Comprendre la technologie GPON

Table des matières

- Introduction
- Conditions préalables
  - Exigences
  - Composants utilisés
- Informations générales
  - Terminologie
- Diagramme du réseau
- Aperçu de la technologie
  - Limites du GPON
  - Budget de puissance
- Parcours des paquets
  - Parcours des paquets en aval
  - Structure de trame de paquets en aval
  - Parcours des paquets en amont
  - Structure de trame de paquets en amont
- Blocs fonctionnels
  - Blocs fonctionnels de l'OLT
  - Blocs fonctionnels ONU/OLT
- Piles de protocoles
  - Mappage du trafic – Ethernet
  - OMCI
- Techniques importantes
  - Télémétrie
  - Technologie de rafale
  - Allocation dynamique de bande passante (DBA)
  - Correction d'erreurs sans voie de retour (FEC)
  - Chiffrement de ligne
- Modes de protection du réseau
  - Type A
  - Type B
  - Type C

Introduction

Ce document décrit la technologie de réseau à fibres optiques passif Gigabit (GPON) et son fonctionnement.

Conditions préalables

Exigences

Aucune exigence spécifique n'est associée à ce document.

Composants utilisés

Ce document n'est pas limité à des versions de matériel et de logiciel spécifiques.

The information in this document was created from the devices in a specific lab environment. All of the devices used in this document started with a cleared (default) configuration. Si votre réseau est en ligne, assurez-vous de bien comprendre l’incidence possible des commandes.

Informations générales

GPON est une alternative à la commutation Ethernet dans les réseaux de campus. La technologie GPON remplace la conception Ethernet traditionnelle à trois niveaux par un réseau optique à deux niveaux qui élimine les commutateurs Ethernet d'accès et de distribution avec des périphériques optiques passifs. Cisco présente GPON avec la plate-forme GPON Catalyst.

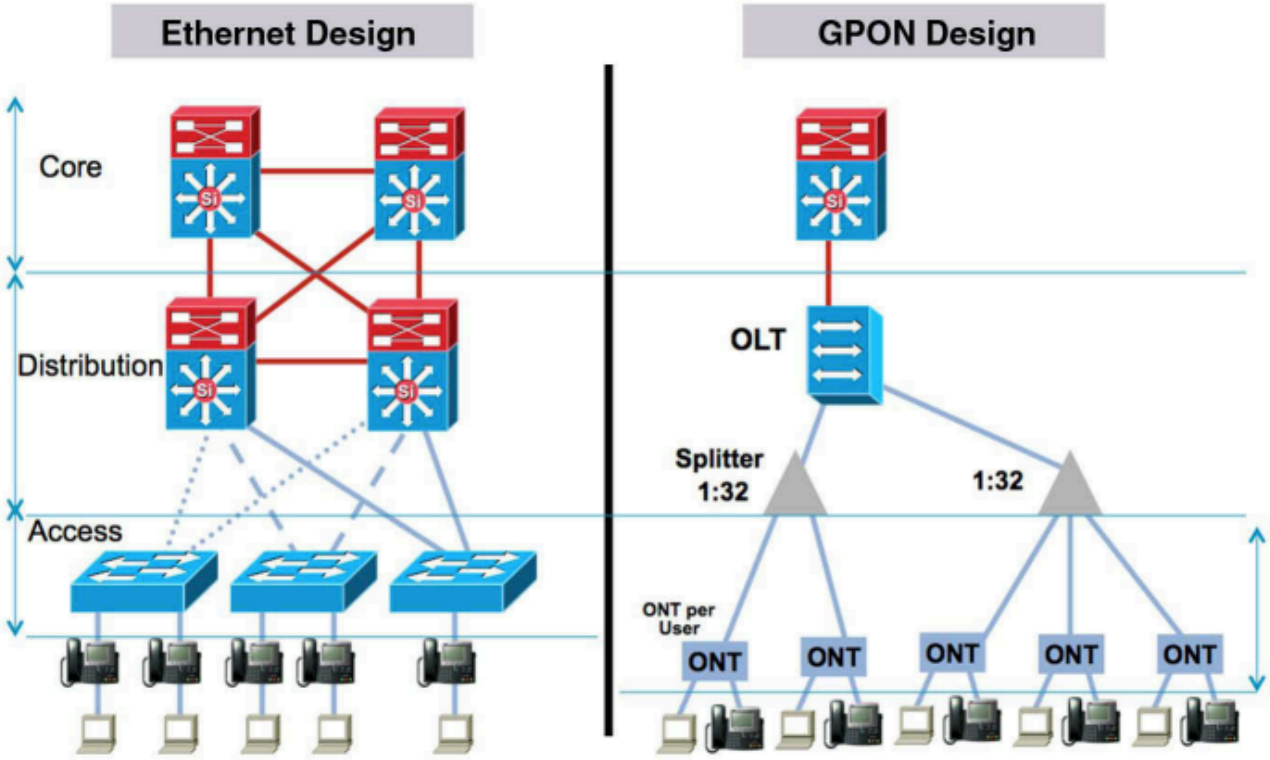
Terminologie

- Réseau optique passif (GPON) compatible Gigabit : norme pour les réseaux optiques passifs (PON) publiée par l'UIT-T.
- Réseau de distribution à fibres optiques (ODN) : les périphériques physiques à fibre physique et à fibre optique qui distribuent les signaux aux utilisateurs dans un réseau de télécommunications. L’ODN est composé de composants optiques passifs (POS), tels que des fibres optiques, et d’un ou plusieurs séparateurs optiques passifs.
- Optical Network Termination (ONT)/Optical Network Units (ONU) : connecte les périphériques des utilisateurs finaux (ordinateurs de bureau, téléphones, etc.) au réseau GPON. Assure la conversion du signal optique en signal électrique. Les ONT fournissent également le chiffrement AES par l’intermédiaire d’une clé ONT.
- Splitters : permet d'agréger ou de multiplexer des signaux à fibre optique vers un seul câble à fibre optique en amont. Rapport de 1:32 en général.
- Terminal de ligne optique (OLT) : périphérique qui regroupe tous les signaux optiques des ONT en un seul faisceau de lumière multiplexé qui est ensuite converti en un signal électrique, formaté selon les normes de type paquet Ethernet pour le transfert de couche 2 ou de couche 3.
- Multiplexage par répartition en longueur d’onde (WDM) : le multiplexage par répartition en longueur d’onde (WDM) est une technologie qui multiplexe un certain nombre de signaux de porteuse optique sur une seule fibre optique qui utilise différentes longueurs d’onde (c’est-à-dire des couleurs) de lumière laser.
- Méthode d’encapsulation GEM GPON (GPON encapsulation method) : méthode de transport de trames de données utilisée dans les systèmes de réseaux optiques passifs (GPON) compatibles Gigabit, orientée connexion et prenant en charge la fragmentation des trames de données utilisateur en fragments de transmission de taille variable
- Fibre jusqu'au X (FTTX) : FTTX est une généralisation pour plusieurs configurations de

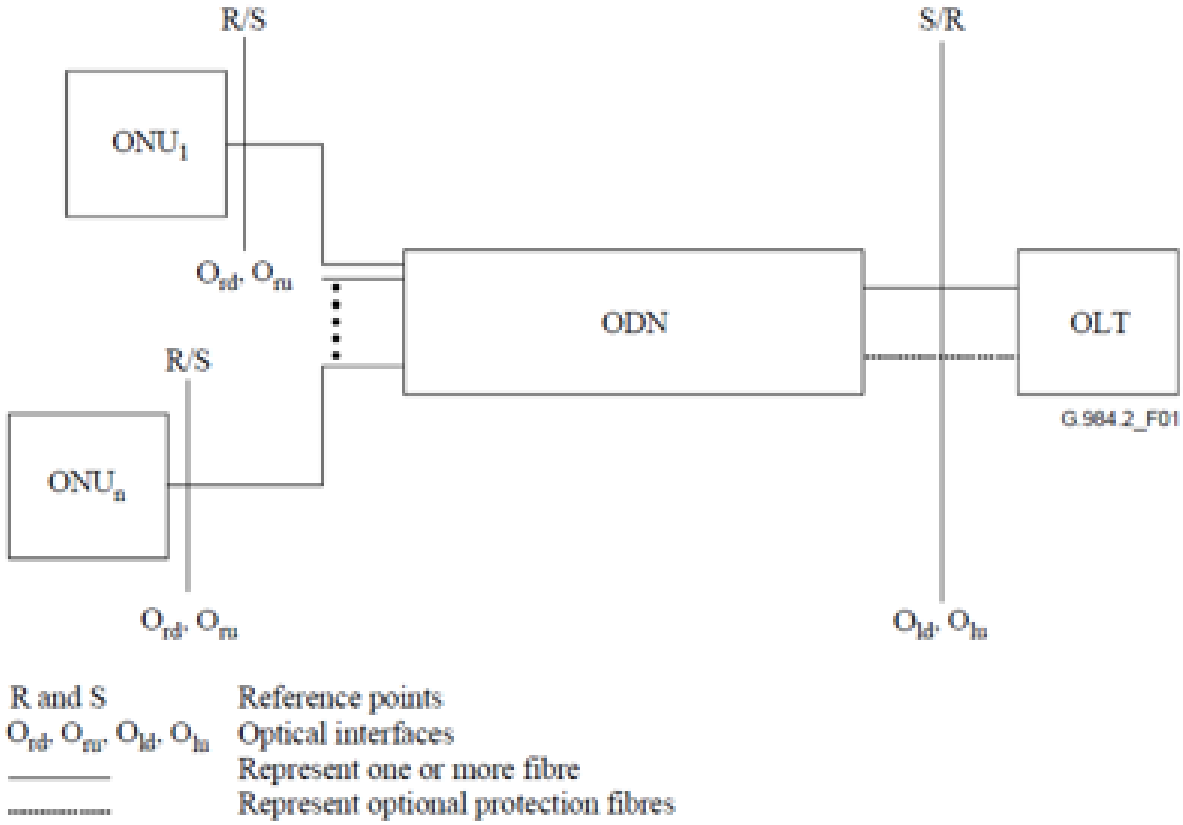
déploiement de fibre optique, classées en deux groupes : FTTP/FTTH/FTTB (fibre jusqu'au local/domicile/batîment) et FTTC/N (fibre jusqu'au sous-répartiteur/répartiteur, avec des fils de cuivre pour terminer la connexion)

- T-CONT/TCONT : conteneur de transmission
- OMCC : canal de contrôle et de gestion des unités de réseau à fibres optiques
- OMCI : interface de gestion et de contrôle des unités de réseau à fibres optiques
- PCBd : bloc de contrôle physique en aval
- TDM : multiplexage par répartition dans le temps
- TDMA : accès multiple par répartition dans le temps

Diagramme du réseau



Aperçu de la technologie



- L'OLT est connecté au séparateur optique par l'intermédiaire d'une fibre optique unique, puis le séparateur optique se connecte aux ONU/ONT.
- Le GPON adopte le WDM pour transmettre des données de différentes longueurs d'onde en amont/en aval sur le même ODN. Les longueurs d'onde vont de 1 290 à 1 330 nm en amont et de 1 480 à 1 500 nm en aval.
- Les données sont diffusées dans la direction aval et, dans la direction amont, les données sont éclatées en mode TDMA (en fonction des tranches de temps).
- Prend en charge la transmission multidiffusion point à multipoint (P2MP).

Limites du GPON

- Portée logique maximale : 60 km (il s'agit de la distance maximale gérée par les couches supérieures du système (MAC, TC, Ranging), en vue d'une future spécification physique dépendant du support (PMD).
- Distance maximale de fibre optique entre les points d'envoi/réception (S/R) et de réception/envoi (R/S) : 20 km
- Distance maximale différentielle de fibre optique : 20 km
- Rapport de partage : Limité par la perte de chemin, le réseau PON avec séparateurs passifs (séparation 16, 32 ou 64 voies)

- Taux : 1,24416 Gigabits/s en téléversement, 2,48832 Gigabits/s en téléchargement

Budget de puissance

Dans le cadre du GPON, la perte de puissance optique doit être prise en compte. Cette perte peut être introduite de diverses manières, notamment :

- Perte dans les séparateurs
- Perte par km de fibre (environ 0,35 dB par km pour 1 310, 1 490 nm)
- Perte dans les épissures (> 0,2 dB)
- Perte dans les connecteurs (0,6 dB)
- Flexion des fibres

Comme le montre l’image, les pertes subies lors de l’utilisation de divers séparateurs :

Optical Splitters	Loss [dB]
Splitter 1 x 64	20.1
Splitter 1 x 32	17.4
Splitter 1 x 16	13.8
Splitter 1 x 8	10.5
Splitter 1 x 4	7.0

Comme le montre l’image, les pertes de chemin optique minimale et maximale par classe :

Table G.984.2 – Classes for optical path loss

	Class A	Class B	Class B+	Class C
Minimum loss	**5 dB**	**10 dB**	**13 dB**	**15 dB**
Maximum loss	**20 dB**	**25 dB**	**28 dB**	**30 dB**

NOTE – The requirements of a particular class may be more stringent for one system type than for another, e.g. the class C attenuation range is inherently more stringent for TCM systems due to the use of a 1:2 splitter/combiner at each side of the ODN, each having a loss of about 3 dB.

Parcours des paquets

Parcours des paquets en aval

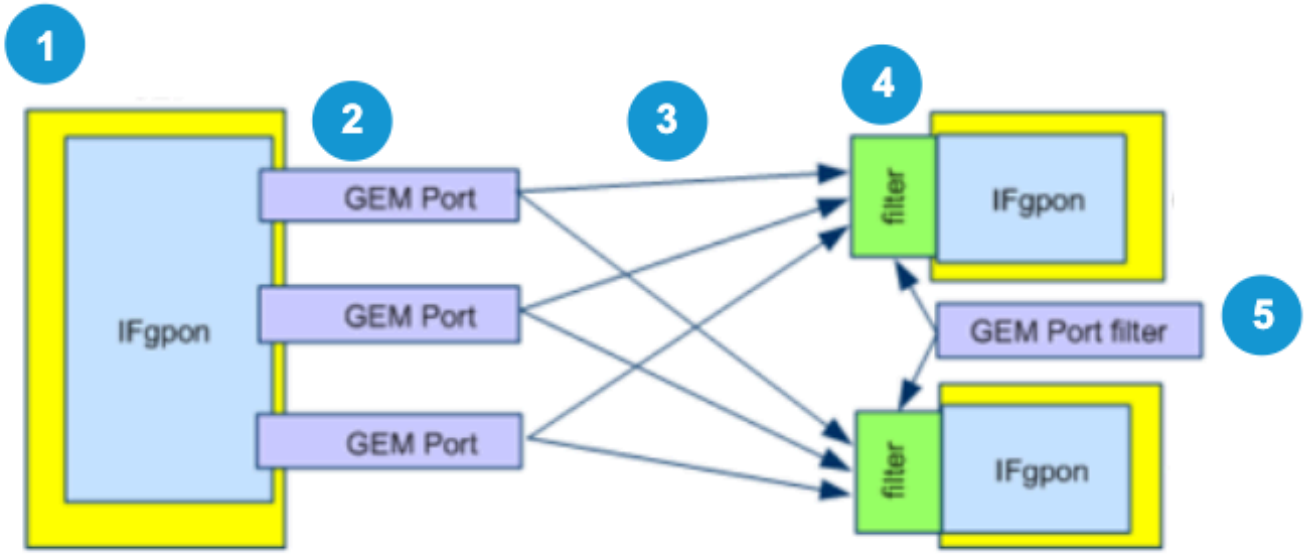
Comme le montre l’image, les paquets sont acheminés en aval de l'OLT vers les divers ONU. 

Conseil : En aval, c'est du point de vue du séparateur. Vous pouvez le considérer comme du trafic dirigé vers l'ONU/ONT, ou des utilisateurs finaux.

- Les paquets en aval sont transmis en tant que diffusions, les mêmes données étant envoyées aux mêmes ONU/ONT avec des données différentes identifiées par l’ID de port GEM.
- Permet à un ONU/ONT de recevoir les données souhaitées par l'ID de l’ONU.
- La plage de longueurs d’onde en aval s’étend de 1 480 à 1 500 nm.
- Fonctionnement en mode continu en aval – Il y a un signal constant même lorsqu’aucun

trafic utilisateur n’est passé par le GPON, sauf lorsque le laser est désactivé par un administrateur.

Comme le montre l’image, la procédure de transfert de paquets en aval.



1. L'OLT envoie des trames Ethernet des ports de liaison ascendante au module de traitement de service GPON en fonction des règles configurées vers les ports PON.

2. Le module de traitement de service GPON encapsule ensuite les trames Ethernet dans des paquets de données du port GEM pour la transmission en aval.

3. Les trames de convergence de transmission GPON (GTC) qui contiennent des PDU GEM sont diffusées à tous les ONT/ONU connectées au port GPON.

4. L'ONT/ONU filtre les données reçues en fonction de l’ID de port GEM contenu dans l’en-tête PDU GEM et conserve les données significatives uniquement pour les ports GEM sur ces ONT/ONU.

5. L'ONT désencapsule les données et envoie les trames Ethernet aux utilisateurs finaux grâce aux ports de service.

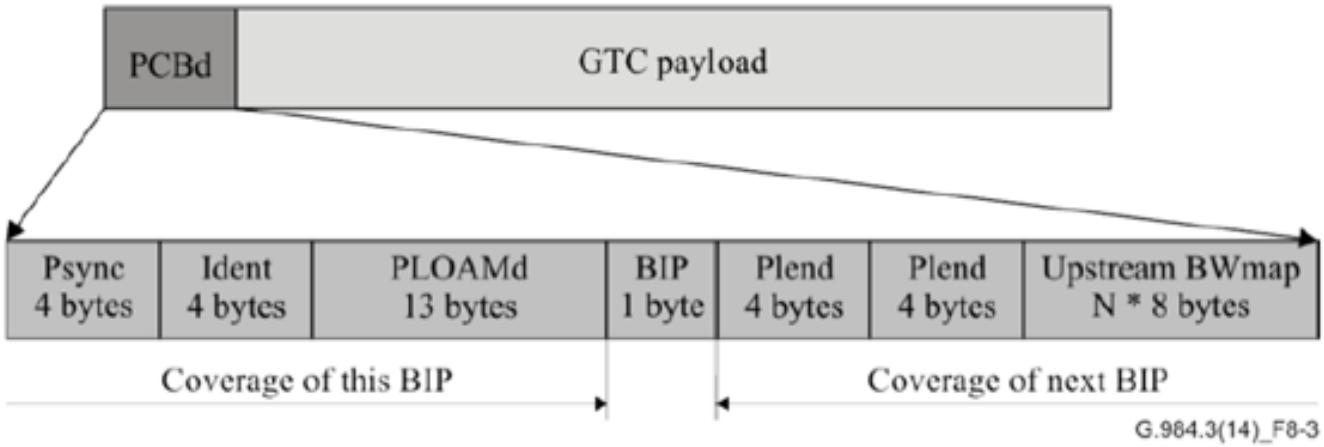
Structure de trame de paquets en aval

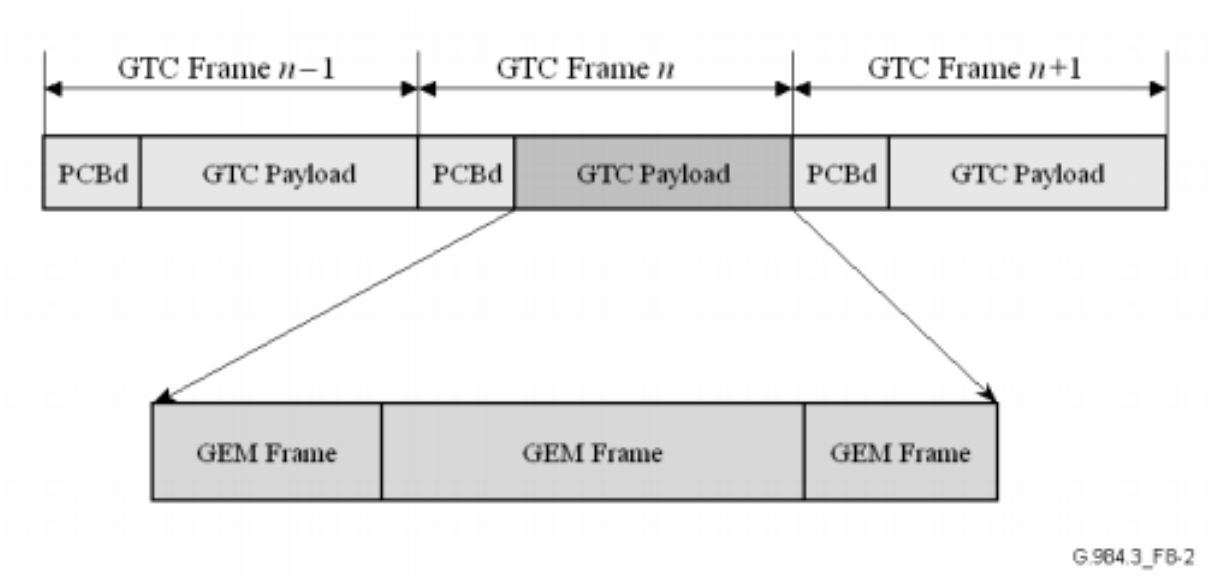
- Une trame GPON en aval a une longueur fixe de 125 µs, et comprend deux composants : bloc de contrôle physique en aval (PCBd) et charge utile.
- L'OLT diffuse PCBd vers tous les ONU/ONT. Les ONU/ONT reçoivent le PCBd et effectuent des opérations en fonction des informations reçues.
- PCBd comprend l’en-tête GTC et de BWmap :

- En-tête GTC : utilisé pour la délimitation de trame, la synchronisation et la correction d'erreurs sans voie de retour (FEC).

- BWmap : le champ informe tous les ONU de l'attribution de la bande passante en amont. Spécifie les intervalles de temps en amont de début et de fin pour les T-CONT de chaque ONU. Cela garantit que toutes les ONU envoient des données en fonction des intervalles de temps spécifiés par l'OLT afin d'éviter tout conflit de données.

Comme le montre l'image, une vue élargie du PCBd et de ce qui est contenu dans la charge utile GTC.





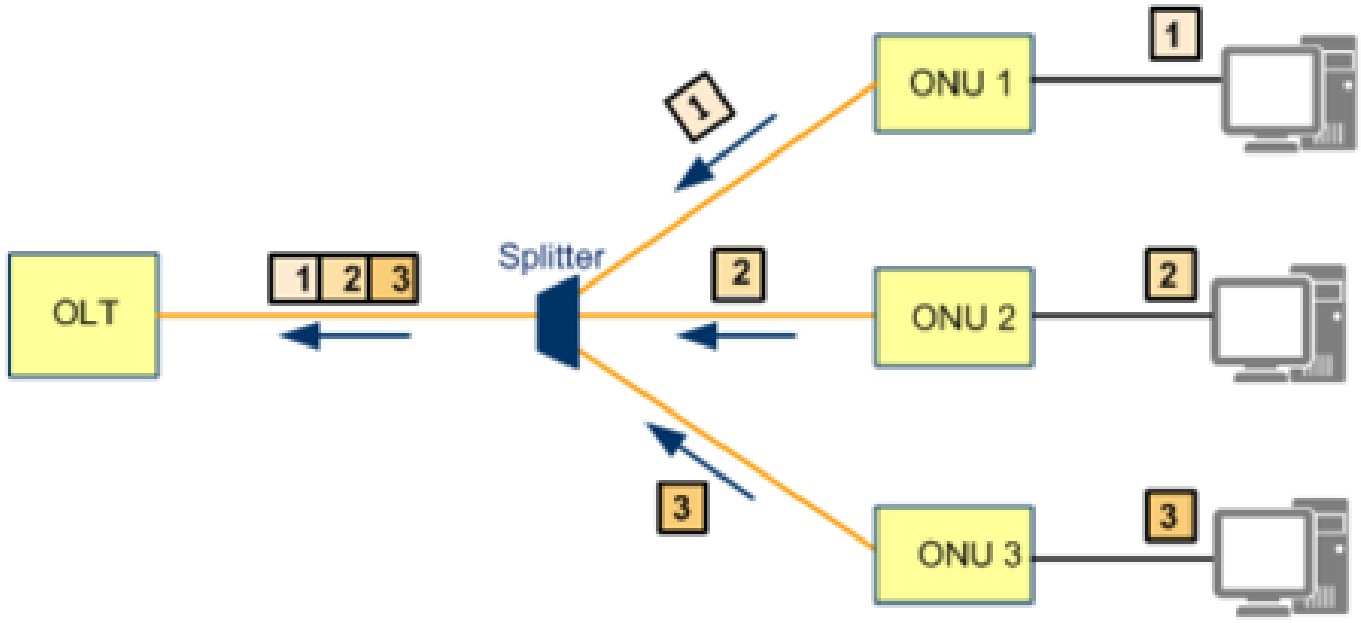
Termes clés :

- Psync (longueur de 4 octets) : champ de synchronisation physique. Indique le début de chaque PCBd.
- Ident (longueur de 4 octets) : utilisé pour indiquer des structures de trame plus grandes. Contient le compteur de supertrames utilisé par le système de chiffrement.

- PLOAMd (longueur de 13 octets) : champ aval OAM de couche physique (PLOAM). considérez cela comme un canal de fonctionnement et de gestion basé sur les messages entre l'OLT et les ONU/ONT.
- BIP (1byte length) : parité entrelacée de bits par le récepteur pour mesurer le nombre d'erreurs sur la liaison.
- Plend (longueur de 4 octets) : champ aval de longueur de charge utile.

Parcours des paquets en amont

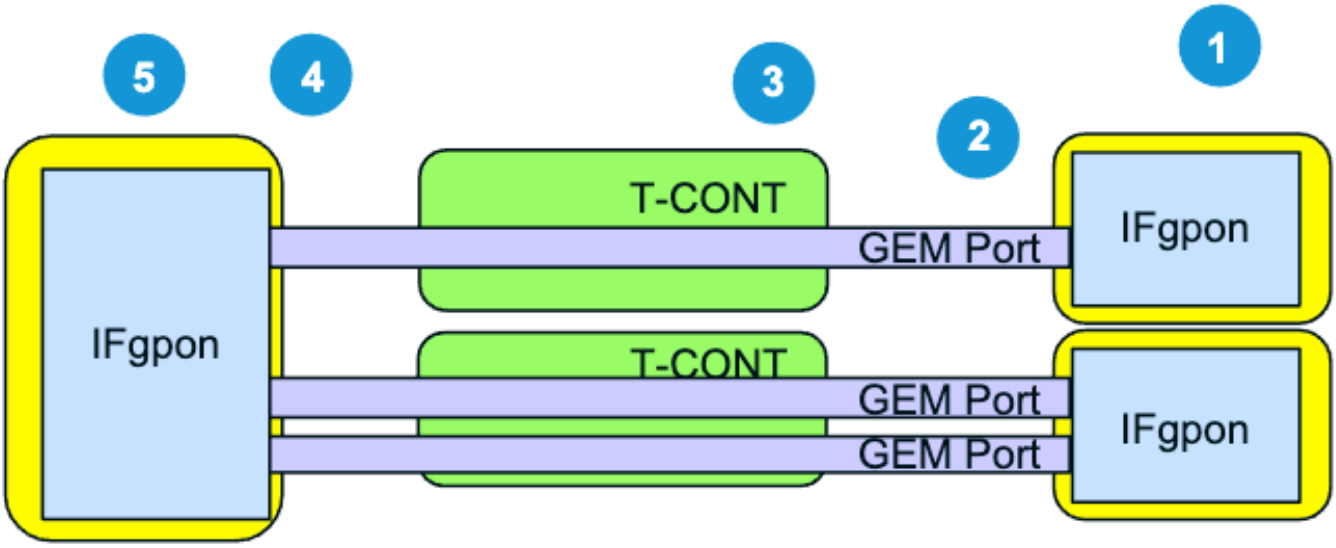
Comme le montre l'image, le flux de paquets en amont de divers ONU vers l'OLT.



Conseil : L'amont est du point de vue du séparateur, ou du trafic envoyé par l'ONU/UNT, aux utilisateurs finaux vers l'OLT.

- La transmission de paquets en amont se fait par TDMA (accès multiple par répartition dans le temps)
    - La distance entre l'OLT et l'ONT/ONU est mesurée.
    - Les plages horaires sont attribuées en fonction de la distance.
    - L'ONT/ONU envoie le trafic en amont en fonction de la plage horaire accordée.
- L'allocation dynamique de bande passante (DBA) permet à l'OLT de surveiller en temps réel la congestion, l'utilisation de la bande passante et la configuration.
- Détecte et prévient les collisions grâce à la télémétrie.
- La longueur d'onde en amont est comprise entre 1 290 et 1 330 nm.

Comme le montre l’image, la procédure de transfert de paquets en amont.



1. ONT/ONU envoie des trames Ethernet aux ports GEM en fonction de règles configurées qui mappent les ports de service et les ports GEM.

2. Les ports GEM encapsulent les trames Ethernet dans des PDU GEM et ajoutent ces PDU aux files d’attente TCONT en fonction des règles qui mappent les ports GEM et les files d’attente TCONT.

3. Les files d’attente TCONT utilisent des plages de temps basées sur le DBA, puis transmettent les PDU GEM en amont à l'OLT.

4. L'OLT désencapsule la PDU GEM, la trame Ethernet d’origine est maintenant visible.

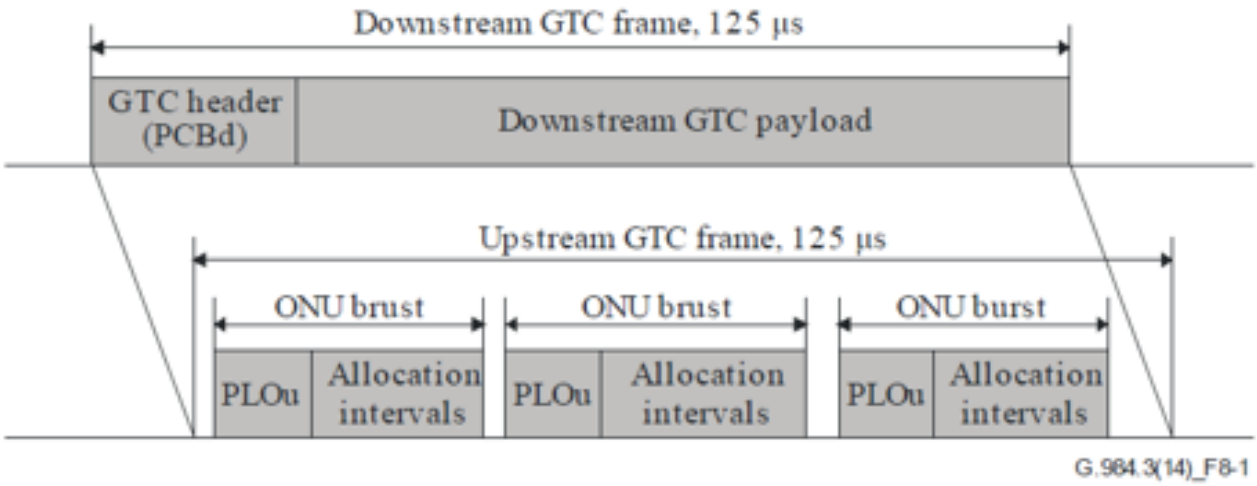
5. L'OLT envoie les trames Ethernet à partir d’un port de liaison ascendante spécifié en fonction de règles qui mappent les ports de service et les ports de liaison ascendante.

Structure de trame de paquets en amont

- Chaque trame GPON en amont a une longueur fixe de 125 µs.
- Chaque trame amont contient le contenu transporté par un ou plusieurs T-CONT/TCONT.
- Toutes les unités ONU connectées à un port GPON partagent la bande passante en amont.
- Tous les ONU envoient leurs données en amont à leurs propres plages de temps en fonction des exigences de la mappe de bande passante (BWmap).
- Chaque ONU signale l’état des données à envoyer à l'OLT au moyen de trames en amont. L'OLT utilise DBA pour attribuer des plages de temps en amont aux ONU et envoie des mises à jour dans chaque trame.

Remarque : Les trames en amont sont envoyées sous forme de rafales, qui sont constituées de la surcharge de couche physique en amont (PLOu) et d'un ou plusieurs intervalles d'allocation de bande passante associés à un ID d'allocation spécifique.

Comme le montre l'image, la différence entre une trame en aval et une trame en amont.

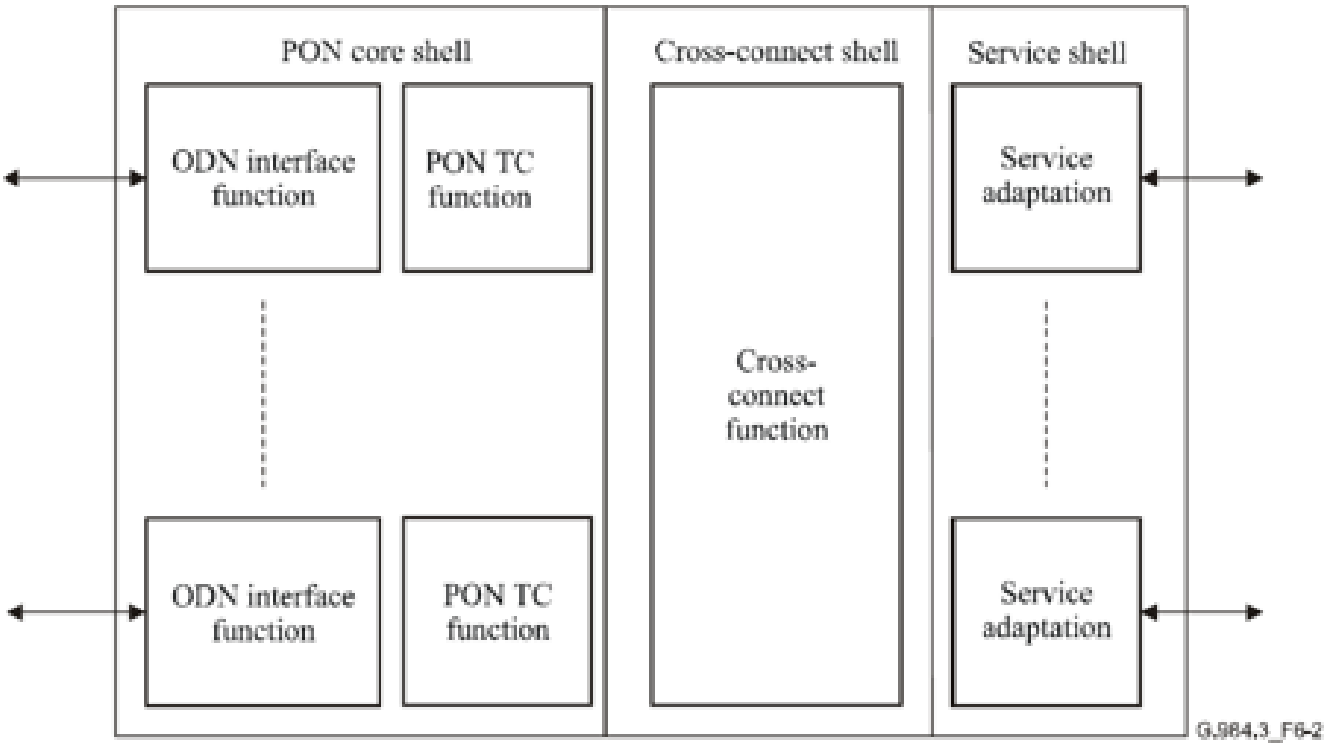


Termes clés :

- Physical layer overhead upstream (PLOu) : surdébit de couche physique en amont.
- Physical layer OAM upstream (PLOAMu) : messages PLOAM de données en amont. considérez cela comme un canal de fonctionnement et de gestion basé sur les messages entre l'OLT et les ONU/ONT.
- Power level sequence upstream (PLSu) : séquence de niveau de puissance en amont
- Dynamic bandwidth report upstream (DBRu) : rapport sur la bande passante dynamique en amont
- Charge utile : données utilisateur

Blocs fonctionnels

Blocs fonctionnels de l'OLT



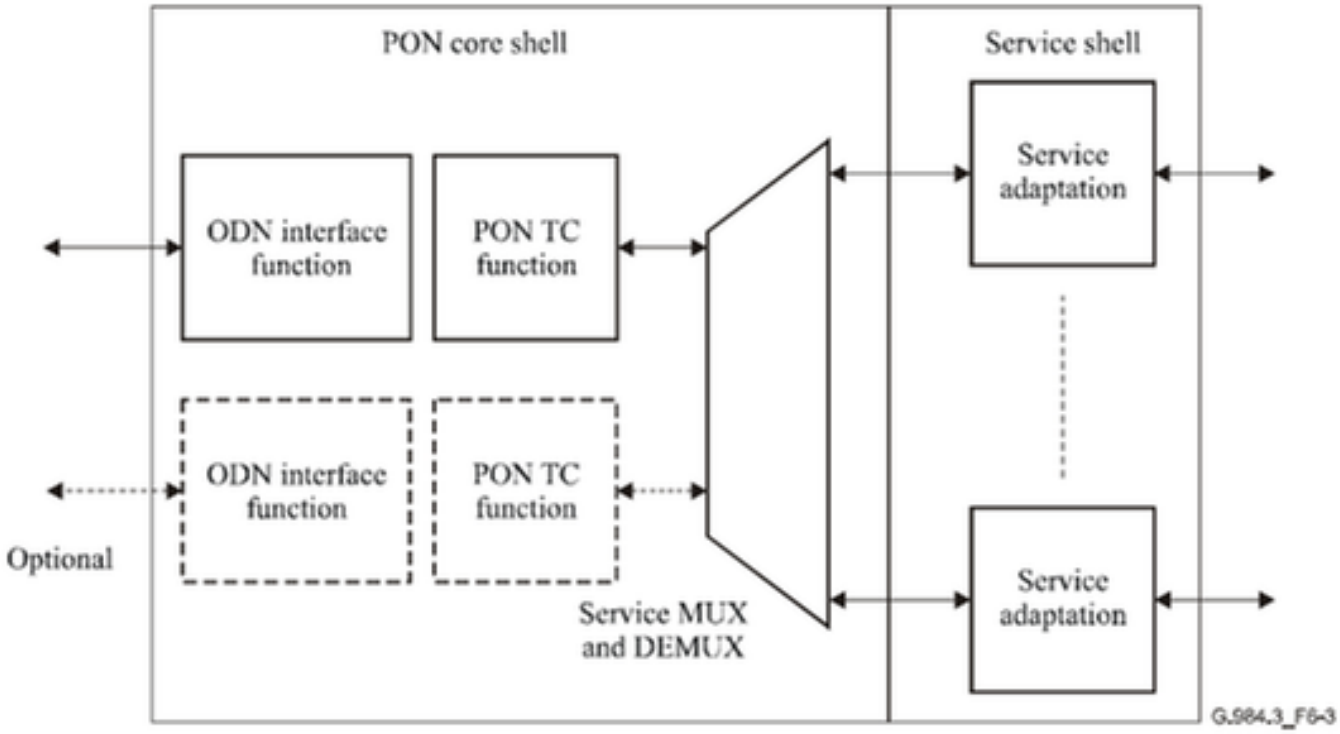
Un OLT se compose de trois parties principales :

1. Fonction d’interface du port de service : assure la traduction entre les interfaces de service et l’interface de trame du TC de la section PON.
2. Fonction de connexion croisée : fournit un chemin de communication entre l'interpréteur de commandes PON et l'interpréteur de commandes de service, ainsi que la fonctionnalité de connexion croisée.
3. Interface de réseau de distribution optique (ODN) – subdivisée en deux parties :

- Fonction d’interface PON

- Fonction PON TC : les responsabilités comprennent le cadrage, le contrôle d’accès au support, l’OAM, le DBA et la délimitation de l’unité de données de protocole (PDU) pour la fonction d’interconnexion et la gestion de l'ONU.

Blocs fonctionnels ONU/OLT

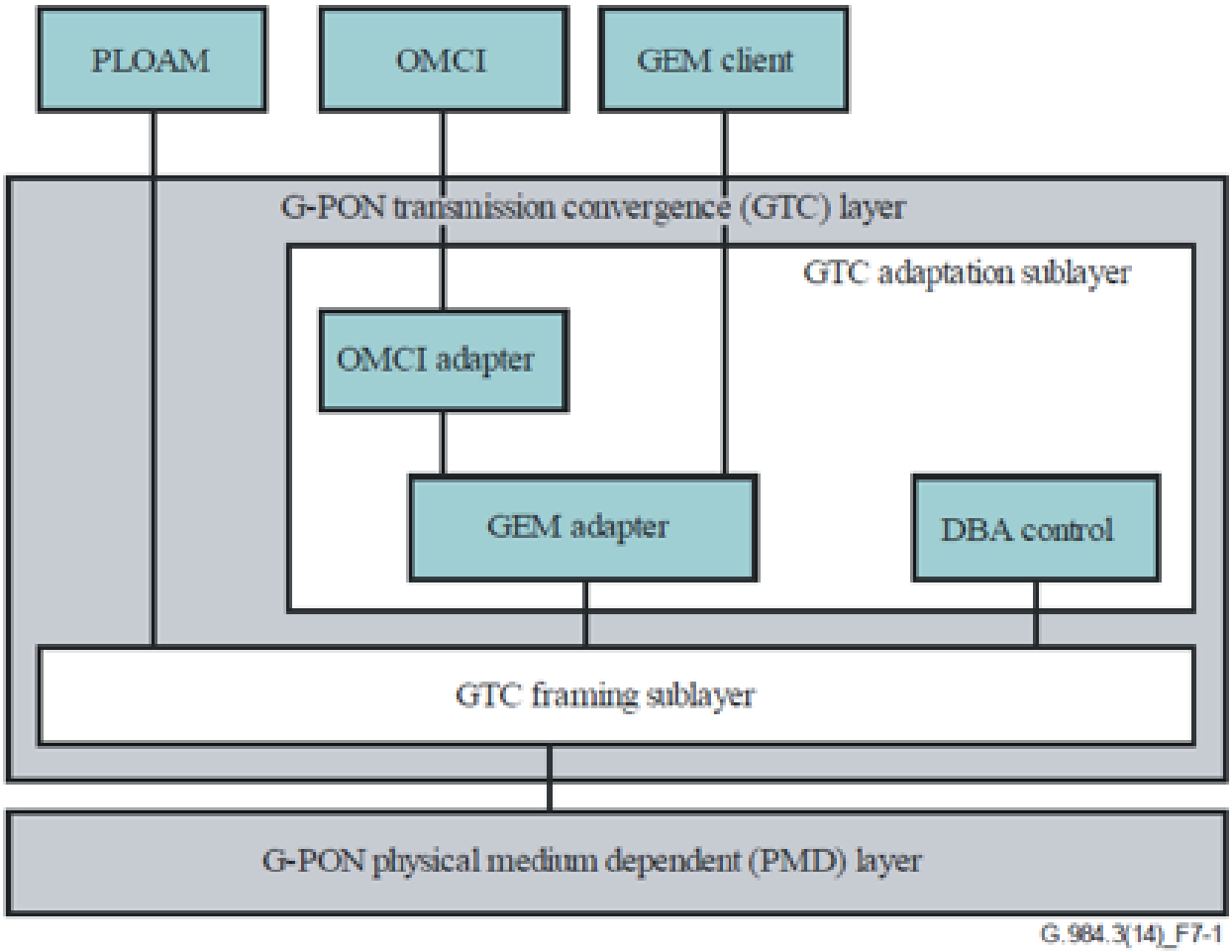


Les blocs fonctionnels sont similaires à l'OLT. Dans le scénario où l'ONU/OLT fonctionne avec une seule interface PON (max 2 pour la protection), la fonction d'interconnexion est omise. Au lieu de cette fonction, les services MUX et DEMUX sont désormais responsables du trafic.

Piles de protocoles

Le protocole GPON possède sa propre pile, uniquement Ethernet ou IP.

Comme le montre l’image, la pile de protocoles pour GPON :



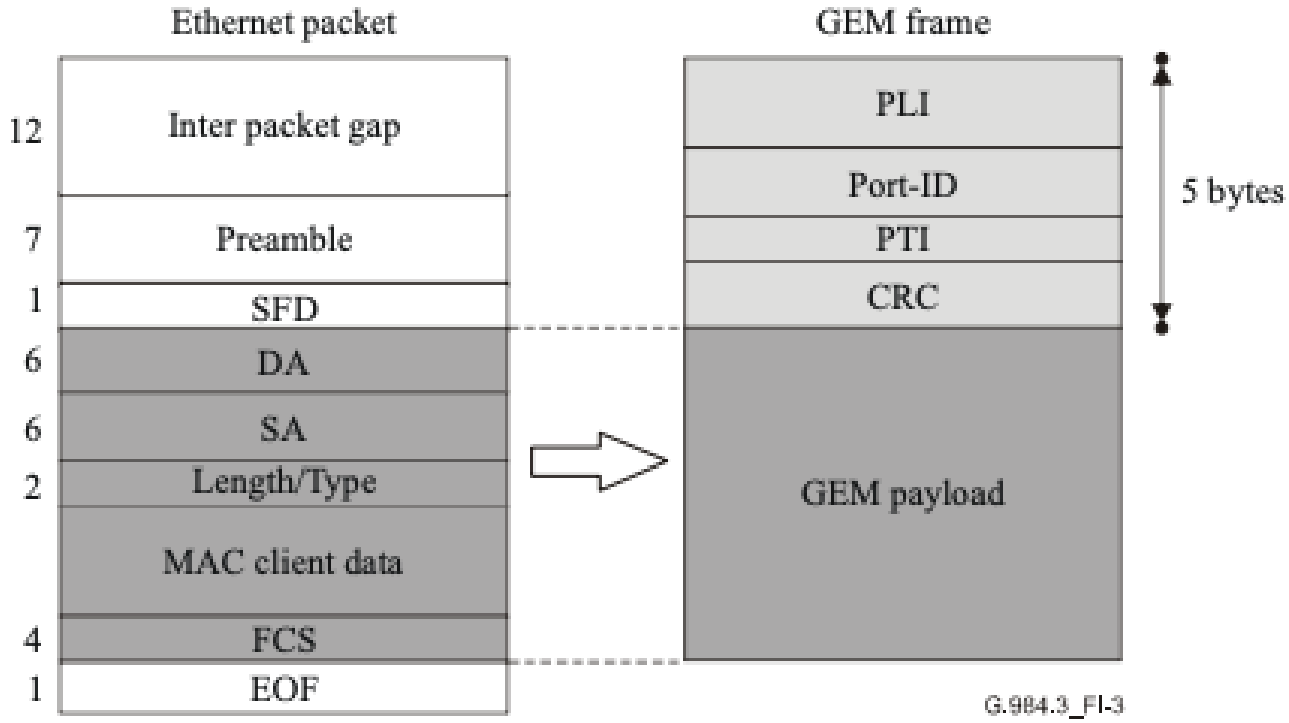
Termes clés :

- Couche PMD : équivalente aux interfaces GPON qui se trouvent entre les OLT et les ONU.
- Couche GTC : responsable de l'encapsulation des charges utiles à l'aide de cellules ATM ou de trames GEM. Les trames GEM peuvent acheminer des cellules Ethernet, POTS, E1 et T1.

Mappage du trafic – Ethernet

- Résout les trames Ethernet et mappe directement les données des trames Ethernet dans la charge utile GEM.
- Les trames GEM encapsulent automatiquement les informations d'en-tête.
- Alignement 1:1 entre une trame Ethernet et une trame GEM .

Comme le montre l'image, la façon dont une trame Ethernet est mappée à une trame GEM :



OMCI

- Les messages de l’interface de gestion et de contrôle des ONU (OMCI) sont utilisés pour détecter les ONT/ONU à des fins de gestion et de contrôle.
- Ces messages spécialisés sont envoyés sur des ports GEM dédiés établis entre un OLT et un ONT/ONU.
- Le protocole OMCI permet à un OLT de :
    - Établir et libérer les connexions avec l'ONT.
    - Gérer les UNI sur l'ONT.
    - Demander des informations de configuration et des statistiques de performance.
    - Alerte autonome des événements, comme une défaillance de lien.

Principaux points :

- Le protocole s’exécute sur une connexion GEM entre l'OLT et l'ONT.
- La connexion GEM est établie pendant l’initialisation de l'ONT.
- Le fonctionnement du protocole est asynchrone - le contrôleur OLT fonctionne comme contrôleur principal, le contrôleur ONT comme contrôleur secondaire.

Techniques importantes

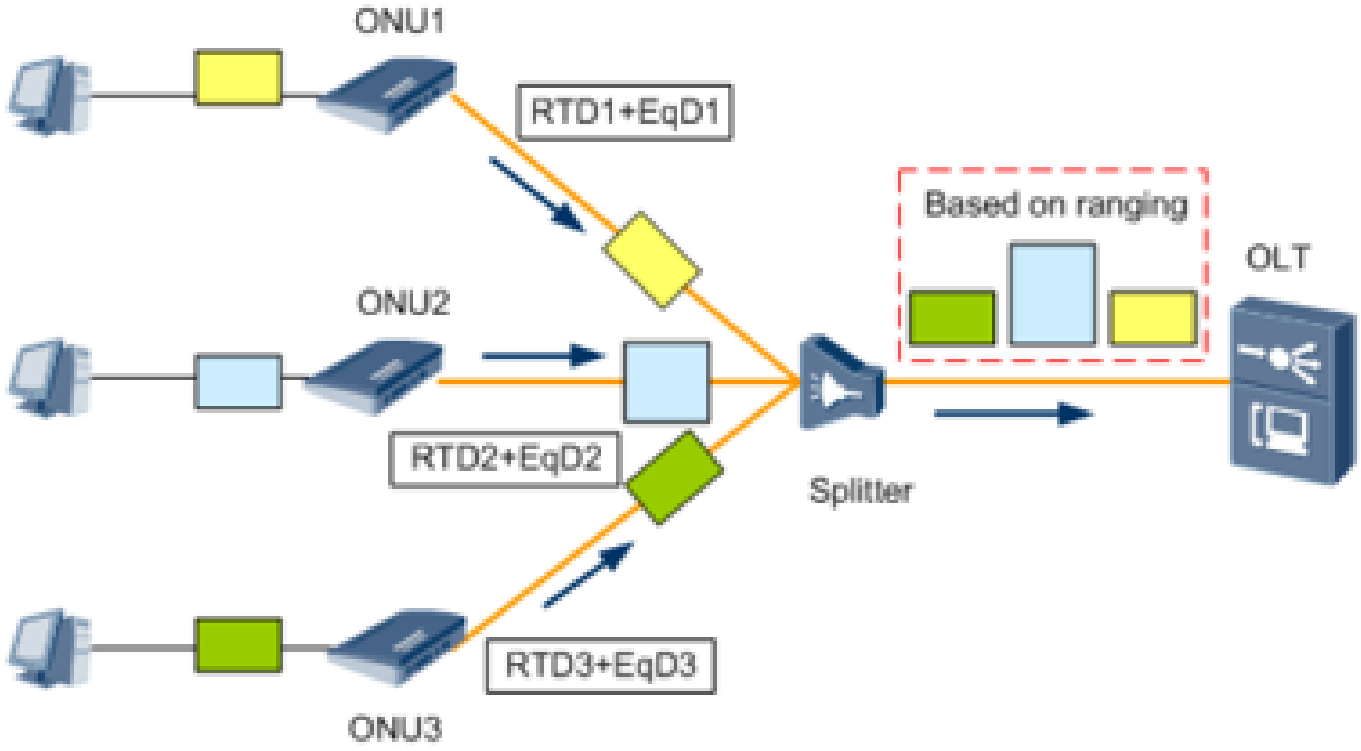
Télémétrie

Afin d'éviter les conflits de données (collisions), l'OLT doit être en mesure de mesurer précisément la distance entre lui-même et chaque ONU afin de fournir un créneau temporel approprié pour faciliter les données en amont. Cela permet aux ONU d'envoyer des données pendant des plage de temps spécifiées, pour éviter les problèmes en amont. Ce processus est effectué grâce à une technique appelée télémétrie.

Processus de télémétrie :

- L'OLT démarre le processus sur un ONU lorsque l'ONU s'enregistre pour la première fois auprès de l'OLT et obtient le délai aller-retour (RTD) de l'ONU. Selon le RTD, les autres composants clés sont identifiés :
- Calcul de la portée physique de cet ONU spécifique, car cet OLT nécessite un délai d'égalisation (EqD) approprié pour chaque ONU en fonction de la portée physique.
- RTC et EqD synchronisent les trames de données envoyées par tous les ONU

L'image montre une démonstration de ce que le processus permet de réaliser pour placer tous les ONU/OLT à la même distance virtuelle de l'OLT.



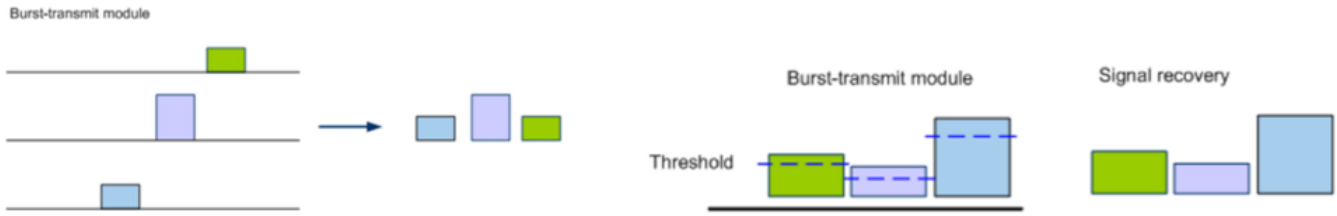
Technologie de rafale

Le flux de paquets en amont se fait par rafales, chaque ONU/ONT étant responsable de la

transmission des données dans les plages de temps qui lui sont attribuées. Lorsqu'un ONU/ONT ne se trouve pas dans sa plage de temps, le dispositif désactive la transmission de son émetteur-récepteur optique pour éviter un impact sur d'autres ONU ou ONT.

- La fonction de transmission en rafale est prise en charge par les modules ONU/ONT.
- La fonction de réception en rafale est prise en charge par les modules OLT .
- Une distance variable entre chaque ONU/ONT et OLT entraîne une atténuation du signal optique. Par conséquent, la puissance et le niveau des paquets reçus par un OLT varient selon les plages de temps.
- Le réglage dynamique du seuil permet à l'OLT de régler dynamiquement le seuil des niveaux de puissance optique. Cela garantit que tous les signaux ONU peuvent être récupérés.

Comme le montre l'image, une démonstration de différentes rafales de données transmises, puis récupérées :



Allocation dynamique de bande passante (DBA)

DBA permet à un module OLT de surveiller la congestion sur le réseau PON en temps réel. Cela permet au OLT de régler la bande passante en fonction de divers facteurs, notamment la congestion, l'utilisation de la bande passante et la configuration.

Points clés du DBA :

- Le module DBA intégré dans le OLT collecte en permanence les rapports DBA, effectue des calculs et informe l'ONU par l'intermédiaire du champ BWMap dans la trame en aval.
- En raison des informations BWMap, l'ONU envoie des données en amont pendant les plages de temps allouées pour occuper la bande passante en amont.
- La bande passante peut également être allouée en mode statique/fixe.
- L'utilisation de DBA permet :
    - L'amélioration de l'utilisation de la bande passante en amont sur un port PON.

- Une bande passante plus élevée pour les utilisateurs et la prise en charge d’un plus grand nombre d’utilisateurs sur un port PON.

Correction d’erreurs sans voie de retour (FEC)

La transmission de signaux numériques peut introduire des erreurs sur les bits et une gigue, ce qui peut dégrader la qualité de transmission du signal. Le GPON peut tirer parti de la FEC, qui permet à l’extrémité RX de vérifier les bits d’erreur dans la transmission.

✎ Remarque : la FEC est unidirectionnelle et ne prend pas en charge le retour d’informations sur les erreurs.

Points clés sur la FEC :

- Ne nécessite pas de retransmission de données.
- Prend en charge la FEC en direction de l'aval uniquement .
- Amélioration de la qualité de transmission du PCBd et du traitement de la charge utile.

Chiffrement de ligne

Toutes les données en aval sont diffusées à tous les ONU. Un risque est que des ONU non autorisées reçoivent des données en aval destinées aux ONU autorisées. Pour lutter contre cela, GPON utilise l'algorithme AES128 pour chiffrer les paquets de données.

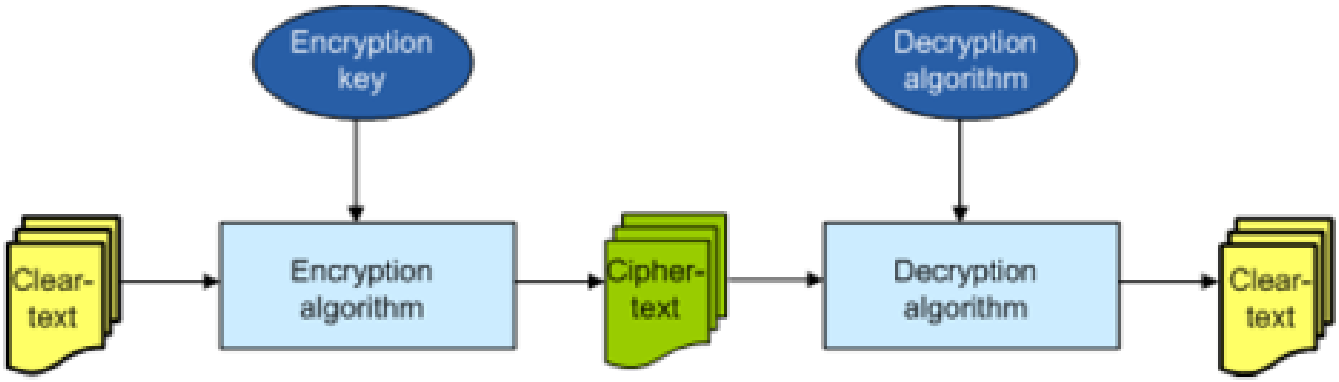
Points clés du chiffrement de ligne :

- L’utilisation du chiffrement de ligne n’augmente pas le surdébit et ne diminue pas l’utilisation de la bande passante.
- L’utilisation du chiffrement de ligne n'augmente pas les délais de transmission

Échange de clés et commutation

- L'OLT amorce une demande d’échange de clé à l'ONU. L’ONU répond à la demande avec une nouvelle clé.
- Après réception de la clé, l'OLT utilise la nouvelle clé pour chiffrer les données.
- L'OLT envoie le numéro de trame que les utilisateurs de la nouvelle clé à l’ONU.
- L’ONU reçoit le numéro de trame et commute la clé de vérification sur les trames de données entrantes.

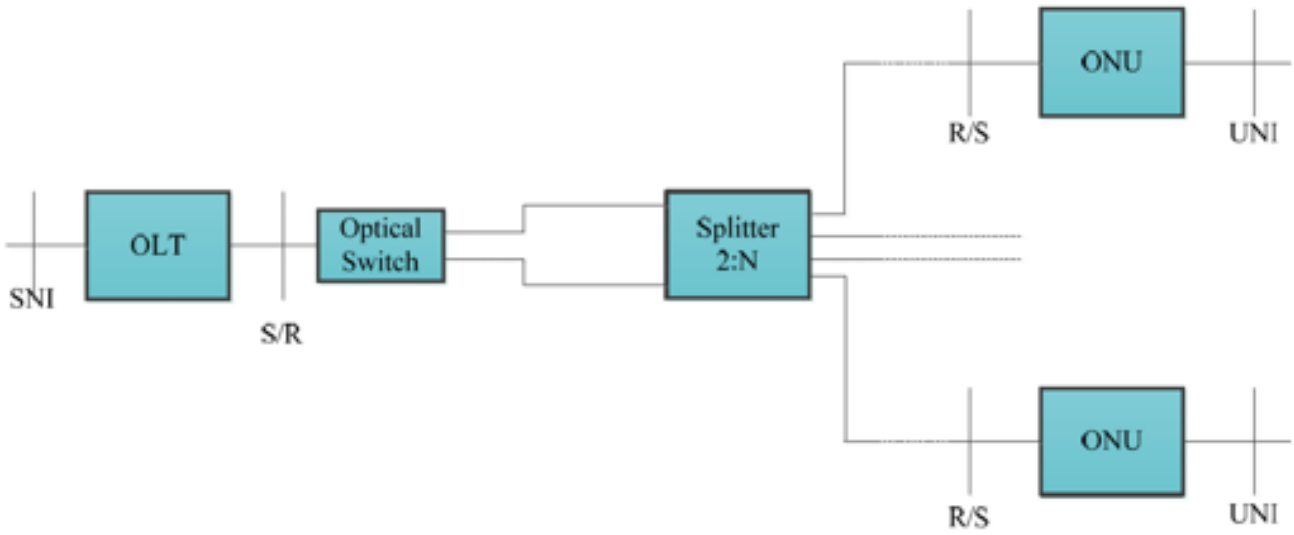
Comme le montre l’image, le processus d’échange de clés :



Modes de protection du réseau

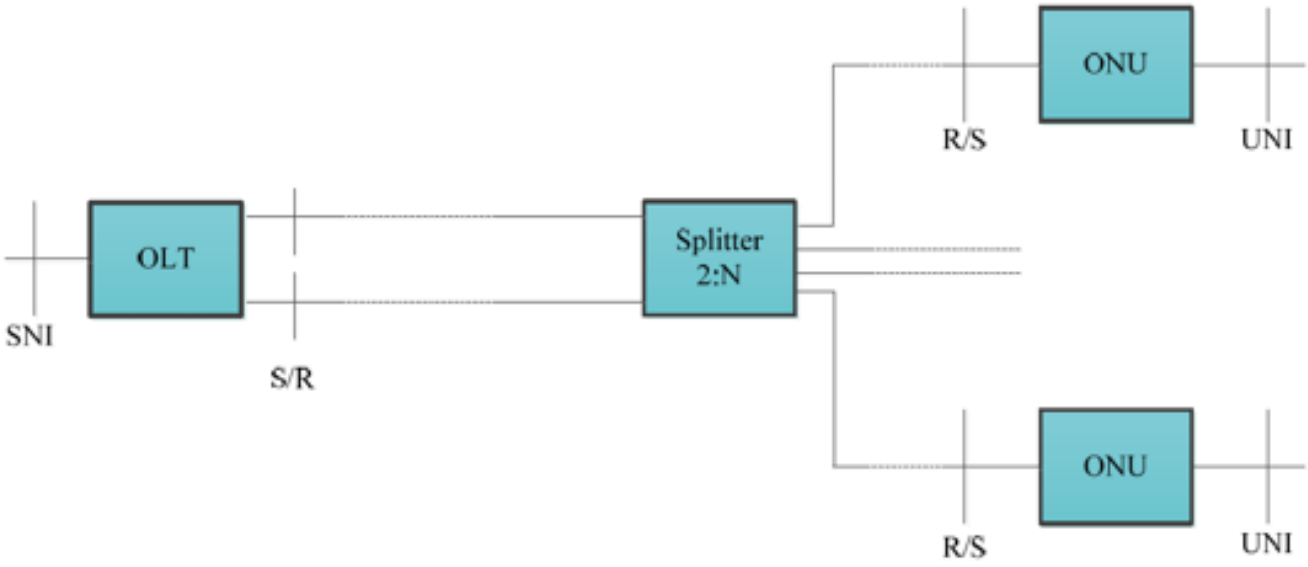
Il existe différents types de modes de protection réseau que le GPON peut utiliser. Reportez-vous à l'image pour connaître les différents types.

Type A



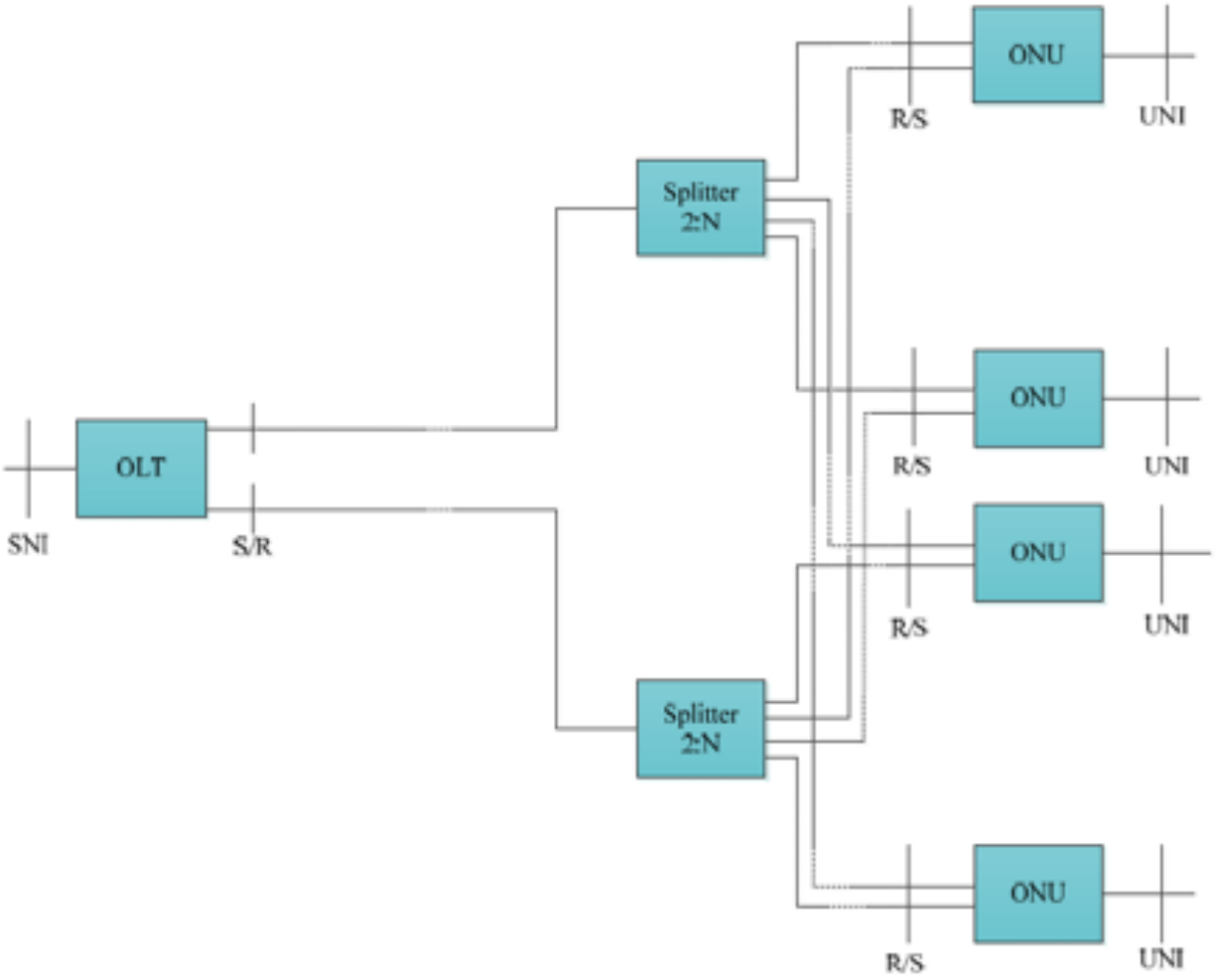
- Ne nécessite pas de port OLT PON supplémentaire.
- En cas de défaillance de la fibre optique principale, les services sont transférés vers la fibre optique secondaire.
- La durée de la panne dépend du moment de la récupération de la ligne.
- Si la défaillance se produit sur la ligne du séparateur à l’ONU, il n’y a pas de sauvegarde.

Type B



- L'OLT fournit deux ports GPON en tant qu'OLT valide et de protection.
- La protection est limitée à la fibre optique de l'OLT au séparateur et aux cartes de l'OLT.
- Aucune redondance d’équipement n’est prévue dans l’ONU ou les fibres d’alimentation.
- Pas de protection pour l'ONU ou l'ODN complet.
- Utilise un séparateur 2 x N sans aucune perte optique supplémentaire.

Type C



- Redondance pour les OLT, ODN et ONU(s).
- Fournit 2 liens entièrement redondants jusqu’aux locaux de l’abonné.
- Deux options : Protection linéaire 1 + 1 et linéaire 1:1

Protection 1+1 :

- Le PON de protection est dédié au PON valide.
- Le trafic normal est copié et envoyé aux deux PON, avec un pont permanent entre les deux OLT.
- Le trafic est envoyé à une ONU simultanément, la sélection entre les deux signaux est basée sur des critères prédéterminés.

Protection 1:1 :

- Le trafic normal est transporté sur le PON valide ou de protection.
- Commutateurs de protection automatique entre les PON.
- Le plus dispendieux, mais offre une disponibilité maximale.

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.