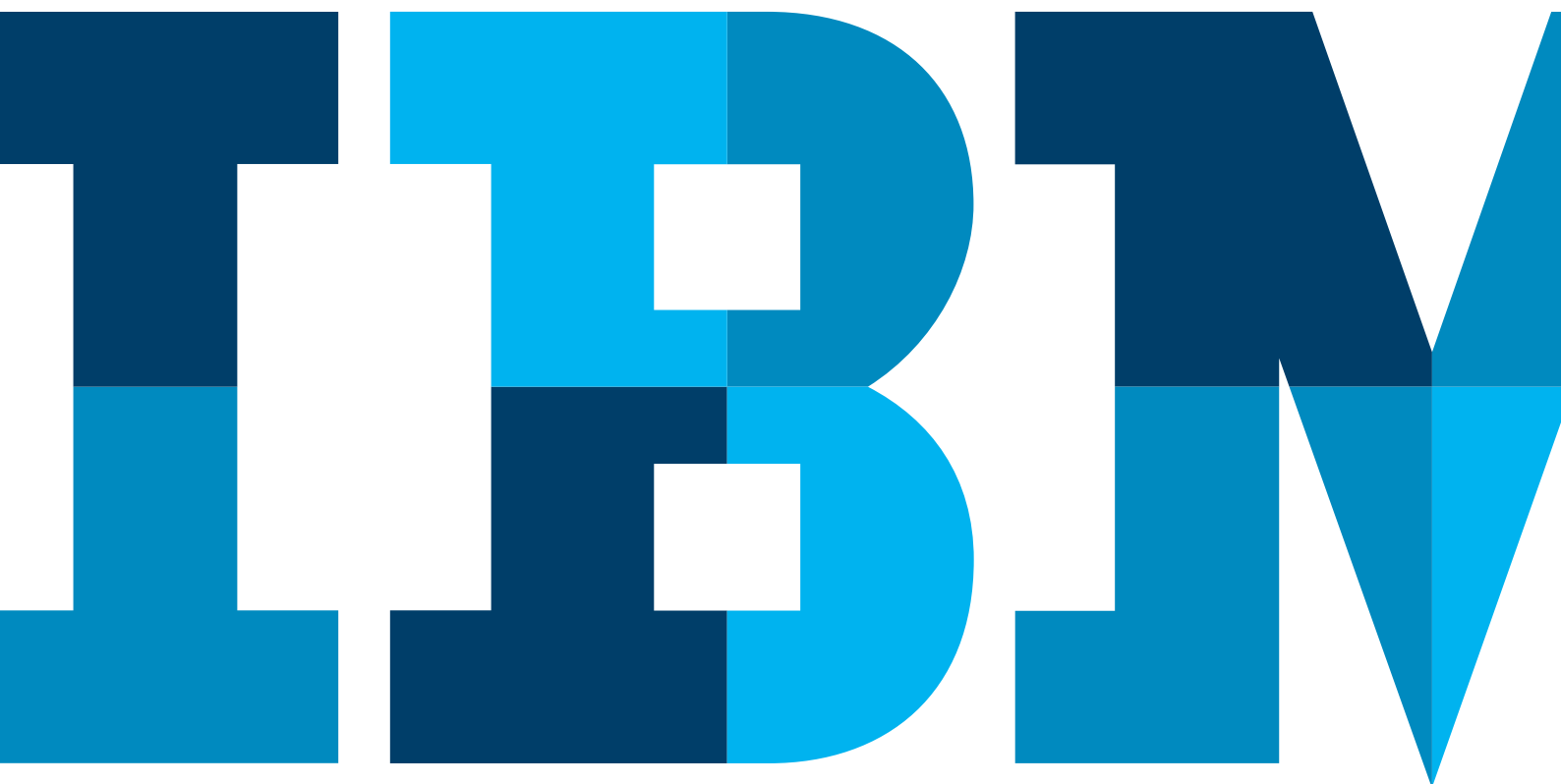


# Smarter Networks with Passive Optical Local Area Networks

*Inventer une infrastructure d'entreprise innovante  
et réduire le coût total de possession*



## Sommaire

- 2 Introduction**
  - 2 Pourquoi Passive Optical LAN ?
- 3 Comprendre les modèles de trafic réseau de l'entreprise**
- 5 Repenser l'architecture LAN basée sur des commutateurs actifs**
- 8 Passive Optical LAN, une architecture LAN émergente**
- 9 Étude de cas : un déploiement récent de Passive Optical LAN**
  - 9 Coût total de possession
  - 11 Frais d'investissement
    - 12 Coûts des matériaux
    - 12 Coûts de construction
  - 12 Dépenses opérationnelles
    - 12 Gestion de réseau
    - 13 Économies d'espace au sol
    - 13 Réduction de la consommation d'électricité et de refroidissement
  - 14 Vers une infrastructure plus intelligente et des bâtiments écologiques
- 14 Déployer un Passive Optical LAN pour un bénéfice immédiat**
- 15 Auteurs**
- 16 Informations complémentaires**
  - 16 Services IBM de câblage des installations
  - 16 Association for Passive Optical LAN :

## Introduction

Dans les années 80 et 90, les communications optiques ont révolutionné la transmission longue distance. Aujourd'hui, les communications longue distance et sous-marines constituent la structure de base de chaque opérateur majeur s'appuyant sur la fibre optique. Cette technologie s'est révélée infiniment supérieure au cuivre en termes de bande passante, de portée, de puissance consommée, de longévité et de fiabilité. Les récentes avancées dans la fabrication et la commercialisation de composants optiques passifs permettent d'étendre maintenant ces fonctionnalités à des réseaux environnants et de campus. Pour les bâtiments traditionnellement câblés avec du cuivre CAT 5/6, l'émergence de la technologie Passive Optical LAN est une occasion fantastique car elle apporte des gains significatifs en termes de coûts et d'encombrement liés à son infrastructure, réduit les besoins énergétiques avec son réseau écologique, offre une bande passante évolutive, une sécurité optimisée et très élevée avec une meilleure fiabilité.

### Pourquoi Passive Optical LAN ?

Passive Optical LAN est une solution idéale pour les nouveaux projets d'infrastructure et de mise à niveau des infrastructures existantes pour les raisons suivantes :

*Bande passante garantie* : Les modèles de trafic d'entreprise d'aujourd'hui générés par la consolidation des serveurs (Data Center), par la VDI (Virtual Desktop Infrastructure), par le BYOD (Bring Your Own Device), par l'informatique mobile et le cloud computing, sont mieux servis par un modèle de commutateur centralisé et non par des technologies de groupes de travail traditionnelles avec commutateurs actifs multicouches.

*Evolutivité garantie* : Les Passive Optical LAN offrent une voie d'évolution à l'épreuve du futur vers des bandes passantes supérieures, une sécurité optimisée, un réseau plus écologique et d'un niveau plus élevé sur la même infrastructure fibre.

*Economies en frais d'investissement (CAPEX) et dépenses d'exploitation (OPEX)* : Les Passive Optical LAN remplacent les répartiteurs intermédiaires « IDF » (Intermediate Distribution Frame) actifs (commutateurs Ethernet de la couche d'agrégation) par des composants passifs, réduisant ainsi les besoins d'espace, d'énergie, de refroidissement ainsi que les coûts d'installation. Les Passive Optical LAN remplacent le câblage cuivre traditionnel par de la fibre optique, économisant ainsi des espaces et des charges au sol. La gestion des Passive Optical LAN est plus simple et offre des fonctionnalités avancées qui peuvent être facilement managées à partir d'une gestion centralisée pour l'ensemble d'un campus.

Cet article étudie la technologie des Passive Optical LAN et ses implications pour les projets d'infrastructure de câblage. Nous démontrons les modèles de trafic d'entreprise en utilisant le trafic réseau capturé dans un grand campus d'entreprise. Nous traitons ensuite de l'architecture LAN traditionnelle, des composants des Passive Optical LAN, de l'analyse du coût total de possession (et d'autres implications pour la gestion du réseau), des bâtiments et de la consommation d'énergie. Nous montrons ensuite que l'architecture optique passive est largement supérieure aux LAN traditionnels basés sur des câbles en cuivre en termes de flexibilité de déploiement, de facilité de gestion, de respect de l'environnement et de coûts d'investissement et d'exploitation.

## Comprendre les modèles de trafic réseau de l'entreprise

Lors de la planification d'une conception LAN, soit dans le cadre d'un nouveau déploiement soit pour la mise à niveau d'une infrastructure existante, il est essentiel de comprendre les caractéristiques du trafic réseau dans les environnements d'entreprise. Peu d'études ont été réalisées pour explorer le trafic au sein de l'entreprise, car la plupart des travaux ont porté sur la mesure du trafic sur Internet. La plupart des études sur le trafic de l'entreprise rapportées dans la littérature datent généralement de plus d'une décennie et se concentrent sur des LAN spécifiques plutôt que sur des sites complets.

Nous analysons les modèles de trafic réseau en utilisant les données de trafic réseau capturées sur le site d'une grande entreprise. Le site compte environ 1500 employés, chacun ayant un bureau et dispose d'environ 30 salles de conférence. Chaque employé a un téléphone IP et la plupart n'ont qu'un seul ordinateur de bureau ou un ordinateur portable. La configuration réseau de ce site correspond à ce que l'on trouve généralement dans les grandes entreprises. Le commutateur principal achemine le trafic externe vers le fournisseur de services Internet et transfère le trafic interne vers le site serveur correspondant, celui-ci pouvant être situé dans le bâtiment ou être distant du site.

Nous constatons que la plupart du trafic passe par le commutateur principal ce qui implique très peu de trafic peer to peer. C'est une configuration typique dans un environnement d'entreprise car la plupart des applications d'entreprise sont de type client-serveur et les serveurs sont hébergés dans des centres de données distants.

En ce qui concerne la consommation de la bande passante des différentes applications, le trafic e-mail et web consomme plus de 74 % de la bande passante, suivi par le transfert de fichiers car l'organisation utilise un système de fichiers distribué et les conférences en ligne qui sont couramment utilisées pour le partage d'écrans. Une petite partie du transfert de fichiers est induite par le service de cloud et apparaît principalement dans le trafic HTTP car l'interface utilisateur du service de cloud est une interface web. La Figure 1 montre les principales applications en fonction de l'utilisation de la bande passante.

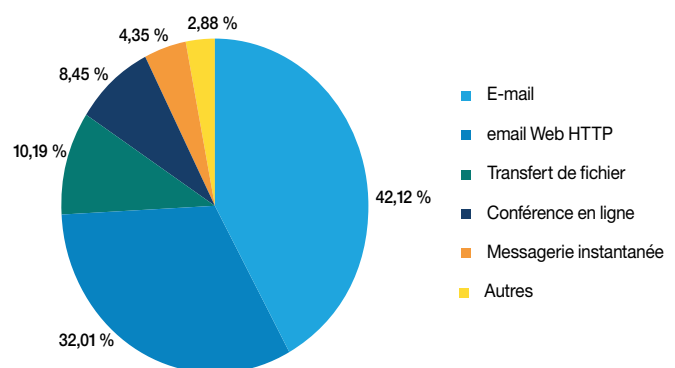


Figure 1 : Consommation en bande passante des applications d'entreprise

Alors que la consommation de bande passante par utilisateur ne varie pas beaucoup sauf pour quelques utilisateurs, les pics d'utilisation de bande passante par utilisateur sont très différents d'un utilisateur à un autre. Nous avons classé les pics d'utilisation de bande passante en cinq catégories. La figure 2 montre le pourcentage d'utilisateurs pour chaque catégorie de pics d'utilisation de bande passante. Les résultats montrent que la plupart des utilisateurs avaient un pic d'utilisation de bande passante inférieure à 50 Mb/s et que presque tous les utilisateurs ont utilisé moins de 80 Mb/s. Une enquête plus poussée a révélé que ceux qui dépassaient les 50 Mb/s réalisaient des transferts de fichiers depuis le système de fichiers distribués de l'entreprise et des téléchargements depuis le réseau de l'entreprise. Nous avons également remarqué que l'outil de messagerie utilise pour le téléchargement des pièces jointes un algorithme très gourmand en bande passante qui accapare la majorité de la bande passante disponible. Dans l'environnement,

nous avons constaté qu'il n'existait aucune limite de taille pour les pièces jointes aux e-mails et que le téléchargement de fichiers volumineux était très courant. Ce modèle d'utilisation suggère que les pics d'utilisation de bande passante observés pourraient être plus élevés que ceux des entreprises ayant moins de demandes de transfert de fichiers. Nous avons également observé qu'environ 0,1 % du trafic dépasse les 80 Mbit/s

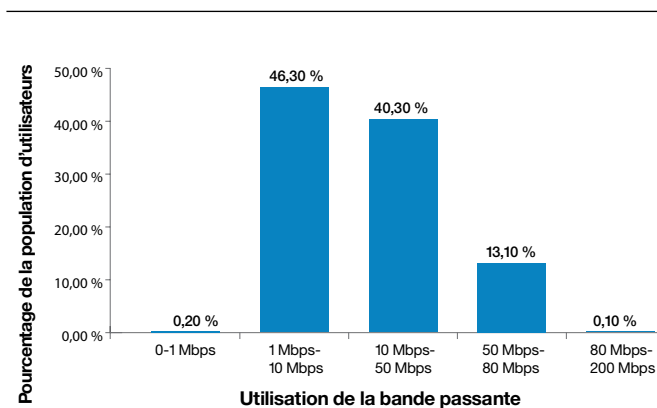


Figure 2 : Pic d'utilisation de la bande passante par utilisateur

Nous avons analysé l'utilisation moyenne de la bande passante pour les applications les plus courantes. Pour les applications web, dans la mesure où elles utilisent toutes le protocole HTTP et les mêmes ports de communication, il était difficile de pouvoir les différencier en fonction des données de journalisation du réseau. Par exemple, beaucoup d'accès au cloud sont effectués via des interfaces web. Pour ces applications, nous avons mesuré l'utilisation de la bande passante en exécutant l'application réelle et la charge de travail réelle. Le tableau suivant montre les applications typiques de l'entreprise et leur consommation de bande passante :

Applications	Configuration	Utilisation de la bande passante
Téléphone VoIP (Voice over Internet Protocol)	Configuration 64 kilobits par seconde (Kbps)	à 100 Kbps
Vidéo surveillance	MPEG4 Haute Définition	à 6 Mbps
E-mail	Actualisation deux minutes	50 à 500 Kbps
Navigation web	Sites web sans vidéo	50 à 300 Kbps
Vidéo conférence	720p	à 2 Mbps
Vidéo en ligne	720p	à 2 Mbps
Accès Cloud	Stockage de données, application d'entreprise	50 à 200 Kbps
VDI	Affichage plein écran 1080p	500 Kbps à 2 Mbps

Les résultats des mesures ont amené les observations suivantes :

1. Le trafic de l'entreprise était essentiellement basé sur une configuration en étoile, avec presque toutes les ressources des applications centralisées et accessibles à distance ou via d'autres types de protocoles non-locaux.
2. Il y a eu une augmentation constante du trafic HTTP devant sortir du réseau de l'entreprise.

Cette tendance s'est accompagnée d'une accélération de la consolidation au cours des trois à cinq dernières années, le nombre de centres de données a diminué, les serveurs d'agence ont été rapatriés vers les centres de données principaux, les serveurs eux-mêmes ont été consolidés grâce à la virtualisation. Gartner Research prévoit que la tendance vers moins de trafic local va se poursuivre et que d'ici 2016 moins de 10 % du trafic sera local. Avec la compréhension de ces flux de trafic, il est très probable que les schémas d'utilisation qui ont engendré l'informatique décentralisée et donné naissance aux LAN reviennent à un modèle centralisé. Cet type d'utilisation exige une nouvelle architecture et une justification économique.

## Repenser l'architecture LAN basée sur des commutateurs actifs

Les infrastructures LAN traditionnelles sont basées sur des commutateurs multicouches actifs et sont couramment désignées sous le nom d'infrastructures à deux ou trois niveaux. Dans une configuration de LAN d'entreprise classique, un groupe d'ordinateurs se connecte à un concentrateur ou à un commutateur de couche d'accès.

Le commutateur de la couche d'accès transmet les paquets réseau initiés par les ordinateurs vers le commutateur de la couche de distribution. Enfin, le paquet est transféré vers le commutateur central et routé vers la destination. Si la destination est connectée au même commutateur réseau, le trafic sera routé vers la destination sans passer par les commutateurs de la couche supérieure. La Figure 3 illustre cette architecture en couches et l'organisation typique des unités.

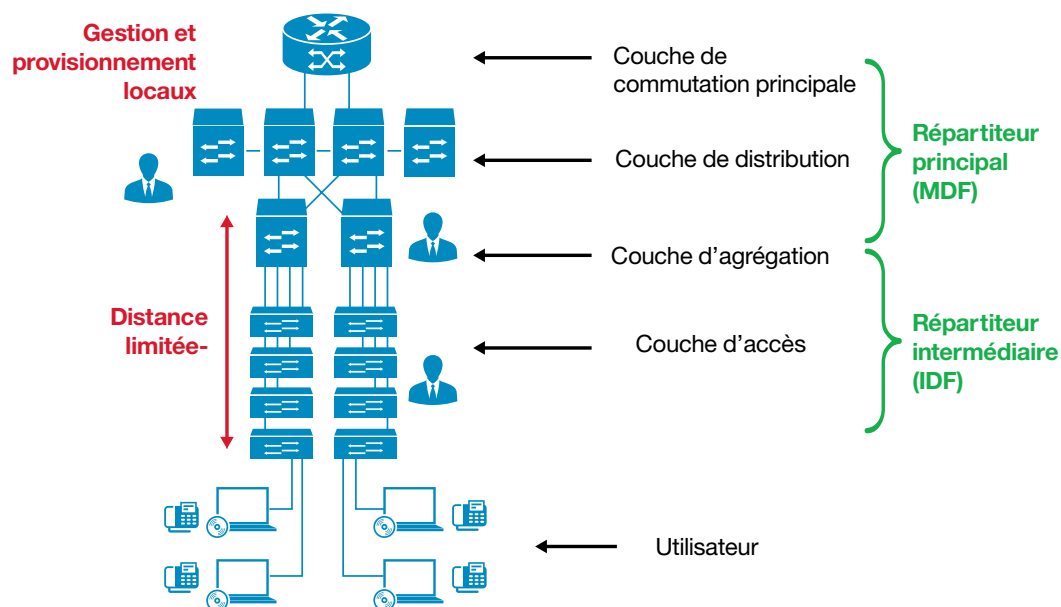


Figure 3 : Architecture LAN traditionnelle

Cette architecture en couches est encore compliquée par sa mise en oeuvre lors d'une intégration au sein d'un bâtiment. Pour mapper les différentes couches au bâtiment ou aux structures du campus, les concepts de répartiteur principal (MDF) et répartiteur intermédiaire (IDF) sont couramment utilisés. Le répartiteur principal « MDF » fait généralement référence à la salle informatique principale réservée aux serveurs et aux commutateurs centraux. Le répartiteur intermédiaire « IDF » est une salle ou une armoire distante avec des commutateurs de couche d'accès. La conception du répartiteur intermédiaire « IDF » est limitée par un certain nombre de facteurs dont la limite liée à la longueur du câble, la consommation électrique, le refroidissement et la densité d'utilisateurs. Ces facteurs ont été intégrés à la conception des bâtiments par des architectes pour tenir compte de la superficie maximum utilisable de chaque bâtiment.

La limitation fondamentale de cette architecture en couches est principalement due aux caractéristiques du câble en cuivre couramment utilisé pour connecter les postes de travail et les commutateurs de la couche d'accès. Les limitations incluent :

*Limitation des longueurs des câbles cuivre* – comme le signal haute fréquence transmis dans le fil de cuivre se dégrade avec la longueur, la longueur maximale d'une liaison en câble de cuivre entre deux unités actives est de 100 mètres. Dans une installation typique, cette mesure se traduirait par 90 mètres de câblage « horizontal » cuivre entre le panneau de brassage et la prise murale, plus 5 mètres de câble cordon à chaque extrémité entre chaque prise et l'unité connectée. Dépasser la longueur de câblage de raccordement ou la longueur de câble maximale provoque une perte du signal.

*Bande passante des câbles de cuivre* – La vitesse du transfert de données utilisée par les LAN cuivre a augmenté considérablement, passant de 10 Mbit/s il y a une décennie à 1 à 10 Gbits/s. Cependant, pour atteindre ces vitesses, les systèmes ont évolué d'une fréquence radio de 10 MHz avec du câble CAT 3 à 500 MHz aujourd'hui en CAT 6A. Chaque évolution a également été accompagnée d'une mise à niveau physique du câble. En outre, lorsque de hautes fréquences radio sont transférées, des structures plus sophistiquées sont nécessaires pour les câbles. Certaines peuvent nécessiter des procédés spéciaux tels que la suppression du bruit pour éliminer les interférences diaphoniques lorsque les signaux sortant et entrant ne sont pas équilibrés.

*Structure physique des câbles de cuivre* – aujourd'hui lors des déploiements de LAN, beaucoup de temps est consacré à la pose des câbles Ethernet cuivre afin de rendre un aspect soigné de l'installation. Néanmoins, les câbles Ethernet deviennent très facilement désordonnés et volumineux. La première impression devant la plupart des armoires ou des salles de machines est une profusion de câbles Ethernet. En outre, le poids du câble en cuivre peut également être considérable. Un câble CAT 6 de 305 mètres pèse en moyenne 11 kilos et les câbles CAT 6A font environ 22 kilos pour 305 mètres, tandis que les câbles à fibres optiques font moins de 5 kilos pour 305 mètres. Pour la même longueur de câble, les câbles à fibres optiques utilisent moitié moins de plastique qu'un LAN traditionnel en cuivre et n'utilisent pas du tout de cuivre. La Figure 4 montre l'importance et la complexité du câblage liés à une armoire de commutation.

*Règles d'installation des câbles de cuivre* – L'installation des câbles de cuivre est une tâche assez délicate qui doit prendre en compte de multiples facteurs notamment l'acheminement des câbles et leurs éloignements par rapport aux câbles électriques. Le signal haute fréquence transmis par le câble en cuivre est très sensible aux bruits. Il existe de nombreuses règles en ce qui

concerne le déploiement de câbles cuivre Ethernet. Par exemple, les câbles Ethernet doivent être maintenus à une certaine distance des fils électriques et doivent être orthogonaux par rapport aux câbles électriques lorsqu'ils les traversent. Toutes ces exigences rendent le coût d'une installation de câble en cuivre plutôt élevé.



*Figure 4* : Armoire de commutation d'une petite société. Le côté gauche de l'image montre le rack de commutation principal avec d'énormes groupes de câbles entremêlés. Le côté droit de l'image montre l'énorme ensemble de câbles allant de la baie vers la distribution horizontale du niveau et des étages (distribution vers les boîtiers de prises informatiques).

Autre limitation majeure de l'architecture LAN traditionnelle : la complexité de la gestion du réseau. Par exemple, la mise en place d'un réseau local virtuel (VLAN) dans une infrastructure en couches, nécessite la modification de multiples commutateurs et crée un mappage complexe entre les ports et les commutateurs.

Ce processus demande beaucoup de travail et est sujet à l'erreur humaine. La surveillance du trafic réseau devra être déployée sur l'ensemble des commutateurs multicouches si des paquets internes et externes au réseau doivent être capturés.

### Passive Optical LAN, une architecture LAN émergente

Le Passive Optical LAN surmonte toutes les limitations des implémentations Ethernet basées sur le cuivre :

- Le câble à fibre optique utilisé dans les Passive Optical LAN peut atteindre de 20 km à 30 km.
- Une structure de câbles à fibre optique est beaucoup plus légère qu'une structure à base de câbles de cuivre.
- L'utilisation de la fibre optique, insensible aux courbures, diminue radicalement les exigences en termes de rayons de courbure et par conséquent les besoins en chemins et passages de câbles.
- La nature passive du répartiteur intermédiaire élimine le besoin d'alimentation et de refroidissement.
- Un poste de supervision et de gestion unique fournit un accès consolidé à toutes les unités et à tous les ports du réseau.

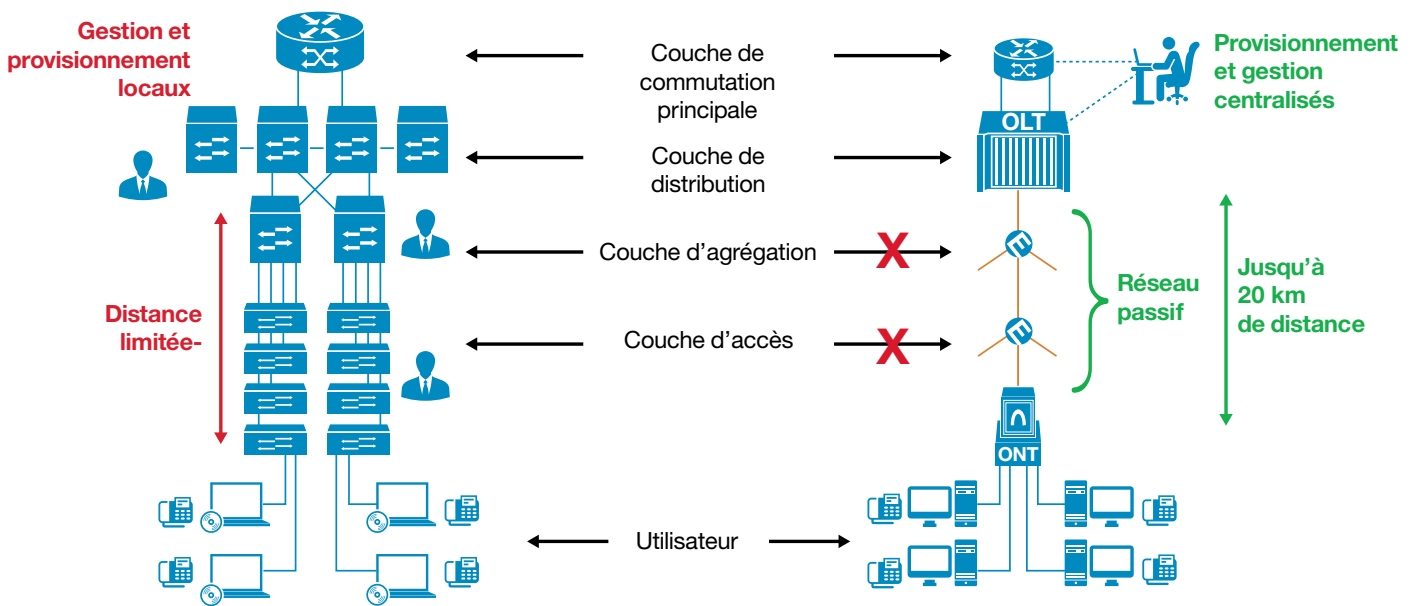


Figure 5 : Architecture LAN traditionnelle et architecture de Passive Optical LAN



Les principaux composants d'une architecture de LAN optique passif sont le terminal de réseau optique (ONT pour Optical Network Terminal), le répartiteur passif et le terminal de ligne optique (OLT pour Optical Line Terminal). L'ONT relie les ordinateurs au Passive Optical LAN via les ports Ethernet présents sur l'unité. Les signaux électriques émis par les ordinateurs sont convertis en signaux optiques dans l'ONT. Les répartiteurs optiques passifs divisent simplement le signal lumineux en de multiples voies vers les ONT et le signal multiplexé est transmis à l'OLT. L'OLT agrège tous les signaux optiques des ONT et les reconvertit en signaux électriques pour le routeur central. L'OLT peut également avoir une gamme de fonctionnalités intégrées telles que le pontage Ethernet intégré, une capacité VLAN, l'authentification des utilisateurs et le filtrage de sécurité, etc. La Figure 5 montre les couches correspondantes de l'architecture LAN traditionnelle et de l'architecture Passive Optical LAN. Les commutateurs de la couche d'accès et de la couche d'agrégation du bâtiment sont remplacés par un répartiteur optique passif et ces deux couches n'existent plus dans l'architecture de LAN optique passif.

Un OLT peut prendre en charge de 8 à 72 ports fibre optique, chaque port connectant un câble fibre optique au répartiteur passif. Le répartiteur optique passif peut prendre en charge différents ratios de fractionnement, 1:32 (ou moins en fonction des besoins) étant le ratio de fractionnement recommandé. Par conséquent, chaque port de l'OLT prend en charge 32 ONT. Différentes configurations d'ONT sont disponibles, allant de 2 à 24 ports Ethernet, ports vidéo coaxiaux et même support du sans fil. Si 4 équipements seulement sont reliés à chaque ONT, un OLT avec 72 ports peut prendre en charge 9216 équipements.

En déploiement sur le terrain, les répartiteurs optiques passifs peuvent être placés dans des armoires ou dans des plafonds ou à côté de panneaux électriques, puisqu'aucun refroidissement n'est nécessaire. En fonction de l'application et de l'utilisation, les fournisseurs proposent généralement un large éventail d'ONT pour répondre à différents besoins.

## Étude de cas : un déploiement récent de Passive Optical LAN

Au cours de ces dernières années, l'équipe des services de site et Facilities d'IBM a réussi à déployer des projets de Passive Optical LAN rapportant des millions de dollars en termes de réduction du coût total de possession pour les clients. Les principaux avantages constatés par nos clients sont :

- Frais d'investissement inférieurs
- Dépenses opérationnelles réduites
- Gestion du réseau simplifiée
- Davantage d'espace au sol utilisable
- Moins d'étapes de conception du bâtiment
- Consommation électrique réduite
- Coût de refroidissement réduit.

Nous utilisons un modèle d'entreprise de taille moyenne installée dans un immeuble de quatre étages, chaque étage étant équipé de deux répartiteurs intermédiaires « IDF »/ colonnes montantes. Chaque répartiteur intermédiaire « IDF » prend en charge 100 bureaux cloisonnés et huit bureaux/salles de conférence. Chaque bureau cloisonné requiert deux ports PoE (Power over Ethernet) et chaque bureau a besoin de 4 ports PoE. Chaque étage compte 15 points d'accès sans fil. Au total, l'entreprise compte 1916 ports PoE.

### Coût total de possession

En tenant compte des exigences décrites ci-dessus, nous utilisons un modèle d'hypothèse mis au point par plusieurs parties de l'industrie pour calculer le coût total de possession d'une solution utilisant les câbles cuivre existants, des commutateurs multicouches et un Passive Optical LAN. Le coût de chaque catégorie est indiqué sur la Figure 6. Les frais d'investissement de la solution utilisant un Passive Optical LAN sont de 465 588 dollars tandis que le coût pour un réseau en cuivre est de 736 224 dollars, soit 37 % d'économies. Les dépenses d'exploitation du Passive Optical LAN sont également inférieures avec 100 598 dollars contre 167 709 dollars, soit 40 % d'économies. Le coût total de possession net de la technologie Passive Optical LAN sur un an est d'environ 566 186 dollars et sur cinq ans de 891 898 dollars. En moyenne, le coût total de possession avec la technologie Passive Optical LAN sur 5 ans sera inférieur de 38 % aux LAN cuivre traditionnels.

<b>Frais d'investissement</b>	<b>LAN traditionnel</b>	<b>Passive Optical LAN</b>	<b>Economies</b>
Distribution horizontale – accessoires	268 800 \$	260 806 \$	Trois pour cent
Armoire liaisons montantes/Commutateurs groupe de travail	374 139 \$	43 200 \$	88,45 %
Salle d'équipement principale	93 286 \$	161 582 \$	-73,21 %
Centre de données	-		
<b>Frais d'investissement totaux</b>	<b>736 224 \$</b>	<b>465 588 \$</b>	<b>36,76 %</b>

<b>Dépenses d'exploitation</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 1</b>	
Gestion de la capacité	7 800 \$	2 640 \$	66,15 %
Mises à niveau et correctifs réseau	7 920 \$	1 920 \$	75,76 %
Maintenance ordinaire du réseau	38 281 \$	18 670 \$	51,23 %
Opérations de tests et de certification	8 000 \$	9 600 \$	-20 %
Formation	15 840 \$	20 480 \$	-29,29 %
Contrats de service	42 021 \$	27 671 \$	34,15 %
Coûts des pièces de rechange	8 404 \$	4 861 \$	42,16 %
Coût de l'espace au sol	3 733 \$	942 \$	74,77 %
Coût énergie	11 248 \$	8 246 \$	26,69 %
Coût de refroidissement	8 197 \$	1 767 \$	78,45 %
matériel et logiciel de gestion de réseau	16 266 \$	3 802 \$	76,62 %
<b>Total des dépenses d'exploitation annuelles</b>	<b>167 709 \$</b>	<b>100 598 \$</b>	<b>40,02 %</b>

<b>Dépenses totales première année (frais d'investissement + dépenses d'exploitation)</b>	<b>903 933 \$</b>	<b>566 186 \$</b>	<b>37,36 %</b>
---	-------------------	-------------------	----------------

Figure 6 : Coûts du LAN traditionnel et du Passive Optical LAN

### Frais d'investissement

Le principal poste pour les frais d'investissement a trait à l'acquisition du matériel et à l'installation initiale. Nous calculons le coût dans trois catégories : coût des accessoires, de l'armoire de câblage du répartiteur intermédiaire « IDF » et de la salle d'équipement du répartiteur principal « MDF ». Le coût des accessoires comprend le matériel et l'installation des câbles CAT 6 depuis le répartiteur intermédiaire « IDF » et des prises murales en cas d'utilisation d'un LAN traditionnel ou le matériel et l'installation des câbles en fibre optique depuis les répartiteurs optiques passifs et les ONT en cas d'utilisation d'un Passive Optical LAN.

La principale économie d'un Passive Optical LAN en termes de frais d'investissement provient de l'installation et de l'équipement des armoires de câblage des répartiteurs intermédiaires « IDF ». Il n'est plus nécessaire d'utiliser de multiples commutateurs

actifs. Ils sont remplacés par des répartiteurs optiques passifs. Dans cette implémentation, nous avons été en mesure d'exploiter une grande partie de l'infrastructure existante pour l'installation des câbles, par exemple les chemins de câble en échelle et nous avons pu facilement accéder au plafond ouvert pour répartir les câbles. Par conséquent, le coût des accessoires est assez faible pour les câbles CAT 6 par comparaison à d'autres projets dont nous avons assuré le déploiement. La réduction de la quantité de câbles et de la taille des torons de câbles est surprenante. La Figure 7 montre une photo prise avant la dépose des câbles CAT 5 d'origine. Le groupe de câbles fibre jaunes est une mise en oeuvre du Passive Optical LAN. Le nombre d'utilisateurs et d'unités prises en charge par le câblage en fibre du Passive Optical LAN est multiplié par six par comparaison avec les câbles en cuivre CAT 5. Quelques éléments liés aux frais d'investissement doivent être soulignés :



Figure 7 : Taille du câble CAT 5 et de la fibre optique mise en oeuvre dans la même infrastructure de bâtiment. Le rack et les câbles sur le côté gauche correspondent à une mise en oeuvre LAN antérieure supportant un demi-étage. Les câbles jaunes sur le côté droit correspondent à la mise en oeuvre du Passive Optical LAN destiné à remplacer la mise en oeuvre antérieure et supportant trois étages et demi.

### Coûts des matériaux

Le matériau utilisé pour les câbles à fibres optiques a été sensiblement moins important que le matériau utilisé pour les câbles de cuivre. Pour les câbles de distribution horizontaux uniquement, la moitié, voire un tiers, des câbles a été nécessaire pour le même nombre de prises Ethernet. Le câble à fibre optique lui-même est beaucoup plus mince que les câbles CAT 5 ou CAT 6/6A. Dans cet exemple d'installation, la solution de Passive Optical LAN a entraîné une réduction de 1361 kg de plastique par comparaison avec des câbles CAT 6 et 4763 kg par comparaison avec des câbles CAT 6A ainsi qu'une réduction de 1361 kg de cuivre. Le verre utilisé dans la fibre optique pèse uniquement 7 kilos environ pour cette solution.

### Coûts de construction

Une infrastructure optique est sensiblement moins chère à installer qu'un LAN à base de cuivre car il y a moins de câbles à installer. Par exemple, si nous utilisons un ONT à quatre ports, les quatre équipements « poste de travail informatique » ont uniquement besoin d'un seul câble à fibre optique alors que les solutions traditionnelles exigent quatre câbles en cuivre avec une liaison directe. Les nouvelles technologies, telles que la fibre optique monomode insensible aux courbures, présentent des résistances à la traction bien supérieures à celles des câbles cuivre de CAT 5/6. Des outils de terminaison optimisés et la possibilité d'utiliser de la fibre pré-connectorisée ont également contribué à réduire de façon significative le coût d'installation de la fibre optique. Les câbles à fibre optique sont beaucoup plus légers et nécessitent moins de câbles par port Ethernet, ce qui rend la structure de câblage plus simple et permet d'utiliser moins de chemins de câbles traditionnels.

Il est également important de noter que les coûts de main d'oeuvre pour les travaux de construction varient considérablement d'une région à une autre, en fonction du coût de la vie local. Dans les différents états américains, le coût par installation de câble peut varier de moins de cent dollars à plusieurs centaines de dollars. Dans notre modèle de coût total de possession, nous avons utilisé les coûts de main d'oeuvre standard de la région. La différence de coût est généralement plus importante pour les zones dont les coûts de main d'oeuvre sont plus élevés. Toutefois, dans les zones à faible coût de main d'oeuvre, les économies réalisées sont principalement liées au coût plus réduit des matériaux.

L'impact des frais d'investissement peut être plus élevé pour la mise à niveau d'infrastructures existante car les anciens câbles doivent être retirés avant d'installer les nouveaux câbles. Le câblage Ethernet cuivre est présent depuis quelques générations mais les nouveaux câbles se profilent déjà à l'horizon. Cette évolution a un impact sur toutes les entreprises mais est extrêmement importante dans les entreprises où chaque mise à niveau est obligatoire ou couramment appliquée, comme dans le secteur de la santé.

### Dépenses opérationnelles

Le coût d'exploitation d'une infrastructure LAN est l'une des plus grandes sources de dépenses pour toutes les entreprises. Nous examinons et comparons le coût des deux solutions en termes de gestion du réseau, d'espace au sol requis et de coûts d'alimentation et de refroidissement.

### Gestion de réseau

Les tâches de maintenance typiques du réseau incluent :

- La gestion des capacités, notamment provisionnement d'un nouveau poste de travail/port, suppression d'un poste de travail/port mis au rebut, création et modification d'adresses IP et configuration d'un LAN virtuel, configuration de tout service de support de niveau 2 tels que qualité de service, etc.
- Le remplacement des unités défectueuses et l'application des mises à niveau et correctifs afin de maintenir à jour l'ensemble du matériel, des micrologiciels et des logiciels de gestion
- Une surveillance et des interventions régulières notamment contrôle et résolution des alertes ou des défaillances, vérification et résolution de tout problème au niveau des châssis
- Tests et certification de toutes les unités, câbles et connexions
- Gestion des équipements et des logiciels.

Outre les coûts de maintenance, les frais liés aux contrats de services, aux formations et aux pièces de rechange, doivent également être inclus. Ces options sont habituellement proposées par les fournisseurs de solutions réseau et/ou les fournisseurs de matériel pour un certain pourcentage de la valeur globale du contrat.

La solution de Passive Optical LAN présente un coût inférieur dans toutes les catégories sauf pour les tests et la formation. Par rapport à l'architecture traditionnelle, le coût des tests pour un LAN optique est supérieur d'environ 20 % tandis que le coût de la formation est supérieur d'environ 30 %. Ces coûts devraient diminuer au fur et à mesure de la familiarisation des intervenants avec cette nouvelle architecture. Les coûts de gestion de la capacité, des mises à niveau, des correctifs et des équipements de gestion sont nettement inférieurs avec une solution de Passive Optical LAN par comparaison avec une solution traditionnelle. Cette différence est due à l'élimination, dans une solution de Passive Optical LAN, de tous les commutateurs actifs des couches d'accès et de distribution. La seule unité active de la solution de Passive Optical LAN qui nécessite une maintenance et fournit une interface de gestion est l'OLT. Les fonctions intégrées au sein de l'OLT sont accessibles via une interface unique permettant un contrôle et une surveillance bien définis de la qualité du service offert aux utilisateurs de l'infrastructure partagée, y compris en termes de bande passante dédiée et de restrictions de bande passante.

Les autres sources de dépenses, l'espace au sol, l'alimentation et le refroidissement sont les principaux contributeurs des économies réalisées au niveau du total des dépenses opérationnelles. La solution de Passive Optical LAN réduit l'encombrement au sol utilisé pour la mise en réseau d'environ 69 % et réduit les coûts d'énergie de refroidissement d'environ 74 % étant donné que tous les répartiteurs sont passifs et ne nécessitent aucun refroidissement.

#### **Économies d'espace au sol**

Dans un réseau traditionnel, la conception de l'espace au sol est principalement affectée par l'utilisation de répartiteurs intermédiaires « IDF » dédiés sur plusieurs étages. La solution de Passive Optical LAN n'utilise pas de répartiteurs intermédiaires « IDF » dédiés du fait de la nature passive des répartiteurs et de la capacité du câble optique à couvrir de longues distances. Les répartiteurs optiques passifs ne nécessitent pas de refroidissement et peuvent être placés dans de petites armoires dans les étages, dans des boîtiers encastrés, dans des armoires électriques, dans des faux plafonds accessibles ou même au plafond. La seule armoire de communication nécessaire pour le Passive Optical LAN est celle du répartiteur principal (MDF – Main Distribution Frame). Dans ce déploiement, chaque étage du bâtiment fait environ 1 858 mètres carrés, ce

qui nécessite traditionnellement de 9 à 18 mètres carrés pour les deux répartiteurs intermédiaires "IDF". Une telle surface au sol peut être facilement être convertie en salles utilisables contribuant à la génération d'un supplément de recettes.

Les économies pour un grand campus avec plusieurs étages ou plusieurs bâtiments sont plus importantes que pour un petit campus. Puisque chaque câble à fibre optique peut atteindre jusqu'à 19 kilomètres de long depuis l'armoire de commutation principale jusqu'aux prises utilisateur, il est possible de n'avoir qu'un seul répartiteur principal « MDF » de grande taille dans un seul bâtiment pour desservir la totalité du campus. Par exemple, dans l'un de nos autres déploiements qui se compose de 25 étages présentant la même surface pour chaque étage, la solution de Passive Optical LAN a permis de réaliser une économie d'espace au sol pour les répartiteurs intermédiaires « IDF » de près de 90 % par comparaison avec la solution cuivre précédente.

#### **Réduction de la consommation d'électricité et de refroidissement**

Une solution de Passive Optical LAN présente de nombreux avantages en termes de réduction de la consommation d'énergie. Les économies d'énergie résultant de la réduction des unités électroniques et de refroidissement dans les répartiteurs intermédiaires « IDF » sont assez directes. Elles correspondent à une réduction des circuits de puissance, des équipements de chauffage, ventilation et climatisation fournis par l'infrastructure de l'immeuble et des économies opérationnelles liées à des charges de refroidissement réduites. Nous avons observé une réduction des coûts d'environ 74 % grâce à l'élimination du refroidissement dans les répartiteurs intermédiaires « IDF ».

Outre les économies d'énergie liées à des besoins de refroidissement minimaux, la plupart des équipements liés au Passive Optical LAN sont intrinsèquement plus économes en énergie. Parce qu'un grand nombre de noeuds finaux Ethernet peuvent être pris en charge à partir d'un seul OLT (de quelques centaines à quelques milliers selon le nombre de ports dont dispose l'OLT), la consommation d'énergie de l'OLT est nettement inférieure à celle d'un commutateur de distribution traditionnel comparable. De même les ONT consomment moins d'énergie par port Ethernet qu'un commutateur de groupe de travail comparable. Dans ce déploiement, nous avons constaté une diminution d'environ 26 % de la consommation électrique sur le Passive Optical LAN.

Un autre aspect des économies d'énergie provient du support de la stratégie POE (Power over Ethernet). Pour les unités PoE, l'alimentation basse tension est fournie via le câble également utilisé pour les signaux Ethernet. C'est une pratique courante aujourd'hui pour les téléphones VoIP et les points d'accès sans fil. En raison de la résistance du cuivre, une partie de l'énergie est perdue dans le câble en particulier sur le câblage longue distance. Avec le Passive Optical LAN, les unités PoE peuvent être prises en charge depuis les ONT qui sont physiquement très proches. On constate donc moins de perte de puissance lors de la transmission avec une solution de Passive Optical LAN par comparaison avec une solution cuivre traditionnelle. Comparativement à d'autres facteurs contribuant aux économies d'énergie, ce facteur n'est pas significatif mais peut malgré tout atteindre environ 1 000 kilowatts-heures dans le déploiement décrit ici.

### **Vers une infrastructure plus intelligente et des bâtiments écologiques**

La technologie Passive Optical LAN répond via la même infrastructure de câblage, à de multiples besoins des bâtiments intelligents, notamment Ethernet, téléphone, vidéosurveillance, points d'accès sans fil et différents contrôles. L'OLT est non seulement le commutateur central pour le trafic réseau, mais également le centre de contrôle de l'infrastructure intelligente et un entrepôt de données de surveillance pour une analyse avancée des bâtiments intelligents.

De nombreuses caractéristiques des Passive Optical LAN sont essentielles pour les initiatives de construction écologiques développées par de nombreux pays. Aux États-Unis, le Green Building Council (USGBC) a mis au point un programme appelé LEED (Leadership in Energy and Environment Design), qui couvre à la fois les bâtiments neufs et existants et vise à optimiser leur efficacité opérationnelle tout en réduisant au minimum leur impact sur l'environnement. Souvent les bâtiments certifiés LEED peuvent bénéficier de remises d'impôt, de subventions de zonage et d'autres incitations. Dans la mesure où le Passive Optical LAN contribue directement aux économies d'énergie, indirectement à l'infrastructure de refroidissement, réduisant les émissions de gaz à effet de serre, augmentant la valeur des actifs, diminuant les matériaux utilisés pour le câblage et les déchets envoyés à la décharge, il contribue à la certification LEED dans bon nombre de ces aspects.

### **Déployer un Passive Optical LAN pour un bénéfice immédiat**

La commercialisation de la technologie Passive Optical LAN a rapidement démontré ses avantages et elle apparaît aujourd'hui comme l'une des technologies les plus révolutionnaires de l'ère des réseaux. Elle s'adapte parfaitement aux exigences des applications d'entreprise actuelles pour un coût nettement inférieur à celui des implémentations LAN traditionnelles. L'efficacité énergétique inhérente de la solution la qualifie en tant que technologie verte. De multiples fonctionnalités avancées et intégrées offrent une activation transparente pour les bâtiments intelligents et les campus.

IBM peut vous aider à démarrer avec une conception et mise en oeuvre de Passive Optical LAN, capable de fournir un retour immédiat. Solution innovante mais éprouvée, le Passive Optical LAN offre les bases nécessaires à l'optimisation de vos investissements aujourd'hui et vous permet de continuer à réaliser des économies, année après année, libérant potentiellement la valeur métier comme jamais auparavant. IBM dispose de capacités éprouvées dans le domaine des Passive Optical LAN, notamment en conception, mise en oeuvre, et support et peut vous aider à atteindre les résultats que vous souhaitez et à fournir de la valeur. Vous pouvez tirer parti de l'expérience d'un fournisseur de services qui investit dans le développement de solutions de services innovantes s'appuyant sur des milliers de mises en oeuvre dans le monde entier pour vous aider à acquérir plus rapidement de la valeur métier et des retours à partir d'une solution de Passive Optical LAN.

## Auteurs

### **Nikos Anerousis**

IBM TJ Watson Research Center. Nikos est l'un des principaux responsables du département Service Delivery Automation. Il dirige l'organisation en charge de la technologie d'automatisation avancée pour la diffusion informatique.

### **R. Todd Christner**

IBM Global Site & Facilities Services. Todd est l'un des principaux spécialistes des ventes de l'organisation Infrastructure Technology Services en charge des solutions d'infrastructure intelligente.

### **Luis Farrolas**

IBM Global Site & Facilities Services. Luis est un spécialiste mondial du câblage et intervient dans l'organisation Infrastructure Technology Services qui fournit des architectes de solutions pour les missions client

### **Yaoping Ruan**

IBM TJ Watson Research Center. Yaoping est membre de l'équipe de recherche du Département Service Delivery Automation, qui se concentre sur la prochaine génération de technologies de diffusion informatique.

### **John Short**

IBM Global Site & Facilities Services. John est l'un des responsables de l'offre de câblage mondiale dans l'organisation Infrastructure Technology Services en charge des services de câblage et de connectivité.

### **Mudhakar Srivatsa**

IBM TJ Watson Research Center. Mudhakar est membre de l'équipe de recherche du département Network Management axé sur la recherche dans les domaines de l'analyse et de la sécurité des réseaux.



## Informations complémentaires

### Services IBM de câblage des installations

[ibm.com/services/us/en/it-services/facilities-cabling-services.html](http://ibm.com/services/us/en/it-services/facilities-cabling-services.html)

[ibm.com/services/cabling](http://ibm.com/services/cabling)

### Association for Passive Optical LAN:

[www.apolanglobal.org](http://www.apolanglobal.org)

Pour de plus amples informations, contactez John Short,  
IBM Global Cabling and Connectivity Offering Manager :  
[jwshort@us.ibm.com](mailto:jwshort@us.ibm.com)



---

#### Compagnie IBM France

17 Avenue de l'Europe  
92 275 Bois-Colombes Cedex

Adresse de la page d'accueil IBM :

**ibm.com**

IBM, le logo IBM et [ibm.com](http://ibm.com) sont des marques d'International Business Machines Corp. déposées dans de nombreuses juridictions réparties dans le monde entier. Les autres noms de produit et de service peuvent être des marques d'IBM ou d'autres sociétés. Une liste actualisée de toutes les marques d'IBM est disponible sur la page Web « Copyright and trademark information » à l'adresse suivante : [ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://ibm.com/legal/copytrade.shtml)

Le présent document contient des informations qui étaient en vigueur et valides à la date de la première publication, et qui peuvent être modifiées par IBM à tout moment. Toutes les offres ne sont pas disponibles dans tous les pays dans lesquels IBM est présent.

Les exemples cités concernant des clients ne sont présentés qu'à titre d'illustration. Les performances réelles peuvent varier en fonction des configurations et des conditions d'exploitation spécifiques. Il est de la responsabilité de l'utilisateur d'évaluer et de vérifier lui-même le fonctionnement de tout produit ou programme avec IBM. LES INFORMATIONS DE CE DOCUMENT SONT DISTRIBUÉES « TELLES QUELLES » SANS AUCUNE GARANTIE NI EXPLICITE NI IMPLICITE. IBM DÉCLINE NOTAMMENT TOUTE RESPONSABILITÉ RELATIVE À CES INFORMATIONS EN CAS DE CONTREFAÇON AINSI QU'EN CAS DE DÉFAUT D'APTITUDE À L'EXÉCUTION D'UN TRAVAIL DONNÉ. Les produits IBM sont garantis conformément aux dispositions des contrats.

© Copyright IBM Corporation 2014



Pensez à recycler ce document