

# Un cadre de travail pour la convergence IP/optique : construire à partir des réseaux existants

L'environnement des communications évolue radicalement. Les dynamiques de marché associées à l'évolution du cloud des entreprises et de la connectivité résidentielle et de data center génèrent de nouvelles utilisations et des perspectives alléchantes de croissance du chiffre d'affaires pour les CSP (prestataires de services télécoms). Mais du point de vue des réseaux IP, ces nouvelles utilisations créent aussi de nouveaux défis : la propulsion de nouveaux modèles de trafic, le déplacement vers des applications virtuelles et distribuées et le besoin d'une bande passante supérieure et d'une connectivité vers l'utilisateur final à délai de transit réduit. De nombreux opérateurs réseau évaluent actuellement la convergence IP/optique dans le cadre de leur stratégie de modernisation du réseau IP pour répondre à ces nouvelles exigences et permettre un réseau plus rentable, résilient et unifié. Quels sont les principaux éléments requis pour concrétiser les avantages de la convergence IP/optique ? Il n'existe pas de solution universelle car l'évolution de l'architecture doit démarrer en partant de la réalité actuelle du réseau du CSP. Même si la vision souhaitée pour l'état final est un réseau IP/optique plus simple, rationalisé et convergent afin d'accélérer la vitesse des services et capitaliser sur les nouvelles opportunités offertes par la 5G, l'IoT et le traitement de périphérie à accès multiple, il existe de nombreuses voies pour y parvenir.

## Que se passe-t-il sur le marché ?

Les flux de trafic client se déplacent largement vers le domicile pour prendre en charge le modèle SOHO (petit bureau à domicile), les jeux et les cours en ligne. De plus, les entreprises accélèrent leur transformation numérique et

se déplacent vers les VNF (fonctions de réseau virtuelles) et les applications du cloud notamment le SD-WAN (WAN défini par logiciel) pour réduire leurs frais. Les décisions de déploiement pour la 5G commencent à augmenter tandis que les opérateurs évaluent les options de modernisation xHaul et planifient leur évolution de la 4G à la 5G.

Ces tendances du marché poussent le trafic vers la périphérie de réseau. Du point de vue des applications, cela signifie que la puissance de traitement devra se décentraliser pour devenir distribuée. Les applications continueront à devenir virtuelles à mesure qu'elles se déplaceront à proximité de la périphérie de réseau pour réduire le délai de transit et améliorer la QoE (qualité d'expérience) de l'utilisateur final. Cela nécessitera une terminaison de service dans le cloud et des points d'interconnexion plus proches de la périphérie du réseau.

Ainsi, de nombreux prestataires de services sont en discussion de planification à présent sur la création de nouveaux points d'accès au cloud de périphérie et réseau métropolitain. Ils explorent aussi de nouvelles technologies, tout ceci pour être prêts à prendre en charge les nouveaux flux de trafic et le nombre potentiellement exponentiel de nouveaux services qu'ils devront proposer aux cours des prochaines années. Tandis qu'ils cherchent à moderniser leurs réseaux IP, ils évaluent la convergence IP/optique dans le cadre de leur stratégie. En fait, selon une étude récente, 87 % des prestataires considèrent la convergence IP/optique comme un élément important ou critique de leurs réseaux de nouvelle génération<sup>1</sup>.

## Les défis associés aux conceptions de réseau traditionnelles

Pourquoi changer ? Un défi majeur des réseaux classiques d'accès, d'agrégation et métropolitains est lié à leur conception statique. Traditionnellement, des réseaux séparés d'accès et d'agrégation ont été bâtis pour prendre en charge différents types de service et SLA (accords de niveau de service). De plus, tous les flux de trafic se déplacent de l'accès au niveau métropolitain dans une configuration en étoile, avec tous les services entrant dans le réseau métropolitain, quelle que soit leur destination finale.

<sup>1</sup> Source : Heavy Reading, « IP and Optical Convergence Survey », mai 2021, n = 220

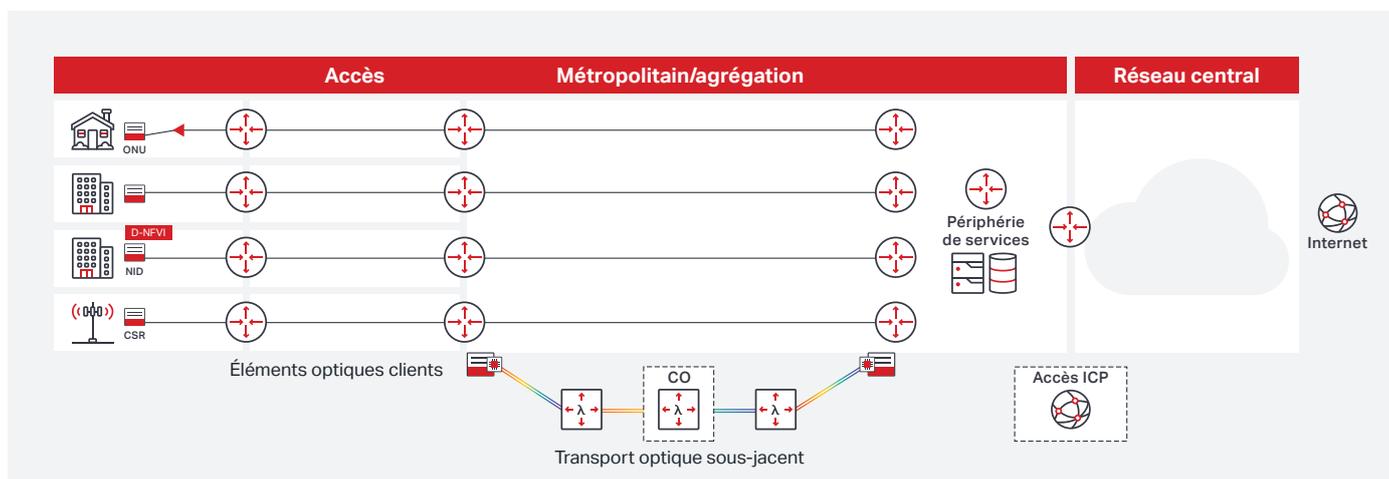


Figure 1. Conception de réseau traditionnelle

Cette architecture rend difficile l'insertion d'applications plus à proximité des zones d'accès et d'agrégation, ce qui entraîne un réseau trop rigide pour soutenir les applications et services distribués de nouvelle génération. De plus, le manque d'automatisation opérationnelle et de capacité programmable du matériel restreint la possibilité de déplacer avec flexibilité les flux de trafic selon les besoins. Il faut une évolution du réseau qui modernise les ressources existantes avec les toutes dernières innovations technologiques.

Qu'est-ce que la convergence IP/optique ?  
Lire l'article



## La promesse de la convergence IP/optique

Qu'est-ce que la convergence IP/optique ? Et quel est son rôle dans la modernisation du réseau IP ? Au minimum, ce terme fait référence à la rationalisation et à la simplification des couches réseau qui comportent le niveau optique (couche 0) et le niveau IP (couche 3).

Il y a des aspects à la fois matériels et logiciels liés à la convergence IP/optique et certains, voire tous, peuvent être utilisés pour simplifier le réseau. D'un point de vue matériel, de nouvelles innovations technologiques dans le domaine du DSP (traitement du signal numérique) et de la miniaturisation des éléments électro-optiques facilitent l'intégration de l'optique cohérente dans les plates-formes de routeur à travers des éléments enfichables compacts et cohérents. Le transport des données est assuré sur des systèmes de ligne photonique, qui offrent le niveau de flexibilité et de coûts adapté à l'utilisation spécifique du réseau. L'intelligence intégrée de ces plates-formes est importante pour simplifier l'allumage des services et les opérations.

Le contrôle par logiciel, l'automatisation et les analyses ne sont plus des éléments agréables à avoir mais sont nécessaires pour réussir la transformation du réseau. La convergence logicielle implique une gestion multicouche sur fournisseurs multiples et l'optimisation des ressources

à travers une interface unifiée qui permet la planification la corrélation des erreurs, la résilience des services et l'optimisation de la capacité.

Alors pourquoi un tel tapage autour de la convergence IP/optique ? En faisant converger ces couches réseau, de nombreux CSP espèrent dégager tout un éventail d'avantages : une simplicité et une automatisation opérationnelle renforcées, une meilleure vélocité de service, une fiabilité accrue et un coût total de possession réduit.

## L'état final idéal : une architecture IP/optique convergente établie selon les exigences nouvelle génération

Le futur réseau métropolitain doit anticiper et répondre à des niveaux de trafic dynamiques, à des flux de trafic changeants et des requêtes de service inattendues. De manière toute aussi importante, ce réseau doit servir de fondation pour l'innovation. Il doit permettre l'intégration rapide de nouveaux utilisateurs et applications et être capable de prendre en charge des services d'entreprise innovants tels que le découpage du réseau de bout-en-bout et le NaaS (réseau en tant que service). Le réseau doit être programmable et facilement configurable, avec la capacité d'exposer la fonctionnalité réseau à travers des API standard que les développeurs et les clients finals peuvent utiliser pour créer des nouveaux services et sources de revenus.

### À quoi ressemble cette vision ?

Avec l'IoT et les nouvelles applications 5G qui poussent à la prolifération des points de terminaison en couche 3, les CSP doivent faire évoluer leurs réseaux d'accès et d'agrégation de l'infrastructure de couche 2 à la couche 3. Avec ce changement, le plan de contrôle de la couche 3 s'étend dans le réseau d'accès, exigeant une transition vers une prestation de services simplifiée de bout en bout à travers un EVPN (VPN Ethernet) pour un seul service et un SR (Segment Routing) pour un seul transport. Un système d'exploitation moderne de réseau IP par conteneurs qui prend en charge la toute dernière génération de services et protocoles de contrôle moderne permet des opérations rationalisées,

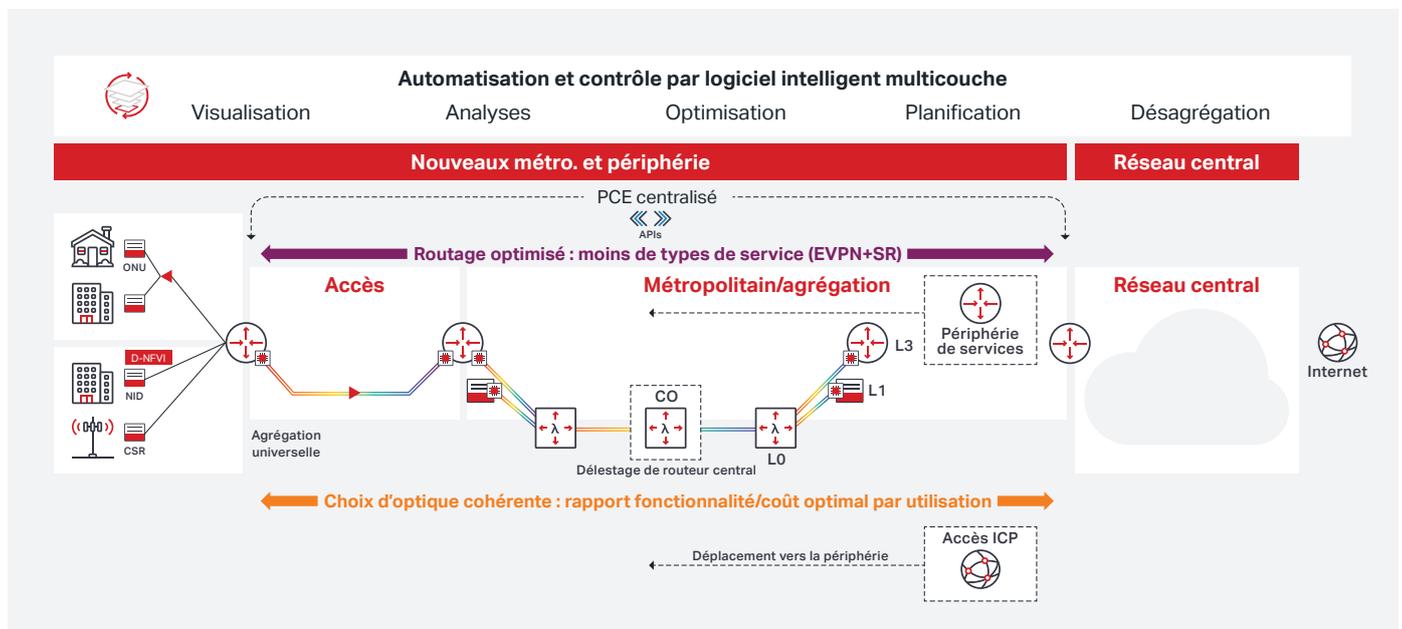


Figure 2. Futur mode de fonctionnement : état final idéal

notamment des actualisations plus rapides et l'accélération de la prise de bénéfices avec les nouvelles fonctionnalités.

Un pilier des architectures nouvelle génération sera un contrôleur multicouche SDN centralisé qui fournira un PCE (Path Computation Engine) et des applications réseau de pointe. Une télémétrie des données de diffusion et des analyses réseau guident le PCE et améliorent l'exploitation. Elles fournissent un niveau avancé de visibilité, d'analyse et d'optimisation de service ainsi qu'un dimensionnement et un calcul de chemin automatisés, ce qui simplifie l'expérience utilisateur. Des API ouvertes exposent la fonctionnalité du réseau aux développeurs pour permettre d'innover et d'introduire rapidement de nouveaux services. Elles permettent aussi un accès et une intégration faciles aux appareils tiers, ce qui est essentiel à un déploiement pratique. Des capacités d'automatisation IP de pointe entraînent aussi une réduction des coûts opérationnels, une accélération de la prise de bénéfices et une amélioration de la garantie de service avec des MTTI (Mean Time to Identify) et MTTR (Mean Time to Repair) réduits.

Afin de soutenir des services via une infrastructure commune, les réseaux à accès séparé doivent converger. En fonction des offres de service et de la conception de réseau actuelle, cette convergence requiert un mélange de technologies d'accès actives et passives, telles que PON (Passive Optical Network) et Ethernet, ainsi que la capacité de continuer à prendre en charge des services hérités comme TDM (Time Division Multiplexing) avec des éléments enfichables compacts et rentables. Le rôle de la convergence IP/optique dans l'accès est celui de soutenir une capacité accrue tout en surveillant la consommation de place et d'énergie. À cette fin, des composants à optique cohérente intégrés à des plates-formes IP commenceront à pénétrer dans cette zone du réseau en demandant des systèmes de ligne cohérente à accès optimisé.

Les réseaux métropolitains centraux et d'agrégation doivent pouvoir prendre en charge différents modèles de trafic qui peuvent transiter par un grand nombre de sauts pour aller de A à Z. Des routeurs spécialement conçus pour soutenir des éléments optiques cohérents de performance supérieure sont nécessaires pour cette partie du réseau. Une couche de transport optique séparée est conservée pour une prise en charge efficace et continue des services, existants et nouveaux, de longueur d'onde à haute bande passante et OTN (Optical Transport Network). Enfin, une sous-couche intelligente et flexible ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) est nécessaire pour traiter efficacement toutes les demandes en bande passante et fournir des options de contournement directement au réseau central, prendre en charge le délestage du trafic IP pour une meilleure évolutivité du réseau et soutenir une reconfigurabilité du réseau pour une extension simple et une utilisation efficace des ressources de fibre.

En prenant ce qui précède en compte, les CSP pourront atteindre un état final de convergence idéal, convenant à leur environnement réseau, une architecture fluide pouvant rapidement s'adapter pour prendre en charge de nouveaux flux de trafic et s'étendre simplement vers les nouvelles bretelles d'accès du cloud, en optimisant la QoE tout en limitant les coûts pour l'ère du contenu et des services distribués.

Les bouleversements ouvrent des opportunités, à condition d'y être préparés.  
Lire le blog



## La réalité et les défis du réseau à surmonter

C'est simple : le plus gros défi auquel les CSP sont confrontés pour parvenir à une architecture IP/optique convergente idéale est la réalité de leur réseau actuel. Très peu de CSP ont le luxe d'un environnement vierge pour leur réseau. Les modèles de service et de transport existants, les actifs matériels déployés et la disponibilité, tout comme les caractéristiques de la fibre jouent tous un rôle critique dans toute stratégie de modernisation IP. Toutes ces exigences doivent être soigneusement évaluées et traitées.

À mesure que les prestataires de services passent à un modèle commun pour le transport et les services, des points de départ pour la migration et des voies d'évolution différents doivent être pris en compte en fonction de la réalité du réseau de chaque prestataire. Dans certains cas, il peut exister une opportunité pour une approche révolutionnaire, tandis que dans d'autres, l'évolution est requise pour correspondre aux exigences économiques. Tandis que les CSP évaluent l'environnement actuel de leurs services hérités et de leurs protocoles de transport, il faut souvent une conversation à propos de l'évolution adaptative du réseau. La co-existence et l'interopérabilité des protocoles sont des éléments clés à prendre en compte : par exemple, la prise en charge simultanée de MPLS-TP (Multiprotocol Label Switching - Transport Profile) et SR. À mesure que le réseau grandit, l'analyse de la rentabilité liée à la simplification de la conception du réseau IP (au lieu de reproduire le statu quo) se renforce.

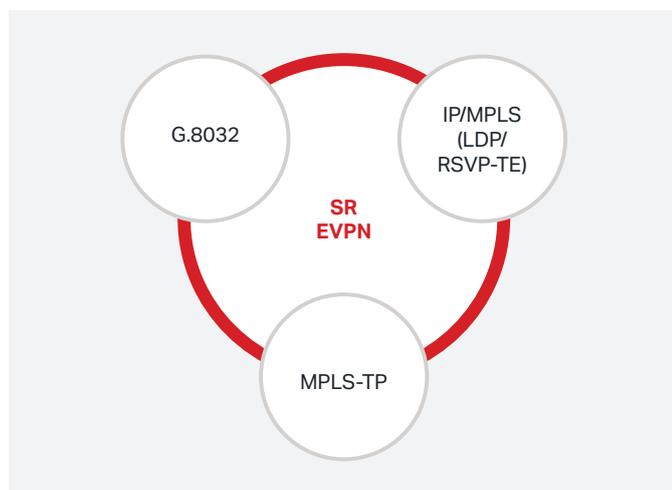


Figure 3. Déplacement vers un modèle commun de transport et services

De plus, il existe plusieurs manières de mettre en œuvre le plan de contrôle et l'automatisation dans une architecture convergente : allant de 100 % distribués (dans les appareils) à 100 % centralisés (dans un contrôleur) sans routage ou signalisation sur le réseau. Plusieurs alternatives existent entre ces extrêmes et identifier la meilleure voie d'évolution est un autre point important à prendre en compte.

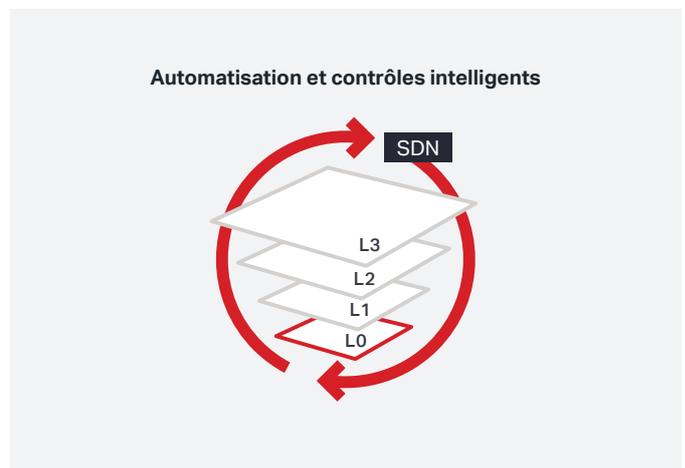


Figure 4. Évolution vers un contrôle multicouche centralisé

Enfin, les flux de trafic A-Z spécifiques, les caractéristiques et la disponibilité de la fibre et les actifs existants de l'infrastructure photonique et du routeur dictent la technologie cohérente qui représente le meilleur choix et fournit le coût total de possession le plus faible à déployer. Tout d'abord, les routeurs existants ont-ils été conçus pour supporter la dissipation de chaleur associée avec des éléments enfichables cohérents ? Sans aucun impact sur la densité de commutation ? Une réponse négative à l'une de ces questions peut empêcher le déploiement d'éléments enfichables cohérents dans les routeurs avant que les plates-formes nouvelle génération ne soient déployées. Dans tous les cas, les économies en terme d'énergie, de place et de coûts associés aux éléments enfichables cohérents peuvent encore être réalisées en déployant ces derniers dans les équipements de transport. La fibre est-elle une ressource sévèrement limitée ? Si tel est le cas, les composants optiques aux performances optimisées et intégrés aux équipements de transport peuvent se révéler comme le meilleur choix technologique.

Des éléments enfichables cohérents QSFP-DD interopérables procurent de nombreux avantages : ils offrent les meilleures efficacités en termes d'espace et d'énergie, ainsi que dans le choix de fournisseurs. D'un autre côté, les éléments enfichables interopérables QSFP-DD sont les plus limités au point de vue des performances. Des performances supérieures et une portée allongée peuvent être atteintes en mettant en œuvre des conceptions d'enfichables cohérents propriétaires. L'ingénierie de liaison effectuée sur le réseau spécifique déterminera le type d'enfichable cohérent requis. Pour exemple, la modélisation de réseau effectuée sur le réseau métropolitain d'un prestataire de services en Amérique du Nord a montré que seulement environ 20 % des chemins de données optiques peuvent être clos avec des conceptions 400ZR interopérables, les autres 80 % exigent des éléments enfichables de performance supérieure ou optiques intégrés. En général, pour déterminer le meilleur choix dans la sélection d'optique cohérente, une ingénierie

## Réseau métropolitain de prestataire de services nord-américain

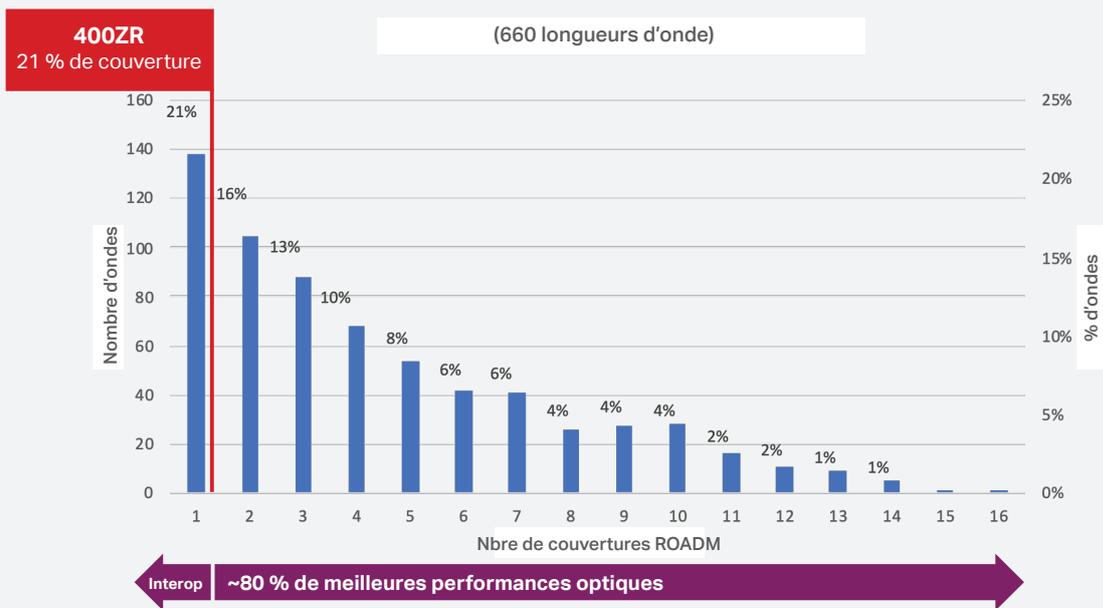


Figure 5. Distribution des demandes de trafic adressées par différents choix d'optique cohérente

de liaison et une modélisation d'étude de rentabilité de différents scénarios sur une période de 5 à 10 ans doivent être menées.

### Une approche d'évolution par phases vers la convergence IP/optique

Évoluer vers une architecture convergente IP/optique peut sembler une tâche insurmontable mais il existe des étapes concrètes qui peuvent être suivies dans une approche par phases pour commencer à profiter des avantages opérationnelles d'un réseau métropolitain modernisé.

Il existe quatre activités principales qu'un CSP peut mener pour découvrir sa voie idéale vers la convergence IP/optique (classées du degré le plus bas au plus haut en termes de bouleversements et de risques) :

1. Optimisation du réseau par logiciel : Utiliser un contrôle de domaine multicouche centralisé pour optimiser la qualité de service, la capacité et les ressources réseau sur les couches IP et optique. Un contrôle de domaine multicouche intelligent améliore la résilience à travers un niveau renforcé de visibilité et de connaissance sur les chemins partagés à travers les couches.
2. Changement de technologie : Introduire une technologie à optique cohérente nouvelle et plus rentable comprenant des éléments enfichables dans les équipements de transport existants ou sur de nouveaux routeurs à « conception cohérente » à mesure qu'ils sont déployés sur le réseau. Sélectionner la conception à optique cohérente qui permet un déploiement fluide et qui ne demande pas d'interventions d'équipe et de changements de la couche photonique.

3. Prise en compte de la couche photonique : À mesure que le réseau s'étend, sélectionner une conception de système de ligne photonique ouverte et suffisamment flexible pour prendre en charge une expansion facile vers de nouveaux sites ainsi que de nouvelles technologies optiques rentables de taille adaptée pour prendre en charge les exigences liées à la croissance du trafic et de la capacité du réseau.
4. Changement d'architecture : Évaluer l'impact du changement de différentes parties du réseau comme l'accès, l'agrégation, le niveau métropolitain et commencer à mettre en œuvre une nouvelle architecture quand cela convient.

Les CSP doivent travailler avec leurs équipes internes pour évaluer le rapport risque/avantages de différentes options. Les experts de planification IP et optique doivent participer à l'analyse pour exposer les angles morts qu'un expert dans un domaine particulier peut ne pas être capable de remarquer seul. Les évaluations effectuées à l'aide d'une expertise IP et optique ont plus de chance de mettre à jour des écueils cachés qui peuvent être associés avec certaines décisions de technologie ou d'architecture. Une évolution partielle peut être la meilleure approche pour certains réseaux. Il n'existe pas de solution universelle car l'évolution de l'architecture doit démarrer en partant de la réalité actuelle du réseau du CSP.

## Approche Adaptive Network de Ciena pour la convergence IP/optique : prêts pour l'ère du contenu et des services distribués

La modification de l'environnement du secteur pousse le besoin pour un réseau plus réactif, automatisé et piloté par des applications. Ceci est étroitement lié à la vision Adaptive Network™ de Ciena : un réseau programmable qui recourt à l'automatisation, guidée par des analyses et des politiques fondées sur l'intention, pour rapidement assurer l'évolution, l'auto-configuration et l'auto-optimisation du réseau par une évaluation constante des pressions et demandes qu'il subit.

Établie sur la base de cette vision, l'approche de Ciena pour la convergence IP/optique débute avec son approche Adaptive IP™. Les routeurs de conception spéciale de Ciena, plus simple, automatiques, ouverts et légers peuvent être utilisés pour établir une matrice de réseau IP qui fonctionne à échelle dans les réseaux de nouvelle génération. À l'aide d'un système SAOS (Service-Aware Operating System) moderne et basé sur conteneurs, les clients parviennent à un réseau IP automatisé plus simple, de l'accès jusqu'au niveau métropolitain, qui permet de personnaliser, d'innover rapidement et de créer plus rapidement des services pour accélérer la prise de bénéfices. L'agilité opérationnelle est facilitée à travers des interfaces logicielles et matérielles ouvertes prenant en charge des protocoles normalisés modernes, tels que SR et EVPN, avec une base de code évolutive sur les plates-formes physiques et virtuelles, et de l'accès jusqu'au noyau. Une extensibilité plus simple du plan de contrôle et du logiciel permet aux prestataires de services de créer une architecture fluide qui peut intégrer rapidement de nouveaux utilisateurs et applications, et facilement rediriger les flux de trafic dans de nouveaux sites de points chauds.

Adaptive IP  
En savoir plus



Les composants WaveLogic™ Photonics de Ciena fournissent des solutions à optique cohérente optimisées à leur utilisation qui réduisent la complexité et les coûts du réseau tout en répondant aux exigences réseau des clients. Avec le plus large éventail de choix à technologie cohérente, les utilisateurs peuvent sélectionner les éléments optiques qui correspondent le mieux aux performances requises pour une application réseau spécifique, qu'il s'agisse d'éléments enfichables 100G-200G pour les applications d'accès, d'éléments enfichables 400G interopérables en format QSFP-DD pour les applications de DCI métropolitaine, d'éléments enfichables 400G CFP2-DCO à haute performance qui peuvent fonctionner dans les réseaux ROADM métropolitains existants ou d'éléments optiques intégrés à performance maximum qui fournissent le meilleur niveau d'efficacité spectrale et de capacité de fibre. En tirant parti de l'expertise inégalée de Ciena en matière de

conception cohérente et de solutions réseau, les utilisateurs obtiennent les avantages d'une moindre consommation d'énergie, d'une portée étendue qui réduit la régénération au minimum, diminue les visites sur site et permet un réseau plus simple. Ses outils de planification et d'ingénierie de liaison respectés sur le secteur assurent des réseaux fiables et des performances prévisibles.

Les systèmes de ligne optique instrumentés de Ciena sont conçus pour fonctionner sur des réseaux totalement automatisés. Les WaveLogic Photonics offrent une surveillance approfondie et des données sur le réseau en temps réel qui peuvent être exposées aux contrôleurs Northbound par des API ouvertes. L'intelligence intégrée au matériel photonique assure une mise en marche automatique du système, une caractérisation de fibre, une localisation précise des défaillances sur la fibre et une optimisation continue en temps réel du système sur toute la durée de vie du réseau. De manière toute aussi importante, Ciena propose une variété de systèmes de ligne désagrégés, ouverts pour correspondre aux exigences en matière de coûts et de flexibilité pour une application réseau particulière, depuis les simples systèmes point-à-point jusqu'aux réseaux ROADM entièrement flexibles et reconfigurables.

MCP (Manage, Control and Plan) de Ciena, le contrôleur de domaine multicouche le plus avancé du secteur, fournit une interface unifiée pour un flux opérationnel cohérent sur les couches 0 à 3, permettant une optimisation multicouche. Des applications de pointe sont intégrées à MCP pour fournir un contrôle intelligent du réseau pour la simplification et l'automatisation des tâches complexes requises pour optimiser les performances multicouches. Débutant en couche 3, les applications Adaptive IP de Ciena fournissent des analyses de performances à reconnaissance de service et de chemin IP/MPLS à fournisseurs multiples avec un PCE automatisé pour SR-TE (SR Traffic Engineering). Ces capacités améliorent notablement la garantie des services IP en réduisant le temps nécessaire pour identifier et résoudre les problèmes de performance. À la couche 0, les applications Liquid Spectrum™ assurent une analyse en temps réel et fournissent une visibilité sur la couche photonique programmable de Ciena et les systèmes de ligne étrangers, afin que les utilisateurs puissent répondre aux demandes dynamiques de bande passante en temps réel pour augmenter la capacité du réseau et la disponibilité des services.

Applications MCP  
Regarder la vidéo



Pour les clients cherchant des solutions logicielles dépassant le contrôle des couches 0 à 3, le logiciel Blue Planet® Intelligent Automation assure une automatisation du cycle de vie des services de bout en bout sur des domaines multiples, ainsi que des réseaux à équipementiers multiples.

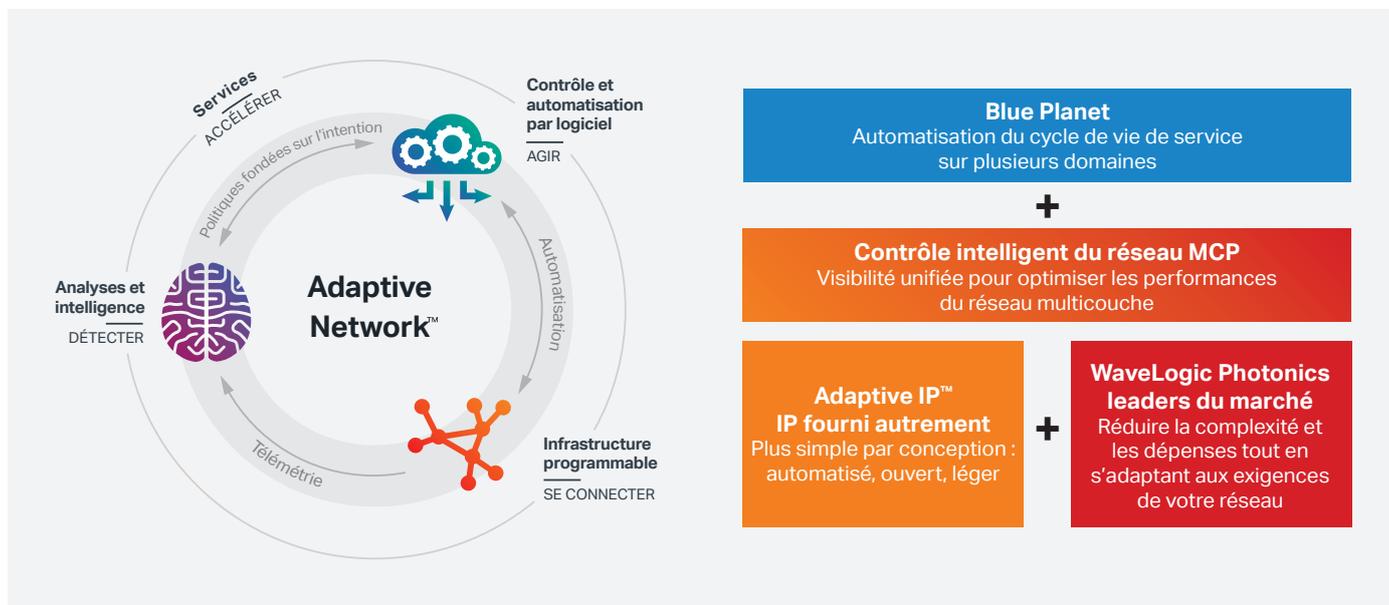


Figure 6. Approche Adaptive Network de Ciena pour la convergence IP/optique

Ciena fournit aussi des services professionnels avec une expertise dans la modernisation des réseaux complexes. Depuis le développement initial de la stratégie jusqu'à sa mise en œuvre et sa gestion continue, les experts des Services Ciena soutiennent les clients à chaque phase du cycle de vie du réseau.

L'environnement des communications évolue rapidement. De nouvelles applications et utilisations poussées par les dynamiques changeantes des marchés d'entreprise et résidentiels, de la 5G et du cloud ouvrent de nouvelles opportunités de revenus alléchantes pour les prestataires de services. La convergence IP/optique permet aux opérateurs de saisir ces nouvelles opportunités à travers un réseau IP plus rentable et résilient. Mais il n'existe pas de solution universelle pour faire évoluer de une architecture : le processus démarre avec la réalité du réseau du CSP.

IP fourni autrement avec Adaptive IP. Les WaveLogic Photonics, leaders du marché. Le contrôleur de domaine le plus avancé du secteur. Les solutions convergentes IP/optiques de Ciena démarrent et construisent sur les réseaux existants pour évoluer vers une infrastructure plus rationalisée et programmable, pouvant servir de fondement à l'innovation dans cette nouvelle ère de contenu et de services distribués.

? Ce contenu vous a-t-il été utile ?