

# Étude sur les algorithmes de routage dans les réseaux téléphoniques commutés

Antoine LEBEAULT, Antoine REY

**Abstract**—Le routage des appels dans les réseaux de téléphonie commutés a évolué au cours du temps. Initialement hiérarchique, différentes alternatives ont été proposées pour utiliser plus efficacement les infrastructures existantes. Dans cette étude, nous comparons à l'aide de simulations le routage hiérarchique et deux alternatives plus évoluées: l'algorithme à partage de charge statique et l'algorithme de routage dynamique. Le premier utilise la capacité des liens pour tenter de répartir plus uniformément le trafic que le routage hiérarchique, tandis que le second surveille activement l'état de charge du réseau pour utiliser au mieux les capacités résiduelles, au prix d'un trafic de signalisation conséquent. Nos simulations négligent les problèmes de synchronisation et de signalisation.

**Index Terms**—IEEE, Réseaux de télécommunications, routage, étude

## I. INTRODUCTION

Dans cette étude, nous comparons les performances de plusieurs familles d'algorithmes de routage, routage hiérarchique, routage à partage de charge et routage dynamique. Pour cela, nous évaluons plusieurs critères: le nombre maximal d'appels actifs simultanés et le nombre moyen d'appels rejetés.

### A. Le réseau simulé

Dans notre étude, nous comparons les différents algorithmes en simulant leur comportement sur un même réseau. Notre réseau (1) est constitué de 8 entités, réparties sur deux niveaux hiérarchiques :

- 3 clients, reliés à leur commutateur d'abonné (CA)
- 3 commutateur d'abonnées
- 2 commutateur

Dans le cas de notre étude, nous avons considéré une capacité des liens de:

- 10 pour les CA-CA
- 100 pour les CA-CTS
- 1000 pour les CTS-CTS

Les appels sont passés entre les centres d'appels U1, U2 et U3 à raison de 2 appels par seconde et ont une durée uniformément distribuée entre 1 et 5 minutes.

En figure 1, vous trouverez une représentation du réseau que nous avons simulé et en figure 2, vous trouverez le réseau sémaphore relatif à cette topologie.

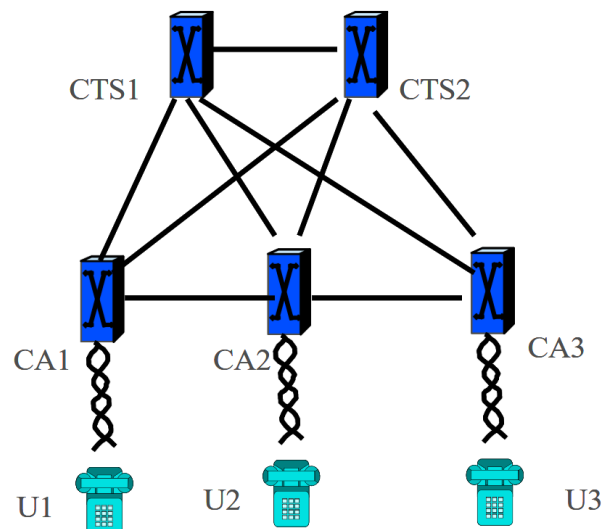


Fig. 1. Schéma du réseau téléphonique commuté étudié

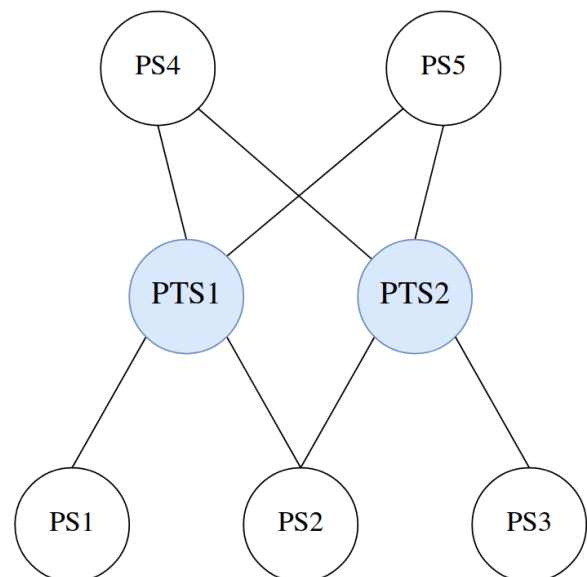


Fig. 2. Réseau de signalisation sémaphore associé à 1

### B. Routage à partage de charge

Sur notre réseau si nous voulons mettre en place un routage à partage de charge, nous avons besoin de la capacité des liens, c'est une donnée facile à obtenir puisqu'elle est connue

à l'avance étant donné que les routes sont très statiques. Le routage à partage de charge répartit aléatoirement les appels en fonction d'un poids donné par la capacité du lien, plus le lien a une grande capacité, moins il a de chance d'être saturé. C'est donc sur ce mécanisme que se base l'algorithme.

Si nous supposons qu'un membre du centre U1 veut appeler une personne du centre U3, en prenant en considération les capacités de notre étude, la demande d'appel va être transférée au commutateur CA1. Ici, il y a trois choix possibles :

- CA1 → CTS1, de capacité 100 et de probabilité 10/21
- CA1 → CTS2, de capacité 100 et de probabilité 10/21
- CA1 → CA2, de capacité 10 et de probabilité 1/21

Le choix est donc aléatoire sur les probabilités obtenues en fonction de la capacité de chaque liens. Si le choix se porte sur CTS1, nous aurons à nouveau trois choix possibles

- CTS1 → CTS2, de capacité 1000 et de probabilité 5/6
- CTS1 → CA2, de capacité 100 et de probabilité 1/12
- CTS1 → CA3, de capacité 100 et de probabilité 1/12

De la même manière, le choix est aléatoire. Si il se porte sur CA3, la demande d'appel est transféré au centre d'appel U3 et l'appel est établi.

Cependant, il est possible qu'il y ait des pannes liés à la saturation mais aussi au mauvais équilibrage. En effet, sauf sur les appels de longueur 1, nous pouvons avoir de la saturation sur les liens d'après alors qu'il pourrait y avoir de la place sur d'autres liens. Il y a également le risques de boucles, par exemple CTS1 peut envoyer les appels vers CA2, qui les envoie vers CTS2, qui les envoie vers CTS1.

### C. Routage adaptatif

Le routage adaptatif ou dynamique est quant à lui plus intelligent. En effet, au lieu de se baser sur la capacité maximale des liens, il va se baser sur la capacité résiduelle des liens, si un lien est saturé il ne sera pas considéré lors du routage tant qu'il le sera. Cependant, les capacités résiduelles ne sont pas calculés en temps réel car ce serait trop lourd. Il est donc possible que le lien finalement choisit se soit engorgé entre temps. De plus, nous faisons toujours du routage bond par bond donc si nous arrivons sur un commutateur dont tout les liens sont saturés, l'appel sera rejeté.

### D. Routage de messages MTP-3

Dans notre représentation, nous avons deux PTS car chaque commutateur doit être connecté directement à sont PTS, et CA1 et CA3 ne sont pas directement connectés. Ainsi, si on souhaite router un message MTP-3 de PS1 (le PS de CA1) vers PS2 (le PS de CA2), le message va d'abord être envoyé à PTS1, celui-ci va récupérer le MTP-3 puis l'envoyer à PS2.

Si l'on souhaite maintenant envoyer un message MTP-3 de PS1 vers PS4 (le PS de CTS1), nous allons encore ici seulement passer par PTS1.

Cependant si nous souhaitons envoyer un message de PS1 à PS3, comme CA1 et CA3 ne sont pas directement connectés, nous allons devoir faire du routage à deux bond ce que ne sait pas faire MTP-3. Il faut donc passer par SCCP. Ainsi le message va passer par PTS1 puis par soit PS2 soit PS5 pour ensuite être envoyé à PTS2 pour finalement arriver à PS3.

### E. Transfert d'appels

Nous désirons désormais transmettre les appels de U2 vers U3 pour étudier un appel de U1 vers U2. Une solution possible est de doter les commutateur d'abonnés d'une base de donnée. U2 va informer son commutateur d'abonné CA2 de la redirection, qui peut alors stocker cette information dans la base. Lorsque ce dernier va recevoir les messages de demande d'appels entrant (IAM), il peut alors consulter cette base de donnée afin d'obtenir la destination de la redirection. CA2 pourra alors transférer les messages de signalisation vers la destination finale, et l'appel sera ainsi transféré.

## II. LES ALGORITHMES

### A. Le routage Hiérarchique

Le routage hiérarchique est un algorithme de routage simple qui consiste à reléguer les décisions au niveau supérieur. Ainsi, si U1 veut appeler U2, il va faire la demande à CA1 qui va nécessairement la reléguer à CTS1 qui lui va router l'appel vers CA2.

### B. Le routage à partage de charge

Comme expliqué dans la section précédente, le routage à partage de charge répartit aléatoirement les communications en fonction des capacités maximales de chaque lien.

### C. Le routage dynamique

Comme expliqué dans la section précédente, le routage dynamique, se base sur la capacité résiduelle de chaque lien. Tant qu'un lien est saturé, l'algorithme ne considère plus cette route, ce qui évite de rejeter des appels qui comme dans l'algorithme précédant aurait pris un lien saturé.

## III. SIMULATION

### A. Présentation

Pour tester les performance des trois algorithmes, nous avons écrit une simulation en Python. Nous avons fait le choix de ne simuler que le réseau de transport, nous ne simulons donc pas le réseau sémaphore, pour des raisons de simplicité mais aussi parce qu'il n'intervient peu dans l'acceptation ou le refus d'un appel. Pour cela nous avons fait plusieurs classes en python qui se trouve dans les fichiers respectivement éponyme: une classe client qui correspond au clients des centres d'appels U1, U2 et U3. Une classe commutateur qui permet de représenter les CA et CTS, une classe lien qui permet de caractériser les différents lien du réseau de transport dont notamment la capacité, une classe route qui correspond à la route emprunté par l'appel si il est accepté, et une classe simulation qui permet de faire tourner la simulation. Nous avons aussi regroupé les principaux paramètres de la simulation dans le fichier `shared.py`. Enfin, pour lancer notre simulation, il faut lancer le fichier `main.py`.

Pour notre simulation, nous considérons comme paramètres, le temps total de la simulation en seconde, nous avons ici utilisé une durée de 1 heure soit 3600 secondes, le nombre d'appels par secondes et la capacité des différents type de

liens. A chaque seconde, nous faisons évoluer la simulation, répartissant aléatoirement le nombre d'appel par seconde aléatoirement entre les différents centres d'appels. Nous donnons à ces appels une durée aléatoire entre 1 et 5 minutes, et terminons les appels dont la durée en cours est supérieure ou égale à la durée totale donnée précédemment.

### B. Résultat

Pour ce qui est des résultats, nous affiche la sortie de la simulation avec Matplotlib. Nous avons réalisé deux simulations principales: une première dans laquelle il y a deux appels par seconde, voir Figure 3 et 5, et une dans le cas extrême où il y a 10 appels par seconde pour montrer les limites de la simulation, voir Figure 4 et 5 pour voir la saturation du réseau. Nous affichons le nombres d'appels en cours au temps t sur les figures 3 et 4, puis nous affichons le nombre total d'appels rejetés au temps t sur les figures 5 et 6.

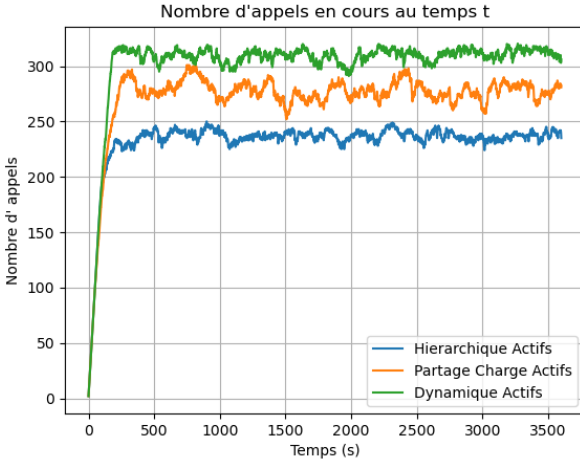


Fig. 3. Nombres d'appels réussis au temps t avec 2 appels par seconde

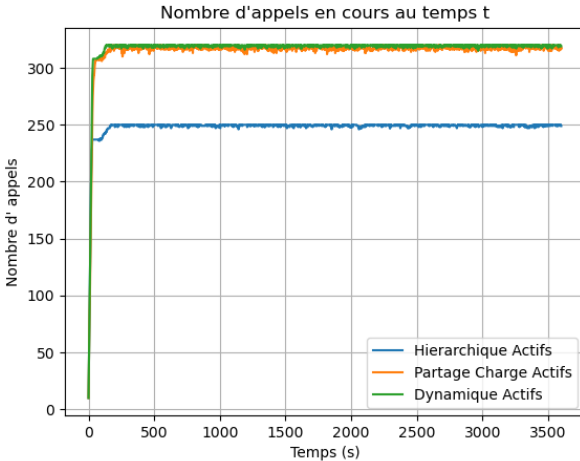


Fig. 4. Nombres d'appels réussis au temps t avec 10 appels par seconde

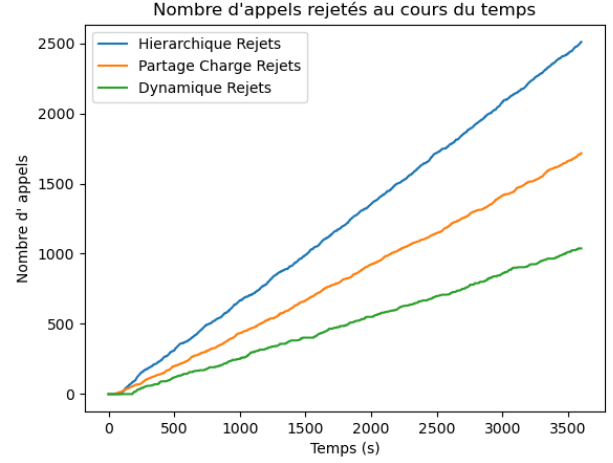


Fig. 5. Nombres d'appels rejeté au total au temps t avec 2 appels par seconde

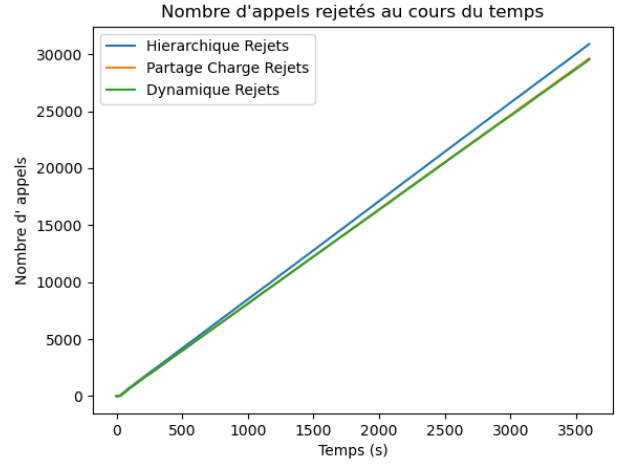


Fig. 6. Nombres d'appels rejeté au total au temps t avec 10 appels par seconde

Nous remarquons bien que le routage adaptatif ou dynamique est bien le plus efficace, il rejette moins d'appels et en moyenne permet d'avoir plus d'appels en cour en même temps. Nous pouvons aussi voir que le routage à partage de charge est plus efficace que le routage hiérarchique qui lui ne permet pas d'avoir une moyenne d'appels en cour satisfaisante.

### IV. CONCLUSION

Dans les réseaux de téléphonie commuté, nous cherchons principalement à maximiser le nombre d'appel pouvant être effectué en simultané. Nous observons que le routage dynamique permet d'atteindre le plus haut taux d'utilisation de l'infrastructure. Cependant, dans nos simulations nous avons ignoré les difficultés posées par la communication entre commutateur nécessaire à la réalisation concrète de cet algorithme. Ainsi, sur des équipements anciens et peu performant, avec un réseau sémaphore limité, l'algorithme à partage de charge naïf offre une solution très simple qui demeure assez performante.