



**HAL**  
open science

## Impact de la Convergence Fixe-Mobile sur un réseau optique de collecte

Nora Izri, Jean-Michel Fourneau, Dana Marinca, Samir Tohmé

► **To cite this version:**

Nora Izri, Jean-Michel Fourneau, Dana Marinca, Samir Tohmé. Impact de la Convergence Fixe-Mobile sur un réseau optique de collecte. JDIR, Mar 2010, Sophia Antipolis, France. inria-00467940

**HAL Id: inria-00467940**

**<https://inria.hal.science/inria-00467940>**

Submitted on 29 Mar 2010

**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.

# Impact de la Convergence Fixe-Mobile sur un réseau optique de collecte

Nora IZRI, Jean-Michel FOURNEAU, Dana MARINCA, Samir TOHME

Laboratoire PRISM - UMR 8144

Université de Versailles St-Quentin en Yvelines

45, avenue des États-Unis

78035 Versailles, France

{noiz, jmf, dama, tohme}@prism.uvsq.fr

**Abstract**—La fibre optique est un élément incontournable dans les réseaux de recherche actuels, puisqu'elle permet de combiner l'allocation dynamique des ressources aux hauts débits offerts. Pour cela, nous présentons un anneau optique où l'on permet la garantie de QoS (Quality of Service) au niveau des sous-longueurs d'onde. L'architecture est basée sur un mécanisme de réservations centralisé au niveau du hub. Ce dernier a la fonctionnalité d'ordonnanceur vu qu'il définit l'ensemble des rectangles de réservations pour un noeud, appelé "pattern". Deux types de trafic peuvent circuler dans ce réseau : le trafic provenant des réseaux fixes et le trafic provenant des réseaux mobiles. Dans ce papier, un concept de convergence fixe-mobile (CFM) au niveau de la couche physique dans un réseau de collecte tout optique est décrit. Une analyse des scénarii de CFM proposés a été faite. Nous étudions également l'attente des paquets avant leur insertion sur l'anneau optique en utilisant des PDUs (Physical Data Unit) de taille fixe, ainsi que le taux d'utilisation du container optique PDU par les paquets clients IP, ATM ou GSM. Nos résultats montrent que la répartition des slots dans la fenêtre a un impact sur le temps d'attente des paquets clients. D'autres part, le partage des containers optiques entre les CoS (Class of Service) quel que soit le type de réseau, a un effet majeur sur leur taux d'utilisation.

## I. INTRODUCTION

La convergence Fixe-Mobile (CFM) doit permettre une fluidité et une transparence aux utilisateurs quel que soit l'accès : ADSL, Fibre, GSM, WiFi, 3G, WiMax,...[10]. Elle peut se situer sur différents niveaux : couche liaison de données, couche physique, couche applicative (service). Nous voulons aborder cette convergence au niveau de la couche physique dans un réseau de collecte tout optique selon deux approches : la première consiste à affecter des allocations différentes aux deux types de réseaux (fixe, mobile). La seconde approche permet d'affecter une même unité de transport aux deux types de réseaux en utilisant un partage du paquet optique (Un paquet optique va transporter des trafics mixtes; fixe et/ou mobile). Deux types de noeuds sont connectés à l'anneau optique : les noeuds de collecte qui permettent d'interconnecter les terminaux (utilisateurs finaux) au réseau d'accès, et le noeud hub qui est connecté à différents autres anneaux. Ce noeud a également pour rôle d'effectuer les réservations des ressources demandées par les noeuds de collecte (fonctionnalité de scheduling). L'utilisation des ressources dans ce réseau est optimisée pour transporter les différents trafics tout en minimisant le délai de bout en bout lors de l'acheminement

de ces trafics dans le réseau. Pour cela, nous utilisons un mécanisme d'allocation de slots centralisé au niveau du hub manipulant un concept de fenêtres temporelles. Ce mécanisme permet de minimiser le nombre de paquets de contrôles, d'avoir une vision de gestion de slots plus simple dans le cas d'un réseau multi anneaux, de minimiser le temps de décision pour une requête émise, et surtout de permettre une garantie de QoS. Chaque noeud de l'anneau ne peut transmettre ses paquets que dans ses slots alloués. La première partie de cet article consiste à donner quelques définitions des concepts utilisés lors de notre étude, et à présenter les architectures existantes de CFM au niveau de la couche applicative. La seconde section a comme objectif de décrire la modélisation de notre architecture et le mécanisme d'allocation utilisé. La dernière partie illustre les différents résultats de simulation obtenus pour chaque scénario de convergence fixe mobile.

## II. PROBLÉMATIQUE

La convergence fixe mobile peut se décliner de différentes manières dans un réseau; d'un point de vue mécanisme d'accès de l'utilisateur via des protocoles d'accès, d'allocation de ressources, etc, et/ou d'un point de vue de mutualisation d'infrastructure ou d'interfaces des systèmes de transmission [17]. Au niveau service, la technologie se situe du côté des couches supérieures, en prenant en considération les besoins des utilisateurs. On trouve comme services existants IMS, UNIK (offre d'Orange), TIPHON ([18], [8]), TWIN (offre de Neuf Cegetel),... L'IP Multimedia Subsystem (IMS) est une norme issue de l'univers des mobiles qui s'est rapidement étendue au monde fixe. Le principe de l'IMS est de permettre l'identification des sessions de communication, de les attribuer et de les contrôler en utilisant un accès à haut débit et une commutation de paquets IP [15]. L'IMS n'est pas basé sur un réseau unique, mais sur un certain nombre de réseaux qui interopèrent grâce à des accords d'itinérance IMS fixe-fixe, fixe-mobile, mobile-mobile. Il fournit un réseau IP multiservice (tout type de services délivrés par un réseau coeur supportant différents niveaux de QoS pourront être offert à l'utilisateur), multi-accès (tout réseau d'accès large bande, fixe et mobile pourra s'interfacer à l'IMS), sécurisé et fiable. Si l'on s'intéresse à l'offre UNIK on constate qu'Orange a adopté l'architecture UMA (Unlicensed Mobile Access), pour per-

mettre d'appeler de chez soi avec son mobile. Dès qu'UNIK détecte la présence du routeur Livebox, il s'y associe en WiFi et se relie à une passerelle centrale à travers un tunnel sécurisé. Le rôle de la passerelle est de s'interfacer entre la collecte ADSL et le réseau coeur GSM/GPRS. Vue du GSM, cette passerelle s'interconnecte comme un contrôleur de station de base (BSC) parmi d'autres et le domicile de l'utilisateur est traité comme une cellule parmi d'autres. Comme nous l'avons cité, la majorité des travaux de CFM existant touchent principalement la couche applicative. Il existe cependant des rares travaux de CFM au niveau physique : la collecte basée sur le réseau d'accès optique de type GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) [11], la technologie RoF (Radio over Fiber) [9]. La RoF est basée sur la transmission optique dans la fibre de signaux analogiques. Le signal radio module directement le composant électro-optique puis la transmission se fait soit sur une porteuse radio, soit sur une porteuse intermédiaire. Des produits industriels (par exemple ANDREW) sont utilisés par les opérateurs dans des zones privées comme les aéroports, gares, etc, pour couvrir un accès mobile.

**Contexte :** Nous proposons d'étudier deux approches de CFM au niveau physique (électronique) à travers un projet ANR nommé ECOFRAME. Nous considérons un anneau tout optique de collecte unidirectionnel slotté composé de  $N$  stations de collecte dont un hub, et  $W$  longueurs d'onde où la capacité d'une longueur est de 10 Gbps. Nous utilisons le principe de l'Optical Packet Switching (OPS) associé à la technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing), basé sur l'utilisation de multiples longueurs d'ondes [5]. L'architecture de ce réseau est basée sur des commutateurs spécifiques interconnectés à des commutateurs optiques appelés "Optical wavelength Cross Connect" (OXC) pouvant effectuer des reconfigurations dynamiques [16]. Ce réseau supportera un trafic fixe et mobile, puisque l'on va permettre à certaines stations sur l'anneau d'être reliées à des réseaux fixes et d'autres à des réseaux mobiles (UMTS, GPRS, WiMax,...), comme l'illustre la figure 1. De ce fait, une classification au niveau services utilisateurs ou applicatifs a été mise en oeuvre. Cette classification prend en considération les exigences de QoS des applications pour les différents flux du réseau. Nous

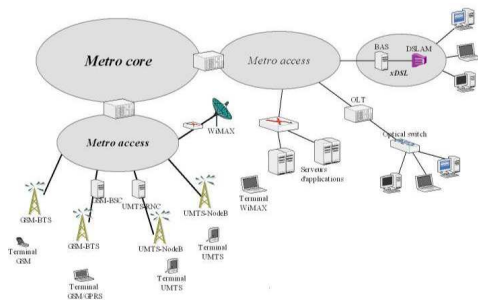


Fig. 1. Architecture du réseau

considérons trois classes de service en fonction des différentes applications pouvant circuler dans le réseau, tout en prenant en considération les exigences de QoS :

- TRI (Temps Réel Interactif) : les applications TRI sont caractérisées par un faible débit et une courte durée. Exemple les différentes applications voix. Ces applications doivent respecter des contraintes temporelles très strictes.
- TRS (Temps Réel Simple) : les applications TRS sont caractérisées par un gros débit et une longue durée. La variation de ces deux paramètres est perçue par l'utilisateur. Comme exemple les vidéo-conférences.
- NTR (Non Temps Réel) : cette catégorie regroupe les services qui n'exigent pas de contraintes temporelles. Elle transmet des flux tolérants avec des délais de transmission variables, comme exemple les transferts FTP, E-mail.

### III. DESCRIPTION DU MODÈLE DE TRAFIC

Nous modélisons notre système comme suit :

- une classe de service par file (une file d'attente par CoS)
- un processus poissonien d'arrivée des paquets clients SDU (Service Data Unit) dans la file
- une discipline de service FIFO dans chaque file d'attente
- une discipline de service entre files d'attente : priorité entre CoS. On suppose que l'utilisation de cette politique de service est possible car le mécanisme de contrôle d'admission va gérer l'acceptation des flux clients. La classe TRI étant la classe de haute priorité et NTR la classe de basse priorité.
- une capacité de stockage illimitée
- un service déterministe (on a exactement le même nombre de slots alloués dans toutes les fenêtres pendant la durée de simulation).

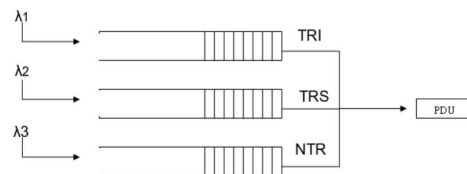


Fig. 2. Modèle de files d'attente

La figure 2 illustre le modèle de file d'attente se trouvant au niveau de chaque station de collecte du réseau.

#### A. Mécanisme d'allocation

Nous citons deux projets portant sur des anneaux tout optique : le projet FLAMINGO [6] qui portait sur la longueur du paquet optique, et le projet DAVID [7] qui utilise un concept de multianneaux slottés [1]. Des algorithmes centralisés et distribués ont été proposés pour la garantie de QoS dans le réseau [2]. Notre mécanisme de réservation des ressources utilisé est un mécanisme centralisé permettant l'attribution des slots disponibles à chaque noeud de l'anneau en satisfaisant des exigences : équité entre les noeuds (éviter d'avantager un noeud du réseau), assurer de façon continue une répartition des slots libres, et gestion des attributions des ressources en fonction des besoins en QoS exprimés par chaque noeud destinataire. Ce mécanisme offre une allocation statique en terme de dimensionnement, et une allocation

dynamique pour la garantie de QoS. Principe : étant donné un anneau monodirectionnel composé de  $N$  noeuds dont un hub, et  $W$  longueurs d'onde. Chaque noeud  $n$  a une capacité en écriture de  $e(n)$  longueurs d'onde et une capacité en lecture de  $l(n)$  longueurs d'onde. La fibre optique (la bande passante) est temporellement divisée en slots consécutifs. Cela revient à dire que chaque longueur d'onde est considérée comme étant une séquence circulaire de vecteurs de dimension 1 de slots. Grâce à ça, nous introduisons la notion de fenêtre temporelle. Une fenêtre est définie par un ensemble de slots successifs sur les différentes longueurs d'onde de l'anneau (l'axe horizontal représente les slots et l'axe vertical illustre les longueurs d'onde). Cet algorithme a été présenté et analysé dans [4] et dans [3]. Lorsqu'une station de collecte veut transmettre des données sur l'anneau, elle commence par transmettre une requête au hub en indiquant le nombre de slots nécessaire par fenêtre et le nombre de fenêtre correspondant à la durée de transmission. Le hub est chargé de trouver le nombre de slots demandés avec la meilleure représentation de celle ci dans la fenêtre, en essayant de la satisfaire tout en minimisant le nombre de refus sur les prochaines requêtes. *Cette réservation peut être sous forme d'un seul block d'allocation (rectangle) dans une fenêtre, tout comme elle peut correspondre à plusieurs block dans une fenêtre.*

La capacité d'un slot correspond à ce que peut transporter une longueur d'onde durant un slot temporel ( $10\mu s$ ).

### B. Hypothèses de simulation

- requête d'allocation de 40 slots entre une source et une destination sur l'anneau
- les tailles de paquets clients utilisées sont :
  - 46 octets : plus petite taille d'un paquet Ethernet
  - 53 octets : paquet ATM
  - 557 octets : taille moyenne d'un paquet Ethernet
  - 1500 octets : taille maximale d'un paquet Ethernet

Nous supposons qu'un tour d'anneau est nécessaire avant de commencer à générer les SDUs où 1 tour d'anneau = 2 fenêtres temporelles. Ce tour correspond à la requête d'allocations (Une fenêtre  $\Rightarrow$  communication noeud - hub), et à la réponse de la part du hub (la deuxième fenêtre  $\Rightarrow$  communication hub - noeud). Dans le cadre de cette étude, nous supposons qu'il n'y a pas de perte de paquets, puisque : la capacité de stockage de nos buffers est infinie (pas de perte de paquets clients), et que nous n'avons pas de mécanisme de préemption ni d'opportunisme (pas de perte de PDUs puisque les slots sont alloués).

### C. Paramètres de modélisation

Nous avons modélisé l'arrivée des paquets SDU par un processus de poisson pour chacune des files d'attente correspondant aux trois classes de service retenu, car nous sommes en présence d'un réseau de collecte où chaque station est reliée à des milliers de terminaux. On note  $\lambda_i$  l'intensité de trafic pour la file d'attente  $i$ . Nous configurons notre réseau avec : 33 % de trafic de classe TRI, 33 % de trafic de classe TRS et 33 % de trafic de classe NTR. Nous avons supposé qu'une

station de collecte génère 50 % de trafic mobile et 50 % de trafic fixe.

Soient:

- $p_i$  la probabilité d'aller à la file  $i$ ; avec  $i \in [1..3]$ . On note  $P$  : vecteur de probabilité des classes de service, avec  $p_i = 1/3; \forall i \in [1..3]$ ,
- $t_j$  taille du paquet  $j$ ; avec  $j \in [1..4]$ . On note  $T$  : vecteur des tailles de paquets clients où  $T[i]$ : taille du paquet  $i$  en octets; avec  $i \in [1..4]$ ,

$$T = ( 46 \ 53 \ 557 \ 1500 )$$

Nous posons que les tailles de paquets clients 46, 53 octets correspondent au trafic mobile, et que les tailles 557, 1500 octets correspondent au trafic fixe.

- $q_j^i$  la probabilité qu'un paquet  $t_j$  entre dans la file  $i$ ; avec  $i \in [1..3]$  et  $j \in [1..4]$ . On pose  $Q$  : matrice de probabilité des tailles de paquets clients,

$$Q = \begin{pmatrix} 0.25 & 0.25 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0.5 & 0.25 & 0.25 \\ 0 & 0.5 & 0.25 & 0.25 \end{pmatrix}$$

- $Tmean_i$  la taille moyenne d'un paquet dans la file  $i$ , avec  $Tmean_i = \sum_{j=1}^4 q_j^i \times t_j$ ,
- $sizeP$  taille d'une PDU ( $sizeP = 10^5 bit$ ),
- $NUMBER$  nombre de slots alloués dans une fenêtre ( $NUMBER = 40$ ),
- $\rho$  charge du réseau = débit généré/débit offert,
- $intenALL$  le taux total d'entrée, où  $intenALL = \rho \times NUMBER \times sizeP$

$$\lambda_i = (intenALL \times p_i) \div Tmean_i$$

L'inter-arrivée des paquets clients au niveau de chacune des files suit une loi exponentielle de paramètre  $\delta$  où  $\delta = 1/\lambda_i \forall i \in [1..3]$ , dont la fonction de densité s'écrit :  $f(t) = \delta e^{-\delta t}; \forall t \geq 0$ .

## IV. ÉTUDE DES DEUX APPROCHES DE CFM

Tout le trafic circulant dans le réseau est sous forme d'une succession de PDU. Chaque PDU a une taille fixe  $10^5 bit$ ; elle est constituée de  $K$  paquets clients au maximum. Au niveau de chaque noeud, on a un nombre  $W$  de fréquences qui va être partagé en 2 parties suivant les deux modes de connexions.

**Mode Transit (relais) :** Chaque PDU circulant sur une fréquence en transit sera relayée.  $T$  représente le nombre de fréquences dédiées pour ce mode.

**Mode Sortie (réception) :** Ce mode de connexion permet de transmettre des PDUs vers les couches supérieures. Les PDUs arrivant sur une longueur en mode "Out" voient leur contenu transmis à la couche supérieure en commutation de paquets en utilisant la matrice de commutation. Un nombre  $E$  de fréquences sera utilisé en sortie.

Une condition est à vérifier :  $T + E = W$ . Dans le cas où la PDU est en transit, alors elle est juste retransmise à sa destination sans traitement spécifique. Il est à noter que ces deux modes de connexions ne demandent pas de symétrie et sont affectés de façon statique.

Nous proposons deux approches différentes de CFM pour le partage au niveau électronique; un partage de la longueur d'onde entre le trafic fixe et mobile (création de PDUs distincts), ou un partage du container optique (création de PDUs mixtes), cités dans [12] et dans [13]. La figure 3 illustre les deux approches de convergence fixe-mobile que nous avons proposé.

**Paquet Distinct** : Un container optique va transporter des

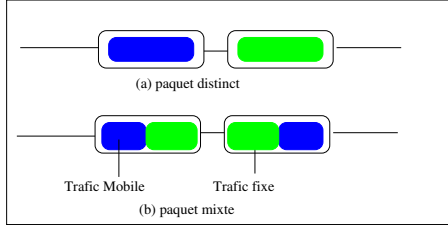


Fig. 3. Approches de convergence fixe-mobile

données venant d'un seul type de réseau (fixe seulement ou mobile seulement) sur la même longueur d'onde. On permet le mélange des trois classes de service dans une PDU à condition que les SDUs appartiennent au même type de réseau.

**Paquet Mixte** : Un container optique va transporter une agrégation de paquets clients venant des réseaux fixe et mobile (containers mixtes). Dans ce cas, le partage du container optique entre les deux types de trafic, fixe et mobile, peut être déterministe ou non déterministe. Nous utilisons des containers optiques mixtes permettant un partage non déterministe entre le trafic fixe et mobile, car nous considérons qu'une allocation statique de la bande passante peut induire une mauvaise utilisation de la capacité disponible. Comme exemple, si lors de certaines périodes de la journée, le trafic mobile est faible le taux de remplissage de la partie mobile dans le paquet optique devient infime, ce qui induit une perte de la bande passante. L'avantage de ce choix est le gain apporté par le multiplexage statistique; vu que la perte de la bande passante est potentiellement moins importante que dans le cas d'un partage déterministe. Le partage de la PDU entre le trafic fixe et le trafic mobile; est un partage dynamique qui est en fonction de la quantité de trafic entrante.

Le but de ce travail est d'évaluer les deux approches de convergence, et de décider laquelle des deux est la plus appropriée pour le type réseau utilisé. L'allocation des slots dans une fenêtre suite à une requête est défini par un Pattern.

#### A. Description des Patterns

Un pattern est une répartition des slots dans une fenêtre temporelle, effectuée par le hub (qui est considéré comme étant un scheduler). La taille de la fenêtre temporelle que nous avons considérée est de 100 slots équivalent à 1ms. Nous décrivons un pattern comme suit :  $\mathbf{a}(\mathbf{b}*\mathbf{c}+\mathbf{d}+\mathbf{e}*\mathbf{f}+\mathbf{g})$ ; où  $\mathbf{c}$  et  $\mathbf{f}$  représentent le nombre de longueurs d'onde actives (hauteur des rectangles alloués),  $\mathbf{b}$  et  $\mathbf{e}$  : correspond au nombre de slots successifs alloués (largeur des rectangles),  $\mathbf{d}$  et  $\mathbf{g}$  les offsets correspondant à la description des slots; et  $\mathbf{a}$  : facteur

de répétition. Dans le cadre du réseau étudié, la hauteur des rectangles alloués est égale à 1, car une station source ne peut émettre qu'une seule PDU durant un slot ( $c=f=1$ ). On note  $A_j^i$  le pattern  $j$  associé au scénario  $i$ ; avec  $i \in [1..2]$  et  $j \in [1..4]$ . Les différents patterns proposés sont cité dans le tableau I. *On remarque dans le tableau I que l'on a différentes représentations des 40 slots alloués dans la fenêtre, en fonction de la largeur du rectangle pris et de la répartition des slots non alloués (Il reste 60 slots libres sur les 100).*

TABLE I  
PATTERNS UTILISÉS

Pattern	Description
$A_1^1$	$1 \times (20 \times 1 \times \text{Mobile} + 20 \times 1 \times \text{Fixe} + 60 \times 0)$
$A_2^1$	$1 \times (20 \times 1 \times \text{Mobile} + 30 \times 0 + 20 \times 1 \times \text{Fixe} + 30 \times 0)$
$A_3^1$	$2 \times (10 \times 1 \times \text{Mobile} + 15 \times 0 + 10 \times 1 \times \text{Fixe} + 15 \times 0)$
$A_4^1$	$4 \times (5 \times 1 \times \text{Mobile} + 7 \times 0 + 5 \times 1 \times \text{Fixe} + 8 \times 0)$
$A_1^2$	$1 \times (40 \times 1 + 60 \times 0)$
$A_2^2$	$2 \times (20 \times 1 + 30 \times 0)$
$A_3^2$	$4 \times (10 \times 1 + 15 \times 0)$
$A_4^2$	$4 \times (5 \times 1 + 7 \times 0 + 5 \times 1 + 8 \times 0)$

#### B. Simulation du réseau

Pour permettre l'évaluation des différentes approches de CFM, un simulateur du réseau a été mis en oeuvre en utilisant OMNet++. OMNet++ est une architecture de simulation à événements discrets codé en C++ [19]. Nous utilisons un mécanisme d'Upgrade lors de la construction des PDUs pour les deux approches de CFM. Ce mécanisme offre une meilleure utilisation des PDUs car il permet un mélange entre les trois CoS dans la même PDU du moment où les paquets clients associés ont la même destination. La charge du réseau  $\rho$  utilisée pour nos simulations est de 0.75 pour un débit généré de 3 Gbps, et un débit offert de 4 Gbps. Nous notons  $f_{ij}^k$  la file d'attente  $i$  associée à la CoS  $j$  du scénario  $k$ ; avec  $i \in [1..2]$ ,  $j \in [1..3]$  et  $k \in [1..2]$ . L'indice  $i$  dans ce cas correspond au type de réseau (fixe ou mobile). Pour la première approche de CFM, nous considérons 6 files d'attente (deux par CoS) seulement. Les paquets générés seront transmis chacun de leurs côtés suivant le monde d'appartenance du trafic (fixe ou mobile) vers des longueurs d'ondes dédiées. En revanche pour la seconde approche, les paquets générés sont transmis à une unité qui est responsable de la construction des PDUs mixtes de taille  $K$  au maximum en faisant de l'encapsulation de paquets (un mélange entre les paquets du monde fixe et ceux du monde mobile est fait à ce niveau). Pour ce second cas, nous avons considéré deux approches. L'une utilisant les 6 files d'attente tout comme la première approche de CFM, et l'autre à 3 files seulement; avec une file par CoS en mélangeant les paquets fixe et mobile d'une même CoS. *Ce scénario 2 à 3 files est proposé en supposant que chaque station de collecte a la capacité de recevoir tous les types de paquets clients par CoS sur le même buffer.*

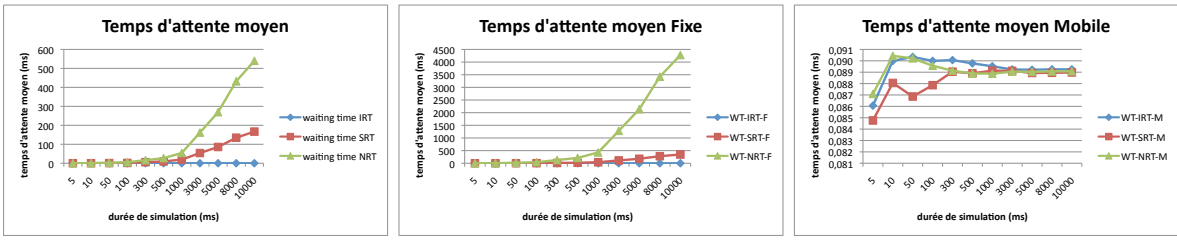


Fig. 4. Temps d'attente moyen - scénario 1 meilleur pattern  $A_4^1$

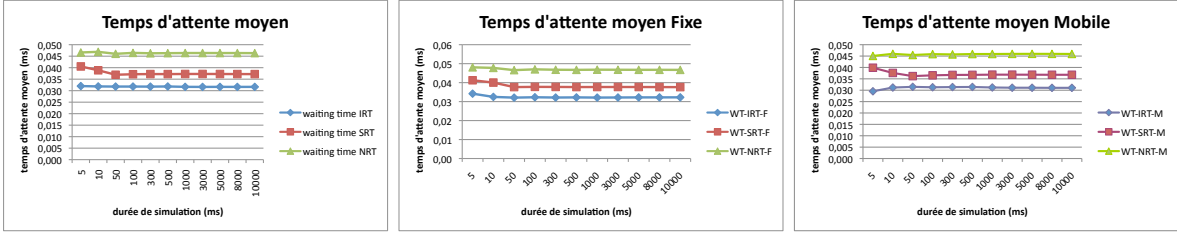


Fig. 5. Temps d'attente moyen - scénario 2 avec 6 files meilleur pattern  $A_4^2$

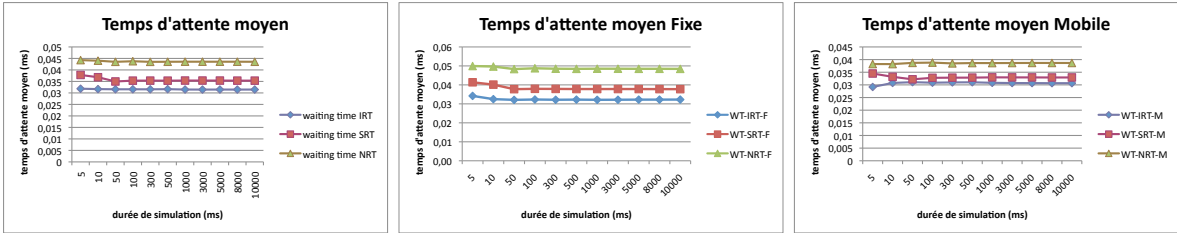


Fig. 6. Temps d'attente moyen - scénario 2 avec 3 files meilleur pattern  $A_4^2$

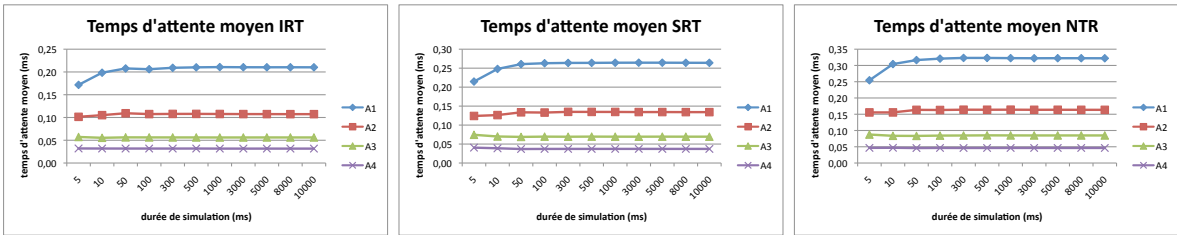


Fig. 7. Temps d'attente moyen par CoS - scénario 2 avec 3 files

### C. Résultats

1) *Temps d'attente moyen des SDUs:* Les figures 4, 5 et 6 illustrent (de gauche à droite) l'évolution du temps d'attente moyen des paquets clients quel que soit la CoS, des paquets fixe et mobile pour le meilleur pattern associé aux scénarii 1 ( $A_4^1$ ), 2 avec 6 files d'attente ( $A_4^2$ ), et au scénario 2 avec 3 files ( $A_4^2$ ) respectivement. Pour le premier scénario, la figure 4 montre que les paquets clients fixes de type NTR attendent en moyenne 4500 ms comparativement aux paquets clients mobile de la même CoS qui attendent en moyenne seulement 0.089 ms. En revanche pour le scénario 2, les figures 5 et 6 montrent qu'en moyenne un paquet client de type NTR fixe attend 0.048 ms, or qu'un paquet mobile de même CoS attend 0.045 ms. La figure 7 montre l'évolution du temps d'attente moyen pour les trois classes de service en utilisant

les différents patterns proposés pour le scénario 2 avec 3 files d'attente. On constate clairement que les paquets clients mobile attendent moins longtemps que les paquets fixe vu leur priorité. Nous remarquons d'après les différents résultats de simulation obtenus que les temps d'attente augmentent avec la variation des patterns quel que soit le scénario de CFM utilisé, et que le concept de priorité des CoS est bien utilisé vu que les paquets de type NTR sont les paquets qui attendent le plus. Ce résultat a été démontré par simulation dans [14] et dans [4]. La figure 4 montre bien que la première approche de CFM n'offre pas de bon résultats en terme de temps d'attente, même si le pattern  $A_4^1$  est le mieux. Les résultats montrent que les paquets clients fixe attendent longtemps. En revanche, les résultats de simulation obtenus pour le scénario 2 en comparant les figures 5 et 6, montrent que les performances du système

sont meilleurs en utilisant 3 files d'attente (les paquets clients attendent moins longtemps).

2) *Taux d'occupation moyen des PDUs*: Les résultats obtenus avec le meilleur pattern de chaque scénario de CFM montrent que les taux d'occupation moyen des PDUs pour le scénario 2 avec 6 files et celui avec 3 files sont quasiment identiques. En revanche, il y a une différence visible entre les résultats obtenus avec le scénario 1 (meilleur pattern  $A_1^1$ ) et ceux du scénario 2 (meilleur pattern  $A_2^1$ ). Vu que l'on observe en moyenne un taux de remplissage de 55% de la capacité d'une PDU en utilisant le premier scénario de CFM alors que l'on peut offrir en moyenne 75% de taux de remplissage en utilisant le second scénario.

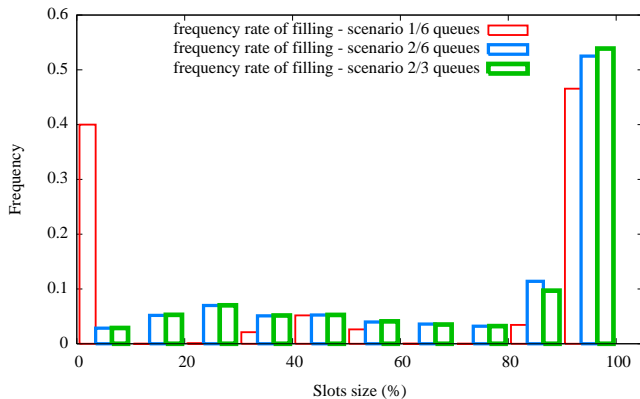


Fig. 8. Distribution des taux de remplissage PDU

La figure 8 illustre les taux d'utilisation des PDUs pour les différents scénarii étudiés en prenant le meilleur pattern associé avec une durée de simulation de 10s. On constate que la variance du premier scénario se voit clairement à travers les résultats, attendu qu'en moyenne 46% des PDUs sont bien remplis, et 40% sont quasi-vides. Pour le scénario 2 avec 6 files ou 3 files, on remarque que l'on a en moyenne 52% des PDUs qui sont bien remplis et moins de 5% qui sont quasi-vides.

## V. CONCLUSION

L'étude de convergence fixe-mobile porte sur l'analyse des techniques de convergence basée sur des protocoles au niveau de la couche MAC ou de la couche physique. Nous avons considéré que sur chaque station de collecte nous pouvons avoir deux types de trafic : du trafic provenant des réseaux fixes et du trafic provenant des réseaux mobiles. Deux scénarii principaux ont été étudiés en fonction de la manière dont une longueur d'onde est utilisée pour le transport du trafic fixe et/ou du trafic mobile. Les objectifs de cette étude étaient d'une part d'analyser les deux approches de CFM sur un réseau tout optique de collecte; et d'autre part de tenter de minimiser le temps d'attente des paquets clients (SDUs) par CoS tout en maximisant le taux d'utilisation des PDUs. Suite aux résultats de simulation obtenus, nous avons pu conclure que la répartition des slots dans la fenêtre temporelle (description du pattern) a un impact important sur l'évolution

de chaque file d'attente (estimation des temps d'attente) et sur le taux de remplissage des PDUs (utilisation des slots alloués). D'autre part, le fait de mélanger les paquets clients fixe avec ceux du mobile des trois classes de service permet d'améliorer les performances du réseau (surtout en terme de temps d'attente moyen). Ce qui nous a permis de conclure par simulation que la seconde approche de CFM utilisant 3 files était plus adéquate dans notre étude. Dans le futur; nous voudrions effectuer une étude analytique pour prouver nos résultats de simulation et obtenir une description formelle du meilleur pattern (pattern optimal au sens de répartition dans la fenêtre temporelle).

## REFERENCES

- [1] D. Barth, J. Cohen, and al., *Wavelengths assignment on a ring all-optical metropolitan area network*, in In 3rd Workshop on Approximation and Randomization Algorithms in Communication Networks - ARACNE 2002, Rome, Italy, 2002.
- [2] D. Barth, J. Cohen, L. Gastal, T. Mautor, and S. Rousseau, *Algorithmic study of complexity of two quality-of-service packet models in an optical slotted ring network*, Journal of Optical Networks, vol. 5, 2006.
- [3] D. Barth, C. Cadéré, D. Verchère, and S. Vial, *Graph embedding to allocate network resources for service composition*, in submitted, 2010.
- [4] C. Cadéré, N. Izri, D. Barth, J.M. Fourneau and al., *Virtual circuit allocation with QoS guarantees in the ECOFRAME optical ring*, 14th International Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM), 2010.
- [5] D. Chiaroni, *Optical packet add/drop multiplexers for packet ring networks*, in invited paper at the 34th European Conference and Exhibition on Optical Communication (ECOC), 2008.
- [6] D. Dey, A. Van Bochove, A. Koonen, G. D., and M. Salvador, *FLAMINGO: A packet-switched IP-over-WDM all-optical MAN*, in 27th European Conference on Optical Communications, ECOC 2001, B. Verbeek and P. D. prof.dr.ir., Eds., vol. 3. IEEE, 2001. [Online]. Available: <http://doc.utwente.nl/36148/>
- [7] L. Dittmann, C. Develder, D. Chiaroni, and al., *The european IST project DAVID: A viable approach toward optical packet switching*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 7, no. 21, 2003.
- [8] *ETSI draft Standard DTS/TIPHON 00003 draft version 010*.
- [9] X.N. Fernando, *Radio over fiber in multimedia access networks*, ACM AccessNets'06: proceedings of the 1st International Conference on Access Networks, 2006.
- [10] F.H.P. Fitzek, R. Sheahan, and al., *Fixed/mobile convergence from the user perspective for new generation of broadband communication systems*, CICT (2<sup>nd</sup> International Conference of the Information and Communication Technologies), 2005.
- [11] ITU GPON G.984: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>
- [12] N. Izri, D. Marinca, P. Chanclou, and S. Tohmé, *Convergence fixe mobile dans un réseaux tout optique*, rapport technique. Alcatel-Lucent Bell Labs, France. 2008.
- [13] N. Izri, D. Marinca, P. Chanclou, and S. Tohmé, *Comparaison des scénarii sur la convergence fixe mobile*, rapport technique. Alcatel-Lucent Bell Labs, France. 2009.
- [14] N. Izri, J.M. Fourneau, D. Barth and al., *Impact of scheduler on waiting time to access an optical ring*, PS2009: International Conference on Photonics in Switching, 2009.
- [15] M. Poikselka, G. Mayer, H. Khartabil, and A. Niemi, *The IMS IP Multimedia Concepts and Services*, John Wiley and Sons LTD, 2nd Edition, 2007.
- [16] R. Ramaswami, and K.N. Sivarajan, *Optical networks, A practical perspective*, Morgab Kaufman Publishers, 1998.
- [17] G. Shen, R.S. Tucker, and C.J. Chae, *Fixed mobile convergence architecture for Broadband access: integration of EPON and Wimax*, IEEE Communications Magazine, 2007.
- [18] TIPHON website: [http://portal.etsi.org/Portal\\_Common/home.asp](http://portal.etsi.org/Portal_Common/home.asp)
- [19] A. Varga and R. Hornig, *An overview of the OMNET++ simulation environment*, in Proceedings of the 1st International Conference on Simulation Tools and Techniques for Communications, Networks and Systems & Workshops, Marseille, France. ICST, 2008.