



Transport optique à 40G / 100G

FRNOG 16



Où trouvera t'on du transport 40/100G ?

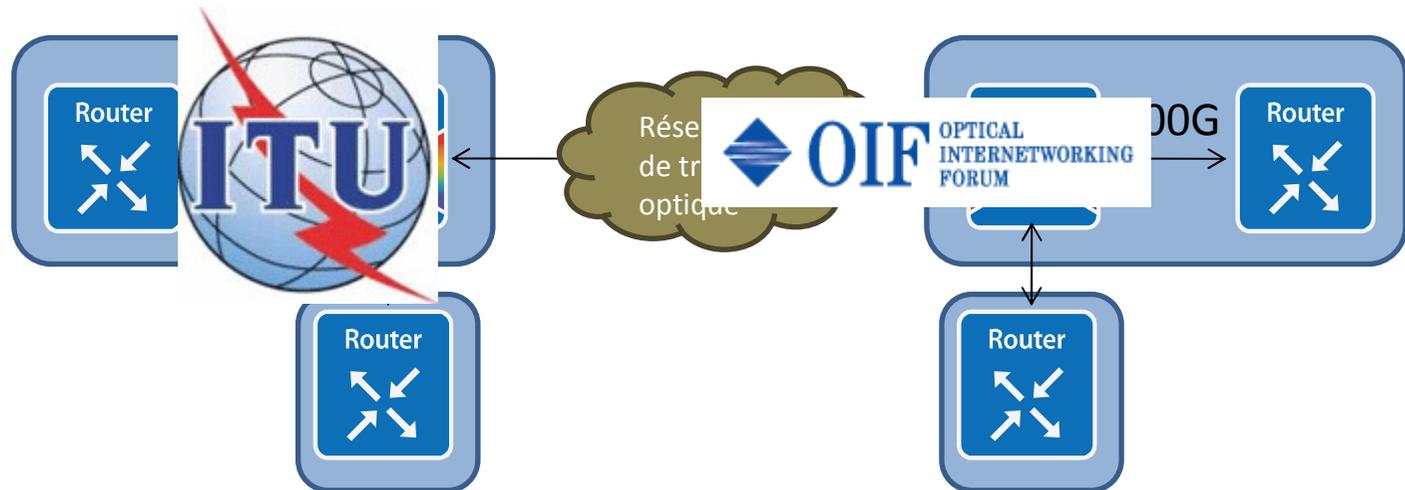
- Dans le datacenter
Portée ~ 100 m



- Entre les datacenters
(métro)
Portée 10 à 40 km



- Entre les datacenters
(longue distance)
Portée > 100 km



- 40/100G dans les réseaux métro et accès
 - La norme 802.3ba
 - Les modules pour fibre multimode
 - Les modules pour fibre monomode

- 40/100G dans les réseaux long-haul
 - Les besoins
 - Le format de modulation
 - La trame OTN

- Nouveau standard Ethernet IEEE 802.3ba-2010
- Ratifié le 17 juin 2010
- Concerne à la fois les transmissions à 40 Gbit/s et 100 Gbit/s
- Portée de 1 m à 40 km



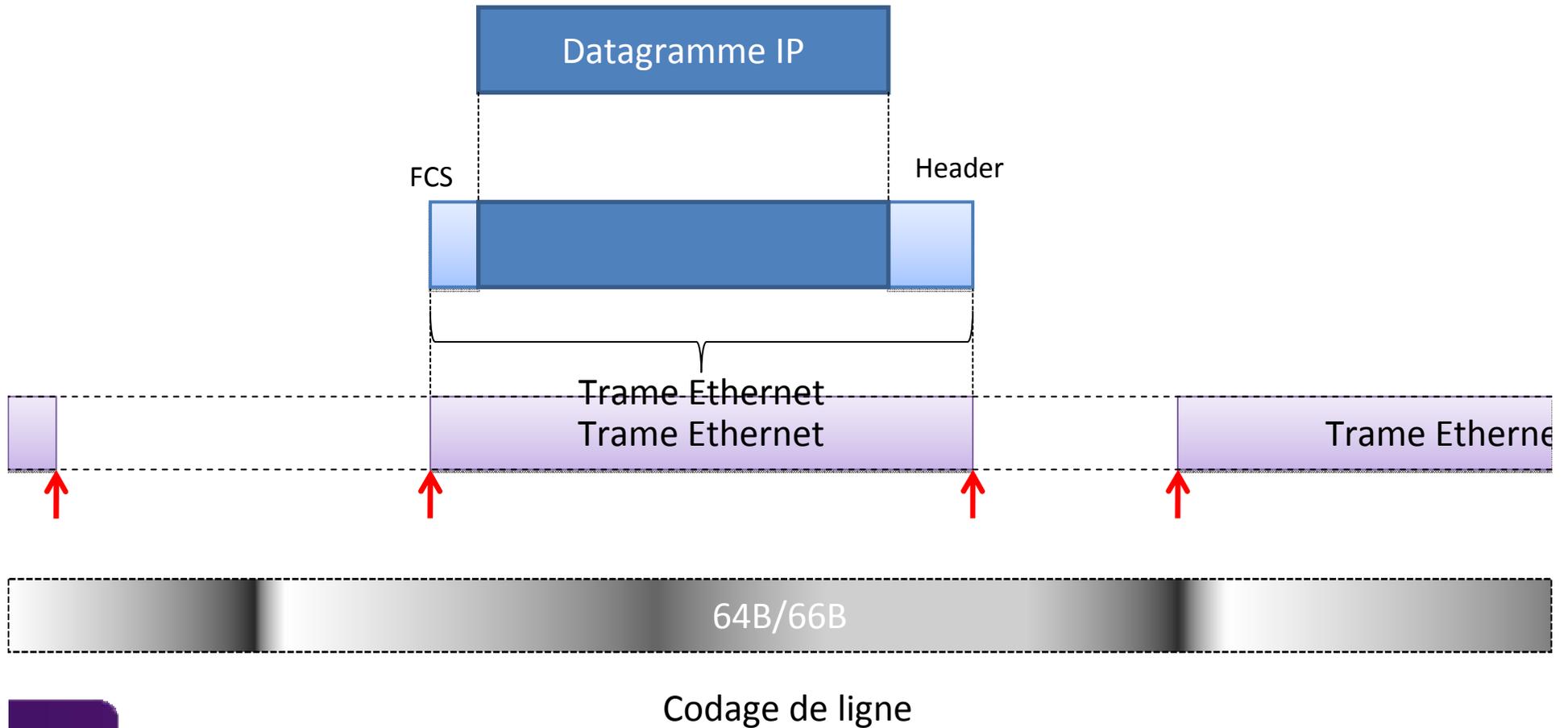
- Full duplex uniquement
- Maintient le format de trame Ethernet 802.3
- Maintient les tailles minimum et maximum de 802.3
- Taux d'erreur minimum de 10^{-12} sur la couche physique
- Transport en parallèle sur plusieurs flux à plus bas débit
- Interopérabilité avec les réseaux de transports optique longue distance (OTN)

Interface	Files	Portée	Medium
40GBase-KR4	4	1 m	Fond de panier
40GBase-CR4	4	7m	Câble cuivre
40GBase-SR4	4	100 m*	Fibre multimode
40GBase-LR4	4	10 km	Fibre monomode – CWDM
100GBase-CR10	10	7 m	Câble cuivre
100GBase-SR10	10	100 m*	Fibre multimode
100GBase-LR4	4	10 km	Fibre monomode – LAN WDM
100GBase-ER4	4	40 km	Fibre monomode – LAN WDM

* 125 m sur fibre optique multimode OM4

Le mécanisme de transport

Un codage identique au 10GbE

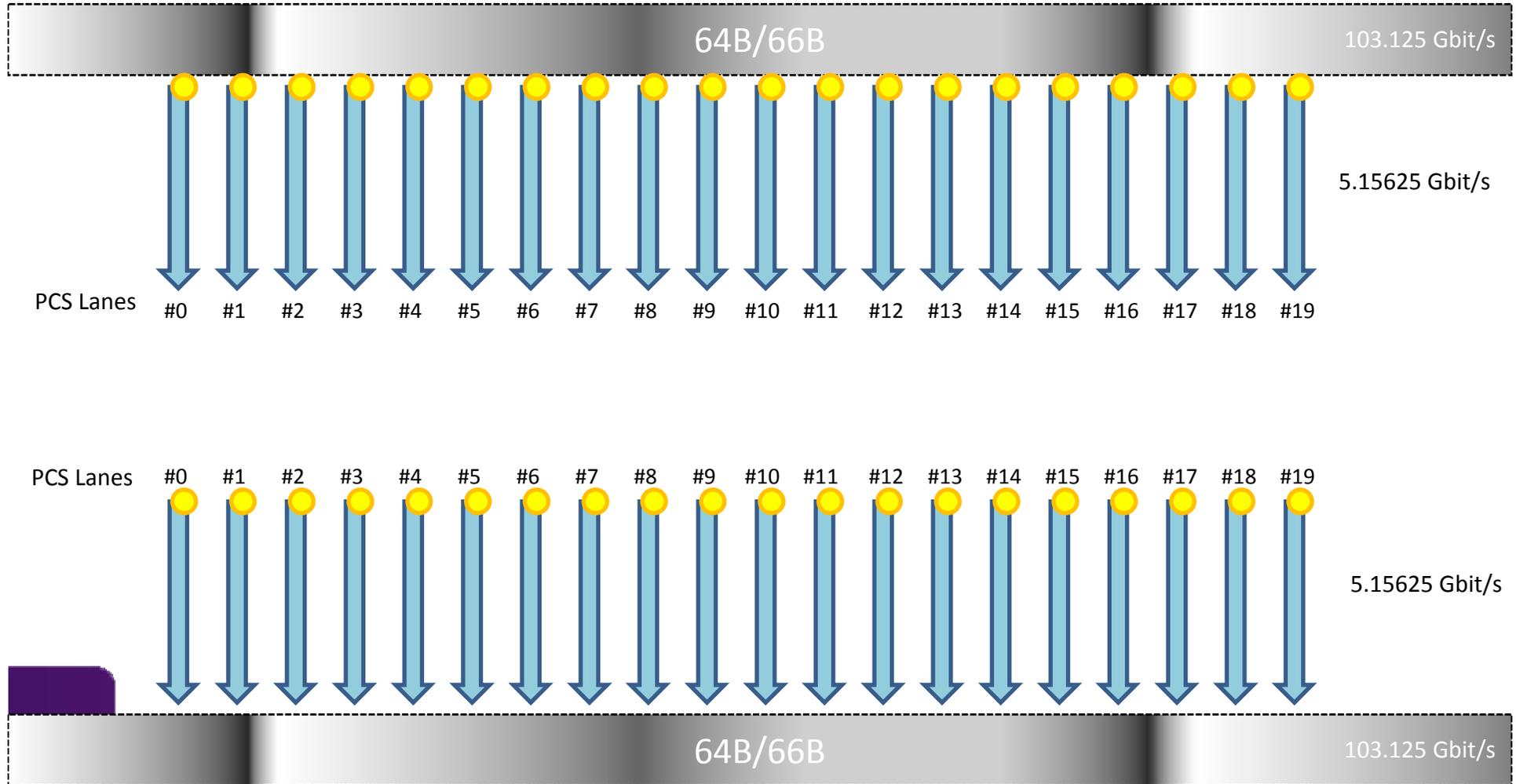




64B/66B

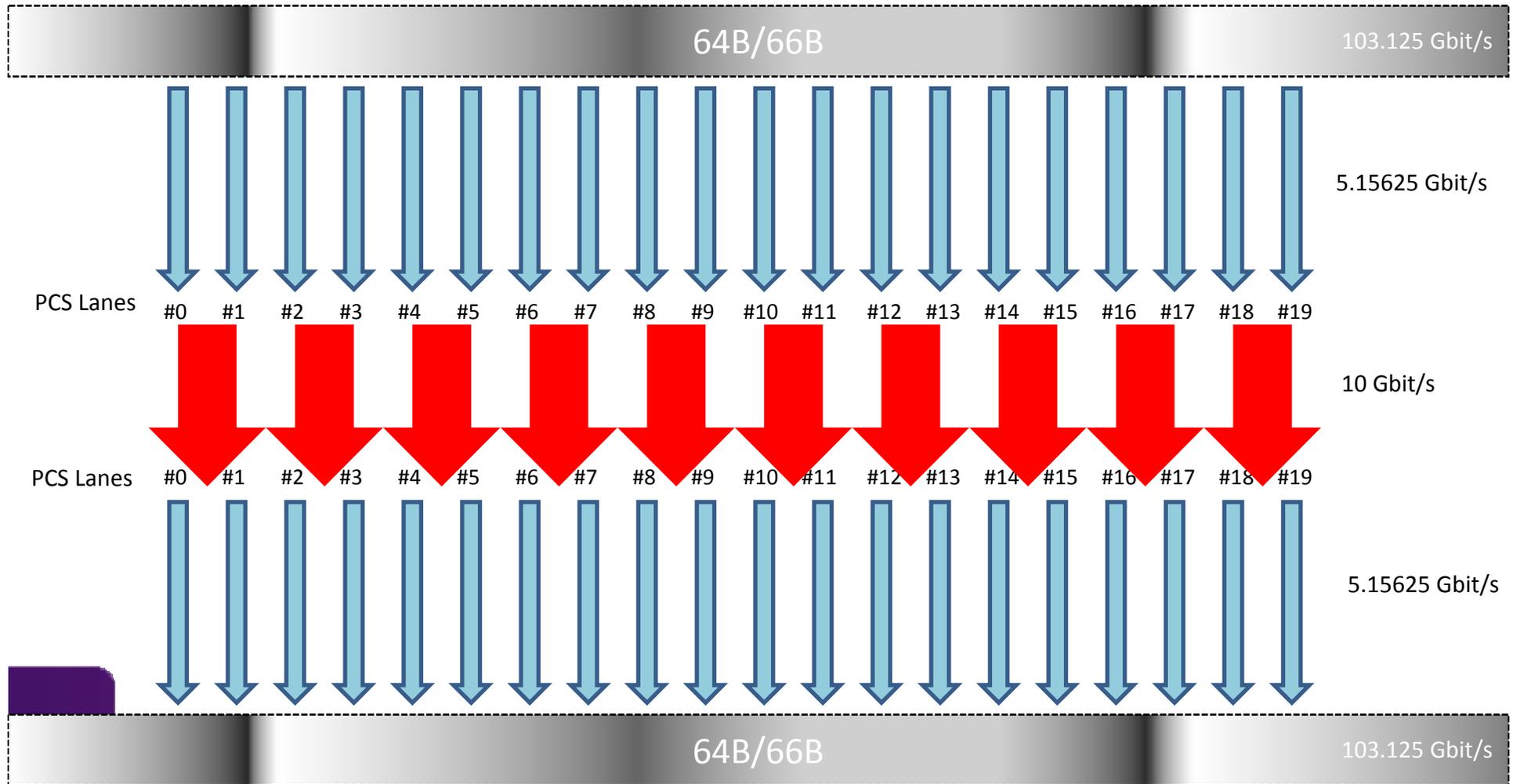
Le mécanisme de transport 100 GbE

Flux logiques « PCS lanes »



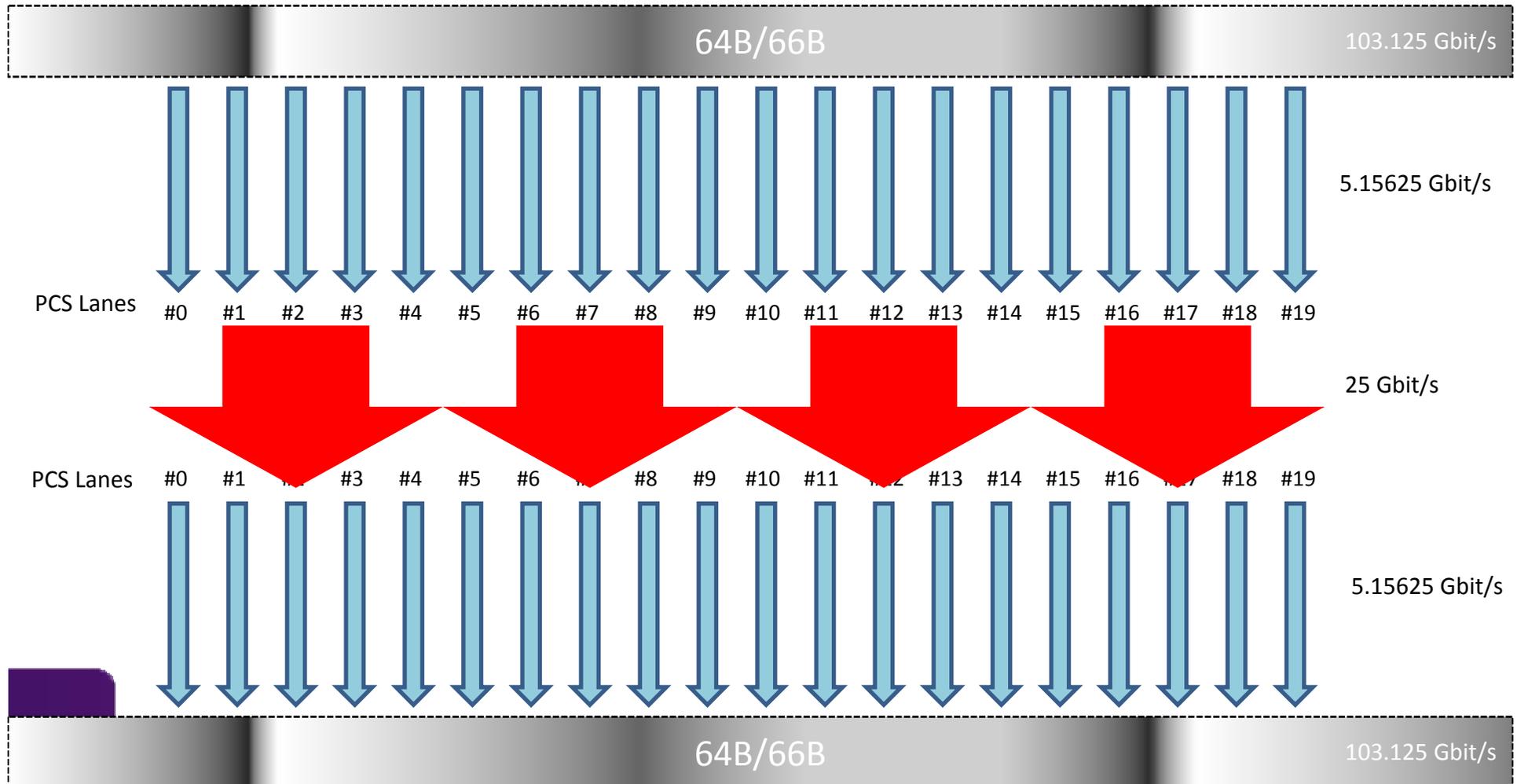
Le mécanisme de transport 100 GbE

Transport sur 10 FO (fibre multimode)



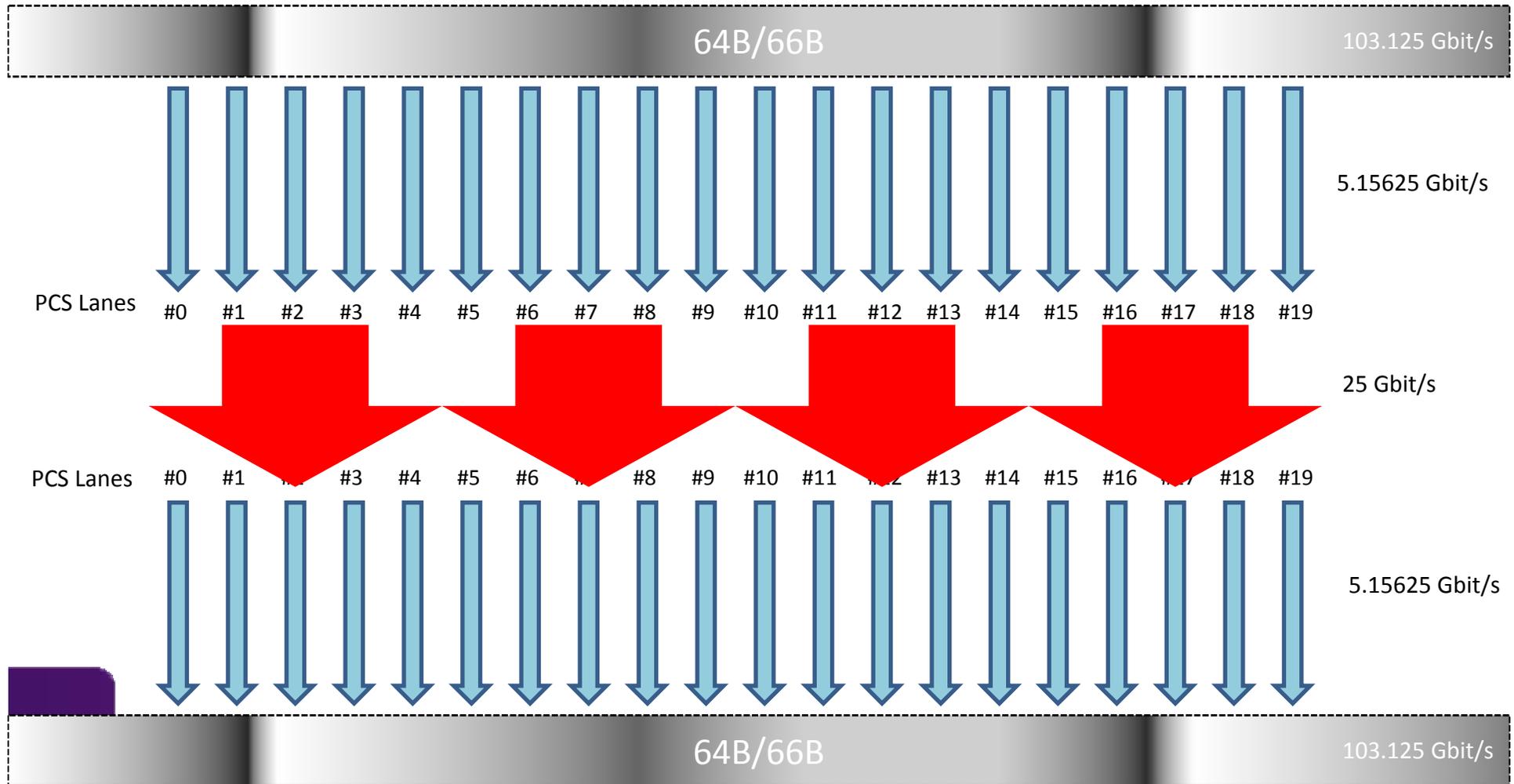
Le mécanisme de transport 100 GbE

Transport sur 4 lambdas (fibre monomode)



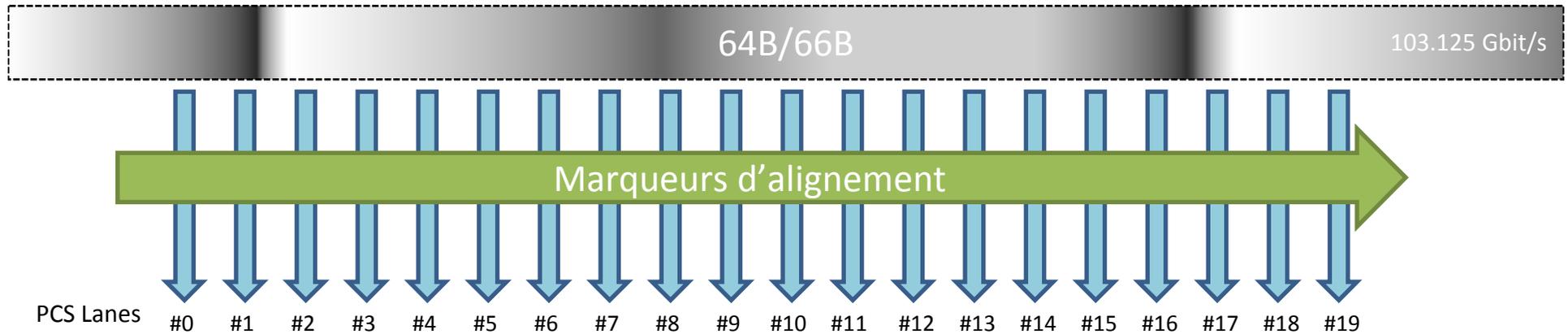
Le mécanisme de transport 100 GbE

Le problème du « skew »

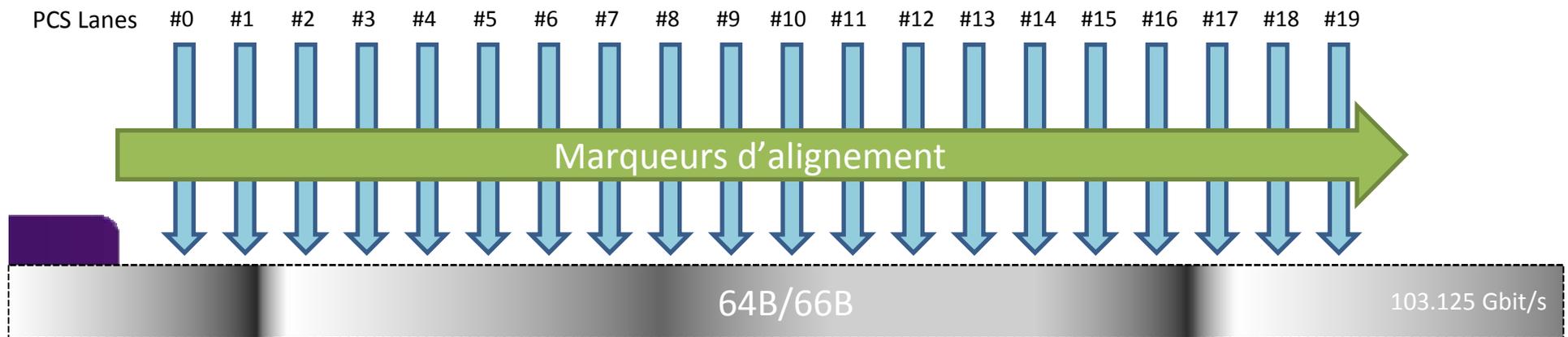


Le mécanisme de transport 100 GbE

Le problème du « skew »



Contrôle du « skew » : 180 ns de délai toléré entre PCS lanes



- La trame 802.3ba est identique aux autres trames Ethernet
- Les 100 Gbit/s sont subdivisés en flux logiques (PCS lanes) transmis à plus bas débit
- Ces flux sont être recombinaées pour s'adapter au médium et au débit de transmission ie :
 - 10 canaux physiques @ 10G sur fibre multimodes
 - 4 canaux physiques @ 25G sur fibre monomode
- Un mécanisme de contrôle des flux logiques est introduit Il évite perte de synchronisation et déséquenceement.

Les modules optiques pour fibre multimode

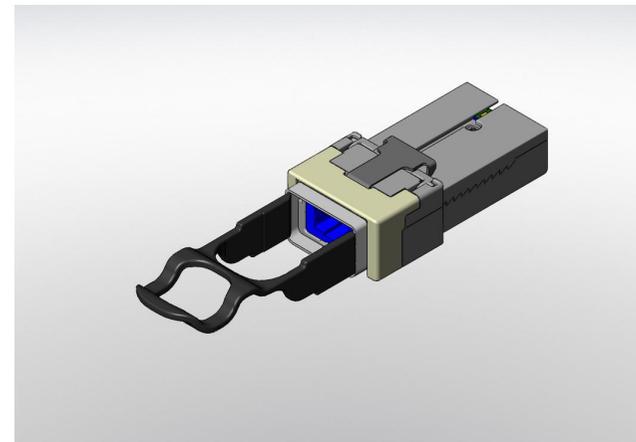
- 40GBase-SR4
- Portée :
 - 100 m sur fibre OM3
 - 125 m sur fibre OM4 (minimum)
- 4 fibres multimodes dans chaque direction @ 10 Gbit/s

- Module QSFP (Quad SFP)
- Connecteur MPO 12 fibres
- Laser VCSEL 850 nm



- 100GBase-SR10
- Portée :
 - 100 m sur fibre OM3
 - 125 m sur fibre OM4 (minimum)
- 10 fibres multimodes dans chaque direction @ 10 Gbit/s

- Nouveau module CXP
- Normalisé à l'Infiniband TA
- Connecteur MPO 24 fibres
- Laser VCSEL 850 nm



- Fibre OM1 : cœur 62.5 μm
- Fibre OM2 : cœur 50 μm -> portée étendue au GbE
- Fibre OM3 : cœur 50 μm -> compatible 10 Gbit/s (300 m)
- Fibre OM4 : cœur 50 μm -> compatible 10 Gbit/s

Pour les applications 40G/100G :

- Les fibres OM1 et OM2 ne sont pas utilisées
- La fibre OM3 est déjà largement déployée → 100 m
- La fibre OM4 maintenant disponible → 125 m

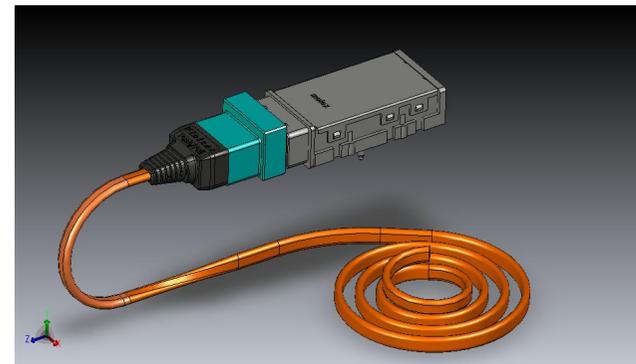
- Connecteur optique multifibre
- MPO = **M**ulti fiber **P**ush **O**n
 - Existe également sous l'appellation MTP
- Existe en monomode (PC ou APC) ou multimode
- 40GBase-SR4
 - Câble MPO 12 fibres, 8 utilisées
- 100GBase-SR10
 - Câble MPO 24 fibres, 20 utilisées
- Possibilités de câblage :
 - MPO vers MPO
 - Cassettes MPO pour baies de brassage
 - Breakout MPO vers LC, SC etc.



- Reprends le format mécanique des QSFP et CXP
- Jusqu'à 12 lanes et jusqu'à 12.5 Gbit/s (capacité agrégée 150 Gbit/s)
- Avantage : plus aucun accès aux lasers/photodiodes
-> meilleures performances, pas de risque de contamination, poids, prix
- Inconvénient : longueurs figées, pas d'interconnexion !



Câble actif équivalent QSFP



Câble actif équivalent CXP

Les modules optiques pour fibre monomode

- 40GBase-LR4
 - Portée : 10 km
 - Exploitation du multiplexage en longueur d'onde CWDM
 - 4 lambdas transmises @ 10 Gbit/s dans chaque direction
 - Requiert une paire de fibre
-
- Nouveau module CFP
 - Connecteurs SC/PC
 - 4 lasers DML CWDM
1271 1291 1311 1331 nm

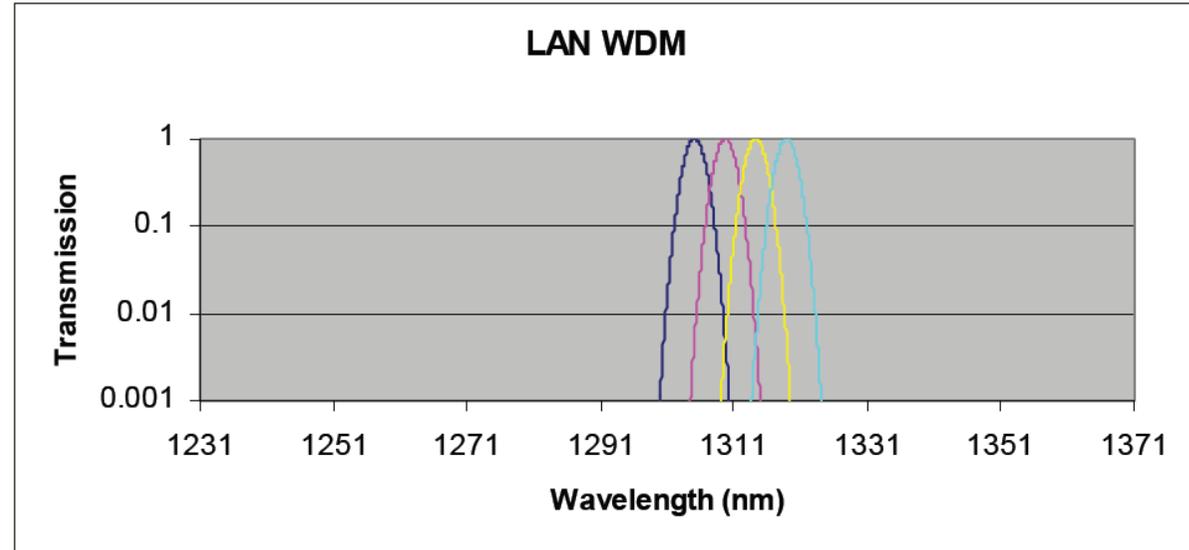


- 100GBase-LR4 (portée 10 km)
 - 100GBase-ER4 (portée 40 km)
 - Exploitation du multiplexage en longueur d'onde LAN WDM
 - 4 lambdas transmises @ 25 Gbit/s dans chaque direction
 - Requiert une paire de fibre
-
- Nouveau module CFP
 - Connecteurs SC/PC
 - 4 lasers EML LAN-WDM
1295 -1310 nm



Multiplexage en longueur d'onde LAN-WDM

- Uniquement pour les applications 4 x 25G
- 4 longueurs d'ondes
- Calées sur la grille WDM 100 GHz (ITU G.694.1)
- 800 GHz d'espacement (4.6 nm)
- Fenêtre de 2 nm

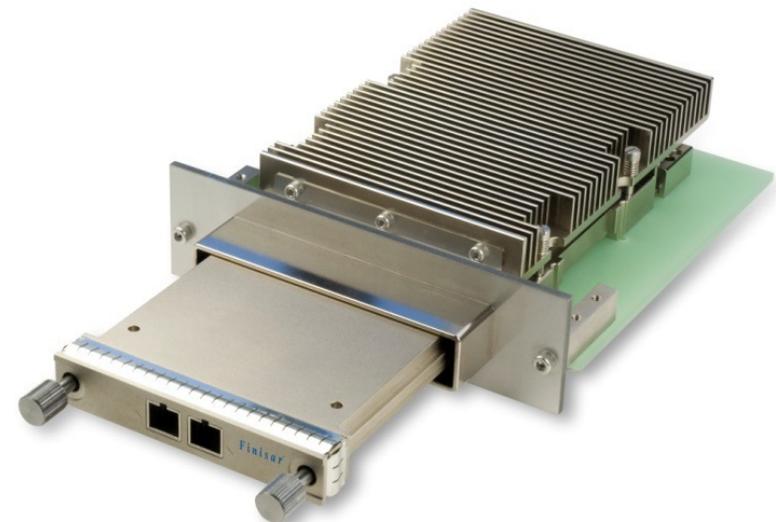


Le module CFP

- Le seul module extractible défini pour les applications 40G et 100G monomode
- Normalisé au sein du CFP MSA depuis mars 2009
- Inclus un multiplexeur WDM (le signal émis est déjà multiplexé)



- Châssis plat 86x127x14 mm
- Connecteur optique SC/PC
- Connecteur électrique 148 broches avec 24 I/O @ 10G
- Mécanisme de coupure d'énergie lors de l'extraction du module
- Emploi d'un préamplificateur optique (SOA) envisagé pour les applications 40 km

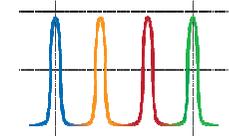


Résumé : les différents modules optiques

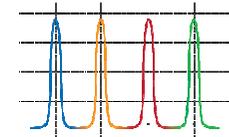
- **CFP** (86x127x14 mm / 3.4"x5.0"x0.55")
 - 100 GbE 40 km sur SMF (4x 25G LAN WDM, centré à 1305nm)
 - 100 GbE 10 km sur SMF (4x 25G LAN WDM, centré à 1305nm)
 - 40 GbE 10 km sur SMF (4x 10G CWDM, centré à 1305nm)



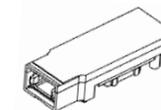
4x 25G SMF



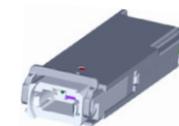
4x 10G SMF



- **CXP** (approx 20x54x11 mm / 0.78"x2.13"x0.43")
 - 100 GbE 100 m sur MMF (850 nm parallel optics, 10 x 10G)
 - 100 GbE 10+ m sur câble actif

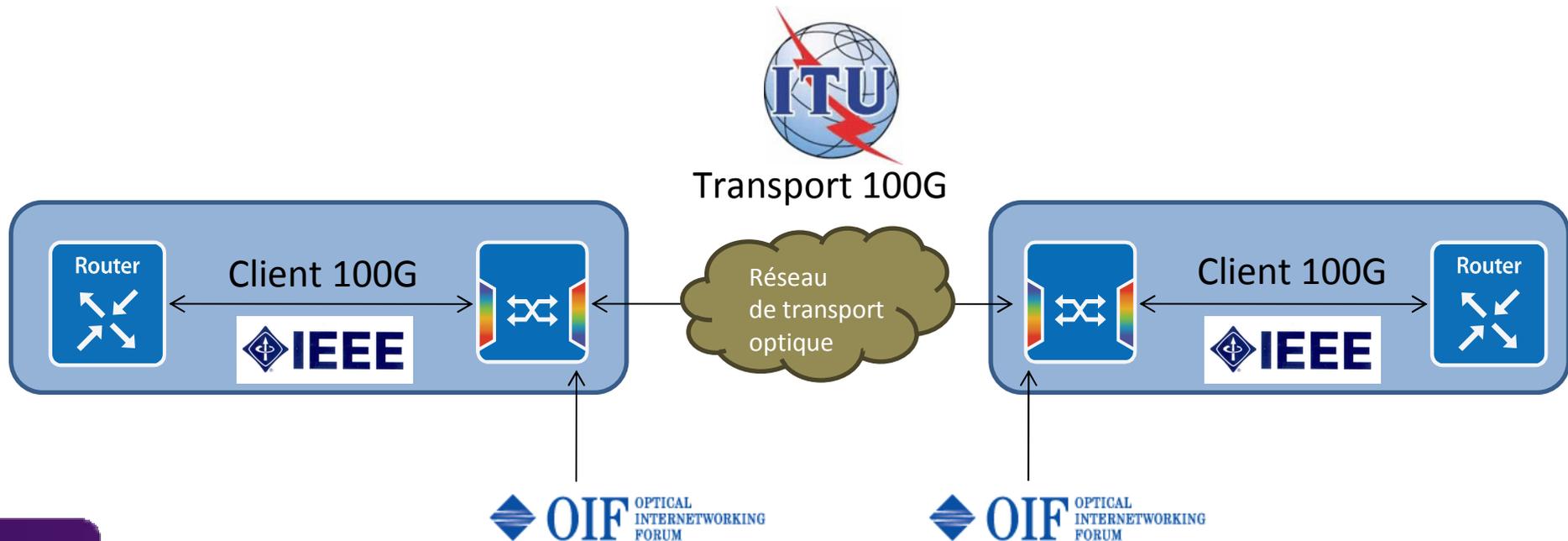


- **QSFP** (18.4x72x8.5 mm / 0.72"x2.8"x0.33")
 - 40 GbE 100m sur MMF (850 nm parallel optics, 4 x 10G)
 - 40 GbE 10+ m sur câble actif



40G / 100G dans les réseaux longue distance

- ITU Study Group 15 : en charge des protocoles de transport
- OIF : en charge des interfaces optiques



- Portée supérieure à 1000 km

- Evolution facile avec les réseaux de transport existants :
 - Déployable sur une grille DWDM 50 GHz
 - Disponibilité sur toute la bande C
 - Coexistant avec des canaux à 10 Gbit/s et 40 Gbit/s
 - Robustesse aux phénomènes dispersifs
 - Compatibilité avec les nœuds optiques (ROADM)

- Compatibilité avec
 - 802.3ba IEEE (40GbE & 100GbE)
 - SDH STM-256

1. Les formats de modulation à 40G et 100G
2. La trame numérique OTN

- Les techniques de modulation conventionnelles ne marchent pas !
à 100 Gbit/s, une modulation similaire au 10GbE (NRZ-OOK)
 - est 100 fois plus sensible à la dispersion chromatique
 - est 10 fois plus sensible à la PMD

- De nombreux schémas de modulations ont été proposés incluant :
 - Modulation d'amplitude
 - Modulation de phase
 - Modulation de polarisation

- Un consensus se dégage pour l'adoption du format DP-QPSK*
 - DP = Dual Polarization
 - QPSK = Quadrature Phase Shift Keying
- Approche : diminuer le débit de symboles transmis pour réduire la sensibilité aux phénomènes dispersifs
- Codage de 4 bits par symbole 100 Gbaud => 25 Gbaud

* Également appelé Polmux-QPSK ou PDM-QPSK

- Des formats concurrents sont proposés (DS-DP-QPSK, OFDM, APSK)
- DP-QPSK requiert une bonne maîtrise de la technologie de récepteur cohérent
- Impact probablement important sur le coût
 - Des recherches sont actuellement menées pour intégrer plus avant les composant photoniques (PIC : photonic integrated circuits)
- Reste à normaliser les codes correcteurs d'erreurs

- Géré au niveau de l'ITU-T Study Group 15
- Norme ITU-T G.709
- Objectif :
 - intégration transparente des protocoles GbE, 10GbE, 40 GbE & 100 GbE dans un réseau de transport
 - Management in-band évolué
 - Maintient de l'intégrité des données (emploi d'un code correcteur d'erreurs)



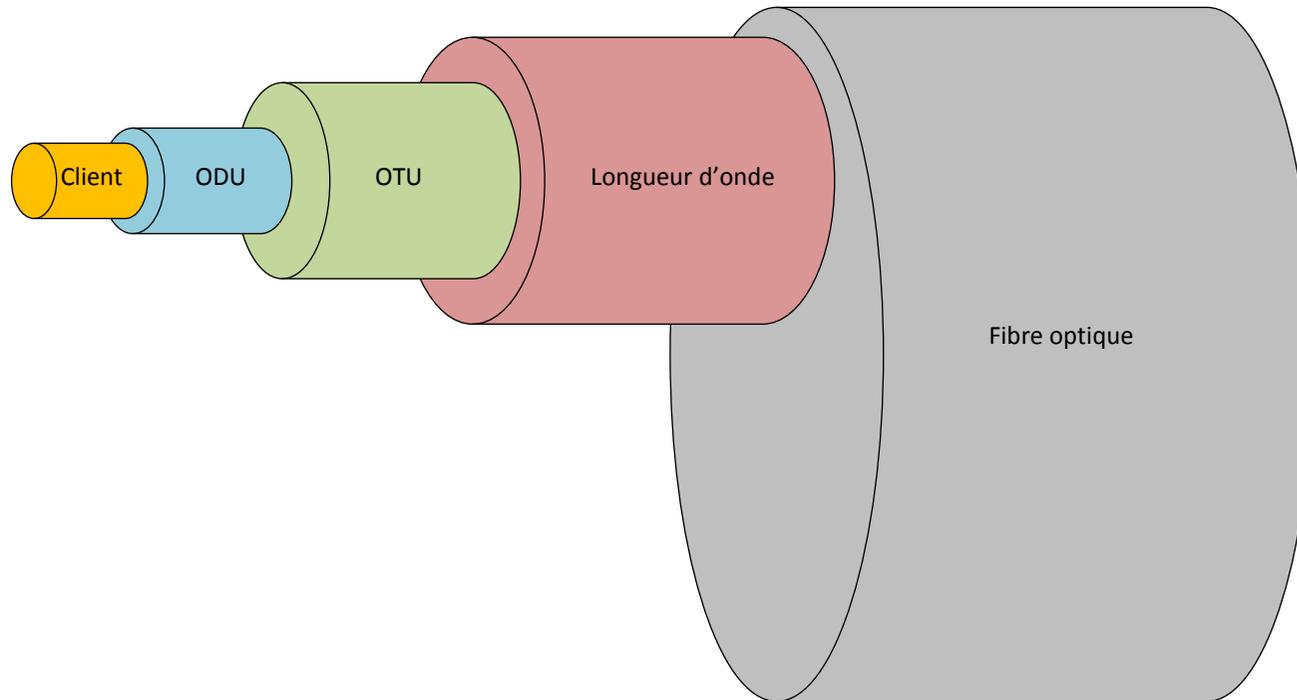
- Problématiques :
 - La trame normalisée est bien adapté à la hiérarchie SDH mais pas Ethernet
 - Adaptation des débits pour le 40 GbE et le 100 GbE
 - transparence limitée ?
 - overclocking
 - débit de ligne 112 G ou 130 G ?
 - Redondance des codages de ligne entre l'OTN et l'Ethernet
- En cours de normalisation, en attente de la norme 802.3ba



- Côté accès :
 - IEEE 802.3ba normalisé
 - Des modules optiques 40G & 100G déjà ou prochainement disponibles
 - Routeurs avec interfaces 40G / 100G annoncés ou disponibles
 - Essais de terrains OK

- Côté transport :
 - Consensus sur le format de modulation PM-QPSK à 40G & 100G
 - Efforts intense pour :
 - Finalisation de la norme de transport G.709 prochainement
 - Intégration des composants optiques pour une diminution des coûts
 - De plus en plus d'annonces d'essais de terrain

La trame OTN



ODU : Optical channel transport unit
OTU : Optical channel transport unit



- Nomenclature : un suffixe en 3 parties

- 40 = 40 Gbit/s, 100 = 100 Gbit/s

- Type de medium

- Cuivre

- K = Backplane

- C = câble

- Optique

- S = Short reach (100m)

- L = Long reach (10 km)

- E = Extended reach (40 km)

- R = 64/66B coding

- Nombre de files ou de longueurs d'ondes

- Cuivre : n = 4 ou 10

- Optique : n = nombre de files ou de lambdas

Interface	Files	Portée	Medium
40GBase-KR4	4	1 m	Fond de panier
40GBase-CR4	4	7m	Câble cuivre
40GBase-SR4	4	100 m*	Fibre multimode
40GBase-LR4	4	10 km	Fibre monomode – CWDM
100GBase-CR10	10	7 m	Câble cuivre
100GBase-SR10	10	100 m*	Fibre multimode
100GBase-LR4	4	10 km	Fibre monomode – LAN WDM
100GBase-ER4	4	40 km	Fibre monomode – LAN WDM

Erwan CARO

erwan.caro@infractive.fr

