

RÉSEAUX TÉLÉCOMS

RÉSEAUX D'ACCÈS ET FTTH

1

2A Sciences du Numérique – A . R . T

Julien Fasson – julien.fasson@enseeiht.fr

Remerciement au professeur André-Luc Beylot

PRÉSENTATION DU SUJET

- Précédemment
 - Technologies
 - Du monde téléphonique
 - RTC, X.25, ATM, ...
 - Question de l'accès? (*wooclap 1*)

PRÉSENTATION DU SUJET

- Précédemment
 - Technologies
 - Du monde téléphonique
 - RTC, X.25, ATM, ...
 - Question de l'accès?
 - Besoin : Mutualiser / Multiplexer les usages
- Solutions d'accès (*wooclap 2*)

PRÉSENTATION DU SUJET

○ Précédemment

- Technologies
 - Du monde téléphonique
 - RTC, X.25, ATM, ...
- Question de l'accès?
 - Besoin : Mutualiser / Multiplexer les usages

○ Solutions d'accès:

- Cuivre
- Câble
- Sans-fil
- Fibre

PLAN

Partie 1 – L'accès

***Cuivre
Câble
Sans-Fil
Fibre***

Partie 2 – FTTH

***Modes de fonctionnement
Principaux mécanismes***

Partie 3 – Solutions Protocolaires

PARTIE 1 - ACCÈS CUIVRE

- Solutions analogiques dans la bande téléphoniques
 - Utilisation de modems (Exemple modem 56K)
 - Accès impossible au service téléphonique
 - Protocole : PPP
- Solutions numériques dans la bande téléphonique
 - RNIS
 - Multiplexage et accès à différents services
 - Protocole: HDLC
- Solutions hors bandes
 - ADSL/xDSL/vDSL...
 - Possibilité de toujours utiliser la bande téléphonique pour le service d'origine (filtre)
 - Protocoles: PPP, ATM, Ethernet, L2TP...

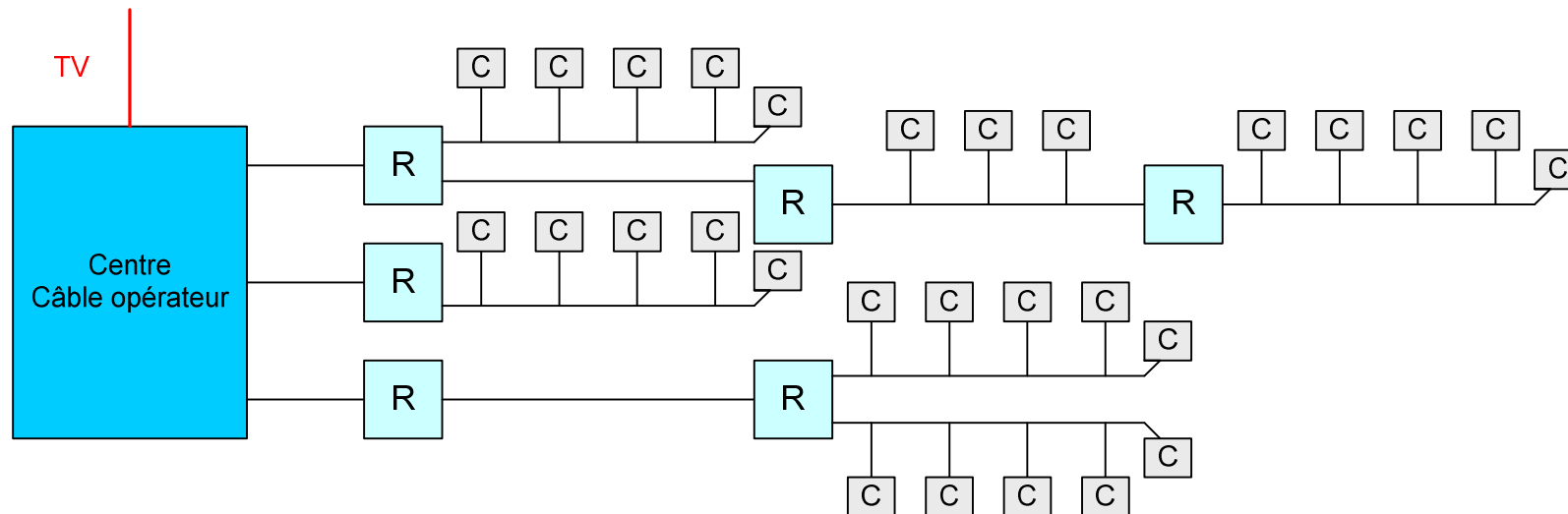
PARTIE 1 - ACCÈS « CÂBLE » (1)

- Solutions du monde de la diffusion télévisée
 - Câble analogique
 - 1945-49 – Amérique du Nord, Bénélux et Suisse
 - 1982 – « Plan Câble » en France
 - Câble numérique (DOCSIS 98, DVB-C 98 (2), ...)
- Echec commercial en France
 - La politique de la différence
 - Norme SECAM imposée
 - Reste de l'Europe norme PAL
 - Incompatibilité des systèmes jusqu'au DVB
 - Le « Plan Câble »
 - But : rattraper son retard en matière de cablage
 - Financement: le contribuable
 - Attribution de concessions
 - Aucun plan commun, aucune homogénéité
 - Opérateur Câble en France? (*wooclap 3*)

PARTIE 1 - ACCÈS « CÂBLE » (2)

○ Architecture ancestrale

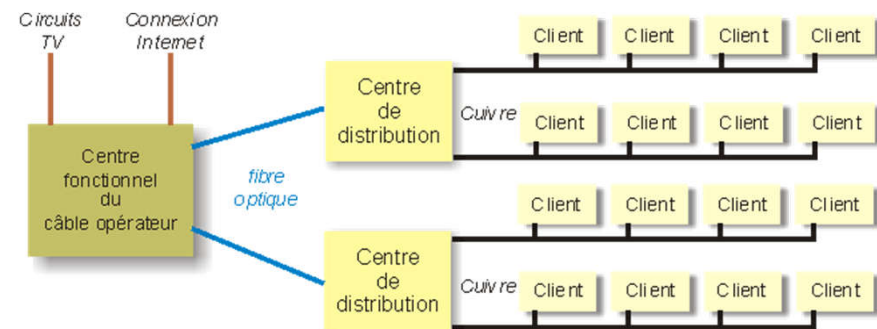
- Le coaxial
 - Analogique
 - Limitation de débit du à affaiblissement et répéteurs
- Topologie en arbre
 - Half-duplex
 - Câble opérateur vers client
 - Adaptée TV mais moins efficace pour les données unicast



PARTIE 1 - ACCÈS « CÂBLE » (3)

○ Evolutions

- Numérisation
 - MPEG-2 TS (TDM)
- Fibre optique
- Coaxial
 - Dernier km vers l'abonné



- Débits moindres que FTTH (cf conflit câble/FTTH en 2016 SFR/Numéricable)
- Par centre de distribution 500 à 1500 clients
 - Partage voie aller
 - Besoin de cryptage
 - Réduction du download
 - Partage voie retour

PARTIE 1 - ACCÈS « SANS-FIL »

- Accès Mobile – monde ITU-T
 - Analogique
 - Numérique
 - GSM, GPRS, UMTS, Edge, LTE, LTEa, 5G
- IEEE
 - Wimax
- Satellite
 - Diffusion
 - DVB, Docsis
 - Mobile
 - GMR (Thuraya, Inmarsat)
 - LEO
 - Iridium
 - Globalstar
 - Starlink
- Optique: Free Space Optical Communication



PARTIE 1 - ACCÈS FIBRE (1)

○ Pourquoi passer à la fibre?

- Y a-t-il un besoin?
 - Fin 90 début 2000
 - Compression vidéo suffisante pour l'ADSL
 - 2022?
- Problème des accès cuivre (*wooclap 4*)

○ La Fibre en France

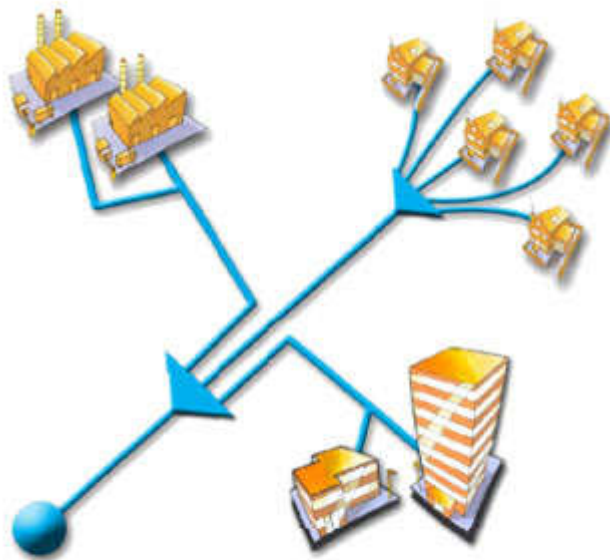
- Début des offres commerciales vers 2005-2006
- Déploiement centré sur les grandes villes
- Plusieurs technologies:
 - FTTH P2P (Point to Point Passif) (Lancement par ILIAD abandonné en 2016)
 - PON – Passive Optical Networks ou Point à Multipoint passif (P2MP)
 - Leader Orange avec la technologie G-PON (Gigabit-capable Passive Optical Networks)

PARTIE 1 - ACCÈS FIBRE (2)

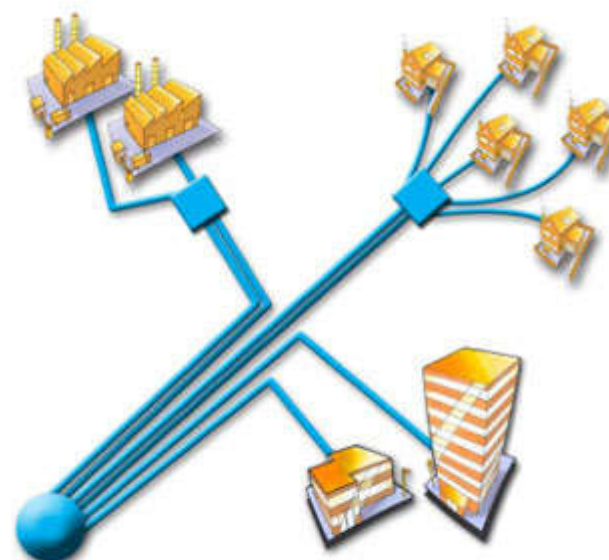
- Solutions Passives
 - Cad? (*wooclap 5*)

PARTIE 1 - ACCÈS FIBRE (2)

- Solutions Passives
- Solutions Actives
- Deux visions différentes:



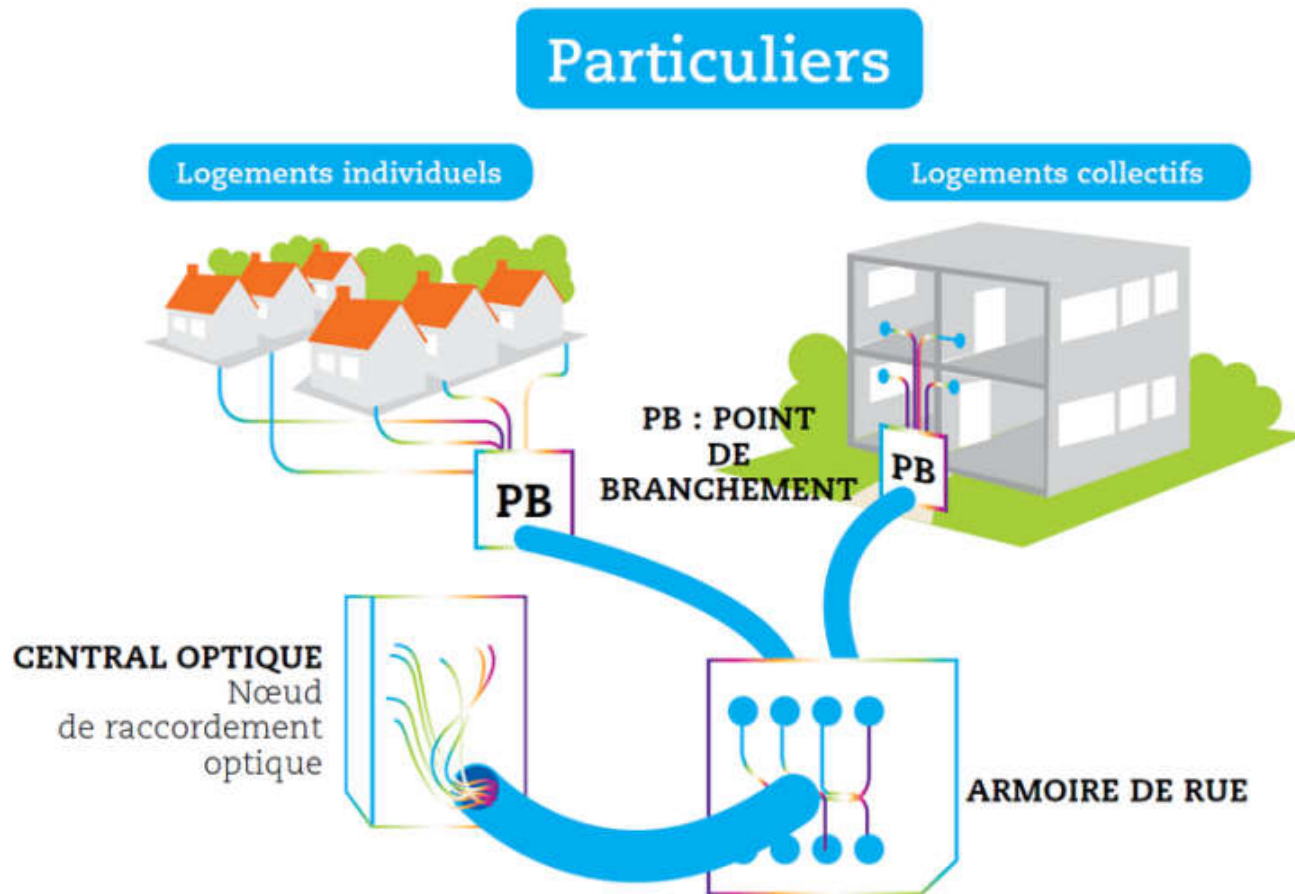
PON Architecture



P2P Architecture

PARTIE 2 – FIBER TO THE HOME

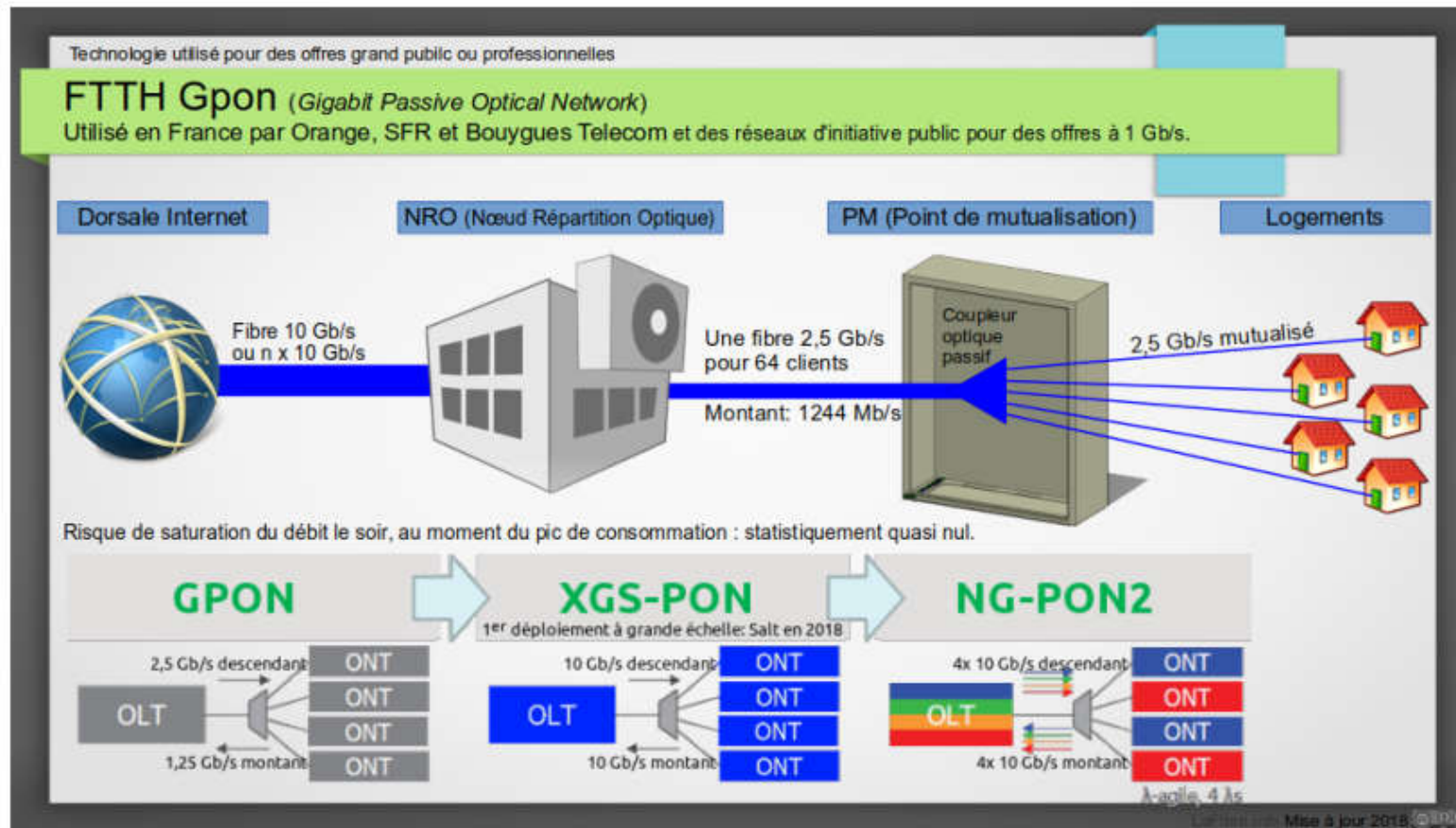
- Equipements et vocabulaire



PARTIE 2 – FIBER TO ...

- FTTN : Fiber To The Neighbourhood (Fibre jusqu'au quartier)
- FTTC : Fiber To The Curb (Fibre jusqu'au trottoir)
- FTTS : Fiber To The Street (Fibre jusqu'à la rue - bâtiment)
- FTTN : Fiber To The Node (Fibre jusqu'au répartiteur)
- **FTTB** : Fiber To The Building (Fibre jusqu'au bâtiment)
- FTTCab : Fiber To The Cab (Fibre jusqu'au sous-répartiteur)
- FTTP : Fiber To The Premises (Fibre jusqu'aux locaux - entreprises)
- **FTTH** : Fiber To The Home (Fibre jusqu'au domicile)
- FTTE : Fiber to the Entreprise (Fibre pour les entreprises)
- **FTTO** : Fibre to the office (Fibre jusqu'au bureau - entreprises)
- **FTTLA** : Fiber To The Last Amplifier (Fibre jusqu'au dernier amplificateur) (**SFR partie numéricable**)

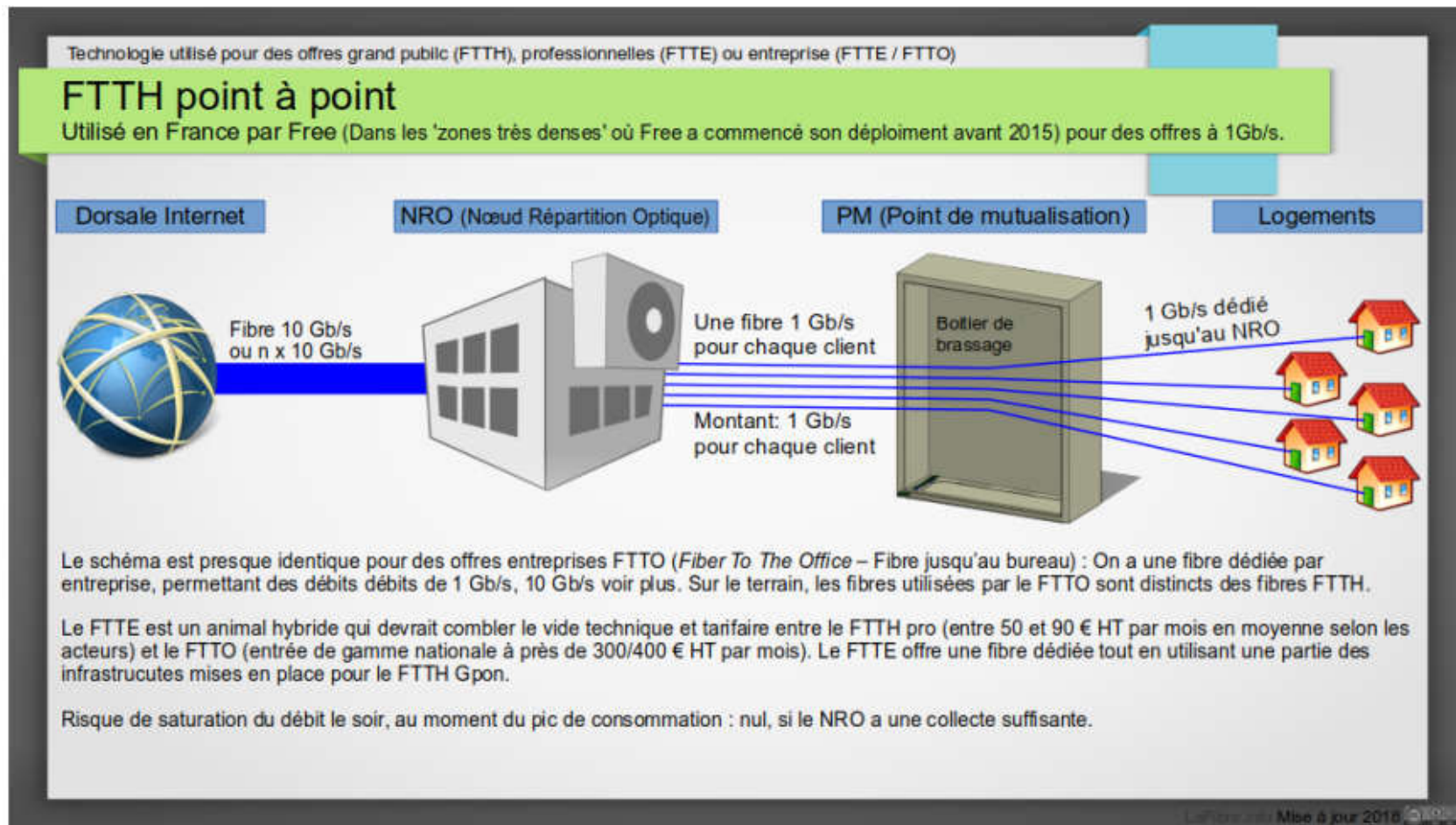
PARTIE 2 – TECHNOLOGIES P2MP



OLT = Optical Line Termination
ONU = Optical Network Unit
ONT = Optical Network Termination

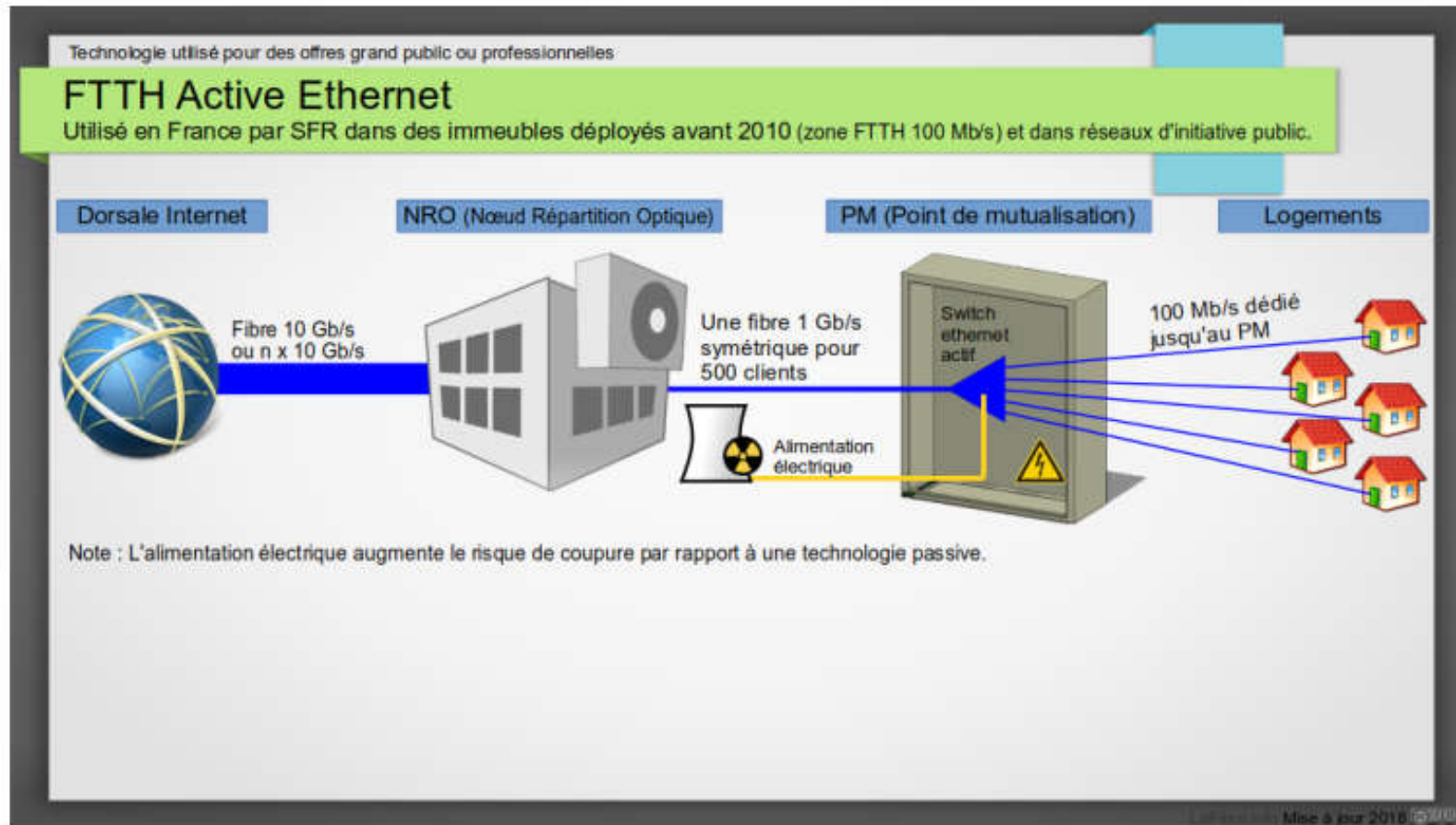
PM = point de branchement
ONU = équipement utilisateur
ONT souvent confondus avec ONU

PARTIE 2 – TECHNOLOGIES P2P



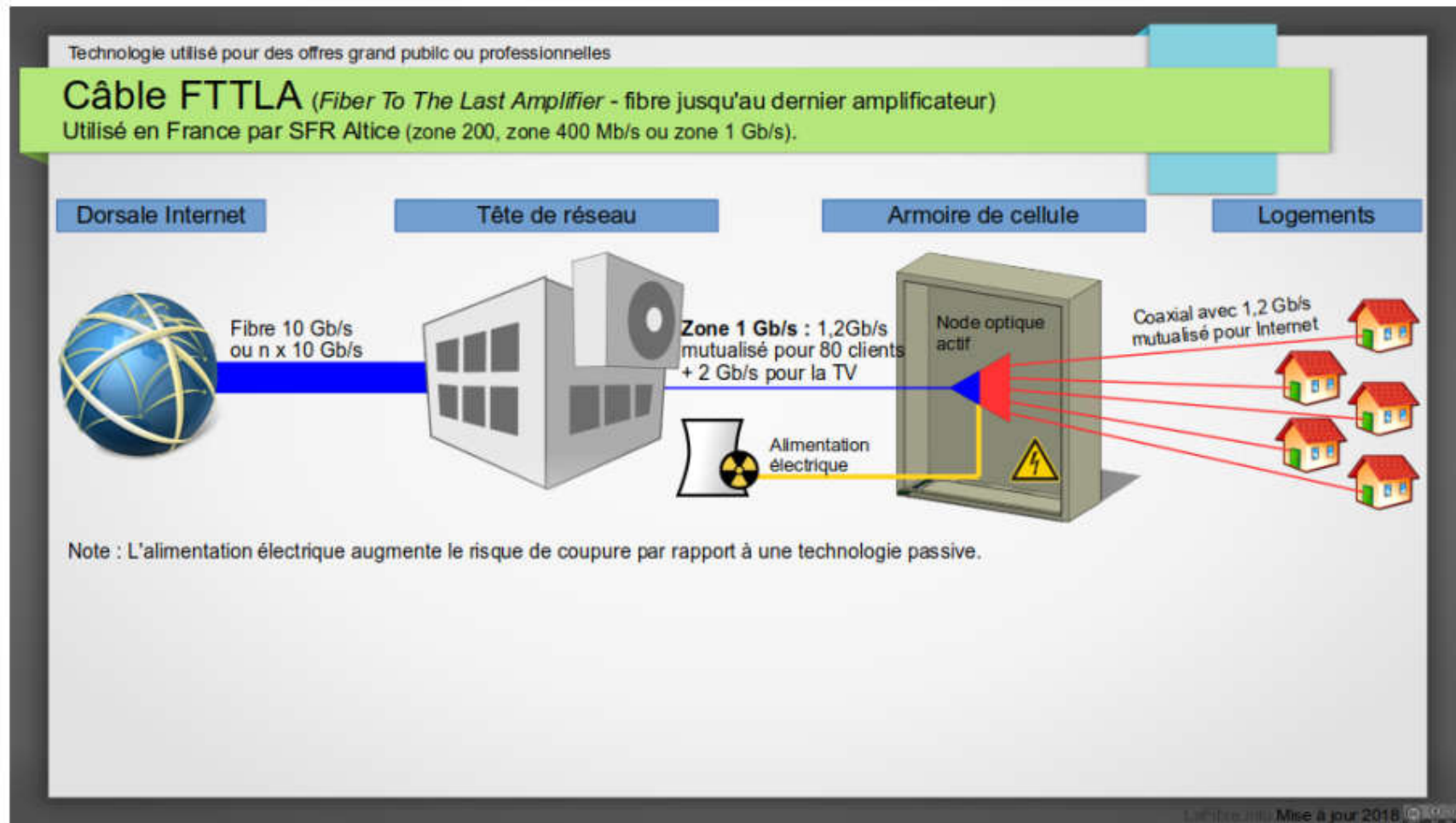
2006 à 2016 par Free
Abandonné au profit du 10G EPON
(wooclap 6)

PARTIE 2 – TECHNOLOGIES ACTIVE ETHERNET



Tester par Free pour remplacer le P2P mais abandonnée

PARTIE 2 – TECHNOLOGIES FTTLA

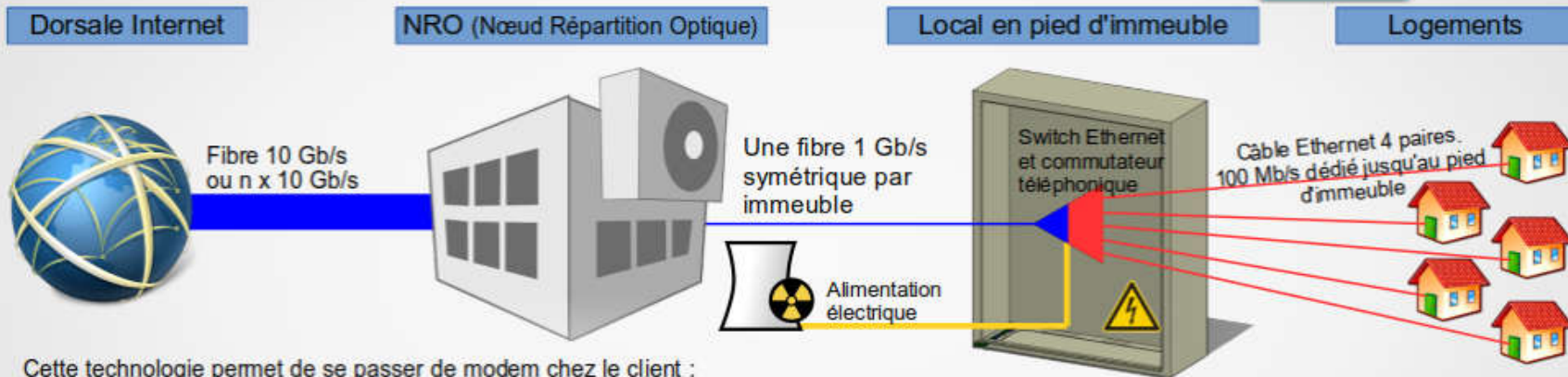


Pourquoi SFR? *wooclap 7*

PARTIE 2 – TECHNOLOGIES FTTB

Technologie utilisée pour des offres grand public, professionnelles ou entreprise

Ethernet FTTB (*Fiber To The Building* - fibre jusqu'au pied d'immeuble). Débit max 100 Mb/s avec téléphonie. Expérimenté en France en 2005 par Erenis à Paris et utilisé dans d'autres pays (Tele2 en Belgique par exemple).



Cette technologie permet de se passer de modem chez le client :

- 2 des 4 paires du câbles Ethernet sont utilisées pour transporter de l'Ethernet 100 Mb/s qui se connecte directement au PC (Une prise RJ45 est installée dans chaque logement – Il n'y a pas de Wi-Fi sans rajouter un équipement)
- Les deux paires restantes du câble permettent d'offrir deux vraies lignes de téléphone commuté sans box.

En France, Erenis a commercialisé cette offre également sans proposer d'accès à Internet : uniquement du téléphone.

La technologie a été abandonnée par Erenis pour du VDSL (DSLAM avec commutateur téléphonique en pied d'immeuble) qui permet de réutiliser le câblage téléphonique propriété de l'immeuble.

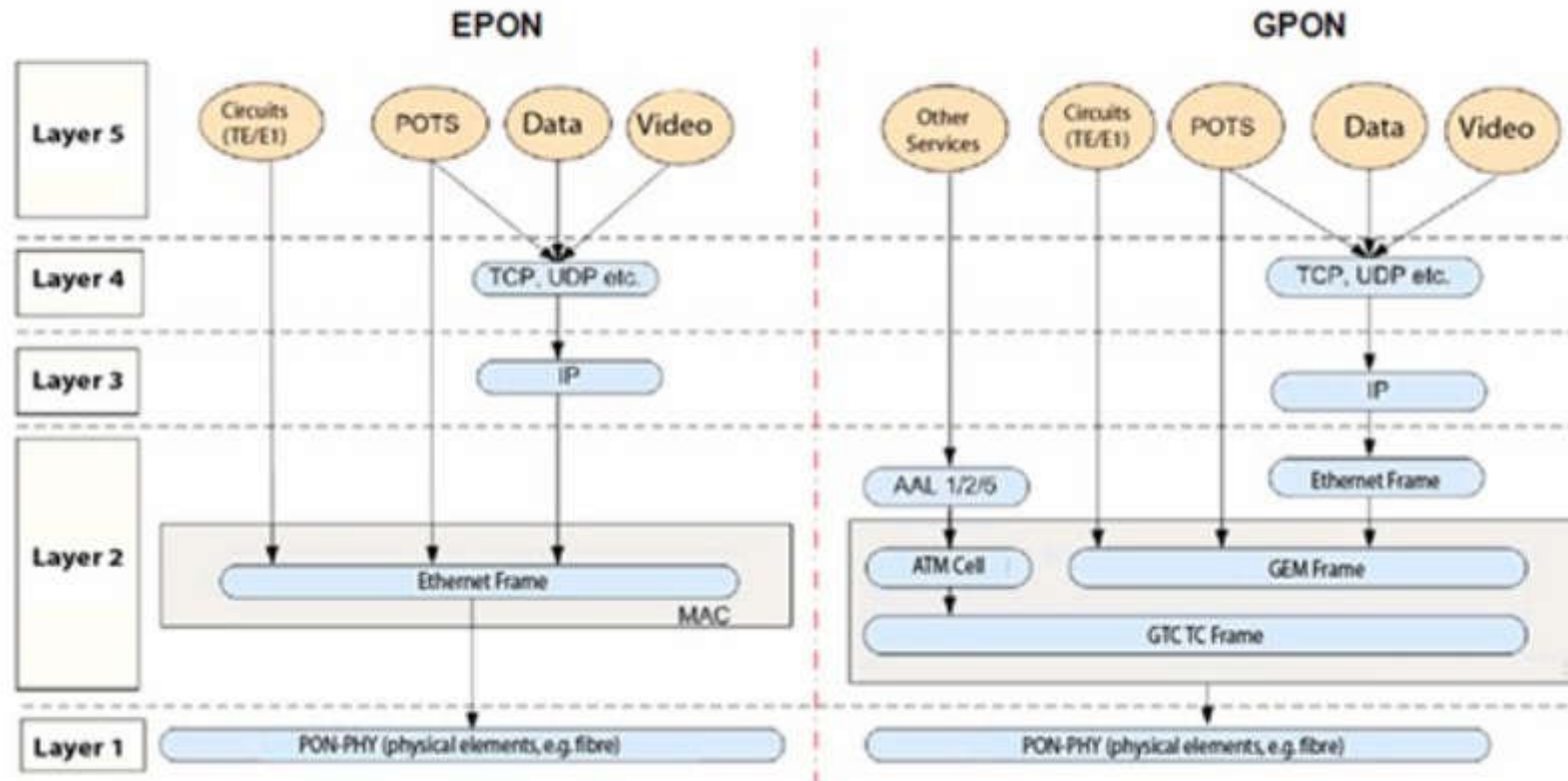
Note :

- Le débit est limité à 100 Mb/s car seul deux paires sont disponibles (Le 1 Gb/s Ethernet nécessite 4 paires).
- L'alimentation électrique augmente le risque de coupure par rapport à une technologie passive.

PARTIE 2 – STANDARDS PON

- Solution basée sur ATM
 - APON : ATM Passive Optical Network
 - BPON : Broadband PON extension d'APON
 - Expérimentation mais trop tôt face à l'ADSL
- WDM-PON : Wavelength Division Multiplexing PON (par exemple: 1 longueur d'onde par ONT trop chère)
- EPON : Ethernet PON (standards IEEE)
 - Free
- GPON : Gigabit Passive Optical Networks (ITU-T)
 - Les autres

PARTIE 3 – PILES PROTOCOLAIRES



- GTC: Gpon Transmission Protocol
- GEM: Generic Encapsulation Mode

PARTIE 3 – PARTAGE DES RESSOURCES

○ P2P et WDM-PON

- 1 émetteur / 1 récepteur
- Dimensionnement NRO vers cœur
- Aucun problème

○ GPON / EPON

- Sur la voie descendante (Download)
 - 1 émetteur / N récepteurs
 - Multiplexage => ordonnancement
- Sur la voie montante (Upload)
 - N émetteurs / 1 récepteurs
 - Partage de la ressource par méthode d'accès
- Quelle méthode? (*wooclap 8*)

PARTIE 3 – FAMILLE DE MÉTHODES D'ACCÈS

- A partage fixe : FDMA, TDMA...
 - Orienté voix (provient des réseaux circuits)
 - Difficultés de faire rentrer des utilisateurs dans le réseau
- Méthodes centralisées déterministes :
 - Exemple du polling (HDLC maître/esclave)
 - Pro: absorbe fluctuation de trafic
 - Cons:
 - Perte de temps en scrutation
 - Nouveaux arrivants
- Méthodes distribuées déterministes
 - Exemple du jeton
 - Assez similaire Polling mais il faut que les stations discutent entre elles
- Méthodes d'accès aléatoire
 - Pro : entrée de nouveaux utilisateurs dans le réseau
 - Cons: Collisions + Performance face à charge

PARTIE 3 – MÉTHODES D'ACCÈS DANS

- RNIS
 - Accès à contention sur canal de signalisation
 - Canal de données dédié (non partagé)
- ADSL (*wooclap 9*)

PARTIE 3 – MÉTHODES D'ACCÈS DANS


○ RNIS

- Accès à contention sur canal de signalisation
- Canal de données dédié (non partagé)

○ ADSL

- Médium non partagé

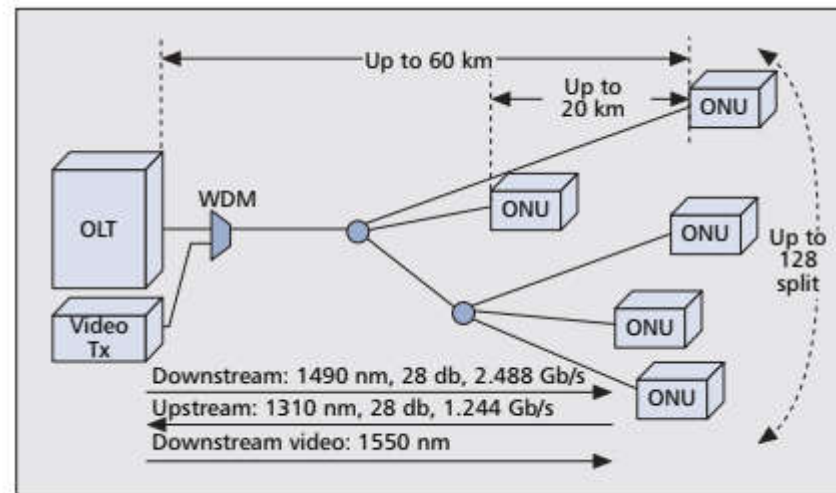
○ GPON/EPON

- Pas de discussion directe entre les ONT
- Opérateurs vs accès aléatoire 
- Polling via l'OLT
- Contention pour signalisation

PARTIE 3 – GPON

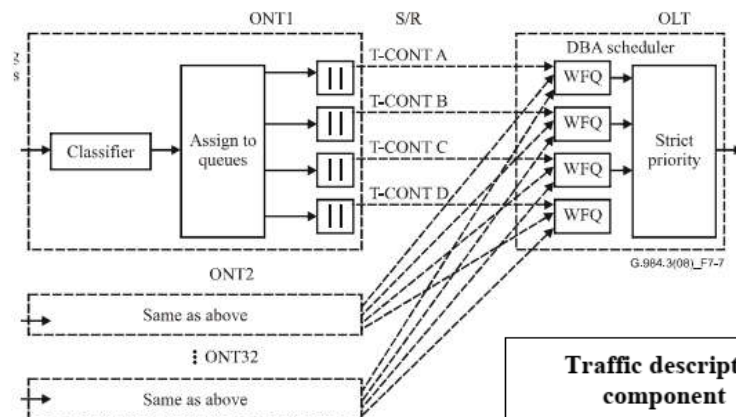
Standards ITU-T : G.984.1 à G.984.4 + extensions

- Splitting 1:64 (jusqu'à 1:128)
- Débit:
 - 1.25 Gbit/s sens montant
 - 2.5 Gb/s sens descendant
- Volonté d'encapsuler tout type de données – même si Ethernet est désormais le seul utilisé
- Qualité de Service assez inspirée d'ATM



PARTIE 3 – GPON – QUALITÉ DE SERVICE

- Reporting des ONU sur l'état de remplissage de leurs buffers
- L'OLT prend des décisions d'allocation de ressources :
 - Allocation temporelle cad début et fin d'émission
 - Prise en compte des délais de propagation et de traitement qui seront estimés



Traffic descriptor component	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Fixed bandwidth (BW)	R_F				R_F
Assured BW		R_A	R_A		R_A
Maximum BW	$R_M = R_F$	$R_M = R_A$	$R_M > R_A$	R_M	$R_M \geq R_F + R_A$
Additional BW eligibility	None	None	NA	BE	Any

PARTIE 3 – GPON – FONCTIONNEMENT ONU

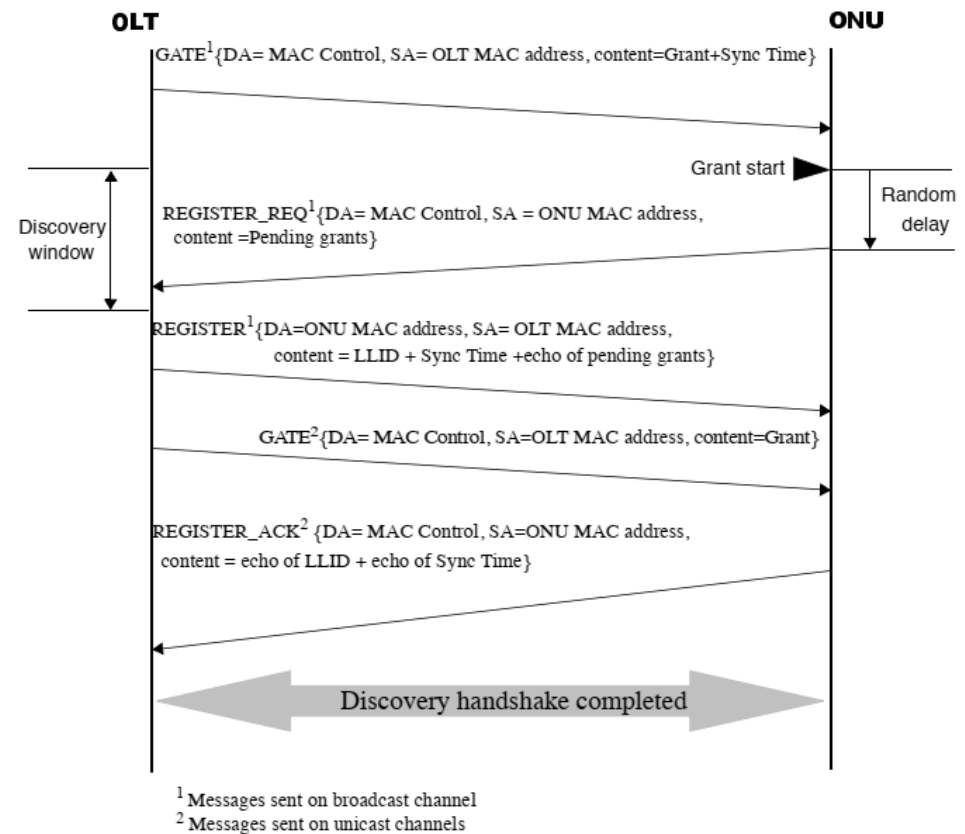
- Activation ONU => attente des infos de la part de l'OLT.
 - Si reçu, tentative de rentrer dans le réseau (signalisation de présence sur accès aléatoire)
 - Si succès, l'OLT mesure le délai et estime le temps de propagation du terminal jusqu'à lui ou jusqu'au coupleur.
 - Si ces étapes sont franchies, ONU pourra envoyer des trames dans le sens montant et aussi remonter l'état de ses buffers.
- Des alarmes sont prévu pour reprendre ces étapes (pertes du signal, pertes de trames...)

PARTIE 3 – EPON

- Ethernet in the First Mile : groupe de travail IEEE pour traiter :
 - Ethernet point-to-multipoint (P2MP) fiber
 - Ethernet over point-to-point (P2P) fiber
- IEEE Std 802.3ah
 - Débit : symétrique 1,25Gb/s
 - Distance : 10KM/20KM
 - Plus simple que G-PON mais moins riche en garantie de QoS

PARTIE 3 – EPON – ENTRÉE D'UN TERMINAL

- Mise à disposition de ressources pour rentrer dans le réseau
- Une fois entré dans le réseau
 - Remonter de l'état des buffers
 - Sans notion de débit garanti



MOT DE LA FIN

- Protocoles normalisés mais pas les algos (ordonnancement, allocation, ...)
- G-PON propose des encapsulation et traitements plus lourdes et complexes qu'EPON.
 - Attention ça ne veut pas dire que l'overhead est plus important:
 - Encapsulation G-PON plus lourde
 - Mais G-PON permet de piggy-backer les requêtes de débit tandis qu'E-PON utilise des messages spécifiques GATE/REPORT
- QoS différenciée dans G-PON mieux faite qu'EPON
- Evolutions
 - ITU-T
 - XG-PON : 10Gb/s descendants, 2.5Gb/s montants
 - XGS-PON : 10Gb/s montants et descendants
 - NG-PON2 : 4 longueurs d'onde dans chaque sens à 10Gb/s
 - IEEE :
 - 10G-EPON : IEEE 802.3av
 - 100G-EPON : 4 longueurs d'onde à 25Gb/s