

Analyse et modélisation de la performance des réseaux IP/WDM : Cas de MTN, Cameroun

Moussang Gaétan Arnaud¹, Tonye Emmanuel²

^{1&2} (Département de Génie Electrique et de Télécommunications ; Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé ; Université de Yaoundé I, CAMEROUN)

Résumé : Ce travail a été réalisé dans le but de modéliser la performance des réseaux de transport optiques. Ces derniers sont généralement constitués d'un empilement de plusieurs couches. Ceci est le cas du réseau de transport de MTN Cameroun, le modèle du réseau de transport implémenté par cette entreprise est le suivant : IP/SDH/WDM. Les services demandant assez de ressources en bande passante tels que la vidéo à la demande, vidéo sur IP nécessitent de la Qualité de Service. Alors l'objectif visé est de se passer de la couche SDH et de montrer les performances d'un réseau IP/WDM en montrant la performance du routage et l'affectation de longueur d'onde (RWA). Nous utilisons deux méthodes de programmation : méthode de la programmation linéaire en nombre entier et la méthode des algorithmes génétiques. Le langage de programmation utilisé est MATLAB et les résultats que nous obtenons pour la programmation linéaire sont moins satisfaisants car le temps de calcul est grand et de plus certaines requêtes n'aboutissent pas contrairement à la méthode des algorithmes génétiques où toutes les requêtes arrivent à destination. Mais malgré cela nous notre simulation présente des limites car le groupage du trafic n'a pas été pris en compte et ceci fait l'objet de notre perspective.

Mots clés: Wavelength Division Multiplexing, Routing and Wavelength Assignment.

I. Introduction Generale

Le transport des données à haut débit et de manière fiable dans les réseaux optiques est un des défis les plus importants des opérateurs de télécommunications. Alors afin d'avoir une qualité de service efficace et un moindre coût dans la mise en place d'un réseau, il faut le dimensionner de manière à satisfaire la topologie virtuelle. A cela nous mettons des algorithmes qui permettront d'effectuer un meilleur routage et affectation de longueur d'onde. Il est nécessaire de mettre en place un réseau de transport fiable et adaptatif en fonction du trafic qui circule à chaque nœud. Les résultats obtenus lors du routage et l'affectation de longueurs d'ondes sont analysés en suite nous décidons si les différentes topologies satisfont les topologies virtuelles. Pour mener à bien notre étude, dans l'Etat de l'art, nous présentons les différents articles qui ont déjà résolu certains problèmes du RWA, dans la formulation du RWA nous donnons une approche de résolution du problème, dans la Description fonctionnelle de certains blocs des organigrammes nous expliquons concrètement comment ces programmes fonctionnent et enfin dans la partie résultats et commentaires nous d'interprétons les résultats obtenus puis concluons.

II. Etat De L'art Sur Le Routage Et L'affectation De Longueur D'onde

Une large gamme de méthodes d'optimisation sur le routage et l'affectation de longueur d'onde a été employée dans les réseaux optiques. Nous présenterons quelques revues des différents auteurs :

Dans [1], le problème du RWA statique est aussi bien qu'un problème d'optimisation à un seul objectif que multi-objectif dans le réseau optique et de résoudre d'une manière nouvelle en utilisant les algorithmes évolutionnaires. Une approche est basée sur le k chemin le plus court pour chaque paire source-destination. Une fonction spéciale de coût basée sur la fréquence d'apparition d'une arête à des différents chemins source-destination est utilisée pour évaluer l'aptitude d'un chromosome. Un point m croisé est utilisé pour maintenir la diversité dans l'espace de solution. L'affectation de longueurs d'onde de chemins optiques dans les plus aptes individus est réalisée en utilisant une technique spéciale graph-coloration. Ils comparent les résultats obtenus pour un seul objectif avec ceux obtenus par les heuristiques connus comme l'algorithme First-Fit. Puis l'optimisation multi-objectif, ils introduisent un objectif supplémentaire qui est le retard moyen de transmission de données dans l'ensemble du réseau pour un nombre donné de paires source destination.

Ainsi, ils essaient de minimiser simultanément le nombre de longueurs d'onde (sous la contrainte du nombre total de longueurs d'onde dans le réseau) et le délai moyen en utilisant un algorithme évolutionnaire multi-objectif pour obtenir l'ensemble représentant de solutions Pareto-optimales qui représentent les chemins optimaux pour toutes paires SD en respectant les deux objectifs. Les algorithmes génétiques sont comparés à un recuit simulé (simulated annealing) pour l'optimisation de la conception topologique d'un réseau et il est constaté que l'algorithme génétique donne de meilleures performances que le recuit simulé.

La formalisation du routage et l'affectation de longueur d'onde à un seul objectif possède un seul point fort car elle optimise une seule fonction objective le nombre total de longueur d'onde ce qui montre sa faiblesse par rapport à la formalisation multi-objective qui par contre a deux points forts, optimiser deux fonctions objectives qui sont la minimisation du délai entre une paire source destination et le nombre total de longueur d'onde à utiliser dans le réseau.

Dans [3], on fait une revue sur les articles publiés sur le problème du RWA proposant des méta-heuristiques dans la conception générale d'une topologie d'un réseau maillé minimisant le coût du réseau. Les auteurs dans [4,5] ont formulé le problème du RWA dans les réseaux optiques comme un problème d'optimisation à un seul objectif et le résoudre en utilisant un algorithme évolutionnaire. Des approches basées sur le chemin k le plus court pour chaque paire source destination étaient utilisées pour initialiser la population. Une fonction coût spéciale basée sur la fréquence d'apparition de chaque arête dans différents chemins source destination était utilisée pour évaluer la fonction de convenance d'un chromosome. Un point m de croisement est utilisé pour maintenir la différence dans l'espace de solution. La longueur d'onde est appliquée aux chemins aux individus les plus convenants en utilisant une technique de coloration de graphe.

D. Bisbal et d'autres auteurs dans [4] utilise un algorithme génétique pour effectuer le RWA dynamique dans les réseaux optiques et route les longueurs d'ondes sans convertisseurs de celles-ci. Contrôlant l'évolution des paramètres de l'algorithme génétique, ces auteurs ont aussi développé une extension de leur algorithme proposé avec le but d'assurer la protection des chemins optiques dans la couche optique. L'inconvénient principal de leur méthode est qu'ils ont considéré la longueur de la route comme seul paramètre pour définir la fonction de convenance.

Par ailleurs d'autres auteurs [4,5] ont proposé une amélioration de l'algorithme génétique pour résoudre le problème du RWA dynamique. Pour obtenir une charge équilibrée parmi les individus, ils ont formulé une nouvelle fonction de convenance qui simultanément implique la longueur du chemin, le nombre de longueur d'onde disponible et la capacité de conversion de longueur d'onde dans l'évaluation de la route. Ils ont obtenu une probabilité de blocage plus faible que celle de l'algorithme génétique proposé [4].

Plusieurs algorithmes qui recherchent le plus court chemin dans un graphe ont été implémentés, et parmi ceux-ci deux ont pu tirer notre attention il s'agit de l'algorithme de Dijkstra et l'algorithme de Bellman-Ford. Dans [2] on compare ces deux algorithmes en fonction de la croissance des nœuds dans le graphe, l'élément qui nous intéresse est le temps de calcul pour trouver le plus court chemin et l'algorithme de Dijkstra nous donne le meilleur résultat lorsque le nombre de nœuds est grand.

III. Formulation Du Routage Et L'affectation De Longueur D'onde

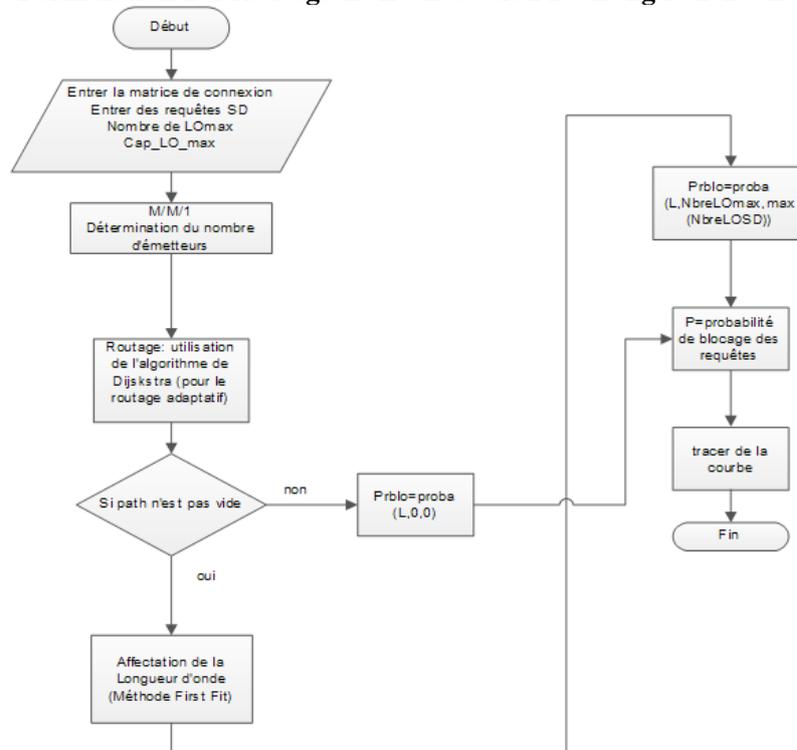


Figure 1 : Méthode de la programmation linéaire à nombre entier
Organigramme de l'algorithme linéaire

Algorithme linéaire

1. La topologie physique de la matrice du graphe $G = (V, E)$; V est l'ensemble des sommets et E l'ensemble des arrêts
 2. Le nombre de longueur d'onde maximal $NbreCmax$;
 3. La taille des requêtes, choisir les types de requêtes (S_D) statique ou aléatoire ;
 4. La capacité d'une longueur d'onde Cap_LO ;
 5. Hypothèses : l'inter arrivés des paquets au nœud source s suit une distribution de poisson et la durée de services des paquets suit loi exponentielle, selon le modèle $M/M/1$.
 6. Si la longueur du chemin est différent de 0 et le chemin n'est pas vide, étape 7.
 7. Si les longueurs d'ondes utilisée sont égale au nombre de longueurs d'ondes max, suppression du chemin étape 8, sinon étape 9.
 8. Routage : utilisation d'un algorithme de routage du plus court chemin
 9. Si le chemin n'est pas vide, formation du trafic SD
 - Affectation de longueur d'onde
 - Affectation du trafic d'erlang, L
 - Détermination du nombre de canaux sur le lien S_D
 - Calcul de la probabilité de blocage, $Prblo = Proba_bloc(L, NbreCmax, \max(Nbre_LU_SD))$ étape 10.
 10. Tracer de la courbe $Prblo$ en fonction des requêtes.
- FIN

La formule de la probabilité de blocage est de: $P(L, C) = \frac{L^C / C!}{\sum_{k=0}^C L^k / k!}$

L : le trafic est erlang

C : le nombre de canaux disponibles

K : le nombre de canaux utilisés sur un lien

IV. Méthode De L'algorithme Génétique

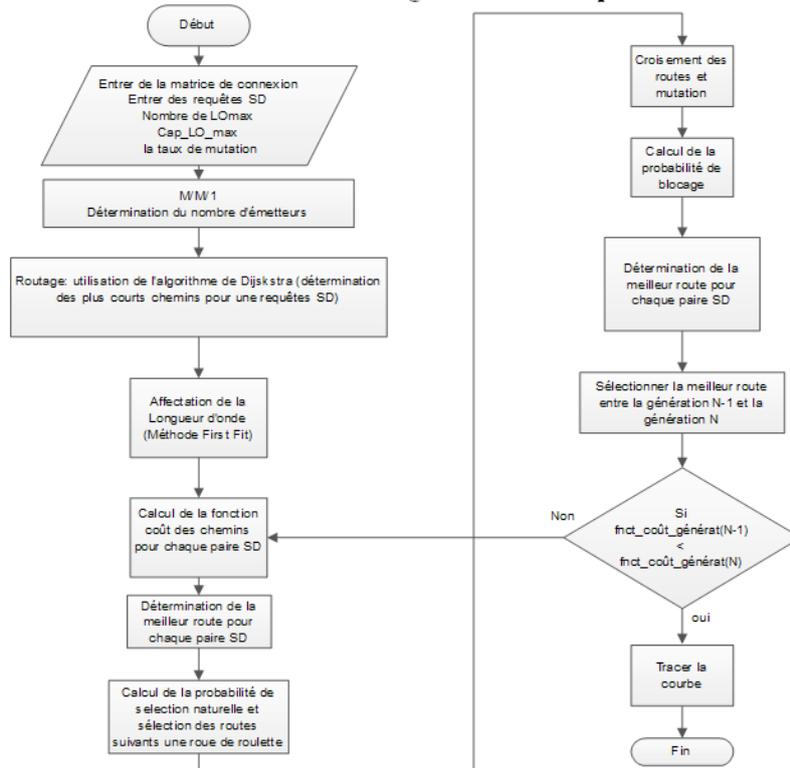


Figure 2: Organigramme de l'algorithme génétique

Algorithme génétique

1. La topologie physique de la matrice du graphe $G = (V, E)$; V est l'ensemble des sommets et E l'ensemble des arrêts
2. Le nombre de longueur d'onde maximal $NbreCmax$;
3. La taille des requêtes, choisir les types de requêtes (S_D) statique ou aléatoire ;
4. La capacité d'une longueur d'onde Cap_LO ;

5. Hypothèses : l'inter-arrivée des paquets au nœud source s suit une distribution de poisson et la durée de services des paquets suit loi exponentielle, selon le modèle M/M/1.
 6. Si la longueur du chemin est différent de 0 et le chemin n'est pas vide, étape 7.
 7. Si les longueurs d'ondes utilisées sont égales au nombre de longueurs d'ondes max, suppression du chemin étape 8, sinon étape 9.
 8. Routage : utilisation d'un algorithme de routage du plus court chemin
 9. Si le chemin n'est pas vide, formation du trafic SD
 - 9.1 Affectation de longueur d'onde avec une probabilité Pr
 - 9.2 Affectation du trafic d'erlang, L
 - 9.3 Détermination du nombre de canaux sur le lien S_D
 - 9.4 Fonction $C = \text{Proba_bloc}(L, \text{NbreCmax}, \max(\text{Nbre_LU_SD})) + \text{nbre de bonds} * 0.01$
 10. Détermination de la meilleure route pour chaque pair SD de la génération N
 11. calcul de la probabilité de sélection naturelle
 12. Sélection aléatoire d'une route suivant une roue de roulette
 13. Croiser les nouvelles routes obtenues
 14. calculer la probabilité de blocage des nouvelles routes obtenues après croisement
 15. Détermination de la meilleure route pour chaque pair SD pour la Nième génération
 17. prendre la meilleure route entre la Nième génération et la (N-1)ième génération
 18. Si fonction coût génération (N-1) < fonction coût génération (N),
Sinon retour à l'étape 9.4 (et répétition des opérations jusqu'à condition vrai)
 - Si oui
 19. Tracer des courbes
 - FIN
- NB : « nbre de bonds* 0.01 » : le coefficient 0.01 est le coût moyen en pourcentage d'un équipement de fibre optique par rapport au coût total de fibre du réseau.

Description fonctionnelle de certains blocs des organigrammes

Inter-arrivée des paquets sur les interfaces λ , Temps de service maximal Tmax, Nombre d'émetteurs N=poisson (λ , Tmax) et la Capacité de la S_D=somme (trafic (N, interfaces en émission)).

M/M/1
Détermination du nombre d'émetteurs

Inter-arrivée des paquets sur les interfaces λ , Temps de service maximal Tmax, Nombre d'émetteurs N=poisson (λ , Tmax) et la Capacité de la S_D=somme (trafic (N, interfaces en émission)).

Routage: utilisation de l'algorithme de Dijkstra (détermination des plus courts chemins pour une requêtes SD)

Algorithme de Dijkstra est modifié afin d'avoir plusieurs courts chemins.

Exemple : pour une requête de 1 → 4 on a plusieurs chemins :

- 1—2—3—4
- 1—2—4
- 1—4

Affectation de la Longueur d'onde (Méthode First Fit)

On suppose qu'on 3 longueurs d'ondes disponibles à chaque nœud du réseau [1, 2,3].

L'affectation de longueur d'onde en utilisant l'exemple précédent avec cette topologie et les coûts des arêtes, on a après Routage et affectation de longueur d'onde on a le résultat suivant :

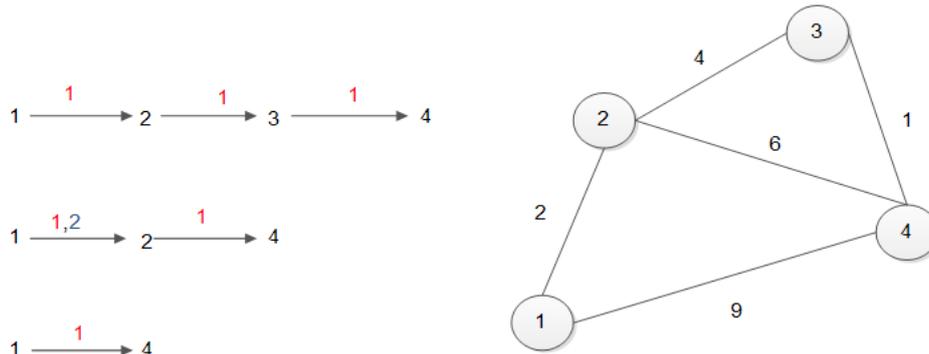


Figure 3: topologie test

Calcul de la fonction coût des chemins pour chaque paire SD

Après affectation de longueur d'onde (trafic sur les liens) on a :

$1 \xrightarrow{1} 2 \xrightarrow{1} 3 \xrightarrow{1} 4$
 $C1 = \text{probabilité}(10,3,1) + 3 * 0.01 = 0.0739$

$1 \xrightarrow{1,2} 2 \xrightarrow{1} 4$
 $C2 = \text{probabilité}(10,3,2) + 2 * 0.01 = 0.296$

$1 \xrightarrow{1} 4$
 $C3 = \text{probabilité}(10,3,1) + 1 * 0.01 = 0.0539$

Le meilleur chemin est le 3^{ième} chemin car son coût C3 est le plus petit coût des chemins : $C3 < C2 < C1$

V. Résultats Et Commentaires

Nous simulons deux réseaux métropolitains puis en fonction des résultats que nous obtenons, nous décidons si ces réseaux supportent la topologie virtuelle en place.

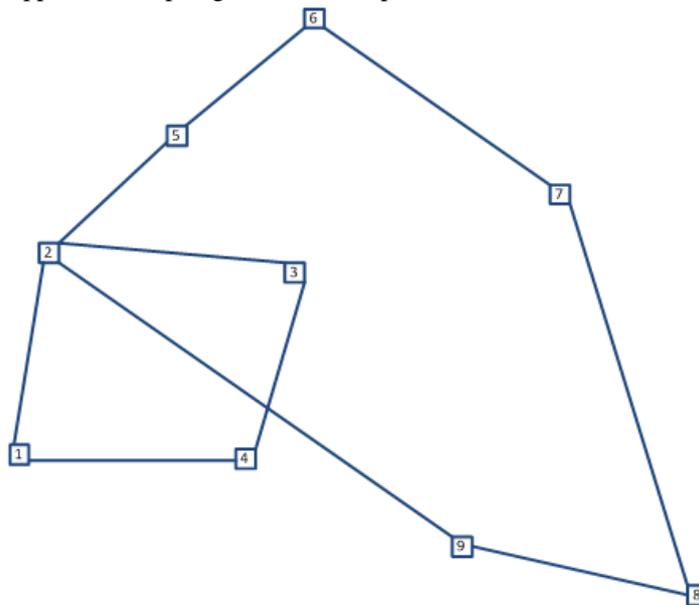


Figure 4: Réseau 1

Résultats de la méthode Linéaire

Les résultats ci-dessous représentent les requêtes générées aléatoirement et le plus court chemin trouvé pour chaque requête. L'espace libre entre les courts chemins est l'ensemble des requêtes n'ayant pas trouvées de chemins (n'ayant pas abouties). C'est-à-dire les requêtes : 9→8, 9→7, 9→7, 9→4, 5→6, 8→2.

S_D =

8	2	8-9-2
9	4	9-2-1-4
2	9	2-9
9	8	9-8
6	9	6-7-8-9
1	6	1-2-5-6
3	1	3-2-1
5	8	5-6-7-8
9	8	
9	7	2-5-6-7
2	7	
9	7	
9	4	
5	6	
8	2	

Figure 5: Les requêtes

Figure 6: Les plus courts chemins

Affectation de longueurs d'ondes utilisées en fonction des requêtes :

8	→	2	1
9	→	4	1
2	→	9	3
9	→	8	2
6	→	9	[1,3]
1	→	6	1
3	→	1	[1,3]
5	→	8	[1,2]
9	→	8	[]
9	→	7	[]
2	→	7	[1,2,3]
9	→	7	[]
9	→	4	[]
5	→	6	[]
8	→	2	[]

Tableau 1: Affectation de longueurs d'ondes entre les liens (méthode linéaire)

La probabilité de blocage trouvée pour chaque chemin est représentée sur la courbe ci-dessous.

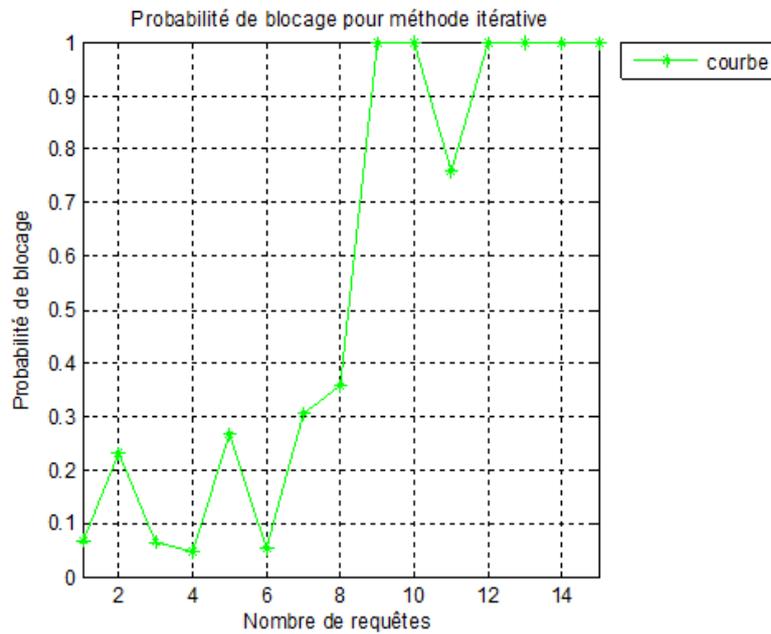


Figure 7: Probabilité de blocage de la méthode linéaire

La courbe de la probabilité de blocage ci-dessus nous montre qu'effectivement six (6) requêtes n'ont pas abouties car la probabilité est à 1.

Résultats de la méthode génétique

Le routage effectué par l'algorithme génétique avec les mêmes éléments d'entrées que précédemment donne les plus courts chemins entre un nœud source et de destination :

8-9-2	9-2-1-4	2-9	9-8
8-7-6-5-2	9-2-3-4	2-5-6-7-8-9	9-2-5-6-7-8
6-7-8-9	1-2-5-6	3-2-1	5-2-9-8
6-5-2-9	1-2-9-8-7-6	3-4-1	5-6-7-8
9-8	9-8-7	2-9-8-7	9-8-7
9-2-5-6-7-8	9-2-5-6-7	2-5-6-7	9-2-5-6-7
9-2-1-4	5-6	8-9-2	
9-2-3-4	5-2-9-8-7-6	8-7-6-5-2	

Figure 8: Routage de la première génération

8-7-6-5-2	9-2-3-4	2-9	9-8
8-7-6-5-2	9-2-3-4	2-9	9-8
6-5-2-9	1-2-9-8-7-6	3-4-1	5-6-7-8
6-5-2-9	1-2-9-8-7-6	3-4-1	5-6-7-8
9-8	9-8-7	2-5-6-7	9-2-5-6-7
9-2-5-6-7-8	9-8-7	2-5-6-7	9-2-5-6-7
9-2-3-4	5-6	8-7-6-5-2	
9-2-3-4	5-2-9-8-7-6	8-7-6-5-2	

Figure 9: Routage de la deuxième génération

8-7-6-5-2	9-2-3-4	2-9	9-8
8-7-6-5-2	9-2-3-4	2-9	9-8
6-5-2-9	1-2-9-8-7-6	3-4-1	5-6-7-8
6-5-2-9	1-2-9-8-7-6	3-4-1	5-6-7-8
9-8	9-8-7	2-5-6-7	9-2-5-6-7
9-8	9-8-7	2-5-6-7	9-2-5-6-7
9-2-3-4	5-6	8-7-6-5-2	
9-2-3-4	5-2-9-8-7-6	8-7-6-5-2	

Figure 10: Routage de la quatrième génération

Affectation de longueurs d'ondes utilisées en fonction des requêtes :

8	→	2	1
9	→	4	1
2	→	9	1
9	→	8	1
6	→	9	[1,2,3]
1	→	6	[1,2,3]
3	→	1	[1,2]
5	→	8	[1,2,3]
9	→	8	[1,2,3]
9	→	7	[1,2,3]
2	→	7	[1,2,3]
9	→	7	[1,2,3]
9	→	4	[1,2]
5	→	6	[1,2,3]
8	→	2	[1,2,3]

8-7-6-5-2
 9-2-3-4
 2-9
 9-8
 6-5-2-9
 1-2-9-8-7-6
 3-4-1
 5-6-7-8
 9-8
 9-8-7
 2-5-6-7
 9-2-5-6-7
 9-2-3-4
 5-2-9-8-7-6
 8-7-6-5-2

Figure 11: Les plus courts chemins

Tableau 2: Affectation de longueurs d'ondes entre les liens (méthode génétique)

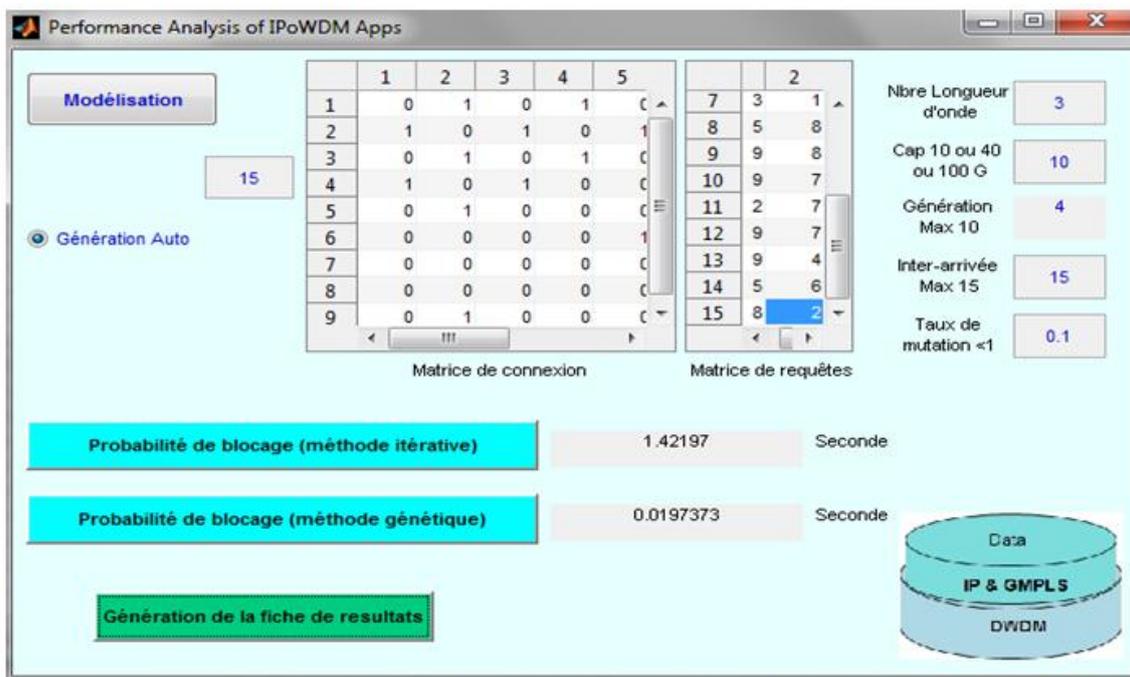


Figure 12: Temps de calcul et convergence du routage

L'algorithme linéaire prend plus de temps pour trouver les solutions et qui de plus ne sont pas meilleurs que celles de l'algorithme génétique qui en met moins de temps pour les trouvées. La génération convergente est 4, donc c'est à partir des générations 3 et 4 que les résultats sont stables. Les courbes des probabilités de blocage sont les suivantes :

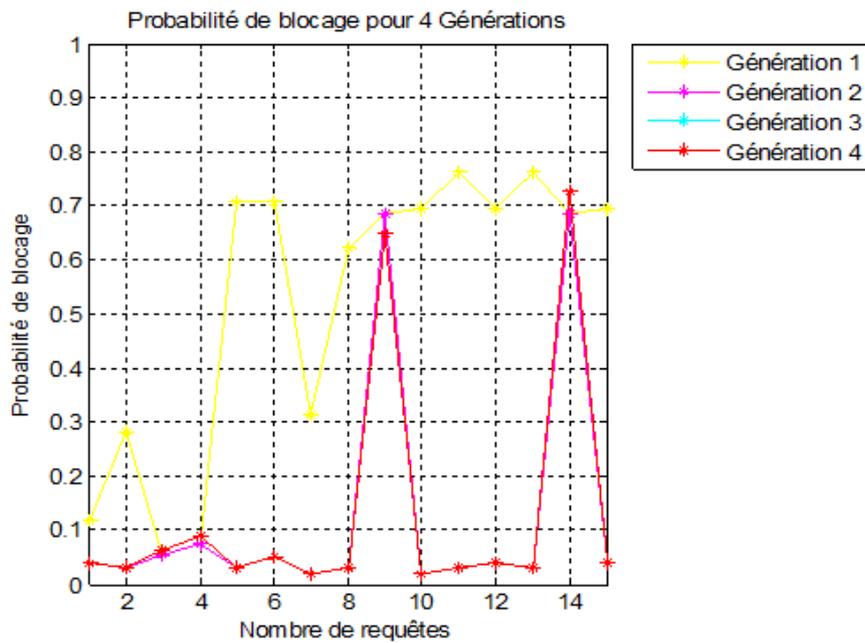


Figure 13: Probabilité de blocage de la méthode des algorithmes génétiques

Les courbes ci-dessous présentent la différence claire entre la probabilité de blocage linéaire et génétique.

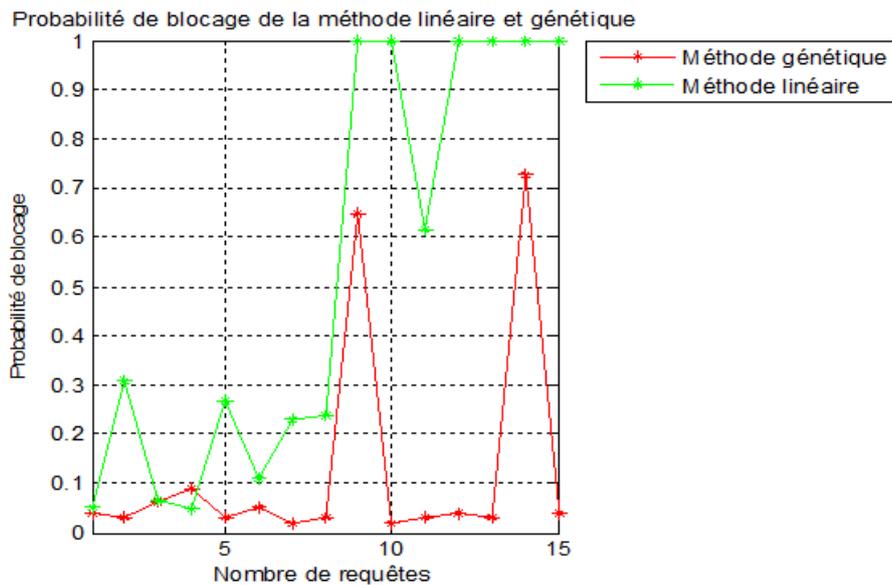


Figure 14: Probabilité de blocage des deux méthodes

Nous constatons que la probabilité de blocage de la méthode génétique est très faible par rapport à la méthode linéaire et de plus il n'y a eu aucun blocage pour la méthode génétique.

Pour un taux de mutation de 0.8 on a le résultat suivant :

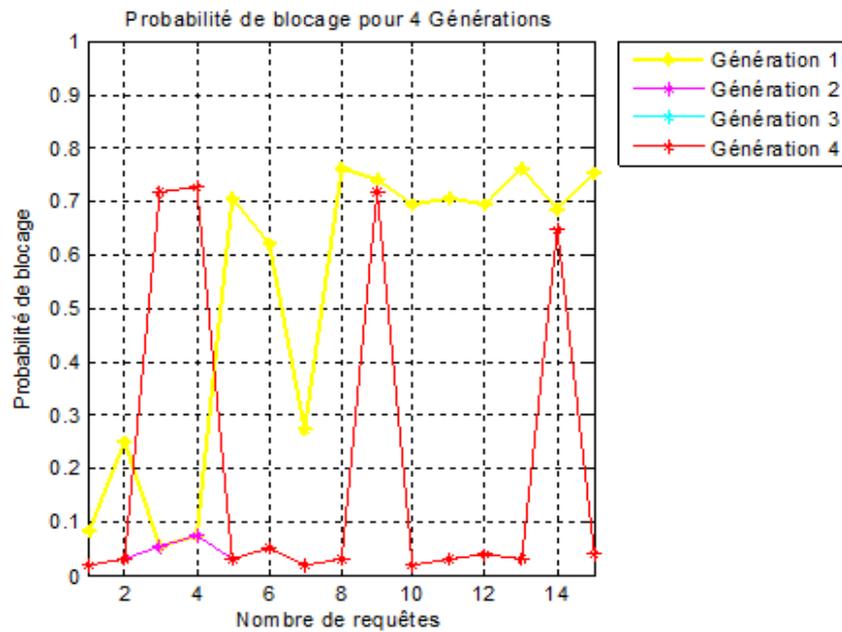


Figure 15: Probabilité de blocage de la méthode des algorithmes génétiques

On constate que la génération de convergence ne change pas, mais par contre la probabilité de blocage augmente légèrement, ceci est veut dire que le taux de mutation des chemins trouvées est faible par rapport au taux entré. Donc il faut entrer un taux de mutation faible pour avoir de meilleurs résultats.

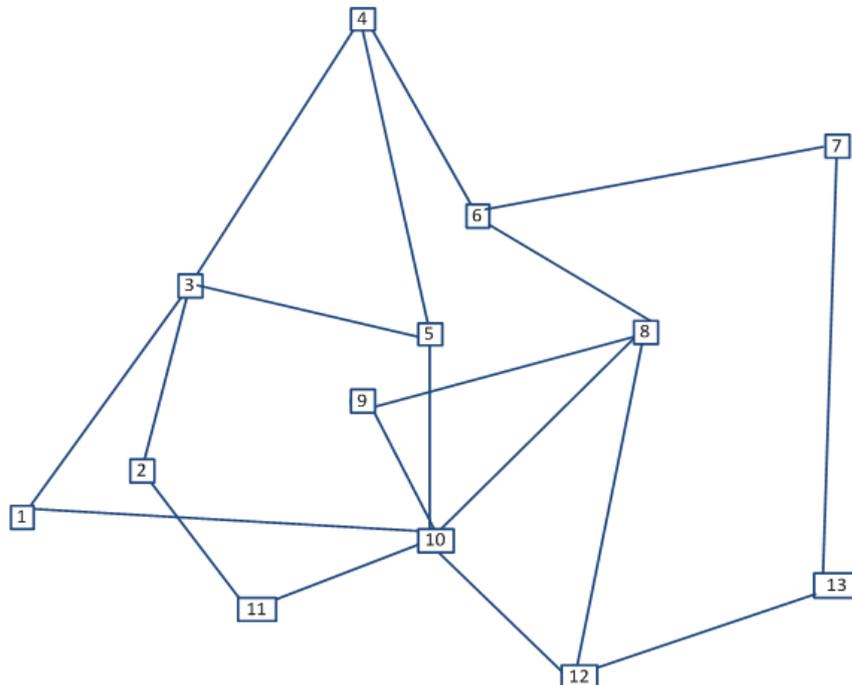


Figure 16: Réseau 2

Resultats De La Metropole 2

Rappel des données entrées :
 Le nombre de longueur d'onde est : 3
 La capacité d'une longueur d'onde est : 10 Go
 Le taux d'arrivée entre deux paquets est : 15
 Le Taux de mutation est : 0.1

Résultats de la méthode Linéaire

Les résultats ci-dessous représentent les requêtes générées aléatoirement et le plus court chemin trouvé pour chaque requête. On constate que l'avant dernière requête 6→1 n'a pas abouti.

<p>S_D =</p> <p>5 4</p> <p>6 12</p> <p>5 1</p> <p>11 13</p> <p>3 9</p> <p>10 9</p> <p>10 12</p> <p>9 8</p> <p>1 8</p> <p>4 13</p> <p>8 1</p> <p>3 7</p> <p>12 9</p> <p>6 13</p> <p>5 4</p> <p>2 9</p> <p>5 4</p> <p>6 10</p> <p>6 1</p> <p>8 9</p>	<p>5-4</p> <p>6-8-12</p> <p>5-3-1</p> <p>11-10-12-13</p> <p>3-1-10-9</p> <p>10-9</p> <p>10-12</p> <p>9-8</p> <p>1-10-8</p> <p>4-6-7-13</p> <p>8-10-1</p> <p>3-4-6-7</p> <p>12-10-9</p> <p>6-7-13</p> <p>5-4</p> <p>2-11-10-8-9</p> <p>5-4</p> <p>6-4-3-5-10</p> <p>8-9</p>
--	--

Figure 17: Les requêtes

Figure 18: Les plus courts chemins

5	→	4	1
6	→	12	1
5	→	1	1
11	→	13	1
3	→	9	1
10	→	9	[1,2]
10	→	12	[1,2]
9	→	8	1
1	→	8	1
4	→	13	1
8	→	1	3
3	→	7	[1,2]
12	→	9	[1,2,3]
6	→	13	[1,2]
5	→	4	[1,2]
2	→	9	2
5	→	4	[1,2,3]
6	→	10	1
6	→	1	[]
8	→	9	[2,3]

Tableau 3: Affectation de longueurs d'ondes entre les liens (méthode linéaire)

La probabilité de blocage trouvée pour chaque chemin est représentée sur la courbe ci-dessous.

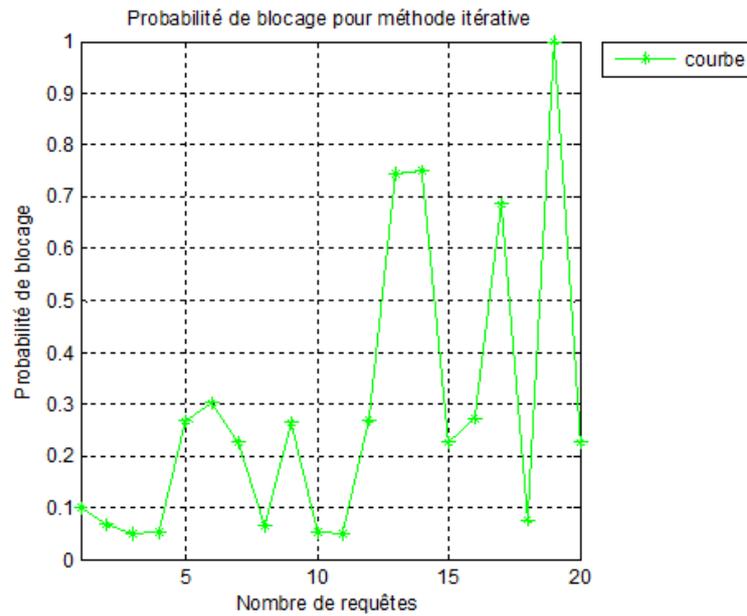


Figure 19: Probabilité de blocage de la méthode linéaire

Résultats de la méthode génétique

Le routage effectué par l’algorithme génétique avec les mêmes éléments d’entrées que précédemment donne les plus courts chemins entre un nœud source et de destination :

5-4	6-8-12	5-3-1	11-10-12-13
5-3-4	6-7-13-12	5-10-1	11-10-8-6-7-13
5-10-8-6-4	6-8-10-12		
3-1-10-9	10-9	10-12	9-8
3-4-6-8-9	10-8-9	10-8-12	9-10-8
		10-8-6-7-13-12	9-10-12-8
			9-10-5-4-6-8
1-10-8	4-6-7-13	8-10-1	3-4-6-7
1-10-9-8	4-5-10-12-13	8-6-4-3-1	3-1-10-12-13-7
1-10-12-8			
1-3-4-6-8			
12-10-9	6-7-13	5-4	2-11-10-9
12-8-9	6-8-12-13	5-3-4	2-11-10-8-9
		5-10-8-6-4	
5-4	6-8-10	6-4-3-1	8-9
5-3-4	6-8-12-10	6-8-10-1	8-10-9
5-10-8-6-4	6-4-5-10		
	6-8-9-10		
	6-4-3-1-10		
	6-4-3-2-11-10		

Figure 20: Routage première génération

5-4	6-8-12	5-10-1	11-10-8-6-7-13
5-4	6-8-12	5-10-1	11-10-8-6-7-13
5-4	6-8-12		
3-4-6-8-9	10-9	10-8-6-7-13-12	9-8
3-4-6-8-9	10-9	10-8-6-7-13-12	9-8
		10-8-6-7-13-12	9-8
			9-8
1-10-12-8	4-5-10-12-13	8-10-1	3-1-10-12-13-7
1-10-12-8	4-5-10-12-13	8-10-1	3-1-10-12-13-7
1-10-12-8			
1-10-12-8			
12-8-9	6-8-12-13	5-4	2-11-10-9
12-8-9	6-8-12-13	5-10-8-6-4	2-11-10-9
		5-10-8-6-4	
5-4	6-8-9-10	6-8-10-1	8-9
5-4	6-8-9-10	6-8-10-1	8-9
5-4	6-8-9-10		
	6-8-9-10		
	6-8-9-10		
	6-8-9-10		

Figure 21: Routage quatrième génération

5-4
 6-8-12
 5-10-1
 11-10-8-6-7-13
 3-4-6-8-9
 10-9
 10-8-6-7-13-12
 9-8
 1-10-12-8
 4-5-10-12-13
 8-10-1
 3-1-10-12-13-7
 12-8-9
 6-8-12-13
 5-4
 2-11-10-9
 5-4
 6-8-9-10
 6-8-10-1
 8-9

Figure 22: Meilleurs plus courts chemins

5	→	4	1
6	→	12	1
5	→	1	1
11	→	13	1
3	→	9	1
10	→	9	[1,2]
10	→	12	[1,2,3]
9	→	8	1
1	→	8	[1,2,3]
4	→	13	[1,2,3]
8	→	1	[1,2]
3	→	7	[1,2,3]
12	→	9	[1,2,3]
6	→	13	[1,2,3]
5	→	4	[1,2,3]
2	→	9	[1,2,3]
5	→	4	[1,2,3]
6	→	10	[1,2,3]
6	→	1	[1,2,3]
8	→	9	[1,2,3]

Tableau 23: Affectation de longueurs d'ondes entre les liens (méthode génétique)

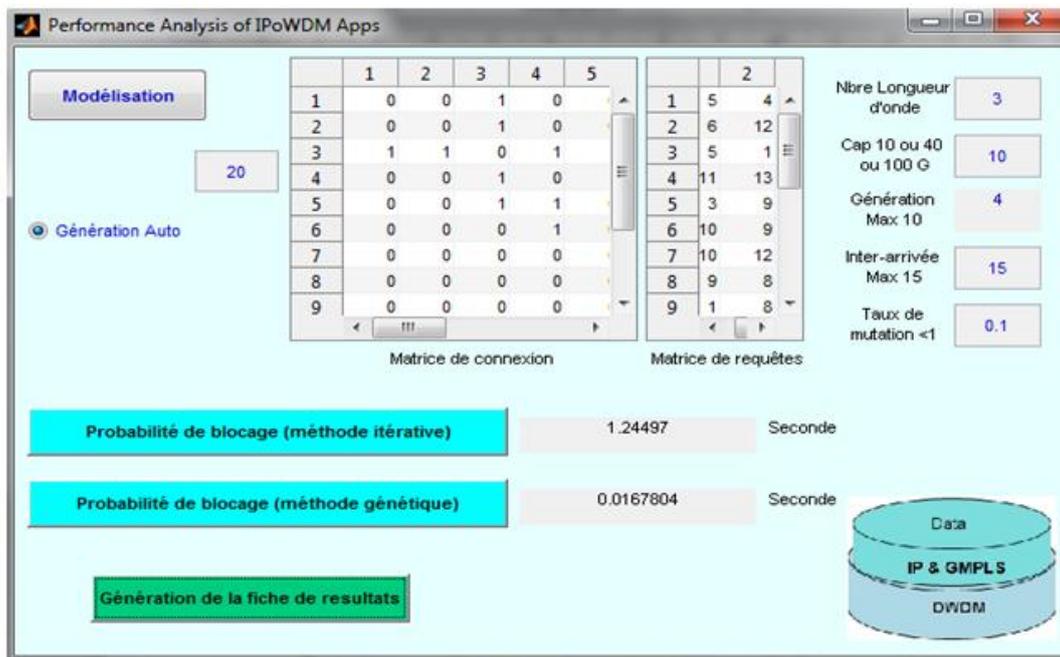


Figure 24: Temps de calcul et convergence du routage

L’algorithme linéaire prend plus de temps pour trouver les solutions et qui de plus ne sont pas meilleures que celles de l’algorithme génétique qui en met moins de temps pour les trouvées. Alors le nombre de longueurs d’ondes est satisfaisant pour la topologie virtuelle du réseau. Nous constatons aussi qu’il y a plus de gaspillage de ressource de longueurs d’ondes pour la méthode génétique par rapport à la méthode linéaire. Ce gaspillage est dû au fait que le groupage des données ne soit pas pris en compte dans la simulation. Les courbes des probabilités de blocages sont les suivantes :

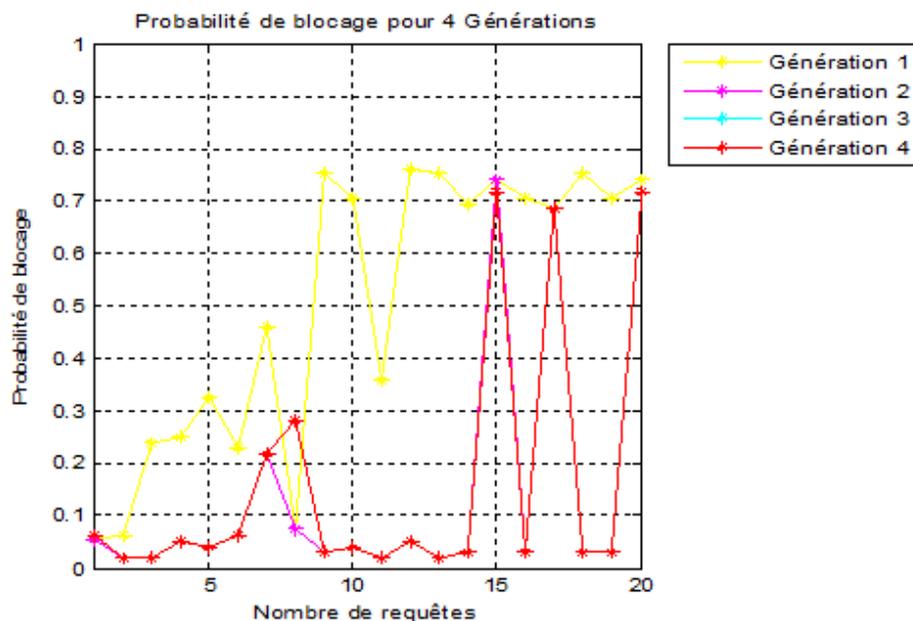


Figure 25: Probabilité de blocage de la méthode des algorithmes génétiques

Les courbes ci-dessous présentent la différence claire entre la probabilité de blocage linéaire et génétique. Celle-ci nous montre une fois de plus la performance de l’algorithme génétique.

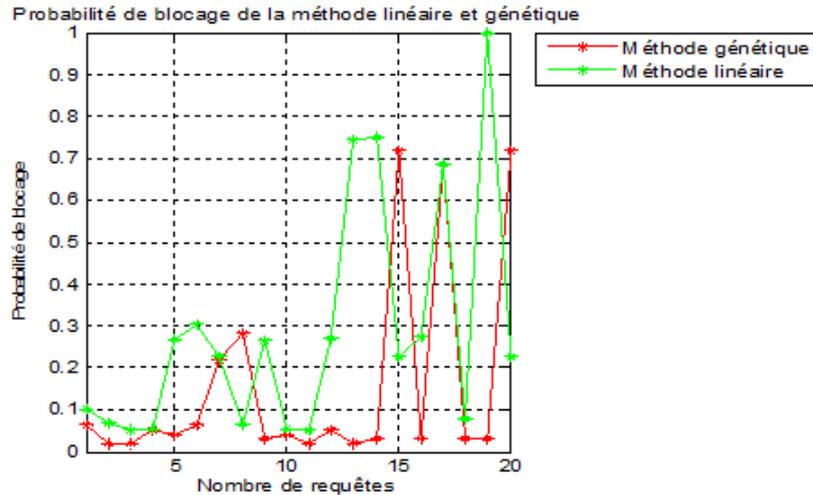


Figure 26: Probabilité de blocage des deux méthodes

On constate une fois de plus que la méthode génétique donne de meilleurs résultats. Pour le cas de la figure ci-dessous le taux de mutation utilisé est de 0,8

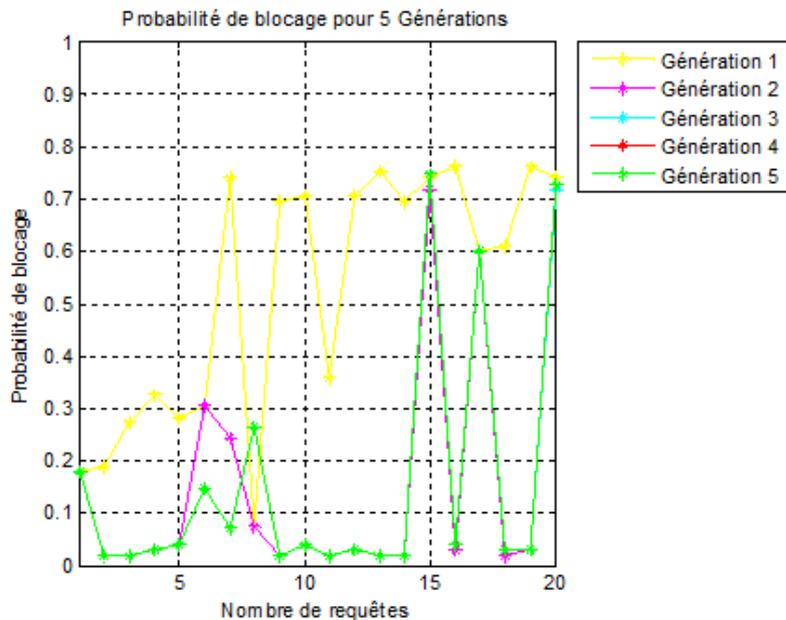


Figure 27: Probabilité de blocage de la méthode des algorithmes génétiques

Le taux de mutation de 0,8 donne une probabilité de blocage légèrement supérieure à celle trouvée pour un taux de mutation de 0,1. On constate aussi une autre différence au niveau de génération de convergence cette fois-ci elle est de 5. Donc après des analyses on constate que pour obtenir de bons résultats il est préférable de prendre un taux de mutation de 0.1 ou encore le plus petit possible.

VI. Conclusion Générale

Les travaux présentés dans cet article ont été fait dans le but de modéliser la performance des réseaux optiques car nous avons besoin de garantir une certaine qualité de service pour les applications telles que la voix sur IP, la vidéo sur IP, etc. Nous avons utilisé deux méthodes de simulation du routage et d'affectation de longueur d'onde qui sont la méthode de l'algorithme linéaire et l'algorithme génétique. La méthode de l'algorithme génétique donne les meilleurs résultats d'exploitations mais malgré cela, les résultats obtenus pour les deux méthodes après simulation du routage et affectation de longueur d'onde présentent des limites car le groupage du trafic n'a pas été considéré dans la simulation pourtant le groupage du trafic aurait donné

d'avantages de meilleurs résultats. Alors comme perspective de ce mémoire, il sera question de tenir compte du groupage, routage et affectation de longueur d'onde afin d'avoir une meilleur modélisation de la performance.

Bibliographies

- [1] Nilanjan Banerjee, Vaibhav Mehta, Sugam Pandey, 2000. "A Genetic Algorithm Approach for Solving the Routing and Wavelength Assignment Problem in WDM Networks" Department of Computer Science and Engineering Indian Institute of Technology Kharagpur.
- [2] Chad Hart, 2013, "Graph Theory Topics in Computer Networking" Department of Computer and Mathematical Sciences, 32 p.
- [3] Le, V. T., Ngo, S. H., Jiang, X., Horiguchi, S., and Guo, M., 2004. "A Genetic Algorithm for Dynamic Routing and Wavelength Assignment in WDM Networks," in LNCS3358, pp. 893–902.
- [4] Ravi Sankar Barpanda, 2011. "A Multi-Objective ILP Formulation for RWA Problem in WDM Networks" Department of Computer Science and Engineering National Institute of Technology, Rourkela Rourkela-769 008, Orissa- India, pp.9-11
- [5] Bisbal, D., Miguel, I. D., Gonzalez, F., Blas, J., Aguado, J. C., Fernandez, P., Duran, J., and Lopez, M., "Dynamic Routing and Wavelength Assignment in Optical Networks by Means of Genetics Algorithms," *Photonic Networks Communications*, vol. 7, no. 1, 43–58, 2004.
- [6] Le, V. T., Jiang, X., Ngo, S. H., and Horiguchi, S., 2005. "Dynamic RWA Based on The Combination of Mobile Agents Technique and Genetic Algorithms in WDM Networks with Sparse Wavelength Conversion," *IEICE TRANS. INF & SYST.*, vol. E88-D, no. 9, 2067–2078.