

Note d'application

# Infrastructure des câbles des datacenters

Nouvelles méthodes de test et d'installation des câbles  
AOC et DAC

De très nombreux échanges d'informations ont lieu dans le datacenter et il est essentiel qu'il soit capable de croître et d'évoluer. En plus de l'alimentation, du refroidissement, du stockage et de la commutation, le datacenter a besoin d'un câblage pratique et efficace. On peut diviser les datacenters en trois grandes catégories : Hyperscale, multi-locataires (servant plusieurs entreprises) et privés. L'utilisation des câbles décrits dans ce document, à savoir les câbles optiques actifs (Active Optical Cables, ou AOC) et les câbles cuivre à connexion directe (Direct Attach Copper, ou DAC), câbles de séparation compris, s'applique aux trois catégories. Cette note d'application couvre des considérations opérationnelles pratiques comme la validation des câbles AOC et DAC pour permettre des gains de temps et des économies dans les datacenters.

## Architectures des datacenters

La figure 1 illustre un exemple de datacenter et de son interconnectivité avec le monde extérieur. Au sein du datacenter, plusieurs architectures sont possibles :

Avec une architecture de type **Haut de rack (Top of Rack, TOR)**, les câbles entre le switch et le serveur restent à l'intérieur d'un rack. Cela présente l'avantage de réduire la quantité globale de câbles, mais l'efficacité des ports de commutation Ethernet est inférieure car ils sont limités à un seul rack.

Dans une configuration de type **Fin de rangée/Milieu de rangée (End of Row/Middle of Row, EoR/MoR)**, les ports de commutation sont regroupés, ce qui débouche sur des câbles plus longs. Il y a deux exemples de configuration EoR/MoR : dans le premier cas, les câbles connectent directement les serveurs et les ports de commutation. Dans le deuxième cas, la connectivité physique passe par un panneau de brassage avec l'avantage d'une plus grande souplesse de connexion mais l'inconvénient de câbles plus nombreux.

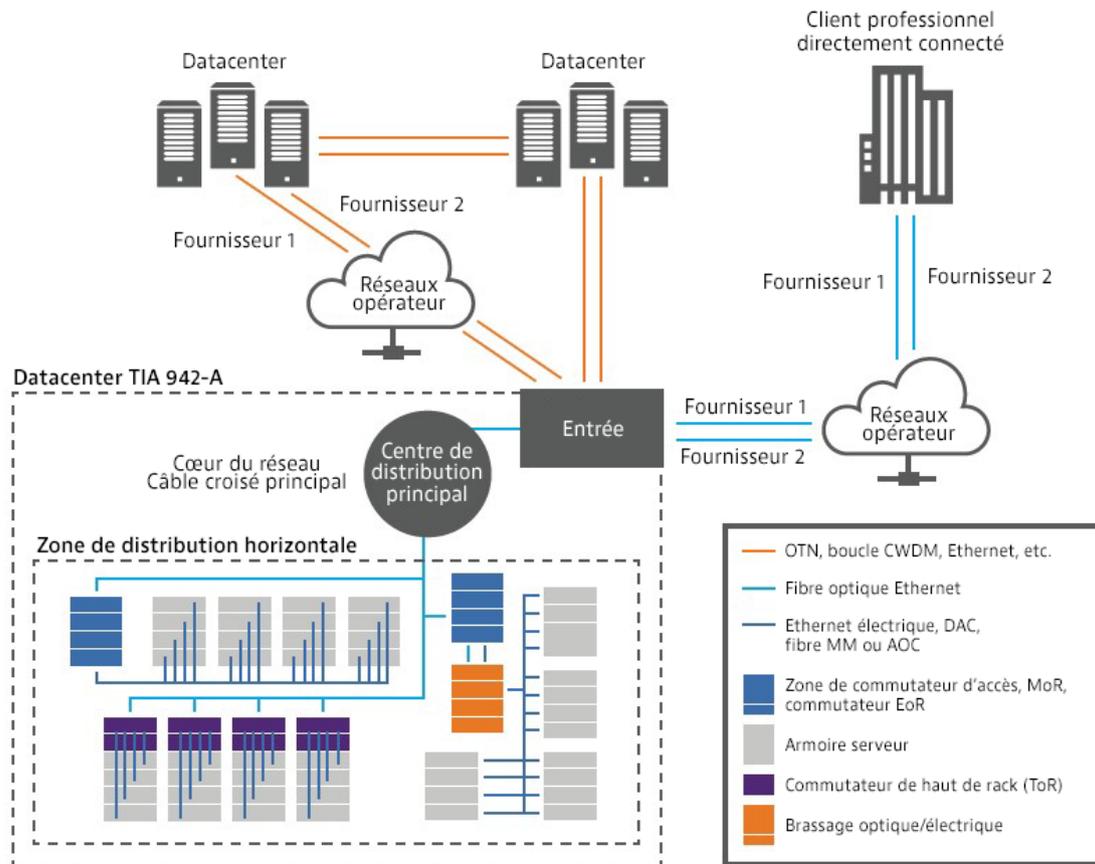


Figure 1. Architecture du datacenter

## Câbles AOC

Les câbles AOC illustrés sur les figures 2 et 3 sont utilisés pour les applications d'interconnexion à portée limitée dans les datacenters. Pour les liaisons rapides à 40GE, 100GE et 400GE, cela implique l'utilisation de plusieurs lignes de données via des câbles en ruban. À 10GE, 25GE ou 50GE, une seule ligne ou fibre optique par direction suffit. Un câble AOC est généralement basé sur des fibres optiques multimodes, mais certains (comme le PSM4 et le FR4) sont basés sur une fibre monomode. Un attribut clé repose sur le fait que les câbles AOC utilisent les mêmes cages que les interfaces optiques enfichables et effectuent des conversions électriques/optiques à chaque extrémité des câbles. En pratique, cela signifie des terminaisons QSFP pour les liaisons 40GE et 100GE (QSFP-DD pour la 400GE) et des terminaisons SFP pour les liaisons 10GE et 25GE. Le câble AOC est ainsi actif et inclut des émetteurs-récepteurs, des puces de commande et des modules, en plus du câble en fibre optique. Les câbles AOC ont une longueur fixe et peuvent mesurer de quelques mètres seulement à plus de 100 mètres.

La figure 3 montre un exemple de câble de séparation, par exemple 4 x 10GE, 4 x 25GE ou potentiellement 4 x 100GE. Techniquement, un câble AOC n'a pas à être conforme à un type d'interface Ethernet, même si pour beaucoup un type particulier est inclus aux informations codées. Le tableau 1 présente une liste de types d'interface Ethernet potentiels. RS-FEC est l'abréviation de « Reed-Solomon Forward Error Correction » (correction d'erreur sans voie de retour de Reed-Solomon). Il s'agit d'un mécanisme numérique conçu pour étendre la distance de transmission par l'ajout de redondance à un signal qui permet l'auto-correction des mots de code à l'extrémité distante. L'algorithme RS-FEC, quand il est utilisé avec un câble, s'exécute sur les serveurs et les switches Ethernet qui se trouvent à chaque extrémité du lien physique.



Figure 2. Câble AOC



Figure 3. Câble de séparation AOC

Tableau 1. Types d'interfaces Ethernet

Débit Ethernet	Type d'interface	Portée max.	Média	Nb de fibres/ longueurs d'onde	Plage de longueur d'onde	RS-FEC	Type de modules enfichables
<b>400GE</b>	400GBASE-DR4	500 m	SM	4 fibres/dir	850 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP56-DD ou OSFP
	400GBASE-SR8	70 m	OM3 MMF	8 fibres/dir	850 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP56-DD
		100 m	OM4 MMF	8 fibres/dir	850 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP56-DD
	400GBASE-SR4.2	70 m	OM3 MMF	8 fibres 2 $\lambda$ /dir	850 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP56-DD
		100 m	OM4 MMF	8 fibres 2 $\lambda$ /dir	850 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP56-DD
		150 m	OM5 MMF	8 fibres 2 $\lambda$ /dir	850 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP56-DD
	400GBASE-CR8	3 m	Biaxial	8 câbles/dir	N/A	Oui RS (544, 514)	QSFP56-DD
<b>100GE</b>	100GBASE-DR	500 m	SMF	1 fibre/dir	1 310 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP28 ou QSFP56
	PSM4 MSA	500 m	SMF	4 fibres/dir	1 310 nm	Oui RS (528, 514)	QSFP28
	100GBASE-SR4	70 m 100 m	OM3 MMF OM4 MMF	4 fibres/dir	850 nm	Oui RS (528, 514)	QSFP28
	100GBASE-CR4	5 m	Biaxial	4 câbles/dir	N/A	Oui RS (528, 514)	QSFP28
<b>50GE</b>	50GBASE-SR	70 m	OM3 MMF	1 fibre/dir	850 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP28 ou SFP56
	50GBASE-SR	100 m	OM4 MMF	1 fibre/dir	805 nm	Oui RS (544, 514)	QSFP28 ou SFP56
	50GBASE-CR	3 m	Biaxial	1 câble/dir	N/A	Oui RS (544, 514)	QSFP28 ou SFP56
<b>40GE</b>	40GBASE-SR4	100 m 150 m	OM3 MMF OM4 MMF	4 fibres/dir	850 nm	Non	QSFP+
	40GBASE-CR4	7 m	Biaxial	4 câbles/dir	N/A	Non	QSFP+
<b>25GE</b>	25GBASE-SR	70 m 100 m	OM3 MMF OM4 MMF	1 fibre/dir	850 nm	Oui RS (528, 514)	SFP28
	25GBASE-CR	5 m	Biaxial	1 câble/dir	N/A	Oui RS (528, 514)	SFP28
	25GBASE-CR-S	3 m	Biaxial	1 câble/dir	N/A	Non	SFP28
<b>10GE</b>	10GBASE-SR	33 m 400 m	62,5 $\mu$ m MMF 50 $\mu$ m MMF	1 fibre/dir	850 nm	Non	SFP+
	10GBASE-CR	15 m	Biaxial	1 câble/dir	N/A	Non	SFP+

## Câbles DAC

Les câbles DAC illustrés à la figure 4 sont une alternative quand le câble est en cuivre et non en fibre optique. Un câble DAC peut être passif pour fournir une connexion électrique directe ou actif quand le circuit de traitement des signaux est incorporé à ses connecteurs intégrés. Comme un câble AOC, un câble DAC a une terminaison SFP ou QSFP en fonction du débit de ligne. Les câbles AOC prennent en charge des distances de transmission plus longues, consomment moins et sont plus légers que les câbles DAC. Mais ils coûtent plus cher et les fibres optiques sont plus fragiles que les câbles en cuivre. Si l'on compare les câbles AOC aux câbles en fibre optique traditionnels connectés à des interfaces optiques enfichables, les câbles AOC fournissent une grande simplicité d'installation. En outre, il est inutile d'envisager la perte d'interconnexion et d'inspecter et de nettoyer les connecteurs avant chaque connexion. Cependant, les câbles AOC ne peuvent pas être utilisés dans les configurations EoR/MoR qui utilisent des panneaux de brassage, comme décrit précédemment. Tout comme les câbles AOC, les câbles DAC sont aussi disponibles en tant que séparations.



Figure 4. Câble DAC

## Défis opérationnels

Les câbles AOC et DAC ne fournissent pas d'accès aux câbles en fibre ou en cuivre pour les tests, et les outils de test et de certification traditionnels ne peuvent donc pas être utilisés pour les tester. Il faut utiliser un outil capable de prendre en charge les émetteurs-récepteurs SFP/QSFP, ainsi que de générer et d'analyser le trafic. Les tests des câbles AOC et DAC sont essentiels pour s'assurer que tout problème de performances réseau potentiel ne vient pas du câble AOC/DAC ou de son installation. N'oubliez pas qu'il revient plus cher de réparer un câble défectueux après son installation plutôt que de le tester en amont. Il faut notamment localiser l'extrémité. Les sources de pannes des câbles AOC/DAC incluent des défauts de fabrication simples avec des polarités erronées ou inversées, ainsi que des erreurs d'étiquetage ou l'endommagement pendant l'expédition. Les câbles AOC peuvent subir des déformations excessives débouchant sur des pertes importantes, ou les fibres peuvent être écrasées. Les câbles DAC peuvent subir une dégradation EMI débouchant sur des erreurs de bit excessives. Avant l'installation, un technicien peut tester tous les câbles AOC/DAC à l'aide d'un appareil de test équipé de SFP/QSFP bi-port, ou se contenter de tester un échantillon. Le dépannage des câbles déjà installés nécessite deux appareils à cause de la distance entre les extrémités des connecteurs des câbles.

## Test de taux d'erreur

Le moyen le plus simple et le plus efficace pour tester les câbles est d'exécuter une séquence de tests permettant de comparer les résultats à un seuil de taux d'erreur. Les fiches techniques des câbles AOC et DAC (y compris des séparations) incluent généralement une valeur de taux d'erreur, surtout quand ils sont conçus pour être utilisés avec des appareils mettant en œuvre l'algorithme RS-FEC. Cette valeur de taux d'erreur dépend du type de câble, du débit de ligne et du type d'interface Ethernet. Pour un câble conçu pour une utilisation avec un trafic chiffré RS-FEC (typique à 400GE, 100GE, 50GE et 25GE), il peut même y avoir une valeur pré-FEC (avant la correction d'erreur) et une valeur post-FEC (après la correction d'erreur). Dans ce cas, il est conseillé de tester le câble en utilisant un seuil de taux d'erreur pré-FEC proche de la valeur de taux d'erreur du câble et de s'assurer que le taux d'erreur mesuré est inférieur au seuil. Pour les câbles 40GE et 10GE pour lesquels RS-FEC n'est pas utilisé, le seuil de taux d'erreur attendu doit être considérablement inférieur puisqu'il n'y a pas de correction d'erreur sur ces circuits. Dans ce cas, s'il n'y a pas de valeur de taux d'erreur pour les câbles AOC ou DAC, le seuil de taux d'erreur recommandé est de  $10^{-12}$ . Des durées de test d'une minute par câble sont amplement suffisantes pour obtenir des résultats de taux d'erreur significatifs pour les débits de ligne de 10 Gbit/s ou plus. Les meilleures pratiques pour les tests des câbles débouchent sur la création de rapports de test, comprenant notamment un identificateur de câble comme le numéro de série, pouvant être lus à partir d'un câble AOC ou DAC. Pour résumer, les tests des câbles AOC et DAC par rapport à leur seuil de taux d'erreur cible représentent une méthode utile pour s'assurer que les câbles seront fonctionnels une fois connectés aux switches et aux serveurs du datacenter.

## VIAVI MTS 5800-100G

Pour tester les câbles AOC et DAC, VIAVI propose le script de test pour câbles intégré, lequel automatise les tests d'assemblage des câbles AOC/DAC/de séparation. Les tests des câbles incluent les tests des câbles AOC et DAC actifs/passifs en plus des câbles de séparation. Un câble de séparation peut être testé à l'aide d'une seule unité depuis chaque extrémité. L'outil Job manager regroupe les résultats dans un rapport de test unique. Le MTS 5800-100G de VIAVI, illustré à la figure 5, permet d'effectuer des tests « tout-en-un » pour des débits de ligne allant jusqu'à 112 Gbit/s. Le 5800-100G prend en charge tous les débits Ethernet avec capacités bi-port, notamment 10/100/1000BASE-T, GE optique, 10GE, 25GE, 40GE, 50GE et 100GE. Les techniciens peuvent tester de nombreuses applications incluant des câbles AOC/DAC en plus de l'interconnectivité métropolitaine, backbone et de datacenters. Malgré sa taille compacte, le 5800-100G peut effectuer des tests de DS1/E1 à OTU4, notamment CPRI, Fiber Channel, PDH, SONET/SDH, OTN et Ethernet. En outre, la plateforme 5800 prend aussi en charge les modules OTDR, l'inspection de la fibre avec mise au point automatique et des capacités de délais et de synchronisation avancées. Ces outils sont tous pris en charge par StrataSync, qui fournit la gestion du parc, la configuration et les rapports dans le cloud pour une gestion et un partage faciles. Le 5800-100G est une solution de tests et de mesures complète qui répond aux besoins des utilisateurs des datacenters, notamment en ce qui concerne les tests des câbles AOC et DAC. VIAVI propose également l'outil OneAdvisor-1000 qui prend en charge tous les débits, jusqu'à 400GE.



Figure 5. MTS-5800-100G

Par : Guylain Barlow, responsable produit, VIAVI Solutions