



**HAL**  
open science

## Gestion de la qualité de service et équilibrage de charges dans les réseaux sans fils IEEE 802.11

Issam Jabri, Nicolas Krommenacker, Adel Soudani, Thierry Divoux, Salem  
Nasri

► **To cite this version:**

Issam Jabri, Nicolas Krommenacker, Adel Soudani, Thierry Divoux, Salem Nasri. Gestion de la qualité de service et équilibrage de charges dans les réseaux sans fils IEEE 802.11. Mar 2007, pp.CDROM. hal-00121540

**HAL Id: hal-00121540**

**<https://hal.science/hal-00121540>**

Submitted on 21 Dec 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Gestion de la qualité de service et équilibrage de charges dans les réseaux sans fils IEEE 802.11

Issam JABRI<sup>\*,\*\*</sup>, Nicolas KROMMENACKER<sup>\*</sup>, Adel SOUDANI<sup>\*\*</sup>, Thierry DIVOUX<sup>\*</sup> et Salem NASRI<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> *Centre de Recherches en Automatiques de Nancy (CNRS ESA 7039), Université Henri Poincaré Nancy 1, France*

**Issam.jabri@cran.uhp-nancy.fr**  
**nicolas.krommenacker@cran.uhp-nancy.fr**  
**Thierry.divoux@cran.uhp-nancy.fr**

<sup>\*\*</sup> *Laboratoire d'Electronique et de Micro Electronique (EμE), Faculté Des Sciences de Monastir, Tunisie.*

**Salem.nasri@enim.rnu.tn**  
**Adel.soudani@issatso.rnu.tn**

**Abstract:** Les réseaux locaux sans fils IEEE 802.11 sont de plus en plus utilisés dans les lieux ouverts au public (aéroports, campus,...). Les ressources physiques de ce type de réseaux sont alors à partager entre des applications de plus en plus gourmandes et à contraintes d'acheminement variables. Plusieurs travaux de recherches ont été proposés pour apporter un support de qualité de service aux réseaux 802.11. Ces travaux, dont l'IEEE 802.11e, sont pour la plupart basés sur une différenciation de services. Dans les réseaux IEEE 802.11, avec le mode de fonctionnement avec infrastructure, l'accès d'un utilisateur sans fils au réseau par l'intermédiaire d'un point d'accès ou un autre est plutôt déterminé grâce à des considérations d'ordre physique (la puissance du signal reçu). Ceci peut conduire à des points d'accès offrant la même bande passante mais avec les uns surchargés par rapport aux autres. Dans ce papier nous avons démontré qu'un déséquilibre de charges entre les points d'accès d'un réseau sans fils conduit à une détérioration de la qualité de service de l'ensemble des applications et à une dégradation des performances générales du réseau. Nous avons proposé une nouvelle méthode de gestion de la qualité de service dans les réseaux IEEE 802.11 permettant l'équilibrage de charges entre les différents points d'accès du réseau. Des nouvelles spécifications protocolaires pour l'établissement des connexions entre stations mobiles et points d'accès ont été alors proposées. Ces spécifications ont été décrites et simulées par l'outil de vérification formelle SDL (Spécification and Description Language).

**Key words:** IEEE 802.11, Qualité de Service, Equilibrage de Charges, SDL

### INTRODUCTION

Par rapport aux réseaux filaires, les avantages des réseaux locaux sans fils sont la disponibilité de la bande passante et le faible coût d'utilisation. Grâce au développement de la technologie IEEE 802.11, le marché des réseaux locaux sans fils connaît une large utilisation dans les lieux ouverts au publics, couramment appelés " hot spots ", telles que les aéroports, les centres commerciaux, les hôtels,...L'utilisation du mode infrastructure permet aux utilisateurs mobiles de bénéficier d'un accès aux différents services de l'Internet. Le manque de mécanismes efficaces de support des services temps réel dans la version originale du standard 802.11

nécessite la modification de cette version pour fournir des garanties de qualité de service pour les applications qui y sont sensibles [1, 2, 3, 5]. Un nouveau standard IEEE 802.11e a été proposé pour l'amélioration de la différenciation de services [21]. Dans le même contexte, d'autres travaux [1, 2, 4, 19, 20] ont montré que la spécification de nouvelles interactions entre les points d'accès et les stations mobiles, essentiellement pour le contrôle d'admission de ces derniers, permet de renforcer des métriques de qualité de service telles que la distribution des charges et les pertes de paquets.

Dans ce papier nous proposons une approche de gestion de la qualité de services dans les réseaux IEEE 802.11. Cette approche basée sur un algorithme d'équilibrage de charges permet de garantir une

meilleure distribution des utilisateurs mobiles sur l'ensemble des points d'accès et donc une amélioration de la qualité de service offerte et de la performance globale du réseau. Pour la mise en œuvre de cette nouvelle approche, de nouvelles spécifications protocolaires ont été proposées. La première partie de ce papier focalise sur l'ensemble des approches proposées pour l'amélioration de la qualité de service dans les réseaux sans fils, entre autres celles qui sont basées sur " l'équilibrage des charges ". Dans la deuxième partie, nous montrons sur un exemple l'intérêt d'un équilibrage de charges pour le support de la qualité de services dans les réseaux IEEE 802.11 et présentons l'architecture générale de la solution proposée. La partie suivante est réservée à la présentation des spécifications protocolaires proposées. Nous finirons par une conclusion.

## 1. Travaux reliés

### 1.1. Limitations du standard 802.11 en termes de qualité de service

Le standard 802.11 décrit plusieurs fonctionnalités pour la sous couche MAC essentiellement pour le contrôle d'accès au canal, le maintien de la qualité de service et le support de sécurité. Les supports sans fils possèdent des caractéristiques spécifiques telles que les délais et le taux de perte de paquets élevés. En plus les caractéristiques des liens sans fils sont variables dans le temps et dans l'espace [12]. La mobilité des utilisateurs dans l'espace du réseau sans fils peut provoquer un changement fréquent du chemin de bout en bout. En changeant de point d'accès au quel ils sont attachés, les utilisateurs doivent percevoir la même qualité de service. Des problèmes dans le déroulement de l'application peuvent avoir lieu quand le nouveau chemin ne peut pas garantir le même niveau de qualité de service [12]. Le mode de fonctionnement DCF (Distributed Coordination Function) de la version originale du standard 802.11 offre un service «Best Effort» et n'offre aucun support de qualité de service pour les applications à contraintes temporelles [22]. Les stations mobiles d'un même BSS (Basic Service Set) ont toutes la même priorité d'accès au canal. Ce mode n'offre aucun mécanisme de différenciation ou de garantie de bande passante, de délai ou de gigue pour les applications à haute priorité et les flux multimédia ou à délais bornés. Les auteurs de [12] ont effectués des simulations sur une topologie ad hoc. Trois types de trafics sont échangés entre les stations mobiles : audio, vidéo et background. Ces simulations ont clairement montrés que ces trafics présentent le même délai : il n'y a aucune différenciation du moment qu'ils partagent la même file d'attente pour l'accès au canal. Pour garantir les besoins en termes de qualité de service des trafics à haute priorité, le recours à un contrôle d'admission est immédiat. Le mode PCF (Point Coordination Function) du standard a été défini pour supporter les applications multimédia à temps borné. Les mécanismes qui ont été défini dans ce mode ont conduit à de faibles performances quand au

support de la qualité de service [22, 17, 18]. Ce mode présente un gaspillage de la bande passante puisque les communications entre les stations du même BSS doivent passer par le point d'accès. En plus, ce mode doit être implémenté avec le mode mandataire DCF ce qui conduit à des instants de démarrage du mode PCF imprédictibles [18]. En effet pour passer du mode DCF au mode PCF, le canal doit être libre. Le point d'accès n'est pas autorisé à interrompre une communication en cours pour démarrer le mode PCF : on ne peut pas garantir une durée fixe du mode DCF. Avec le mode PCF, il est difficile pour un point d'accès de définir le temps nécessaire à chaque station pour envoyer ses trames de donnée. Le temps de transmission est incontrôlable du fait que les débits varient en fonction de l'état du lien.

Toutes ces insuffisances dans les modes de fonctionnement DCF et PCF du standard ont conduit à plusieurs activités de recherche pour améliorer les performances de la sous couche MAC 802.11.

### 1.2. Approches d'amélioration de la qualité de service dans IEEE 802.11

Les mécanismes définis pour améliorer le support de qualité de service dans les réseaux IEEE 802.11 peuvent être classés en trois catégories [23] :

#### 1.2.1. Différenciation de services

La différenciation de services est assurée par deux méthodes principales : les priorités et l'ordonnancement [24]. La première méthode définit des paramètres de contention au canal différents entre les différentes classes de trafics permettant de créer des priorités. La deuxième méthode essaye de partager équitablement la bande passante en proposant des temps d'attentes pour l'accès au canal aux différentes classes de trafic proportionnellement à des poids donnés [23]. Les paramètres utilisés par les deux méthodes sont la taille de la fenêtre de contention (CW), l'algorithme de Backoff et les temps inter trames. Le nouveau standard 802.11e est l'approche principale pour la différenciation de services. Dans cette proposition une nouvelle méthode d'accès HCF (Hybrid Coordination Function) a été introduite. Elle décrit deux fonctions pour l'amélioration de la qualité de service : accès au canal HCF à base de contention et accès au canal HCF à base d'élection. Ces deux fonctions sont respectivement utilisées durant les périodes avec et sans contention pour fournir un support de qualité de service. EDCF (Enhanced DCF) est la méthode d'accès basée sur la contention. Cette méthode améliore la méthode d'accès DCF par une approche distribuée permettant une différenciation de services. Cette approche définit 8 classes de trafic. Elle affecte des faibles valeurs de fenêtre de contention aux classes de trafics à hautes priorités. Ces trafics à hautes priorités ont alors plus de chances à transmettre sur le canal que celles à plus faibles priorités. Pour renforcer cette différenciation, le 802.11e propose l'utilisation des temps inter trames différents entre les différentes classes. Des faibles valeurs de AIFS (Arbitration IFS) seront utilisées par

les classes à hautes priorités.

### 1.2.2. *Contrôle d'admission et réservation de bande passante*

La différenciation de services fournit un meilleur support de qualité de service pour les trafics multimédia à charges faibles et moyennes. Pour des flux beaucoup plus chargés la différenciation de service est inefficace à cause des défaillances de la couche MAC 802.11 [17]. Dans ces conditions, le contrôle d'admission et la réservation de bande passante peuvent être efficaces pour garantir une qualité de service aux trafics existants. A cause de la nature du support sans fils et la méthode d'accès, ces deux approches sont difficiles à réaliser. Les différentes approches de contrôle d'admission peuvent se baser sur des mesures ou des calculs. Dans les approches basées sur des mesures, les décisions d'admission se basent sur des mesures des paramètres du réseau telles que la bande passante ou les délais. Les approches à base de calculs construisent des métriques ou critères de performances pour évaluer l'état du réseau [23].

### 1.2.3. *Adaptation de lien*

Le standard 802.11 spécifie plusieurs débits de transmission. L'adaptation des débits et les mécanismes de signalisation sont par contre laissés ouverts. Les débits de transmission varient avec l'état du canal. Un mécanisme d'adaptation de lien permettra d'optimiser l'utilisation de la bande passante [23]. La plupart des approches d'adaptation de liens s'intéressent plutôt aux algorithmes de basculement entre les différents débits spécifiées dans la sous couche PLCP (Physical Layer Convergence Procedure).

## 2. **L'approche proposée pour le support de QoS**

Les différentes approches d'amélioration de la qualité de service dans les réseaux sans fils IEEE 802.11 font plutôt des traitements localisés. Les paramètres de différenciation sont par exemple définis au niveau de chaque nœud.

Dans les différents standards 802.11, la décision d'association d'une station mobile à un point d'accès est déterminée grâce à des considérations d'ordre physique. Une station mobile s'associe toujours au point d'accès offrant la meilleure qualité du signal sans se soucier de la charge des trafics déjà supportés par l'ensemble des points d'accès. Ceci peut créer des situations où des points d'accès sont beaucoup plus chargés que des autres et entraîne une dégradation de la qualité de service offerte aux stations attachées. En effet les auteurs de [27] ont montré qu'il y a une baisse de performance du réseau si un grand nombre de clients sont connectés au même point d'accès. En conséquence, cela conduit à une baisse du débit dans la totalité du réseau. La multiplication du nombre de points d'accès voisins, ne résout pas le problème de déséquilibre.

Plusieurs travaux se sont intéressés à l'équilibrage de charges entre les différentes BSS d'un réseau sans fils. Les auteurs de [25] indiquent qu'une politique d'équilibrage de charges est nécessaire pour distribuer équitablement les stations sans fils entre les différents points d'accès : les algorithmes déjà proposés qui se basent sur l'indicateur de la puissance du signal reçu peuvent entraîner l'association de plusieurs stations sans fils à un seul ou à un nombre limité de points d'accès. Pour remédier à ce problème, les auteurs proposent une procédure d'équilibrage de charges qui agit à deux niveaux. Le premier niveau consiste à faire distribuer les stations mobiles sur les différents canaux de la couche physique ou encore de partager les mêmes canaux mais en prenant en compte la position du canal/point d'accès et la puissance du signal reçu des points d'accès voisins. Le second niveau consiste à faire distribuer les stations mobiles sur les différents points d'accès non pas en se basant uniquement sur l'indicateur de puissance du signal reçu mais aussi en fonction du nombre de stations associées au point d'accès et d'autres mesures de la qualité du lien. Dans [26] les auteurs proposent un algorithme DLBA (Dynamic Load Balance Algorithm) permettant de distribuer équitablement les stations mobiles sur les différents points d'accès tout en maximisant la valeur moyenne de la puissance du signal reçu entre un point d'accès et les stations qui lui sont associées. Les auteurs supposent que la charge du trafic est la même pour toutes les stations mobiles. Ils indiquent que la puissance du signal reçu n'est pas nécessairement une indication de performance dans les réseaux sans fils : une meilleure méthode d'estimation doit inclure la qualité de transmission souvent mesurée par le taux d'erreurs des trames. Cette méthode est difficile à réaliser à cause de la difficulté de récupérer une information précise sur la qualité du signal. Les auteurs ne considèrent alors que la valeur de la puissance du signal reçu. Ils considèrent que le problème d'équilibrage de charges consiste à trouver une solution qui maximise la valeur moyenne de la puissance du signal reçu et minimise la variance du nombre des stations associées et celle de la valeur moyenne de la puissance du signal reçu pour les points d'accès du réseau sans fils. Cependant, des études faites sur des réseaux locaux sans fils ouverts au publics [1, 2, 3, 4, 5] ont montré que le nombre de stations associées à un point d'accès n'est pas du tout corrélé avec leurs trafics, un système d'équilibrage de charge qui dépend du nombre de stations n'améliore pas nécessairement l'équilibrage global dans le réseau.

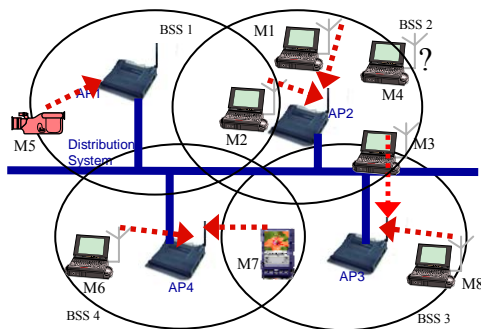
Des travaux plus récents [28] proposent de donner au point d'accès (AP) la possibilité de travailler sur plusieurs canaux et d'attacher les stations en fonction de leurs SNR (Signal by Noise Ratio). D'autres [29] proposent de multiplier le nombre de points d'accès par cellule et de séparer les stations mobiles susceptibles de dégrader les performances du réseau.

La clé de voûte de l'approche est de considérer le réseau en sa totalité : un ensemble de points d'accès et de stations mobiles. Nous avons opté pour une distribution équilibrée des charges entre les différents

points d'accès permettant d'augmenter le nombre d'applications admises avec des garanties de qualité de service. Pour l'équilibrage des charges, nous prenons comme paramètres d'équilibrage, en plus du contrôle de la puissance du signal reçu intégré dans le standard, la charge des trafics générés par les différentes applications ouvertes ou voulant s'ouvrir sur le réseau, le taux de pertes toléré par ces applications et l'état actuel du réseau (charge des points d'accès et taux de pertes sur le lien sans fils).

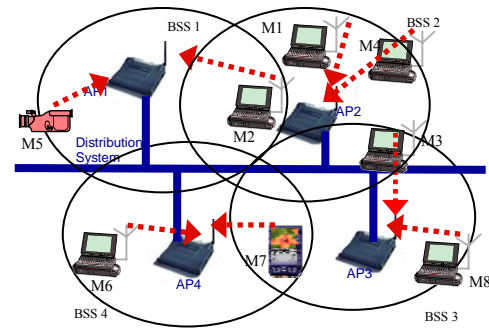
### 3. Système d'équilibrage de charges

Dans cette section nous partons d'un exemple pour montrer l'intérêt d'un équilibrage de charges se basant sur les paramètres : charges des points d'accès et stations mobiles, taux de pertes tolérés par les applications et le taux de pertes sur le lien sans fils. On considère un réseau sans fils IEEE802.11 en mode avec infrastructure. Pour maintenir la continuité des communications, nous supposons que les différentes BSS se recouvrent partiellement. Des stations mobiles sont associées aux points d'accès comme dans la figure 1.



**Figure 1.** Réseau sans fils IEEE802.11 avec infrastructure

La station M4 nouvellement arrivée sur le réseau est à la portée d'un seul point d'accès AP2. M4 demandera connexion auprès de AP2. S'il se trouve que AP2, sur lequel les stations M1 et M2 sont déjà associées, est à la limite de ses capacités en termes de bande passante, l'acceptation de la demande d'association de M4 mettra cet AP en état de surcharge. Ceci entraînera une réduction du débit perçu par M1, M2 et M3 et une augmentation du taux de retransmission de paquets qui dépend de la taille des buffers au niveau de AP2. Une solution sera de redistribuer les acteurs sur l'ensemble des APs. Dans notre cas, si on suppose que le trafic généré par M2 peut être assuré par AP1, en termes de bande passante et du taux de perte, il sera intéressant de faire basculer la station M2 sur AP1 même si la puissance de signal reçu par cette station de la part de AP2 est plus élevée que celle reçue par AP1. De cette façon on peut assurer la connexion de la nouvelle station M4 sur AP2 avec la qualité de service demandée. La nouvelle distribution des stations mobiles sur les différents AP est donnée par la figure 2.



**Figure 2.** Redistribution des stations sans fils

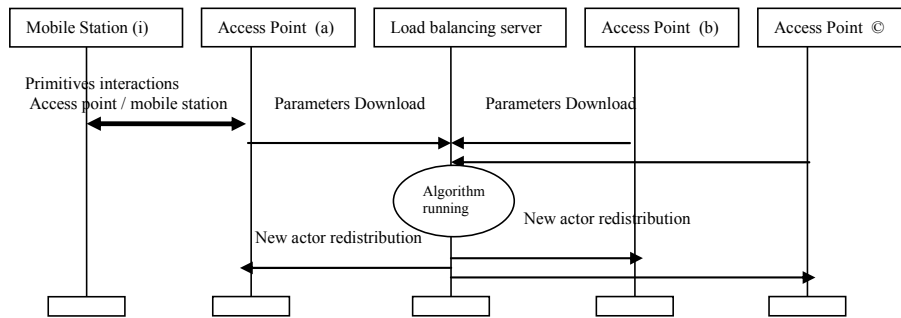
Pour la mise en œuvre de cette approche d'équilibrage de charges nous proposons un système d'équilibrage constitué d'un serveur connecté par le système de distribution aux différents points d'accès. Une base de donnée est à la disposition de ce serveur pour le stockage, la consultation et la mise à jour des paramètres nécessaires à l'équilibrage de charges dans le réseau sans fils. Ces paramètres décrivent les besoins de la nouvelle station cherchant à entrer dans le réseau sans fils (bande passante demandée et taux de pertes toléré) mais aussi l'état actuel du réseau. Des informations concernant les besoins des applications déjà admises sur le réseau, l'état de charge des différents points d'accès et l'état des liens sans fils (sur chaque point d'accès) sont donc mises à jour dans la base de donnée. En se basant sur ces différents paramètres, chaque fois qu'il est nécessaire d'effectuer une redistribution des stations mobiles sur les différents points d'accès pour pouvoir accepter de nouvelles demandes de connexion, un algorithme d'équilibrage de charges permet de retrouver la nouvelle distribution des acteurs sans fils permettant d'atteindre l'objectif désiré. Les interactions entre les différentes composantes du système d'équilibrage sont représentées dans la figure 3.

L'algorithme d'équilibrage des charges vérifie si la distribution des stations mobiles sur les différents points d'accès est équilibrée ou non en calculant un index d'équilibrage de charges  $\beta$ . Ce paramètre a été utilisé pour la première fois dans [11] et a été utilisé dans [2, 15] comme mesure de performances. Ce paramètre reflète la capacité des différents points d'accès. En notant  $T_i$  la charge générée par chaque point d'accès  $AP_i$ , l'index d'équilibrage  $\beta_j$  d'une zone de couverture commune à un nombre  $n$  de points d'accès est défini par la formule suivante :

$$\beta_j = (\sum_i T_i)^2 / (n * \sum_i T_i^2)$$

L'index d'équilibrage varie dans l'intervalle  $[1/n, 1]$ . Une distribution de stations mobiles est équilibrée si l'index d'équilibrage de toutes les zones de couverture converge vers 1. Un point d'accès est surchargé si sa charge dépasse un certain seuil

Un point d'accès est équilibré si sa charge se situe entre deux seuils  $\delta_1 (= ANL + \alpha ANL)$  et  $\delta_2 (= ANL - \alpha ANL)$ . ANL (Average Network Load) est la charge moyenne du réseau et  $\alpha$  constitue un paramètre de tolérance qui permette de contrôler les frontières de la zone d'équilibrage de charge.



**Figure 3:** Système d'équilibrage de charges

Ce paramètre influe par conséquent sur la qualité de la solution recherchée. Un point d'accès est respectivement surchargé et sous chargé si sa charge est respectivement supérieure à  $\delta 1$  et inférieure à  $\delta 2$ . La politique utilisée pour le choix des stations à redistribuer sera développée dans de prochains travaux.

La nouvelle distribution des stations mobiles est diffusée par le serveur d'équilibrage de charges à travers le système de distribution (DS) vers l'ensemble des points d'accès. Les points d'accès doivent prendre en considération cette nouvelle distribution pour déconnecter et reconnecter l'ensemble des stations mobiles. La façon de réaliser ces déconnexions et reconnections sera étudiée dans de prochains travaux.

nouvelles primitives échangées entre l'ensemble des points d'accès d'une part et entre les points d'accès et les stations mobiles d'une autre part. Ces primitives qui devront être intégrées dans la sous couche MAC définie par le standard [14] définissent une nouvelle politique de qualité de service pour les réseaux sans fils. Ces primitives permettront aux stations mobiles de communiquer aux points d'accès et par suite au serveur d'équilibrage de charges les paramètres de qualité de service demandée (bande passante et taux de pertes). Elles permettent entre autres au serveur de diffuser à chaque fois la distribution des stations mobiles aux différents points d'accès. Dans le tableau 1 nous avons lister quelques primitives que nous avons défini.

#### 4. Spécifications protocolaires

La mise en place du système d'équilibrage de charges décrit précédemment nécessite la définition de

| requête       | Paramètres de la requête   | Source de la requête | Destination de la requête  | Objectif  |
|---------------|--|----------------------|----------------------------|---|
| Req_connect   | $ID_M, ID_{AP}, BP_{APP}, \%L_{APP}, M/F, O/N_{AP}, Liste_{AP}$                        | Station mobile       | Point d'accès              | Demander connexion auprès d'un AP   |
| Ack_Connect   | $ID_M, ID_{AP}, BP_{APP}, \%L_{APP}$   | Point d'accès        | Station mobile             | Réponse positive à une demande de connexion   |
| Update_Server | $ID_M, ID_{AP}, BP_{APP}, \%L_{APP}$   | Point d'accès        | Serveur                    | Envoyée suite à la connexion d'une station à un AP. permet de mettre à jour le serveur                    |
| Req_Dist      | $ID_M, ID_{AP}, BP_{APP}, \%L_{APP}, M/F, O/N_{AP}, Liste_{AP}$                        | Point d'accès        | Serveur                    | Une demande de distribution des stations mobiles pour répondre à une nouvelle demande de connexion        |
| NAck_Dist     |  | Serveur              | Point d'accès              | Informé le point d'accès de l'impossibilité d'accepter une nouvelle station mobile                        |
|               |  | Point d'accès        | Station mobile             | Informé la station de l'impossibilité de la connecter sur le réseau                                       |
| PAck_Dist     | $ID_M, ID_{APnouveaux}, ID_{APancien}, \dots, ID_{Mi}, ID_{APnouveaux}, ID_{APancien}$ | Serveur              | Diffusion vers les AP      | Informé les points d'accès de la nouvelle distribution des utilisateurs sur les différents points d'accès |
|               |  | Point d'accès        | Stations mobiles concernés | Informé les stations mobiles de leurs nouveaux points d'attachement                                       |

**Tableau 1:** Primitives échangées entre les entités du système d'équilibrage

Les paramètres  $ID_M$  et  $ID_{AP}$  identifient respectivement une station mobile et un point d'accès. Les paramètres  $BP_{APP}$ ,  $\%L_{APP}$ ,  $M/F$ ,  $O/N_{AP}$ ,  $Liste_{AP}$  indiquent respectivement la bande passante de l'application, le taux de pertes qu'elle tolère, si la station est mobile ou fixe, si oui ou non d'autres points

d'accès sont accessibles et si oui leurs identités respectives.

Une représentation simplifiée des échanges qui ont eu lieu suite à la demande de connexion de M4 auprès de AP2 (Figure 1) est donnée par la figure 4.

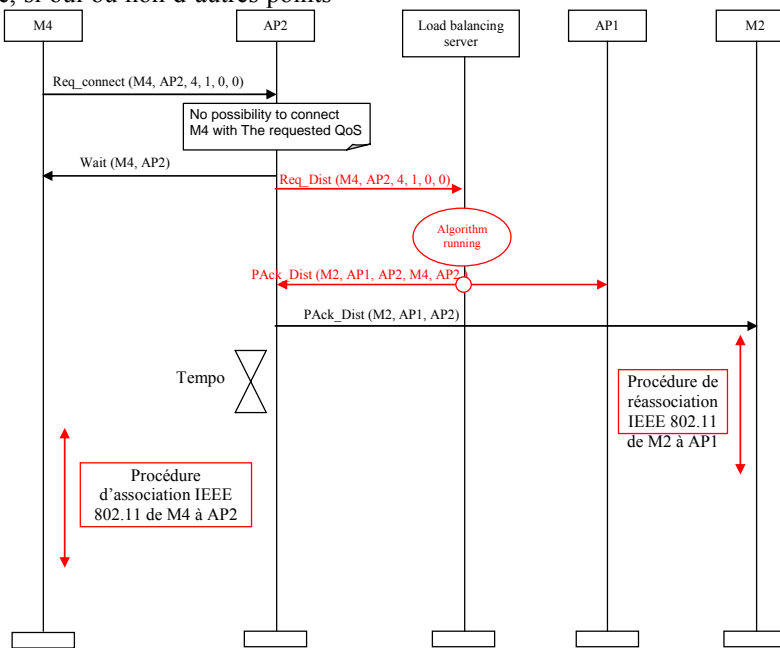


Figure 4: Echange protocolaire pour l'équilibrage de charges

Le scénario que nous avons décrit a été décrit et simulé par les langages de vérification formelle SDL et MSC. Avec le langage SDL, un système est représenté par un ensemble d'entités interconnectées.

donnée d'une station mobile (qui contient une information sur les différents points d'accès accessibles).

Un processus décrit le comportement dynamique de l'ensemble de ces entités. La figure 5 représente le modèle d'une station mobile. Elle représente les échanges entre la couche de gestion et la base de

Une partie des résultats de simulation effectuée pour le scénario décrit précédemment (figure 4) avec MSC est donnée par la figure 6

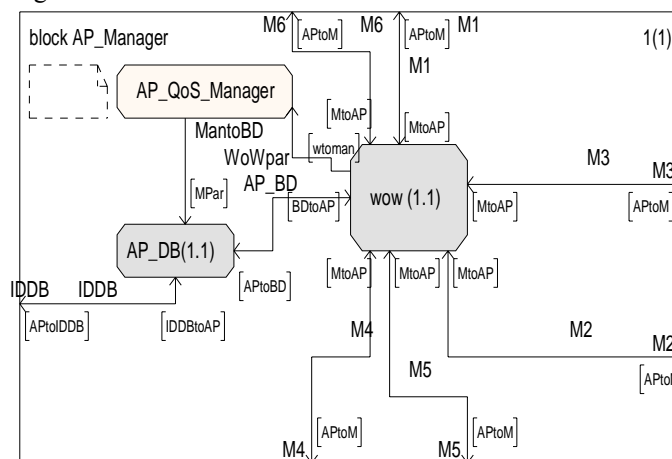


Figure 5: Modèle SDL d'une station mobile

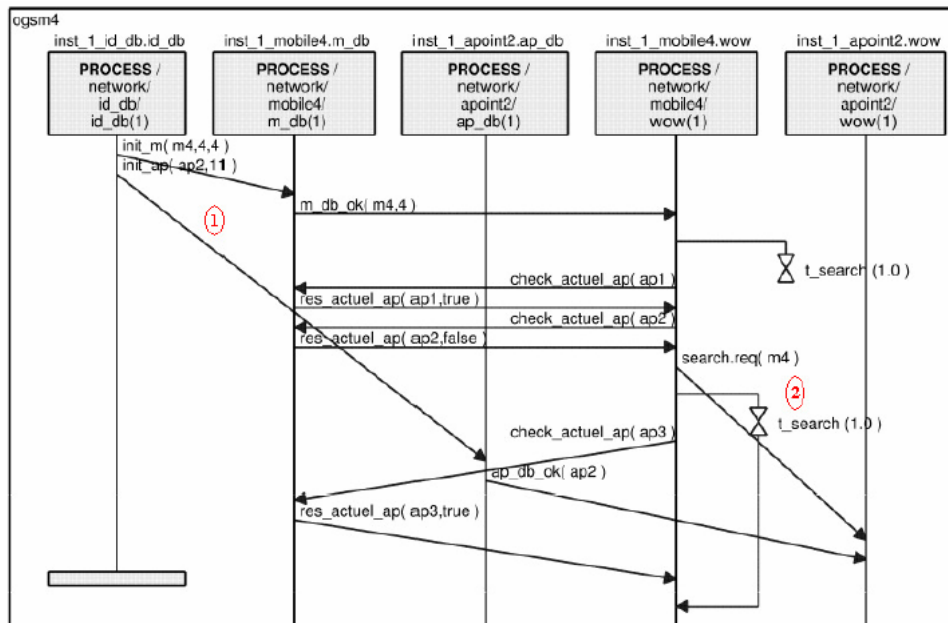


Figure 6: Simulation MSC d'un échange de primitives entre les entités du réseau sans fils

## 5. Conclusion

Dans ce papier on s'intéresse à la gestion de la qualité de service dans les réseaux sans fils IEEE802.11. On a présenté un ensemble d'échanges protocolaires nécessaires à la mise en place d'un système d'équilibrage de charges. Ce système permettant d'avoir des points d'accès à charges équilibrées permet de garantir un contrat de trafic entre les applications utilisateurs et le réseau sans fils. Il est basé sur un algorithme d'équilibrage de charge qu'on exécute chaque fois qu'une nouvelle distribution des utilisateurs sans fils est recherchée. Une description avec le langage SDL des échanges protocolaires définies et une simulation avec MSC pour vérifier le comportement général de ces échanges ont été réalisées. Ce travail sera complété par l'implantation de l'approche décrite sur un simulateur réseau OPNET. Ceci permettra d'analyser les performances du système proposé et l'ajustement des paramètres utilisés dans le système avant de passer à son implémentation sur une plate forme réelle.

## REFERENCES

- [1] A. Balachandran, G.M. Voelker, P. Bahl, et P.V. Rangan, "Characterizing user behavior and network performance in a public wireless LAN", June 15-19 2002, ACM SIGMETRICS international conference on measurement and modelling of computer systems (Marina Del Rey, California).
- [2] A. Balachandran, G.M. Voelker, P. Bahl, "Hot spot congestion relief in public-area wireless networks", June 20-21 2002, 4<sup>th</sup> workshop on mobile computing systems and applications (Callicoon, NY, USA) pp 70-80.
- [3] D. Kotz et K. Essien, "Characterizing usage of a campus-wide wireless network", September 23-28 2002, 8<sup>th</sup> annual ACM international conference on mobile computing and networking (Westin Peachtree Plaza, Atlanta, Georgia, USA), pp 107-118.
- [4] D. Tang et M. baker, "Analysis of a local area wireless network", August 6-11 2000, 6<sup>th</sup> annual ACM international conference on mobile computing and networking (Boston, Massachusetts), pp 1-10.
- [5] D. Tang et M. baker, "Analysis of a metropolitan area wireless network", March-May 2002, Wireless Networks (Kluwer Academic Publishers), Vol. 8 (2-3), pp 107-120.
- [6] Matthew S. Gast, "802.11 Wireless Networks: the definitive guide", First Edition April 2002 (O'Reilly and associates Inc.), ISBN: 0-596-00183-5.
- [7] R. Gotzhein, P. Schaible, "Pattern-based development of communication systems", 1999, Annales Télécommunication N° 54.
- [8] R.L. Probert, H. Ural, A.W. Williams, "Rapid generation of functional tests using MSCs, SDL and TTCN", February 15 2001, Computer Communications (Elsevier) Vol. 24 No. 3-4, pp 374-393.
- [9] C. Bourhfir, E. Aboulhamid, F. Khendek, R. Dssouli, May 2001, "Test cases selection from SDL specifications", Journal of Computer Networks (Elsevier), Vol. 35, N°. 6, pp 693-708.
- [10] E. Persiali, "Insertion d'une politique de qualité de service au niveau MAC d'un protocole de réseau sans fils", 2003, Rapport de DEA, Centre de Recherches en Automatiques de Nancy, Université Henri Poincaré Nancy I.
- [11] Chiu, Dah-Ming, Jain, "Analysis of the Increase and Decrease Algorithms for Congestion Avoidance in Computer Networks", June 1989, Journal of Computer Networks and ISDN, vol. 17, N° 1, pp. 1-14.
- [12] Qiang Ni, L. Romdhani, T. Tureletti, "A survey of QoS enhancements for IEEE 802.11 wireless LAN", 2004, Journal of Wireless Communications and Mobile Computing (John Wiley and Sons Ltd), Vol. 4, Issue 5, pp



- 547-566.
- [13] C. R. Lin, M. Gerla, "Real time support in multihop wireless networks", March 1989, ACM/ Wireless Networks, Vol. 5, N° 2, pp 125-135.
- [14] IEEE 802.11 WG. ANSI/IEEE Std 802.11 : Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications : medium access control (MAC) Enhancements for service (QoS) IEEE 802.11/D2.0. 2001.
- [15] H. Velayos, V. Aleo, G. Karlsson, "Load balancing in overlapping wireless cells", June 20-24 2004, IEEE International Conference on Communications (Paris, France).
- [16] G. Bianchi, I. Tinnirello, "Improving Load Balancing mechanisms in Wireless Packet Networks", 28 April- 2 May 2002, IEEE International Conference on Communications (New York, USA), Vol. 2, pp 891-895.
- [17] A. Lindgren, A. Almquist, O. Schelen, "Evaluation of quality of service schemes for IEEE 802.11 wireless LANs", November 14-16 2001, 26<sup>th</sup> Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (Tampa, Florida, USA), pp 348-351.
- [18] S. Mangold, S. Choi, P. May, O. Klein, G. Hiertz, L. Stibor, "IEEE 802.11e wireless LAN for quality of service", February 2002, European Wireless (Florence, Italy), Vol. 1, pp 32-39.
- [19] D. Blinn, T. Henderson et D. Kotz, "Analysis of a Wi-Fi Hotspot Network", June 5 2005, the International Workshop on Wireless Traffic Measurements and Modelling (Seattle, WA, USA), pp1-6.
- [20] F. Guo, et Tzi-Cker Chiueh, "Scalable and Robust WLAN Connectivity Using Access Point Array", 28 June- 1 July 2005, International Conference on Dependable Systems and Networks (Yokohama, Japan), pp 288-297.
- [21] IEEE 802.11 WG, 2003. Draft Supplement to STANDARD FOR Telecommunications and Information Exchange Between Systems-LAN/MAN Specific Requirements - Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) specifications: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS), IEEE 802.11e/Draft 4.2.
- [22] IEEE Std. 802.11-1999, part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, Reference number ISO/IEC 8802-11:1999(E), IEEE Std. 802.11, 1999 edition, 1999.
- [23] H. Zhu, M. Li, I. Chlamtak et B. Prabhakaran, "A survey of quality of service in IEEE 802.11 networks", August 2004, IEEE Wireless communications, Vol. 11, No. 4, pp. 6-14.
- [24] W. Pattara-Atikom, P. Krishnamurthy, et S. Banerjee, "Distributed mechanisms for quality of service in wireless LAN", June 2003, IEEE wireless communications, Vol. 10, pp. 26-34
- [25] I. Papanikos, M. Logothetis, « A study on dynamic load balance for IEEE802.11b wireless LAN », proceedings of 8th international conference on advances in communication and control, COMCON8, Rethymna, Crete/Greece, June, 2001.
- [26] Shiann-Tsong Sheu, Chih-Chiang Wu, "Dynamic Load Balance Algorithm (DLBA) for IEEE 802.11 wireless LAN", Tamkang Journal of Science and Engineering, vol. 2, No. 1 pp. 45-52 (1999)
- [27] Heusse, M., F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, and A. Duda. "Performance anomaly of 802.11b". In Proceedings of. INFOCOM'03. IEEE, 2003.
- [28] Vasan, A., R. Ramjee, et T. Woo,(2005). ECHOS-Enhanced Capacity 802.11 Hotspots. In Proc. Of IEEE INFOCOM '05
- [29] Guo, F. et Tzi-Cker Chiueh. (2005). Scalable and Robust WLAN Connectivity Using Access Point Array. in Proc. of 2005 International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN 2005)