

Comprendre la modulation optique cohérente

Table des matières

[Introduction](#)

[Informations générales](#)

[Propriétés de la lumière](#)

[Problème](#)

[Solution](#)

[modulation par déplacement de phase \(PSK\)](#)

[modulation par déplacement de phase binaire \(BPSK\)](#)

[modulation par déplacement de phase quadrivalente](#)

[Modulation d'amplitude en quadrature \(QAM\)](#)

[MAQ-8](#)

[MAQ-16](#)

[32-QAM et 64-QAM](#)

[Multiplexage de polarisation \(PM\)](#)

[Surveillance des performances optiques](#)

Introduction

Ce document décrit les principes de base des schémas de modulation optique cohérente utilisés dans les réseaux DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexed).

Informations générales

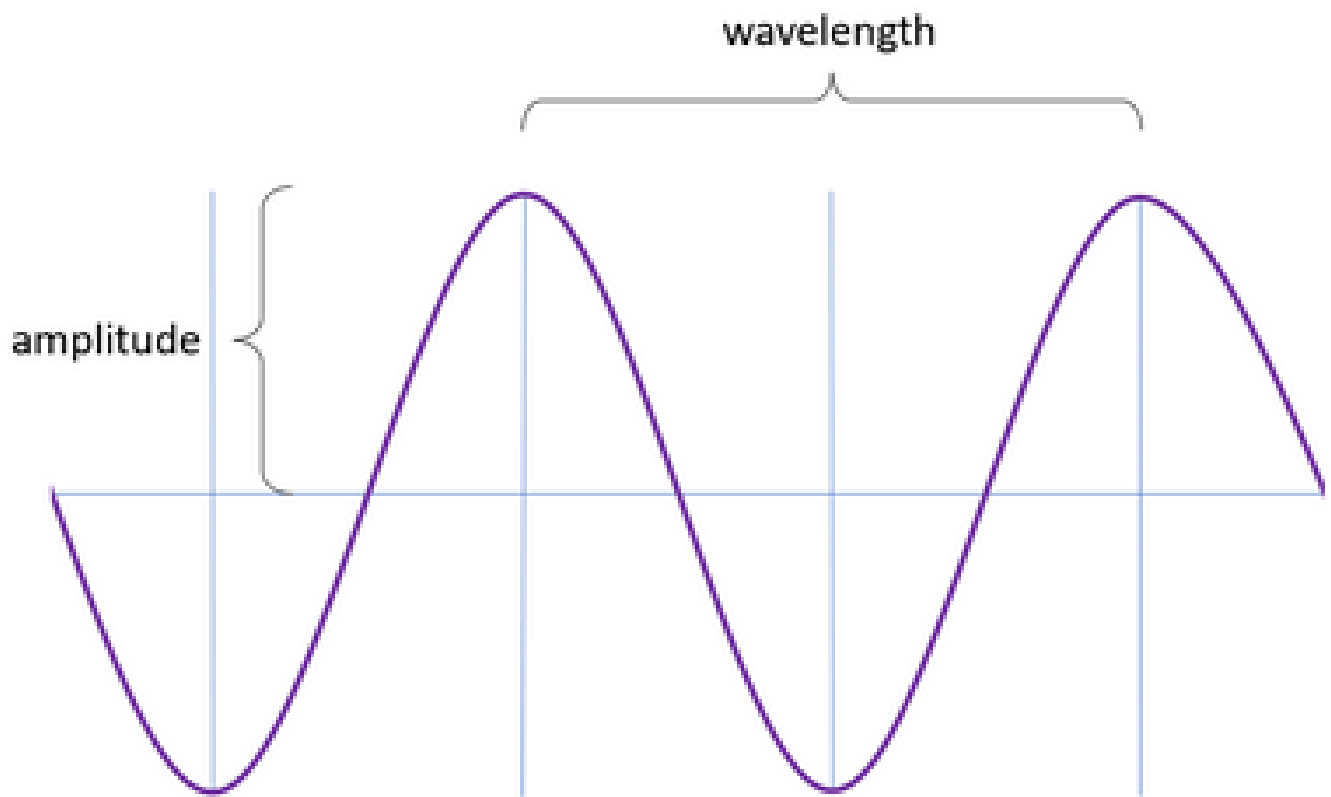
Un schéma de modulation modifie en continu la ou les propriétés d'une forme d'onde. Dans ce cas, il est léger, afin de coder l'information binaire dans la forme d'onde. Les réseaux optiques modernes utilisent une variété de schémas de modulation afin de transporter les données sur des centaines à des milliers de kilomètres.

Propriétés de la lumière

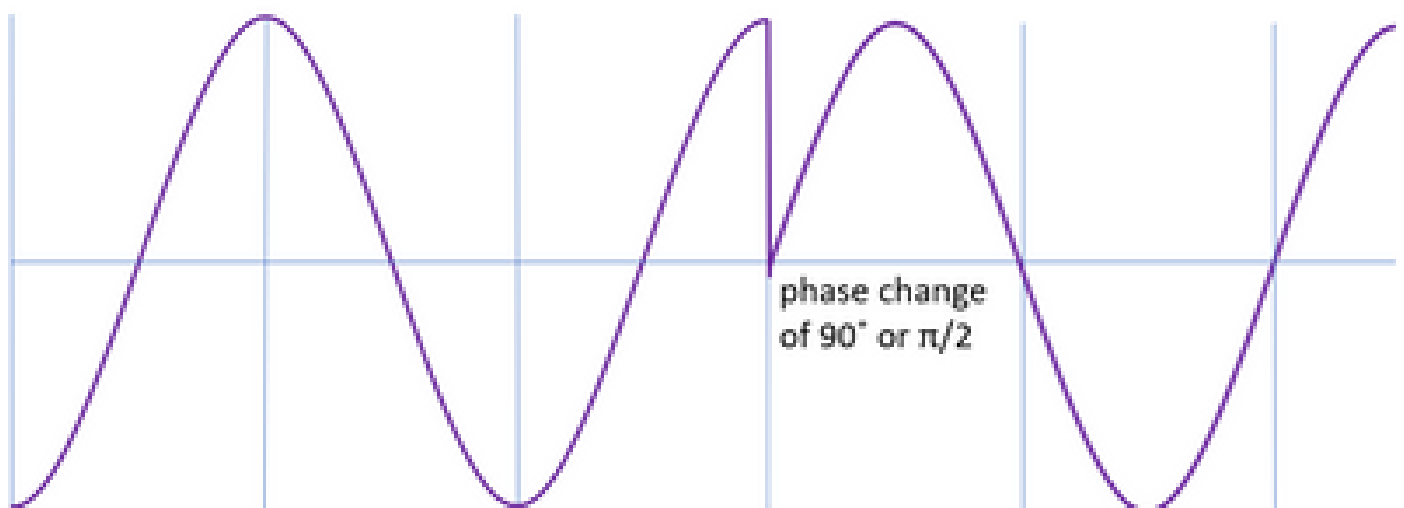
Les réseaux DWDM utilisent plusieurs propriétés de lumière afin de coder efficacement les informations.

1. Longueur d'onde ou fréquence : chaque canal d'un réseau DWDM utilise une longueur d'onde spécifique dans la bande C, comprise entre environ 1 527 nm et 1 565 nm. Chaque signal peut fournir une bande passante variable en fonction du débit en bauds et du schéma de modulation.
2. Phase : angle d'une forme d'onde généralement mesuré en radians. La modification de la phase traduit la période de la forme d'onde dans le temps.
3. Amplitude - mesure de la puissance totale d'un signal en décibel-milliwatts (dBm).
4. Polarisation - Les ondes électromagnétiques ont deux états de polarisation primaires définis

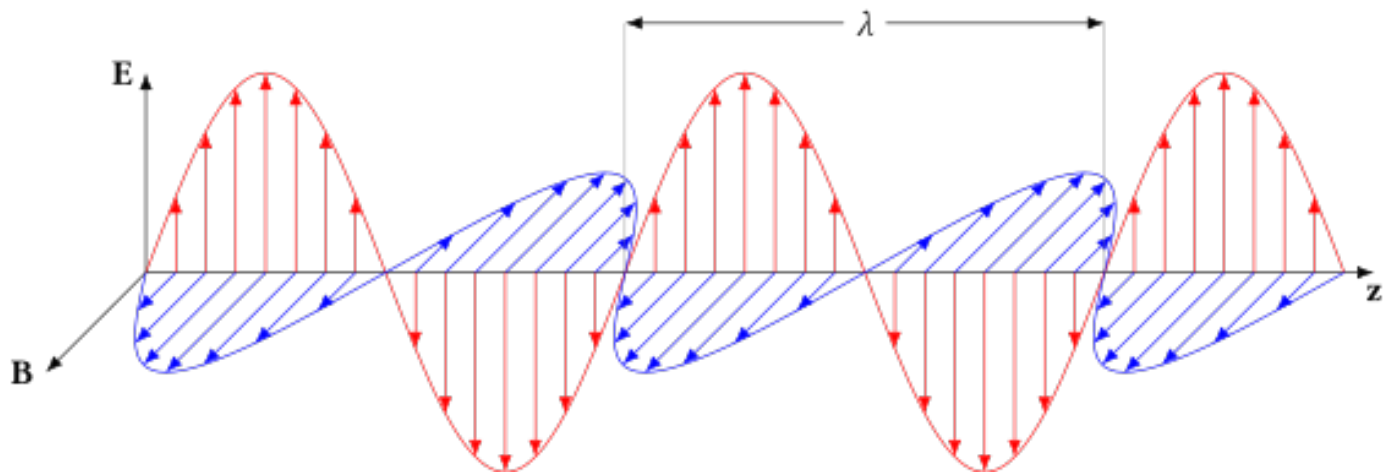
par les champs électrique et magnétique. Chaque polarisation peut contenir des informations codées par un schéma de modulation. Certains produits optiques Cisco utilisent la notation Coherent Polarisation-Multiplexed (CP) ou Polarisation Multiplexed (PM) afin d'identifier l'utilisation de la polarisation dans la modulation.



Longueur d'onde et amplitude



Modulation de phase



Polarisation transversale de la lumière

Problème

La transmission électrique de données présente des limitations de distance importantes par rapport à la transmission optique. Les schémas de codage optique existants utilisant la signalisation marche/arrêt, tels que le non-retour à zéro (NRZ), souffrent des effets de la dispersion chromatique (CD), ce qui limite la distance effective sans utiliser d'unités de compensation de dispersion (DCU). Afin de transférer efficacement des données sur de nombreux kilomètres à des débits supérieurs à 10 Gbits/s, les émetteurs-récepteurs doivent utiliser des schémas de modulation cohérents.

Solution

La modification de la phase et/ou de l'amplitude d'une onde code des informations sous forme de symbole, une unité de transmission unique contenant un ou plusieurs bits. La valeur du symbole dépend de la phase et de l'amplitude mesurées au niveau du récepteur. Tous les schémas listés peuvent utiliser le multiplexage de polarisation afin d'augmenter le débit de données.

modulation par déplacement de phase (PSK)

La modulation PSK décale la phase du signal afin de coder un ou plusieurs bits. Comme la phase du signal peut changer au fur et à mesure qu'il traverse la fibre, le récepteur mesure la différence de phase entre les symboles successifs afin de déterminer plus précisément leur valeur. On parle alors de modulation par déplacement de phase différentielle (DPSK).

modulation par déplacement de phase binaire (BPSK)

BPSK change la phase du signal par radians de π ou 180 degrés afin de coder soit un 0 soit un 1. La différence notable entre les phases se traduit par de faibles exigences de rapport signal/bruit optique (OSNR) et les signaux utilisant cette modulation peuvent parcourir potentiellement des milliers de kilomètres. Le faible nombre de bits par symbole limite le débit de données des signaux BPSK à environ 100 Gbits/s.

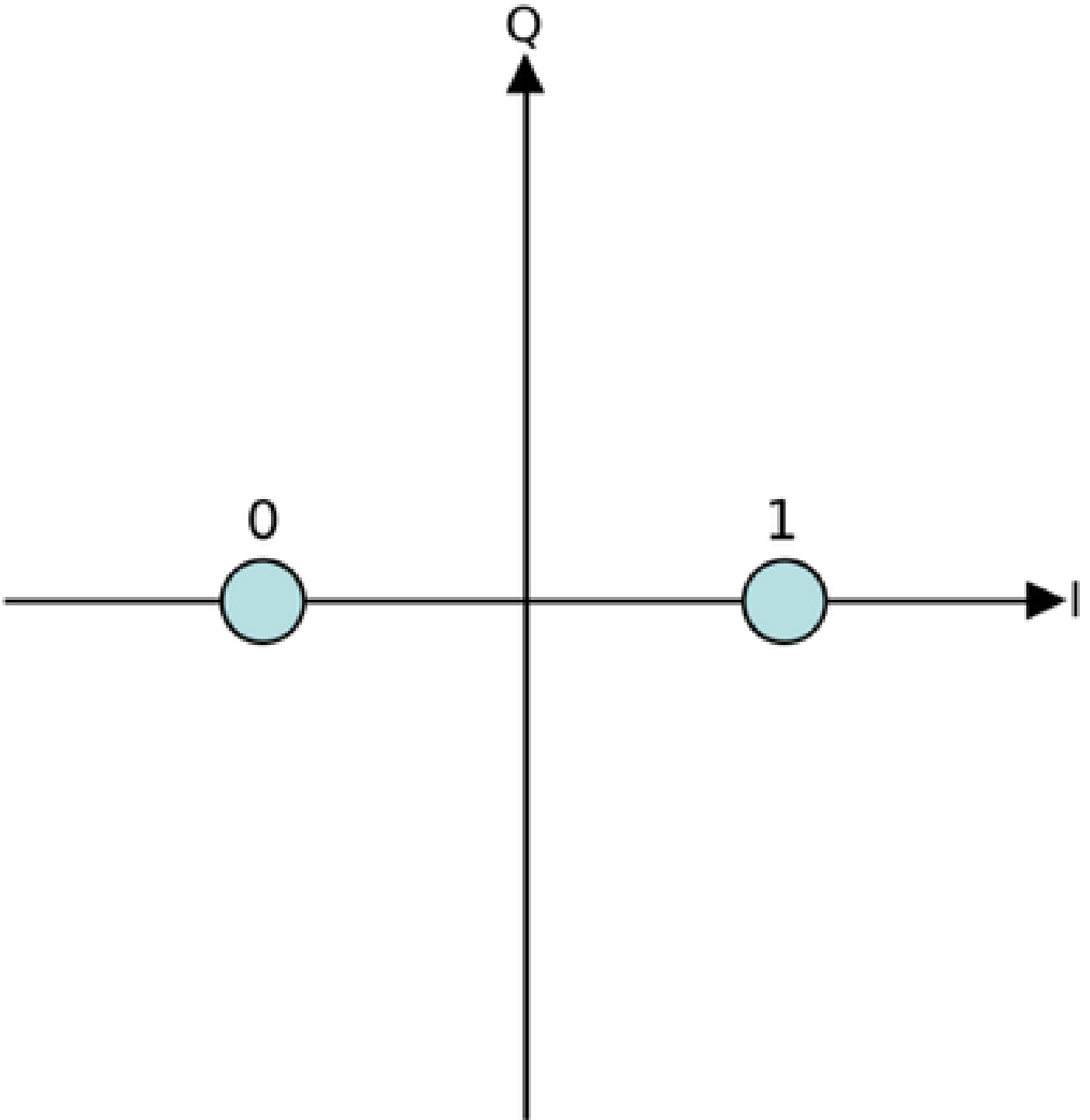


Schéma de constellation de modulation BPSK

modulation par déplacement de phase quadrivalente

QPSK change la phase entre les symboles successifs par $\pi/2$ radians ou 90 degrés. Le plus petit changement de phase augmente la densité de l'information à deux bits par symbole, car QPSK a quatre états possibles.

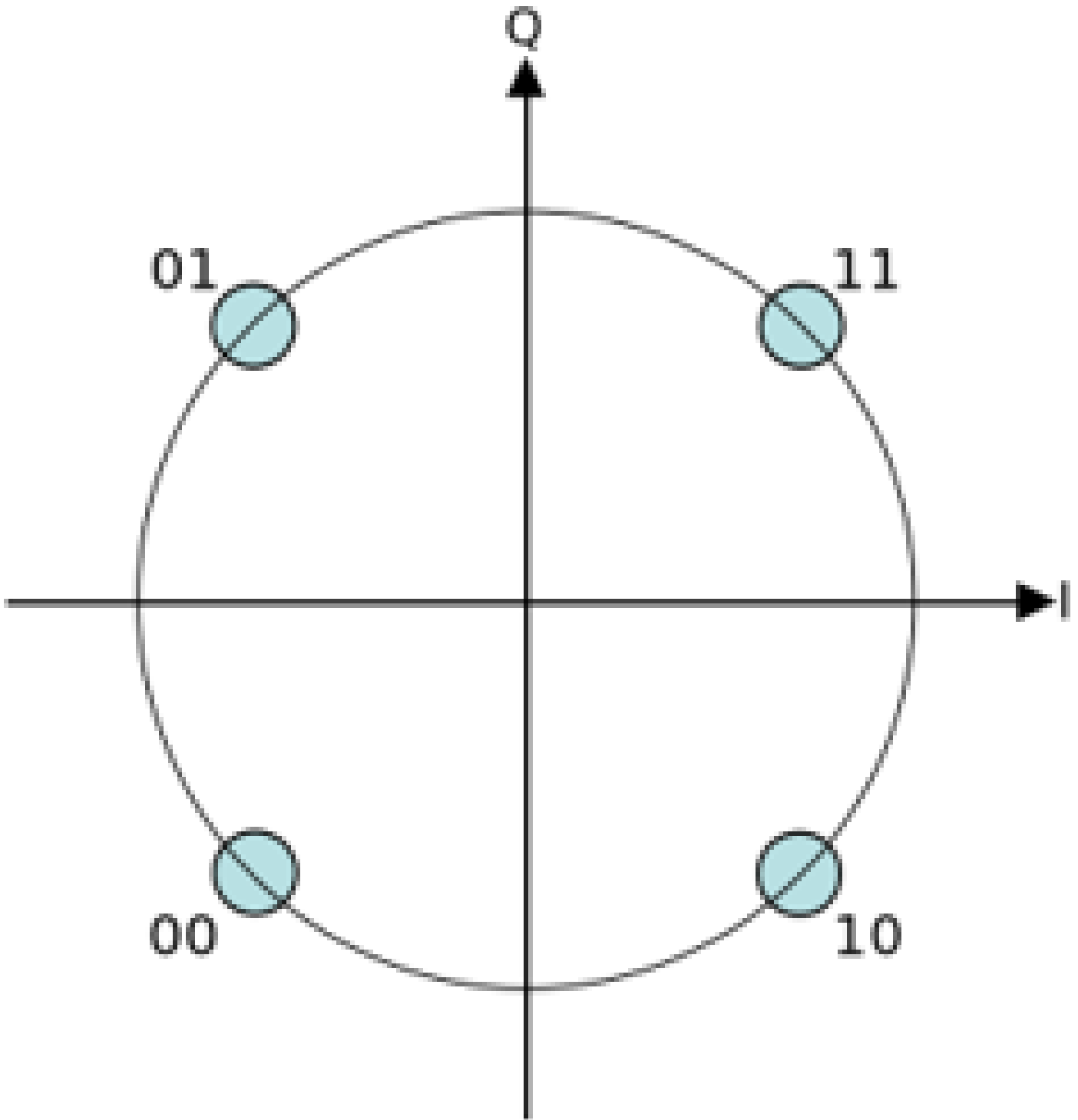


Schéma de constellation de la modulation QSPK

Modulation d'amplitude en quadrature (QAM)

Pour augmenter encore le nombre de bits par symbole, l'émetteur peut modifier l'amplitude du signal en plus de la phase. Le nombre de points dans la constellation (symboles) définit le type de MAQ.

MAQ-8

Huit états possibles donnent trois bits par symbole pour ce schéma de modulation.

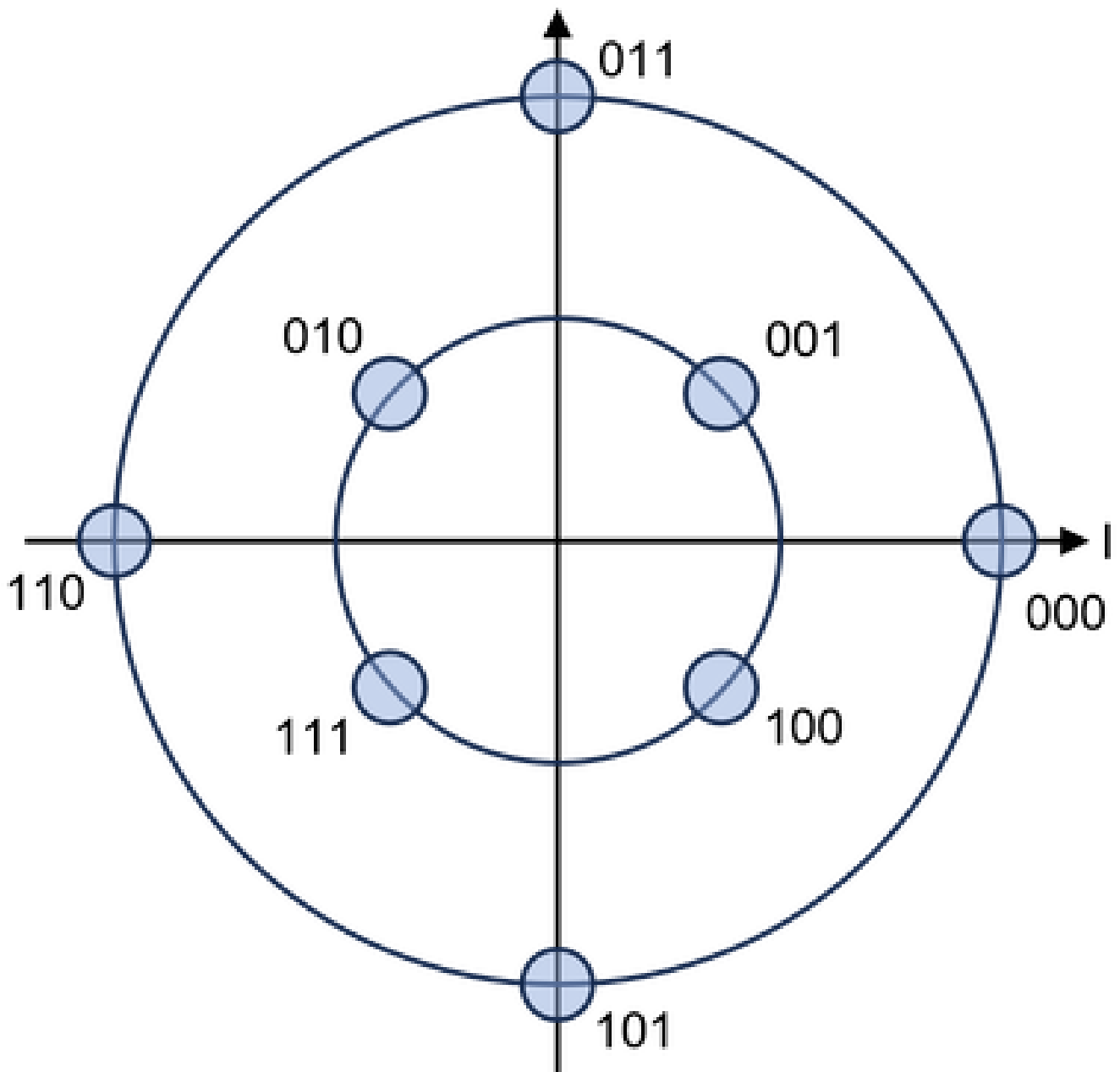


Diagramme de constellation de 8-QAM

MAQ 16

Avec des débits d'environ 30 Gbauds, la 16-QAM a un débit de données de 200 Gbps. Passer à 60 Gbauds permet d'obtenir des débits allant jusqu'à 400 Gbps. Des changements de phase et d'amplitude plus petits augmentent les exigences OSNR et limitent sa portée à quelques centaines de kilomètres.

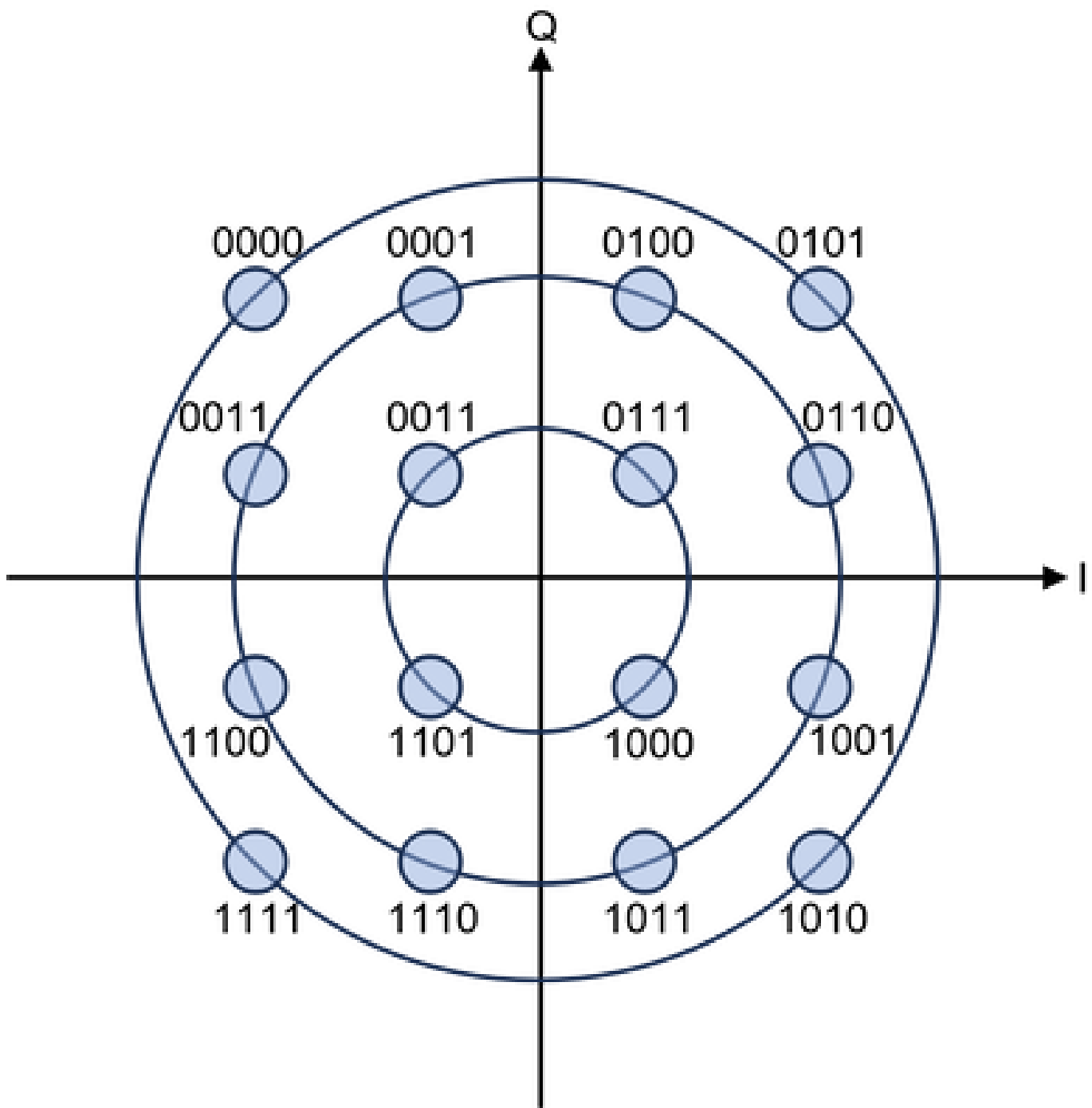


Diagramme de constellation de 16-QAM

32-QAM et 64-QAM

Ces deux schémas de modulation d'ordre haut utilisent respectivement cinq et six bits par symbole, ce qui permet des débits de transmission allant jusqu'à 600 Gbits/s. Les exigences OSNR élevées de 64-QAM limitent la portée effective à moins de 200 km.

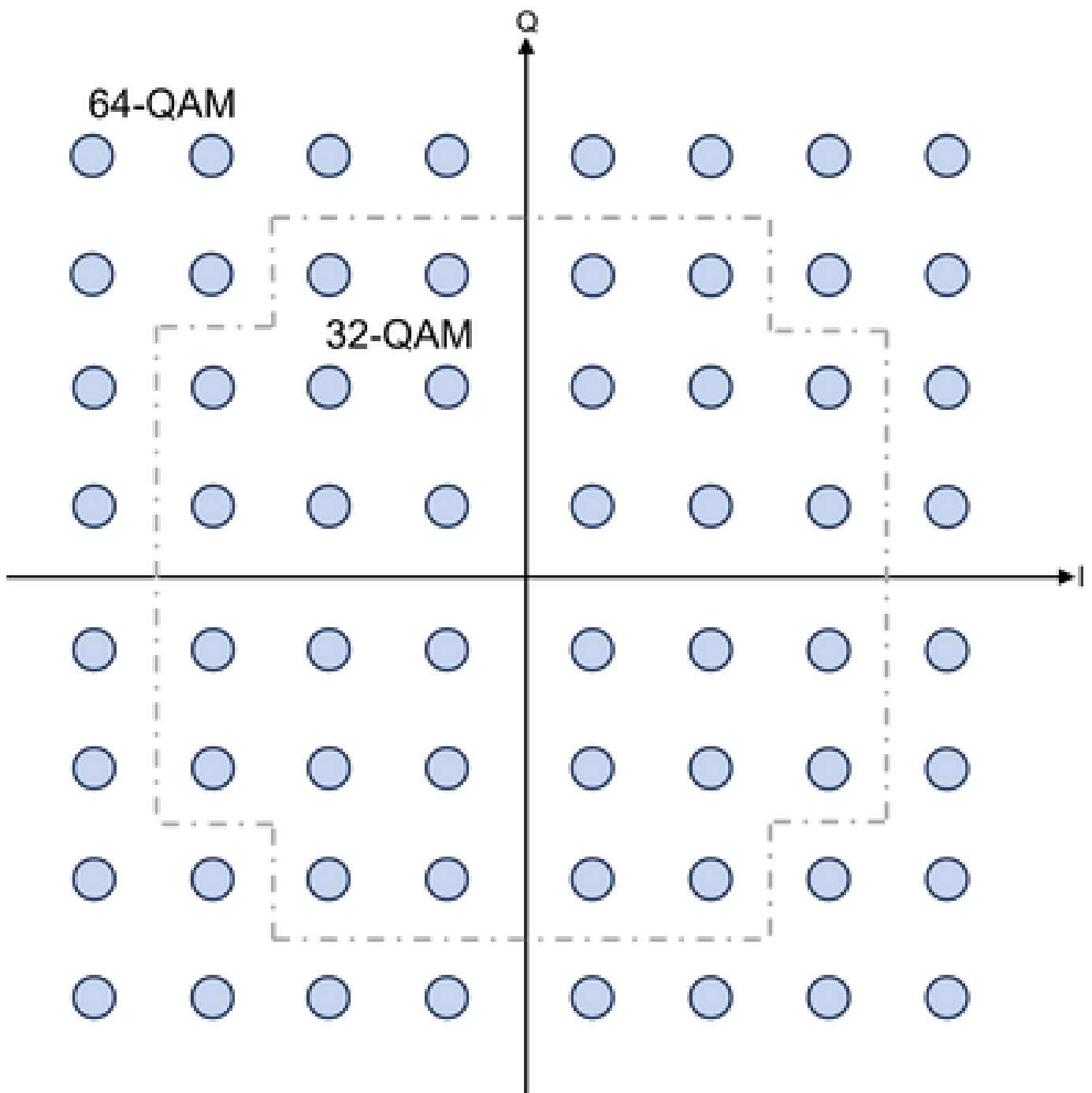


Diagramme de constellation de 32-QAM et 64-QAM

Multiplexage de polarisation (PM)

Tous les schémas de modulation listés utilisent le multiplexage de polarisation afin de coder les polarisations transversales indépendamment, doublant le débit de données mais introduisant des affaiblissements potentiels tels que la perte dépendante de la polarisation (PDL) et la dispersion de mode de polarisation (PMD). Avec cette technique, le débit de données est approximativement égal au débit en bauds multiplié par le nombre de bits par symbole multiplié par deux.

Modulation	Description	Bits par symbole	Débits de données	Exemples de PID*

			standard (Gbit/s)	
BPSK	modulation par déplacement de phase bivalente	1	100	NCS1K4-1.2T-K9
QPSK	modulation par déplacement de phase quadrivalente	2	100, 200	NCS2K-100G-CK-C
MAQ-8	modulation d'amplitude en quadrature à 8 états	3	100, 200	NCS1K4-2-QDD-C-K9, QDD-400G-ZRP-S
MAQ 16	Modulation d'amplitude en quadrature à 16 états	4	200, 300, 400	ONS-CFP2-WDM, QDD-400G-ZRP-S, NCS2K-100G-CK-C
32-MAQ	modulation d'amplitude en quadrature à 32 états	5	400, 500	NCS1K4-1.2T-K9
MAQ-64	modulation d'amplitude en quadrature à 64 états	6	500, 600	NCS1K4-1.2T-K9

* De nombreux PID prennent en charge plusieurs types de modulation. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive.

Surveillance des performances optiques

Les émetteurs-récepteurs optiques Cisco mesurent plusieurs statistiques de performances différentes liées à la modulation cohérente. Cette section donne une brève définition de chacun.

- Differential Group Delay (DGD) : différence de temps de propagation des deux modes de polarisation entre l'émetteur et le récepteur, mesurée en picosecondes.
- Dispersion chromatique (CD) : différentes longueurs d'onde se déplacent à des vitesses plus ou moins élevées dans un guide d'onde (fibre). La variation du temps de propagation par unité de spectre est mesurée en picosecondes-nanomètres (ps-nm) et se produit linéairement lorsque le signal traverse la fibre. La quantité de dispersion chromatique tolérée

au niveau du récepteur varie fortement en fonction du schéma de modulation. Les émetteurs-récepteurs ayant une tolérance à la dispersion inférieure nécessitent des unités de compensation de dispersion pour supprimer cet effet avant d'atteindre le récepteur. Les types de fibre peuvent avoir des coefficients CD sensiblement différents.

- Rapport signal/bruit optique (OSNR) : différence entre l'énergie du signal et l'énergie du bruit en dB, mesurée au niveau du récepteur. La valeur OSNR requise pour maintenir l'intégrité du signal dépend principalement du schéma de modulation utilisé.
- Dispersion en mode de polarisation (PMD) - cette grandeur est relative à la DDG et représente la différence totale accumulée en temps de propagation entre les modes de polarisation, mesurée en picosecondes.
- Dispersion en mode de polarisation du deuxième ordre (SOPMD) - Comme pour la dispersion chromatique, l'effet de la dispersion en mode de polarisation dépend de la longueur d'onde. SOPMD caractérise cette dépendance par l'unité picosecondes au carré (ps^2).
- Taux de changement de polarisation (PCR) - taux moyen auquel les états de polarisation changent lorsque le signal traverse la fibre, mesuré en multiples de radians par seconde.
- Perte dépendante de la polarisation (PDL) - atténuation effective en dB due aux changements des états de polarisation dans la fibre.

À propos de cette traduction

Cisco a traduit ce document en traduction automatisée vérifiée par une personne dans le cadre d'un service mondial permettant à nos utilisateurs d'obtenir le contenu d'assistance dans leur propre langue.

Il convient cependant de noter que même la meilleure traduction automatisée ne sera pas aussi précise que celle fournie par un traducteur professionnel.