

SYNTHESE

Septembre 2012

*** Ingénierie de réseau demandée aux opérateurs de réseau par les opérateurs de service
en dehors des zones très denses ***

*** Affaiblissement optique sur les réseaux en fibre optique jusqu'à l'abonné ***

L'ARCEP a organisé deux réunions du GRACO THD sur le sujet de l'affaiblissement optique, le 24 novembre 2011 et le 27 mars 2012, auxquelles ont participé les principaux opérateurs nationaux, des opérateurs d'opérateurs, des collectivités territoriales, des associations et des institutionnels¹. Ces groupes se sont également intéressés de manière plus large aux types d'ingénierie susceptibles d'être demandées par les opérateurs de service, et notamment les opérateurs intégrés nationaux, sur des réseaux qu'ils ne réalisent pas eux-mêmes.

En effet, les principaux opérateurs nationaux intégrés déploient sur une partie du territoire des réseaux FttH, et en tant que clients de réseaux tiers, ils peuvent souhaiter voir certaines contraintes d'ingénierie respectées.

D'un autre côté, les opérateurs non intégrés tels que les opérateurs d'opérateurs ou les réseaux d'initiative publique sont également demandeurs d'un certain nombre de prescriptions sur les réseaux qu'ils construisent, afin de s'assurer que les réseaux construits sont conformes aux contraintes techniques de leurs futurs clients. Cependant, ces acteurs souhaitent également pouvoir conserver une marge de manœuvre sur certains aspects de l'ingénierie, pour des raisons développées plus loin. Un des objectifs de ces groupes de travail était donc de leur apporter des réponses et de dégager des éléments d'ingénierie à respecter qui soient objectifs et leur garantissent de pouvoir accueillir sur leur réseau l'ensemble des opérateurs de services. Etant donné que ces réseaux sont déployés principalement dans des zones rurales, c'est sur ces zones que des réponses sont attendues et que se sont concentrés les deux groupes de travail.

1.	Introduction aux problématiques abordées.....	2
a.	Contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH.....	2
b.	Distances disponibles en fonction des technologies.....	2
2.	Préférences des acteurs par rapport à la position du point de mutualisation	3
3.	Regroupement des NRA en NRO et gestion des lignes longues.....	4
4.	Position à date de l'ARCEP.....	5
a.	Garantir la neutralité technologique.....	5
b.	Ne pas hypothéquer l'avenir et penser aux coûts d'exploitation	5
c.	Généraliser la consultation des opérateurs de service par les opérateurs de réseau.....	5
d.	Garantir la taille minimale du point de mutualisation	6

¹ Liste complète des participants : Bouygues Telecom, France Télécom, Free, Numericable, SFR, Altitude Infrastructure, Covage, Tutor, Axione, CG77, CG92, e-Tera, Manche Numérique, Quentiop, Rég.I.E.S., S.I.E.A., ARF, AVICCA, CETE de l'Ouest, DATAR, Caisse des Dépôts et Consignations, FNCCR.

1. Introduction aux problématiques abordées

a. Contraintes d'affaiblissement optique d'un réseau FttH

Quelle que soit la technologie utilisée, une contrainte de budget optique doit être prise en compte dans l'ingénierie du réseau. Cette contrainte dépend de la technologie utilisée, chaque technologie ayant un budget optique associé, détaillé ci-dessous – ces valeurs peuvent être retrouvées en annexe 4 :

1. GPON (2.5 Gb/s en download, 1.25 Gb/s en upload) : 28 dB max (et 13 dB min) aux deux longueurs d'onde 1310nm et 1490 nm avec systèmes de classe B+ ; 32 dB max (et 17 dB min) avec systèmes de classe C+ ;
2. XGPON1 (10 Gb/s en download, 2.5 Gb/s en upload) : 29 dB max pour le XG-PON1 N1, 31 dB pour le XG-PON1 N2a/b, 33 dB pour le XG-PON1 E1, 35 dB pour le XG-PON1 E2a/b (valeurs normatives).
3. NGPON2 : la normalisation de ces systèmes n'est pas encore suffisamment avancée pour que la valeur du budget optique associé soit connue.
4. Point-à-point : en ce qui concerne les systèmes point-à-point, il existe une contrainte de budget optique mais surtout de distance : par exemple, 10 km pour des SFP 1000BASE-BX10-D (au niveau du central) ou 1000BASE-BX10-U (au niveau du CPE de l'abonné) compatibles avec la norme IEEE 802.3 (ces SFP correspondent à du GigaEthernet et à du monofibre). Les systèmes aujourd'hui utilisés par les opérateurs en France permettent d'atteindre les distances suivantes : 5km, 10km, 20km ou 40km.

Pour les systèmes G-PON, des coupleurs sont installés dans la boucle locale, entre l'équipement actif du central et celui des clients, notamment afin de diminuer le nombre de fibres déployées entre ces coupleurs et l'équipement actif du central, tout en garantissant une certaine évolutivité du réseau ; ces coupleurs induisent une perte d'insertion (dont la valeur peut être retrouvée à l'annexe 2).

b. Distances disponibles en fonction des technologies

Si l'on repart par exemple du bilan de liaison proposé par France Télécom (voir annexe 1) et en retenant une hypothèse supplémentaire de 1 épissure tous les 2 km pour les besoins de cet exercice, on aboutit aux distances totale NRO-DTlo disponibles suivantes en fonction du taux de couplage retenu :

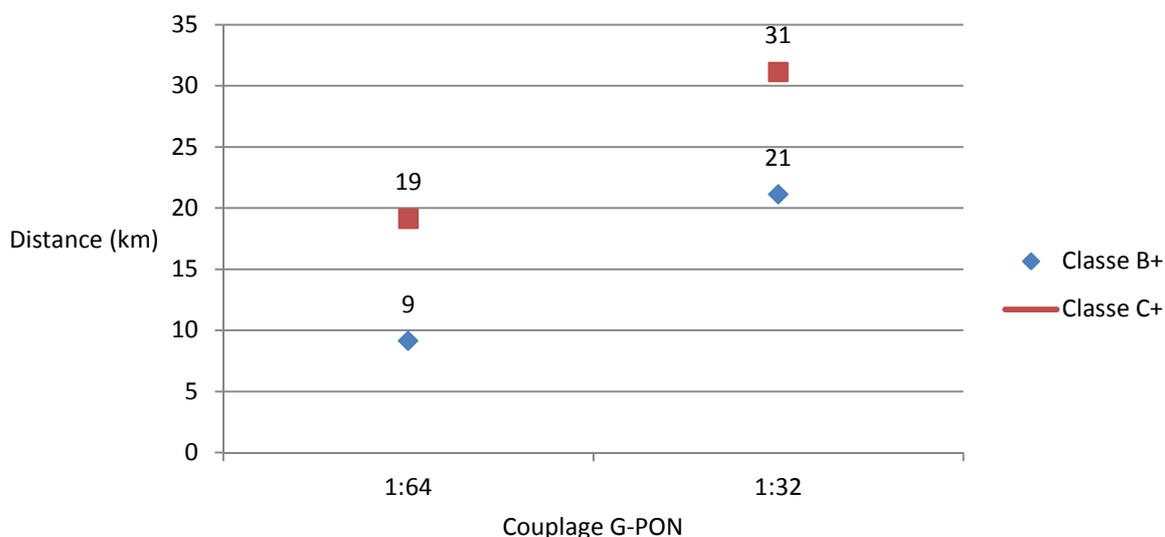


Figure 1 – Distance disponible en G-PON en fonction de la classe utilisée

2. Préférences des acteurs par rapport à la position du point de mutualisation

Aujourd'hui, France Télécom et SFR déploient des réseaux susceptibles de supporter des systèmes G-PON. En général, en dehors des zones très denses, les points de mutualisation (ci-après PM) de ces opérateurs sont de taille moyenne 360 lignes, et sont reliés chacun à un NRO de quelques dizaines de milliers de lignes par un câble de 36 fibres ; des PM de taille 1000 sont également possibles, avec en général 144 fibres en amont de chaque PM dans ce cas.

Lorsque France Télécom se positionne comme client potentiel sur un réseau tiers, voici quelques-uns des paramètres liés à l'ingénierie de réseau que France Télécom prend en compte :

- Dans la mesure du possible, France Télécom souhaite héberger ses actifs dans ses propres NRO, d'où dans ce cas une nécessité de conserver du budget optique pour relier le point de mutualisation proposé par l'opérateur tiers à son NRA/NRO. Toutefois, France Télécom n'exclut pas de positionner ses actifs au niveau de PM/NRO de l'opérateur tiers dans le cas où le budget optique l'imposerait.
- Dans ses spécifications techniques d'accès au service (STAS) zones moins denses, France Télécom garantit aux opérateurs commerciaux une règle de 3 dB d'affaiblissement maximal entre le point de mutualisation (à partir de l'armoire de distribution incluse) et la prise terminale optique (hors branchement de la box abonné). Concernant cette règle, France Télécom a précisé lors des groupes de travail qu'il s'agit d'un affaiblissement maximal garanti dans ses propres STAS, mais qu'il ne s'agit en aucun cas d'une règle qu'il cherche à imposer aux autres réseaux.

SFR souhaite des PM de taille réduite en dehors de la zone AMII ; voici les arguments avancés par l'opérateur :

- ceci permettrait une standardisation des réseaux et de ne pas devoir gérer deux types d'ingénierie : en zone très dense en zone AMII d'une part ; hors de la zone AMII d'autre part.
- des distances PM-PBO plus courtes permettent d'éviter de longs déplacements lors du raccordement d'un client (travaux au niveau du PBO et brassage au niveau du PM) ;
- des PM « bas dans le réseau » permettent de limiter la taille des câbles sur le segment de transport (PM-NRO) et donc le coût du réseau, d'autant que des fourreaux ne sont pas toujours disponibles.
- des PM « bas dans le réseau » donnent plus de souplesse pour l'évolutivité du réseau.

Free déploie en revanche à ce jour des réseaux point-à-point ; dans cette technologie, aucun coupleur n'est introduit dans l'arborescence du réseau. Free indique que les SFP utilisées dans ses systèmes sur les déploiements actuels permettent une distance maximale entre le NRO et le CPE de l'abonné de 5 km. En revanche, en ce qui concerne les déploiements dans des zones plus rurales, Free n'a pas fait le choix de la technologie qu'il utilisera ; Free n'exclut d'ailleurs pas de mettre de l'actif au niveau des points de mutualisation dans les zones moins denses.

Quant aux opérateurs de RIP, beaucoup souhaitent déployer des réseaux en point-à-point avec un PM suffisamment haut dans le réseau, qui est en général directement le NRO (exemple de Manche Numérique ou Rég.I.E.S), avec parfois également un point de flexibilité intermédiaire (appelé SRO). Voici les arguments avancés pour justifier le choix de telles architectures :

- il est préférable ne pas multiplier le nombre d'armoires pour héberger des PM de tailles réduites, du fait que des communes peuvent fixer des contraintes importantes sur leur implantation, qu'il est

compliqué d'implanter des armoires de rue en campagne, et pour éviter d'avoir potentiellement un grand nombre d'armoires actives sur le territoire.

- de même que des NRA de petite taille (typiquement inférieure à 1000 lignes) n'intéressent pas les opérateurs dégroupés, les PM doivent être de taille suffisamment importante pour attirer les opérateurs GPON, mais aussi point-à-point.
- si la technologie GPON sur une architecture point-à-multipoint permet de desservir une clientèle de TPE ou de PME, elle ne permet pas de répondre aux besoins de certaines entreprises, qui souhaiteraient disposer d'une fibre dédiée de bout en bout. Sur ce point, l'ARCEP poursuit ses travaux d'analyse des besoins, en lien avec les opérateurs.
- Les RIP estiment avoir des projets à un horizon de plus long terme que les opérateurs, d'où le fait qu'ils puissent accepter des surcoûts dans l'ingénierie de réseau. Notamment, les points 2 et 3 avancés par SFR sont pertinents, mais un RIP peut faire le choix d'une ingénierie plus coûteuse pour avoir en contrepartie un réseau pouvant accueillir potentiellement des technologies G-PON, mais aussi des technologies imposant une fibre point-à-point de bout en bout.

3. Regroupement des NRA en NRO et gestion des lignes longues

En ce qui concerne le regroupement des NRA de France Télécom en NRO, France Télécom confirme qu'il plantera ses NRO dans ses NRA actuels. La décision de quel NRA deviendra NRO est le fruit d'une analyse fine à mener zone par zone. Cette analyse prendra notamment en compte, mais sans s'y limiter, les paramètres suivants : bon dimensionnement en termes de climatisation et énergie, caractère pérenne du NRA, sécurisation possible de la collecte.

Les premiers calculs menés par l'ARCEP sur la base du modèle sur l'ensemble des départements français métropolitains montrent que :

- en zone AMII, un NRO regrouperait en moyenne 2,3 NRA avec des systèmes de classe B+ et un taux de couplage 1/64 (hypothèse de 10 km retenue pour la ligne la plus longue) et 3,2 NRA avec des systèmes de classe C+ (hypothèse de 20km retenue pour la ligne la plus longue) ;
- hors zone AMII, selon les mêmes hypothèses, un NRO regrouperait en moyenne 1,4 NRA avec des systèmes de classe B+ et 2,7 NRA avec des systèmes de classe C+.

Ces calculs montrent bien que le taux de regroupement dépend fortement des décisions de France Télécom ainsi que des autres opérateurs, par rapport au choix des systèmes de transmission et des taux de couplage.

Par ailleurs, pour France Télécom ainsi que pour SFR, il est envisageable de recourir à une solution ad hoc sur 10% des lignes les plus longues par point de mutualisation. En outre, en cas de contrainte forte sur le budget optique dans une zone donnée, France Télécom ne privilégie a priori aucune solution pour récupérer une marge de manœuvre, notamment entre un couplage 1:32 au lieu de 1 :64 ou des systèmes de classe C+ au lieu de B+. En ce qui concerne la migration vers des systèmes C+, le calendrier de migration n'est pas précisé à ce stade.

L'ARCEP note que les choix des différents opérateurs devront être compatibles entre eux, pour permettre à tous les acteurs d'activer leurs clients depuis les mêmes NRO, car il est peu probable que différents NRO soient systématiquement déployés pour une même zone. En outre, l'ARCEP souligne le besoin de prévisibilité pour l'ensemble des acteurs par rapport aux choix d'implantation des NRO de France Télécom, pour des raisons concurrentielles et de non-discrimination.

4. Position à date de l'ARCEP

a. Garantir la neutralité technologique

L'ARCEP rappelle l'importance de respecter la neutralité technologique. Aussi lui semble-t-il important que des opérateurs qui le souhaitent puissent réaliser des réseaux leur permettant d'accueillir des opérateurs en point-à-point, et ce d'autant plus que moyennant certaines conditions, cela peut se faire sans porter préjudice aux opérateurs utilisant la technologie GPON.

La qualité du réseau est certes un paramètre important, mais il ne semble pas que l'imposition d'une règle unique et universelle d'affaiblissement maximal de la partie terminale soit nécessaire ni possible, étant donné qu'en fonction de la zone considérée, les longueurs de ligne et donc les affaiblissements peuvent beaucoup varier.

b. Ne pas hypothéquer l'avenir et penser aux coûts d'exploitation

L'ARCEP pointe un certain nombre de risques à vouloir imposer des valeurs très contraintes sur la partie terminale du réseau. En effet, il s'agit de construire des réseaux destinés à servir pendant des décennies, les contraintes des opérateurs en 2012 ne doivent donc pas faire oublier que le prix des équipements actifs diminue avec le temps et que les technologies évoluent (exemple des systèmes de classe C+).

De plus, l'exploitation du réseau pourrait être rendue difficile si des contraintes trop fortes sont imposées. Il faut notamment anticiper l'éventuelle nécessité de poser des points de connectivité pour marquer les limites de responsabilité ou faciliter l'exploitation, par exemple à l'entrée de la propriété privée, au niveau du point de raccordement d'un immeuble ou au niveau du point de branchement optique. La connectivité éventuelle au lieu de pigtails longs en amont des coupleurs GPON dans les points de mutualisation pourrait aussi être envisagée, pour des raisons d'exploitation, certains acteurs souhaitant faire ce choix.

Les questions relatives aux aspects opérationnels de l'ingénierie en zones moins denses ont vocation à être débattues au sein du comité d'experts de l'ARCEP. Les points suivants ont d'ailleurs déjà commencé à être débattus au sein du comité :

- la connectivité en amont des coupleurs dans les PM ;
- la taille des jarretières entre coupleurs et distributions ;
- la place à allouer à chaque opérateur au niveau des PM ;
- le type de connecteur ;
- la connectivité au PBO.

c. Généraliser la consultation des opérateurs de service par les opérateurs de réseau

Selon les termes du dispositif de la décision n° 2010-1312 de l'Autorité, « *l'opérateur d'immeuble fait droit à toute demande d'hébergement des équipements passifs et actifs au point de mutualisation, dès lors qu'elle est raisonnable et justifiée [...].* » Or, concernant le caractère raisonnable de cette demande, les motifs de la décision (p. 38) prévoient que « *[...] l'opérateur d'immeuble consulte, préalablement à l'installation du point de mutualisation, les opérateurs tiers sur leur souhait de vouloir héberger des équipements passifs et actifs.* » L'ARCEP invite donc les opérateurs de réseau à formaliser ces consultations auprès des opérateurs de service, y compris bien avant les consultations préalables correspondant à l'appel au coinvestissement ; la demande ultérieure d'un opérateur de service n'ayant pas répondu initialement

pourrait ne pas être retenue comme raisonnable, et en tout état de cause l'opérateur demandeur devrait assumer l'ensemble des coûts spécifiques.

d. Garantir la taille minimale du point de mutualisation

L'ARCEP a réalisé une première analyse (voir annexes 3 et 4) qui montre qu'une règle systématique de 3 dB d'affaiblissement sur la partie terminale du réseau ne semble pas permettre, en dehors des zones très denses, de respecter une taille minimale de 300 lignes pour une proportion importante de points de mutualisation, en particulier en dehors de la zone AMII.

L'ARCEP veillera donc à ce que cette règle de 3 dB ne se mue pas en une règle générale.

L'ingénierie doit se fonder sur une vision de bout en bout entre NRO et PTO, et le budget optique doit être alloué équitablement entre les segments de transport (amont PM) et de distribution (aval PM), que ce soit au niveau des budgets optiques actuellement disponibles ou pour les améliorations permises dans le futur grâce à de nouvelles technologies.

Annexe 1 – Bilans de liaison proposés par les principaux acteurs

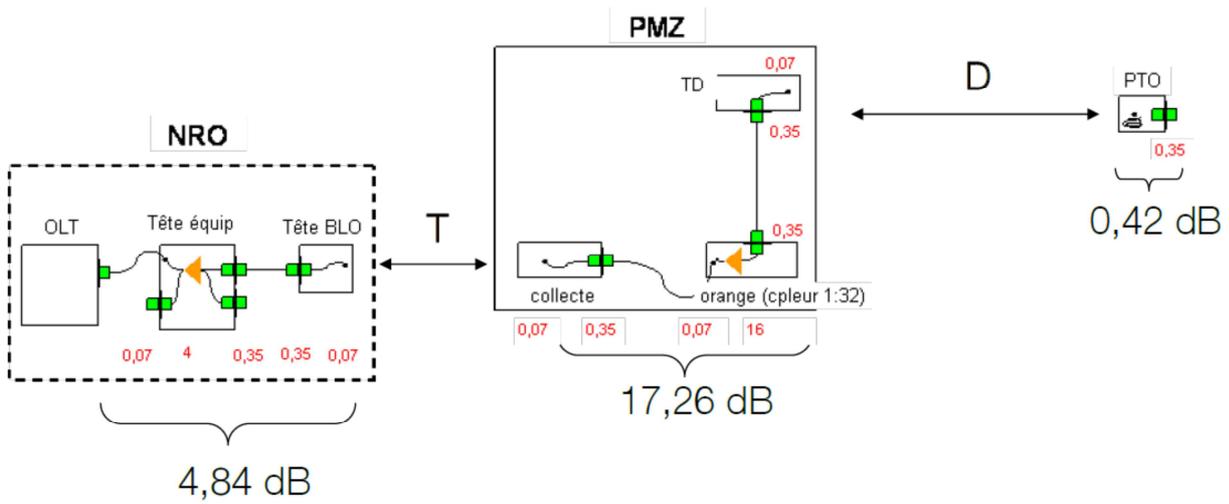


Figure 2 – Bilan de liaison de France Télécom

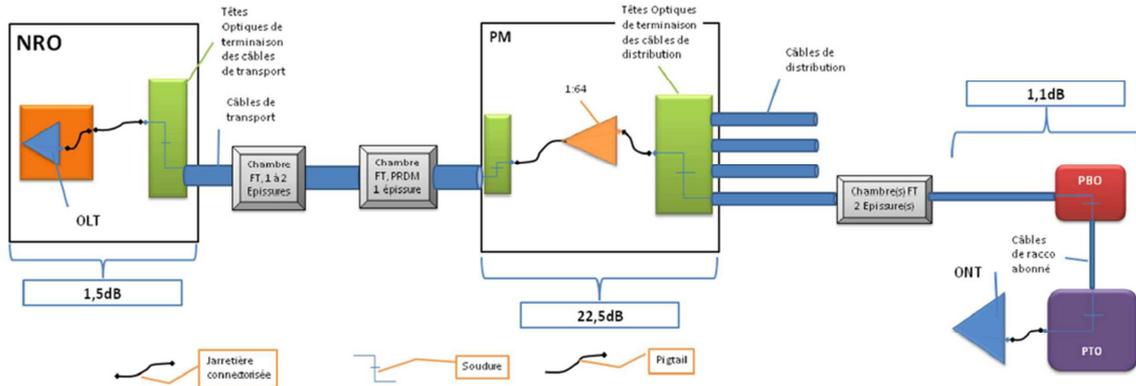


Figure 3 – Bilan de liaison de SFR

- Légende :
- Connecteur (0,5 dB)
 - Epissure fusion (0,1 dB)
 - Câble FO (0,35 dB / Km)

Bilan Optique Maximum

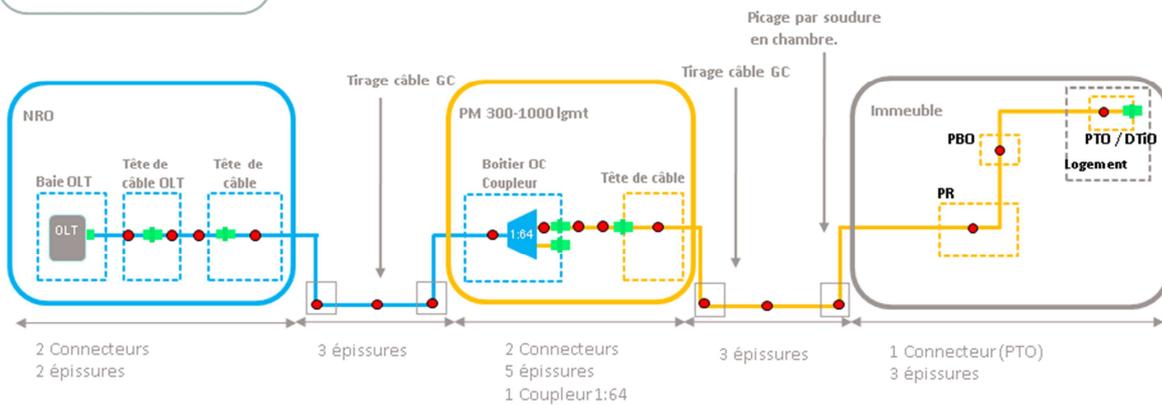


Figure 4 – Bilan de liaison de Bouygues Telecom

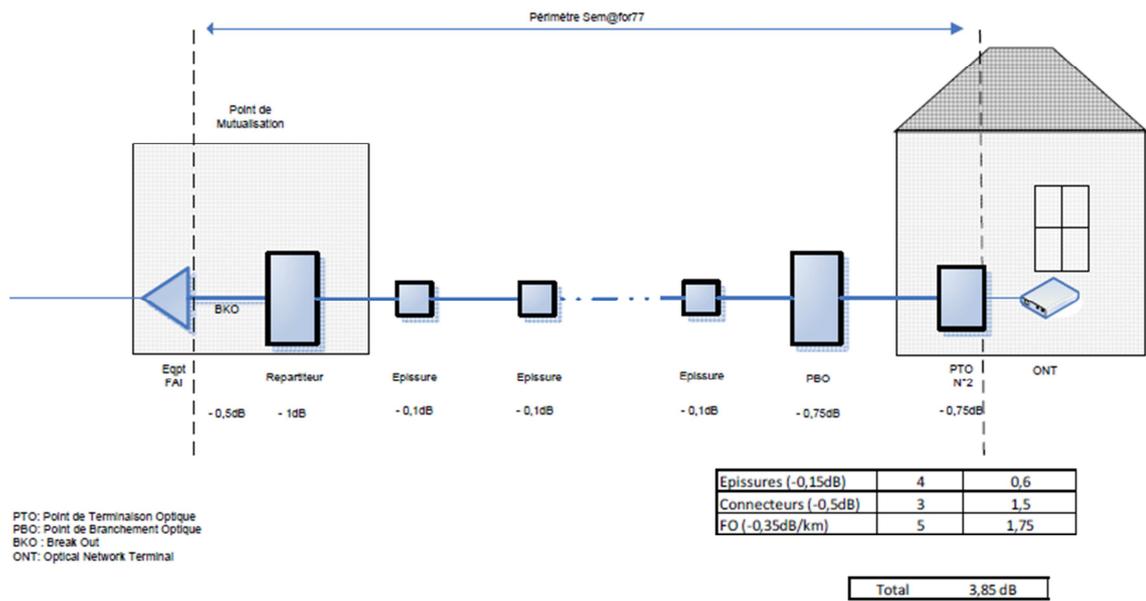


Figure 5 – Bilan de liaison de Covage (Chevry-Cossigny)

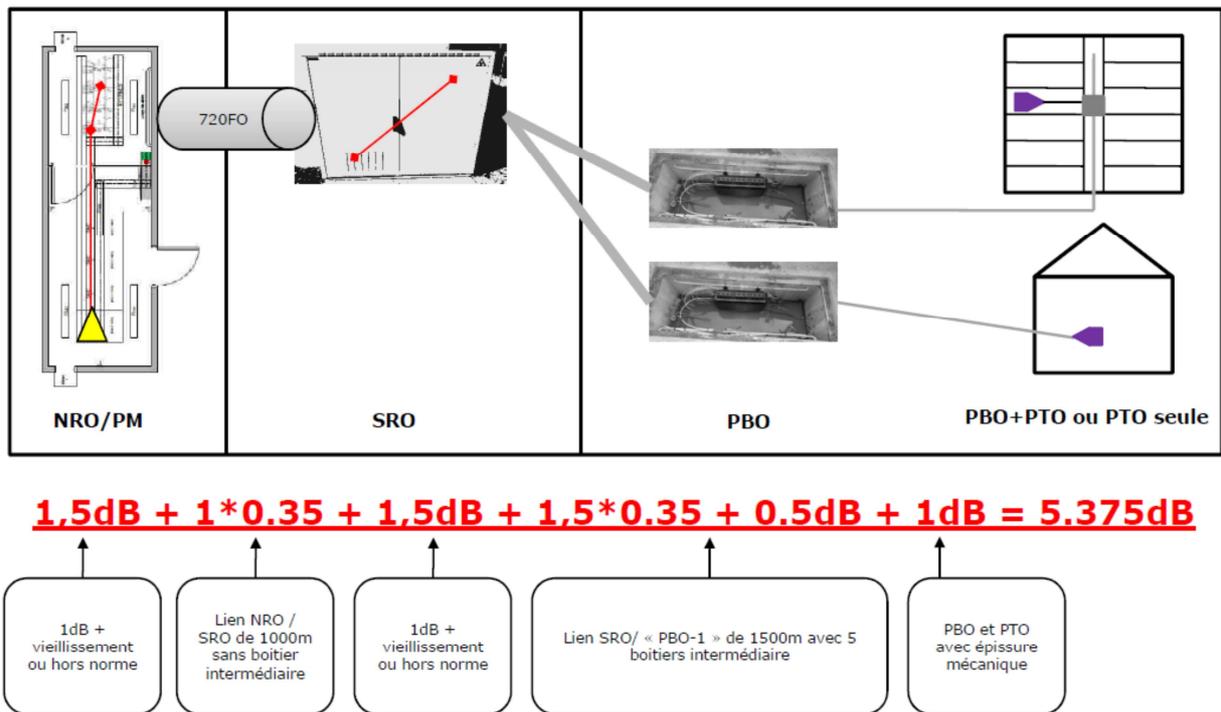


Figure 6 – Bilan de liaison de Rég.I.E.S (scénario conservateur)

Annexe 2 - Hypothèses de perte d'insertion pouvant servir de référentiel commun d'ingénierie de réseau

Les valeurs ci-dessous sont proposées par le comité d'experts fibre optique de l'ARCEP.

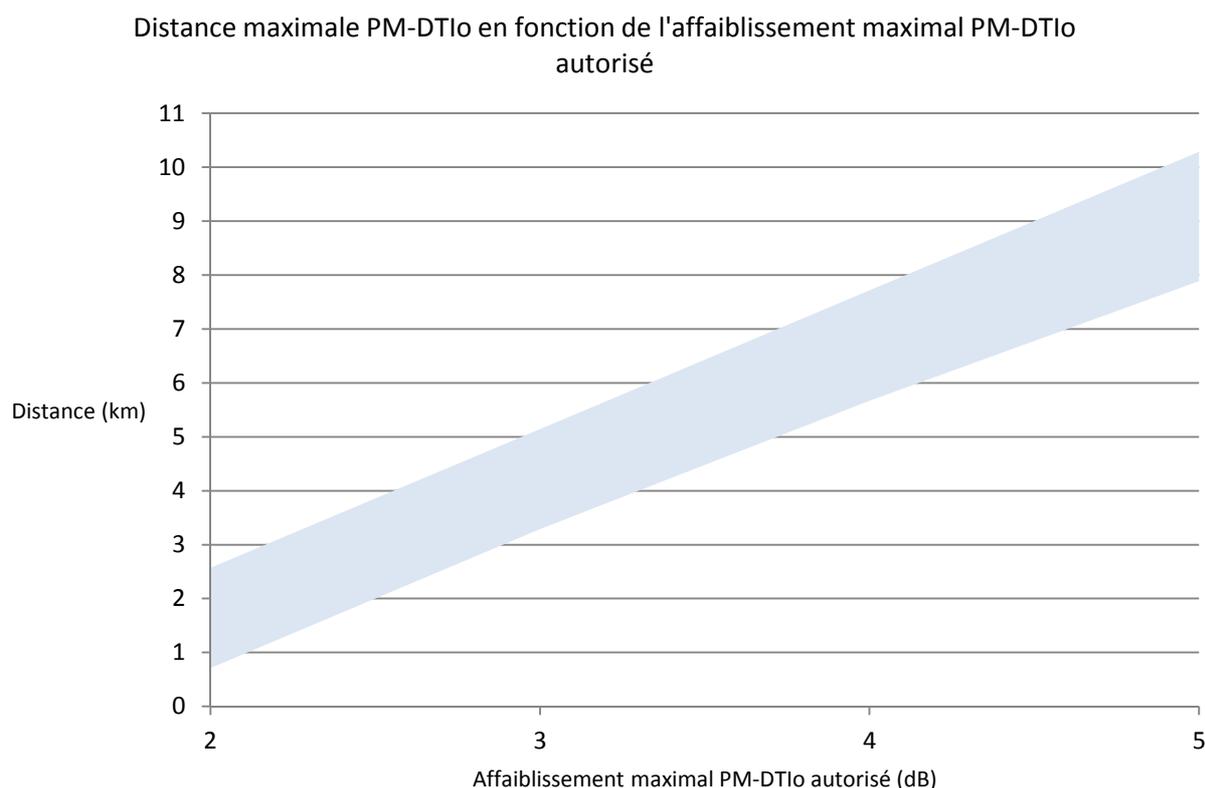
	Référentiel commun d'ingénierie	Pire cas (normes correspondantes)	Commentaires
Budget optique toléré (dB)			
GPON C+	32	32	Valeurs fournies pour une longueur d'onde de 1310 nm. Le vieillissement est déjà pris en compte dans les valeurs fournies.
GPON B+	28	28	
Affaiblissement linéique (dB/km)			
à 1310 nm	0,35	0,4	Pour le pire cas, la valeur de 0,4 est la valeur maximale pour la fibre G 652 D à 1310 nm incluse dans la norme UIT de juin 2005.
Perte par couplage			
Coupleur 1:2	3,5	3,7	Les pertes d'insertion considérées prennent en compte le coupleur nu hors connectique (valeurs typiques à 1310 nm) et l'uniformité des sorties. Les valeurs maximales sont issues de la norme CEI 61753-031-3. A noter que le coupleur 1:16 étant très peu utilisé, la valeur du référentiel d'ingénierie correspondante est directement donnée par des équipementiers et est donc plus conservatrice que les autres valeurs proposées dans cette colonne.
Coupleur 2:2	4		
Coupleur 1:4	6,7	7,3	
Coupleur 1:8	9,9	10,9	
Coupleur 1:16	13,5	14,5	
Coupleur 1:32	16,2	18,1	
Coupleur 1:64	21		
WDM1R (séparation GPON du XG-PON1)	0,5	0,5	
Perte par soudures / connecteurs			
Epissure par soudure	0,1	0,25	La norme correspondante est l'EN 61753-131-3. Rajouter 0,03 dB à la valeur maximale en cas d'épissure entre des fibres différentes (en revanche le référentiel commun d'ingénierie prend en compte cet aspect).
Epissure mécanique	0,25	0,5	
Connecteur	0,35	0,5	La perte d'insertion considérée prend en compte la connection complète sans soudure.
Vieillessement / Marge			
Prise en compte du vieillissement	1 dB voire 2 dB si la chaîne de liaison contient un grand nombre de connecteurs (prise en compte des salissures).	2 dB (cette valeur ne correspond pas à une norme)	Inclut le vieillissement irréversible sur les différents éléments passifs du réseau : fibre, connecteurs, coupleurs, épissures.
Prise en compte de marge			Inclut les éléments réversibles. Prend en compte l'altération de câbles après la mise en œuvre du réseau, la salissure des connecteurs, les contraintes mécaniques sur les câbles, les réparations. Dans le cas d'un nombre de connecteurs important (typiquement ≥ 6), une marge plus grande peut être prise en compte.

Annexe 3 - Distance maximale PM-DTlo en fonction de l'affaiblissement maximal PM-DTlo autorisé

A partir des bilans de liaison des opérateurs de réseau communiqués à l'occasion des deux GRACO THD figurant en annexe 1 et les hypothèses de perte d'insertion figurant en annexe 2, on peut tracer la correspondance entre l'affaiblissement permis sur la partie terminale et la longueur de cette partie terminale. A noter que, dans ce calcul :

- ne sont pas comptés l'affaiblissement entre le DTlo et la PTO (par exemple dans le cas d'immeubles neufs, si un opérateur fait le choix d'installer une PTO dans le salon en plus du DTlo placé dans la GTL, généralement à l'entrée du logement), ni l'affaiblissement entre la PTO et l'équipement, ni de perte d'insertion additionnelle de vieillissement allouée à la partie terminale du réseau ;
- une hypothèse de 1 épissure / km (en sus de celles déjà présentes du fait de l'ingénierie de réseau) a été comptabilisée pour chaque opérateur ;
- les différences portent donc uniquement sur le nombre de connecteurs (2 ou 3) et sur le nombre d'épissures.

La courbe ci-dessous représente la distance PM-DTlo maximale en fonction de l'affaiblissement permis sur la partie terminale. Les courbes des différents opérateurs sont toutes incluses dans la bande bleue, qui reprend les hypothèses maximales et minimales selon les opérateurs :



Suivant les ingénieries de réseau retenues, cette analyse aboutit aux résultats suivants :

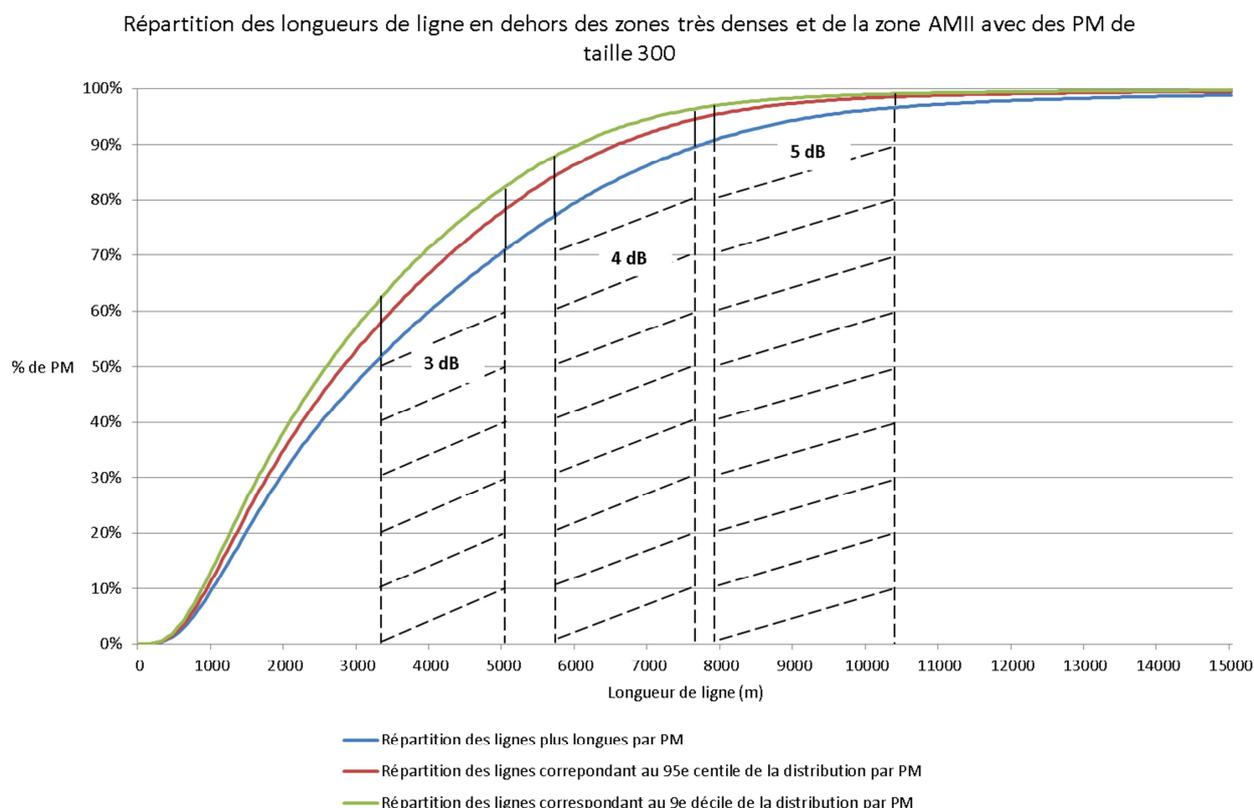
- 3 dB permettent de parcourir entre 3.3 et 5.1 km ;
- 4 dB permettent de parcourir entre 5.7 et 7.7 km ;
- 5 dB permettent de parcourir entre 7.9 et 10.3 km.

Annexe 4 – Analyse sur les longueurs de ligne

L'étude consiste, en se basant sur le réseau cuivre de France Télécom, à remonter à partir des points de concentration (PC) dans l'arborescence du réseau, et à poser un PM dès que la taille minimale de 300 lignes est atteinte. Dans le cadre de ce modèle, les NRA sont regroupés entre eux pour former des NRO tant que 90% des lignes en aval du groupe formé par les NRA regroupés font moins de 8 km. Dans le cas où même après regroupement, les NRO font moins de 300 lignes, le PM est placé à cet endroit.²

Sur les départements où le génie civil de France Télécom n'est pas disponible, ce sont les données de voirie de l'IGN qui sont utilisées.

L'analyse suivante a été menée sur l'ensemble des départements métropolitains. A noter qu'il ne s'agit que de résultats issus d'un modèle, ces résultats restent donc théoriques.



Sur ce graphique, on observe qu'en dehors des zones très denses et de la zone AMII, si l'on respecte une taille minimale de point de mutualisation de 300 lignes, la « règle des 3 dB » n'est respectée que pour 50% à 70% des PM (courbe en bleu), voire 60% à 80% si l'on autorise que pour chaque PM, 10% des lignes aient un affaiblissement supérieur (courbe verte).

² Sur la distance de 8km, l'Autorité a retenu une valeur moyenne entre les valeurs acceptables pour les opérateurs GPON avec des systèmes de classe B+ (France Télécom par exemple avait évoqué une distance de 10 km). Concernant la marge sur un certain pourcentage des lignes de chaque point de mutualisation (5% ou 10%), c'est une hypothèse avancée dans les groupes de travail par les principaux opérateurs nationaux utilisant la technologie GPON.