



## EN RÉSUMÉ

L'Internet était à l'origine un réseau IP « best effort » sur lequel avoir des services était agréable mais non essentiel. Aujourd'hui, l'Internet est un service essentiel pour les entreprises et le grand public, mais la majeure partie du trafic reste « best effort ». À mesure que les réseaux 5G et les services sont apparus, une QoE (qualité d'expérience) et une QoS (qualité de service) fiables sont devenues des composantes essentielles aux réseaux sur IP. Comment les prestataires de services peuvent-ils construire des réseaux IP de nouvelle génération qui prennent en charge la croissance du trafic, la diversité des appareils et des services et qui assurent une haute disponibilité avec une QoS garantie tout en diminuant les dépenses d'investissement et les frais opérationnels pour permettre des modèles commerciaux rentables ? Les réseaux IP de nouvelle génération ont besoin :

- Automatisation et contrôle par logiciel
- Analyses et intelligence
- Infrastructure programmable

Adaptive IP de Ciena est un exemple d'architecture réseau de nouvelle génération assurant une QoS pour les services existants et nouveaux tout en mettant en œuvre une ingénierie du trafic pour optimiser les topologies de réseau et limiter au minimum les exigences en matière de capacité. Adaptive IP fournit également l'automatisation nécessaire pour réduire les dépenses opérationnelles du réseau en :

- Ingénierie et planification
- Exécution de service
- Garantie de service

En optimisant l'ingénierie du trafic réseau, en appliquant une QoS stricte et en automatisant de manière intelligente les opérations sur le réseau, Adaptive IP procure un réseau de nouvelle génération pour les nouveaux services tout en réduisant le coût total de possession du réseau. ACG a établi un modèle du coût total de possession qui montre une réduction des investissements de 23 %, une baisse des dépenses opérationnelles de 32 % et des économies sur le coût total de possession de 26 %. Adaptive IP fournit un réseau agile permettant un déploiement rapide des nouveaux services, et ainsi une augmentation des revenus et un renforcement de la compétitivité des prestataires de services. Adaptive IP permet aux prestataires de services de bâtir un réseau de nouvelle génération, depuis l'accès jusqu'au niveau métropolitain, tout en réduisant le coût total de possession et en accélérant l'activation de service et la prise de revenus.

### Points du rapport à souligner

- Les réseaux IP nouvelle génération doivent être hautement évolutifs, soutenir une QoS stricte et disposer d'une disponibilité élevée
- La solution Adaptive IP assure les niveaux d'automatisation et d'optimisation répondant aux exigences du réseau IP nouvelle génération tout en réduisant le coût total de possession
- Économies d'investissement jusqu'à 23 % avec Adaptive IP
- Économies d'exploitation jusqu'à 32 % avec Adaptive IP
- Économies du coût total de possession jusqu'à 26 % avec Adaptive IP

## TABLE DES MATIERES

Exigences pour le nouveau réseau IP.....	3
Défis liés aux réseaux IP hérités.....	3
Adaptive IP.....	4
Modèle et hypothèses pour le coût total de possession.....	6
Résultats pour le coût total de possession.....	8
Rapidité de mise en service et nouveaux revenus.....	10
Conclusion.....	11

## EXIGENCES POUR LE NOUVEAU RÉSEAU IP

Les exigences en termes de demande, d'évolutivité et de performances des réseaux IP de l'accès jusqu'au niveau métropolitain augmentent très rapidement. Ces exigences sont principalement suscitées par trois tendances majeures sur le secteur :

- Le nombre d'appareils, la diversité des appareils, la croissance du trafic et les exigences strictes des performances pour les nouveaux services et applications.
- L'apparition des architectures vRAN (réseau d'accès radio virtuel) et O-RAN (RAN ouvert), ainsi que la densification de la 5G.
- L'apparition de Edge Computing (traitement en périphérie).

Le trafic IP et la capacité du réseau continuent de croître rapidement et accéléreront avec le déploiement des services 5G. Le nombre et la diversité des appareils IP augmentent aussi de manière importante. Parmi les exemples de diversification des appareils, on trouve les smartphones, les téléviseurs, les appareils IoT, les casques de réalité augmentée/virtuelle, les robots, les drones, les véhicules connectés et autres appareils. Les nouveaux types d'appareils sont également associés à de nouveaux services qui ont un ensemble diversifié d'exigences en termes de performances. Certaines applications ont besoin d'un délai de transit extrêmement court (p. ex. les voitures connectées), d'autres d'une bande passante élevée en permanence (réalité augmentée et virtuelle), tandis que d'autres applications demandent seulement des performances dits « best effort ». Ainsi, la QoS, la QoE et les SLA (accord de niveau de service) continueront de prendre de l'importance. Le temps des services Internet « best effort » est révolu.

L'apparition du RAN virtuel et ouvert, ainsi que la densification 5G représentent un changement majeur dans l'architecture réseau. Dans les réseaux vRAN et O-RAN, l'unité de bande de base peut être centralisée ou distribuée, ce qui augmente les besoins en matière de frontHaul, midHaul et backHaul (liaison frontale, intermédiaire, arrière). En plus des réseaux vRAN et O-RAN, il existe aussi un besoin de densification 5G, ce qui entraîne la construction de beaucoup d'autres stations de base. Cette densification associée aux exigences frontHaul, midHaul et backHaul de la 5G crée un ensemble nouveau et relevé d'exigences pour les réseaux IP.

Un autre facteur d'exigences IP est l'apparition du Edge Computing. Les opérateurs réseau et les entreprises commencent à déployer des nœuds de traitement en périphérie avec l'objectif de :

- Réduire le délai de transit du réseau pour améliorer les performances des applications.
- Réduire les charges de trafic sur les réseaux d'agrégation et fédérateurs.
- Renforcer la sécurité.

Le déploiement du Edge Computing entraîne des modifications des modèles de trafic du réseau. Sur les anciens réseaux, pratiquement tout le trafic réseau était relié en backHaul aux data centers régionaux, où le trafic était traité par des passerelles réseau large bande ou des nœuds centraux de paquets mobiles. Avec l'apparition du traitement en périphérie et les architectures de séparation du plan de contrôle et du plan utilisateur, les modèles de trafic deviennent très imprévisibles. Une partie du trafic s'achève au niveau des nœuds périphériques tandis que l'autre est transmise plus loin sur le réseau. Ces modèles de trafic imprévisibles modifient les règles de planification du réseau en place et augmentent les exigences en matière d'ingénierie du trafic en temps réel et de technologies de routage plus récentes, telles que Segment Routing.

## DÉFIS LIÉS AUX RÉSEAUX IP HÉRITÉS

Les réseaux IP hérités ont été conçus pour un trafic Internet « best effort ». Même si l'ingénierie du trafic et la QoS sont inclus dans les routeurs depuis de nombreuses années, ces technologies n'ont pas été largement mises en œuvre car les applications et les services ne nécessitaient pas ces technologies. À mesure que les

services 5G seront déployés, la QoS, la QoE et les SLA deviendront des facteurs de réussite de plus en plus essentiels dans la conception et l'exploitation d'un réseau IP. C'est la raison pour laquelle la conception et l'exploitation du réseau doivent être totalement revues.

Il existe des difficultés importantes liées à la gestion des réseaux ayant des modèles de trafic imprévisibles qui requièrent des changements réguliers de planification réseau à l'aide de scripts et de CLI IP hérités. Ces outils n'ont pas été conçus pour une ingénierie du trafic réseau en temps réel. Les CLI et les scripts sont complexes à mettre en œuvre et peuvent aussi être sujets aux erreurs, ce qui peut entraîner des pannes de réseau si les configurations sont incorrectes. Une meilleure approche est clairement nécessaire pour les réseaux IP nouvelle génération.

## ADAPTIVE IP

Adaptive IP a été conçu pour relever les défis et répondre aux exigences posées par les réseaux existants et futurs, comme la 5G. La solution fournit évolutivité, disponibilité et QoS stricte tout en réduisant les investissements et les frais opérationnels sur le réseau. Adaptive IP associe une infrastructure programmable désagrégée, des analyses et de l'intelligence avec un contrôle et une automatisation par logiciel afin d'optimiser le transport et automatiser la conception et l'exploitation du réseau, comme sur la figure 1.

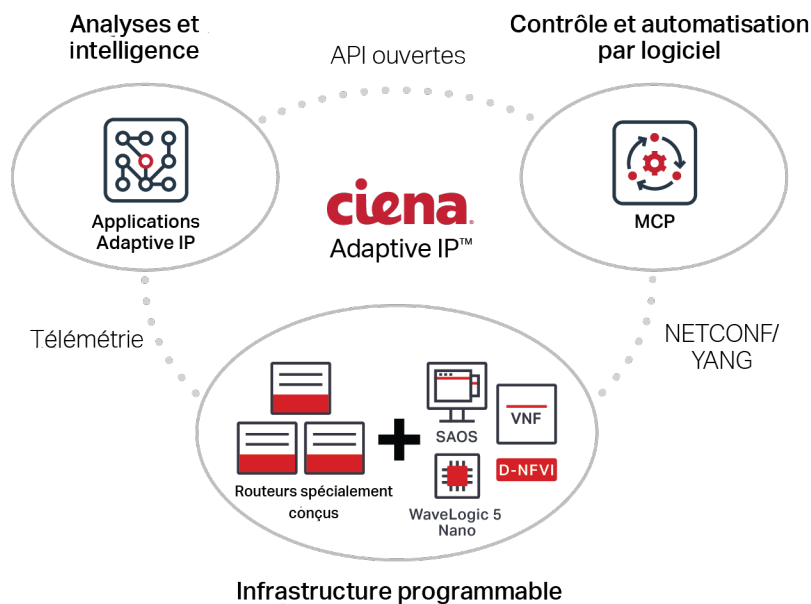


Figure 1. Adaptive IP de Ciena

Les fonctions clés d'Adaptive IP qui relèvent les défis sur les réseaux 5G sont :

- **Automatisation** : Réduit les erreurs de configuration, améliore la résolution des défaillances et augmente la rapidité des services pour un délai plus court de la prise de bénéfices.
- **Segment Routing et QoS avancée** : La séparation des plans de contrôle et de renvoi permet d'améliorer l'ingénierie du trafic, l'optimisation des liaisons et la QoS, qui sont nécessaires pour fournir la nouvelle génération de services IP.
- **Analyses et intelligence** : Améliorent la disponibilité du réseau, l'utilisation des ressources existantes et réduisent les frais d'ingénierie et d'exploitation du réseau.

Adaptive IP assure la QoE, la QoS et les SLA sur les réseaux IP en utilisant une combinaison de découpage dit fixe et souple :

- Le découpage souple utilise les techniques de réseau défini par logiciel, de Segment Routing et de files d'attente QoS avancées afin de fournir des liaisons virtuelles avec QoS.
- Le découpage fixe est assuré par FlexEthernet, une technologie utilisant des canaux TDM pour un trafic spécifique de paquets qui fournit des niveaux renforcés de QoS et de délai de transit pour certaines applications et certains services.

Ces technologies sont essentielles pour les applications sensibles au délai de transit comme les drones, les robots et les véhicules connectés, dont l'usage doit croître à mesure que les réseaux 5G seront déployés.

Le logiciel de l'application Adaptive IP réalise l'ingénierie du trafic pour optimiser l'utilisation du réseau tout en gardant un niveau strict de QoS et de SLA. Des données diffusées en temps réel sont utilisées dans le moteur de calcul de trajet selon contraintes, avec Segment Routing et une QoS de pointe afin d'optimiser les charges de trafic sur le réseau tout en assurant la QoS pour les applications critiques. L'optimisation de liaison qui en résulte permet aux liaisons de mieux fonctionner (taux d'utilisation plus élevé) tout en assurant que les exigences en matière de délai de transit et de gigue sont satisfaites pour des applications spécifiques. L'optimisation de liaison réduit le nombre nécessaire de connexions de transport, d'éléments optiques et la capacité de routeur requise sur le réseau, ce qui réduit les dépenses d'investissement et d'exploitation tout en fournissant un service de qualité supérieure. Adaptive IP s'appuie une automatisation intelligente en boucle fermée qui utilise des données diffusées en temps réel pour réaliser une optimisation permanente et une auto-réparation et ainsi éliminer la capacité gaspillée afin d'atteindre un retour optimal sur les ressources réseau nouvelles et existantes.

L'automatisation, les analyses et l'intelligence d'Adaptive IP apportent des avantages importants en termes de frais opérationnels tout en améliorant les performances du réseau, sa fiabilité et sa disponibilité. Il existe des avantages spécifiques en matière de frais opérationnels dans les fonctions d'ingénierie, de planification, d'exécution et de garantie des services (tableau 1).

	PMO	Adaptive IP	Avantages
Ingénierie et planification	<p>Difficile de simuler les réseaux et de mener des analyses d'hypothèses.</p> <p>Les efforts manuels utilisent des informations obsolètes et erronées pour la planification du réseau.</p>	<p>Des données en temps réel utilisées pour simuler et optimiser le réseau.</p> <p>Analyses d'hypothèses pour planifier le réseau.</p> <p>Ingénierie intelligente du trafic en boucle fermée et optimisation des liaisons.</p> <p>Analyse de capacité de survie et de disponibilité du réseau.</p>	Jusqu'à 70 % de réduction des dépenses d'exploitation.
Accomplissement de service	La configuration du réseau et son dimensionnement sont des opérations manuelles, complexes et sujettes aux erreurs : il faut utiliser une CLI, des scripts et des tests conséquents.	Automatisation du dimensionnement et de la configuration du réseau. Tous les plans sont mis en œuvre de manière intelligente et automatique.	Jusqu'à 35 % de réduction des dépenses d'exploitation.

	Cela demande un niveau exceptionnellement élevé d'expertise technique.	Pas de scripts ni d'interventions manuelles.  Interface utilisateur conviviale.  Niveau d'expertise technique réduit.	
Garantie de service	Difficile d'isoler des problèmes de routage complexe.  Impossible de réparer le réseau de façon proactive avant qu'un problème apparaisse.  Aucune visibilité sur les clients, services ou applications.  La surveillance et le dépannage des VPN représentent un défi majeur.  Difficile de corrélérer des problèmes sur différents vendeurs et pas d'analyse de cause profonde.	Visibilité d'événements de routage et des flux de trafic en temps réel sur le réseau.  Alertes personnalisées.  Enregistreurs de vidéo numériques tels que des analyses d'investigation et de relecture.  Automatisation des diagnostics de défaillance et réparation.  Réparation proactive des problèmes avant qu'ils n'apparaissent.	Jusqu'à 70 % de réduction des dépenses d'exploitation.

Tableau 1. Avantages de l'ingénierie et de la planification, de l'accomplissement et de la garantie des services.

En plus de réduire le coût total de possession du réseau, Adaptive IP permet aussi une prise de bénéfices plus rapide sur les nouveaux services. L'intelligence sur le réseau grâce aux données et l'automatisation réduisent le temps nécessaire pour déployer de nouveaux services réseau de plusieurs mois à quelques jours ou semaines. En accélérant la mise en œuvre des services, les prestataires dégagent plus rapidement des revenus et créent une capacité de réaction rapide face aux défaillances pour les services qui ne connaissent pas de succès. Ces capacités augmentent les revenus globaux et permettent aux prestataires de services d'être plus compétitifs que les autres opérateurs réseau.

## MODÈLE ET HYPOTHÈSES POUR LE COÛT TOTAL DE POSSESSION

ACG Research a développé un BAE (moteur d'analyses commerciales) pour le modèle du coût total de possession<sup>1</sup>, qui est une plate-forme de simulation économique de nouvelle génération pour les réseaux, les data centers, le cloud et la virtualisation des fonctions réseau. Nous l'avons utilisé pour comparer un réseau avec Adaptive IP par rapport à un réseau sans Adaptive IP. Le modèle de ce réseau est représentatif de celui d'un grand prestataire de services. Le modèle BAE est également adaptable à un réseau de prestataire de services spécifique. Une vue d'ensemble du modèle du coût de possession lié à Adaptive IP est présenté à la figure 2.

<sup>1</sup> <https://www.acgcc.com/p/bae-software/>

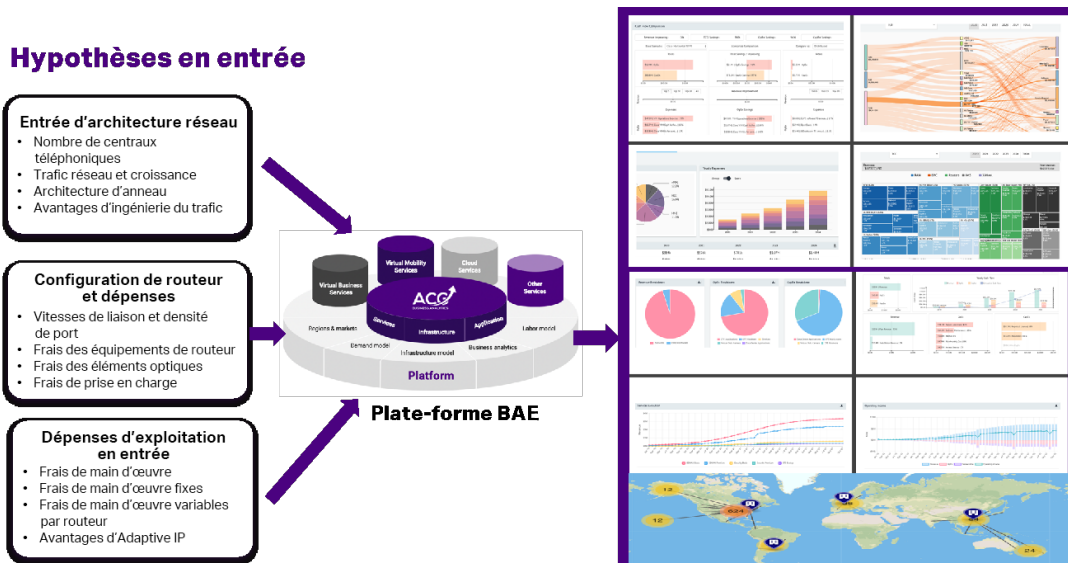


Figure 2. Modèle du coût total de possession lié à Adaptive IP

Il existe trois catégories de données utilisées en entrée dans ce modèle :

- Entrée de trafic et d'architecture réseau
- Dépenses de configuration de routeur
- Dépenses d'exploitation en entrée

La plate-forme BAE qui utilise les hypothèses d'entrée dans chacune de ces catégories effectue une simulation sur cinq ans de la croissance des dépenses d'investissement et des frais opérationnels. Deux scénarios sont comparés dans ce modèle :

1. Une solution d'évolution du réseau avec Adaptive IP.
2. Une extension du réseau en suivant l'ancienne approche.

Les deux scénarios sont représentés sur la figure 3. Sur le réseau hérité, on a supposé que les routeurs étaient exploités et gérés par des CLI standards et des scripts avec peu d'automatisation et aucune ingénierie de trafic. Le réseau Adaptive IP utilise les routeurs Ciena associés aux applications Adaptive IP et au logiciel MCP pour automatiser l'exploitation du réseau et mettre en œuvre l'ingénierie du trafic.

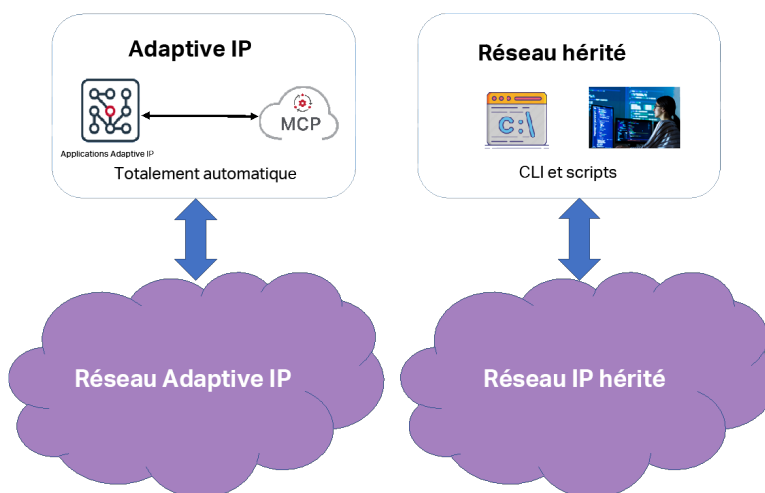


Figure 3. Configuration de réseau IP Ciena

La comparaison d'architecture réseau est décrite sur la figure 4. Nous avons considéré un réseau regroupant des anneaux d'accès, des anneaux de pré-agrégation et des nœuds d'agrégation. Les anneaux d'accès sont à 10GE et conçus pour prendre en charge des stations de base 4G et 5G. La croissance du trafic 5G nourrit le besoin d'anneaux d'accès 10GE. Des anneaux d'accès sont reliés aux anneaux de pré-agrégation 25GE, eux-mêmes reliés aux nœuds d'agrégation. Les liaisons d'agrégation sont de 100GE. Nous avons supposé les nœuds de pré-agrégation et d'agrégation redondants. Ces nœuds redondants sont conçus pour prendre en charge tout le trafic en cas de défaillance de liaison ou de nœud. À des fins de comparaison, la même architecture réseau a été adoptée dans les deux scénarios et aucune réduction n'a été appliquée aux frais des anciens routeurs (les coûts des routeurs hérités et des routeurs Adaptive IP étaient identiques). Tous les avantages économiques découlent directement de l'infrastructure de la solution Adaptive IP de Ciena et de l'optimisation des opérations.

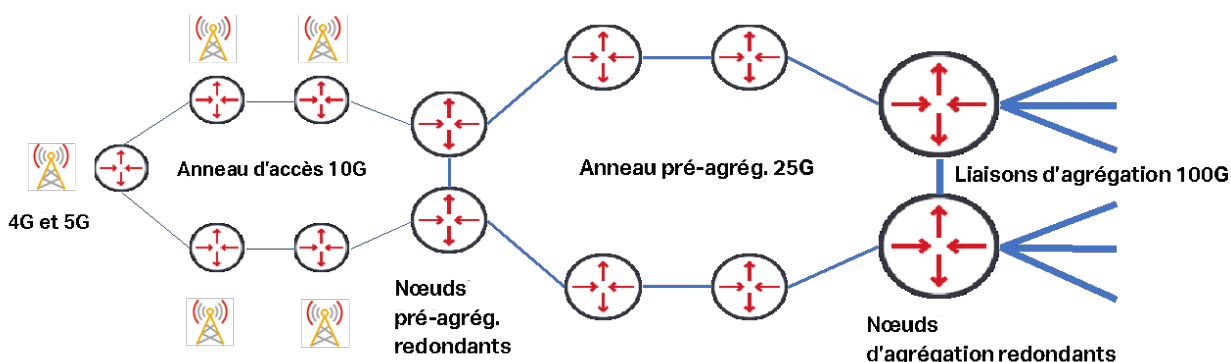


Figure 4. Comparaison d'architecture réseau

Il existe de nombreuses hypothèses détaillées dans le modèle du coût total de possession, les principales hypothèses sur la taille du réseau et la croissance du trafic figurent dans le tableau 2.

Nombre de centraux et de stations de base	2021	2025
Stations de base	20 000	26 000
Centraux pré-agrégation	2 000	2 600
Centraux d'agrégation	250	250

Tableau 2. Principales hypothèses

Une autre hypothèse importante utilisée dans ce modèle est le trafic moyen par station de base. On s'attend à une forte croissance de ce trafic au cours des cinq prochaines années à mesure que les technologies de la 5G, des multiples entrées et sorties massives et des ondes millimétriques seront déployées sur le réseau mobile. Les hypothèses de trafic utilisées sont décrites dans le tableau 3.

Demande	2021	2025	TCAM
Trafic moyen par nœud d'accès	200 Mbit/s	2 Gbit/s	58,5 %

Tableau 3. Hypothèses pour la demande

## RÉSULTATS POUR LE COÛT TOTAL DE POSSESSION

Les principaux résultats du modèle du coût total de possession sont présentés dans le tableau 4 et sur la figure 5. Le tableau 4 est une synthèse des économies réalisées avec Adaptive IP sur les investissements, les dépenses opérationnelles et le coût total de possession sur cinq ans. La figure 5 présente les dépenses totales



sur cinq ans en matière de frais d'exploitation et d'investissement dans le scénario de base sans Adaptive IP et le scénario comparé avec Adaptive IP. La partie au centre du graphique présente les économies totales.

Type de dépenses	Économies avec Adaptive IP
Investissements	23 %
Coûts opérationnels	32 %
Coût total de possession	26 %

Tableau 4. Économies avec Adaptive IP en investissements, coûts opérationnels et coût total de possession sur 5 ans

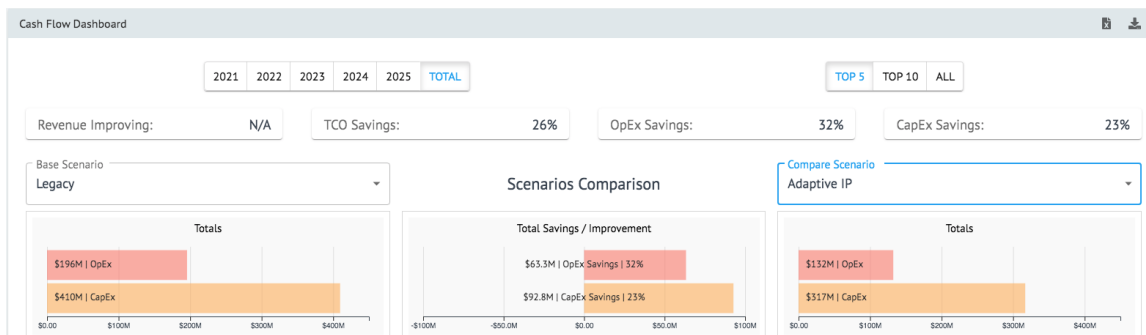


Figure 5. Total des dépenses d'investissement et d'exploitation sur cinq ans pour le scénario de base sans Adaptive IP

Les principaux domaines d'économies en investissements et coûts opérationnels sont présentés sur les figures 6 et 7. La figure 6 montre le détail des investissements totaux sur cinq ans dans le scénario de base sans Adaptive IP (à gauche), dans le scénario comparé avec Adaptive IP (à droite) et les principaux domaines d'économies au milieu.

Les économies d'investissement réalisées le sont principalement en raison de l'ingénierie de trafic de pointe et de l'optimisation des liaisons. En optimisant les charges de trafic tout en maintenant la QoS pour les applications critiques, les liaisons peuvent profiter d'une utilisation optimale, ce qui réduit le nombre de routeurs, de liaisons et d'éléments optiques nécessaires sur le réseau. Il faut remarquer que les principales économies se situent dans l'acquisition des routeurs, interfaces et éléments optiques et dans les dépenses d'installation. Le coût pour réaliser ces économies d'investissement est la dépense pour la solution Adaptive IP.

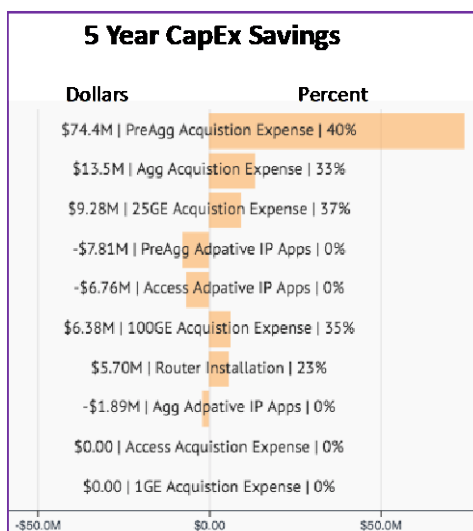


Figure 6. Détails du total des investissements sur cinq ans dans le scénario de base sans Adaptive IP

La figure 7 décrit le détail des économies sur les coûts opérationnels. La principale économie opérationnelle concerne la prise en charge par l'équipementier du routeur de pré-agrégation. Cette diminution en dépenses d'assistance résulte également du renforcement de l'ingénierie de trafic et de l'optimisation des liaisons, qui réduisent le nombre de routeurs et d'interfaces entraînant une diminution des frais de prise en charge des équipementiers. La réduction du nombre de routeurs et d'interfaces entraîne aussi une diminution des frais d'alimentation électrique, de refroidissement et de bâtiments. Les autres domaines principaux d'économies opérationnelles se situent dans :

- Ingénierie et planification
- Exécution de service
- Garantie de service

Les raisons derrière ces économies se trouvent dans le tableau 1.

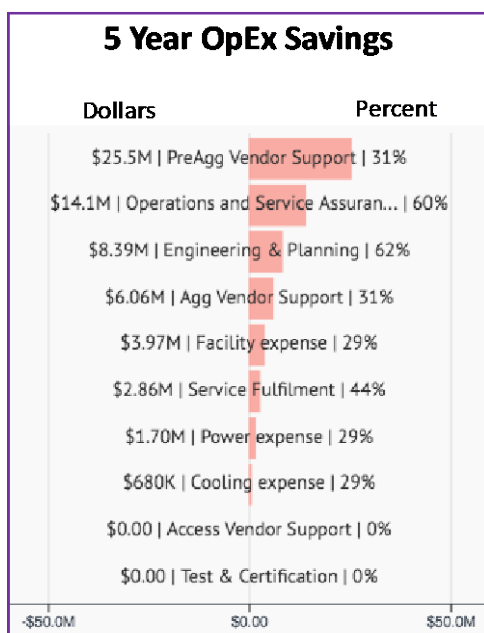


Figure 7. Détails des économies opérationnelles

## RAPIDITÉ DE MISE EN SERVICE ET NOUVEAUX REVENUS

Même si la réduction des dépenses d'investissement et d'exploitation est une priorité essentielle pour les prestataires de services, l'augmentation des revenus en première ligne est toute aussi importante. Les prestataires de services doivent devenir plus agiles afin d'introduire rapidement de nouveaux services et de mettre en œuvre une attitude rapide face à la défaillance si les services ne rencontrent pas le succès. Les acteurs Hyperscale ont perfectionné ce modèle dans l'espace du Cloud computing et les prestataires de services réseau doivent répliquer ce modèle d'affaires pour la mise en œuvre des réseaux 5G. Il existe de nombreuses opportunités pour de nouveaux services et revenus :

- Services 5G
- Services professionnels nouvelle génération
- Services 5G privés
- Services en périphérie
- Services IoT
- Jeux dans le cloud
- Services de véhicule connecté
- Services de réalité augmentée et virtuelle

Agilité et délai de commercialisation sont des facteurs décisifs de compétitivité pour les prestataires de services réseau. Nous prévoyons une forte concurrence dans ce secteur car de nombreux acteurs entrent dans la 5G et le Edge Computing. Adaptive IP fournit un réseau automatisé, agile et flexible qui rend possible l'agilité des services et accélère la prise de bénéfices.

## CONCLUSION

L'Internet continue de croître à un rythme rapide en même temps que le trafic augmente, les appareils divers se multiplient et que les services avec des besoins stricts en termes de QoS deviennent essentiels. Le présent document présente les principales exigences des réseaux IP nouvelle génération et explique comment la solution Adaptive IP de Ciena répond à ces exigences tout en réduisant le coût total de possession du réseau. Cette solution procure une automatisation intelligente par analyses et ingénierie du trafic pour permettre aux prestataires de services d'établir des réseaux IP nouvelle génération fiables, depuis l'accès jusqu'au niveau métropolitain, tout en réduisant le coût total de possession du réseau. Le BAE du modèle du coût total de possession ACG démontre que les prestataires de services peuvent réduire de 26 % le coût total de possession du réseau grâce à Adaptive IP tout en procurant l'agilité nécessaire pour rapidement déployer de nouveaux services et générer de nouveaux services.

**ACG Research** fournit des études approfondies sur les innovations ICT et les transformations qu'elles produisent. La société étudie les développements de produits et d'architectures sur une variété de segments de marché ICT. Elle met en lumière les acteurs d'innovation, les adoptants précoces et leurs solutions dans des podcasts, des webinaires et une variété de supports de rapport et de synthèse. Elle mène des études principales sur les forces qui façonnent les segments dans lesquelles elle travaille et effectue des analyses économiques approfondies et des études de cas dans les mêmes segments. Ses prévisions pour le marché, perspectives et rapports de parts de marché sont largement utilisées comme référence par les acteurs de ces segments ciblés. Copyright © 2021 ACG Research.