

Coûts de déploiement des réseaux FttH

Consultation publique
du 15 juin au 22 juillet 2011

Paris, le 5 juillet 2011

La consultation publique est prolongée jusqu'au 22 juillet 2011

Avertissement sur la mise en consultation

L'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ci-après « l'Autorité ») met en consultation publique le présent document intitulé « *Coûts de déploiement des réseaux FttH* » qui décrit les principes mis en œuvre dans le modèle de coût des déploiements FttH développé par l'Autorité.

L'avis des acteurs du secteur est sollicité sur l'ensemble du présent document et les commentaires doivent être transmis à l'Autorité, de préférence par e-mail à l'adresse thd@arcep.fr avant le 22 juillet 2011. Il sera tenu le plus grand compte des commentaires publics transmis à l'Autorité.

Le modèle décrit dans le présent document pourra être modifié, en tant que de besoin, au vu des contributions reçues lors de la consultation publique.

Les informations indiquées comme confidentielles, en particulier les données de coûts unitaires, sont couvertes par le secret des affaires.

Les services de l'Autorité sont à la disposition des acteurs qui le souhaitent pour leur présenter, durant la phase de consultation publique, les outils informatiques développés pour le modèle de coût des déploiements FttH.

1	Présentation générale du modèle	4
1.1	Objectifs de la modélisation	4
1.2	Contexte	4
1.2.1	Description d'un réseau FttH	4
1.2.1.1	Grands principes	4
1.2.1.2	Technologies utilisées pour le déploiement des réseaux FttH	5
1.2.1.3	Point de mutualisation	6
1.2.2	Cadre réglementaire	7
1.2.2.1	Distinction des zones géographiques	7
1.2.2.2	Accès au génie civil de France Télécom	8
2	Démarche retenue et principaux choix de modélisation	10
2.1	Structure générale	10
2.2	Périmètre de la modélisation	11
2.3	Données pertinentes pour la modélisation des réseaux FttH	12
2.3.1	Hypothèse retenue : réutilisation des infrastructures de la boucle locale cuivre	12
2.3.2	Mise en œuvre pratique pour la modélisation des réseaux FttH	13
3	Étape 1 – Tracés et dimensionnement des réseaux FttH	16
3.1	Phase 1 : tracés des chemins de déploiement des réseaux FttH	16
3.2	Phase 2 : placement des points de mutualisation	17
3.2.1	Caractérisation des zones de mutualisation	18
3.2.2	Cas des zones moins denses	18
3.2.3	Cas des poches de basse densité des zones très denses	20
3.2.4	Cas des poches de haute densité des zones très denses	21
3.3	Phase 3 : modélisation des câbles en fibre optique	21
3.3.1	En aval des points de mutualisation	22
3.3.2	En amont des points de mutualisation	22
3.3.2.1	Réseau dimensionné en point-à-point à 100 %	23
3.3.2.2	Réseau dimensionné en point-à-point à x %	23
3.3.2.3	Réseau dimensionné pour la technologie PON	24
3.3.2.4	Réseau dimensionné avec une paire en fibre optique par point de mutualisation	24
3.4	Phase 4 : comptabilisation des unités d'œuvre	24
3.4.1	Unités d'œuvre correspondant aux réseaux déployés sur la partie horizontale	24
3.4.2	Unités d'œuvre correspondant au câblage des immeubles d'habitation	25
4	Étape 2 – Évaluation des coûts d'investissement des réseaux FttH	27
4.1	Paramètres de la modélisation	27
4.1.1	Stratégies de déploiement des opérateurs en amont du point de mutualisation	27
4.1.2	Dimensionnement du raccordement des immeubles et des logements	27
4.2	Évaluation des coûts totaux à partir des coûts unitaires	28
4.2.1	Coûts liés au déploiement horizontal des réseaux FttH	28
4.2.1.1	Coûts unitaires de construction d'infrastructures de génie civil en conduite	28
4.2.1.2	Coûts unitaires des câbles en fibre optique et des boîtiers d'épissurage	28
4.2.1.3	Coûts unitaires des points de mutualisation	28
4.2.2	Coûts liés au déploiement vertical des réseaux FttH	28
4.2.3	Autres coûts liés au déploiement des réseaux FttH	29
5	Annexes	30
5.1	Définitions	30
5.2	Données sur le réseau de France Télécom	33

1 Présentation générale du modèle

Cette présentation générale du modèle vise à décrire les objectifs du modèle soumis à consultation publique et à rappeler l'architecture des déploiements FttH ainsi que le contexte réglementaire dans lequel s'inscrit le modèle.

1.1 Objectifs de la modélisation

A l'heure où les opérateurs sont en phase de déploiement industriel des réseaux de fibre optique jusqu'à l'abonné (FttH pour Fibre to the Home), l'Autorité estime nécessaire de se doter d'un modèle de référence d'évaluation des coûts de déploiement des réseaux FttH. Un tel exercice apparaît important, d'une part, au regard des problématiques liées au financement des réseaux très haut débit et à l'aménagement numérique du territoire et, d'autre part, afin d'être en mesure d'apprécier la pertinence ainsi que la portée de sa propre régulation.

Le premier objectif de cette évaluation est de connaître les coûts des déploiements FttH sur l'ensemble du territoire permettant de rendre éligibles la totalité des foyers et des sites d'entreprises. Ce modèle pourrait devenir un outil d'aide à la décision des collectivités territoriales et d'autres acteurs impliqués dans l'aménagement numérique du territoire dans la mesure où il permet d'évaluer les coûts de déploiement sur un périmètre géographique limité. À cet égard, la mise en place par le Gouvernement du « *plan national très haut débit* » rend indispensable la connaissance de données chiffrées suffisamment précises et étayées.

Par ailleurs, ce modèle, une fois éprouvé, permettra à l'Autorité d'apprécier la portée des outils de régulation mis en place et, le cas échéant, la nécessité de les faire évoluer.

Ce modèle est destiné à évoluer dans un premier temps à la suite des retours de cette consultation publique et, dans un second temps, de manière continue au fur et à mesure de l'expérience acquise dans les déploiements terrains des réseaux FttH.

1.2 Contexte

1.2.1 Description d'un réseau FttH

1.2.1.1 Grands principes

Un réseau FttH est un réseau permettant de raccorder les logements des abonnés au nœud de raccordement optique (NRO) d'un opérateur grâce à des lignes constituées de fibres optiques. Le NRO est un point de concentration d'un réseau en fibre optique où sont installés les équipements actifs permettant à un opérateur d'acheminer le signal depuis son réseau vers les abonnés. Dans ce NRO, chaque fibre est accessible par un répartiteur optique (Optical Distribution Frame ou ODF).



Structure d'un réseau FttH

Les câbles en fibre optique déployés le long du réseau sont reliés entre eux par des boîtiers d'épissage dans lesquels chaque extrémité de fibre optique est soudée. Ces boîtiers peuvent permettre également d'éclater un câble de grande taille en plusieurs autres câbles de plus petites tailles. Lors du choix des tailles de câbles à utiliser, les opérateurs prévoient plus de capacités que nécessaire pour la desserte des logements existants. En effet, dans le cas de nouvelles constructions, l'opérateur pourra ainsi s'appuyer sur des capacités de réserve et éviter la construction coûteuse de nouvelles lignes.

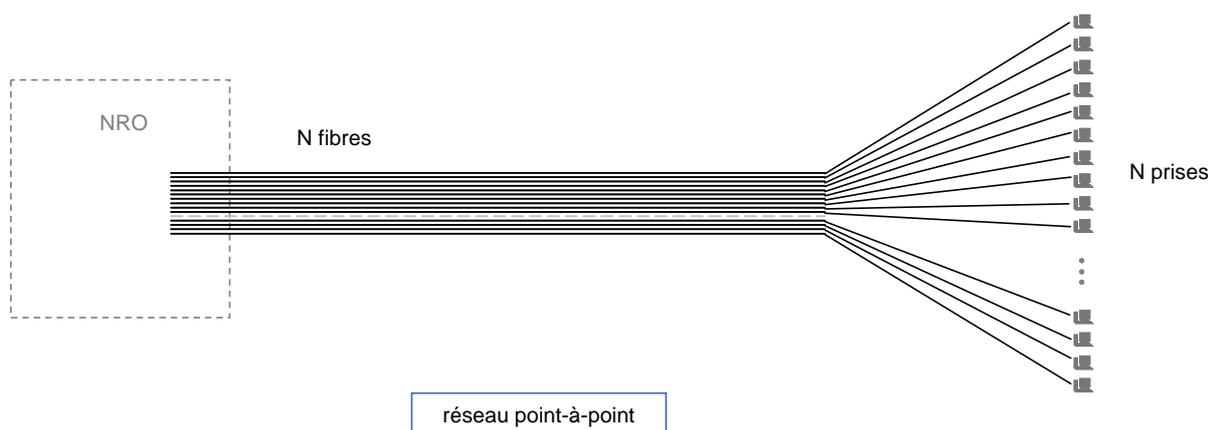
Tout le long de leur parcours, les câbles en fibre optique utilisent des infrastructures de génie civil qui peuvent être soit souterraines, soit aériennes. Les infrastructures souterraines consistent en des fourreaux, placés dans des tranchées, qui sont régulièrement interrompus par des chambres d'accès permettant la pose des câbles et des boîtiers ainsi que la maintenance du réseau. Les infrastructures aériennes consistent en des séries de poteaux placés à intervalles réguliers et d'autres points d'ancrage sur lesquels sont installés des supports de câbles.

La desserte finale des abonnés est différente pour les immeubles collectifs et les habitations individuelles. Pour les immeubles collectifs à partir d'un certain nombre de logements, un lien d'adduction permet de raccorder la base de l'immeuble aux câbles situés sur le domaine public. De la base de l'immeuble, une colonne montante constituée d'un câble en fibres optiques va desservir les étages jusqu'à un point de branchement optique (PBO). Le PBO permet ensuite de raccorder les logements de l'étage. Pour les habitations individuelles et les plus petits immeubles collectifs, seul un lien d'adduction est nécessaire pour se raccorder aux réseaux FttH, le PBO est placé sur le domaine public, par exemple en façade ou sur un poteau.

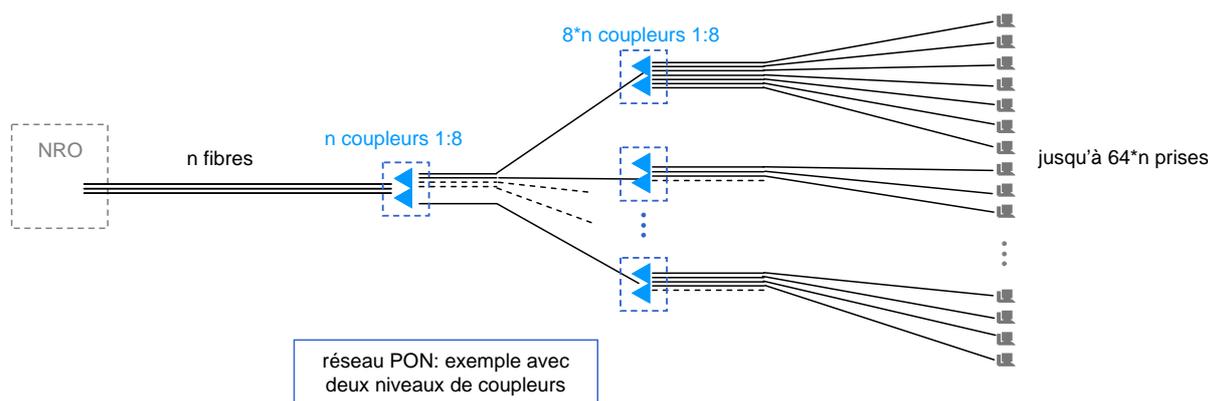
1.2.1.2 Technologies utilisées pour le déploiement des réseaux FttH

Deux technologies sont aujourd'hui déployées pour le raccordement en fibres optiques des logements : la technologie point-à-point et la technologie point-à-multipoint (G-PON).

La technologie point-à-point consiste à déployer, du nœud de raccordement optique (NRO) aux logements, au moins une fibre optique par logement. Aussi, à proximité du NRO, la taille et le nombre de câbles déployés sont tels qu'il peut être nécessaire de reconstruire des infrastructures de génie civil, sur un périmètre d'une centaine de mètres environ. Dans cette configuration point-à-point, il y a en principe autant de fibres optiques arrivant à ce niveau de concentration que de logements situés dans la zone d'influence du NRO.



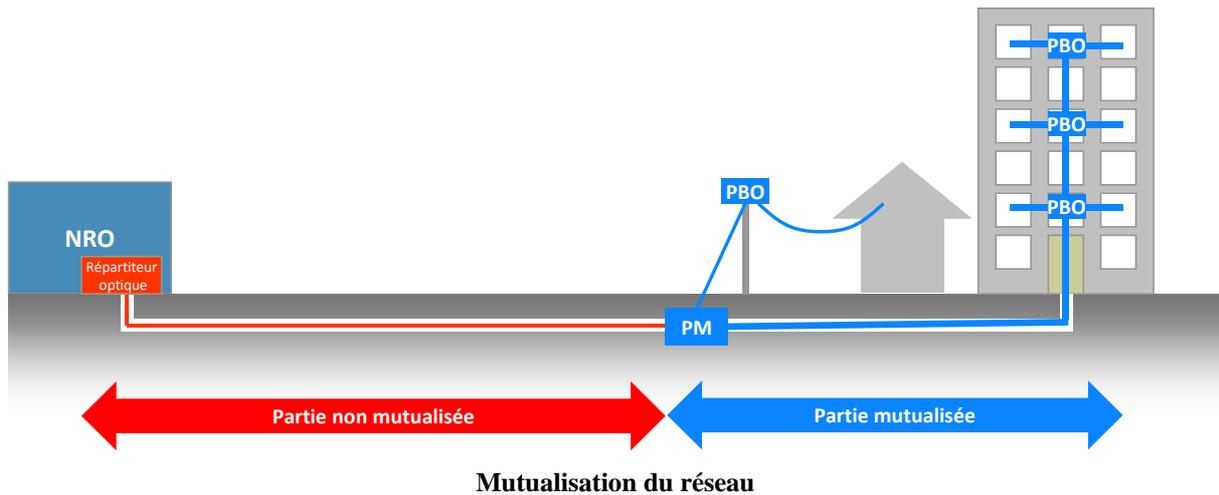
La technologie point-à-multipoint permet quant à elle la mutualisation des signaux optiques de plusieurs abonnés sur une même fibre au NRO. Plusieurs niveaux de coupleurs (généralement un ou deux) sont placés entre le NRO et les abonnés et permettent d'agréger plusieurs fibres en aval pour une fibre en amont. Ces réseaux, également appelé « *Passive Optical Network* » ou PON, ont pour objet d'optimiser le dimensionnement des câbles en fibre optique au fur et à mesure de l'augmentation du taux de pénétration sur une zone arrière de NRO et, ce faisant, ils exigent sur une partie de leur parcours moins de ressources en génie civil.



1.2.1.3 Point de mutualisation

Le point de mutualisation désigne le nœud de réseau en aval duquel le déploiement FttH est mutualisé. Chaque logement est donc raccordé au point de mutualisation de manière technologiquement neutre, c'est-à-dire en point-à-point (au moins une fibre dédiée à chaque logement). Ainsi, le point de mutualisation est le lieu où l'opérateur exploitant une ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique est en capacité de donner, à d'autres opérateurs, un accès aux lignes installées en aval.

Le point de mutualisation est donc un point qui sépare le réseau de l'opérateur d'immeuble de ceux des opérateurs commerciaux. En pratique, l'accès aux lignes au point de mutualisation peut se faire sous des formes diverses, notamment par accès de l'opérateur tiers à une fibre dédiée ou par utilisation d'une fibre partagée.

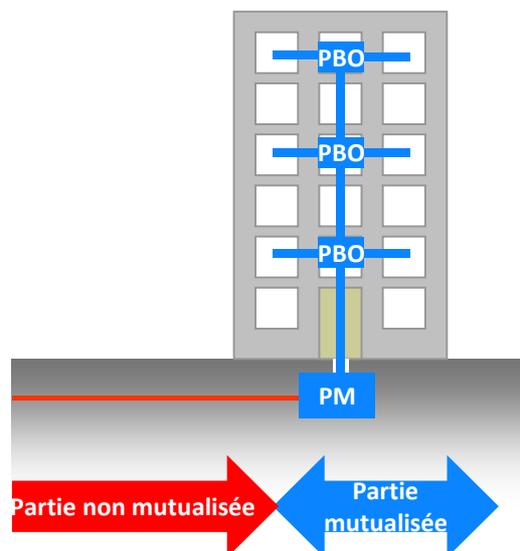


1.2.2 Cadre réglementaire

1.2.2.1 Distinction des zones géographiques

La décision n° 2009-1106 du 22 décembre 2009 précisant les modalités de l'accès aux lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique et les cas dans lesquels le point de mutualisation peut se situer dans les limites de la propriété privée établit une zone très dense. Cette zone très dense regroupe les communes pour lesquelles, sur une partie significative de leur territoire, il est économiquement viable pour plusieurs opérateurs de déployer en parallèle leurs réseaux en fibre optique au plus près des locaux des abonnés.

Ainsi pour les immeubles bâtis de plus de 12 logements, le point de mutualisation peut généralement être situé à l'intérieur des limites de la propriété privée. Dans la partie mutualisée du réseau (en amont du point de mutualisation), chaque opérateur a la possibilité d'avoir une fibre dédiée propre par logement ou de partager une fibre avec d'autres opérateurs.

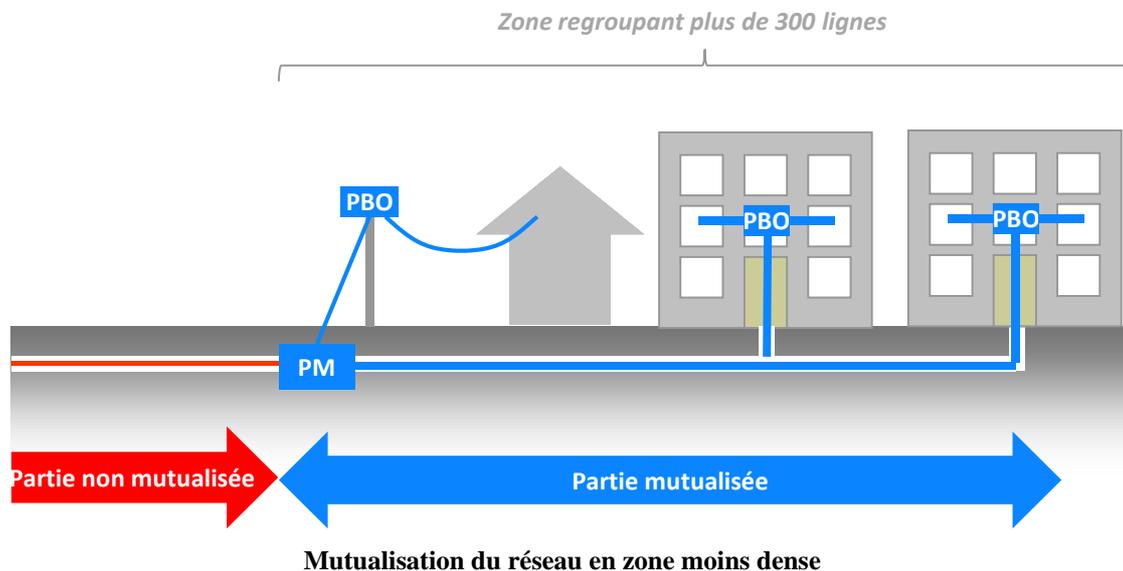


Mutualisation du réseau dans les immeubles de plus de 12 logements de la zone très dense

La décision n° 2010-1312 du 14 décembre 2010 précisant les modalités de l'accès aux lignes de communications électroniques à très haut débit en fibre optique sur l'ensemble du territoire à l'exception des zones très denses complète le cadre réglementaire initié par la décision du 22 décembre 2009 précitée. Dans ces zones, il n'est pas économiquement viable pour

plusieurs opérateurs de déployer en parallèle leurs réseaux en fibre optique au plus près des logements.

Dès lors, la décision impose que le point de mutualisation regroupe un minimum de 1 000 logements sauf dans les cas où une offre qualifiée de raccordement existe. Dans ce dernier cas, le point de mutualisation peut ne regrouper que 300 logements. En aval du point de mutualisation, une seule fibre est généralement déployée pour chaque logement.



L'Autorité a lancé, en avril dernier, une consultation publique¹ portant sur un projet de recommandation relative aux modalités de l'accès aux lignes à très haut débit en fibre optique pour certains immeubles des zones très denses, notamment ceux de moins de 12 logements. Ce projet propose des modalités précises pour l'identification des poches de basses densités en zones très denses. L'Autorité propose que la maille utilisée pour l'identification des poches de basse densité soit l'IRIS. Au terme de ce projet de recommandation, l'Autorité envisage de suggérer, pour les poches de basse densité identifiées, une architecture de déploiements similaire à celle des zones moins denses avec des points de mutualisation regroupant au moins 300 logements.

1.2.2.2 Accès au génie civil de France Télécom

France Télécom a déployé une boucle locale cuivre permettant l'accès au réseau téléphonique classique. France Télécom a construit à cette occasion des infrastructures de génie civil. Dans le cadre fixé par l'analyse du marché de gros des offres d'accès aux infrastructures physiques constitutives de la boucle locale filaire², France Télécom a l'obligation de faire droit aux demandes d'accès à son génie civil pour le déploiement des réseaux FttH.

Cette offre permet l'accès au génie civil en conduite, constitué de fourreaux abritant les câbles et de chambres d'accès permettant la pose des câbles et la maintenance du réseau. La nouvelle décision d'analyse de marché sur le point d'être adoptée élargit cette obligation d'accès aux infrastructures aériennes utilisées par France Télécom. En effet, une partie importante des

¹ http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/consult-proj-recom-ftth-ztd-070411.pdf

² décision n° 2011-0668 de l'ARCEP en date du 14 juin 2011

infrastructures du réseau de France Télécom dans les zones peu denses est composée exclusivement d'appuis aériens.

L'offre d'accès au génie civil de France Télécom est aujourd'hui le principal support de déploiement des réseaux FttH, à l'exception de Paris où l'utilisation des égouts visitables est privilégiée par les opérateurs alternatifs.

2 Démarche retenue et principaux choix de modélisation

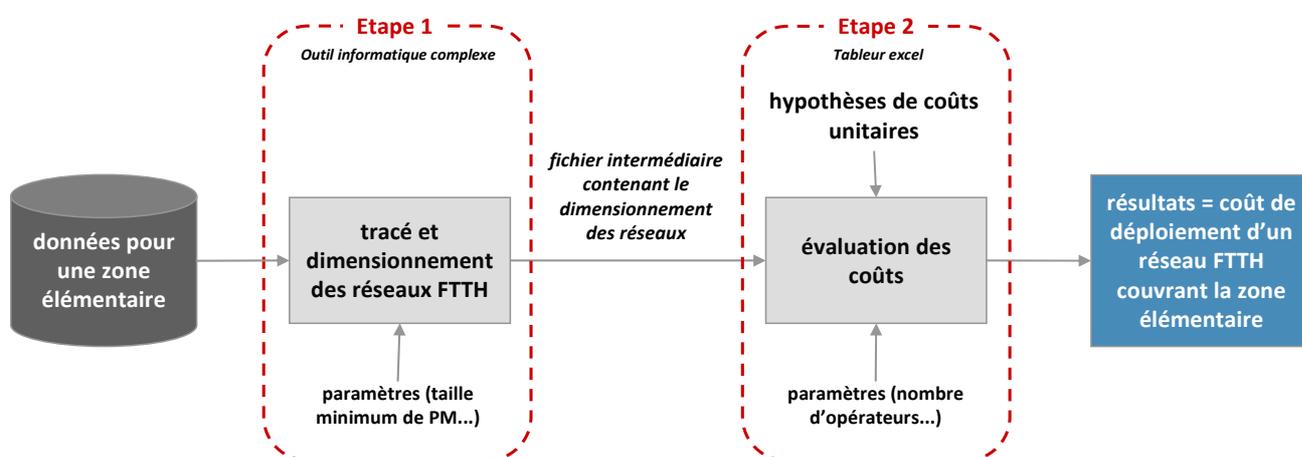
Cette deuxième partie présente la logique générale gouvernant l'exercice de modélisation, ses grands principes, son périmètre ainsi que le choix des données utilisées.

2.1 Structure générale

Le modèle développé par l'Autorité vise, pour chaque zone géographique identifiée (en donnée d'entrée), à obtenir la modélisation des coûts des réseaux FttH permettant de couvrir l'ensemble des abonnés.

La modélisation est réalisée en deux étapes :

- une première étape consiste à déterminer les tracés et le dimensionnement des réseaux FttH nécessaires à la couverture de la zone considérée ;
- une seconde étape consiste à évaluer pour la zone considérée les coûts d'investissement, en prenant en entrée les informations sur les tracés de réseau obtenues à l'issue de la première étape.



Étape 1 : tracé et dimensionnement des réseaux FttH

L'étape 1 de modélisation est réalisée à partir des données caractéristiques de chaque zone renseignée en entrée. L'étape 1 se déroule en quatre phases successives :

- le tracé des chemins de déploiement des réseaux FttH : cette phase consiste à identifier les tracés des infrastructures utilisées pour le déploiement des réseaux FttH ;
- l'identification des points de mutualisation : cette phase consiste à placer les points de mutualisation sur les tracés de réseaux, selon les hypothèses retenues en conformité avec le cadre réglementaire ;
- la modélisation des parcours de câbles en fibre optique : cette phase consiste à déterminer les types de câbles déployés tout le long des tracés des réseaux FttH (en aval du point de mutualisation, les câbles sont dimensionnés en point-à-point jusqu'aux logements / en amont du point de mutualisation, les câbles sont dimensionnés selon différents choix d'architecture de réseau) ;
- la comptabilisation des unités d'œuvre : cette phase consiste à quantifier, pour chaque zone, toutes les informations sur les tracés de réseau (c'est-à-dire les longueurs et types de câbles, les longueurs de génie civil à reconstruire, les informations sur les nœuds du réseau etc.).

L'étape 1 est présentée plus en détail dans la partie 3 du document.

Étape 2 : Évaluation des coûts

L'étape 2 de modélisation consiste à évaluer, sur la base des résultats obtenus à l'étape 1, les coûts totaux de déploiement pour chaque zone renseignée en entrée. Plusieurs paramètres de modélisation peuvent être renseignés par l'utilisateur : le nombre d'opérateurs déployant leurs propres réseaux en amont des points de mutualisation, leurs choix d'architecture (point-à-point, PON etc.). Des hypothèses sont prises concernant les coûts unitaires (par exemple, coût pour déployer un mètre de câble, en fonction du nombre de fibres optiques) à partir desquels sont évalués les coûts totaux de déploiement.

L'étape 2 est présentée plus en détail dans la partie 4 du document.

2.2 Périmètre de la modélisation

L'objectif premier du modèle est de calculer les coûts d'investissement (CAPEX) dans les réseaux d'accès passifs en fibres optiques permettant de rendre éligible 100% des foyers et des sites d'entreprises. Le périmètre des réseaux d'accès en fibres optiques regroupe l'ensemble des équipements passifs entre les NRO et les PBO, situés au plus près des utilisateurs finals. Ils peuvent être regroupés en deux grandes catégories :

- les coûts entre le NRO et les points de mutualisation ;
- les coûts entre les points de mutualisation et les PBO.

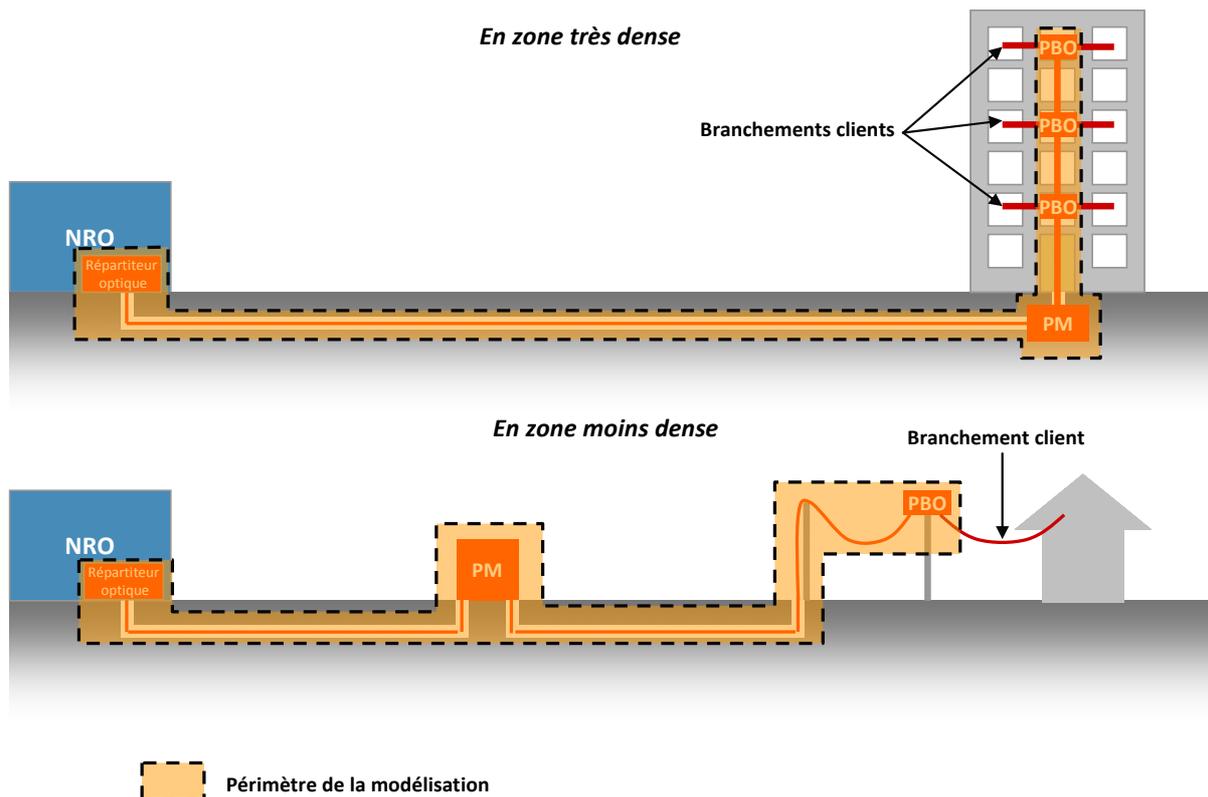
Les coûts d'investissements liés aux déploiements entre le NRO et les points de mutualisation comprennent le NRO, les câbles et boîtiers optiques installés sur le domaine public et, lorsque cela est nécessaire, la reconstruction du génie civil afin de pouvoir déployer le réseau jusqu'au point de mutualisation. Au NRO, les coûts liés aux têtes de câbles en fibre optique, les coûts liés à la pénétration des câbles des réseaux d'accès dans un bâtiment et les coûts des répartiteurs optiques utilisés pour la gestion des accès en fibres sont également comptabilisés.

Les coûts d'investissements liés aux déploiements entre les points de mutualisation et les PBO comprennent les points de mutualisation, les câbles et boîtiers optiques installés sur le domaine public et, lorsque cela est nécessaire, la reconstruction du génie civil afin de pouvoir déployer le réseau.

En ce qui concerne les coûts liés aux PBO, on distingue :

- les immeubles collectifs regroupant un certain nombre de logements, pour lesquels les PBO sont placés à l'intérieur des parties communes. Les coûts d'investissements liés aux déploiements jusqu'aux PBO comprennent alors l'adduction, la colonne montante et les boîtiers installés dans les étages ;
- les pavillons et les plus petits immeubles collectifs, pour lesquels les PBO sont placés sur le domaine public à proximité immédiate des logements. Les coûts d'investissements liés aux déploiements jusqu'aux PBO se limitent uniquement à l'installation des boîtiers.

Dans le futur, la modélisation pourra intégrer également la possibilité de calculer les coûts entre le point de branchement et l'utilisateur final (« *branchement final* » ou « *branchement client* »). Néanmoins, à ce stade, ces raccordements finaux n'étant généralement réalisés que lorsque l'abonné final souscrit une offre de services FttH (acte commercial), ces coûts doivent être isolés des coûts des déploiements des réseaux (indépendants des actes commerciaux). En zone très dense, il s'agit du raccordement palier entre le point de branchement et l'appartement de l'utilisateur final. En zone moins dense, il s'agit du lien d'adduction entre le point de branchement et le pavillon de l'utilisateur final.



Périmètre des coûts de déploiement

A titre subsidiaire, l'exercice de calcul des coûts pourra prendre en compte des coûts de location liés à l'utilisation par les opérateurs de l'offre d'accès au génie civil de France Télécom et les coûts d'exploitation du réseau. Ajoutés aux coûts d'investissement annualisés, ces coûts permettront une évaluation très large des coûts liés aux réseaux FttH.

2.3 Données pertinentes pour la modélisation des réseaux FttH

Le déploiement de nouveaux réseaux FttH peut *a priori* se faire soit en reconstruisant l'ensemble des infrastructures de génie civil nécessaires au tirage des câbles de fibre optique, soit en utilisant autant que possible les infrastructures de génie civil existantes. Cette seconde hypothèse, plus réaliste étant donné les obligations d'accès aux infrastructures existantes imposées par la régulation, minimise considérablement le coût global de déploiement. C'est donc cette seconde option qui a été retenue par l'Autorité dans sa modélisation.

Plusieurs types d'infrastructures de génie civil sont *a priori* envisageables pour déployer les câbles de fibre optique, notamment les infrastructures de génie civil de la boucle locale cuivre de France Télécom, les éventuelles infrastructures de génie civil mises à disposition par les collectivités ou encore les infrastructures détenues par des opérateurs alternatifs.

2.3.1 Hypothèse retenue : réutilisation des infrastructures de la boucle locale cuivre

Les déploiements des réseaux FttH correspondent à la construction d'une nouvelle boucle locale, reliant un nœud de concentration du réseau (en l'espèce NRO) à l'ensemble des abonnés. Il existe donc une certaine logique à ce que la topologie des déploiements FttH ne diffère pas sensiblement de celle de la boucle locale cuivre.

Par ailleurs, dans le cadre des analyses de marché, l'Autorité impose à France Télécom de donner accès à l'ensemble des opérateurs alternatifs à ses infrastructures de génie civil souterraines et aériennes pour le déploiement de réseaux FttH. Les conditions techniques et

tarifaires de l'offre d'accès formulée par France Télécom rendent généralement intéressante l'utilisation des infrastructures de génie civil de France Télécom lorsqu'elles sont disponibles.

Ces deux raisons conduisent à privilégier l'hypothèse d'une modélisation des réseaux FttH fondée intégralement sur la topologie de la boucle locale cuivre de France Télécom. Le modèle utilise donc les localisations des NRA (Nœud de Raccordement des Abonnés), des sous-répartiteurs, des points de concentration. Ce type d'approche, également appelé « *scorched-node* », est, en outre, recommandé par les positions communes de l'ORECE sur les systèmes de comptabilisation des coûts³.

La boucle locale cuivre de France Télécom est un réseau constitué de câbles de cuivre déployés entre un NRA et les abonnés. Le sous-répartiteur constitue un point de flexibilité du réseau de boucle locale cuivre, situé entre le NRA et les abonnés. Au plus proche des abonnés sont installés des points de concentration, constituant un deuxième point de flexibilité du réseau de boucle locale cuivre.

Ce réseau est déployé dans les infrastructures de génie civil construites par France Télécom ou mutualisées avec d'autres réseaux tels que le réseau de distribution électrique. Parmi ces infrastructures accueillant la boucle locale cuivre de France Télécom, on distingue notamment le génie civil en conduite, le génie civil enterré en pleine-terre, le génie civil aérien constitué de poteaux et la pose de câble en façade d'immeuble.

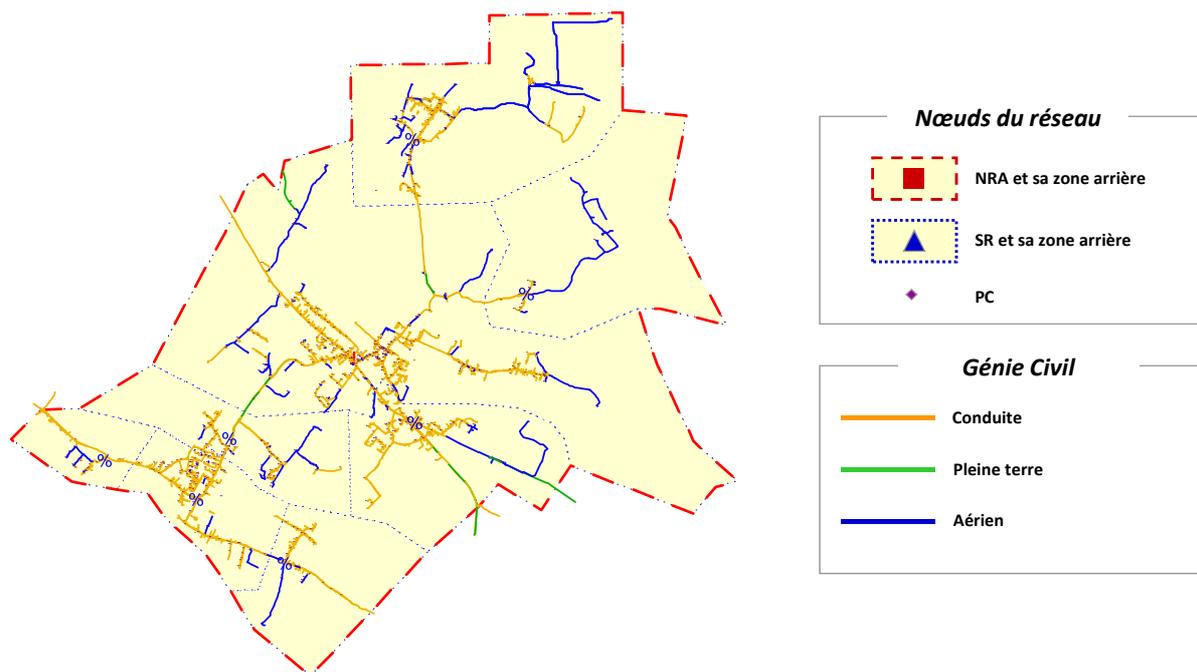


Illustration des données sur le réseau cuivre de France Télécom

2.3.2 Mise en œuvre pratique pour la modélisation des réseaux FttH

Les NRA actuellement exploités par France Télécom pour le réseau de la boucle locale cuivre constituent la limite entre le réseau d'accès raccordant les utilisateurs et les réseaux de

³ ERG COMMON POSITION: Guidelines for implementing the Commission Recommendation C (2005) 3480 on Accounting Separation & Cost Accounting Systems under the regulatory framework for electronic communications – 4.2.3 Network topology

collecte des différents opérateurs. A cet effet, le NRA est le lieu où les opérateurs ont généralement déployé leurs équipements actifs DSL. Or, dans le cadre du déploiement des réseaux FttH, les opérateurs cherchent à raccorder les utilisateurs finaux à leurs réseaux de collecte existants. Dès lors, en l'absence de données précises sur la localisation des NRO des différents opérateurs sur l'ensemble du territoire, la modélisation considère que les NRO sont situés à l'emplacement des NRA et partagent la même zone arrière. Chaque ligne de cette zone arrière est donc regroupée au niveau du NRO. Les nouveaux NRA issus d'opérations de réaménagement de la boucle locale cuivre tels que les NRA-HD ou les NRA-ZO ne sont pas considérés comme des NRO par la modélisation, par souci d'homogénéité. Dans ces cas, seul le NRA déployé originellement est pris en compte. La maille de modélisation élémentaire correspond donc à une zone arrière de NRA.

Afin d'avoir des informations précises sur le nombre de lignes et la localisation des logements, les données concernant les points de concentration (PC) cuivre sont prises en compte. En effet, l'information sur le nombre de lignes par point de concentration est déterminante pour pouvoir dimensionner les câbles en fibre optique remontant jusqu'au NRO. Dans le cadre de la modélisation, l'hypothèse retenue est donc de placer les PBO à l'emplacement des points de concentration cuivre.

La référence aux infrastructures hébergeant la boucle locale cuivre permet d'avoir le détail des modes de pose utilisés permettant de distinguer la proportion de câbles de fibre qui sera déployée en aérien et la proportion qui sera déployée en souterrain. Cette distinction est d'autant plus importante que les coûts de déploiement d'un réseau FttH varient sensiblement selon le type d'infrastructures mobilisées.

Par ailleurs, il apparaît nécessaire de distinguer le génie civil en « *pleine-terre* » qui a pour caractéristiques de n'héberger le plus souvent qu'un fourreau en PEHD (polyéthylène haute-densité) déployé sur de longues distances sans utiliser des chambres intermédiaires. Ce type de génie civil se retrouve généralement sur les tracés entre les zones d'habitation éloignées en zone rurale. Ces caractéristiques rendent difficile la réutilisation de ces infrastructures pour le déploiement des réseaux FttH. Dans le cas de génie civil en « *pleine terre* », il est fait le choix pour la modélisation de reconstruire des fourreaux de génie civil.

En outre, si la grande majorité des infrastructures de génie civil existantes pourra être réutilisée en l'état pour les nouveaux déploiements FttH, il est néanmoins pertinent de prendre en compte, dans la modélisation, un paramètre statistique pour refléter les cas où il sera nécessaire de déployer de nouveaux fourreaux de génie civil ou de renforcer les appuis aériens existants.

Enfin, la numérisation de la cartographie du génie civil de France Télécom est un projet bien avancé qui permet de bénéficier d'une connaissance très fine de la topologie des infrastructures hébergeant la boucle locale cuivre. Cependant il reste quelques départements pour lesquels cet exercice n'a pas été effectué. Dans ce cas, la modélisation est suffisamment robuste pour utiliser d'autres données linéaires pour modéliser les chemins de câbles en utilisant notamment les données cartographiques routières. Dans ce cas, les informations manquantes sur le type de génie civil utilisé seront estimées en fonction de déploiement aux caractéristiques équivalentes dans les départements où l'information sur le génie civil de France Télécom est disponible.

<i>Question 1</i>	<i>Les acteurs sont invités à faire part de leurs observations sur le périmètre de la modélisation.</i>
-------------------	---

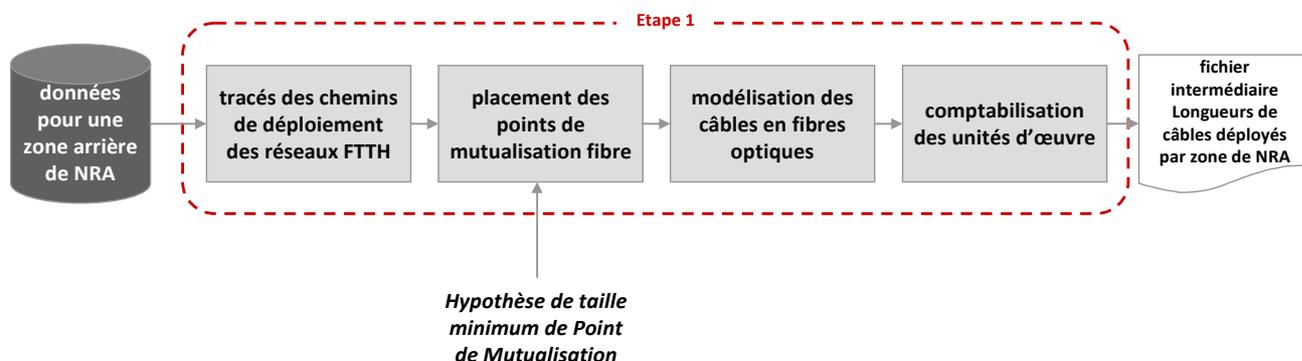
<i>Question 2</i>	<i>Les acteurs sont invités à faire part de leurs observations sur le choix de retenir la topologie de la boucle locale cuivre de France Télécom pour la modélisation.</i>
<i>Question 3</i>	<i>Les acteurs sont invités à commenter les choix de modélisation concernant la réutilisation des infrastructures du génie civil.</i>

3 Étape 1 – Tracés et dimensionnement des réseaux FttH

Dans cette première étape d'identification des tracés et de dimensionnement, le modèle simule la topologie de déploiement de réseaux FttH et quantifie les unités d'œuvre nécessaires. La simulation est réalisée avec un outil informatique topologique qui trace et dimensionne, pour chaque zone arrière de NRA fournie en entrée du modèle, le réseau FttH permettant d'adresser l'ensemble des logements et sites entreprise, en fonction de différents paramètres, en particulier la taille minimum du point de mutualisation.

Les résultats de cette première étape sont rassemblés dans un fichier unique. Pour chaque zone arrière de NRA sont ainsi compilées les données quantitatives du réseau FttH simulé, en particulier les longueurs et types de câbles fibre optique. C'est à partir de ces données que sont ensuite évalués, dans une seconde étape, les coûts de déploiement pour chaque zone arrière de NRA.

L'étape d'identification des tracés et de dimensionnement des réseaux FttH est réalisée en quatre phases, présentées dans le schéma ci-dessous, et décrites successivement dans la suite du document.



3.1 Phase 1 : tracés des chemins de déploiement des réseaux FttH

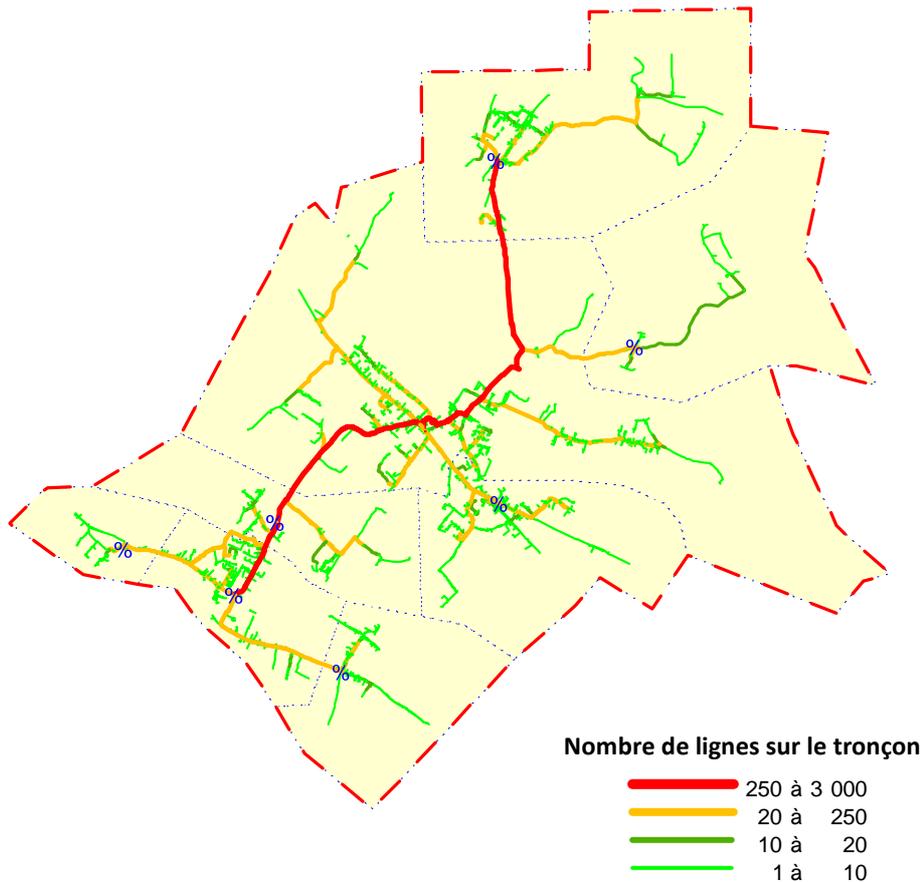
L'étape 1 du modèle prend en entrée, pour chaque zone arrière de NRA, les données suivantes :

- les nœuds du réseau de boucle locale cuivre (NRA, SR et PC), avec pour chaque nœud la localisation géographique et le nombre de lignes cuivre activées ;
- les tracés de génie civil de France Télécom, avec pour chaque tronçon la longueur et le mode de pose (fourreaux, aérien, enterré etc.) ou, à défaut, les tracés des voiries issus de la base TOPO de l'IGN.

Dans une première phase, le modèle vise à tracer, pour chaque zone arrière de NRA, le chemin de déploiement d'un réseau FttH point-à-point permettant de raccorder l'ensemble des logements et sites entreprise. Ce tracé est réalisé en deux temps, correspondant respectivement aux segments de transport (NRA vers SR) et de distribution (SR vers PC), en utilisant un algorithme de plus court chemin :

- sur le segment de distribution, le modèle identifie le plus court chemin qui relie chaque PC à son SR de rattachement en se fondant sur les tracés de génie civil de France Télécom (ou, à défaut, sur les tracés de voiries IGN), puis identifie, tronçon par tronçon, le nombre de lignes nécessaires ;
- de la même manière, sur le segment de transport, le modèle identifie le plus court chemin qui relie chaque SR à son NRA de rattachement, puis identifie, tronçon par tronçon, le nombre de lignes nécessaires.

Le schéma ci-dessous illustre le résultat de cette première phase de modélisation.



Exemple de tracés des chemins de déploiement des réseaux FttH

À l'issue de cette première phase de modélisation est déterminé, pour chaque tronçon du réseau FttH simulé, le nombre de lignes nécessaires pour desservir en point-à-point l'ensemble des logements et des sites d'entreprise de la zone arrière du NRA considéré. C'est sur la base de ces informations que sont ensuite placés les points de mutualisation.

Question 4 Les acteurs sont invités à faire part de leurs observations sur le principe de modélisation des chemins de déploiement des réseaux FttH.

3.2 Phase 2 : placement des points de mutualisation

Dans la deuxième phase de simulation de déploiement de réseau, le modèle vise à placer, pour chaque zone arrière de NRA, les points de mutualisation, en respectant un critère de taille minimum (en nombre de lignes) par point de mutualisation. L'utilisateur du modèle aura ainsi préalablement renseigné ses choix de paramétrages en termes de taille minimum des points de mutualisation.

Au regard du cadre réglementaire mis en place pour la mutualisation de la partie terminale, on distingue *a priori* deux types de zones :

- les zones très denses, conformément à la liste des 148 communes indiquée dans la décision n° 2009-1106 ;
- les zones moins denses, correspondant au reste du territoire.

Néanmoins, au sein des zones très denses, l'Autorité recommande d'identifier des poches de basse densité pour lesquelles les conditions de mutualisation devraient être différenciées.

Dans cette optique, le modèle permet *in fine* de distinguer trois types de zones de mutualisation, pour lesquelles les algorithmes de placement des points de mutualisation, et les critères en termes de taille minimum, sont différenciés :

- les zones moins denses ;
- les poches de basse densité des zones très denses ;
- les poches de haute densité des zones très denses.

3.2.1 Caractérisation des zones de mutualisation

La délimitation entre zones très denses et zones moins denses est aujourd'hui établie sur la base des frontières administratives des communes. Concernant les poches de haute densité et de basse densité, l'Autorité envisage dans son projet de recommandation une délimitation établie sur les frontières administratives des IRIS, subdivisions des communes.

Le recours aux frontières administratives permet une délimitation simple et sans équivoque. Il convient néanmoins d'observer que les frontières administratives ne sont pas toujours cohérentes avec la réalité des déploiements de réseaux, en particulier en zones urbaines. Une même zone arrière de NRA pourra ainsi se retrouver à cheval entre zones très denses et zones moins denses. De même, au sein des zones très denses, des zones arrière de NRA pourront être morcelées entre poches de haute densité et poches de basse densité.

Néanmoins, afin de conserver la cohérence de la logique de modélisation, il est apparu nécessaire de rester fidèle à la topologie du réseau de génie civil de la boucle locale cuivre de France Télécom. À ce titre, il a été choisi d'utiliser la zone arrière de SR, sous-ensemble de la zone arrière de NRA, comme maille élémentaire pour la détermination du type de zone de mutualisation.

À l'issue d'un algorithme déterministe, une zone arrière de SR ainsi qualifiée selon l'un des trois types de zones de mutualisation :

- zones moins denses ;
- poches de basse densité des zones très denses ;
- poches de haute densité des zones très denses.

Cet algorithme consiste à évaluer, pour chaque zone arrière de SR, le total des lignes des PC selon leur appartenance *a priori* à l'une de ces trois zones de mutualisation, et à retenir le type de zone de mutualisation correspondant au plus grand nombre de lignes.

Une même zone arrière de NRA pourra ainsi éventuellement être partagée entre deux ou trois zones de mutualisation, regroupant les zones arrière des SR correspondant. Les algorithmes de placement des points de mutualisation sont alors appliqués, pour chaque zone arrière de NRA, indépendamment pour chacune des trois zones de mutualisation.

Ces choix de modélisation ne sauraient, à ce stade, avoir une quelconque portée normative ni même être utilisés pour l'interprétation de quelque décision ou recommandation que ce soit.

3.2.2 Cas des zones moins denses

Le cadre réglementaire en vigueur pour la mutualisation en zones moins denses, prévoit qu'un point de mutualisation peut être mis en place sous réserve de satisfaire les conditions suivantes :

- être situé sur le segment de transport de la boucle locale de France Télécom (ou équivalent) ;
- pouvoir être raccordé via des infrastructures de génie civil souterraines ;
- regrouper un nombre minimum de 1 000 lignes (300, par exception).

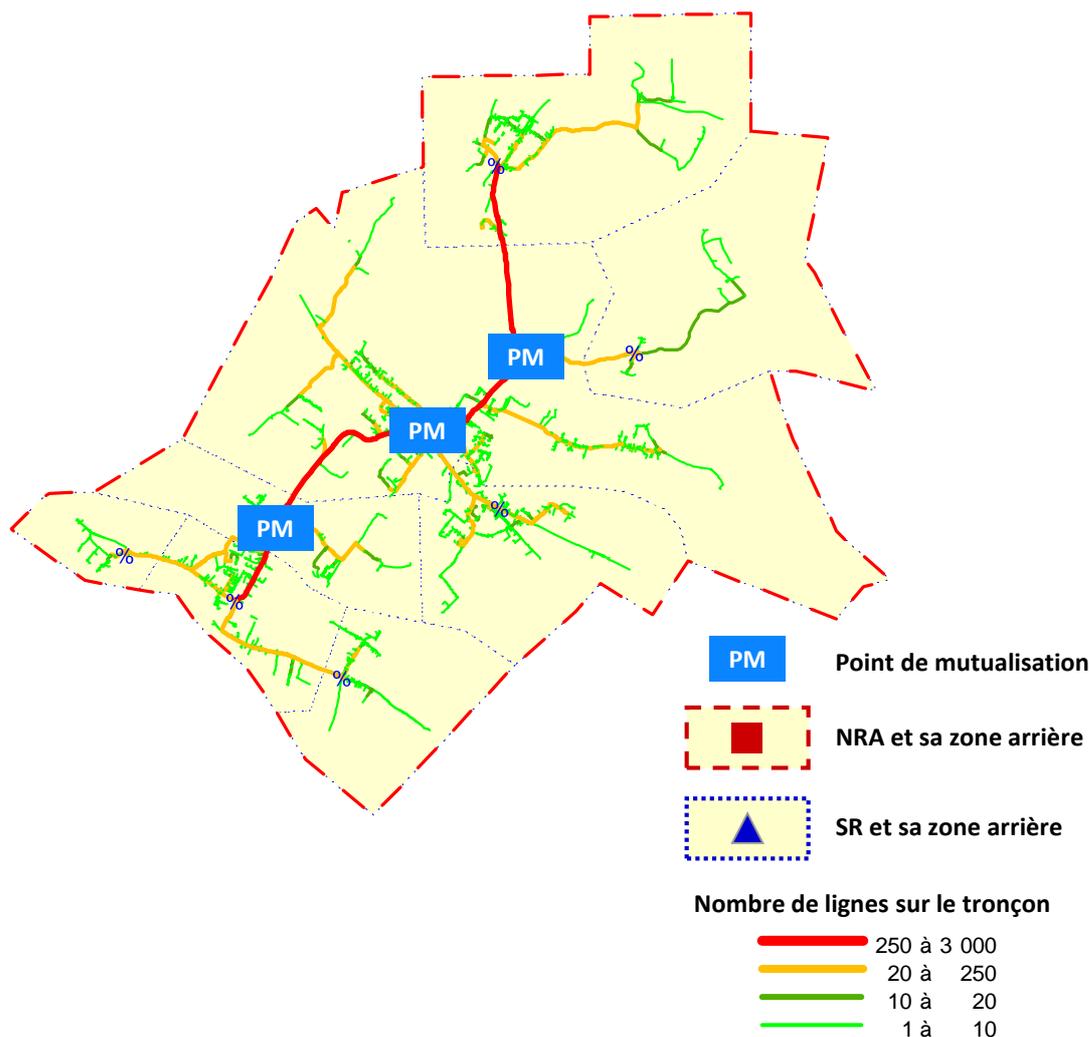
Ces conditions supposent, compte tenu du choix de modélisation consistant à se fonder sur la topologie de la boucle locale cuivre de France Télécom, que les points de mutualisation en zones moins denses se situeront, sauf exception⁴, le plus souvent, en amont des SR. Dans un souci d'optimisation et de simplicité de la modélisation, il a ainsi été retenu qu'un point de mutualisation en zones moins denses regroupe un nombre entier de zones arrière de SR.

Dans le respect de ces conditions, compte tenu du paramétrage en termes de taille minimum de point de mutualisation renseigné en entrée par l'utilisateur, le modèle applique, pour chaque zone arrière de NRA, l'algorithme suivant pour les zones moins denses :

- un point de mutualisation est placé par défaut au niveau du NRA (sauf si la zone de distribution directe est qualifiée de poche de haute densité) : en effet, dans le périmètre de la modélisation, seul le NRA permet de desservir, par construction, les lignes en distribution directe ;
- l'algorithme descend ensuite vers les SR de zones moins denses en réalisant un parcours en profondeur de l'arbre constitué par les tronçons entre le NRA et les SR, et ce tant que les nœuds parcourus agrègent un nombre de lignes supérieur au seuil minimum ;
- l'algorithme place alors, au niveau du dernier nœud remplissant ce critère, un point de mutualisation, sous réserve que le fait de placer ce point de mutualisation n'a pas pour effet de faire passer le nombre de lignes agrégées par un éventuel autre point de mutualisation situé en amont sous le seuil minimum ;
- l'algorithme continue le parcours en profondeur jusqu'à ce que tous les SR de zones moins denses soient desservis.

À l'issue de cet algorithme, les points de mutualisation sont ainsi placés, pour chaque zone arrière de NRA, pour desservir l'ensemble des SR de zones moins denses conformément au critère de nombre minimum de lignes par point de mutualisation.

⁴ Notamment pour le cas des SR concernés par une opération de montée en débit via le réaménagement de la boucle locale cuivre de France Télécom (sous certaines conditions)



Placement des points de mutualisation en zones moins denses, exemple avec un seuil de 300 lignes minimum

3.2.3 Cas des poches de basse densité des zones très denses

Pour les poches de basse densité des zones très denses, l'Autorité propose que le placement des points de mutualisation respecte les mêmes conditions que celles en vigueur pour les zones moins denses, c'est-à-dire :

- être situé sur le segment de transport de la boucle locale de France Télécom (ou équivalent) ;
- pouvoir être raccordé via des infrastructures de génie civil souterraines ;
- regrouper un nombre minimum de lignes (300 lignes).

À ce titre, l'algorithme présenté ci-dessus pour les zones moins denses s'applique également pour le placement des points de mutualisation en poches de basse densité des zones très denses, en prenant en compte le paramétrage *ad hoc* en termes de taille minimum de point de mutualisation renseigné en entrée par l'utilisateur.

À l'issue de cet algorithme, les points de mutualisation sont ainsi placés, pour chaque zone arrière de NRA, pour desservir l'ensemble des SR de poches de basse densité de zones très denses conformément au critère de nombre minimum de lignes par point de mutualisation.

3.2.4 Cas des poches de haute densité des zones très denses

Pour les poches de haute densité des zones très denses, le cadre réglementaire en vigueur prévoit qu'un point de mutualisation peut être placé en pied d'immeuble (à l'intérieur de la propriété privée) notamment pour les immeubles regroupant au moins 12 logements ou pour les immeubles raccordés à un réseau d'assainissement visitable (par exemple à Paris). En dehors de ces exceptions, les points de mutualisation des zones très denses doivent se situer à l'extérieur des limites de la propriété privée et regrouper un nombre suffisant de lignes pour qu'il ne soit pas dissuasif sur le plan économique de les raccorder.

Ces conditions supposent d'identifier au préalable les immeubles d'habitation susceptibles d'être équipés avec un point de mutualisation. Dans la mesure où il n'existe pas à la connaissance de l'Autorité de base de données fiable localisant les immeubles d'habitation avec, pour chaque immeuble, le nombre de logements, il est ainsi proposé de croiser les informations existantes sur la boucle locale cuivre, c'est-à-dire les PC avec leurs nombres de lignes, avec les informations de cadastre issues de la base TOPO de l'IGN : il est ainsi possible d'obtenir, pour chaque parcelle cadastrale, une approximation du nombre de logements à desservir en sommant les nombres de lignes cuivre de l'ensemble des PC contenus dans la parcelle. Il convient de noter qu'une parcelle cadastrale, correspondant à une adresse, peut regrouper plusieurs immeubles d'habitation ; néanmoins cette approximation reste représentative des déploiements actuellement menés par les opérateurs en zones très denses.

Deux paramétrages pourront être renseignés en entrée du modèle par l'utilisateur pour le placement des points de mutualisation en poches de haute densité des zones très denses : la taille minimum d'un immeuble pouvant être équipé avec un point de mutualisation intérieur (12 logements, par défaut) et la taille minimum d'un point de mutualisation pouvant être installé à l'extérieur, sur le domaine public. Compte tenu de ces paramétrages, le modèle applique, pour chaque zone arrière de NRA, l'algorithme suivant pour les poches de haute densité des zones très denses :

- un point de mutualisation est placé au niveau de chaque parcelle cadastrale regroupant un nombre de lignes supérieur ou égal au paramètre renseigné en entrée ;
- pour les autres parcelles cadastrales ne regroupant pas assez de lignes et les autres PC restants, un nouveau tracé de réseau est réalisé à partir du NRA, comme dans la phase précédente, avec pour chaque tronçon le nombre de lignes nécessaires ;
- sur la base de l'arbre constitué par les tronçons entre le NRA et ces nœuds, PC et parcelles cadastrales restants, le même algorithme que celui développé pour les zones très denses est alors appliqué, en prenant en compte le critère de taille minimum de point de mutualisation extérieur.

À l'issue de cet algorithme, les points de mutualisation sont ainsi placés, pour chaque zone arrière de NRA, soit en pied d'immeuble, soit sur le domaine public, pour desservir l'ensemble des PC et/ou parcelles cadastrales de poches de haute densité de zones très denses conformément aux critères de nombres minimum de lignes par point de mutualisation.

Question 5 Les acteurs sont invités à faire part de leurs observations sur les modalités de placement des points de mutualisation.

3.3 Phase 3 : modélisation des câbles en fibre optique

Dans la troisième phase de simulation de déploiement de réseau, le modèle vise à évaluer, une fois les points de mutualisation placés, le nombre et le type de câbles en fibre optique

déployés sur chaque tronçon, selon le type de génie civil, ainsi que les boîtiers d'épissurage nécessaires.

Le modèle distingue, à cet effet, pour chaque zone arrière de NRA, d'une part, le réseau FttH mutualisé déployé en aval des points de mutualisation, nécessairement en point-à-point, et, d'autre part, les réseaux FttH déployés en amont des points de mutualisation par chaque opérateur, en fonction de leurs choix en termes d'architecture de réseau.

3.3.1 En aval des points de mutualisation

Conformément au cadre réglementaire en vigueur, le réseau FttH déployé en aval d'un point de mutualisation est nécessairement en technologie point-en-point, afin de pouvoir offrir un accès passif aux lignes et être mutualisé indépendamment des choix technologiques des opérateurs.

Pour les zones moins denses et les poches de basse densité des zones très denses, le modèle simule un point de mutualisation en mono-fibre, avec une ligne par logement, ce qui suppose que le point de mutualisation assure également la fonction de point de brassage.

Pour les poches de haute densité des zones très denses, seul est simulé dans cette phase le réseau FttH déployé en aval des points de mutualisation extérieurs situés sur le domaine public. En effet, pour les points de mutualisation en pied d'immeuble, seule la partie verticale correspondant au câblage interne est mutualisée, ce qui est pris en compte à part dans le modèle. Pour les points de mutualisation extérieurs situés sur le domaine public, il est possible de choisir de modéliser un réseau aval soit en mono-fibre, ce qui suppose un point de brassage, soit en quadri-fibre, ce qui permet *a priori* de s'affranchir d'un point de brassage.

Pour dimensionner les réseaux FttH en aval, le modèle analyse le nombre de lignes nécessaires sur chaque tronçon, tel qu'identifié lors de la première phase, et détermine le type de câble en fibre optique adapté. Afin d'apporter au réseau la flexibilité nécessaire pour tenir compte de la construction éventuelle de nouveaux logements, le modèle anticipe les besoins futurs en prenant en compte un facteur de surdimensionnement paramétrable par l'utilisateur (par défaut, 50% de capacités en plus par câble).

Des boîtiers d'épissurage sont ensuite placés le long des tracés de réseaux selon les deux principes suivants :

- un boîtier est installé à l'emplacement de chaque PC, modélisant ainsi le PBO (Point de Branchement Optique) ;
- un boîtier est installé à chaque embranchement du réseau où un câble en fibre optique est éclaté en plusieurs câbles plus petits.

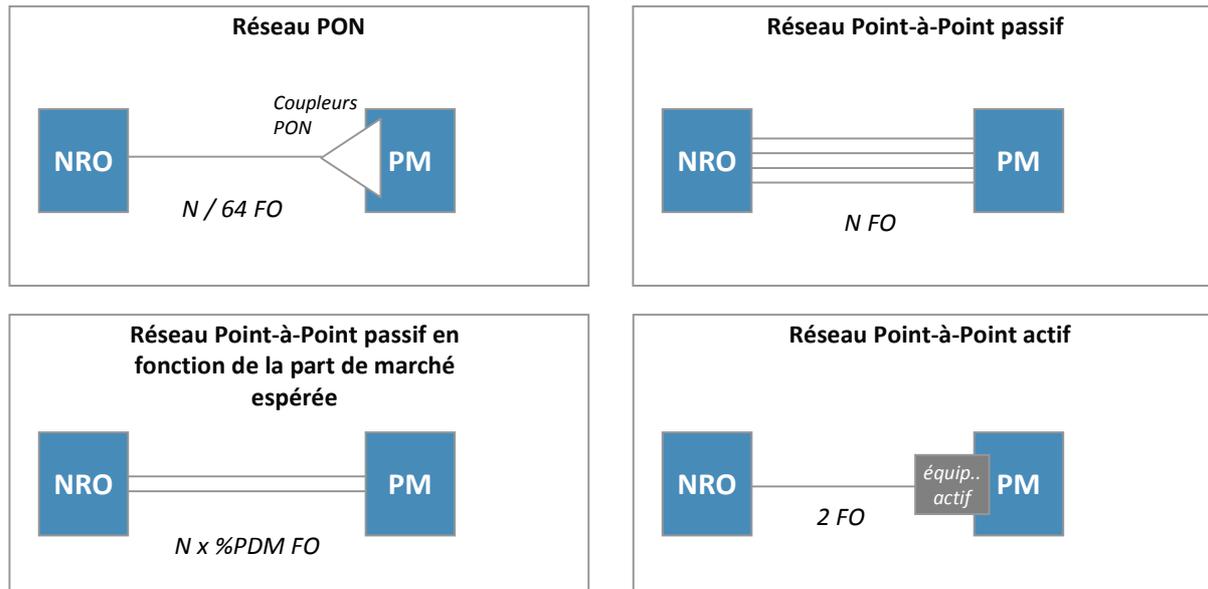
3.3.2 En amont des points de mutualisation

En amont des points de mutualisation, les opérateurs sont libres de choisir leur technologie de déploiement de réseau FttH. Le nombre et le type de réseaux FttH déployés, pour une zone arrière de NRA donnée, en amont des points de mutualisation dépendront donc des stratégies de chaque opérateur.

À cette étape de la modélisation, il est proposé de simuler plusieurs types de déploiements de réseaux FttH en amont des points de mutualisation, afin de refléter la diversité des stratégies de déploiement des opérateurs. Charge ensuite à l'utilisateur, une fois la simulation des réseaux effectuée, lorsqu'il sera question d'évaluer les coûts de déploiement, de préciser, par zone arrière de NRA, quels types de réseaux il retient finalement en amont des points de mutualisation.

Le modèle simule ainsi pour chaque zone arrière de NRA, aussi bien en zones très denses qu'en zones moins denses, quatre types de déploiements de réseaux FttH en amont des points de mutualisation, depuis le NRO :

- un réseau dimensionné en point-à-point, visant à permettre de raccorder 100 % des lignes de chaque point de mutualisation ;
- un réseau dimensionné en point-à-point, visant à ne raccorder qu'une portion des lignes de chaque point de mutualisation (optimisation d'un réseau point-à-point) ;
- un réseau dimensionné pour la technologie PON ;
- un réseau dimensionné pour raccorder chaque point de mutualisation avec une paire en fibre optique.



Schémas des architectures de déploiements possibles en amont du point de mutualisation

3.3.2.1 Réseau dimensionné en point-à-point à 100 %

Le même principe que celui développé pour le réseau aval s'applique dans le cas d'un réseau amont dimensionné en point-à-point desservant 100 % des lignes des points de mutualisation raccordés. Le modèle analyse ainsi le nombre de lignes nécessaires sur chaque tronçon entre le NRO et les points de mutualisation et détermine le type de câble en fibre optique adapté, en tenant compte du facteur de surdimensionnement (paramétrable par l'utilisateur). De la même manière, des boîtiers d'épissurage sont ensuite placés le long des tracés de réseaux, à chaque PC et à chaque embranchement.

3.3.2.2 Réseau dimensionné en point-à-point à x %

Dans le cas du raccordement de points de mutualisation mono-fibre, constituant également des points de brassage, un opérateur point-à-point peut choisir de conserver ses équipements actifs au NRO et de déployer un réseau amont en point-à-point, dimensionné en tenant compte de la pénétration qu'il espère obtenir à terme, afin de réduire la taille des câbles en fibre optique et donc les coûts correspondants. Pour simuler ce type de déploiement, ce taux de pénétration est paramétrable en entrée du modèle par l'utilisateur (30 % par défaut).

Une fois réévalué le nombre de lignes nécessaires sur chaque tronçon, le modèle simule les câbles déployés selon le même principe que précédemment, en tenant compte du facteur de surdimensionnement (paramétrable par l'utilisateur).

3.3.2.3 Réseau dimensionné pour la technologie PON

Pour simuler le dimensionnement d'un réseau PON en amont des points de mutualisation, le modèle se fonde sur la technologie GPON, qui est la technologie la plus utilisée en France. La technologie GPON permet de desservir jusqu'à 64 clients sur une seule fibre depuis le NRO, via deux niveaux de coupleurs optiques (le modèle retient l'utilisation des coupleurs 1:8, les plus couramment utilisés, permettant de passer d'une fibre à huit fibres) :

- en zones moins denses et dans les poches de basse densité des zones très denses, les deux niveaux de coupleur 1:8 sont installés au niveau du point de mutualisation, ce qui permet un taux de couplage de 1:64 pour chaque point de mutualisation, justifié par le fait que les points de mutualisation sont d'une taille suffisante ;
- dans les poches de haute densité des zones très denses, compte tenu du fait que les points de mutualisation sont de plus petite taille, un premier niveau de coupleur 1:8 est installé au niveau de chaque SR et un second niveau de coupleur 1:8 est installé au niveau de chaque point de mutualisation.

Compte tenu du placement des niveaux de coupleurs, le modèle détermine alors le type de câbles en fibre optique déployé sur chaque tronçon, et les boîtiers d'épissurage nécessaires, en tenant compte, comme pour le réseau aval, du facteur de surdimensionnement (paramétrable par l'utilisateur).

3.3.2.4 Réseau dimensionné avec une paire en fibre optique par point de mutualisation

Dans le cas du raccordement de points de mutualisation mono-fibre, constituant également des points de brassage, un opérateur peut choisir d'installer ses équipements actifs au niveau de chaque point de mutualisation, et de déployer un réseau de collecte amont depuis le NRO avec juste une paire en fibre optique par point de mutualisation.

Une fois réévalué le nombre de lignes nécessaires sur chaque tronçon, le modèle simule les câbles déployés selon le même principe que précédemment.

Question 6 Les acteurs sont invités à faire part de leurs observations sur le dimensionnement des câbles en fibre optique en aval et en amont du point de mutualisation.

3.4 Phase 4 : comptabilisation des unités d'œuvre

La quatrième phase de simulation de déploiement de réseau consiste à comptabiliser, pour chaque zone arrière de NRA, les unités d'œuvre correspondant aux réseaux FttH modélisés, depuis le NRO jusqu'aux PBO. Ces données sont alors rassemblées dans un fichier unique en sortie de modèle.

3.4.1 Unités d'œuvre correspondant aux réseaux déployés sur la partie horizontale

Quatre types de données sont fournis pour les réseaux déployés sur la partie horizontale :

- les longueurs des câbles en fibre optique déployés, selon le type de câble (nombre de fibres) et le type de pose (génie civil en conduite ou aérien quand l'information est disponible) ;

- le nombre de boîtiers d'épissurage installés, selon la taille du boîtier (nombre de fibres) et le type de pose (génie civil en conduite ou aérien, quand l'information est disponible) ;
- les longueurs de génie civil en conduite à reconstruire ;
- les points de mutualisation installés, selon leur taille (nombre de fibres) et la localisation (au NRA, en pied d'immeuble, en extérieur).

Pour les zones moins denses et les poches de basse densité des zones très denses, ces données sont comptabilisées de la manière suivante, par zone arrière de NRA :

- un code unique est indiqué pour chaque point de mutualisation, et chaque SR est ainsi rattaché à un point de mutualisation ;
- les données des réseaux FttH en aval sont fournies pour chaque point de mutualisation ;
- les données des réseaux FttH en amont sont fournies pour chaque zone arrière de NRA, pour les quatre types de déploiements.

Pour les poches de haute densité des zones très denses, ces données sont comptabilisées de la manière suivante, par zone arrière de NRA :

- un code unique est indiqué pour chaque point de mutualisation extérieur, mais pas pour les points de mutualisation en pied d'immeuble, afin de ne pas complexifier inutilement les fichiers de sortie ;
- les données des réseaux FttH en aval sont fournies pour chaque point de mutualisation extérieur ;
- les données des réseaux FttH en amont sont fournies pour chaque zone arrière de NRA, pour les quatre types de déploiements.

3.4.2 Unités d'œuvre correspondant au câblage des immeubles d'habitation

Selon le principe de modélisation retenu, les réseaux FttH modélisés s'étendent depuis les NRO jusqu'aux PBO. Pour les maisons individuelles, les PBO sont situés sur la voie publique, généralement en façade ou sur des poteaux.

Pour les immeubles d'habitation, en revanche, les PBO sont généralement situés dans les parties communes, dès que l'immeuble rassemble un nombre suffisant de logements. La modélisation des réseaux FttH doit donc tenir compte de l'adduction et du fibrage des colonnes montantes des immeubles d'habitation pour lesquels les PBO sont situés à l'intérieur des parties communes. La taille minimum des immeubles d'habitation concernés est un critère paramétrable par l'utilisateur en entrée du modèle (immeuble d'au moins 4 logements par défaut). Cela suppose de disposer, par zone arrière de SR, de données consolidées sur le nombre d'immeubles d'habitation en fonction de leur taille.

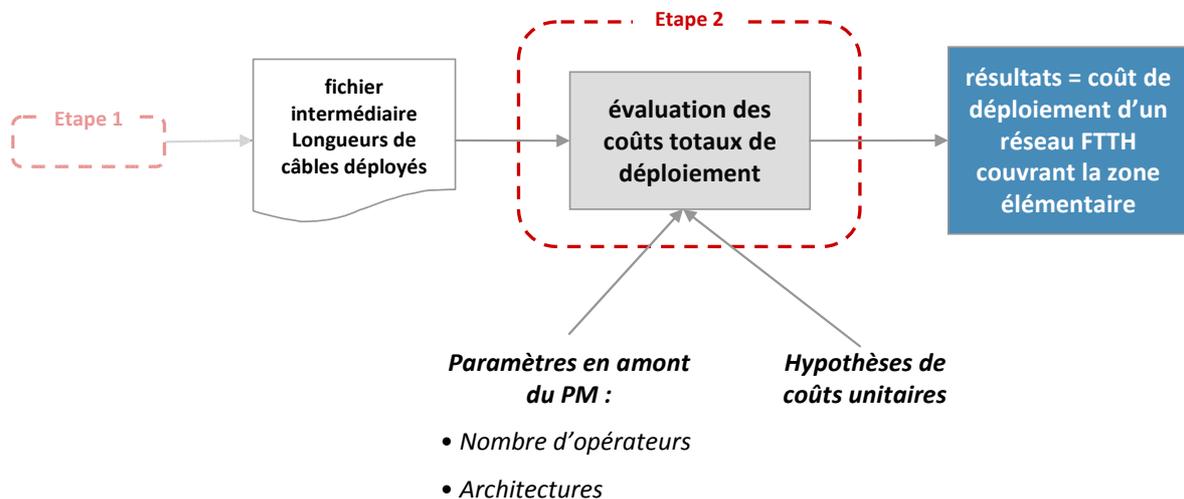
Comme rappelé précédemment, il n'existe pas, à la connaissance de l'Autorité, de base de données fiable localisant les immeubles d'habitation avec, pour chaque immeuble, le nombre de logements. L'INSEE a réalisé, sur la base du recensement de 1999, la base LOGEMENTS rassemblant ces statistiques par IRIS. Il est ainsi proposé de croiser les zones arrière de SR avec les informations disponibles à l'IRIS de cette base LOGEMENTS, afin d'évaluer, par zone arrière de SR, les statistiques sur les immeubles en fonction de leur taille. La base LOGEMENTS de l'INSEE n'ayant pas été mise à jour sur la base du recensement de 2006, il est par ailleurs proposé de corriger préalablement, IRIS par IRIS, les statistiques de la base LOGEMENTS en prenant en compte les données du recensement de 2006 où figurent uniquement le nombre de logements en maisons et le nombre de logements en immeubles d'habitation.

En prenant en entrée cette base ainsi établie par zone arrière de sous-répartiteur, le modèle donne ainsi en sortie les unités d'œuvre correspondant au câblage des immeubles d'habitation, selon le critère retenu en termes de taille minimum d'immeuble concerné.

<p><i>Question 7</i> <i>Les acteurs sont invités à faire part de leurs observations sur les principes liés à la comptabilisation des unités d'œuvre.</i></p>

4 Étape 2 – Évaluation des coûts d’investissement des réseaux FttH

L’évaluation des coûts des investissements dans les réseaux FttH permet, à partir des unités d’œuvre issues de la première étape, de paramètres et de coûts unitaires de calculer le coût total en investissement des déploiements FttH. Cette étape peut se concentrer dans un tableur Excel.



4.1 Paramètres de la modélisation

Les paramètres de la modélisation permettent d’obtenir les différences de coûts d’investissements dans les réseaux FttH selon les différentes stratégies de déploiement des opérateurs selon les différentes modalités de raccordement des logements.

4.1.1 Stratégies de déploiement des opérateurs en amont du point de mutualisation

L’évaluation des unités d’œuvre fournit en entrée quatre différentes configurations de déploiement en amont des points de mutualisation. Le modèle de coût peut donc calculer les coûts d’investissements pour plusieurs combinaisons de stratégies de déploiement.

Les stratégies de déploiement des opérateurs simulées dans le modèle pourront varier en fonction de la zone de déploiement. La flexibilité du modèle permet de prendre en compte plusieurs configurations.

4.1.2 Dimensionnement du raccordement des immeubles et des logements

La base des logements de l’INSEE fournit en entrée le nombre d’immeubles, détaillé selon le nombre de logements par immeuble. Ces données permettent de dimensionner les coûts liés à l’adduction des immeubles et au raccordement des logements. Le dimensionnement du raccordement des immeubles et des logements est modélisé en cohérence avec les recommandations de l’Autorité.

En zones très denses, à l’exception des poches de basse densité, le lien entre le point de mutualisation et le dernier boîtier avant le raccordement client est réalisé en comptant 4 fibres par logements. Le coût du branchement de chaque logement depuis le boîtier d’étage en quadri-fibre pourra être inclus en option.

En zones moins denses et dans les poches de basse densité de la zone très dense, le lien entre le point de mutualisation et le dernier boîtier avant le raccordement client est réalisé en comptant une fibre par logement. Le coût du branchement de chaque logement depuis le dernier boîtier situé dans la rue en mono-fibre pourra être inclus en option.

4.2 Évaluation des coûts totaux à partir des coûts unitaires

La fiabilité des coûts unitaires est un enjeu important pour la précision des coûts totaux calculés par la modélisation. Les coûts détaillés ci-après s'entendent comme les tarifs hors taxes pratiqués par les sous-traitants auxquels ont à faire les opérateurs pour leurs déploiements.

4.2.1 Coûts liés au déploiement horizontal des réseaux FttH

4.2.1.1 Coûts unitaires de construction d'infrastructures de génie civil en conduite

Pour le déploiement de sa boucle locale cuivre, France Télécom a utilisé des infrastructures de génie civil en pleine terre. Ces infrastructures ont pour caractéristique de n'héberger le plus souvent qu'un fourreau en PEHD et d'être déployées sur de longues distances sans utiliser des chambres intermédiaires. Ces caractéristiques rendent difficile la réutilisation des infrastructures de génie civil en pleine terre pour le déploiement des réseaux FttH.

Dans les cas où les câbles en fibre optique doivent suivre des infrastructures de génie civil en pleine terre, l'opérateur déployant le réseau peut être obligé de reconstruire des infrastructures de génie civil permettant la pose de câbles en fibre optique. La manière la plus efficace du point de vue des coûts est d'utiliser des techniques de génie civil en conduites allégées.

Egalement, un élément statistique sur la nécessité d'ajouter des capacités au réseau est pris en compte soit en ajoutant des fourreaux, soit en renforçant les appuis aériens.

4.2.1.2 Coûts unitaires des câbles en fibre optique et des boîtiers d'épissurage

Les coûts liés aux câbles en fibre optique et des boîtiers d'épissurage comprennent les coûts de matériel et les coûts de pose des câbles et des boîtiers dans le génie civil. Ces coûts dépendent du type de génie civil et de la capacité en fibres optiques des câbles et des boîtiers.

4.2.1.3 Coûts unitaires des points de mutualisation

Les points de mutualisation sont placés soit à la base des immeubles en zone très dense, soit à l'extérieur sur le domaine public. En bas des immeubles, les points de mutualisation sont des boîtiers ou des châssis installés sur les murs. À l'extérieur, les points de mutualisation sont des armoires de rue contenant un répartiteur optique. Les coûts unitaires comprennent les points de mutualisation et leur pose ; ils dépendent de la taille du point de mutualisation.

4.2.2 Coûts liés au déploiement vertical des réseaux FttH

Les coûts liés au déploiement vertical des réseaux FttH sont l'adduction des immeubles, le câblage de la colonne montante et, éventuellement le branchement des clients. Ces coûts font l'objet de beaucoup de cas particuliers, cependant la modélisation doit tenir compte d'un nombre restreint de possibilités.

Ces coûts dépendent du nombre de logements de l'immeuble, de la modalité de l'adduction et du nombre d'immeubles.

4.2.3 Autres coûts liés au déploiement des réseaux FttH

La modélisation tient compte également des coûts liés à la pénétration des câbles dans le bâtiment du NRO et des répartiteurs optiques installés dans ce bâtiment.

En outre, la modélisation tient compte des coûts d'étude, de pilotage et de planification des réseaux avant déploiement et de tests des fibres effectués après la pose pour s'assurer de la qualité du déploiement.

Comme précisé précédemment, le modèle développé par l'Autorité vise par principe à évaluer les coûts d'investissement correspondant au déploiement des réseaux FttH, et n'a pas pour objet *a priori* de refléter les coûts complets supportés par un opérateur pour la fourniture d'offres sur les marchés aval. Ainsi, la modélisation ne tient pas compte des coûts communs aux autres activités de l'entreprise (coûts commerciaux, coûts liés à la commercialisation des offres de gros, coûts de siège, coûts du personnel hors déploiement de réseau etc.).

<i>Question 9</i>	<i>Les acteurs sont invités à faire part de leurs observations sur le périmètre des coûts unitaires pris en compte pour le calcul des coûts de déploiement FttH.</i>
<i>Question 10</i>	<i>Les acteurs sont invités à renseigner, de la manière la plus précise et détaillée possible, les coûts unitaires figurant dans le tableur Excel communiqué en annexe de la présente consultation publique. Tous les éléments chiffrés communiqués à ce titre seront soumis au secret des affaires.</i>

5 Annexes

5.1 Définitions

Affaiblissement

Phénomène physique par lequel la puissance des signaux propagés sur un support diminue. Lors de la propagation d'un signal sur fibre optique, la distance parcourue, les soudures, les connecteurs ou les irrégularités placées sur le parcours de la lumière sont, par exemple, des facteurs d'affaiblissement du signal. L'affaiblissement est mesuré en décibels (dB).

Arbre PON

Partie d'un réseau point-à-multipoints dont le tronc est le câble en fibre optique qui est relié au NRO et les feuilles sont les fibres optiques reliées aux logements des abonnés. Les coupleurs sont placés au point de séparation entre le tronc et les feuilles.

Architecture mono-fibre

Sur la partie terminale du réseau en fibre optique, une architecture mono-fibre est caractérisée par une fibre unique qui relie le point de mutualisation à la prise terminale optique dans un logement. L'accès se fait nécessairement sous la forme d'une fibre partagée.

Architecture multifibres

Sur la partie terminale du réseau en fibre optique, une architecture multifibres est caractérisée par plusieurs fibres (par exemple quatre fibres) qui relient le point de mutualisation à la prise terminale optique dans un logement.

L'accès peut alors se faire sous la forme d'une fibre dédiée ou d'une fibre partagée.

Boucle locale cuivre

La boucle locale cuivre est un réseau établissant une continuité métallique entre le répartiteur téléphonique situé au nœud de raccordement d'abonnés (NRA) et les clients finaux. La boucle locale cuivre, déployée afin de fournir un service de téléphonie fixe est aujourd'hui utilisée pour fournir des services d'accès haut débit avec les technologies DSL.

Câble en fibre optique

Ensemble de fibres optiques distinctes contenues dans une même gaine.

Colonne montante

Conduit d'un immeuble permettant de desservir les étages et pouvant regrouper les réseaux d'eau, de gaz, d'électricité ou de communications électroniques.

Par extension, partie du câblage d'un immeuble comprise entre le pied d'immeuble et les différents points de branchement dans les étages.

Un immeuble peut contenir plusieurs colonnes montantes.

Coupleur [ou splitter]

Équipement passif utilisé dans la technologie PON. Dans le sens descendant, le coupleur réplique le signal optique en provenance d'une fibre vers un nombre défini de fibres (on parle alors de coupleur 1 vers 8, 1 vers 4 etc.). Dans le sens montant, il combine les signaux optiques en provenance des abonnés.

Équipement actif

Élément électronique du réseau, générant et traitant des signaux (ondes radio, électriques ou lumineuses, suivant le type de réseau).

Équipement passif

Élément du réseau sans électronique, ne nécessitant donc pas d'alimentation en électricité.

Fibre optique dédiée

Chemin continu en fibre optique, compris entre le point de mutualisation et la prise optique, mis à disposition d'un opérateur de façon permanente, que celui-ci fournisse ou non un service à l'utilisateur final concerné.

Fibre optique partagée

Chemin continu en fibre optique, compris entre le point de mutualisation et la prise optique, mis à disposition d'un opérateur de façon temporaire, pour ce qui est nécessaire à la fourniture effective de services de communications électroniques à l'utilisateur final concerné.

FttH [Fibre to the Home]

Fibre déployée jusqu'à l'abonné.

Génie civil aérien

Le génie civil aérien est constitué de poteaux installés par France Télécom ou par ERDF. Les appuis en façade peuvent être également utilisés comme génie civil aérien. Ce type de génie civil est utilisé principalement pour desservir les derniers mètres avant le client final dans les zones peu denses.

Génie civil en conduite

Le génie civil en conduite est constitué par des fourreaux en plastique enterrés. Ces fourreaux peuvent être placés à l'intérieur d'un coffrage en béton ou être installés dans une superstructure constituée de remblais. Ce type de génie civil est majoritairement utilisé dans les zones urbaines.

Génie civil en pleine terre

Le génie civil en pleine terre est constitué de fourreaux souples en PEHD enterrés directement dans la terre. Ce type de génie civil est principalement utilisé pour relier les zones d'habitats entre elles sur de longues distances.

Ilot

Unité géographique de l'INSEE, qui représente en général un pâté de maisons.

Par extension, ensemble cohérent de logements répartis dans plusieurs immeubles.

Ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique [ligne]

Liaison passive constituée d'un ou de plusieurs chemins continus en fibre optique et permettant de desservir un utilisateur final. La ligne est comprise entre la prise terminale optique située à l'intérieur du logement et le point de mutualisation.

Nœud de Raccordement d'Abonnés (NRA)

Bâtiment habitant un répartiteur cuivre principal où sont regroupées les lignes cuivre de la boucle locale de France Télécom. Le NRA constitue ainsi la séparation entre le réseau d'accès de France Télécom et le réseau général.

Nœud de Raccordement Optique [NRO]

Point de concentration d'un réseau en fibre optique où sont installés les équipements actifs permettant à un opérateur d'acheminer le signal depuis son réseau vers les abonnés.

Les NRO desservent généralement plusieurs milliers de prises.

Partie terminale

Partie du réseau comprise entre le point de mutualisation et les prises situées dans les logements. La partie terminale est constituée par un ensemble de lignes.

Point-à-Multipoints [ou PON, Passive Optical Network]

Technologie de déploiement d'un réseau en fibre optique selon laquelle une fibre unique partant du NRO permet de desservir plusieurs logements (par exemple jusqu'à 64), par réplication du signal au niveau de coupleurs.

Point-à-Point

Technologie de déploiement d'un réseau en fibre optique selon laquelle chaque logement est relié au NRO par une fibre de bout en bout.

Point de Branchement Optique [ou PBO, ou Point de branchement dans les étages]

Lieu en lequel sont raccordé(s) le ou les câbles en fibre optique venant du point de mutualisation et les câbles en fibre optique du raccordement client.

Un PBO peut par exemple être situé dans les étages d'un immeuble, ou à l'extérieur pour desservir plusieurs maisons ou petits immeubles.

Point de Concentration (PC)

Boîtier constituant le dernier point de flexibilité de la boucle locale cuivre avant le client final. Ce boîtier peut regrouper jusqu'à 7 ou 14 lignes.

Point de flexibilité

Lieu en lequel un opérateur peut effectuer une mise en correspondance entre les fibres de son réseau amont et celles situées en aval, par exemple pour des besoins d'adaptation (nouveaux bâtiments) ou d'optimisation de réseau (par l'allumage progressif de ses équipements actifs par exemple).

Point de mutualisation [PM]

Lieu en lequel une personne ayant établi dans un immeuble bâti ou exploitant une ligne de communications électroniques à très haut débit en fibre optique donne accès à des lignes en fibre optique sous forme passive, à des opérateurs tiers, en vue de fournir des services de communications électroniques aux utilisateurs finals.

Point de Raccordement d'Immeuble [PRI]

Dispositif de brassage installé dans un immeuble comprenant des compartiments dédiés aux opérateurs tiers en vue de la mutualisation.

Prise Terminale Optique [PTO]

Prise située dans un logement ou local professionnel qui constitue le point de terminaison du réseau FttH.

Raccordement client

Opération consistant à installer un câble comprenant une ou plusieurs fibres optiques entre le PBO et la PTO.

Raccordement palier

Cas particulier du raccordement client, lorsque le Point de Branchement Optique est situé dans les étages d'un immeuble.

Segment de distribution

Le segment de transport du réseau d'infrastructures de génie civil de France Télécom est la partie du réseau reliant les armoires de sous répartition situées aux points de concentrations cuivre situés à proximité des clients.

Segment de transport

Le segment de transport du réseau d'infrastructures de génie civil de France Télécom est la partie du réseau reliant les nœuds de raccordement d'abonnés (NRA) de France Télécom, sièges des répartiteurs téléphoniques, aux armoires de sous répartition situées, dans la majorité des cas, sur le domaine public.

Sous Répartiteur (SR)

Point de flexibilité de la boucle locale cuivre intermédiaire entre le NRA et les PC. Le SR est généralement hébergé dans une armoire de rue ou, dans certain cas, dans de petit bâtiments.

Zone arrière du point de mutualisation

Ensemble des logements que peut desservir un point de mutualisation.

Zone très dense

Zone à forte concentration de population, où il est économiquement viable pour plusieurs opérateurs de déployer leurs propres infrastructures, en l'occurrence leurs réseaux de fibre optique, au plus près des logements.

5.2 Données sur le réseau de France Télécom

L'Autorité peut disposer, dans le cadre fixé par l'analyse du marché de gros des offres d'accès aux infrastructures physiques constitutives de la boucle locale filaire, des données suivantes, décrivant la boucle locale cuivre de France Télécom :

- la liste des NRA avec les caractéristiques suivantes : code identifiant, nom, coordonnées géographiques, type (ex : NRA-HD, NRA-ZO), nombre de lignes principales ;
- la liste des sous-répartiteurs avec les caractéristiques suivantes : code identifiant, coordonnées géographiques, type (ex : sous-répartiteur primaire, secondaire etc.), nombre de lignes principales, code du NRA de rattachement, affaiblissement du signal depuis le NRA ;
- la liste des points de concentration, avec les caractéristiques suivantes : coordonnées géographiques, nombre de lignes actives, nombre de lignes raccordées, code du sous-répartiteur de rattachement, affaiblissement du signal depuis le NRA ;
- les zones arrière de chaque NRA, sous forme de polygone, avec le code identifiant NRA correspondant ;
- les zones arrière de chaque sous-répartiteur, sous forme de polygone, avec le code identifiant sous-répartiteur correspondant ;
- les tracés des linéaires de génie civil de la boucle locale, avec leur mode de pose (conduite, aérien, etc.), en version vectorisée pour un certain nombre de départements.