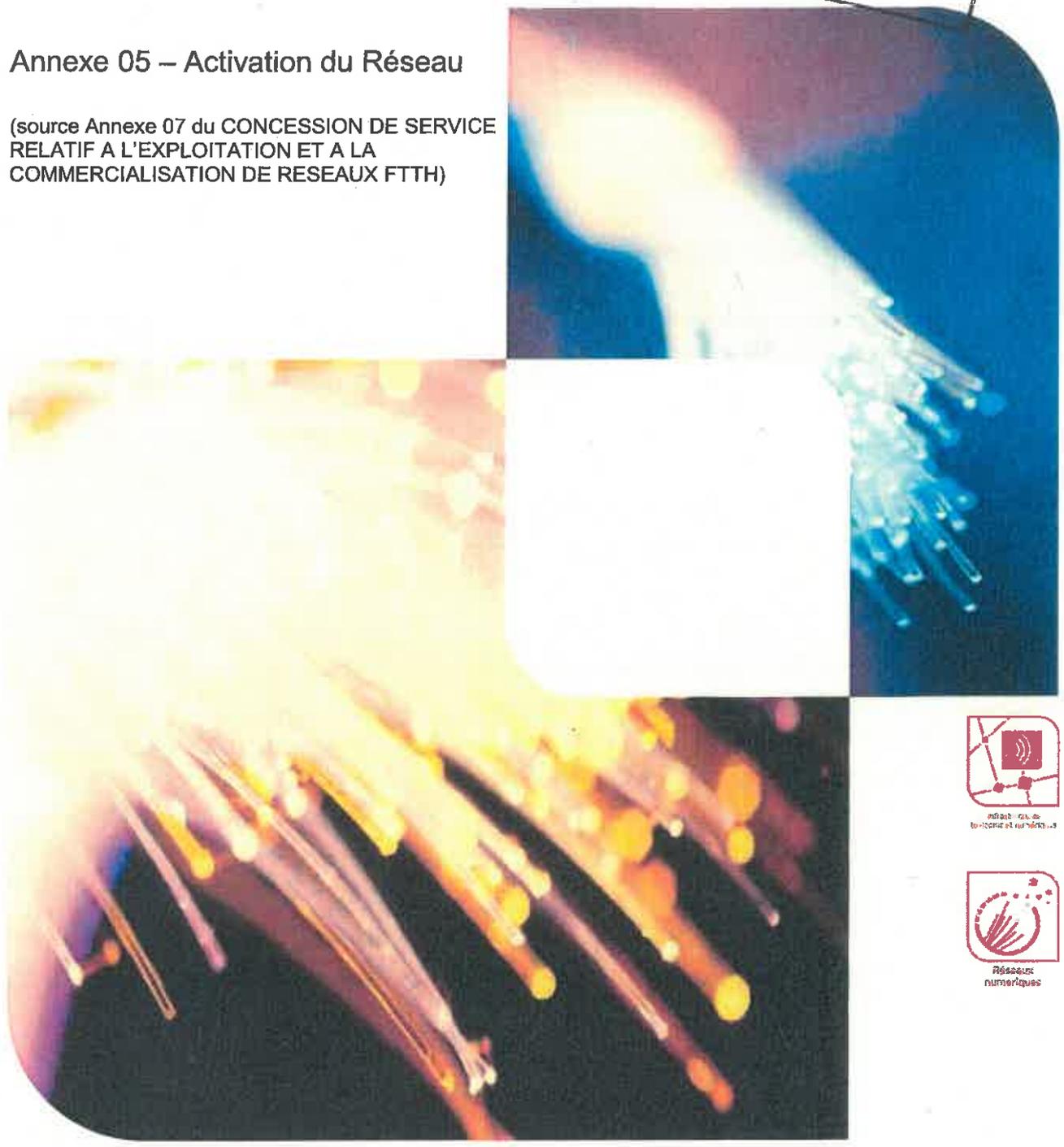


PREFECTURE
DE LA CHARENTE
15 JUIN 2017
Arrivée

Annexe 05 – Activation du Réseau

(source Annexe 07 du CONCESSION DE SERVICE
RELATIF A L'EXPLOITATION ET A LA
COMMERCIALISATION DE RESEAUX FTTH)



INSTITUT NATIONAL DE
L'ÉNERGIE ET DU NUMÉRIQUE



Réseaux
numériques

Société Publique Locale « AQUITAINE THD »

SA au capital de 600 000 euros
Siège social Aquitaine THD 5 place Jean Jaurès, Bureau 516, 33 000 Bordeaux
RCS Bordeaux : 810 704 320

Sommaire

1. Règles d'ingénierie du réseau actif	1
1.1. Réseau d'Accès FTTH	2
1.1.1. Ingénieries standards.....	3
1.1.2. Les pertes	5
1.1.3. Distance maximale entre NRO et PTO	7
1.1.4. Synthèse	9
1.1.4.1. Optimisations possibles.....	10
1.2. Le réseau de collecte	10
1.2.1. Architecture.....	10
1.2.2. Le réseau de collecte MPLS	10
1.2.3. Capacité d'évolution des liaisons.....	11
1.2.3.1. Liens du cœur de réseau multi départemental.....	11
1.2.3.2. Liens NRO – NRO	12
1.2.3.3. Liens NRO – PBO	12
2. Les services activés.....	13
2.1. Le service FTTH activée – service grand public	13
2.1.1. Présentation du service	13
2.1.2. Spécificité technique du service.....	15
2.2. Les services professionnels FTTE et FTTH Pro	18
2.2.1. Le service FTTE.....	18
2.2.2. Le service FTTH Pro.....	19
3. Collecte nationale.....	20
3.1. Liens longue distance – Architecture prévisionnelle cible	20
3.2. Liens longue distance – Solutions techniques intermédiaires prévisionnelles.....	21
3.2.1. Landes	21
3.2.2. Lot-et-Garonne.....	22
3.2.3. Dordogne	23
3.2.4. Autres départements.....	24
4. Corpus documentaire technique du réseau actif	25
4.1. Documentation technique.....	25
4.1.1. La STD	25
4.1.2. Le synoptique d'architecture	25
4.1.3. La FCE	26
4.1.4. Procédures générales.....	26
5. Déploiement de l'actif – réception des équipements (contrôle et recette).....	27
5.1. Procédure générale.....	27

5.2. Documentation technique	27
5.2.1. Procédure de Recette	28
5.2.2. Cahier de Recette	28
6. Principes retenus pour le renouvellement et la modernisation du réseau	29
6.1. Capacité du réseau	29
6.2. Evolution technologique	29

Les engagements ou les préconisations techniques du Délégué vis-à-vis du Déléguant sont identiques à ceux sur lesquels s'est positionné son Concessionnaire à l'égard de la SPL (le Délégué) et de ses actionnaires dans les chapitres suivants, qui détaillent précisément les engagements pris par le Concessionnaire à l'égard de la SPL (le Délégué).

En outre, de manière réciproque, les engagements et les obligations du Déléguant à l'égard du Délégué sont identiques à ceux pris par la SPL (le Délégué) et ses actionnaires à l'égard du Concessionnaire dans les chapitres suivants.

1. Règles d'ingénierie du réseau actif

Le réseau de collecte actif s'appuie sur :

- **Un Backbone multi départemental constitué de routeurs MPLS (Alcatel-Lucent 7750 décrit en annexe)**

Les 7750 sont connectés en 10Gbits/.

- **Un réseau d'agrégation MPLS constitué d'OLT Alcatel-Lucent 7360 FX-8 (décrit en annexe) assurant les accès FTTH et FTTE**

L'architecture recommande le chainage et le double attachement des OLT sur des routeurs MPLS 7750.

Les OLT réalisent les accès FTTH et FTTE.

Le schéma de principe est présenté ci-dessous.

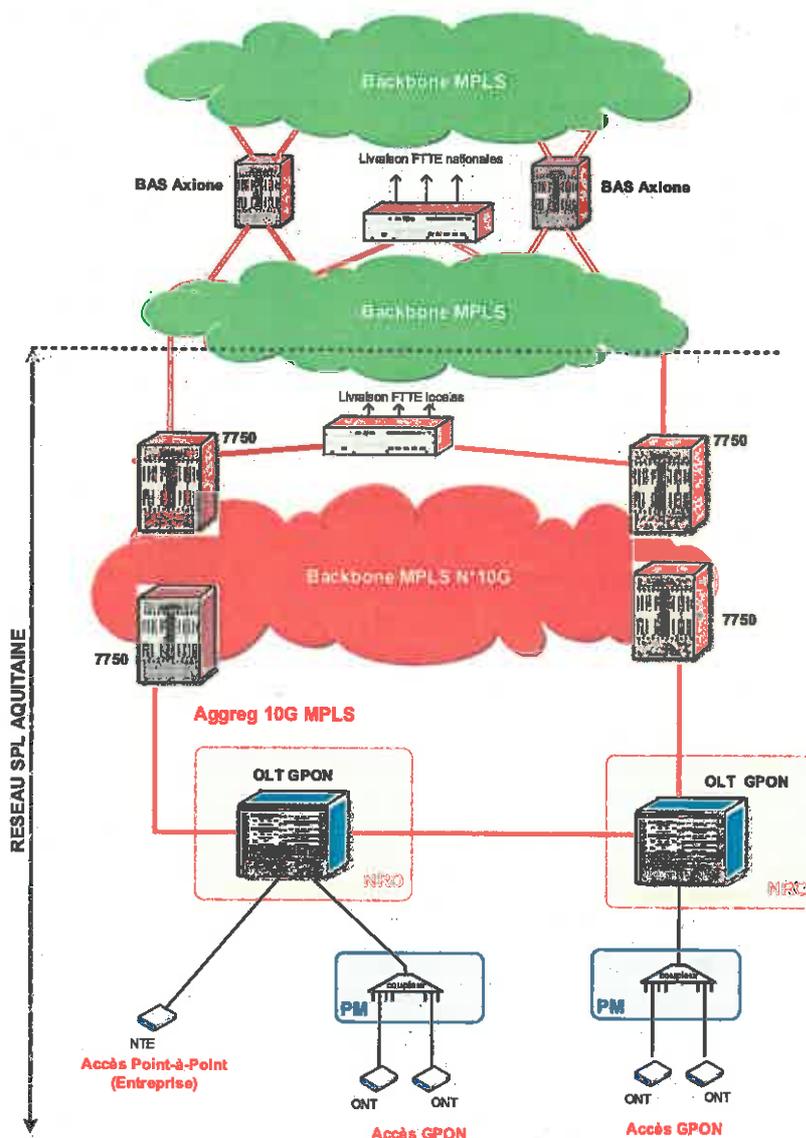


Figure 1 : Schéma de principe du Réseau

1.1. Réseau d'Accès FTTH

La technologie d'accès retenue pour l'accès FTTH est le GPON (*Optical Distribution Network*), elle permet de s'adapter aux contraintes de densité et de distances rencontrées dans les zones moins denses.

Le GPON est une technologie prévue pour fonctionner jusqu'à 60 km avec une distance maximale différentielle de 20km entre 2 ONT. La recommandation ITU-T G.984.7 (Long Reach) permet d'étendre la distance maximale différentielle à 40km.

Les cartes GPON de dernière génération intègrent 8 ou 16 ports GPON capables de supporter au moins 128 abonnés chacun. Les interfaces sont de type SFP : il convient donc d'ajouter un module optique (laser) sur chaque port.

La norme GPON spécifie 2 types d'optiques :

- Les optiques de classe B+. Avec des optiques B+ connectées sur l'OLT et sur l'ONT, le budget optique est de 28 dB.
- Les optiques de classe C+. Avec des optiques C+ connectées sur l'OLT et sur l'ONT, le budget optique est de 32 dB

1.1.1. Ingénieries standards

Les règles d'ingénierie standards retenues proposés par le Concessionnaire sont présentées ci-dessous.

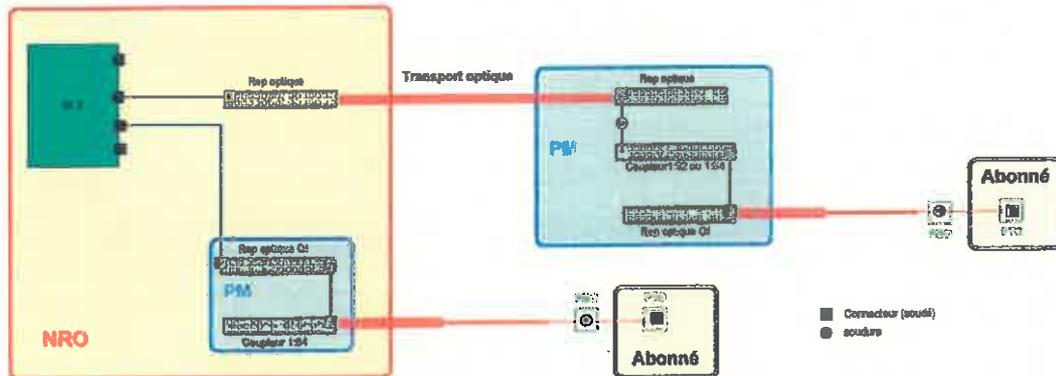


Figure 2 - Schéma général de l'ODN

3 configurations type ont été retenues

- Pour les lignes directement raccordées à un NRO (PM au NRO) :
 - Couplage 1:64
 - Optiques B+ coté OLT et ONT
- Pour les lignes « courtes » raccordées à travers un PM distant :
 - Couplage 1:64
 - Optique C+ coté OLT et B+ coté ONT
- Pour les lignes autres lignes raccordées à travers un PM distant :
 - Couplage 1:32 en standard et 1 :16 dans le cas particulier de lignes très longues.
 - Optiques B+ coté OLT et ONT

Les budgets optiques admissibles pour les différents types d'optiques xPON sont donnés ci-dessous :

Budget optique OLT-ONT admissible en fonction du type d'optique GPON				
	Voie descendante (1490nm)		Voie montante (1310nm)	
	Class	valeur	Class	valeur
Puissance émission min	OLT B+	1,5	ONT B+	0,5
Sensibilité réception min	ONT B+	-27	OLT B+	-28
Pénalité à appliquer		0,5		0,5
Bilan (OLT B+ et ONT B+)		28		28
Puissance émission min	OLT C+	3	ONT B+	0,5
Sensibilité réception min	ONT B+	-27	OLT C+	-32
Pénalité à appliquer		1		0,5
Bilan (OLT C+ et ONT B+)		29		32
Puissance émission min	OLT C+	3	ONT C+	0,5
Sensibilité réception min	ONT C+	-30	OLT C+	-32
Pénalité à appliquer		1		0,5
Bilan (OLT C+ et ONT C+)		32		32

Budget optique OLT-ONT admissible en fonction du type d'optique XGPON				
	(1577nm)		(1270nm)	
	Class	valeur	Class	valeur
Puissance émission min	OLT N1	2	ONT APD	2
Sensibilité réception min	ONT APD	-28	OLT N1	-27,5
Pénalité à appliquer		1		0,5
Bilan (OLT N1 et ONT APD)		29		29
Puissance émission min	OLT N2a	4	ONT APD	2
Sensibilité réception min	ONT APD	-28	OLT N2a	-29,5
Pénalité à appliquer		1		0,5
Bilan (OLT N2a et ONT APD)		31		31

L'ingénierie retenue garantit l'évolutivité vers le XGPON (extension de la norme GPON à 10Gbits/s). La disponibilité d'optiques XGPON N2a et E1 à des tarifs compétitifs ne peut, à date d'établissement du présent document, être garantie. Le Concessionnaire a donc considéré que l'ingénierie devait être compatible avec un déploiement XGPON et des optiques de type N2a.

La synthèse des bilans optiques pour les configurations retenues est donnée ci-dessous :

Techno	Config	Budget montant	Budget Descendant
--------	--------	----------------	-------------------

GPON	OLT B+ / ONT B+	28 dB	28 dB
GPON	OLT C+ / ONT B+	32 dB	29 dB
XGPON	OLT N2a	31 dB	31 dB

1.1.2. Les pertes

Les pertes (hors linéaire fibre optique) à prendre en compte sont synthétisées dans les tableaux ci-dessous.

■ **Remarques générales**

Les pertes induites par l'introduction d'un filtre WDM1R ont été prise en compte. Ce filtre permet de multiplexer sur un même arbre PON, des abonnés GPON et XGPON.

L'atténuation linéique de la fibre optique est de :

- 0,35 dB /Km à 1310nm (sens montant GPON)
- 0,25 dB /Km à 1490nm et 1577nm (sens descendant GPON et XGPON1)
- 0,40 dB/km à 1270nm (sens montant XGPON1)

■ **Pertes pour une distribution directe depuis le NRO et couplage 1:64**

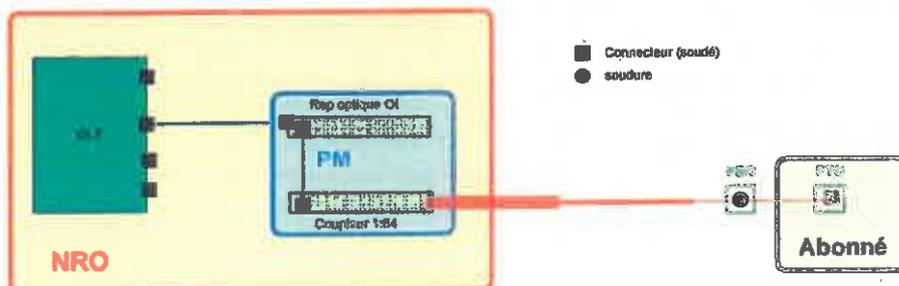


Figure 3 - Schéma distribution directe 1:64

	Affaiblissement (dB)	NRO	PM	Immeuble	Total
Connecteur + épissure	0,35	3		2	5
Epissure fusion	0,15 en moyenne dans les deux sens	0		1	1
Coupleur 1:64	20,5	1			1
Marge pour filtre WDM1R (multiplexage GPON et XGPON)	0,95	1			1
Total ODN hors fibre		22,5	0	0,8	23,3

■ Pertes pour une distribution via PM distant et couplage 1:64

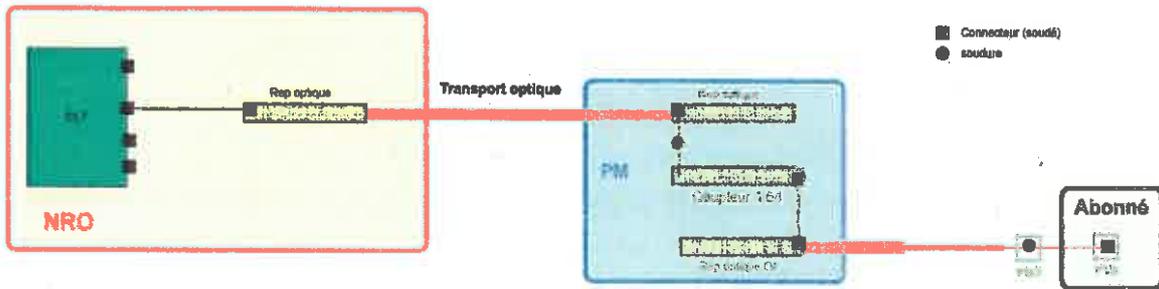


Figure 4 - Schéma distribution via PM 1:64

	Affaiblissement (dB)	NRO	PM	Immeuble	Total
Connecteur + épissure	0,35	1	3	2	6
Epissure fusion	0,15 en moyenne dans les deux sens	0	1	1	2
Coupleur 1:64	20,5		1		1
Marge pour filtre WDM1R (multiplexage GPON et XGPON)	0,95	1			1
Total ODN hors fibre		1,35	22,05	0,8	24,2

■ Pertes pour une distribution via PM distant et couplage 1:32

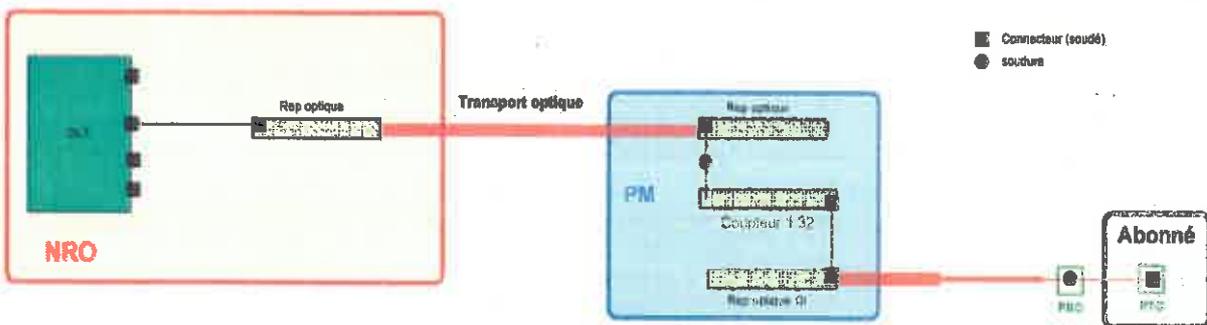


Figure 5 - Schéma distribution via PM 1:32

	Affaiblissement (dB)	NRO	PM	Immeuble	Total
Connecteur + épissure	0,35	1	3	2	
Epissure fusion	0,15 en moyenne dans les deux sens	0	1	1	
Coupleur 1:32	16,9		1		
Marge pour filtre WDM1R (multiplexage GPON et XGPON)	0,95	1			
Total ODN hors fibre		1,3	18,05	0,8	20,15

1.1.3. Distance maximale entre NRO et PTO

Pour le calcul des distances maximales, sont prises en compte :

- 8 épissures sur le linéaire de fibre sont prises en compte totalisant une perte totale de 1.2 dB
- une marge de 1 dB est prise en compte pour tenir compte du vieillissement, des erreurs de distance et des réparations de fibre.

La distance maximale est calculée suivant la formule :

$$distance\ max = \frac{budget\ optique\ admissible - pertes\ (hors\ linéaire\ fibre) - épissures\ sur\ linéaire\ fibre - marge}{atténuation\ linéique\ de\ la\ fibre\ optique}$$

- **Cas de la distribution directe depuis le NRO**

- le couplage est 1:64.
- Les optiques utilisées sont de type C+

Les pertes, calculées sont dans ce cas de 23,3 dB.

La distance maximale NRO-PTO en distribution directe est de 15,6 Km.

$$distance\ max\ descendant = \frac{29 - 23,3 - 0,8 - 1}{0,25} = 15,6\ Km$$

$$distance\ max\ montante = \frac{32 - 23,3 - 0,8 - 1}{0,35} = 19,7\ Km$$

- **Cas de la distribution à travers un PM distant**

- Couplage 1:64
- Optiques de type C+ coté OLT
- Optiques B+ coté ONT.

Soit, un budget de 29 dB dans le sens descendant et 32 dB dans le sens montant.

Les pertes, sont dans ce cas de 24,2 dB.

La distance maximale NRO-PTO à travers un PM distant et avec un couplage 1 :64 est de 12 Km.

$$\text{distance max descendante} = \frac{29 - 24,2 - 0,8 - 1}{0,25} = 12 \text{ Km}$$

$$\text{distance max montante} = \frac{32 - 24,2 - 0,8 - 1}{0,35} = 17,1 \text{ Km}$$

- Couplage 1:32
- Optiques de type C+ coté OLT et ONT

Les pertes sont dans ce cas de 20,15 dB.

La distance maximale NRO-PTO à travers un PM distant et avec un couplage 1:32 est de 28 Km.

$$\text{distance max descendante} = \frac{29 - 20,15 - 0,8 - 1}{0,25} = 28,2 \text{ Km}$$

$$\text{distance max montante} = \frac{32 - 20,15 - 0,8 - 1}{0,35} = 28,7 \text{ Km}$$

■ Distance Max en XGPON

L'ingénierie déployée doit rester compatible avec la technologie GPON. Pour cela, on considère une utilisation des optiques les moins puissante (type N2a) et un niveau de couplage de qui doit être d'au moins 1:32.

Le filtre WDM1r introduit une atténuation supplémentaire de 0,5 dB sur les fréquences XGPON. Les pertes, sont dans ce cas de 20,15 dB (c.f. p.5) + 0,5 dB = 20,65 dB

De manière à garantir l'évolutivité vers la norme XGPON1, il convient donc de ne pas dépasser une distance NRO-PTO de 21 Km.

$$\text{distance max descendante} = \frac{31 - 20,65 - 0,8 - 1}{0,25} = 34,2 \text{ Km}$$

$$\text{distance max montante} = \frac{31 - 20,65 - 0,8 - 1}{0,4} = 21,4 \text{ Km}$$

1.1.4. Synthèse

Les règles retenues sont les suivantes :

- Pour les lignes en distribution directe,
 - Couplage 1 :64
 - Optiques B+ sur l'OLT et sur l'ONT
- Pour les lignes à travers un PM distant :
 - Si toutes les lignes du PM ont une longueur (NRO-PTO) inférieure à 12 Km,
 - Couplage 1:64
 - Optiques C+ sur l'OLT et B+ l'ONT
 - Sinon,
 - Couplage 1:32
 - Optiques C+ sur l'OLT et B+ l'ONT

La distance maximale NRO-PTO est fixée à 15 Km en distribution directe depuis le NRO et à 21 Km à travers un PM distant. Le schéma, ci-dessous, illustre les cas d'utilisations des différentes configurations :

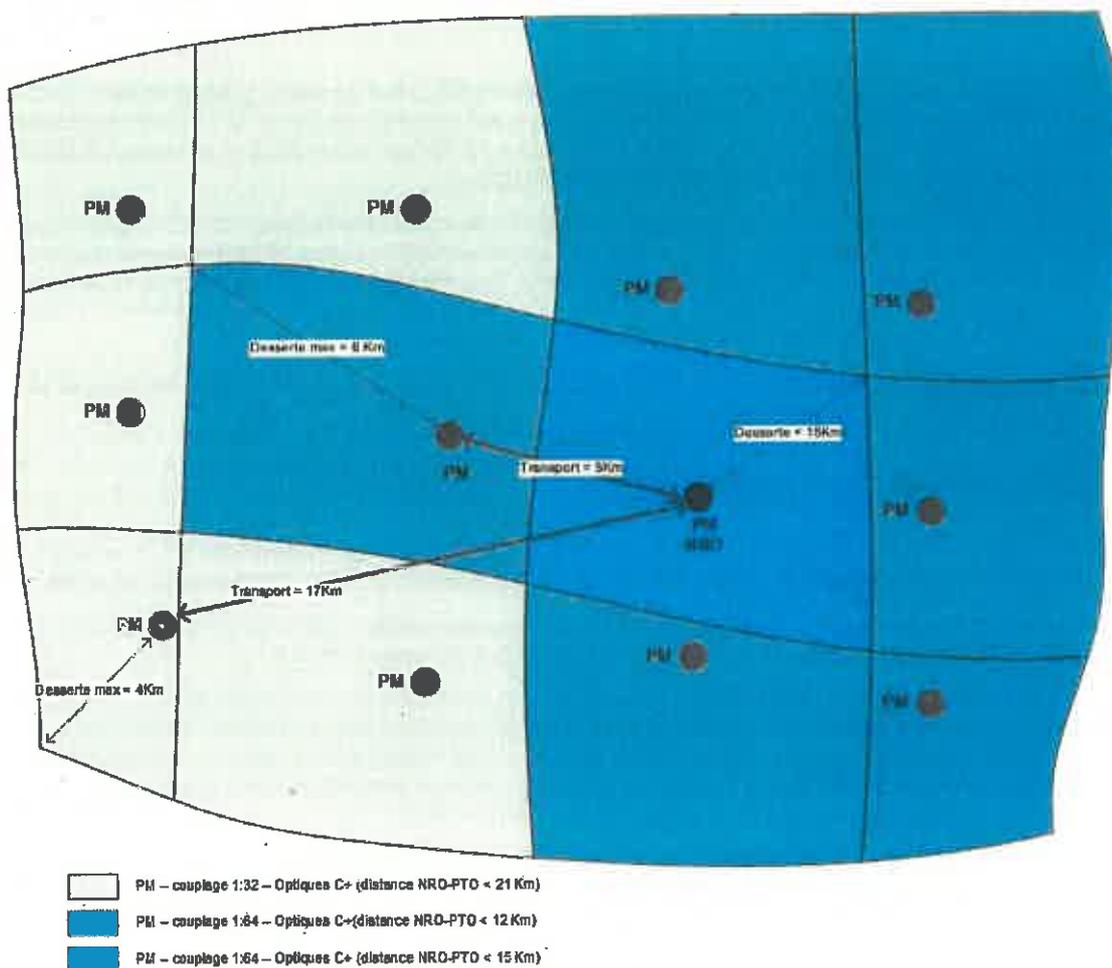


Figure 6 - Configurations des ODN

1.1.4.1. Optimisations possibles

Telle que présentée ci-avant, l'ingénierie standard du Concessionnaire permet de couvrir un rayon de 16 Km autour d'un NRO.

De plus, la limite à 16 Km est fixée pour garantir l'évolutivité vers la future norme XGPON avec des optiques standards de « faible distance ».

Il est tout à fait possible de lever cette contrainte et d'autoriser une zone arrière de 20 Km (distance atteignable avec des optiques C+ sur l'OLT et un couplage 1:32).

Dans le cas où les optiques XGPON N1 (faible distance) étaient les seuls disponibles (à un prix acceptable) sur le marché, il serait alors nécessaire de respecter la distance de 16 Km (pour le XGPON) et de déployer quelques OLT supplémentaires (pour assurer le complément de couverture XGPON). Cette contrainte est acceptable compte tenu qu'il n'y a pas de réaménagement NRO à prévoir et que l'énergie est déjà prévue.

1.2. Le réseau de collecte

1.2.1. Architecture

Les cœurs de réseaux (7750) sont interconnectés en 10Gbits/s et seront upgradés en N*10Gbits/s par le Concessionnaire si ce débit s'avérait nécessaire et après étude par la SPL de la sécurisation nécessaire des cœurs de réseau. Une liaison fibre en PFON (paire de fibre noire) ou, à défaut un canal DWDM, est utilisée pour chaque liaison 10Gbits/s.

Les OLT constituent le réseau d'agrégation MPLS. Ils sont bouclés (maximum 4 OLT par boucle, dans le cas d'une trop forte contrainte sur les infrastructures fibres mobilisables cette limite pourra être augmentée jusqu'à 6) et chaînés (maximum 3 OLT par chaîne isolée). Les boucles se terminent sur 2 équipements de cœur MPLS (7750) distincts ou 1 équipement de cœur MPLS selon la contrainte rencontrée sur les infrastructures fibres mobilisables.

Les OLT sont interconnectés en 1*10Gbits/s : une PFON ou un canal DWDM est utilisé pour transporter flux Multicast et Unicast.

1.2.2. Le réseau de collecte MPLS

Les équipements qui participent au réseau de collecte MPLS sont les routeurs MPLS Alcatel-Lucent 7750 SR-a4 situés dans les PoP et les OLT Alcatel-Lucent 7360 FX-8 installés dans les NRO.

Alcatel-Lucent a porté l'implémentation MPLS des équipements 7750 SR-a4 sur sa gamme OLT 7360 FX. Le protocole MPLS est porté au plus près des utilisateurs finaux.

Le protocole MPLS offre un niveau de service sans comparaison avec des solutions type QinQ ou MACinMAC. Ce protocole a été développé spécifiquement pour les opérateurs et pour fournir des services de réseaux privés de niveau 2 et 3. Il était traditionnellement déployé sur les équipements de cœur uniquement pour des raisons de coûts. Axione a généralisé le déploiement du protocole MPLS jusqu'aux équipements d'accès GPON, FTTE et IXEN.

- **Isolation du trafic et des services** : MPLS est un protocole prévu, dès le départ, pour fournir des services de réseaux privés niveau 2 et niveau 3. Une instance de commutation (ou de routage) est implémentée pour chaque service au sein des équipements d'extrémité. Chaque instance dispose de caractéristiques propres (MTU, nombre d'adresses MAC,...)

De plus, les trames de l'utilisateur final sont encapsulées dans la trame MPLS. Il n'y a pas confusion possible (comme c'est le cas lorsque l'on encapsule en QinQ) entre les trames Ethernet utilisateurs et les trames MPLS de l'opérateur.

- **Simplicité et homogénéisation de l'architecture.** Avec l'architecture proposée, il n'est plus question :
 - d'aboutier des réseaux de collecte Ethernet avec des réseaux de collecte MPLS (dans le cœur)
 - d'aboutier des ingénieries Ethernet avec des ingénieries MPLS
 - de fournir des services en aboutant une connexion Ethernet avec une ou plusieurs connexions MPLS.
- **Robustesse du transport :** En MPLS, des circuits de bout-en-bout sont préalablement créés entre les différents sites. Les équipements traversés (entre les sites d'extrémités) ne font que propager les trames à l'intérieur du circuit.
- En revanche, les équipements Metro-Ethernet doivent analyser (au sein de chaque équipement traversé) les données de la trame de l'utilisateur pour déterminer l'interface de sortie vers laquelle la trame doit être commutée.
- **Evolutivité :** MPLS peut facilement être déployé à grande échelle. Le protocole Ethernet ne peut être déployé sur des topologies complexes ou mettant en jeu un nombre important d'équipements.
- Pour chaque service, une connexion MPLS de bout-en-bout (« sans couture ») est créée entre l'équipement d'accès et l'équipement de livraison qui peut être situé dans un POP du réseau de la SPL Aquitaine, à TH2 ou ailleurs (autre POP Axione).
- **Transparence pour les services niveau 2 (Ethernet).** Le protocole MPLS assure un transport des trames Ethernet en toute transparence. Ce point est très important pour les Usagers souhaitant offrir des services aux Entreprises.

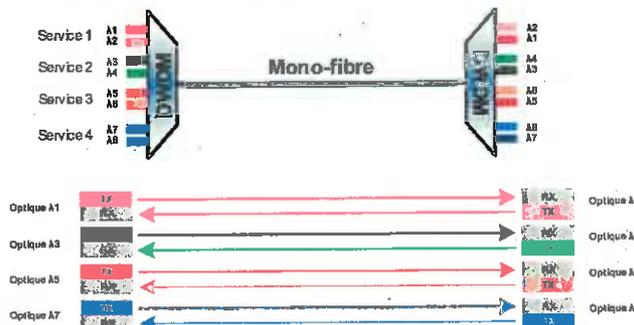
1.2.3. Capacité d'évolution des liaisons

1.2.3.1. Liens du cœur de réseau multi départemental

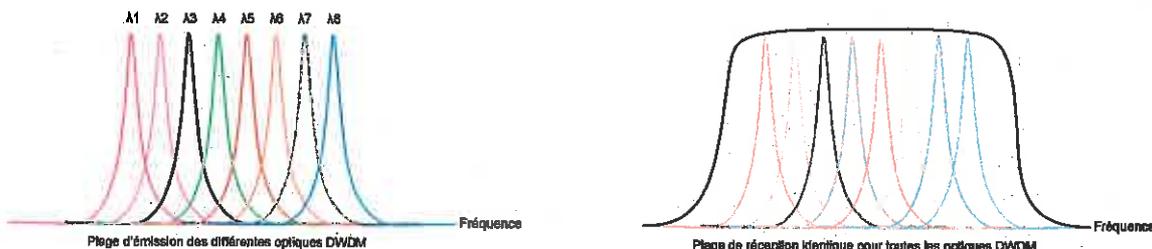
La capacité des liens du cœur de réseau de la SPL peut être passée en N x 10Gbits/s en mobilisant d'autres PFON entre les POP qui hébergent ces équipements. Ce Backbone pourra évoluer à 100G.

Le multiplexage passif permet d'augmenter la capacité des liens entre les routeurs du cœur de réseau à N x 10Gbits/s dans le cas où on dispose d'une seule PFON entre les POP.

Des multiplexeurs (filtres décrit en annexe) DWDM **mono-fibre** passifs peuvent également être installés par le Concessionnaire afin de pouvoir transporter plusieurs services 10Gbits/s sur une seule fibre. Pour chaque service 10Gbits/s, une paire de longueurs d'onde est utilisée (une longueur d'onde pour chaque direction).



Un module optique DWDM (SFP/SFP+/XFP) émet sur un canal DWDM d'une largeur de 50 ou 100GHz. En revanche, en réception, les optiques DWDM sont sensibles sur l'intégralité de la plage de fréquence DWDM. Ainsi, 2 optiques DWDM émettant sur des canaux différents sont parfaitement interoperables.



Techniquement il est possible d'utiliser des systèmes à 16 longueurs d'onde permettant de fournir 8 services 10Gbits/s. Cependant, ces systèmes pénalisent fortement le budget optique des liaisons.

Pour le réseau de la SPL Aquitaine, des modèles permettant l'évolution des liens de collecte NRO-NRO et cœur de réseau – cœur de réseau à 2 x 10Gbits/s sont proposés.

1.2.3.2. Liens NRO – NRO

La capacité des liens inter NRO peut être passée en $N \times 10\text{Gbits/s}$ en mobilisant d'autres PFON entre les NRO.

Le multiplexage passif, utilisé dans le cas où on a une forte contrainte sur les fibres mobilisables, permet également d'augmenter la capacité des liens entre les OLT Alcatel-Lucent 7360 installés dans les NRO à $N \times 10\text{Gbits/s}$.

1.2.3.3. Liens NRO – PBO

L'ingénierie optique utilisée permet de supporter l'évolution future vers la norme XGPON2 (40G PON).

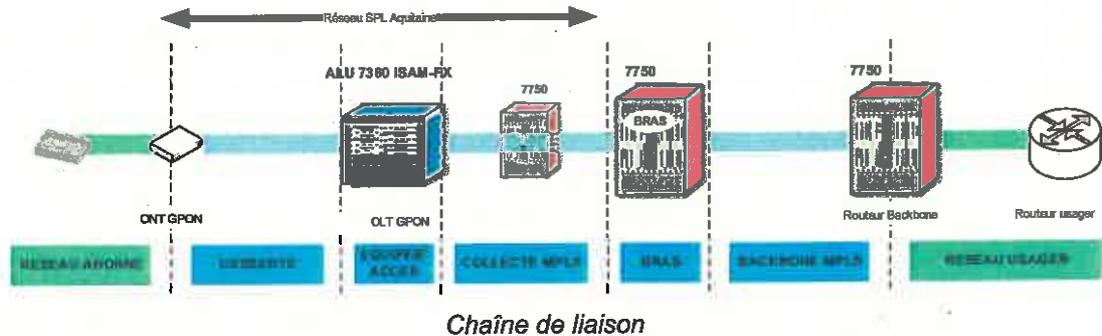
Par ailleurs l'OLT supporte des cartes point-à-point pour des accès à 10Gbits/s.

2. Les services activés

2.1. Le service FTTH activée – service grand public

2.1.1. Présentation du service

La chaîne de liaison est présentée ci-dessous.



■ Le réseau du Client :

- L'ONT (Optical Network Terminaison) est sous la responsabilité du Concessionnaire, et constitue la limite de responsabilité du service.
- L'ONT livre le service sur une ou plusieurs interfaces Ethernet 10/100/1000 Mbps.

■ La distribution :

- Chaque prise activée est raccordée à un OLT (Optical Line Terminal) Alcatel-Lucent (7360 ISAM FX-8) à travers un arbre PON (niveau de couplage standard 1:64 ou 1:32).
- Le 7360 ISAM FX-8 peut accueillir 8 cartes de service disposant de 16 ports GPON chacune. Sur chaque port GPON, l'équipement supporte jusqu'à 64 Clients.

■ L'équipement d'accès :

- Les fonctions principales implémentées au sein des OLT sont :
 - Isolation des ports des Clients (la commutation directe entre 2 Clients est interdite)
 - Gestion des règles de qualité de service pour chaque Client
 - Marquage des trames DHCP avec un identifiant unique pour chaque Client.
 - Gestion intelligente du Multicast
 - Mécanismes de sécurité contre des attaques de type « Déni de Service »
 - Agrégation MPLS

■ La collecte MPLS

- Le réseau MPLS assure le transport du trafic des OLT jusqu'aux BRAS.

- Le réseau est composé d'équipements ISAM FX-8 et Alcatel-Lucent SR7 7750.
 - Boucles et chaîne de collecte 10Gbits/s composés d'OLT ISAM FX-8.
 - Cœur à N*10Gbits/s composé de 7750
- Les OLT sont raccordés au Réseau en 10Gbits/s. Jusqu'à 4 OLT peuvent être attachées à une même boucle 10Gbits/s.
- MPLS assure un transport du trafic unicast en toute transparence et avec un haut niveau de sécurité. En cas de coupure sur le trajet principal, le trafic est re-routé automatiquement sur un chemin de secours.
- Les mécanismes PIM-SM sur les 7750 et IGMP sur les 7360 ISAM FX-8 assurent une gestion intelligente du trafic Multicast.

■ Le Concentrateur d'accès (BRAS¹)

- Les BRAS peuvent concentrer les accès de différents réseaux (RIP).
- Les BRAS sont des équipements Alcatel-Lucent 7750 SR-7 situés dans des Datacenter nationaux. Pour la collecte du Réseau, le BRAS nominal est le BRAS de Telehouse 2 de Paris. Le BRAS de secours est situé au Netcenter de Courbevoie.
- Ils sont attachés à 2 Routeurs MPLS à la fois coté collecte et coté backbone.
- Les BRAS sont en mesure d'identifier les Clients et d'appliquer des règles spécifiques à chacun des Clients (filtre, QoS, limitation du trafic,...)
- Ils sont interopérables avec les différents modèles existants :
 - PPP/L2TP
 - Terminaison PPP
 - IP/DHCP
- Ils instancient des contextes de routage pour chacun des usagers et garantissent ainsi l'étanchéité entre chacun d'eux.
- Ils sont en mesure de terminer et initier les tunnels MPLS.

■ La livraison du trafic :

- Le trafic peut être livré en local ou en national (dans les POP du réseau de la SPL Aquitaine, le Netcenter Venissieux, TH2 et le NetCenter Courbevoie)
- Le Backbone MPLS assure le routage du trafic (à travers un Réseau Privé Virtuel) jusqu'aux POP nationaux lorsque l'Usager souhaite une livraison nationale.
- La livraison s'effectue de manière sécurisée sur 2 routeurs MPLS 7750.
- L'interface de livraison est de type GBE, N*GBE, 10Gbits/sBE ou N*10Gbits/sBE

¹ BRAS (Broadband Remote Access Routeur) : Equipement d'agrégation du trafic des Clients. Il assure le routage du trafic (IP, PPP et Ethernet) entre le réseau d'accès et le réseau de cœur. Il est en mesure d'appliquer des règles de filtrage, de contrôle d'accès, de routage et de QoS à chaque Client et à chaque service.

2.1.2. Spécificité technique du service

A travers cette solution, le Concessionnaire mettra en place :

- Une solution robuste avec le protocole MPLS poussé au plus près des abonnés.
- Une solution interopérable avec les différentes ingénieries d'accès.

Les équipements 7750 supportent les 3 modèles de collecte que l'on rencontre sur les réseaux d'accès :

- Modèle DHCP
- Modèle PPP avec terminaison dans le BRAS
- Modèle PPP avec livraison en L2TP

De plus, Axione a développé une « boîte à outil » permettant d'effectuer des prétraitements ou post-traitements sur les échanges RADIUS. Les requêtes RADIUS peuvent ainsi être adaptées de manière à être interprétées correctement par le BRAS du Concessionnaire et par le RADIUS de l'Usager.

- Un réseau haute capacité et évolutif

Les règles de dimensionnement, lors de l'établissement du réseau, sont les suivantes :

- Collecte sur des boucles 10Gbits/s (capacité de 20G)
- L'OLT est raccordé en 10Gbits/s au réseau
- L'OLT peut accueillir des cartes XGPON1 (10Gbits/s PON)
- Un Routeur 7750 peut supporter jusqu'à 128 000 abonnés

- Gestion du Multicast Multi-opérateur

La gestion du Multicast repose sur l'utilisation des protocoles IGMPv2/v3 sur les interfaces abonnés et l'utilisation de PIM-SM (Protocol Independant Multicast - Sparse-Mode) sur le cœur de réseau.

PIM-SSM (Protocol Independant Multicast, Source Specific Mode) est également supporté pour les chaînes TV (Groupes Multicast) d'un usager qui le demanderait.

Pour l'interconnexion avec les opérateurs clients, l'apprentissage dynamique des sources multicast du client est assuré par MSDP (Multicast Source Discovery Protocol). Ce protocole est utilisé en standard entre plusieurs domaines multicast (interconnexions d'ISP fournissant des services IP TV par exemple).

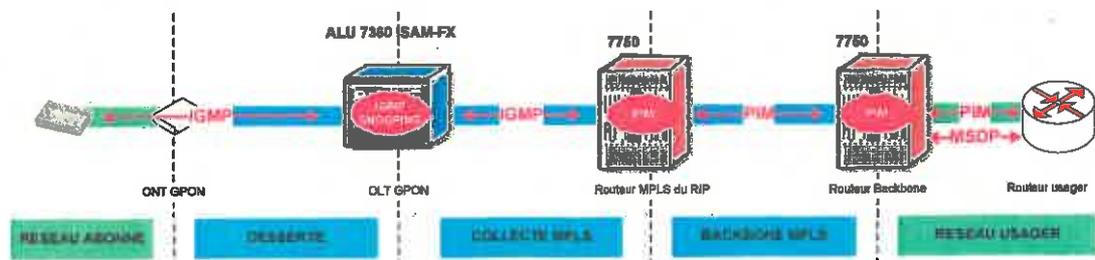


Figure 7 : Chaîne de liaison Multicast

Par défaut, les chaînes de TV des différents opérateurs sont transportées dans le réseau d'Axione au sein d'une même instance de routage. La RFC2770 définit les plages d'adresses Multicast devant être utilisées par les opérateurs. Cette RFC spécifie la méthode de calcul, appelée GLOP, permettant de déduire des adresses Multicast à partir du numéro d'AS de l'opérateur. A chaque numéro d'AS (i.e. chaque opérateur) correspond une plage d'adresse Multicast unique.

Il se peut que certains opérateurs ne respectent pas la recommandation RFC2770. Dans ce cas, il est possible de dissocier le trafic des usagers. Les équipements réseaux disposent de fonctionnalités avancées permettant d'isoler les flux Multicast des différents opérateurs dans des VLAN et dans des réseaux privés virtuels distincts.

■ Une activation simple des abonnés sur le réseau

Lors de l'activation, l'abonné est simplement déclaré dans le Proxy-RADIUS Axione.

Il est identifié à partir d'un attribut intégré aux requêtes DHCP et RADIUS. Cet identifiant unique est construit à partir du :

- nom de l'OLT
- numéro de port logique de l'OLT sur lequel l'abonné est raccordé

En GPON, plusieurs abonnés sont raccordés à une même interface physique GPON. Une sous-interface logique identifie la liaison OLT-ONT de chaque abonné.

Lorsque l'ONT se connecte pour la première fois, il est reconnu grâce à la méthode « PLOAM password » (c.f. norme ITU G.984.3).

- Un identifiant, le « Registration ID », est préalablement renseigné dans l'OLT. Cet identifiant est communiqué à l'installateur (ou à l'abonné) et doit être renseigné dans l'ONT. L'ONT est identifié une première fois sur la base du « Registration ID ». Son numéro de série est mémorisé par l'OLT.
- Dès lors que l'ONT s'est authentifié une fois suivant la méthode « PLOAM password », il est clairement identifié par l'OLT par son numéro de série. La méthode d'authentification « Serial number » décrite dans la norme ITU G.984.3) est alors privilégiée.

Pour provisionner un abonné, une entrée dans la base du Proxy-RADIUS est ajoutée :

Identifiant	Opérateur (usager)
Nom-OLT/numéro du port logique	Opérateur_de_service_1

La « box » de l'abonné est identifiée et configurée tel que décrit dans le schéma ci-dessous.

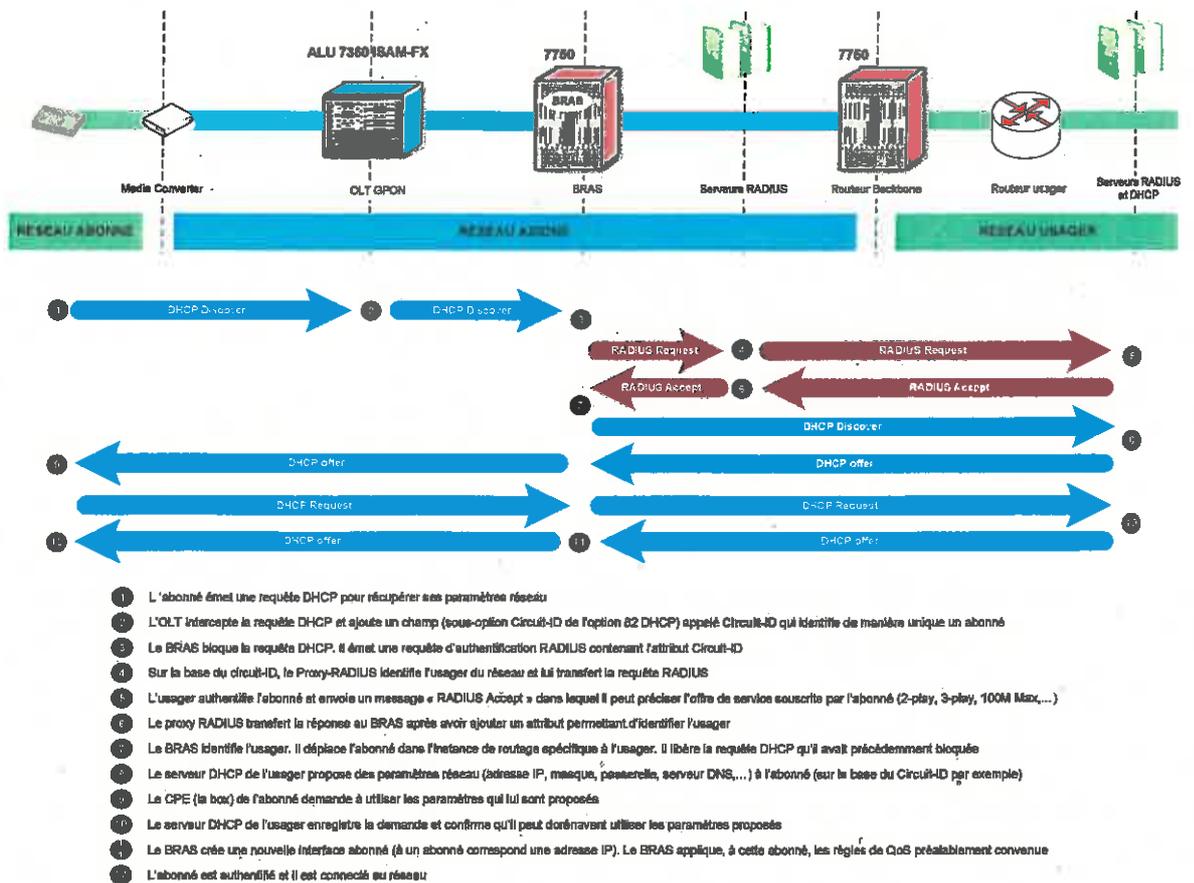


Figure 8 : Authentification et configuration réseau d'un abonné

■ Un modèle applicable à d'autres services et d'autres technologies d'accès

Le modèle de collecte est facilement applicable à d'autres techniques d'accès comme l'ADSL2+ ou le VDSL2.

La plateforme 7360 ISAM-FX est en mesure d'accueillir des cartes GPON, 10Gbits/s GPON ou Point-à-Point Ethernet.

Le réseau d'accès FTTH peut également assurer la collecte de services « non marchands » tels que des services d'alarme, de gestion de l'éclairage public ou de vidéo protection par exemple.

■ Un réseau compatible IPv6

Face à la pénurie d'adresses IPv4, les opérateurs vont devoir évoluer vers IPv6.

Les équipements déployés par Axione supportent IPv6.

2.2. Les services professionnels FTTE et FTTH Pro

Le Concessionnaire est en mesure de proposer deux architectures de collecte pour les services professionnels à travers les OLT déployés dans les NRO : services FTTE activé et FTTH Pro.

Le service FTTH Pro est produit en technologie GPON dont les engagements de service sont précisés dans l'annexe 12.

Le service FTTE activé est produit en technologie « P2P ». Le service bénéficie d'une GTR 4h mais les risques de pannes/dégradation sont limitées de par l'utilisation d'une fibre dédiée jusqu'au NRO. L'utilisation d'un CPE « haut de gamme » permet également de surveiller finement le niveau de service proposé.

Les services FTTE et FTTH Pro sont présentés dans les paragraphes suivant.

Remarque : L'ensemble des engagements de ces services sont précisés dans l'annexe 12.

2.2.1. Le service FTTE

Les accès FTTE sont collectés en point à point au niveau des OLT. Une fibre est dédiée à la collecte entre le site à raccorder et le NRO. Ce type de collecte convient tout particulièrement aux entreprises/institutions ayant de fortes exigences de qualité de services.

Le service FTTE est un service d'accès Entreprise niveau 2.

Une carte point-à-point (NELT-B décrit en annexe) est insérée dans les OLT FX 7360. Chez le client, l'équipement de démarcation prioritairement installé est l'ADVA GE114 (décrit en annexe).

Les services FTTE sont livrés en local ou en national sur des équipements MPLS Alcatel-Lucent 7750 SR.

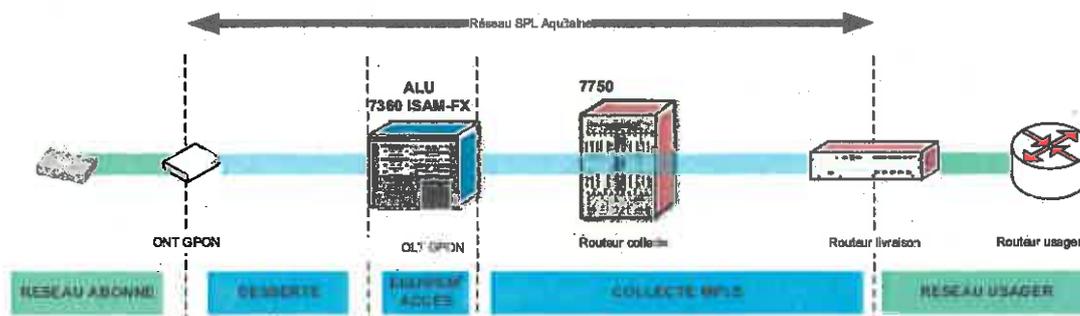


Figure 9 Chaîne de liaison livraison locale

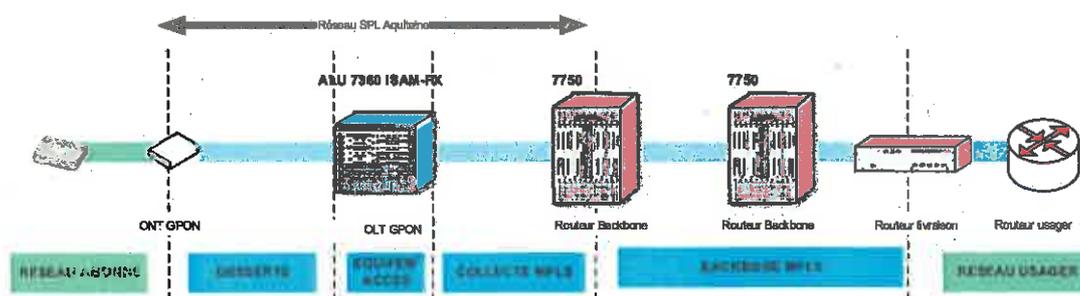


Figure 10 Chaîne de liaison livraison nationale

2.2.2. Le service FTTH Pro

Les accès FTTH pro sont collectés à travers l'arbre PON au niveau des OLT.

La technologie d'accès est le GPON.

Les accès FTTH pro sont collectés sur une carte GPON FGLT-B. Les trames des Clients sont directement encapsulées dans des tunnels MPLS au niveau de l'OLT 7360.

Les services FTTH pro sont livrés en local ou en national sur des équipements MPLS Alcatel-Lucent 7750 SR.

Chez le client, l'équipement de démarcation prioritairement installé est l'ONT Alcatel-Lucent. Le système de gestion du trafic montant de l'ONT vers l'OLT via les T-CONT (canaux virtuels), auxquels sont associés des profils de QoS spécifiques, permet la fourniture de services avec des niveaux renforcés de qualités de service.

Le service FTTH Pro actuellement proposé par le Concessionnaire est un service niveau 3, reprenant les principes techniques du FTTH GP.

3. Collecte nationale

Le réseau activé construit à partir des règles d'ingénierie présentées précédemment est le suivant :

- Un Backbone « multi départemental » sur le territoire de la SPL constitué de 7750 SRa4 et distribué dans les POP/NRO
- Un réseau d'agrégation MPLS constitué d'OLT Alcatel-Lucent 7360 FX-8 assurant les accès FTTH et FTTE
- Un réseau de collecte nationale permettant de livrer les services activés aux Usagers du réseau

Le Réseau SPL Aquitaine est raccordé au Backbone Axione par l'intermédiaire de liens longue distance pour permettre la livraison en national. Une extrémité d'un lien longue distance est située dans les TDR du réseau du titulaire, la seconde extrémité se termine dans un PoP du Backbone d'Axione :

- Pour garantir une haute disponibilité des services et optimiser l'écoulement du trafic, le réseau du titulaire est double-attaché au Backbone d'Axione
- Les liens longues distances primaires ont une capacité initiale de 10Gbits/s que le Concessionnaire s'attachera à faire évoluer à N*10Gbits/s selon les besoins

3.1. Liens longue distance – Architecture prévisionnelle cible

A la mise à disposition des infrastructures nécessaires à l'interconnexion de l'ensemble des TDR du Réseau SPL, le raccordement au Backbone Axione se fera par l'intermédiaire de deux liens, chacun d'une capacité initiale de 10Gbits/s, évolutifs à Nx10Gbits/s :

- **La première liaison** interconnecte la **TDR Ychoux (Landes)** au **POP Axione de Bordeaux** via une infrastructure fibre tierce avec une capacité initiale de 10Gbits/s, évolutive à Nx10Gbits/s. Le POP Axione de Bordeaux est intégré au Backbone Axione avec une interconnexion évolutive Nx10Gbits/s.
- **La seconde liaison** interconnecte la **TDR hébergée dans un NRO situé à moins de 45km de Le Ponbiais (Dordogne)** au **POP Axione de Brive-la-Gaillarde** avec une capacité initiale de 10Gbits/s, évolutive à Nx10Gbits/s, **via l'infrastructure du Réseau construit par la SPL jusqu'au point d'interconnexion de Le Ponbiais**. Le Ponbiais est raccordé à Ussac (Limousin) par le Concessionnaire où l'interconnexion avec le POP Axione de Brive-la-Gaillarde est réalisée. Le POP Axione de Brive-la-Gaillarde est intégré au Backbone Axione avec une interconnexion évolutive Nx10Gbits/s..

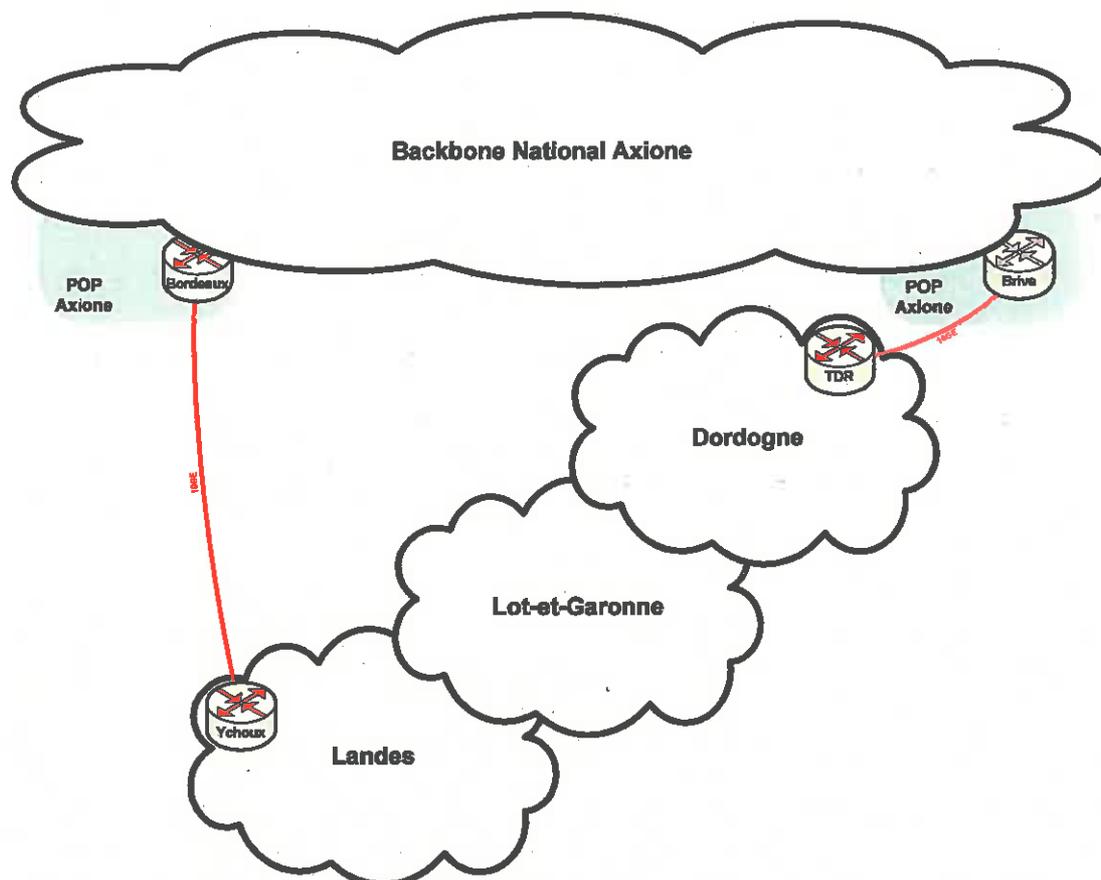


Figure 11 LLD SPL Aquitaine - Architecture cible

3.2. Liens longue distance – Solutions techniques intermédiaires prévisionnelles

Afin d'assurer l'interconnexion du Réseau SPL Aquitaine en phase de construction, c'est-à-dire tant que l'ensemble des TDR ne sont pas interconnectées entre elles, une solution primaire et une solution de sécurisation sont proposées pour chaque département.

Ces liens présentent une complémentarité vérifiée, sans SPOF (Single Point Of Faillure) et à la qualité de service nécessaire à un tel emploi.

3.2.1. Landes

Afin d'interconnecter les Landes au Backbone Axione en phase de construction, Axione préconise les liens suivants :

- **Lien primaire** : interconnecte la TDR Ychoux au POP Axione de Bordeaux via une infrastructure fibre tierce avec une capacité initiale de 10Gbits/s, évolutive à Nx10Gbits/s. Le POP Axione de Bordeaux est intégré au Backbone Axione avec une interconnexion évolutive Nx10Gbits/s.
- **Lien de sécurisation** : interconnecte la TDR au Backbone Axione avec une capacité initiale de 1Gbps, évolutive à 10Gbits/s, via l'infrastructure du Réseau construit par la SPL jusqu'au point d'interconnexion SANEF d'Aire-sur-l'Adour – A65 sortie échangeur Aire-Nord. La liaison Aire-sur-l'Adour – Lescar et l'interconnexion au réseau Axione à Lescar sont réalisées par le Concessionnaire.

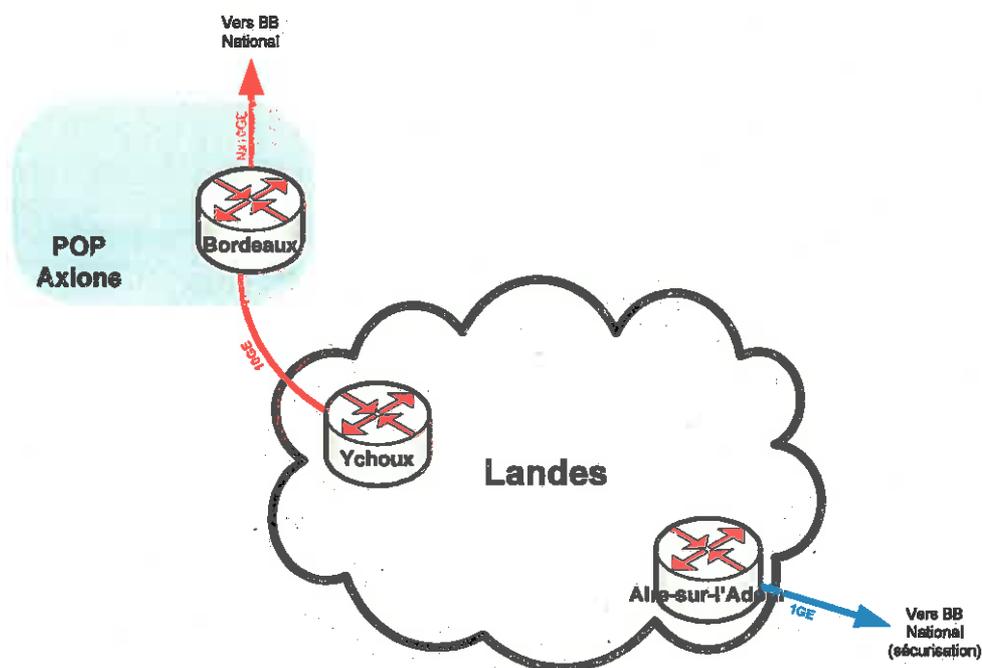


Figure 12 LLD Landes - Phase intermédiaire

3.2.2. Lot-et-Garonne

Afin d'interconnecter le Lot-et-Garonne au Backbone Axione en phase de construction, Axione préconise les liens suivants :

- **Lien primaire** : interconnecte la **TDR Marmande** au **POP Axione de Bordeaux** via une infrastructure fibre tierce jusqu'au point d'interconnexion de Puybarban prolongeant une offre de bande passante d'un opérateur tiers, avec une capacité initiale de 10Gbits/s, évolutive à Nx10Gbits/s. Le POP Axione de Bordeaux est intégré au Backbone Axione avec une interconnexion évolutive Nx10Gbits/s.
- **Lien de sécurisation** : interconnecte la TDR au Backbone Axione avec une capacité initiale de 1Gbps, évolutive à 10Gbits/s, sur une bande passante d'un opérateur tiers, au point d'interconnexion d'Agen.

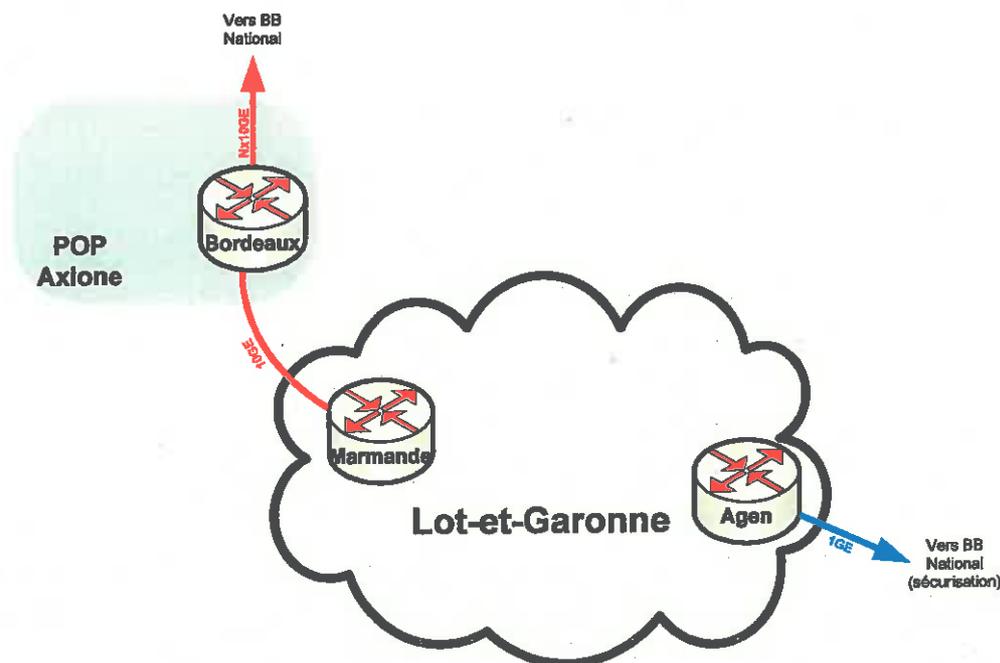


Figure 13 LLD Lot-et-Garonne - Phase intermédiaire

3.2.3. Dordogne

Afin d'interconnecter la Dordogne au Backbone Axione en phase de construction, Axione préconise les liens suivants :

- **Lien primaire** : interconnecte la TDR hébergée dans un NRO situé à moins de 45km de Le Ponbiais au POP Axione de Brive-la-Gaillarde avec une capacité initiale de 10Gbits/s, évolutive à Nx10Gbits/s, via l'infrastructure du Réseau construit par la SPL jusqu'au point d'interconnexion de Le Ponbiais. Le Ponbiais est raccordé à Ussac (Limousin) par le Concessionnaire où l'interconnexion avec le POP Axione de Brive-la-Gaillarde est réalisée. Le POP Axione de Brive-la-Gaillarde est intégré au Backbone Axione avec une interconnexion évolutive Nx10Gbits/s.
- **Lien de sécurisation** : interconnecte la TDR au POP Axione de Bordeaux avec une capacité initiale de 1Gbps, évolutive à 10Gbits/s, via l'infrastructure du Réseau construit par la SPL jusqu'au point d'interconnexion ASF de Coulounieix. Coulounieix est raccordé au point d'interconnexion ASF/Covage de Libourne Nord par le Concessionnaire. De Libourne Nord via une offre de bande passante Covage, l'interconnexion est réalisée jusqu'au POP Axione de Bordeaux. Le POP Axione de Bordeaux est intégré au Backbone Axione avec une interconnexion évolutive Nx10Gbits/s.

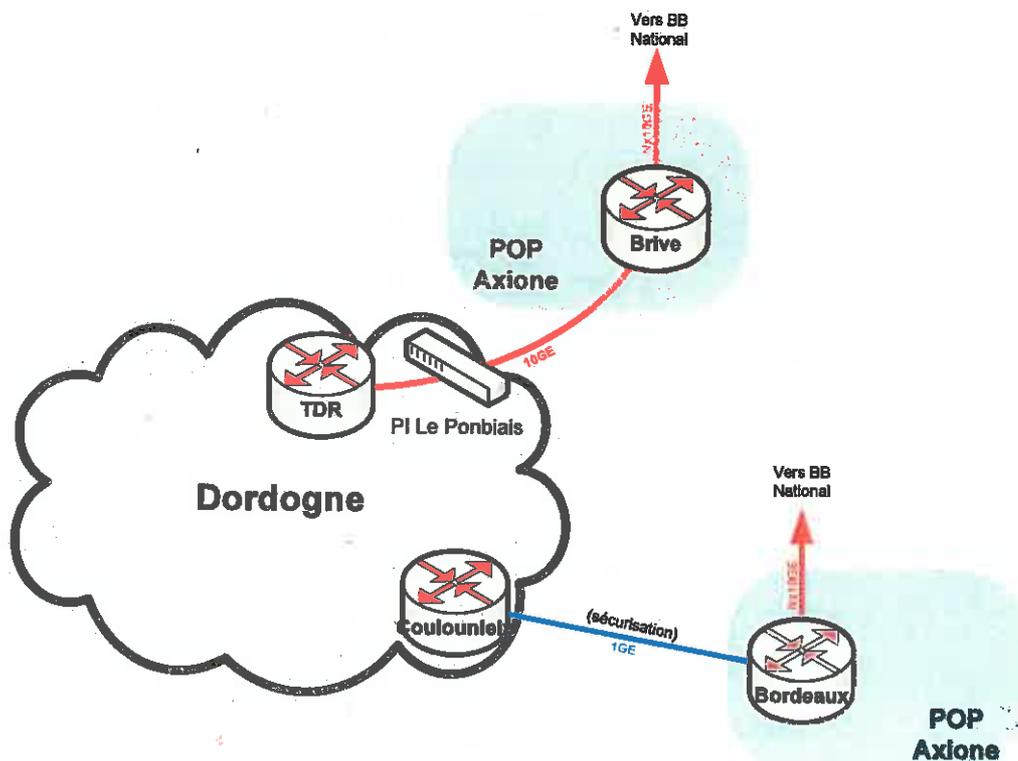


Figure 14 LLD Dordogne - Phase intermédiaire

3.2.4. Autres départements

Le Concessionnaire s'engage à proposer deux points de raccordement sur chaque territoire actionnaire de la SPL.

4. Corpus documentaire technique du réseau actif

En amont du déploiement des équipements réseaux, un travail de conception est réalisé en tenant compte des infrastructures disponibles, des contraintes techniques et des services à livrer, site par site.

Ainsi, dans le respect des règles d'ingénierie (assurant une pleine intégration du Réseau au Backbone AXIONE), un ensemble de documents est rédigé par le Concessionnaire afin de fournir les données techniques nécessaires à la mise en œuvre de l'architecture du Réseau.

4.1. Documentation technique

Tout nouvel équipement devant être déployé dans le Réseau, suit un processus de mise en production complet et détaillé, construit autour d'un déroulé précis et de documents d'échanges afin d'assurer la bonne mise en exploitation et le bon fonctionnement de celui-ci.

Ainsi un ensemble de documents techniques est rédigé par le Concessionnaire afin de faciliter sa conception, son déploiement et son exploitation. Accessible sur une plateforme d'échanges de connaissances (type Wiki), cet ensemble est organisé et formaté selon un modèle couramment utilisé sur les RIP opérés par AXIONE, à savoir :

- Une Synthèse Technique Détaillée (STD)
- Un ou des synoptiques(s) d'architecture(s)
- Une Fiche de Configuration Élémentaire (FCE) par équipement actif

4.1.1. La STD

Document de référence pour l'exploitation, la STD constitue la description exhaustive du Réseau et de ses équipements versionnée et archivée, elle s'attache à expliciter les données importantes du Réseau, à savoir les modèles d'équipements déployés, les principaux sites et les données d'intégration au Backbone AXIONE.

Enrichie de synoptiques, en particulier de la tête de Réseau et du raccordement au Backbone national, la STD spécifie les hostname attribués à chaque équipement, ainsi que les adresses de loopback et si besoin, les adresses d'interconnexion, le tout en fonction du type et du modèle de l'équipement. L'architecture est détaillée zone par zone, pour permettre une identification plus rapide des équipements lors d'un incident.

Sa rédaction se fait dans le respect des règles édictées par l'ingénierie, garantissant ainsi son intégration.

4.1.2. Le synoptique d'architecture

Élément graphique, versionné et archivé, le synoptique est la vision physique du Réseau. Tenu à jour à chaque modification d'architecture, il condense les caractéristiques des liaisons, ainsi que l'emplacement physique des équipements actifs.

Des synoptiques spécifiques peuvent être produits, par exemple des synoptiques de câblages détaillés dans le cas d'un déploiement « complexe », afin de faciliter le déploiement sur le terrain et guider plus encore l'installateur.

4.1.3. La FCE

La FCE est un document formaté contenant les données permettant la configuration minimale des équipements actifs lors de leur déploiement, conformément au Guide d'Installation produit par l'ingénierie pour chaque équipement du Réseau. Il y a donc une FCE par équipement actif, versionnée et archivée, mise à jour en fonction des évolutions de l'architecture.

Utilisée par la Production, la FCE permet de prendre la main rapidement sur un équipement avant de le configurer à distance de manière plus spécifique.

4.1.4. Procédures générales

Dès la réception des données sur les infrastructures mises à disposition, les premiers documents sont produits et amendés en fonction des retours terrains ou des corrections sur l'ingénierie passive. Une fois dans leur version finale, ils sont livrés sur une plateforme de partage de connaissances de type Wiki, les rendant ainsi disponibles à l'ensemble des équipes d'Exploitation, responsables de leur mise en production.

5. Déploiement de l'actif – réception des équipements (contrôle et recette)

5.1. Procédure générale

Les équipements actifs et les services déployés sont préalablement validés en laboratoire par les équipes d'ingénierie et de validation d'AXIONE. D'autre part, l'ingénierie active est homogène sur l'ensemble des réseaux opérés par Axione.

L'équipement installé et la mise en production de l'équipement prononcée, la recette peut être réalisée conformément à la documentation afférente, propre au modèle de l'équipement : que ce soit sur site, par l'installateur, ou à distance, par les équipes d'Exploitation, le contrôle du bon fonctionnement de l'équipement se fait en plusieurs étapes étalées dans le temps.

Suite au déploiement de l'équipement, une VABF (recette) est réalisé par l'équipe de production. Une fois que l'équipement validé, configuré et interfacé avec l'ensemble des outils, il rentre en phase VSR (Vérification de Service Régulier). Il est alors en « pré-prod ». Durant 15 jours, l'équipement est mis en observation et les alarmes sont redirigées vers l'équipe de production.

Si la phase de VSR est concluante, l'équipement entre en « production » et est géré par l'équipe de supervision.



5.2. Documentation technique

L'ingénierie produit, pour chaque équipement actif du Réseau, une suite de documents techniques servant de socle à l'ensemble des services quant à la recette de ceux-ci :

- Une Procédure de Recette (PR) par modèle d'équipement réseau
- Un Cahier de Recette (CR) par PR
- Un Procès-Verbal (PV) de Recette par PR

5.2.1. Procédure de Recette

Ce document destiné à l'installateur, vise à valider que tous les éléments matériels du châssis sont fonctionnels et garantissent une qualité de service optimum. Sa lecture est essentielle avant de compléter le Procès-Verbal (PV) de recette.

5.2.2. Cahier de Recette

Le Cahier de Recette (CR), est un document à compléter par l'installateur et/ou l'Exploitation en concordance avec les directives de la procédure de recette. Daté, paraphé, référencé, ce document passe en revue tous les éléments à vérifier pour s'assurer du bon fonctionnement de l'équipement.

6. Principes retenus pour le renouvellement et la modernisation du réseau

6.1. Capacité du réseau

Le Concessionnaire assure, pour toute la durée de la Convention, une gestion de la capacité du réseau selon le processus suivant :

- Analyse de l'état de charge du réseau, en consultant les référentiels actifs et les outils de monitoring de charge des liens
- Réception et analyse des prévisions marketing, nécessitant un redimensionnement du réseau à moyen terme,
- Prévision et dimensionnement des infrastructures en fonction des prévisions,
- Identification des acteurs et des durées associées à chaque tâche élémentaire,
- Lancement des commandes des différents fournisseurs,
- Planification et Suivi des actions de déploiement
- Intégration et mise en service des extensions de capacité dans le réseau
- Mise à jour des référentiels

Ce processus est déroulé de façon cyclique pour tous les équipements actifs déployés sur le réseau.

La prévision et le déclenchement des extensions de capacité sont réalisés de façon proactive en fonction :

- des prévisions marketing pour chaque gamme de service
- du rythme de croissance du taux d'occupation des ressources
- de la durée nécessaire à la mise en place de l'extension
- du type de ressources

S'agissant des engagements de gestion de la capacité de bande passante, des indicateurs de charge sur le réseau sont mis en place dans le cadre de l'exploitation technique.

Les équipements d'accès et d'agrégation disposent d'une réserve de capacité importante avec pour un OLT

- 8192 abonnés GPON (couplage 1:64) ou 4096 (couplage 1:32)
- 288 abonnés point-à-point

6.2. Evolution technologique

Parmi les technologies déployées, la technologie en plus forte évolution est la technologie GPON. La norme XG-PON2 (TWDM PON) est amenée à devenir le prochain standard pour l'accès FTTH.

Les OLT proposés supportent les premières cartes XG-PON2 proposées par Alcatel-Lucent.

Le Concessionnaire prévoit de remplacer les équipements actifs tous les 7 ans pendant la durée du contrat (changement de cartes). Ce renouvellement permettra de faire évoluer technologiquement le réseau.

Les équipements proposés pour la collecte MPLS et pour l'accès GPON sont des châssis. Ainsi, les cartes de contrôle et les différentes cartes d'accès seront renouvelées en prenant en compte :

- Les évolutions technologiques
- les besoins supplémentaires de capacité ou performance
- la fin de vie prononcée par les fournisseurs

Le renouvellement des équipements actifs est pris en compte dans le plan d'affaires prévisionnel.

