

## Modélisation et simulation d'un réseau d'interconnexion à fibre optique et ses applications

*Henri KISOKI MBUNGA*

Doctorant en Sciences Appliquées, Université Pédagogique Nationale, RD Congo

---

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The modeling of an interconnecting network with optical fiber aimed to be represented by taking into account some phenomena (characters, forecasting, etc) with the help of mathematical equations or formula.

In general way, the simulation of the later enables us to create a virtual laboratory with the help of Matrix Laboratory Software (Matlab) with the possibility of doing the tests at cheaper cost for the benefit of considerable time in relationship with the implementation of macroscopic trial at laboratory.

**KEYWORDS:** Modeling, simulation, network, interconnection and optical fiber.

**RESUME:** La modélisation d'un réseau d'interconnexion à fibre optique avait pour but sa représentation en tenant compte de certains phénomènes (caractères, prédiction, ...) à l'aide des équations ou formules mathématiques. D'une manière générale, la simulation de cet dernier nous a permis à créer un laboratoire virtuel à l'aide de logiciel "Matrix laboratory"(Matlab) avec la possibilité de faire des tests à faible coût pour un gain de temps considérable par rapport à la réalisation des essais macroscopiques au laboratoire.

**MOTS-CLEFS:** Modélisation, Simulation, Réseau, interconnexion et fibre optique.

### 1 INTRODUCTION

Nous savons nous tous qu'à l'heure actuelle, l'homme cherche toujours à s'interconnecter à n'importe quel coin du monde à temps réel à l'aide d'un canal de transmission approprié.

Dans cet article, nous avons jugé utile à modéliser et à simuler un réseau d'interconnexion avec utilisation de la fibre optique comme un canal de transmission pour échanges des données à haut débit sans perte considérable. Cela, aura pour applications en Télémédecine, Télé-éducation, interconnexion des bibliothèques virtuelles et de recherche, interconnexion des services de la migration et de la police, etc. surtout dans les pays en voie du développement qui accusent un retard remarquable dans l'évolution technologique moderne.

### 2 METHODES ET MATERIELS

Pour rédiger cet article, la démarche méthodologique a consisté à la recherche des méthodes et techniques efficaces à la récolte et analyse de données qui nous ont aidées à donner un modèle mathématique d'un réseau d'interconnexion à fibre optique. Pour la phase expérimentale, les variables discrètes et continues nous ont servies à interpréter nos résultats à partir du logiciel Matrix Laboratory (Matlab). Nous avons aussi échangé avec les experts dans le domaine de réseau et de la liaison par la fibre optique en vue de consolider nos connaissances scientifiques sur la revue de la littérature.

### 3 RESEAU D'INTERCONNEXION A FIBRE OPTIQUE

#### 3.1 INTERCONNEXION À TEMPS RÉEL

Dans un système de télécommunication, le fonctionnement correct dépend du temps où un résultat est produit avec exactitude à la réception afin d'éviter des effets psychologiques.

#### 3.2 MÉTHODES D'ACCÈS DANS UN RÉSEAU D'INTERCONNEXION À FIBRE OPTIQUE

Pour accéder aux données à échanger, les méthodes suivantes sont utilisées, à savoir :

- Accès multiple à répartition fréquentielle (FDMA) ;
- Accès multiple à répartition temporelle (TDMA) ;
- Accès multiple à répartition par code (CDMA).

Ces méthodes ne seront pas détaillées dans notre article pour ne pas s'écarter de l'objectif majeur assigné. Que d'autres chercheurs s'y penchent.

#### 3.3 ARCHITECTURE D'INTERCONNEXION PAR FIBRE OPTIQUE

L'architecture d'interconnexion par fibre optique dépend de la topologie utilisée. C'est ainsi, on de la topologie en bus comme nous montre la figure 1 ci-dessous.

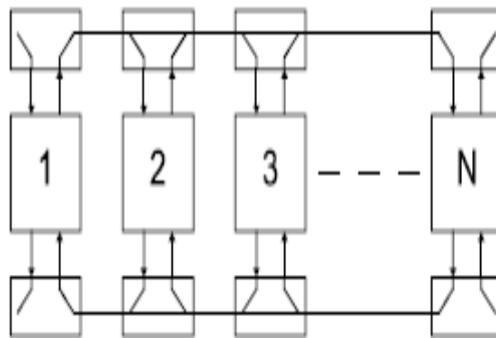


Fig. 1. Topologie en bus

La figure 2 nous illustre la topologie en étoile.

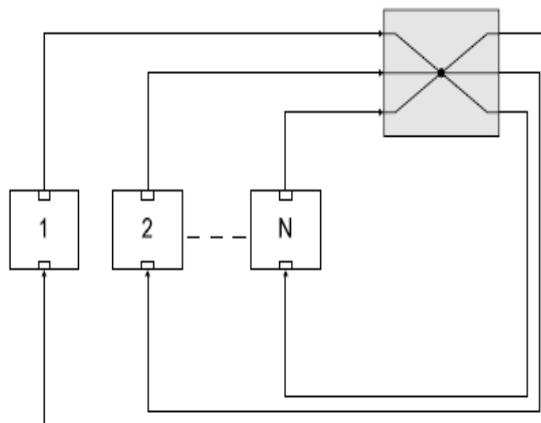


Fig. 2. Topologie en étoile

Enfin, la topologie anneau est indiquée par la figure 3 de la manière suivante :

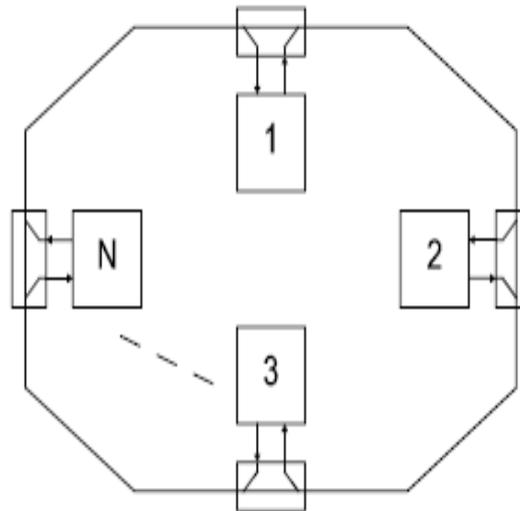


Fig. 3. Topologie en anneau

#### 3.4 MODÉLISATION D'UN RÉSEAU D'INTERCONNEXION À FIBRE OPTIQUE

Pour modéliser notre réseau, nous devons d'abord savoir contrôler les flux d'informations de façon optimale dans le but d'éviter tout engorgement et à présenter aux clients (users, usagers) un service de bonne qualité sans reproche. Pour ce faire, nous aurons à utiliser les éléments naturels afin de gérer les paquets qui seront transités à travers les nœuds. Cela sera rendu possible grâce à l'algorithme de transmission (Tableau).

Tableau 1. Notations pour le modèle mathématique

NOTATIONS	SIGNIFICATIONS
K	Nombre des nœuds dans le réseau
I	Nombre des canaux (en fonction de $\lambda$ dans le réseau)
S	Désignation des nœuds
O	Largeur de bande pour chaque nœud (canal)
P	Longueur d'onde du slot
A	Total des slots
U	Nombre de paquets correctement envoyé
$\mu$	Durée d'informations dans un nœud

L'algorithme de transmission s'écrira comme nous montre la relation (1).

$$V_{ij} = ((i - 1) \bmod K) + 1 \quad (1)$$

Pour  $i = j$ :  $1 \leq i \leq (K - 1) K$  ;

Pour  $i \neq j$ :  $1 \leq j \leq K$

Ou  $V_{ij}$  indique l'information transmise du nœud  $i$  vers le nœud  $j$ .

La priorité du demandeur sera déterminée par la relation (2).

$$X_{ij} = ((i - 1) \operatorname{div} K + j) \bmod K + 1 \quad (2)$$

Algorithme d'information (des paquets) à la réception est donné par la relation (3):

$$T = \begin{cases} -1 - j : \text{faible priorité de réception} \\ 0 : \text{pas de réception dans le slot} \\ 1 + j : \text{priorité élevée de réception} \\ 1 : \text{moyenne réception} \end{cases} \quad (3)$$

Comme chaque message provient du nœud  $S_i$

let  $S_i = -1 - j$  : Information sur quelle queue le sous message provient dans le slot ;

if  $X_{ij} = 1$  : Slot n'est pas de priorité élevée pour le demandeur ;

if  $\sum_{n=1}^{\infty} X_n > 1$  : Priorité élevée de réception de slot à travers le nœud ;

if  $\sum_{n=1}^{\infty} X_n = 1$  : Priorité élevée pour un seul destinataire de slot à travers le nœud ;

if  $\sum_{n=1}^{\infty} X_n < 1$  : Faible priorité de réception de slot.

Pour le slot de commande, nous avons la relation (4) :

$$y = \begin{cases} -1 - j : \text{meilleur effort du nœud } j \text{ à recevoir} \\ -1 : \text{meilleur effort de transmission} \\ 0 : \text{pas de transmission dans le slot} \\ 1 : \text{garantie de transmission} \\ 1 + j : \text{garantie de commande des paquets au } j \end{cases} \quad (4)$$

Au cours de la transmission, on peut avoir le slot de réservation pour augmenter la largeur de la bande garantie. Le maximum de slots / unité de temps est donné par la relation (5).

$$K(K - 2) = I(I - 2) \quad (5)$$

Après toute transformation mathématique, la relation (5) s'écrit comme l'indique la relation (6) de la manière suivante :

$$K^2 - I^2 - 2(K - I) = 0 \quad (6)$$

Slot de réservation :

Il est déterminé par la relation (7).

$$1 \leq i \leq K; \text{ et } K^2 - K + 1 \leq i \leq K^2 \quad (7)$$

Temps d'accès au nœud :

$$\tau_{ij} = (K + 1) K P + \mu \quad (8)$$

Où  $\tau_{ij}$  implique le temps d'accès des données du nœud  $i$  vers le nœud  $j$ .

## 4 SIMULATION DE NOTRE RESEAU

### 4.1 DONNÉES À SIMULER

La simulation a été faite à partir des données ci-dessous :

- Durée d'informations dans un nœud ( $\mu = \gamma$ ) ;
- Envoie des données entre le premier et le second nœud avec  $\gamma = 1s$ ;
- Débit de trafic variant entre 100 à 400 Gbits/s ;
- Longueur du message définie selon le processus de Poisson.

### 4.2 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

La figure 4 nous montre le temps d'accès en fonction des nœuds. Cela, détermine aussi la performance du réseau d'interconnexion en temps réel.

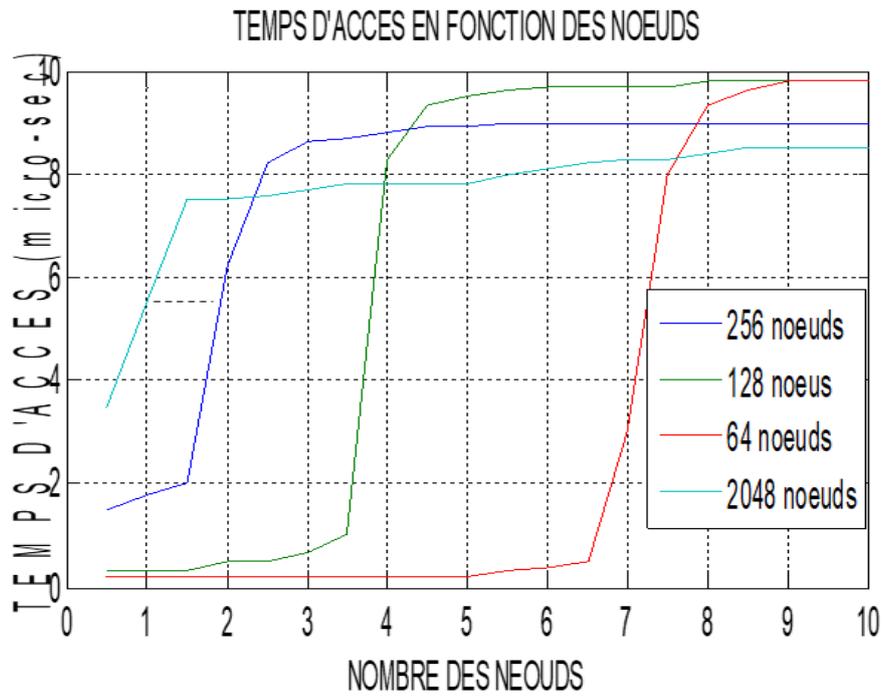


Fig. 4. Performance du réseau à temps réel

La figure 5 nous indique le pourcentage des lignes inoccupées en fonction de rapport des paquets générés.

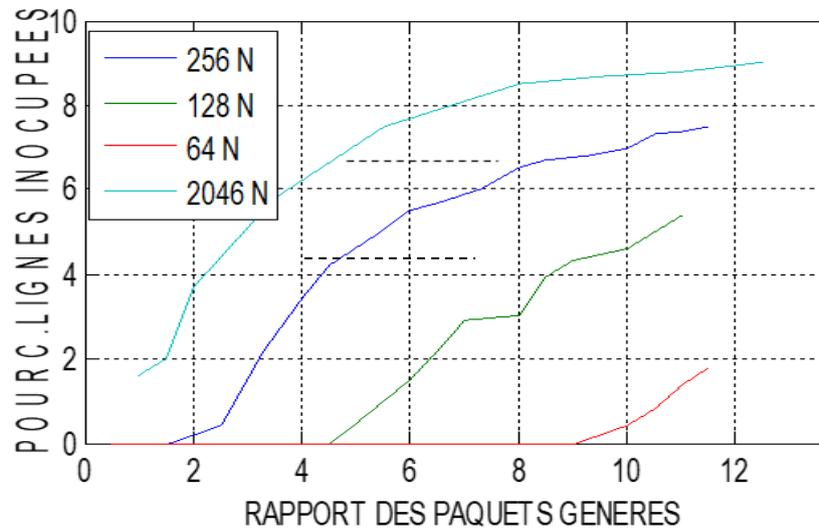


Fig. 5. Pourcentage des lignes inoccupées en fonction des paquets générés.

La figure 6 détermine le temps moyen d'accès en fonction des paquets générés.

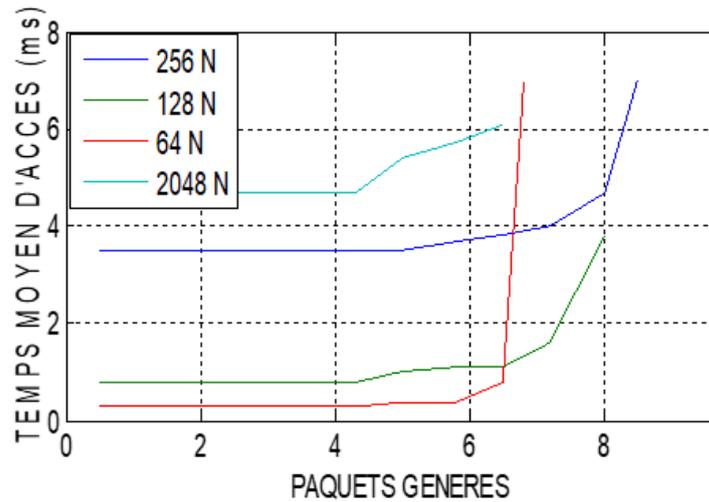


Fig. 6. Temps moyen d'accès en fonction des paquets générés

Nous constatons que le temps de transferts aux nœuds est très négligeable et le réseau d'interconnexion à fibre optique gère un volume important des données de l'ordre de plus de Tbits (figure 7).

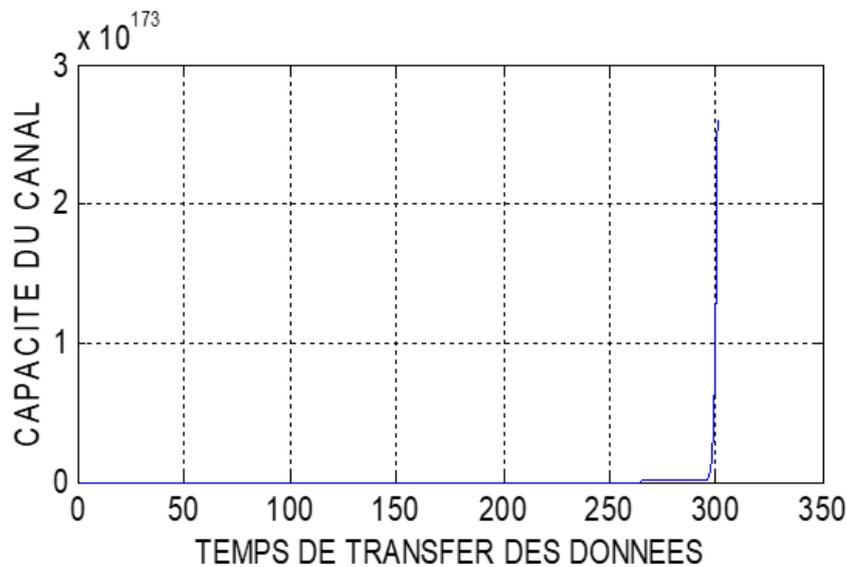


Fig. 7. Capacité du canal en fonction du temps de transfert des données

## 5 DISCUSSION

Le modèle de Magnus Jonsson dans sa thèse présenté 32 nœuds pour l'interconnexion dans un réseau. Dans notre étude, la discussion s'est focalisée autour de nombre de nœuds à interconnecter dans un réseau d'interconnexion à fibre optique. Nos résultats montrent qu'on peut aller au delà de 2 048 nœuds, pourquoi pas une infinité de nœuds car nous sommes à l'heure de la mondialisation (cfr figure 4 ci-dessus).

## 6 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons modélisé et simulé un système de transport des données par fibre optique à travers une infinité de nœuds en temps réel (par comparaison avec d'autres chercheurs) pour la longueur de bande allant de 100 à 400 Gbits. Notre petite contribution nous a permis à s'interconnecter en n'importe quel coin du monde car c'est la mondialisation en ayant comme applications en télé médecine, télé éducation, interconnexion des bibliothèques virtuelles et de recherche,

interconnexion des services de la migration et de la police,... dans les pays en voie du développement qui souffrent d'un retard majeur dans l'évolution technologique moderne.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons en premier lieu de remercier le Dieu tout puissant pour le souffle de vie qu'il nous accorde sans effort. Nous remercions particulièrement les Professeurs Léonard KABEYA et Simon KIDIAMBOKO de l'Institut Supérieur de Techniques Appliquées (I.S.T.A) et le Professeur Joseph CIMBELA de l'Université Pédagogique Nationale (U.P.N) tous à Kinshasa pour leur encouragement et encadrement dans nos recherches scientifiques. Enfin, à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la production de cet article, trouvent ici le sentiment de notre profond amour.

## REFERENCES

- [1] Abdallah Jarray,(2010), *Planification et dimensionnement des réseaux optiques de longues distances*, Thèse, Université de Montréal, Faculté des arts et des Sciences.
- [2] Agarwal A., Bianchini R., Chaiken D., K. L. Johnson, D. Kranz, J.Kubiatowicz, B.-H. Lim, K. Mackenzie, and D. Yeung,(2010), *the Fiber interconnection*, nov.2011. Abdallah Jarray, *Planification et dimensionnement des réseaux optiques de longues distances*, Thèse, Université de Montréal, Faculté des arts et des Sciences.
- [3] Agarwal A., Limits on interconnection network performance, *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol.2, no. 4, Oct. 1991.
- [4] Arnould A., Arnould, F. J., Bitz, E. C. Cooper, H. T. Kung, R. D. Sansom, and P. A. Steenkiste, *The design of Nectar: a network backplane for heterogeneous multicomputers*,(2009), *Proc; ASPLOS-III*, Boston, MA.
- [5] ASTRH (Association pour la télémédecine en Rhône-Alpes),(2003),*Télesanté*, Revue, Paris.
- [6] Barbé P. et Michel Ledoux,(2007), *Probabilité*, EDP Sciences.
- [7] BATTUD,(1999),*Télécommunication : Principe, infrastructure et service*, Dunod, Paris.
- [8] Bichler A., *Modélisation et simulation de la propagation optique dans une F.O multi mode précontrainte. Conception de capteurs à F.O à modulation d'intensité dédiés à la mesure de températures et d'étirements*, Thèse, Ecole Doctorale Mathématique, Sciences de l'information et de l'Ingénieur, Septembre 2011
- [9] François de COULON,(1984), *théorie et traitement des signaux*, Dunod..
- [10] Gagliardi M., Karp R. and Karp S., *Optical Communications*, John Wiley & Sons, Inc., 1995, ISBN 0-471-54287-3.
- [11] Geniet A., *ordonnancement temps réel*,(2003), proc. Ecole d'été Temps réel, Toulouse.
- [12] Hwang, Briggs K. and Briggs F., *Computer Architecture and Parallel Processing*, McGraw-Hill, Inc., 1985, ISBN 0-07-031556-6.
- [13] Kazovsky L. G., Fong T., and Hofmeister T., *Optical local area network technologies*, *IEEE Communications Magazine*, vol. 32, no. 12, Dec. 2013.
- [14] Keiser G., *Optical Fiber Communications*, McGraw-Hill, Inc., 1991, ISBN 0-07-100785-7.
- [15] Magnus Jonsson, High Performance Fiber optic interconnexion Networks for Real time computers systems, Thèse, University of Technology , 1999 ,Sweden.
- [16] Raghavendra C.and Varma A., *Interconnection Networks for Multiprocessors and Multicomputers : Theory and Pracrice*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, 1994, ISBN 0-8186-4972-2.
- [17] Rocht T., *Time division multiplexing: systems and networks*, *IEEE Communications Magazine*, no. 12, Dec. 1994.