

## Couplage de services différenciés pour une QoS de bout en bout

Ibrahima Niang\*      Hossam Afifi\*\*      Dominique Seret\*\*\*

\*Laboratoire de Recherche en Informatique de Dakar, Département de Mathématiques et Informatiques, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Sénégal  
iniang@ucad.sn

\*\* Equipe Mobil IP, Institut National de Télé communication d'Evry, 9 rue Charles Fourier  
91011 Évry cedex Evry, France  
Hossam.Afifi@int-evry.fr

\*\*\* CRIP5, UFR de Mathématiques et Informatique, Université de Paris V, 45 rue des Saints Pères 75270 Paris cedex 06, France  
seret@math-info.univ-paris5.fr

---

**RÉSUMÉ.** Dans Internet, le trafic des usagers traverse plusieurs domaines. De plus en plus les usagers réclament une qualité de service de bout en bout. Il est donc nécessaire d'avoir des schémas de différenciation non seulement dans tous les domaines qui constituent le réseau backbone, mais aussi dans les réseaux d'accès où se situent souvent les goulots d'étranglement. Dans cet article, nous proposons une gestion globale de la qualité de service appliquée aux environnements DiffServ et aux réseaux sans fil 802.11. Nous évaluons ensuite des solutions d'introduction de la QoS dans le réseau d'accès 802.11. Nous terminons par une étude sur l'interopérabilité entre les schémas de qualité de service des réseaux d'accès et du réseau backbone.

**ABSTRACT.** In Internet, the user's traffic crosses several domains. More and more the users want end-to-end quality of service (QoS). So it is necessary to have differentiation mechanisms not only in all the domains that constitute the backbone network, but also in the access networks where the bottlenecks are often located. In this paper, we propose a global quality of service management applied to DiffServ environments and 802.11 wireless networks. Then we evaluate solutions of QoS introduction into the 802.11 network. We finish by a study on interoperability between the QoS solutions for access networks and backbone network.

**MOTS-CLÉS :** IEEE802.11, Réseau sans fil, Qualité de service, Architecture DiffServ.

**KEYWORDS:** IEEE802.11, Wireless network, Quality of Service, Diffserv architecture.

---

---

## 1. Introduction

Pour que l'Internet fournisse des services flexibles avec la garantie de paramètres de performance (délai, gigue, débit et taux de perte de paquets), il doit nécessairement assurer une qualité de service globale dans tous les domaines et réseaux d'accès traversés. Un réseau backbone avec qualité de service (QoS – Quality of Service) peut s'appuyer sur l'architecture DiffServ (Differentiated Services) [1] qui offre une différenciation par priorité basée sur une classification des paquets (par le champ DSCP (Differentiated Services Code Point) à l'entrée du réseau et un traitement différencié à l'intérieur. La gestion de bout en bout de la qualité de service implique la présence de mécanismes spécifiques de gestion de qualité de service à chaque niveau (réseau backbone et réseaux d'accès). Le goulot d'étranglement se situe bien souvent au niveau des réseaux d'accès. Ainsi, l'introduction de la QoS dans ces réseaux devient donc une nécessité, typiquement dans un environnement sans fil.

Dans cet article, nous évaluons deux propositions d'introduction de la QoS dans le réseau d'accès 802.11. Nous présentons des solutions pour gérer la QoS dans les réseaux d'accès pour du trafic entrant et sortant. Nous terminons par une étude et une analyse de l'interopérabilité entre les schémas de qualité de service des réseaux d'accès et du réseau backbone.

---

## 2. Introduction de la QoS dans la norme IEEE 802.11

Dans la norme IEEE 802.11 [2], il est impossible de différencier des flux en termes de qualité de service du fait du mécanisme CSMA/CA qui assure une équité entre les flux. Des simulations menées dans [6] pour analyser le comportement de flux ont montré que les performances du réseau s'effondrent avec l'augmentation de la charge déterminée par le nombre de stations en activité dans la cellule.

### 2.1 Solution basée sur DiffServ pour le trafic entrant dans le réseau sans fil

#### 2.1.1 Concepts

Nous proposons une première solution pour la mise en œuvre de la QoS dans le réseau 802.11, basée sur le modèle DiffServ. La solution consiste à tirer parti du marquage effectué par les routeurs de sortie du réseau DiffServ pour traverser un réseau 802.11. Considérons un mélange de flux audio et de flux vidéo envoyés à partir de stations dans un réseau DiffServ vers un réseau sans fil. Les routeurs d'entrée et de sortie du réseau DiffServ appliquent aux flux audio une priorité plus grande qu'aux flux vidéo (resp. 4 et 1 par exemple). Le marquage des paquets effectué par les routeurs DiffServ à la sortie est celui d'une classe EF pour les flux audio et d'une classe AF13 pour les flux vidéo.

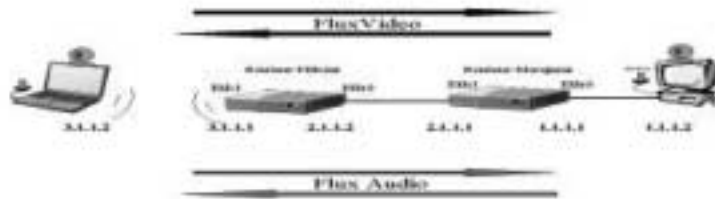


Figure 1. Plate-forme de test de la QoS DiffServ des services H323 sur 802.11

### 2.1.2 Evaluation par des tests physiques

La plate-forme de test (voir figure 1) est constituée d'un réseau DiffServ possédant deux routeurs linux intégrant les services de différenciation de DiffServ dans leur noyau et d'un réseau sans fil.

Sans gestion de la QoS, en éloignant du routeur filtreur la station 3.1.1.2 et en s'approchant des distances limites de couverture de la zone, on s'aperçoit que l'audio et la vidéo se dégradent rapidement et simultanément jusqu'au blocage total. Ceci se traduit par des délais importants et croissants surtout au niveau des flux audio (voir figure 2).

Avec gestion de la QoS, lorsque l'on introduit la gestion de la QoS, la courbe du délai pour l'audio diminue considérablement par rapport au cas sans QoS. En contre partie, la vidéo subit une augmentation du délai. Cela n'est pas dû seulement à la priorité de l'audio mais aussi à sa faculté de prendre en partie, en cas de congestion, la bande passante allouée à la vidéo (voir figure 2).

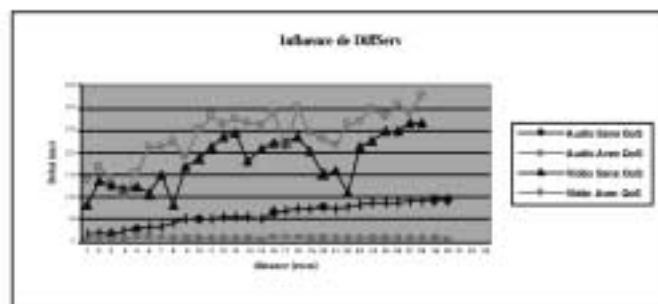


Figure 2. Délais observés (en ms) par les flux audio et vidéo sans et avec QoS

## 2.2 Solution basée sur une modification de la couche MAC pour le trafic sortant du réseau sans fil

Nous utilisons une solution basée sur une approche par priorité liée aux catégories de trafic, telle que définie dans [3] [4]. Cette solution appelée 802.11e nécessite une extension de la méthode d'accès DCF. Les fenêtres de contention sont gérées avec des mécanismes de calcul spécifiques permettant d'avoir une croissance exponentielle de celle-ci pour chaque catégorie de trafic. Il s'agit dans ce cas d'avoir huit niveaux de priorité pour huit catégories de trafic reflétées chacune par des fenêtres de contention (minimale et maximale) et des délais inter-trames différents. Le délai de reprise (appelé temps de backoff) d'une station devient ainsi une fonction de ces paramètres :

$$\text{backoff\_time}(TC_i) = \{AIF_i, CWmin_i, CWmax_i, PF_i\} \quad (1)$$

où,  $AIF_i$  est le délai inter-trame de la catégorie de trafic  $i$  ( $TC_i$ );  $CWmin_i$  est la fenêtre minimale de  $TC_i$ ;  $CWmax_i$  est la fenêtre maximale de  $TC_i$ ;  $PF_i$  est un facteur de persistance (Persistence Factor) utilisé pour réduire encore la probabilité de collision de  $TC_i$ . Pour chaque catégorie de trafic  $TC_i$ , une nouvelle fenêtre est calculée en cas de collision par la formule suivante :

$$CW_{nouvelle}[TC_i] = \min(CW[TC_i], CWmax[TC_i]) \quad (2)$$

$$\text{Avec } CW[TC_i] = ((CW_{ancien}[TC_i] + 1) * PF[TC_i]) - 1 \quad (3)$$

## 3. Couplage de DiffServ et des schémas de QoS dans 802.11

### 3.1 Concept

L'interopérabilité entre le champ DSCP de DiffServ et le schéma de QoS dans 802.11e consiste à faire correspondre les niveaux de priorité entre DiffServ et 802.11e. Deux problèmes se posent pour ce couplage. Le premier consiste à déterminer les champs dans la trame 802.11e qui reflètent la classe de service définie par le DSCP de DiffServ. Le second est de définir la compatibilité et les similarités entre les services DiffServ et les services de 802.11e.

Dans 802.11, il nous faut des indicateurs pour identifier la nature du trafic et le niveau de priorité de chaque trame. Dans 802.11e, une interface de programmation applicative spécifique permet d'identifier si la trame requiert une qualité de service ou non en indiquant la valeur appropriée sur quatre bits (1000) dans le champ Subtype. Cette valeur ne définit pas le niveau de priorité de la trame qui est essentiel pour la mise en correspondance dans les différentes files d'attente. Nous utilisons trois bits dans le champ QoS Control pour spécifier le trafic à travers le sous-champ TID (Traffic Identifier). Nous proposons dans le tableau 1 le codage des bits du champ TID pour les trames QoS. Le nombre limité de bits (3 dans notre cas) pour identifier les

catégories de trafic nous impose d'avoir seulement 3 classes de service avec 3 niveaux de priorité dans chacune pour le comportement AF. Deux combinaisons sont prises pour les trafics EF et best-effort. Le troisième niveau de priorité de toutes les classes de service AF est codé avec "000" et le trafic concerné est considéré comme du best-effort. Dans notre solution, le niveau "Gold Low" est plus élevé que le "Silver High". De ce fait, la QoS de bout en bout  $Q_{e2e}$  d'une classe de service donnée peut être présentée de la manière suivante :

$$Q_{e2e} = \min(Q_{DF_j}, Q_{W_k}) \quad (4)$$

où,  $Q_{DF_j}$  est la QoS obtenue par la classe de service dans DiffServ.  
 $Q_{W_k}$  est la QoS obtenue par la classe de service dans le réseau d'accès 802.11.

$j = 1, \dots, D$ ; D est le nombre de domaines DiffServ traversés.

$k = 1, \dots, E$ ; E est le nombre de réseaux 802.11 participant au réseau global.

DiffServ		MAC 802.11e			
PHB	DSCP	Champ Subtype	Champ QoS Control TID		File d'attente correspondante
EF	101110	1000	111	Premium	7
AF11	001010	1000	010	Gold High	6
AF12	001100	1000	001	Gold Low	5
AF13	001110	1000	000	Best-Effort	0
AF21	010010	1000	100	Silver High	4
AF22	010100	1000	011	Silver Low	3
AF23	010110	1000	000	Best-Effort	0
AF31	011010	1000	110	Bronze High	2
AF32	011100	1000	101	Bronze Low	1
AF33	011110	1000	000	Best-Effort	0
AF41	100010	1000	--	--	--
AF42	100100	1000	--	--	--
AF43	100110	1000	--	--	--
DF	000000	0000 or 1000	000g	Best-Effort	0

Tableau 1. Couplage de DiffServ et schéma de QoS dans 802.11e.

### 3.2 Simulation avec NS (Network Simulator)

Nous avons implémenté la solution de couplage dans NS [5]. Des tests ont été effectués afin de montrer l'utilité d'avoir la QoS de bout en bout. Pour cela, nous avons simulé la configuration définie dans la figure 3. Le réseau global est constitué de deux réseaux d'accès (l'un filaire et l'autre sans fil) et d'un domaine DiffServ. Les liens entre le réseau d'accès filaire et le réseau DiffServ ont des capacités élevées pour ne pas permettre des pertes de paquets. Notre modèle de simulation est composé de trois stations mobiles qui émettent des flux cbr0, cbr1 et cbr2 modélisant

respectivement l'audio, la vidéo et des données classiques. Les sources transmettent au même instant 10 à 2 Mbit/s. Le tableau 2 présente les paramètres de simulation dans l'environnement 802.11. Pour chaque catégorie de trafic, nous donnons les fenêtres de contention minimale et maximale, le poids correspondant à la précedence du type de trafic c'est-à-dire du niveau de priorité face à la perte et le délai inter-trame.

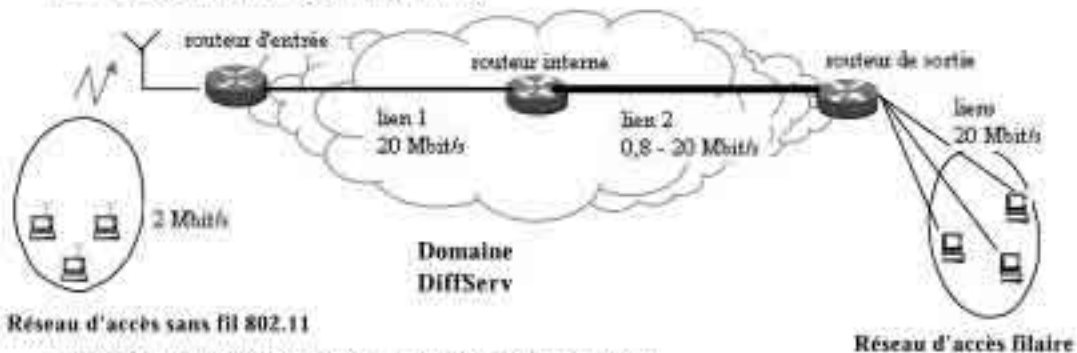


Figure 3. Topologie simulée ; gestion de bout en bout

La différence de délai inter-trame entre deux catégories de trafic est la durée d'un slot. Le modèle de simulation utilise aussi une extension du logiciel NS qui intègre des fonctionnalités de l'architecture DiffServ. Nous avons effectué des simulations pour deux scénarii : avec et sans QoS dans le réseau 802.11.

Flux	Poids	Délai inter-trame AIFS	Fenêtres de contention	Valeurs	Paramètres	Valeurs	Paramètres	Valeurs
Audio : cbe0	1	50 µs	CWmin	1	Slot time	20 µs	SIFS	10 µs
			CWmax	10	Débit Canal	2 Mbit/s	PIFS	30 µs
Vidéo : cbe1	4	70 µs	CWmin	30			DIFS	50 µs
			CWmax	100				
Ftp : cbe2	6	90 µs	CWmin	100				
			CWmax	200				

Tableau 2. Paramètres de simulation ; gestion de bout en bout

1°) Test sans gestion de la QoS dans 802.11

Dans les premières simulations, nous avons configuré le réseau DiffServ pour qu'il soit surdimensionné. Il s'avère que tous les paquets qui entrent dans le domaine sont transmis quel que soit leur niveau de conformité. Le goulot d'étranglement se trouve du côté du réseau d'accès 802.11. C'est lui qui crée toutes les pertes observées (tableau 3). Nous avons ensuite introduit un goulot d'étranglement dans le réseau DiffServ lui-même en réduisant la capacité de celui-ci à 0,8 Mbit/s. La différenciation entre les trois trafics est donc assurée par le domaine DiffServ. Il n'y a

toujours pas de gestion de QoS dans 802.11. Donc l'équité est assurée jusqu'à l'entrée au réseau DiffServ qui par la suite introduit une différenciation entre les types de trafic que l'on remarque nettement sur le tableau 3.

Performances avec DiffServ surdimensionné Sans QoS	Sources CBR			Performances goulot d'étranglement dans DiffServ Sans QoS	Sources CBR		
	cbr0	cbr1	cbr2		cbr0	cbr1	cbr2
Débit moyen utile	0,54 Mbit/s	0,54 Mbit/s	0,54 Mbit/s	Débit moyen utile	0,46 Mbit/s	0,25 Mbit/s	0,11 Mbit/s
Taux de perte de paquets	73,8%	73,8%	73,8%	Taux de perte de paquets	76,8%	87,2%	94,4%

**Tableau 3.** Performances des sources CBR, sans QoS

Les mauvaises performances offertes aux sources CBR sont dues d'une part aux pertes observées dans le réseau d'accès sans fil 802.11 (collisions) et d'autre part par la capacité faible du lien 2 (voir figure 3).

#### 2°) Test avec gestion de la QoS dans 802.11

Dans la deuxième série de tests, nous avons géré la qualité de service dans le réseau d'accès 802.11 avec les mêmes paramètres que ceux définis dans le tableau 3. Avec un domaine DiffServ surdimensionné, les résultats montrent une nette amélioration des performances du trafic cbr0. Par contre, les trafic cbr1 et cbr2, avec des poids respectifs 4 et 6 fois plus élevés que celui de cbr0, voit leurs performances diminuées (tableau 5). L'équité n'est plus assurée entre les différents types de flux. Un goulot d'étranglement dans le domaine DiffServ compromet les résultats obtenus ci-dessus. En effet, le gain en performance que nous avons obtenu par l'introduction de la QoS dans le réseau d'accès n'est pas très profitable pour les flux prioritaires, vu que des pertes importantes de paquets sont observées dans DiffServ (voir tableau 4).

Performances avec DiffServ surdimensionné avec QoS	Sources CBR			Performances goulot d'étranglement dans DiffServ avec QoS	Sources CBR		
	cbr0	cbr1	cbr2		cbr0	cbr1	cbr2
Débit moyen utile	1,18 Mbit/s	0,47 Mbit/s	0,09 Mbit/s	Débit moyen utile	0,63 Mbit/s	0,12 Mbit/s	0,03 Mbit/s
Taux de perte de paquets	40,8%	76,4%	95,2%	Taux de perte de paquets	68,4%	94%	98,4%

**Tableau 4. Performances des sources CBR, avec QoS**

Les pourcentages de pertes observés sont élevés du fait que nous avons pris des cas pires et les débits des trois stations sont très élevés par rapport à la capacité du canal. Des résultats avec des pertes moindres peuvent être obtenus avec des cas plus réalistes. Pour une simulation avec des débits d'émission de 64 kbit/s, 2 Mbit/s et 2 Mbit/s respectivement pour les sources cbr0, cbr1, et cbr2 avec QoS (réseau d'accès et backbone), nous avons obtenu 0,8%, 59,06% et 83% de pourcentage de paquets perdus respectivement pour cbr0, cbr1, et cbr2.

---

**4. Conclusion**

Il est évident que la QoS de bout en bout dépend des services fournis par les réseaux d'accès où le sans fil occupe une place prépondérante. Dans ce travail, nous avons analysé deux solutions pour introduire la QoS dans les réseaux d'accès sans fil. La première solution repose sur l'utilisation du modèle DiffServ au niveau applicatif afin d'améliorer les performances des flux prioritaires qui entrent dans un réseau sans fil. La deuxième solution concerne les flux qui sortent du réseau sans fil. Elle propose une modification de la couche MAC dans le réseau 802.11.

Notre dernière contribution a été une étude de l'interopérabilité entre DiffServ et les schémas de QoS dans le réseau d'accès 802.11e. Nous avons mis en correspondance les services de DiffServ et ceux issus des schémas de QoS dans 802.11e. La solution originale de couplage que nous avons proposée s'avère facilement implémentable grâce à une relation simple entre le champ DSCP de DiffServ et les champs des trames 802.11e réservés à la QoS

---

**5. Références**

- [1] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, « An Architecture for Differentiated Services », RFC 2475, Décembre 1998.
- [2] IEEE Std. 802.11-1999 « Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications », Ref. number ISO/IEC 8802-11 : 1999 edition.
- [3] IEEE 802.11e/D4.0, Draft Supplement to Part 11, « Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS) », Novembre 2002.
- [4] I. Niang, B. Zouari, H. Afifi, O. Cherkaoui, N. Golmie, « Introduction of DiffServ QoS in 802.11 Standard », Med-hoc-Net 2002, Septembre 2002, Sardegna, Italy
- [5] « The Network Simulator – NS2 » URL : <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, 2002.
- [6] I. Niang «Contribution à l'étude de la qualité de Service : application aux environnement DiffServ et aux réseaux sans fil », thèse soutenue à l'université de paris V, Décembre 2002.