets servis à l'état stationnaire.

	Agr ON/OFF	MMPP-N+1	MMPP-2
Délai moyen d'attente	7.087 ms	8.804 ms	4.167 ms
Pourcentage de perte	4.2 %	2%	5.5%

Les distributions du délai d'attente dans la file pour les 3 modèles sont comparées dans la figure 3.7.

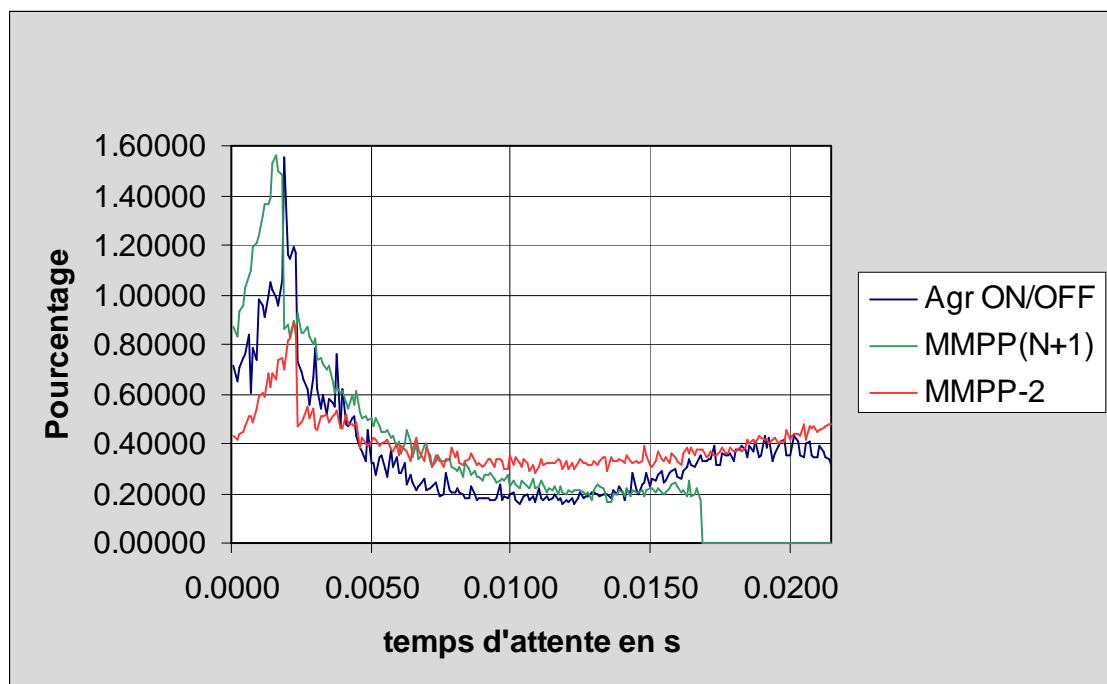


Figure 3.7 : Comparaison des distributions du délai d'attente à faible charge

On remarque que les trois modèles ne donnent pas des performances similaires.

Temps d'attente (s)	Agrégation ON/OFF	MMPP-2	MMPP-N+1
0.0001	0.71100	0.87000	0.43000
0.0002	0.65200	0.83200	0.41900
0.0003	0.70600	0.93500	0.43600
0.0004	0.74500	0.95600	0.44700
0.0005	0.76100	1.02700	0.47400
0.0006	0.84300	1.07700	0.51200
0.0007	0.60600	1.10100	0.51200
0.0008	0.78300	1.19500	0.48800
0.0009	0.74100	1.20700	0.54000
0.0010	0.98300	1.23900	0.58800
0.0011	0.95700	1.31900	0.60100
0.0012	0.91300	1.36100	0.59000
0.0013	0.99700	1.36100	0.68500
0.0014	1.05200	1.39100	0.62900
0.0015	1.02100	1.53000	0.68400
0.0016	0.98900	1.56300	0.65500
0.0017	0.95800	1.49900	0.73400
0.0018	1.05700	1.47900	0.74200
0.0019	1.55500	0.86500	0.70100
0.0020	1.16000	0.87500	0.81900
0.0021	1.14900	0.83100	0.82100
0.0022	1.18900	0.89300	0.88700
0.0023	1.16600	0.83600	0.87300
0.0024	0.73100	0.92800	0.47400
0.0025	0.68900	0.84900	0.48900
0.0026	0.65900	0.84600	0.50000
0.0027	0.61900	0.87100	0.55000
0.0028	0.55600	0.83100	0.50000
0.0029	0.66900	0.79900	0.54500
0.0030	0.78800	0.82100	0.46500
0.0031	0.62300	0.74100	0.45500
0.0032	0.53800	0.74800	0.51100
0.0033	0.59700	0.72200	0.50600
0.0034	0.51500	0.69700	0.51500
0.0035	0.58300	0.71500	0.48500
0.0036	0.56600	0.65400	0.51200
0.0037	0.54900	0.60200	0.51600
0.0038	0.75800	0.63000	0.53700
0.0039	0.47400	0.60700	0.46400
0.0040	0.61700	0.61200	0.45900
0.0041	0.47800	0.56400	0.51700
0.0042	0.47200	0.54500	0.48200
0.0043	0.49900	0.59400	0.48200

6. Conclusion

L'étude des modèles MMPP-2 et MMPP-N+1 montrent que MMPP-2 peut approximer MMPP-N+1 dans le cas où le système est fortement chargé. A faible charge, on adopte le modèle MMPP-N+1 pour une agrégation de sources IPP. Alors cette approximation est valable dans le cadre de ce mémoire, car le contrôle d'admission intervient dans le cas où le réseau est fortement chargé et ne peut plus accepter des clients.

CHAPITRE 4

PERSPECTIVES

1. Introduction

Les résultats obtenus dans ces études permettent d'ouvrir des horizons sur des sujets intéressants. L'une des importantes études ultérieures est la comparaison des performances de différentes techniques d'ordonnancement de paquets dans un contexte satellitaire multiservice servant de réseau d'accès au réseau de troisième génération.

2. Techniques d'ordonnancement

2.1. FIFO

C'est l'ordonnancement par défaut, le plus simple qui soit. Les paquets sont mis dans la file de sortie et servis dans l'ordre avec lequel ils ont été reçus par le ou les interfaces d'entrée (Figure 4.1). C'est aussi la discipline la plus rapide au point de vue de la vitesse de transmission des paquets, étant donné qu'elle n'effectue aucun traitement sur ceux-ci. Cette technique est suffisante dans un réseau à forte capacité car on peut considérer que les files restent presque toujours vides, les délais sont alors faibles voir insignifiants. Par contre, dans le cas d'une rafale, la file d'attente peut se retrouver en débordement et les paquets arrivés après la rafale peuvent être jetés. Dans ce cas, les paquets jetés le sont de manière indifférenciée, sans prise en compte du type de trafic auquel ils correspondent. En utilisant des stratégies de mise en file d'attente différenciée, on peut permettre à certains types de trafic d'être privilégiés en détruisant certains paquets plutôt que d'autres.

La figure 4.2 montre un exemple de file d'attente de FIFO : les arrivées de paquet sont indiquées par des flèches numérotées au-dessus de l'axe de temps supérieur, avec le nombre indiquant l'ordre dans lequel le paquet est arrivé. Les différents départs de paquet sont montrés au-dessous de l'axe de temps inférieur. Le temps qu'un paquet passe en service est indiqué par le rectangle entre les deux axes. En raison de la discipline FIFO, les paquets partent dans le même ordre avec lequel ils sont arrivés. On note qu'après le

départ du paquet 4, le lien demeure à vide (puisque les paquets 1 à 4 ont été transmis et enlevés de la file d'attente) jusqu'à l'arrivée du paquet 5.

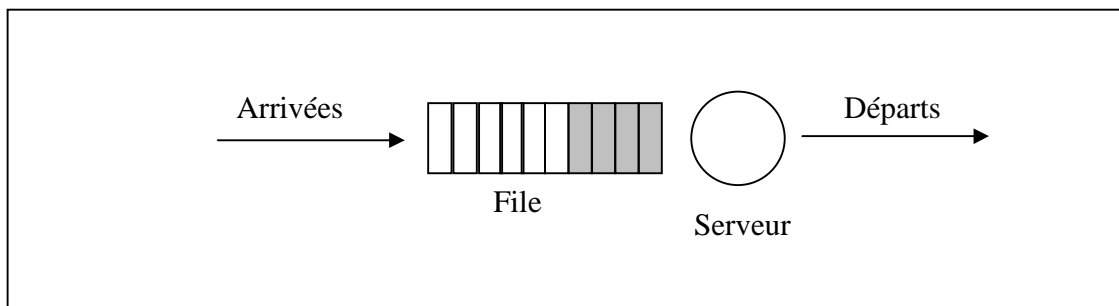


Figure 4.1 : modèle de file d'attente avec discipline FIFO

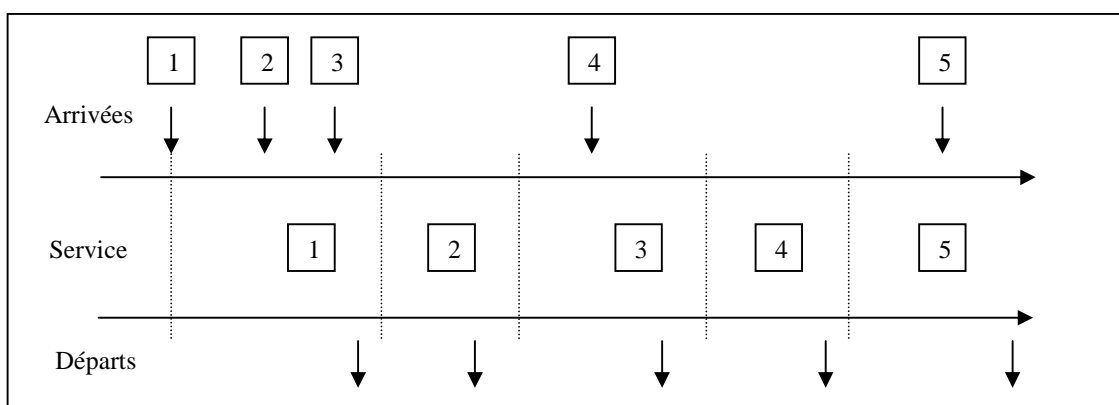


Figure 4.2 : FIFO

2.2. Priorité stricte

C'est la forme primitive de la différenciation de service. En effet, sous ce type d'ordonnancement, les paquets arrivant sur le lien de sortie sont classifiés en une, deux, voire plusieurs classes sur la file de sortie (Figure 4.3). La classe d'un paquet dépend alors d'un marquage explicite se trouvant dans l'en-tête même de celui-ci. Par exemple, en prenant en compte le champs TOS d'IPv4, ou alors en prenant en compte les autres données présentes nativement dans l'en-tête comme l'adresse source - destination, le port source - destination, ou un autre critère. Le serveur choisira d'abord un paquet se trouvant dans la file d'attente haute priorité, si celle-ci est non vide avant ceux se trouvant dans la file basse priorité.

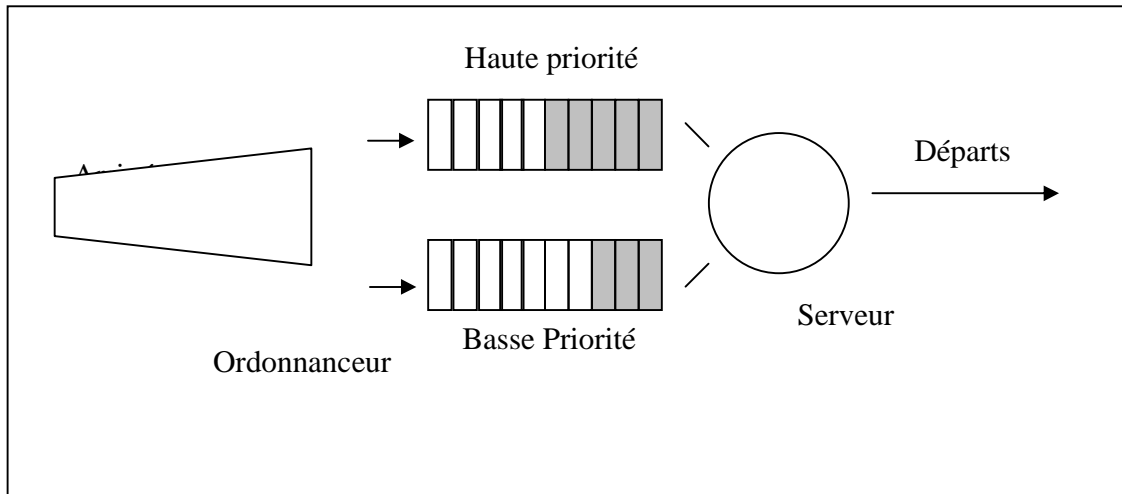


Figure 4.3 : modèle de file d'attente avec discipline de priorité stricte

La figure 4.4 illustre l'opération d'une file d'attente prioritaire avec deux classes prioritaires. Les paquets 1, 3, et 4 appartiennent à la classe de haute priorité et les paquets 2 et 5 appartiennent à la classe de basse priorité. Le paquet 1 arrive et est directement servi. Pendant la transmission du paquet 1, les paquets 2 et 3 arrivent et attendent dans les files de basse et haute priorité respectivement. Après la transmission du paquet 1, le paquet 3 (un paquet prioritaire) est choisi pour la transmission. A la fin du service du paquet 3, le paquet 2 sera servi. Le paquet 4 (un paquet prioritaire) arrive pendant la transmission du paquet 2. Vu que la transmission d'un paquet n'est pas interrompue une fois qu'elle a commencé, le paquet 4 attend dans la file et commence à être transmis une fois la transmission du paquet 2 est accomplie.

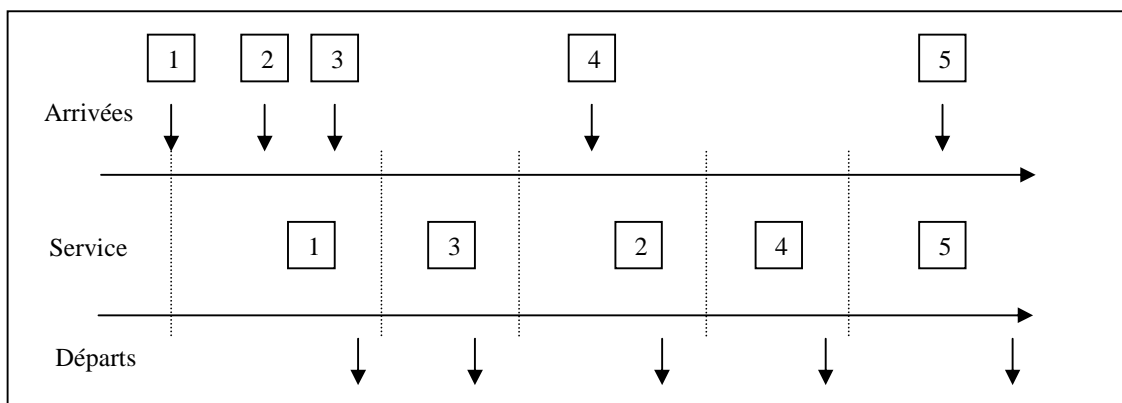


Figure 4.4 : priorité stricte

2.3. Round Robin

De la même manière que la discipline priorité stricte, les paquets sont triés par classes dans des files, ensuite, un tourniquet alterne les paquets à servir parmi les files présentes. Dans sa forme la plus simple, avec deux classes de paquets (Figure 4.5), on obtiendrait le trafic suivant : paquet de classe 1 transmis, suivi d'un classe 2, suivi d'un classe 1, suivi d'un classe 2 ...

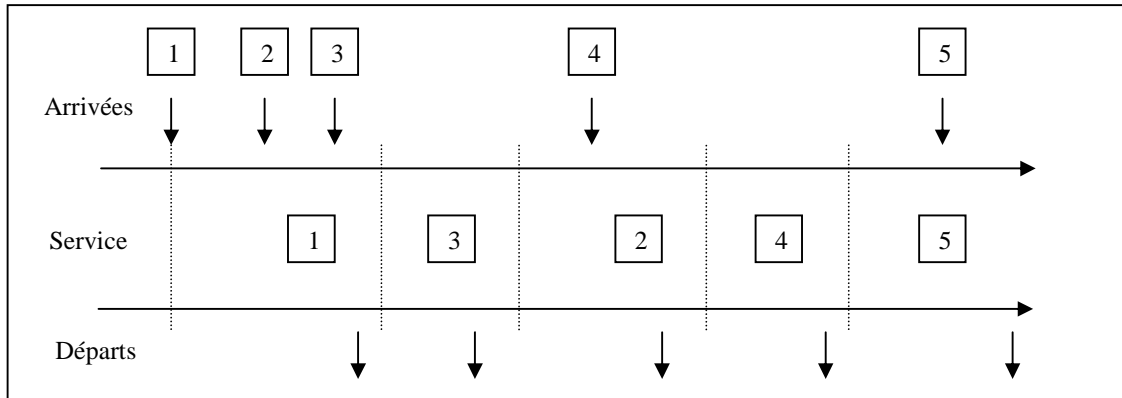


Figure 4.5 : Round Robbin

2.4. Weighted Fair Queuing

Le partage équitable pondéré est une émulation du *round robin* bit à bit. Les paquets arrivant sont classifiés puis mis dans leurs files d'attente respectives et de la même manière que pour le *round robin*, les paquets sont servis de façon circulaire comme le montre la figure 4.6.

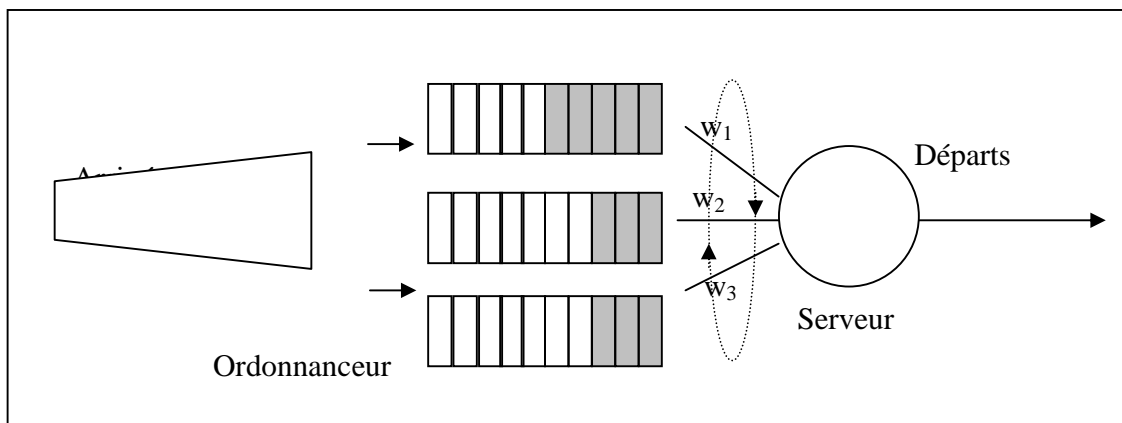


Figure 4.6 : modèle de file d'attente avec discipline WFQ

Ce mécanisme de gestion des files d'attente permet une allocation de bande passante plus ou moins importante pour chaque classe. En effet, WFQ diffère du Round Robin par le fait qu'une partie de la bande passante est allouée pour chaque classe. Spécifiquement, un poids w_i est assigné à chaque classe i . Ainsi, et dans le pire des cas, même si toutes les classes ont des paquets en attente, on garantit à la classe i une fraction de la bande passante égale à $w_i/\sum w_j$.

3. Conclusion

On a présenté dans ce chapitre les principales techniques d'ordonnancement qu'on pourrait étudier. On pourrait éventuellement, dans des études ultérieures, comparer les performances de ces différentes techniques dans un contexte satellitaire dans le but de sortir un algorithme de CAC approprié.

CONCLUSION

Dans ce projet, on s'est intéressé à la modélisation de sources de trafic. On a présenté les modèles de sources de voix, de sources Web et de sources Email. Le processus MMPP à $N+1$ états a été introduit pour modéliser une agrégation de ces différentes sources. A cause de la complexité de MMPP- $N+1$, une approximation par un processus MMPP à 2 états est proposée. Les simulations sur NS ont montré que cette approximation est seulement valable dans le cas où le réseau est fortement chargé. On a enfin détaillé les principales techniques d'ordonnancement utilisées dans les réseaux.

Les résultats obtenus pourront être la base d'études ultérieures qui utilisent cette modélisation de source agrégées dans le but de comparer les performances des différentes techniques d'ordonnancement sur une constellation de satellites LEO servant de réseau d'accès au réseau de troisième génération, et proposer un algorithme de contrôle d'admission approprié.

ANNEXE 1

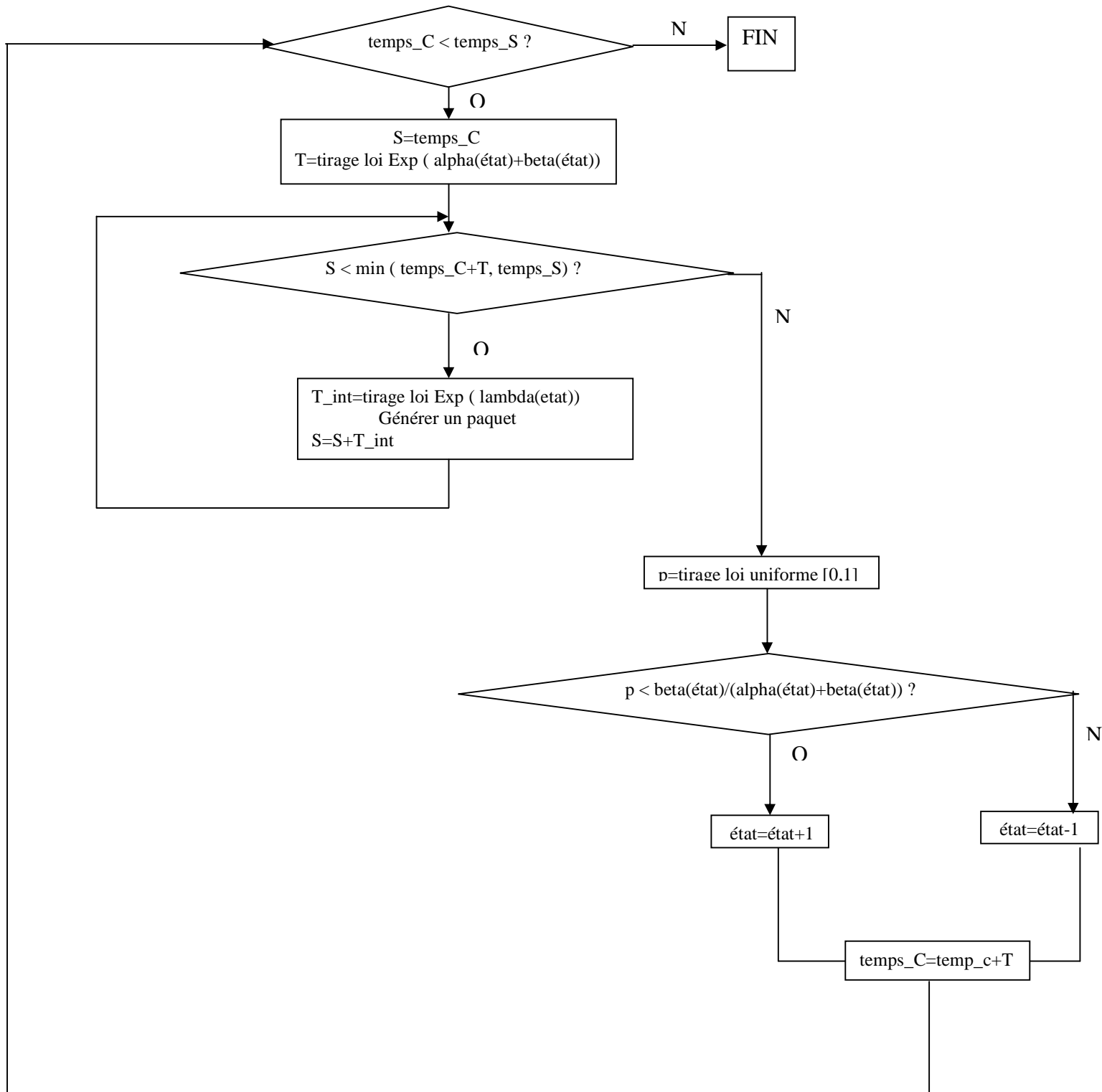
Les paramètres de MMPP-2 calculés par la méthode de l'IDC Matching

Nombres de sources de voix	r1	L1 (pkts/s)	r2	L2 (pkts/s)
5	3.98	36.515	2.9573	125.89
10	3.3303	115.05	3.4704	238.79
12	2.8203	153.46	3.8878	289.79
14	3.7864	161.51	2.7272	306.70
16	3.4183	201.43	3.2264	356.18
18	3.025	241.16	3.6154	405.82
20	2.6422	280.68	3.9017	455.58
22	3.4887	290.41	3.0744	471.04
24	3.1639	330.97	3.4318	519.84
26	2.833	371.24	3.7183	568.84
28	3.547	381.0	2.9611	584.33
30	3.2687	422.09	3.2918	632.55

Nombres de sources de Web	r1	L1 (kb/s)	r2	L2 (kb/s)
400	0.39544	37.945	0.53298	166.89
500	0.46816	41.308	0.39610	179.35
600	0.33796	79.889	0.57279	239.999
700	0.41689	85.136	0.47679	251.02
800	0.47147	89.418	0.37819	262.99
900	0.36875	130.34	0.52631	321.14
1000	0.43103	135.89	0.44707	3.3202
1100	0.47578	140.62	0.36632	343.74
1200	0.38962	183.0	0.49603	400.3

ANNEXE 2

Algorithme d'une source MMPP-N+1



*****Paramètres*****

N = nombre de sources

etat=état de la source

#les paramètres des lois exponentielles associés aux différents états

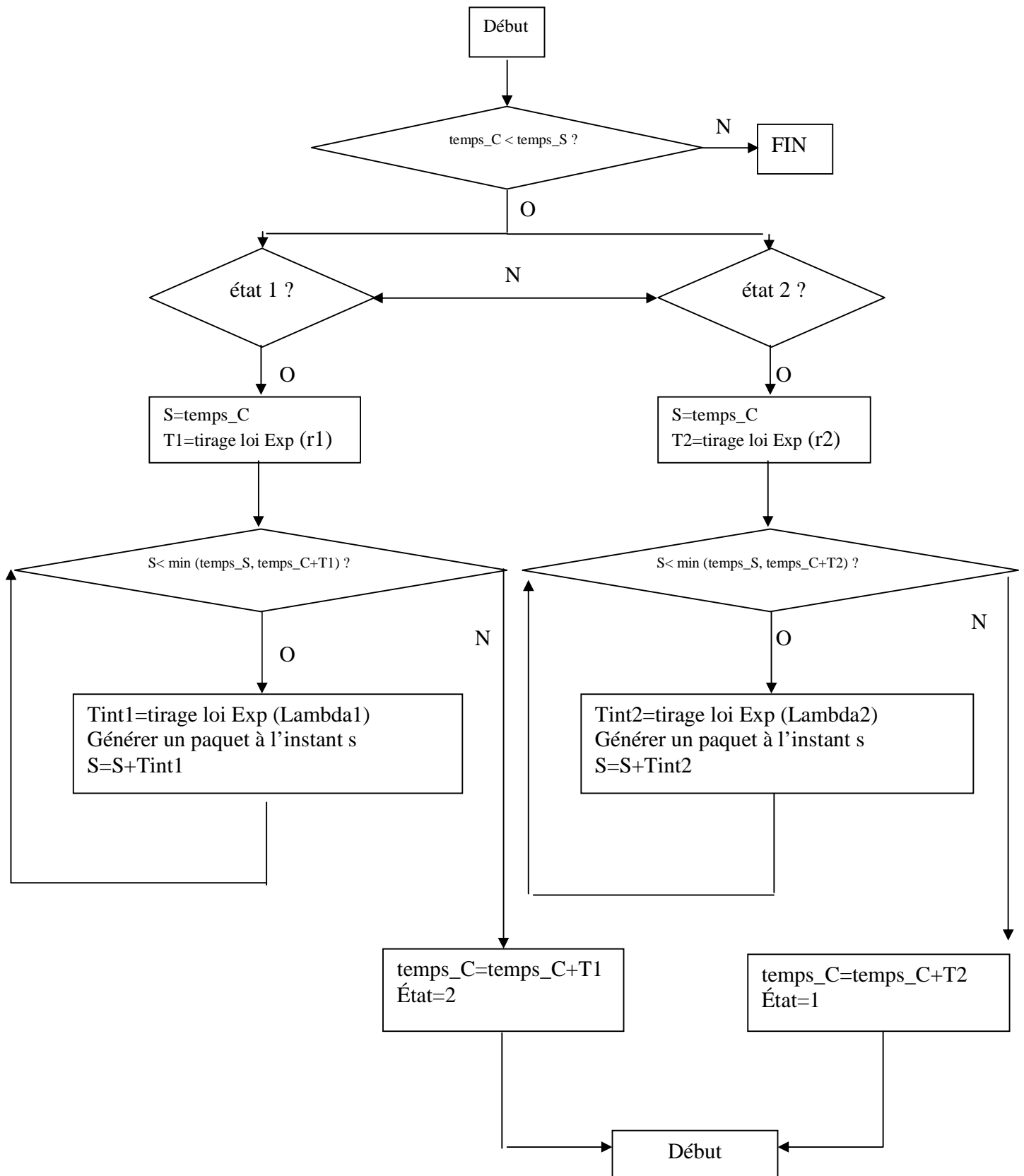
alpha=vecteur(1,N)

beta=vecteur(1,N)

lambda=vecteur(1,N)

temps_C=temps courant

temps_S=temps de simulation

Algorithme d'une source MMPP-2

*****Paramètres*****

etat=état de la source

#les paramètres des lois exponentielles associés aux différents états

r1= paramètre de la loi exponentielle de l'état 1

r2= paramètre de la loi exponentielle de l'état 2

Lambda1= paramètre de la loi exponentielle inter-paquet état 1

Lambda2= paramètre de la loi exponentielle inter-paquet état 1

temps_C=temps courant

temps_S=temps de simulation

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Sang H. Kang, Dan K. Sung, "A CAC Scheme Based on Real-Time Cell Loss Estimation for ATM Multiplexers", **IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS**, VOL. 48, NO. 2, Février 2000.
- [2] Bengt Ahlgren, Anders Andersson, Olof Hagsand, Ian Marsh, "Dimensioning Links for IP Telephony", CNA Laboratory Sweden.
- [3] Allan T. Andersen, Bo Friis Nielsen, "A Markovian Approach for Modeling Packet Traffic with Long-Range Dependence", **IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS**, VOL. 16, NO. 5, Juin 1998.
- [4] A. Baoicchi, N. Melazzi, M. Listanti, A. Roveri, R. Winkler, "Loss Performance Analysis of an ATM Multiplexer Loaded with High-Speed ON/OFF Sources", **IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS**, VOL. 9, NO. 3, Juin 1991.
- [5] B. Jabbari, E. Dinan, W. Fuhrmann, "Performance Analysis of a Multilink Packet Access for Next Generation Wireless Cellular Systems", **IEEE**, 1998.
- [6] Eric Thibault, "Projet Esquimaux".
- [7] Steven L. Scott, Padhraic Smyth, "The Markov Modulated Poisson Process and Markov Poisson Cascade with Applications to Web Traffic Modeling", 2003.
- [8] Michal Kubik, "Uplink Packet Scheduling in WCDMA Systems", December 1999.
- [9] Itamar Elhanany, Michael Kahane, Dan Sadot, "Packet Scheduling in Next Generation Multiterabit Networks".
- [10] http://www-net.cs.umass.edu/cs653/documents/multiplexing_kr.pdf
- [11] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>