

---

**AGREGATION DES BANDES PASSANTES DES RESEAUX DES  
TELECOMMUNICATIONS DE LA RDC**

**Kitengie Mundala Freddy<sup>1\*</sup>**

<sup>1\*</sup>Enseignant Permanent à l'Institut, Supérieur de Commerce d'Uvira (ISC). Au département d'informatique, Spécialiste en Réseaux Informatiques, Et Télécommunications. E-mail : [freddykitengie@yahoo.fr](mailto:freddykitengie@yahoo.fr), WhatsApp : +(243)841011388

*\*Corresponding Author:*

---

**REMERCIEMENTS**

Gloire et honneur à Dieu le père tout-puissant pour ce don de vie qu'il nous a donné et qu'il continue à nous donner. Sous sa protection et sa grâce nous continuons à avancer et à réaliser nos rêves. Seigneur, merci.

Mes remerciements vont tout droit aux personnes ci-après :

- A mon épouse NSIMIRE PASCALINE, pour son soutien moral et conseils divers,
- Au Professeur Jean Marie MUSHAGALUSA, pour ses orientations et observations pour l'aboutissement de cet article,
- Au Master Denis LUHURI, pour les encouragements,
- Aux parents, amis et connaissances.

A tous ceux que nous aurions oublié de citer, recevez à travers ces quelques mots l'expression de notre profonde gratitude. Nous vous portons au cœur.

**SIGLES ET ABREVIATIONS**

RDC: République Démocratique du Congo

WAN: Wide Area Network

IP: Internet Protocol

VPN: Virtual Private Network

MLPPP: Multilink Point-to-Point Protocol

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

SDSL: Symmetric Digital Subscriber Line

LAN: Local Area Network

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

VSAT: Very Small Aperture Terminal

TV: Television

MBPS : Mégabits par Seconde

VoIP: Voice Over Internet Protocol

**ABSTRACT**

WAN technology allows the interconnection of distant company sites for the exchange of information. So the internet connection here in DRC is a headache for many people. This difficulty is due to unexpected interruptions and slowness when sending or downloading a file. Reason why we thought of writing this article in order to arouse the curiosity of scientists in general, particularly that of computer scientists, on a study of optimization of telecommunications networks in our country DRC. This optimization will focus on aggregating the bandwidths of several internet access providers installed in our country and especially the companies that use cellular technology (Airtel, Orage, Vodacom). This aggregation will allow us to have a redundant internet connection. That is to say, as we usually use two SIM cards in the same Mobile Station, we can also have the possibility of connecting both SIM cards to internet and therefore avoid network unavailability.

## INTRODUCTION

Aujourd'hui, l'utilisation de la technologie pour développer et renforcer notre capacité de communication arrive à un tournant. La généralisation de l'utilisation d'Internet à l'échelle mondiale s'est opérée plus vite que quiconque aurait pu l'imaginer. L'évolution rapide de ce réseau mondial induit un bouleversement des interactions sociales, commerciales, politiques et même personnelles. L'étape suivante de notre développement verra les novateurs se servir d'Internet comme un tremplin pour créer de nouveaux produits et services spécialement conçus pour exploiter les capacités des réseaux. Alors que les développeurs repoussent les limites de ce qu'ils sont capables d'accomplir, les capacités des réseaux interconnectés qui forment Internet sont appelées à jouer un rôle croissant dans le succès de ce projet.

En effet, la technologie que nous utilisons actuellement en RD Congo pour nous connecter sur l'internet est beaucoup plus cellulaire. Cette dernière connaît très souvent des coupures intempestives, des lenteurs dues à la qualité des bandes passantes par rapports à des applications très gourmandes en débits, comparativement à d'autres technologies WAN robustes mais très onéreuses. Vu également le nombre d'abonnés par réseau, la qualité de service rendue par les compagnies de télécommunications, l'instabilité que connaît tous ces réseaux actuellement qui, beaucoup de fois découragent les consommateurs de service. L'idée derrière cet article est de chercher comment rendre la connexion internet non seulement permanente, mais aussi avoir une bande passante suffisante pour une bonne fluidité de données. Nous avons pensé à l'agrégation des toutes les bandes passantes des connexions internet des compagnies téléphoniques de la RD Congo, à savoir, Orange, Airtel et Vodacom.

## PRESENTATION DE LA SOLUTION RETENUE

### II.1. L'agrégation IP

#### II.1.1. Généralités

L'agrégation de lignes internet consiste à combiner, fusionner, plusieurs lignes Internet (Orange, Airtel, Vodacom, Africel) pour obtenir un accès à Internet plus rapide et plus fiable. Tout d'abord, en standard, ce sont jusqu'à quatre lignes que vous pouvez agréger sans passer par un pare-feu ou un autre équipement compliqué à configurer. Ensuite l'agrégation peut être comparée à une fusion des accès Internet. Le résultat peut être comparé à une autoroute ou un tunnel à plusieurs voies, ce qui implique une résilience très forte. En effet, si une voie du tunnel est coupée ce n'est pas grave, le tunnel sera toujours ouvert et vous aurez toujours accès à internet, vous ne vous rendez pas compte qu'un de vos accès à internet ne fonctionne plus.

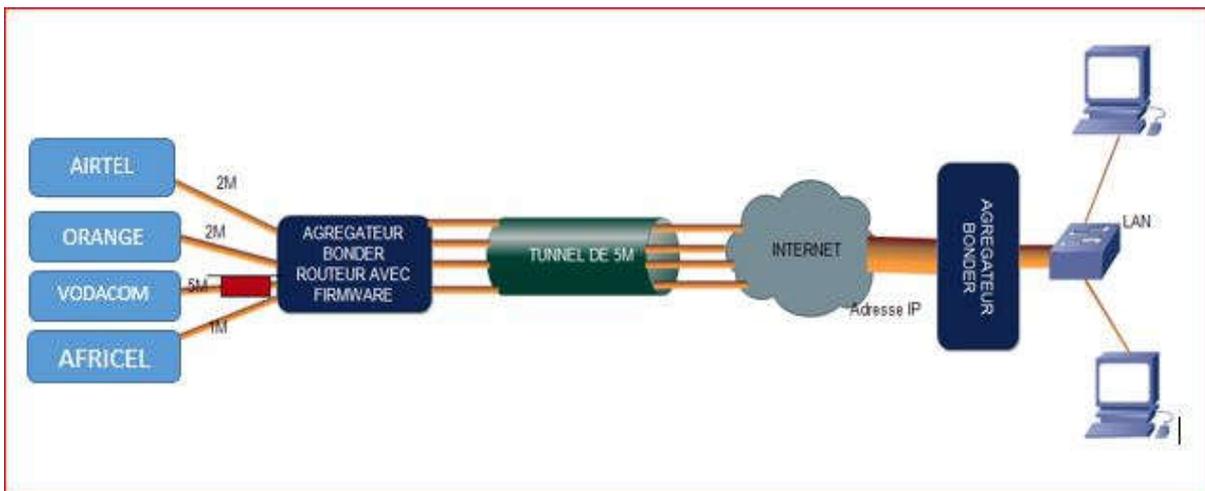


Figure 15: La résilience de l'agrégation IP/Source : Logiciel Edraw

Nous ne changerons pas d'adresse IP et en conséquence, nous ne perdrons pas les connexions vers les sites sécurisés, les tunnels VPN resteront ouverts, les logiciels de télémaintenance ne nécessiteront pas l'ouverture de nouvelles sessions et enfin les télétravailleurs continueront de travailler sans coupure. Ce ne sont là que des exemples sur les conséquences bénéfiques de la forte résilience de l'agrégation mais vous en trouverez sûrement d'autres comme les communications téléphoniques sur IP (Skype, VoIP) ou vos sauvegardes en lignes qui ne seront pas coupées. Enfin, L'agrégation Internet apporte en plus une fonction importante : l'augmentation de votre bande passante (vitesse d'accès à internet) qui correspond pratiquement à la somme des vitesses des lignes Internet disponibles.

#### II.1.2. Avantages offerts par l'agrégation IP

L'avantage premier est que le tunnel possède une bande passante (vitesse d'accès à internet) qui correspond pratiquement à la somme des lignes Internet disponibles. Comparé à la technologie du LOAD-BALACING (souvent utilisée pour les HotSpots) qui répartit le trafic sur plusieurs petits accès, en s'exposant à des blocages avec de gros fichiers, l'agrégation de connexion internet fait passer tout le Traffic sur un accès plus rapide; il ne s'agit plus de faire passer des poids-lourds au mieux sur de petites routes mais de les faire passer sur une autoroute.

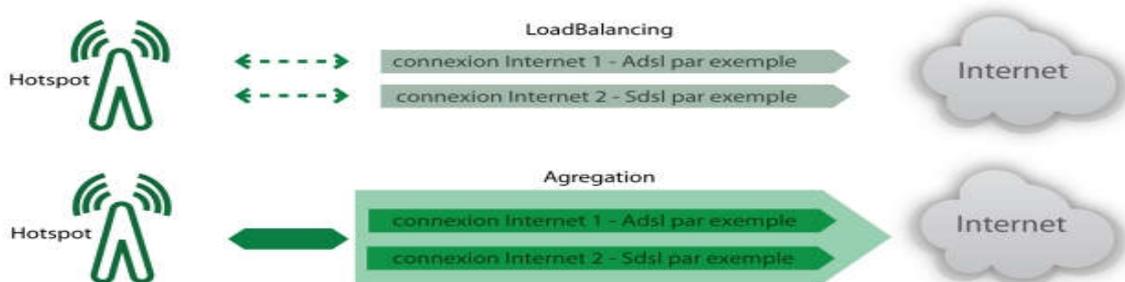


Figure 16 : Différence entre load-balancing et agrégation IP/Source : Internet

L'agrégation fonctionne dans les deux sens (montant et descendant), accélérant les envois de mails.

Autres avantages de l'agrégation de liens internet :

- les utilisateurs naviguent avec une seule adresse IP attribuée automatiquement par le Routeur d'agrégation.
- Elle apporte en plus une fonction importante : la résilience.

En effet, comme un tunnel à plusieurs voies est créé, même si une voie est coupée, le tunnel sera toujours ouvert au trafic.

L'accès à internet sera toujours disponible même si l'une de connexion ne fonctionne plus. Seul le fournisseur de service constatera la panne à partir de son serveur (serveur d'agrégation).

D'autres avantages de l'agrégation de liens internet comme :

- Le service opère sur la couche IP, avantage majeur sur les protocoles MLPPP ;
- La disponibilité du réseau n'importe où, sans nouvelle infrastructure ;
- La rapidité de transfert, allant jusqu'à 4x plus rapide que des routeurs standards ;
- Le moindre coût et la facilité à être déployé et d'être extensible ;
- L'agrégation des lignes de différentes technologies et de différents Fournisseurs d'accès à Internet.

### II.1.3. Principe de fonctionnement

L'agrégation de lignes internet consiste à réunir plusieurs petites routes pour en faire une autoroute. On obtient ainsi un accès Internet dont la vitesse est pratiquement la somme des vitesses disponibles, augmentant ainsi la vitesse de la navigation et la bande passante.



Figure 17 : Fonctionnement de l'agrégation IP/Source : Internet

Le principe de fonctionnement général est simple, il s'agit de créer un tunnel entre le réseau local et Internet. Ce tunnel comprend plusieurs voies - en standard jusqu'à quatre et au maximum dix - chacune des voies étant une ligne ADSL ou une ligne SDSL ou tout autre ligne Internet. Ceci est transparent, le tunnel étant ouvert entre le routeur de l'agrégateur. Dans le routeur, on fournit, le Firmware (logiciel) d'agrégation déjà installé. Une fois configuré, le service est activé et le routeur collabore sur le réseau local (LAN) pour gérer le flux de données sur les multiples connexions Internet. Le routeur d'agrégation a le protocole DHCP intégré qui distribue les adresses automatiquement pour les connexions.

Plusieurs routeurs sont proposés, du grand public au professionnel ; il en faut un par ligne Internet à agréger. Le même logiciel est utilisé pour agréger aussi bien les lignes lentes que les lignes rapides, seul le routeur change. Le Modem ADSL standard supporte actuellement 18Mbps de vitesse agrégée, tandis que le Power routeur de l'agrégation supporte jusqu'à 80Mbps de bande passante. Le logiciel hébergé sur le serveur d'agrégation combine les flux de données provenant de vos multiples liaisons Internet en rajoutant un temps de latence minimale. Vous pouvez utiliser le serveur d'agrégation d'un tiers ou bien installer le vôtre. Les paquets sont envoyés/retournés en utilisant une seule adresse IP ce qui fait que si une ligne ne fonctionne plus la connexion internet ne sera pas coupée. Dans ce cas, la seule conséquence pour le client sera une réduction de la bande passante jusqu'à ce que la ligne réfectionne.



Figure 18 : Réduction de la bande passante dans l'agrégation IP/Source : Internet

Les lignes Internet de chaque fournisseur d'accès Internet sont automatiquement testées par le serveur d'agrégation afin d'adapter dynamiquement le flux des données à la vitesse de chacune des lignes Internet. Ainsi chaque ligne Internet est utilisée pour délivrer une performance maximale. Le logiciel d'agrégation prend en charge la majorité des applications et des protocoles réseaux. Le service est facile à utiliser. Il est basé sur le transfert des paquets pour assurer la compatibilité. Comme l'agrégation intervient sur la couche IP des différents fournisseurs d'accès Internet, des infrastructures différentes peuvent être utilisés. Cette technique améliore significativement la résilience.

## **II.2. Comparaison avec d'autres technologies**

### **II.2.1. Load-balancing et Agrégation**

Quelle est la différence entre le Load-Balancing et l'agrégation ? L'agrégation est-elle meilleure que le Load-Balancing ?

#### **❖ Load-Balancing**

Le Load balancing, qui est généralement utilisé dans les routeurs DUAL-WAN du commerce permet de répartir le trafic vers internet sur les deux accès internet disponibles. Cela limite le risque qu'un bouchon se produise. Par exemple les utilisateurs qui surfent sur internet utiliseront le premier accès, tandis que les mails transiteront par le deuxième accès Internet.

La vitesse d'accès à Internet n'est donc pas augmentée, les débits des connexions internet n'est pas additionné, si plusieurs utilisateurs envoient des photos en même temps, il y aura un bouchon.

Une comparaison pour vous faire comprendre le rôle du LOAD-BALANCING serait de dire que le routeur DUAL-WAN répartit le trafic routier sur les deux petites routes disponibles, quand un poids lourd se présente (une vidéo par exemple) cela provoque un bouchon.

Il faut aussi savoir que le load-balancing ne fonctionne qu'en direction de Internet, si un télétravailleur se connecte à votre réseau local avec un VPN par ADSL par exemple, il utilisera le premier ou le second accès à Internet et sa vitesse d'accès à votre réseau local sera donc limitée, le Load-Balancing n'apporte aucun avantage dans ce cas.

#### **❖ Agrégation de lignes Internet**

Cette technique agrège en standard, jusqu'à quatre lignes internet de fournisseurs de services sans passer par un dispositif de sécurité plus grand ou un autre équipement complexe. L'agrégation peut être comparée à une fusion des accès Internet. Le résultat peut être comparé à une autoroute ou un tunnel à plusieurs voies.

Le premier avantage est que le tunnel possède une bande passante qui correspond pratiquement à la somme des lignes Internet disponibles. Cette fois ci il ne s'agit plus de faire passer des charges lourdes au mieux sur de petites routes mais de les faire passer sur une route très large. L'agrégation de lignes Internet fonctionne dans les deux sens (upload et download) c'est à dire que le télétravailleur qui se connecte à votre société aura un accès à votre réseau local dont la vitesse sera pratiquement la somme des vitesses de vos accès à Internet. Il apporte en plus une fonction importante : la résilience qui est une tolérance aux pannes.

### **II.2.2. Internet par satellite et Agrégation**

Les VSAT créent un WAN privé tout en offrant de la connectivité pour les emplacements distants, dans des Zones où d'autres technologies ne peuvent être installées. L'instabilité de la connexion Internet par satellite est due à 2 facteurs :

- ❖ Le signal satellite est sensible aux perturbations électriques, ce qui fait que la performance n'est pas toujours au rendez-vous grâce à de nombreux obstacles (La pluie, la poussière).
- ❖ Le signal satellite est un signal visuel (l'antenne regarde le satellite), c'est à dire que la qualité de votre connexion internet va varier selon la météo. La parabole offre une prise au vent sensible qui la fait bouger par mistral et qui perturbe la réception, comme avec la TV par satellite quand on a un écran pleins de carrés (pixels)

L'internet par satellite peut être perçu comme une solution pour les personnes dont les débits internet sont faibles. Dans ce cas on peut légitimement se poser la question : Internet par satellite ou plusieurs lignes ADSL agrégées?

#### **Internet par Satellite**

##### **❖ Installation**

L'installation de la parabole et du câblage est le premier obstacle de l'internet par satellite. L'installation de cette technologie demande un personnel qualifié et expérimenté.

##### **❖ Temps de réponse**

Les données doivent passer par un satellite qui se trouve à environ 35 000 km, il est normal que la réactivité en soit affecté (Ping). Malheureusement ce temps de latence a des effets concrets, outre la patience qu'il nécessite. En fait tous les services sensibles au temps, tous les services « en-direct » posent problème car vous êtes décalés par rapport aux autres utilisateurs. La navigation Internet elle-même est affectée par le même problème.

##### **❖ Couverture**

L'internet par satellite est disponible pratiquement dans des zones parfois desservies par aucun autre type d'accès à Internet.

Agrégation de lignes Internet

##### **❖ Installation**

L'installation est très simple, vous branchez les modems sur les prises téléphonique.

#### ❖ Temps de réponse

Avec la technologie d'agrégation de lignes internet, le temps de réponse est quasi identique au temps de réponses habituels sur l'ADSL, soit dix fois plus rapide que l'internet par satellite; vous pouvez surfer et jouer sur internet sans restriction aucune.

#### ❖ Stabilité de la connexion Internet

Comme l'agrégation de lignes internet fusionne plusieurs lignes dans un tunnel, la connexion est très stable; en effet comme dans un tunnel autoroutier à plusieurs voies, si une voie est fermée, le Traffic peut toujours passer sur les autres voies. Pour un usage professionnel (télétravailleur, et autres) qui requiert l'utilisation d'un accès à distance (VPN), l'agrégation est la seule solution fiable.

#### ❖ Couverture

Cette technique peut être déployé partout où il y a des différents fournisseurs de service. N'oubliez pas que si nous agrégeons deux ADSL dont le débit est de 600kbps par exemple nous obtiendrons un débit de 1.2Mbps ce qui permet déjà de travailler dans de bonnes conditions.

#### ❖ Conclusion

Internet par satellite est une solution complémentaire à l'agrégation de lignes internet. Par contre l'Internet par satellite est à privilégier pour un usage non professionnel ou quand aucune autre solution n'est disponible.

### II.2.3. SDSL et Agrégation de lignes internet

La technique d'agrégation de lignes Internet a pour but d'ajouter les lignes disponibles pour plus de vitesse et de fiabilité, ce que ne font pas les Fournisseurs d'accès internet qui proposent du couplage. Cette technique peut fusionner plusieurs lignes SDSL et ADSL pour une bonne performance du réseau. En fusionnant plusieurs lignes ADSL on obtient une connexion Internet aussi rapide que la somme des lignes en Download et Upload. Grâce à la forte résilience du système d'agrégation qui est fiable, on peut résoudre le point faible du SDSL : la vitesse descendante (Download). Un professionnel qui fusionne sa ligne SDSL 2Mbps avec un abonnement ADSL 20Mbps aura un accès Internet professionnel et rapide.

### II.2.4. comparaison de l'agrégation IP avec d'autres technologies

Tableau 2 : Comparaison de l'agrégation avec d'autres technologies /source : logiciel Edraw

Technologies et Fonctionnalités	L'agrégation de lignes Internet	Load-balancing	Internet par satellite	SDSL
La stabilité de la liaison	Très Bonne	Bonne	Instable	Bonne
Mise en oeuvre	Simple	Complexe	Complexe	Complexe
Addition des débits et des bandes passantes	Oui	Non	Non	Non
La résilience	Oui	Oui	Non	Non
La vitesse de navigation	Très bonne	Bonne	Mauvaise	Bonne

## Conclusion

Une technologie WAN permet l'interconnexion des sites lointains des entreprises pour l'échange d'informations. Ainsi la connexion internet chez nous en RDC est un casse-tête pour beaucoup de gens. Cette difficulté est due à des coupures intempestives et la lenteur lors de l'envoi ou du téléchargement d'un fichier. Raison pour laquelle nous écrivons cet article afin d'éveiller la curiosité des scientifiques en général, particulièrement celle des informaticiens, sur une étude d'optimisation des réseaux de télécommunication dans le pays. Cette optimisation va s'atteler sur l'agrégation des bandes passantes des plusieurs fournisseurs d'accès internet installés dans notre pays la RDC. Pour se faire, nous avons passé en revue sur d'autres possibilité d'utiliser différentes technologies WAN, en les comparants avec l'agrégation, afin de ressortir celle qui est meilleure. C'est donc pour répondre aux besoins des congolaises et congolais que nous avons pensé à rédiger cet article. Je suis sûr que nous ne sommes pas peut être le premier à réfléchir sur l'agrégation des lignes internet.

## WEBOGRAPHIE

1. <http://www.frameip.com/vpn/>
2. <http://www.multiplied.net/why-multiplied/technology-comparison>
3. <http://www.agregation-internet.fr/utilisation/>
4. <http://www.internetparsatellite.net/index.php>
5. <https://wayenborgh.fr/lagregation-de-bande-passante-concept-fonctionnement-et-application-dans-le-secteur-audiovisuel/> (L'agrégation de bande passante : Concept, fonctionnement et application dans le secteur de audiovisuel) de WAYEN BORGH.
6. <https://nutaq.com/fr/lte-agregation-porteuse-avancee-definition-avantages-et-scenarios-ca/> (LTE- Agrégation de porteuses avancée – Définition, avantages et scénarios)
7. [huawei.com/entreprise/fr/vue-d-ensemble-de-l-agregation-d-operateurs-dans-lte-et-5g/thread/http://www.agregation-internet.fr/technologie/](http://www.huawei.com/entreprise/fr/vue-d-ensemble-de-l-agregation-d-operateurs-dans-lte-et-5g/thread/http://www.agregation-internet.fr/technologie/)
8. <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/technologies-de-l-information-th9/cryptographie-authentification-protocoles-de-securite-vpn> ;
9. <https://ascentoptics.com/blog/fr/understanding-switch-aggregation-a-comprehensive-guide/>